



Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Nationales Metrologieinstitut

# Jahresbericht 2018

Annual Report 2018



„Das Kilogramm ist tot, lang lebe das Kilogramm!“ Dies könnte als Motto über dem 20. Mai 2019 stehen, dem Tag, an dem sich die Definitionen der physikalischen Einheiten fundamental verändern werden. Dies betrifft u. a. auch die Einheit der Masse. An diesem Tag wird das Ur-Kilogramm abgelöst durch ein „Rezept für ein Kilogramm“ – ein Rezept, das auf fundamentalen Konstanten der Natur beruht. Diese Revolution in unserem Einheitensystem wurde im November 2018 von der 26. Generalkonferenz für Maße und Gewichte (CGPM) beschlossen.

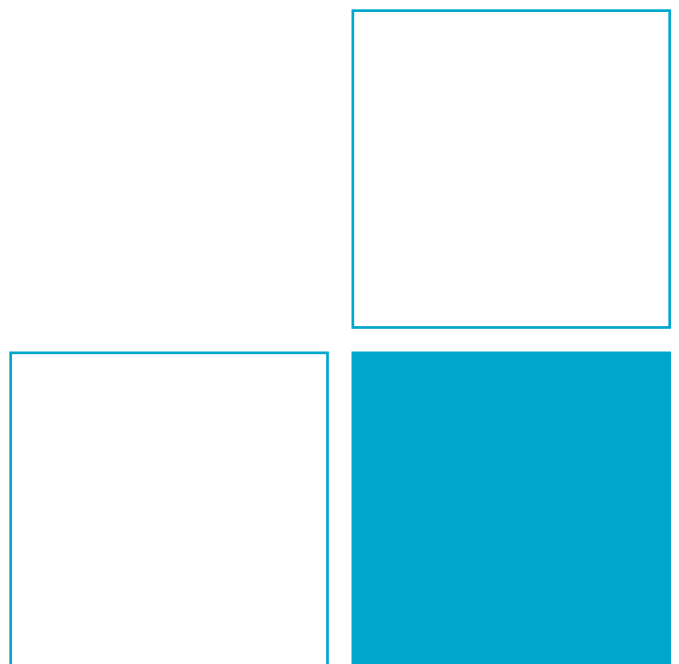
“The kilogram is dead, long live the kilogram!” That could be the theme of 20 May 2019, the day on which the definitions of the physical units will fundamentally change. This will also affect the unit of mass. On this day, the prototype of the kilogram will be replaced by a “recipe for a kilogram” – a recipe which is based on the fundamental constants of nature. This revolution in our system of units was adopted in November 2018 at the 26<sup>th</sup> General Conference on Weights and Measures (CGPM).



Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Nationales Metrologieinstitut

# Jahresbericht 2018

Annual Report 2018





# Inhaltsverzeichnis / Contents

Vorwort / Foreword	5
Chronik / Chronicle	9
Nachrichten des Jahres / News of the Year	17
Eine neue Basis für das Internationale Einheitensystem / The International System of Units on a new footing	18
Mit großen Schritten ins digitale Zeitalter der Metrologie / Metrology is making great strides into the digital era	19
Taiwan erhält Siliziumkugel aus der PTB / Taiwan gets silicon sphere from PTB	20
Erste Smart Meter Gateways eichrechtlich zugelassen / First Smart Meter Gateways legally approved	21
Erste PTB-geprüfte Ladesäulen für Elektrofahrzeuge / First electric vehicle charging stations tested at PTB	22
Neubau für Abgasmessung in Rekordzeit errichtet / New building for exhaust gas analyzers completed in record time	23
PTB bereitet zweites Leben von Lithium-Ionen-Fahrzeuggbatterien metrologisch vor / PTB is developing measurement techniques to give lithium-ion vehicle batteries a second life	24
Startschuss für das Quantentechnologiezentrum an der PTB / Starting signal for a Quantum Technology Center at PTB	25
Auf dem Weg zur optischen Kernuhr / En route to the optical nuclear clock	26
Auf dem Weg zum Kompetenzzentrum PV-Metrologie: Aufbau eines LED-basierten Solarmodulmessplatzes / Toward the “Competence Center PV Metrology”: Setting up an LED-based solar module measuring facility	27
Erfolg in der Exzellenzinitiative mit dem Cluster „QuantumFrontiers“ / Successful Excellence Initiative with the “QuantumFrontiers” cluster	28
Graduiertenkolleg NanoMet nach erfolgreicher Begutachtung verlängert / The NanoMet Research Training Group will be continued after positive assessment	29
Patientenspezifische Dosimetrie in der Computertomografie / Patient-specific dosimetry in computed tomography	30

Kommerzieller Durchbruch der EUV-Lithografie / Commercial breakthrough in EUV lithography	31
Sicherung der Messrichtigkeit von Verbrauchsmessgeräten / Ensuring the measurement trueness of utility meters	32
Quality Infrastructure Reform Toolkit während der CIML-Tagung vorgestellt / Quality Infrastructure (QI) Reform Toolkit presented during CIML meeting	33
Veröffentlichungen und Vorträge / Publications and lectures	34
Ausgewählte Publikationen / Selected publications	35
<b>Menschen / People</b>	<b>43</b>
Sitzung des Kuratoriums der PTB / Meeting of the Kuratorium (Advisory Board) of PTB	44
Neu in leitender Funktion / Newly appointed to management posts	47
Preise und Auszeichnungen / Prizes and awards	50
Ausbildung / Vocational training at PTB	58
Akademische Abschlüsse / Academic degrees	60
<b>Zahlen und Fakten / Facts and Figures</b>	<b>69</b>
Personal / Staff	70
Haushalt / Budget	72
Projektpartner der PTB / PTB's project partners	74
Normung / Standardization	75
Qualitätsmanagement / Quality management	76
Technologietransfer / Technology transfer	78
Besucher / Visitors	80
Umwelt / Environment	81
<b>Organigramm / Organization Chart</b>	<b>82</b>

## Vorwort

Das Jahr 2018 war für die weltweite Metrologie im Allgemeinen und für die PTB im Speziellen ein besonderes Jahr. Die von langer Hand geplante, sehr weitreichende und grundlegende Revision des Internationalen Einheitensystems ist gelungen. Dies ist ein wissenschaftlicher, ein technologischer und auch ein diplomatischer Erfolg, der in der Geschichte der Meterkonvention herausragend ist. Die metrologische Community sieht sich angesichts dessen einer ungeahnten Resonanz nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in der Politik, in den Medien und im Bildungswesen gegenüber. Auf all diesen Feldern sind wir in der Aufmerksamkeitsskala sozusagen „ganz oben angekommen“. In der Wissenschaft: Die Metrologie erfährt eher ungewohnte und zunehmende Beachtung in Wissenschaftsjournalen sowie auf nationalen und internationalen Konferenzen und Tagungen. In der Politik: Bundeskanzlerin Angela Merkel ließ es sich nicht nehmen, auf dem Weltwirtschaftsforum in Davos die Revolution im Einheitensystem zu thematisieren und sie als Musterbeispiel für ein weltweites, kooperatives Arbeiten an einer gemeinsamen Sache heranzuziehen. In den Medien: Von der Bild-Zeitung bis zur New York Times war die Revision des SI und waren speziell die Neuerungen beim Kilogramm ein groß aufgemachtes Thema. Stichwort Bildungswesen: Schul- und Lehrbuchverlage haben das neue SI ebenso als wichtigen Schulstoff erkannt wie die Kultusministerien der Bundesländer, die Landesschulbehörden und die Ausrichter von Lehrerfortbildungen.

Und an diesem Erfolg sind wir als PTB, also Sie als Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker in den Laboratorien, als Manager an den Schreibtischen, als Öffentlichkeitsarbeiter und Kommunikationsexperten, als Juristen, Qualitätsmanager und Technologen, als Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in der Verwaltung, der Infrastruktur und auf allen Querschnittsfeldern maßgeblich beteiligt. Dafür möchte ich mich persönlich sehr nachdrücklich bedanken. Dank Ihnen ist die PTB dort, wo sie hingehört, nämlich ganz oben!

Der Erfolg, den wir im Zusammenhang mit dem neuen SI erreicht haben, basiert auf exzellenten

## Foreword

For worldwide metrology in general, and for PTB in particular, the year 2018 was an extraordinary year. The long-planned, very far-reaching and fundamental revision of the International System of Units has been achieved. This is a scientific, technological, and also a diplomatic success that is outstanding in the history of the Metre Convention. As a result, the metrology community faces an unprecedented resonance not only in science, but also in politics, in the media and in education. One can say that in all of these fields, we have “reached the top” of the attention scale. For example in science: the field of metrology is currently experiencing increasing attention in scientific journals and at national and international conferences and meetings – something that has been rather unusual so far. Or in politics: German Chancellor Angela Merkel did not miss the opportunity to bring up the revolution in the System of Units at the World Economic Forum in Davos and to use it as a model for worldwide, cooperative collaboration toward a common goal. Or, for example, in the media: From the most prominent German tabloid, the “BILD-Zeitung”, to the New York Times, the revision of the SI and especially the redefinition of the kilogram were a big topic. Catchword “education”: school and textbook publishers as well as the Ministries of Education of the German Federal States, the Federal Education Authorities and the hosts of teachers’ training courses have also recognized the new SI as an important school subject.

We, as PTB, and therefore you as scientists, engineers and technicians in the laboratories, as managers at desks, as public relations and communications experts, as lawyers, quality managers and technical assistants, as employees with administrative, infrastructural and all cross-sectional tasks, have contributed to this success. I personally offer my sincerest thanks to you for that. It is with your help that PTB has reached the position where it belongs – at the top!

The success that we have achieved in connection with the new SI is based on excellent performance.

Leistungen. Zugleich sieht jeder, der sich in der PTB umschaut, Exzellenz und herausragende Erfolge ebenso an vielen anderen Stellen. Wenn wir beispielsweise nach der Einbindung der PTB und der Metrologie in die universitäre Landschaft in Deutschland fragen, bekommen wir herausragende Antworten: Dazu gehören die inzwischen zahlreichen Nachwuchsforschergruppen und die gemeinsamen Berufungen von Professoren in Braunschweig und Berlin ebenso wie die unter PTB-Beteiligung von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzinitiative geförderten Cluster, insbesondere QuantumFrontiers. In diesem Cluster kooperieren wir gemeinsam mit der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig in den Themen Quanten- und Nanotechnologie – ein Starterfolg, der seine Früchte in den nächsten Jahren zeigen wird.

Für diese nächsten Jahre sind wir, soweit wir das heute abschätzen können, gut gerüstet, auch und vor allem, weil wir die jetzt schon erkennbaren, aufkeimenden Metrologie-Themen proaktiv aufnehmen. Ich denke dabei unter anderem an die europa- und weltweit massiv geförderten Quantentechnologien (der Startschuss für unser Quantentechnologiezentrum ist gefallen) und an das weite Feld der Biotechnologie. Ich denke dabei ebenso an die zahlreichen Facetten der Energiewende mit unseren Kompetenzzentren für Windenergie und dem beantragten für Photovoltaik. So konstruieren wir für unser Windenergiezentrum gerade die weltweit größte Maschine zur Messung von Drehmomenten, und unser Photovoltaikzentrum ist in der Charakterisierung von Solarzellen weltweit führend. Und ich denke an das große Thema Mobilität, dessen metrologische Aspekte wir etwa bei der Zertifizierung von E-Ladesäulen, bei der Batterieforschung oder mit unserem Labor für Abgasmessungen (in Rekordzeit geplant, gebaut und in Betrieb genommen) aufgreifen. Zu diesen Feldern mit zunehmender Bedeutung gehört natürlich auch die alle Bereiche durchdringende Digitalisierung, einschließlich Themen wie Smart Meter Gateway für die Energiewende. All diese in die Zukunft weisenden Themen sind wir mit umsichtiger Konzeption und mit großem Schwung angegangen, da wir uns der Verantwortung der Metrologie für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft sehr bewusst sind.

Zukunft ist immer auch Herausforderung. Und für diese sind wir gut gerüstet, soweit wir das in unserer

But anyone who takes a look around PTB can also find excellent work and top-notch success in many other fields. If we ask how far PTB and the field of metrology are embedded in Germany's university landscape, we get impressive examples: numerous young scientist groups have come into being; there are joint appointments of professors in Braunschweig as well as in Berlin; clusters that are supported by Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) with the participation of PTB within the scope of the Excellence Initiative (especially "QuantumFrontiers"). In this cluster, we are cooperating with the Leibniz Universität Hannover and the Technical University of Braunschweig in the topics of quantum technology and nanotechnology – a preliminary success that will bear fruit during the next years.

As far as we can tell today, we are well-prepared for the next years – especially because we are already proactively taking on the metrology topics that will arise in the future. Here I'm thinking, for example, of the field of quantum technologies, which is strongly supported in Europe and worldwide (and also at PTB, as you can see from the fact that the starting signal for our Quantum Technology Center has been given), and of the broad field of biotechnology. I'm also thinking of the numerous facets of the energy transition here, with our Competence Center for Wind Energy (for which we are currently constructing the world's largest machine for measuring torque) and with the new Competence Center for Photovoltaics (which has been applied for and which is the world leader in characterization of solar cells). I am also thinking of the great topic of mobility; we are taking up the metrological aspects of this topic, for example, for the certification of electric charging stations, for battery research, or with our laboratory for emissions measurements (this was planned and built – and its operation started – in record time!). And of course, digitalization, which is pervasive in all areas, is one of these increasingly important fields, including topics such as Smart Meter Gateway for the energy transition. We have approached all these future-oriented topics with prudence and great momentum, as we are very aware of the responsibility metrology has for science, industry and society.

The future always signifies a challenge. And we are ready to cope with this challenge – at least for what we can anticipate today. Presently, PTB is viewed with much esteem. Esteem for us as a research-intensive

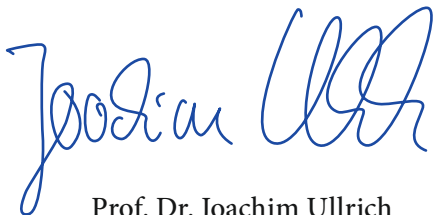


Gegenwart erkennen können. Diese Gegenwart ist von viel Wertschätzung geprägt. Wertschätzung für uns als forschungsintensiver Kooperationspartner für die Industrie, die Universitäten und die metrologischen Institute weltweit, als kompetenter Dienstleister mit unserem messtechnischen Know-how vor allem für die deutsche Wirtschaft und als maßgeblicher Unterstützer für viele Länder der Welt, die ihre metrologische Infrastruktur mit unserer sachkundigen Hilfe aufbauen wollen.

Was hier als Wertschätzung „für die PTB“ benannt ist, meint natürlich Wertschätzung für die Arbeit und das enorme Engagement aller Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der PTB. Dieser Wertschätzung schließe ich mich gerne und uneingeschränkt an und bedanke mich auf diesem Weg bei jedem einzelnen von Ihnen noch einmal für ein herausragend erfolgreiches Jahr. Wir können alle stolz auf das Erreichte sein.

cooperation partner for industry, for the universities and for the metrology institutes worldwide. Esteem for us as a competent service provider with our metrological know-how – above all for German industry. And esteem for us as a major supporter of many countries of the world that would like to set up their metrological infrastructure using our knowledgeable help.

“Esteem for PTB”, of course, not only means for PTB as a whole, but also for the work and tremendous dedication of all of PTB’s employees. I gladly and unreservedly endorse this esteem and would like to take this opportunity to thank each and every one of you once again for an outstandingly successful year. We can all be proud of what we have achieved!

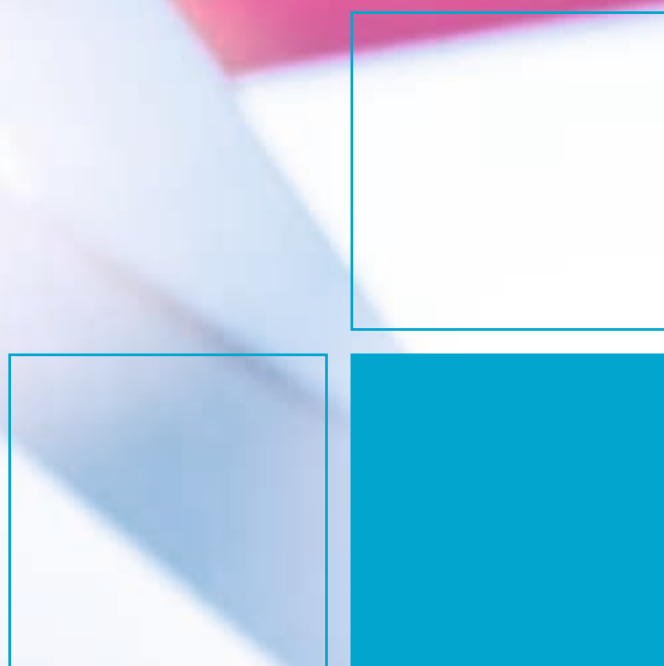


Prof. Dr. Joachim Ullrich  
Präsident der PTB / President of PTB



# Chronik

## Chronicle



## Kompetenzzentrum für Windenergie nimmt Betrieb auf

Mit einem neuen Kompetenzzentrum für Windenergie hat die PTB technisches Neuland betreten und entwickelt nun Messtechnik für immer größere und leistungsfähigere Windenergieanlagen. Die Kosten des Baus und dessen Einrichtung liegen bei ca. fünf Millionen Euro. Im Februar wurde der erste Bauabschnitt, der „Euler-Bau I“, eingeweiht. Ein Großkoordinatenmessgerät sowie eine neue Windgeschwindigkeitsmesstechnik gingen in Betrieb.

## Competence Center for Wind Energy of PTB starts operation

With the new Competence Center for Wind Energy, PTB has entered into new technical territory and is now developing measurement technology for ever greater and more efficient wind energy systems. The costs of construction and its equipment amount to approximately five million euros. The first phase of construction, the Euler Building I, was officially dedicated in February. A large coordinate measuring machine as well as a new windspeed measurement system began operation.



13.2.2018

## Helmholtz-Preis für revolutionäre Messungen in der Quantenwelt

Mit dem Helmholtz-Preis wurden in diesem Jahr Forscher geehrt, die sich mit ihren physikalischen Präzisionsmessungen in der Quantenwelt bewegen. Die Preisträger sind Doktoranden des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik, die den Radius des Wasserstoffkerns neu ermittelt haben, sowie Wissenschaftler der PTB. Letzteren ist es gelungen, sowohl Methoden als auch Geräte zu entwickeln, die bahnbrechende Verbesserungen bei der rückgeführten hochgenauen Messung und Erzeugung kleiner elektrischer Stromstärken mit sich bringen.

## Helmholtz Prize for revolutionary measurements in the quantum world

This year, with the Helmholtz Prize, researchers were recognized for their work on physical precision measurements in the quantum world. The prize was awarded to doctoral candidates of the Max Planck Institute of Quantum Optics who have re-determined the radius of a hydrogen nucleus, as well as to scientists of PTB. The latter have succeeded in developing both methods and instruments that bring about groundbreaking improvements in traceable high-precision measurement and the generation of small electrical currents.



7.3.2018

# 2018

13.2.2018

Kompetenzzentrum für Windenergie: Euler-Bau I eingeweiht  
Competence Center for Wind Energy: Euler Building I dedicated

7.3.2018

Helmholtzpreis an Forscher der PTB  
Helmholtz Prize awarded to researchers from PTB

5.4.2018

Gründungsveranstaltung des Deutschen Nationalen Komitees der Internationalen Beleuchtungskommission (DNK-CIE)  
Founding event of the German National Committee of the International Commission on Illumination (Deutsches Nationales Komitee der Internationalen Beleuchtungskommission – DNK-CIE) Stockholm

## Workshop zur Digitalisierung der Metrologie

Digitaler Kalibrierschein, smarte Sensoren, Cloud-Lösungen, Big Data – mit der Digitalisierung kommen auf die Metrologie und die Messgeräteindustrie große Umwälzungen zu. Sie waren Thema eines Workshops, zu dem das BMWi und die PTB eingeladen hatten. Vertreter aus Politik, Wissenschaft, Unternehmen und Eichbehörden diskutierten dringende Aufgaben und stimmten überein, dass der PTB eine Schlüsselrolle bei der Digitalisierung der deutschen Wirtschaft zukommt.

## Workshop on digitalization in metrology

Digital calibration certificates, smart sensors, cloud solutions, big data – with digitalization, metrology and the measuring instrument industry are facing major upheavals. Digitalization was the subject of a workshop hosted by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) and PTB. Representatives from politics, science, companies and verification authorities discussed the pressing tasks and agreed that PTB will play a key role in the digitalization of German industry.



10.4.2018

## Ministerpräsident Weil zu Gast

Bei seinem Besuch in der PTB zeigte sich Niedersachsens Ministerpräsident Stephan Weil begeistert: „Ich bin überaus beeindruckt von den messtechnischen Leistungen und der wissenschaftspolitischen Weitsicht der PTB. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter leisten hier in Braunschweig exzellente Arbeit!“. Neben einem Gespräch mit dem Präsidium stand auch ein Besuch der Atomuhrenhalle und des neuen Windenergiezentrums der PTB auf dem Programm.

## Prime Minister of Lower Saxony Stephan Weil visits PTB

Lower Saxony's Prime Minister Stephan Weil was enthusiastic during his visit to PTB. "I am greatly impressed with the metrological achievements and the scientific foresight of PTB. The employees are doing excellent work here in Braunschweig!" he said. In addition to a talk with the Presidential Staff, visiting the atomic clock hall and PTB's new Competence Center for Wind Energy were also on the agenda.



11.4.2018

11.4.2018

Niedersächsischer Ministerpräsident Weil besucht die PTB

Prime Minister of Lower Saxony, Stephan Weil, visits PTB

8.–9.5.2018

Tagung des PTB-Kuratoriums  
Meeting of the Kuratorium (Advisory Board)

13.–18.5.2018

Heraeus-Seminar „Fundamental Constants“ in Bad Honnef  
Heraeus Seminar "Fundamental Constants" in Bad Honnef

## Fundamentale Konstanten im Physikzentrum

Vom 13. bis 18. Mai 2018 war das Physikzentrum der DPG in Bad Honnef Gastgeber für das 670. Wilhelm und Else Heraeus-Seminar „Fundamental Constants: Basic Physics and Units“. Thematisch deckten die 30 Vorträge und 69 Posterbeiträge ein weites Feld zu den grundlegenden Fragen über fundamentale Konstanten ab. Das Seminar, wissenschaftlich organisiert von Prof. Dr. Klaus Blum (MPIK Heidelberg), Prof. Dr. Dmitry Budker (HZI Mainz) und Prof. Dr. Andrey Surzhykov (PTB), war mit rund 100 Teilnehmern ausgebucht.

## Fundamental constants at the Physikzentrum

The Physikzentrum of the DPG in Bad Honnef hosted the 670<sup>th</sup> Wilhelm and Else Heraeus Seminar “Fundamental Constants: Basic Physics and Units” from 13 to 18 May 2018. The 30 lectures and 69 submitted posters covered a wide range of subjects regarding the core questions of the fundamental constants. The seminar, which was scientifically organized by Prof. Dr. Klaus Blum (MPIK Heidelberg), Prof. Dr. Dmitry Budker (HZI Mainz) and Prof. Dr. Andrey Surzhykov (PTB), was fully booked and had about 100 participants.



13.5.2018

## Dieter Kind verstorben

Nahezu 20 Jahre lang hat Prof. Dr.-Ing. Dieter Kind die Geschicke der PTB als Präsident geführt – länger als jeder andere Präsident vor oder nach ihm. Herausragendes Ereignis seiner Amtszeit war die von ihm maßgeblich mitgestaltete Vereinigung der PTB mit ihrer ostdeutschen „Schwesterinstitution“. Dieter Kind starb im Alter von 88 Jahren nach kurzer schwerer Krankheit in einem Braunschweiger Krankenhaus.

## Remembering Professor Dieter Kind

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kind directed the fortunes of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt as its President for almost 20 years – longer than any other president before or after him. An extraordinary event during his term of office was his arranging the reunification of PTB with its East German “sister institution”. Dieter Kind passed away at the age of 88 in a hospital in Braunschweig after a brief but severe illness.



10.6.2018

15.5.2018

Richtfest des Prüflaborgebäudes für Abgasmessungen  
Topping-out ceremony of the testing laboratory for emission measurements

28.5.–1.6.2018

EURAMET General Assembly in Bukarest  
EURAMET General Assembly in Bucharest

10.6.2018

Dieter Kind (PTB-Präsident 1975–1995) gestorben  
Dieter Kind (PTB President 1975–1995) dies

## Klaus von Klitzing wird 75

Prof. Dr. Klaus von Klitzing, Nobelpreisträger und Ehrenkurator der PTB, wurde anlässlich seines 75. Geburtstags in Stuttgart geehrt. Im Rahmen des „International Symposium on Quantum Hall Effects and Related Topics“ sprach neben anderen hochkarätigen Wissenschaftlern auch PTB-Präsident Prof. Dr. Joachim Ullrich über „The International System of Units: From the French Revolution to the Quantum SI“.

## Klaus von Klitzing turns 75

Prof. Dr. Klaus von Klitzing, Nobel laureate and honorary member of the Kuratorium of PTB, was honored in Stuttgart on the occasion of his 75<sup>th</sup> birthday. Within the scope of the “International Symposium on Quantum Hall Effects and Related Topics”, the President of PTB, Prof. Dr. Joachim Ullrich, and other high-ranking scientists gave lectures on the “International System of Units: From the French Revolution to the Quantum SI”.



Foto: C.-M. Mueller

28.6.2018

## Wissenschaftsminister auf Sommerreise

Niedersachsens Wissenschaftsminister Björn Thümler besuchte im Rahmen seiner Sommerreise die PTB. Auf der Tagesordnung standen Gespräche über das Forschungsdreieck PTB – TU Braunschweig – LU Hannover und die Digitalisierung sowie ein Besuch in der Uhren- und der Hochspannungshalle der PTB.

## Minister of Science on summer tour

Lower Saxony's Minister of Science, Björn Thümler, visited PTB in the course of his summer tour. Meetings concerning the “research triangle” (PTB, TU Braunschweig and LU Hannover), digitalization and visiting the atomic clocks and the high-voltage hall of PTB were on the agenda.



10.7.2018

21.–22.6.2018

107. CIPM Meeting and Directors Meeting, BIPM, Paris

107<sup>th</sup> CIPM Meeting and Directors Meeting, BIPM, Paris

10.7.2018

PTB-Präsident Joachim Ullrich erhält die Ehrendoktorwürde der LUH

The President of PTB, Joachim Ullrich, is awarded an honorary doctorate from Leibniz Universität Hannover (LUH)

10.7.2018

Niedersachsens Wissenschaftsminister Björn Thümler besucht die PTB

Lower Saxony's Minister of Science, Björn Thümler, visits PTB

## Ehrendoktorwürde für Joachim Ullrich

Die Leibniz Universität Hannover hat Prof. Dr. Joachim Ullrich die Ehrendoktorwürde verliehen. Sie würdigt damit die herausragenden Leistungen des PTB-Präsidenten in der Wissenschaft und im Wissenschaftsmanagement. Prof. Dr. Ullrich hat die Leibniz Universität Hannover in wichtigen wissenschaftlichen Bereichen maßgeblich unterstützt, u. a. bei der Einwerbung von Sonderforschungsbereichen und dem Aufbau des „Forschungsdreiecks“ QUANOMET zur Quanten- und Nanometrologie.

## Honorary doctoral degree for Joachim Ullrich

The Leibniz Universität Hannover conferred Prof. Dr. Joachim Ullrich with an honorary doctoral degree. Thereby, the excellent achievements of PTB's president in science and scientific management were acknowledged. Prof. Dr. Ullrich has decisively supported the Leibniz Universität Hannover in important scientific fields, for example in the acquisition of special research fields and in setting up the "research triangle" QUANOMET for quantum and nanometrology.



10.7.2018

## IMEKO wählt „President elect“

Prof. h. c. Dr. Frank Härtig, Leiter der Abteilung 1 *Mechanik und Akustik*, wurde zum President Elect der IMEKO (International Measurement Confederation) gewählt. Nach drei Jahren wird er das Amt des Präsidenten übernehmen. Bis dahin gehört zu seinen Aufgaben unter anderem die Kontrolle und Unterstützung der 24 Technischen Komitees. Ziel der 1958 gegründeten Organisation ist der internationale Austausch von wissenschaftlichen und technischen Informationen im Bereich der Mess- und Regelungstechnik.

## IMEKO chooses President Elect

Prof. h. c. Dr. Frank Härtig, the head of Division 1, *Mechanics and Acoustics*, was voted as President Elect of IMEKO (International Measurement Confederation). After three years, he will assume the office of president. Until that time, his duties include monitoring and supporting the 24 Technical Committees. The aim of the organization, which was founded in 1958, is the international exchange of scientific and technical knowledge in the field of measurement and automatic control engineering.



3.9.2018

Aug.–Sept. 2018

MetroSommer (Praktikum in der PTB)  
MetroSommer (internships at PTB)

3.–7.9.2018

IMEKO-Weltkongress in Belfast  
IMEKO World Congress in Belfast

8.9.2018

Tag der offenen Tür in der PTB (Braunschweig)  
Open House at PTB (Braunschweig)



## „Vorhang auf!“ in der PTB

„Vorhang auf und hereinspaziert!“ hieß es am Tag der offenen Tür, und weit mehr als 5000 Besucher nutzten die Gelegenheit, um einen Blick hinter die Kulissen einer weltweit tätigen Forschungseinrichtung werfen. Dabei schauten sie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in 21 Laboratorien über die Schulter, besuchten Vorträge und Shows oder versuchten sich an Mitmach-Experimenten. Mit Open-Air-Rock wurden die späten Gäste schließlich in die Nacht entlassen.

## “Raise the curtain!” at PTB

“Raise the curtain and come in!” That was the motto of the open house, and more than 5000 visitors took advantage of the opportunity to take a behind-the-scenes look at a research institution that is active throughout the world. They were able to look over the shoulders of scientists in 21 laboratories, visit lectures and shows or give hands-on experiments a try. After an open air rock concert, the last guests who stayed into the evening finally dispersed into the night.



8.9.2018

## 53. CIML-Tagung in Hamburg

Auf der Tagung des Internationalen Komitees für das gesetzliche Messwesen (CIML) beschlossen Messexperten aus rund 70 Nationen weitere Schritte zur weltweiten Harmonisierung des Messwesens. Eingeladen hatte Dr. Roman Schwartz, Präsident des CIML, des Entscheidungsgremiums der OIML. Ziele waren unter anderem die weitere Vereinheitlichung von Prüfvorschriften für wichtige Messgerätearten sowie die Stärkung der internationalen Zusammenarbeit.

## 53<sup>rd</sup> CIML meeting in Hamburg

Metrology experts from about 70 countries agreed on further steps toward the global harmonization of metrology at the conference of the International Committee of Legal Metrology (CIML). They had been invited by Dr. Roman Schwartz, President of the CIML – the decision-making body of OIML. The goals were, among other things, the further harmonization of the test specifications for important measuring instrument categories and the strengthening of international collaboration.



9.10.2018

9.–12.10.2018

CIML-Meeting in Hamburg  
CIML meeting in Hamburg

13.–16.11.2018

26. Generalkonferenz für Maße und Gewichte in Versailles  
26<sup>th</sup> General Conference on Weights and Measures in Versailles

22.11.2018

Vollversammlung des Mess- und Eichwesens  
General Assembly on Metrology and Verification

## Peter Altmaier besucht PTB

Beim Besuch des Bundeswirtschaftsministers im Institut Berlin der PTB standen vor allem große Zukunftsthemen auf der kompakten Tagesordnung. PTB-Präsident Prof. Dr. Joachim Ullrich stellte sowohl die aktuellen Aktivitäten in den Bereichen Digitalisierung, Quantentechnologien und Künstliche Intelligenz dar als auch die langjährige Arbeit der PTB an einer grundlegenden Revision des Internationalen Einheitensystems.

## Peter Altmaier visits PTB

During the visit of Germany's Economic Affairs Minister Peter Altmaier to PTB's Berlin Institute, important topics for the future were primarily on the tight agenda. PTB's President Prof. Dr. Joachim Ullrich presented PTB's current activities in the fields of digitalization, quantum technologies and artificial intelligence. He also described the long-term efforts of PTB to help revise the International System of Units.



10.12.2018

10.12.2018

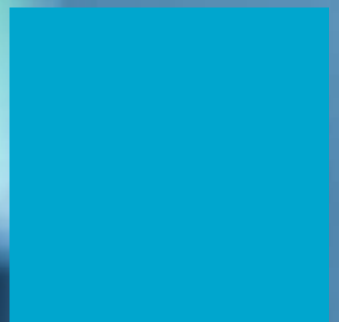
Bundesminister Altmaier besucht das Institut Berlin der PTB  
Federal Minister for Economic Affairs and Energy,  
Peter Altmaier, visits the Berlin Institute of PTB

13.12.2018

Verleihung des Werner-von-Siemens-Rings  
Werner von Siemens Ring awarded

# Nachrichten des Jahres

News of the Year



## Eine neue Basis für das Internationale Einheitensystem

Am 16. November hat die Generalkonferenz für Maße und Gewichte (CGPM) in Versailles die Revision des Internationalen Einheitensystems (SI) verabschiedet. 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: In Zukunft werden sich alle SI-Einheiten auf die festgelegten Werte von sieben ausgewählten Naturkonstanten beziehen. Neu festgelegt wurden: das Planck'sche Wirkungs-

quantum  $h$ , die Avogadrokonstante  $N_A$ , die Boltzmannkonstante  $k$  und die Ladung des Elektrons  $e$ . Die PTB war maßgeblich und im Rahmen vieler Forschungsjahre an der Messung der nun festgelegten Naturkonstanten beteiligt, beispielsweise mit dem Avogadro-Experiment: Anhand nahezu perfekter Einkristallkugeln aus Silizium wurden gleich zwei Naturkonstanten bestimmt, nämlich die Avogadro-Konstante und das Planck'sche Wirkungsquantum. In Kraft treten werden die Neudefinitionen am 20. Mai 2019, dem Weltmetrologietag.



Auf der 26. Generalkonferenz für Maße und Gewichte: Nobelpreisträger Bill Phillips (NIST, USA) bei seinem Vortrag über die Wege hin zu einem Einheitensystem, das auf Fundamentalkonstanten beruht. (Foto: A. Nicolaus/PTB)

At the 26<sup>th</sup> General Conference on Weights and Measures: Nobel prize winner Bill Phillips (NIST, USA) during his presentation about the route to a system of units based on fundamental constants. (Photo: A. Nicolaus/PTB)

## The International System of Units on a new footing

The General Conference on Weights and Measures (CGPM) adopted the revision of the International System of Units in Versailles on 16 November 2018. What began 50 years ago with the definition of the second by means of atomic clocks, and continued over 30 years ago with the definition of the meter with the aid of the speed of light, will now continue for all of the units in the International System of Units (SI): in the future, all SI units will be based on the numerical values laid down for seven selected natural constants. The following constants have been newly determined:

Planck's constant,  $h$ , the Avogadro constant,  $N_A$ , the Boltzmann constant,  $k$ , and the charge of the electron,  $e$ . Over many years of research, PTB played a major role in measuring the natural constants that have now been laid down, for example with the Avogadro experiment. Using nearly perfect monocrystalline silicon spheres, not one, but two constants at a time were determined: the Avogadro constant and Planck's constant. These new definitions will come into force on 20 May 2019, World Metrology Day.

## Mit großen Schritten ins digitale Zeitalter der Metrologie

Die Digitalisierung ist ein Prozess mit disruptiven Veränderungen, aus dem sich in der Metrologie sowohl Herausforderungen als auch Chancen ergeben. Nach der Veröffentlichung der PTB-Digitalisierungsstudie<sup>1</sup> war 2018 geprägt von deren Umsetzung. Dabei sind große Fortschritte erzielt worden. So wurden mehrere europäische Forschungsprojekte, koordiniert von der PTB, erfolgreich gestartet, um den Weg für die Metrologie im Internet der Dinge (IoT) zu bereiten. Dies umfasst neben dem Digitalen Kalibrierschein und der Metrologie für Sensornetzwerke im industriellen Messwesen auch die Entwicklung einer Metrology Cloud für die Prozesse im gesetzlichen Messwesen. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Entwicklung eines entlang des Regulierungsgrads der jeweiligen

Anwendung abgestuften Gesamtkonzepts. Im am stärksten regulierten Bereich – den Smart Meter Gateways für kritische Infrastrukturen – ist die PTB außerdem aktiv an der Einführung intelligenter Messsysteme beteiligt. Darüber hinaus wurden das Forschungsdatenmanagement, Metrologie für 5G sowie Metrologie für Simulationen erfolgreich aufgegriffen. Dabei setzt die PTB zum einen auf einen konsequenten Ausbau der internationalen Vernetzung und zum anderen auf die nachhaltige Umsetzung interner Pilotprojekte. Mit einer übergreifenden Expertengruppe fördert die PTB dazu ein gemeinsames und abgestimmtes Vorgehen über alle Abteilungen hinweg.

European Metrology Cloud als digitale Qualitätsinfrastruktur für die Prozesse im gesetzlichen Messwesen

European Metrology Cloud as the digital quality infrastructure for legal metrology processes



## Metrology is making great strides into the digital era

Digitalization is a process with disruptive changes that is both an opportunity and a challenge for metrology. After PTB's study on digitalization<sup>1</sup> was published, 2018 was characterized by its implementation. Considerable progress has been made in this context. For example, several European research projects coordinated by PTB were successfully launched to pave the way for metrology into the Internet of Things (IoT). The Digital Calibration Certificate and metrology for sensor networks in industrial metrology are part of it, just like the development of a Metrology Cloud for legal metrology processes. In this context, it is important to develop a gradual global concept following the regulation level of the application

concerned. In the field with the most stringent level of regulation (the Smart Meter Gateways for critical infrastructures), PTB is also actively involved in introducing smart measuring systems. Moreover, the issues of the management system for research data, metrology for 5G and metrology for simulations have also been successfully picked up. In this area, PTB is counting on the consistent development of the international network, for one thing, and on the long-term implementation of internal pilot projects, for another. With a multidisciplinary experts' group, PTB is encouraging a common and coordinated approach across all divisions.

<sup>1</sup>DOI 10.7795/310.20170401DE

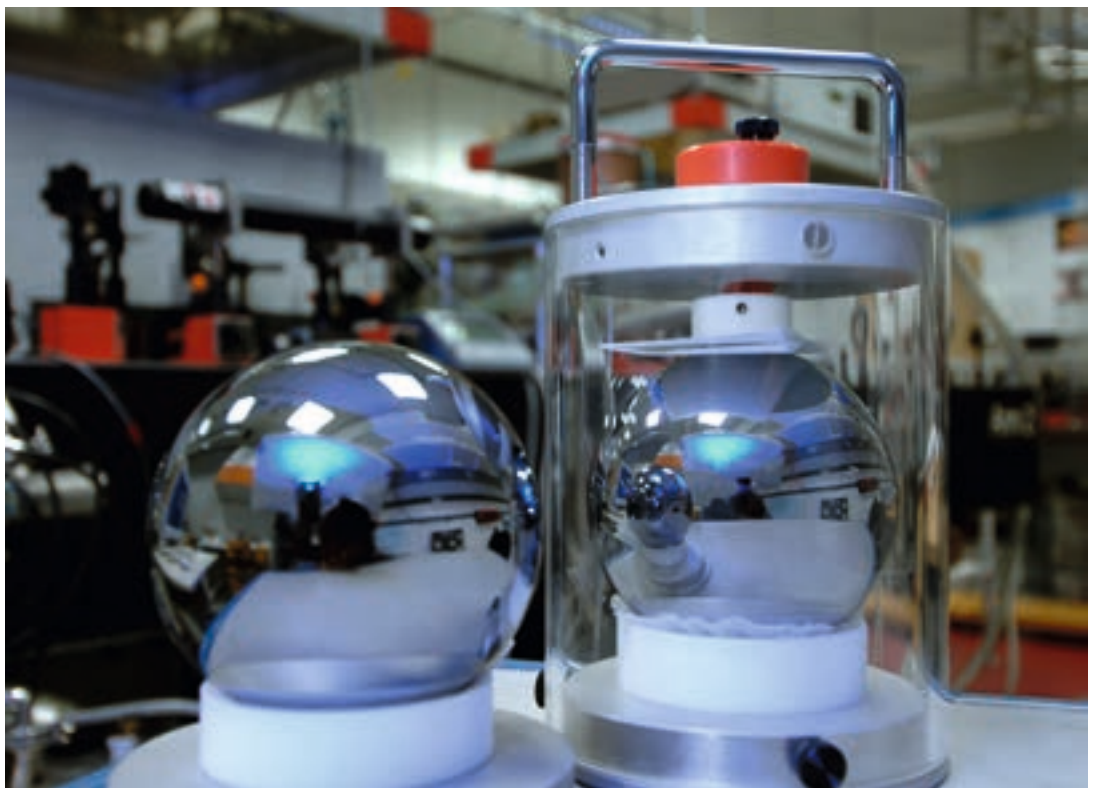
## Taiwan erhält Siliziumkugel aus der PTB

Seit dem 24. November 2018 ist Taiwan das erste Land nach Deutschland, das im Besitz einer eigenen Siliziumkugel ist, mit der die Masse nach der Revision des Internationalen Einheitensystems (SI) realisiert werden kann. Übergeben wurde die Kugel, oder präziser: das isotopenangereicherte 1-kg- $^{28}\text{Si}$ -Massennormal, von PTB-Präsident Prof. Dr. Joachim Ullrich und Dr. Frank Härtig, dem Leiter der Abteilung 1. Empfänger war das Industrial Technology Research Institute (ITRI).

Neben der Siliziumkugel erhielten die taiwanesischen Wissenschaftler auch das Know-how zur Messung der Oberflächenbelegung. Hierzu wird die PTB in den kommenden Jahren das ITRI beim Aufbau einer Apparatur unterstützen, mit der sich durch Photoelektronen-Spektroskopie (XPS) sowie Fluoreszenzphotonen-Spektroskopie (XRF) die Oberflächenbelegung an Siliziumkugeln ermitteln lässt.

Hochreine Siliziumkugeln zur Weitergabe des Kilogramms – mit und ohne Transportbehälter

High-purity silicon spheres for the dissemination of the unit of mass, the kilogram – with and without a transport container



## Taiwan gets silicon sphere from PTB

Since 24 November 2018, Taiwan has become the first country after Germany to have its own silicon sphere. After the revision of the International System of Units (SI), it will be possible to use this sphere to realize the unit of mass. The sphere – or to be more precise: the isotope-enriched 1 kg  $^{28}\text{Si}$  mass standard – was handed over to the Industrial Technology Research Institute of Taiwan (ITRI) by PTB President Prof. Joachim Ullrich and by the head of Division 1, Dr. Frank Härtig.

However, the Taiwanese scientists were provided not only with the silicon sphere itself, but also with the know-how that is necessary to measure the surface layer. To this end, PTB will, in the next few years, support ITRI in setting up a facility with which the surface layer of silicon spheres can be determined by means of X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and X-ray fluorescence (XRF).



## Erste PTB-geprüfte Ladesäulen für Elektrofahrzeuge

Die PTB hat 2018 den ersten Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge eine Baumusterprüfbescheinigung ausgestellt. Das heißt: Sie stimmen mit allen mess- und eichrechtlichen Anforderungen überein und gewährleisten sowohl exakte Messungen als auch einen für den Kunden transparenten und genau nachvollziehbaren Ladevorgang – vergleichbar mit dem Tanken von Benzin. Das Verfahren zur Bewertung der Konformität umfasst mehrere Prüfungen: funktionale Prüfungen zur Beurteilung der Beschaffenheit, Konstruktion und Funktion, tiefgehende Prüfungen der Herstellerdokumentation, Prüfungen der EMV- und Umweltverträglichkeit sowie eine detaillierte Prüfung der für den mess- und eichrechtskonformen Betrieb der Ladesäule

notwendigen Software. Erst wenn die Ladeeinrichtung allen Anforderungen entspricht, darf sie auf den Markt gebracht werden. Die PTB hat als momentan einzige Konformitätsbewertungsstelle für den Anwendungsbereich Elektromobilität ein Bewertungsverfahren für Ladeeinrichtungen entwickelt und unterstützt mit ihrer Arbeit aktiv den nationalen Entwicklungsplan der Bundesregierung für Elektromobilität. Insgesamt haben im Jahr 2018 drei AC-Ladeeinrichtungen von verschiedenen Herstellern sowie ein DC-Elektrizitätszähler für Schnellladesäulen ein Zertifikat erhalten.



Auto: scharfsinn86-Fotolia.com  
Bäume: GraphicsRF-Fotolia.com

### First electric vehicle charging stations tested at PTB

In 2018, PTB issued the first type-examination certificate for electric vehicle charging stations. That means that the stations meet all of the requirements of the measuring and verification legislation of Germany and not only guarantee exact measurements, but also a charging process that is transparent and comprehensible to the customers – comparable to pumping gasoline. The conformity assessment procedure encompasses several examinations: functional tests for assessing the design, the construction and the functionality, detailed checks of the manufacturer's documentation, tests of the EMC and environmental compatibility, and a detailed test

of the software which is necessary for operating the charging stations in conformity with the national measuring and verification legislation. The charging stations may not be placed on the market and used for billing until all of the requirements have been met. PTB, as the currently only conformity assessment body for the field of electromobility, has developed an assessment procedure for charging stations and is actively assisting the German Federal Government's national development plan for electromobility in its work. A total of three AC charging stations of different manufacturers and one DC electrical energy meter for rapid charging stations received a certificate in 2018.



## Neubau für Abgasmessung in Rekordzeit errichtet

Unter hohem Zeitdruck und mit Unterstützung der Ministerien (BMVI und BMWi) hat die PTB in einer Rekordzeit von weniger als zwölf Monaten ein 360 m<sup>2</sup> großes Prüflaborgebäude für Abgasmessung geplant, erstellt und in Betrieb genommen. Der 4,4 Millionen Euro teure Neubau beherbergt zwei hochmoderne Laboratorien für Trübungs- und Abgasmessgeräte, ein neuartiges Kalibrierlabor für Partikelzähler sowie vier Büroarbeitsplätze und einen Besprechungsraum. Die Laboratorien sind auf dem neuesten technischen Stand, insbesondere die Automatisierung ermöglicht sowohl eine signifikante Beschleunigung der Prüfverfahren als auch deutliche Verbesserungen bei Messgüte und Arbeitssicherheit.

Notwendig wurde der Neubau sehr kurzfristig durch eine Verschärfung der AU-Richtlinie Ende 2017. Sie umfasst die ausnahmslose Endrohrprüfung zum 1.1.2018, die Halbierung der Grenzwerte für Abgasstrübung (Diesel) und CO (Benziner) zum 1.1.2019 und die Einführung eines Partikelanzahl-Grenzwertes (PN) zum 1.1.2021. Da AU-Messgeräte dem Mess- und Eichgesetz unterliegen und einer Baumusterprüfung durch die PTB bedürfen, mussten hier rasch umfangreiche Forschungs- und Dienstleistungsarbeiten aufgenommen werden. Zentral sind hierbei die verbesserte Rückführung der Trübungs-/CO-Analysatoren, die Baumusterprüfung einer hohen Zahl von AU-Messgeräten, eine Verbesserung der Prüflaboratorien und der Aufbau einer PN-Rückführungskette.



Die neuen Laborgebäude für Abgasmessung sind durch die Novellierung der Richtlinie für Kfz-Abgasuntersuchungen nötig geworden.

The new laboratory building for exhaust measurement has become necessary due to the revision of the German directive for automobile exhaust examinations.

## New building for exhaust gas analyzers completed in record time

Under considerable time pressure and with the support of the ministries (BMVI and BMWi), PTB planned, built and started operation of a 360 m<sup>2</sup> testing laboratory for exhaust analyzers in less than 12 months. The new 4.4-million-euro building accommodates two cutting-edge laboratories for opacity and exhaust meters, a novel calibration laboratory for particle counters, four office workstations and one meeting room. The laboratories are state-of-the-art. Process automation allows significant acceleration of the test procedures, as well as considerable improvements in measurement quality and occupational safety.

The need for a new building arose on short notice as a result of the tightening of the German exhaust examination directive at the end of 2017. The directive encompasses obligatory tailpipe tests starting on 1.1.2018, halving the limits for exhaust opacity (diesel) and CO (gasoline engine) on 1.1.2019 and introducing a particle number limit (PN) on 1.1.2021. As exhaust gas analyzers underlie the Measures and Verification Act and require a PTB conformity assessment, rapid and comprehensive research work and preparations were needed. The key topics were: improved traceability of opacity/CO analyzers, conformity renewal of numerous exhaust gas analyzers, testing laboratory enhancements and setting up a PN traceability chain.

## PTB bereitet zweites Leben von Lithium-Ionen-Fahrzeugg Batterien metrologisch vor

Die PTB-Arbeitsgruppe *Elektrochemie* koordiniert im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts „LiBforSecUse“ ein Konsortium aus Industriepartnern, Forschungsinstituten und metrologischen Instituten mit dem Ziel, eine Messmethode zu entwickeln, die die Restkapazität von Li-Ionenbatterien aus Elektrofahrzeugen für Second-Use-Anwendungen effizient messen kann. Dazu werden Li-Ionenbatterien in breit angelegten Alterungsmessreihen mit verschiedenen Mess- und Analysemethoden untersucht, die auf Impedanzmessungen basieren.

Die Forscher gehen davon aus, dass in einigen Jahren Li-Ionenbatterien mit vielen GWh Speicherkapazität aus Elektrofahrzeugen geborgen werden. Obwohl sie

mit einer Restkapazität von etwa 80 % das Ende ihres Lebens in Elektrofahrzeugen erreicht haben, können diese Li-Ionenbatterien noch viele Jahre weiterverwendet werden und z. B. ein zweites Leben als stationäre Energiespeichersysteme für Photovoltaikanlagen führen. Diese Nachnutzung vorhandener Li-Ionenbatterien ist ökologisch und ökonomisch sinnvoller als die Herstellung neuer Batterien, jedoch muss vor der Integration in neue Systeme ihre Restkapazität bestimmt werden. Hierzu sind derzeitige Messmethoden entweder zu ungenau oder nicht effizient genug, um eine wirtschaftliche Charakterisierung zu ermöglichen.

Gebrauchte Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen können ökologisch und ökonomisch sinnvoll weiter genutzt werden.

Used lithium-ion batteries from electric vehicles can be given a second life that is environmentally and economically sound.



## PTB is developing measurement techniques to give lithium-ion vehicle batteries a second life

Within the scope of the European research project “LiBforSecUse”, PTB’s *Electrochemistry* working group is coordinating a consortium consisting of partners from industry, research institutes and metrological institutes. The aim of this research project is to develop a measurement method that can efficiently measure the residual capacity of lithium-ion batteries from electric vehicles for second-use applications. Within the scope of broad-based measurement series on the ageing behavior of lithium-ion batteries, such batteries are being investigated using different measurement and analytical methods that are based on impedance measurements.

Within a few years, researchers expect to be able to recover lithium-ion batteries with several GWh of

charge capacity out of electric vehicles. Even though lithium-ion batteries have reached the end of their lifetime cycle in electric vehicles as soon as their residual capacity has dropped below approx. 80 %, they can be given a second life (e.g. as stationary energy storing systems for PV facilities) in which they can be used for many more years. This subsequent use of existing lithium-ion batteries makes more sense – both environmentally and economically – than manufacturing new batteries. However, before being integrated into new systems, it is necessary to determine their residual capacity. Current measurement methods are still either too inaccurate or not efficient enough to allow characterization in an economic way.

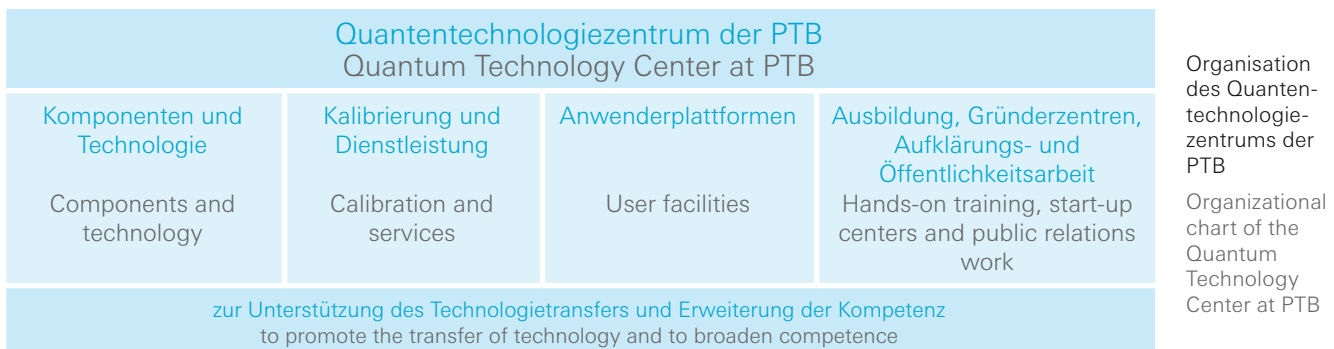
## Startschuss für das Quantentechnologiezentrum der PTB

Mit dem Rahmenprogramm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ hat sich die Bundesregierung das Ziel gesetzt, signifikant in die „Quantentechnologien der zweiten Generation“ zu investieren. Diese umfassen Bereiche der Quantensensorik und -metrologie, der quantenbasierten Bildgebung, der Quantenkommunikation, des Quantencomputing und der Quantensimulation.

Die PTB ist in diesem Programm prominent vertreten. Hier soll durch die Einrichtung eines Quantentechnologiezentrums die Grundlage für einen intensivierten Transfer von Erkenntnissen aus der Grundlagenforschung in die industrielle Verwertung geschaffen werden. Unterstützt wird sie dabei durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Das Quantentechnologiezentrum ist abteilungsübergreifend. Seine inhaltlichen Schwerpunkte lassen sich in vier Themengebiete einteilen:

1. **Komponenten und Technologie:** Entwicklung und Aufbau von z. B. Einzelphotonenquellen und Oszillatoren sowie industrietauglicher Uhren, Messgeräte und Sensoren
2. **Kalibrierung und Dienstleistung:** Aufbau von Messplätzen zur Charakterisierung und Kalibrierung von Komponenten und Technologien
3. **Anwenderplattformen (User-Facilities)** zur Bereitstellung von Glasfasernetzwerken und Technologieplattformen zur Prototypenentwicklung und Kleinstserienfertigung
4. **Gründerzentren, Ausbildung, Öffentlichkeitsarbeit und Technologietransfer.**



## Starting signal for a Quantum Technology Center at PTB

With the framework program “Quantum Technologies – from the Fundamentals to the Market”, the German Federal Government has made a commitment to significantly invest in “second-generation quantum technologies”. These technologies encompass the fields of quantum sensor technologies and quantum metrology, quantum-based imaging, quantum communications, quantum computing and quantum simulation.

PTB is prominently represented in this program. The establishment of a Quantum Technology Center at PTB is intended to create the basis for an intensified transfer of knowledge – from basic research to industrial application. PTB receives support for this program from the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.

The Quantum Technology Center will unite the work of various divisions of PTB. Its main focuses can be divided into four areas:

1. **Components and technology:** The development and setting up of, for example, single photon sources and oscillators as well as industrial-grade clocks, measurement devices and sensors
2. **Calibration and service:** Setting up measurement facilities for the characterization and calibration of components and technologies
3. **User platforms (user facilities)** to supply fiber-optic networks and technological platforms for the development of prototypes and smallest-batch manufacturing
4. **Start-up centers, training, public relations work and technology transfer**

## Auf dem Weg zur optischen Kernuhr

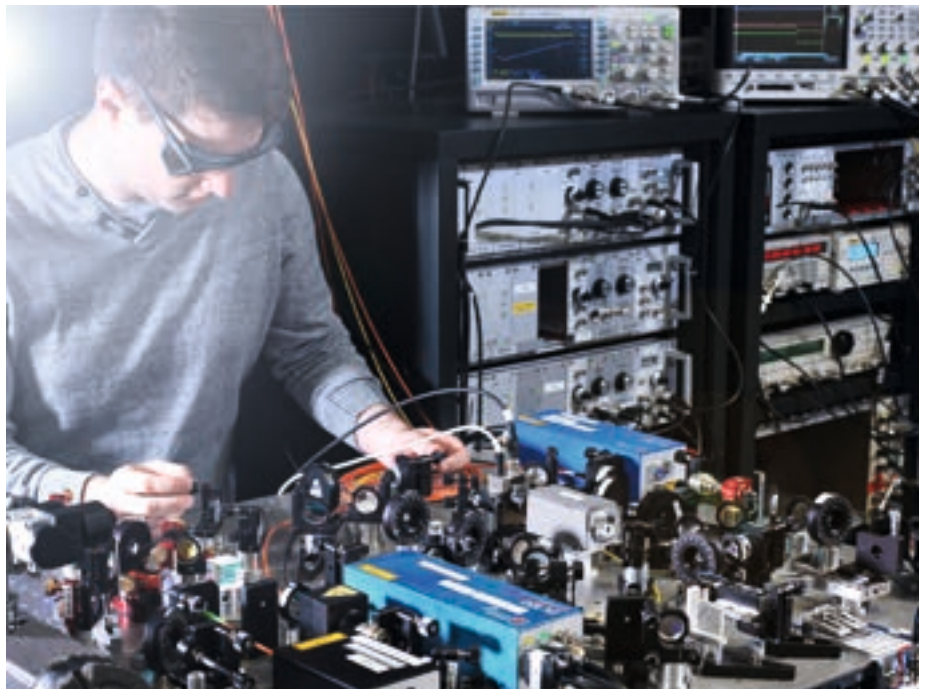
Der Atomkern Thorium-229 besitzt eine unter allen bekannten Nukliden einmalige Eigenschaft: Es sollte möglich sein, ihn mit ultraviolettem Licht anzuregen. Über den dafür verantwortlichen niederenergetischen Zustand des Th-229-Kerns war bisher nur wenig bekannt. PTB-Wissenschaftler haben zusammen mit Kollegen aus München und Mainz nun erstmals mit optischen Methoden einige wichtige Eigenschaften wie die Form der Ladungsverteilung dieses Kernzustands gemessen. Damit bietet sich ein Weg, eine Laseranregung des Atomkerns zu kontrollieren und somit eine optische Kernuhr zu realisieren, die genauer „tickt“ als

heutige Atomuhren. Über ihre Ergebnisse berichten die Wissenschaftler in *Nature*.

Schon vor etwa 15 Jahren entwickelten Wissenschaftler der PTB das Konzept einer neuen Atomuhr mit einzigartigen Eigenschaften: Taktgeber der Uhr soll nicht eine Übergangsfrequenz zwischen zwei Zuständen in der Elektronenhülle sein, wie es bei allen heutigen Atomuhren der Fall ist, sondern eine Übergangsfrequenz im Atomkern. Nun sind sie diesem Ziel ein großes Stück nähergekommen.

Laseraufbau zur Untersuchung des Thorium-229-Atomkerns

Laser setup for the investigation of the atomic nucleus of  $^{229}\text{Th}$



## En route to the optical nuclear clock

The nucleus of thorium-229 possesses a property that is unique among all known nuclides: It should be possible to excite it with ultraviolet light. To date, little has been known about the low-energy state of the Th-229 nucleus that is responsible for this property. Together with their colleagues from Munich and Mainz, PTB scientists have now performed the first-ever measurements – using optical methods – of some important properties of this nuclear state such as the shape of its charge distribution. In this way, a laser excitation of the atomic nucleus can be monitored, thus allowing an optical nuclear clock to be realized that

“ticks” more precisely than present-day atomic clocks. The scientists have reported their results in *Nature*.

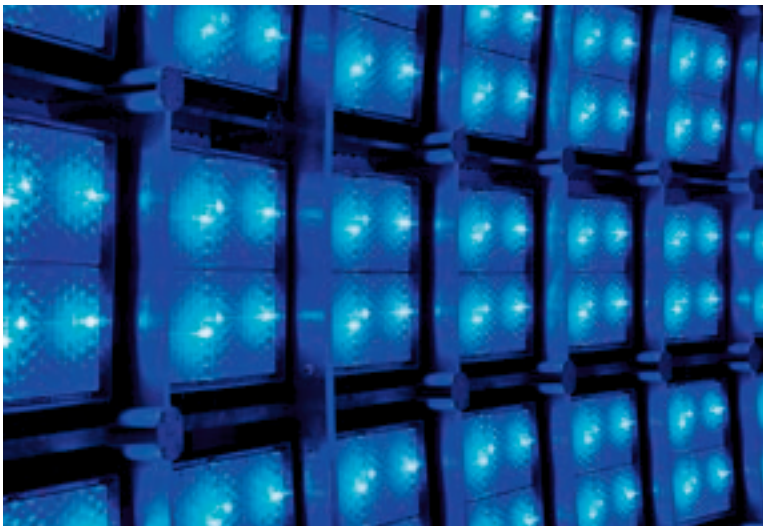
As early as around 15 years ago, PTB scientists were developing the concept of a new atomic clock that had unique properties: Instead of a transition frequency between two states in the electron shell being used as the pulse generator of their clock, as is the case in all atomic clocks in use today, they envisaged using a transition frequency in the nucleus. They are now a lot closer to reaching their goal.

## Auf dem Weg zum Kompetenzzentrum PV-Metrologie: Aufbau eines LED-basierten Solarmodulmessplatzes

Die PTB hat in den vergangenen Jahren die Metrologie für die weltweit genaueste Bestimmung des Wirkungsgrads von Solarzellen entwickelt. Nun arbeitet sie an einem Konzept zu einem „Kompetenzzentrum PV-Metrologie“ zur nachhaltigen Abdeckung der gesamten Wertschöpfungskette von der Solarzelle über das Modul bis zum Solarpark. Um das Produktportfolio auf Solarmodule zu erweitern, werden gerade in der neu gegründeten Arbeitsgruppe 4.53 *Solarmodule* im Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie* die dafür nötigen Labor- und Freifeld-Messplätze aufgebaut. Wie es bereits für Solarzellen der Fall ist, sollen auch für Solarmodule in Zukunft höchstgenaue Messungen

angeboten werden können. Dies erfordert die Weiterentwicklung bestehender und den Einsatz neuer Messverfahren wie beispielsweise eines kürzlich an der PTB in Betrieb genommenen LED-basierten Sonnensimulators der Firma Wavelabs aus Leipzig.

Davon profitieren deutsche Kalibrierlaboratorien sowie die deutschen Messtechnikhersteller, die als Weltmarktführer ihre Kalibrier- und Prüfdienstleistungen sowie ihre Produktionsmesstechnik weltweit exportieren. Ein Beispiel sind deutsche Solarsimulatoren für die Zellmesstechnik mit 80 % Weltmarktanteil im Jahr 2016.



Nahaufnahme des LED-Sonnensimulators mit eingeschalteten blauen LEDs. Bei einer Gesamtgröße von 2,4 m x 4,7 m ist er mit insgesamt 16 320 LEDs bestückt.

Close-up of the LED solar simulator with blue LEDs turned on. It has a total size of 2.4 m x 4.7 m and it is equipped with a total of 16 320 LEDs.

## Toward the “Competence Center PV Metrology”: Setting up an LED-based solar module measuring facility

During the past few years, PTB has developed the most precise determination of solar cell efficiency in the world. PTB is now working on a concept for a “Competence Center PV Metrology” to sustainably cover the entire value chain – from solar cells to modules and to solar parks. To extend the product portfolio to solar modules, the newly established Working Group 4.53 *Solar Modules* in Department 4.5 *Applied Radiometry* is currently setting up the necessary laboratory and outdoor measurement facilities. As is already the case for solar cells, highest-accuracy measurements will also be offered for solar modules in the future. This requires the further development of the existing measurement procedures

as well as the application of new methods, for example by implementation of an LED-based solar simulator from the company WAVE LABS Solar Metrology Systems GmbH based in Leipzig, which was recently put into operation.

The German calibration laboratories and the German measurement technology suppliers – who export calibration and testing services and metrology-based instruments worldwide as world leaders – will benefit from this. For example, German solar simulators for solar cell metrology had a share of 80 % in the global market in 2016.

## Erfolg in der Exzellenzinitiative mit dem Cluster „QuantumFrontiers“

Ab dem 1. Januar 2019 fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) das Cluster QuantumFrontiers. Ziel der Exzellenzinitiative ist die Zusammenführung von Quanten- und Nano-Metrologie, um eine qualitativ neue Stufe bisher unerreichter Präzision zu erreichen und damit die Erkenntnishorizonte im Größten und im Kleinsten weiter zu verschieben. Durch die Kooperation der Leibniz Universität Hannover, der Technischen Universität Braunschweig, der PTB und weiterer Partnerinstitutionen sollen hochaktuelle Forschungsfelder vorangetrieben werden, wie z. B. die Gravitationswellenastronomie, optische

Atomuhren für weltweit genaueste Zeitmessung, um mehrere Größenordnungen präzisere Atominterferometrie, Sub-Wellenlängen-Nanophotonik mit voller Zustandskontrolle des Lichts oder laserinterferometrische Abstandsmessung im Pikometer-Bereich für Satelliten. Die in QuantumFrontiers entwickelten neuen Messkonzepte und Sensortopologien basieren auf photonischen Systemen, dedizierten Halbleitersystemen, Nanostrukturen, quanten-manipulierten atomaren und molekularen Ensembles und sogar makroskopischen Körpern.

Die Leibniz Universität Hannover, die TU Braunschweig und die PTB bündeln ihre Kompetenzen im Bereich der Quanten- und Nanotechnologie im Exzellenzcluster QuantumFrontiers.

Leibniz University Hannover, TU Braunschweig and PTB are pooling their competence in the fields of quantum metrology and nanotechnology in the QuantumFrontiers excellence cluster.



## Successful Excellence Initiative with the “QuantumFrontiers” cluster

Since 1 January 2019, the German Research Foundation DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) has been funding the QuantumFrontiers cluster. The aim of this Excellence Initiative is to bring together quantum and nanometrology to reach a qualitatively new level of unprecedented precision, further shifting knowledge horizons in both the largest and the smallest scales. By cooperating with Leibniz University Hannover, Technische Universität Braunschweig (TU), the PTB and other partner institutions, highly topical fields of research are being advanced. These include gravitational-wave astronomy, optical atomic

clocks for the most precise measurement of time in the world, atom interferometry which is more precise by several orders of magnitude, sub-wavelength nanophotonics with full control of the state of light, and laser-interferometric distance measurement in the picometer range for satellites. The new measurement concepts and sensor topologies developed in QuantumFrontiers are based on photonic systems, dedicated semiconductor systems, nanostructures, quantum-controlled atomic and molecular ensembles, and even macroscopic solids.

## Graduiertenkolleg NanoMet nach erfolgreicher Begutachtung verlängert

Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Graduiertenkolleg NanoMet ist positiv begutachtet und für weitere 4,5 Jahre bewilligt worden. Im Rahmen des gemeinsam von der TU Braunschweig und der PTB durchgeführten Graduiertenkollegs (GrK 1952/1 „Metrology for Complex Nanosystems“, Sprecher: Prof. Meinhard Schilling) werden seit Oktober 2014 Promotionsarbeiten im Bereich der Nanometrologie in den drei Themenfeldern „Komplexe Systeme“, „Quanten-Systeme“ und „Biologische Systeme“ bearbeitet und von Wissenschaftlern der TU Braunschweig und der PTB gemeinsam betreut. In dem Graduiertenkolleg wird der Gruppe von 26 Promovierenden ein strukturiertes Curriculum angeboten, dabei werden 13 Promotionsstellen von der DFG finanziell gefördert.

Das Curriculum sowie auch zusätzliche Module wie Sommerschulen sowie Instituts- und Firmenbesichtigungen werden mit der Graduiertenschule „Braunschweig International Graduate School of Metrology“ abgestimmt. Diese wird seit 2007 gemeinsam von der TU Braunschweig und der PTB betrieben und wurde 2018 für weitere 5 Jahre verlängert.

Die an der PTB bearbeiteten Promotionsthemen kommen aus den vier an NanoMet beteiligten Fachabteilungen *Elektrizität, Chemische Physik und Explosionsschutz, Optik* und *Fertigungsmesstechnik*. Ein besonderer Schwerpunkt in NanoMet ist die Erstellung gemeinsamer Publikationen, um dem interdisziplinären Charakter der Nanometrologie gerecht zu werden.



Gruppenfoto von der B-IGSM Summer School 2018 im Kloster Drübeck mit dem Thema „Fundamental Constants and the New SI“

Group photo of the B-IGSM Summer School 2018 at Drübeck Abbey, where the theme was “Fundamental Constants and the New SI”

## The NanoMet Research Training Group will be continued after positive assessment

The NanoMet Research Training Group, which is funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), received positive assessment results and will be continued for another four and a half years. The group is jointly supported by TU Braunschweig and PTB (GrK 1952/1 “Metrology for Complex Nanosystems”, speaker: Prof. Meinhard Schilling). Since October 2014, doctoral candidates have been working on three topics in the field of nanometrology (“Complex Systems”, “Quantum Systems” and “Biological Systems”) and have been mentored jointly by scientists from TU Braunschweig and from PTB. Within the scope of the research training group, a structured curriculum is provided to the 26 doctoral candidates; 13 of these doctoral positions are funded by the DFG.

The curriculum as well as any additional modules – such as summer schools or visits to institutes and companies – are coordinated with the “Braunschweig International Graduate School of Metrology”. This school has been jointly operated by TU Braunschweig and PTB since 2007. In 2018, it was extended for five more years.

The dissertation topics being researched at PTB stem from the four divisions which participate in NanoMet: *Electricity, Chemical Physics and Explosion Protection, Optics, and Precision Engineering*. A special focus of NanoMet is on joint publications – in order to underpin the interdisciplinary nature of nanometrology.

## Patientenspezifische Dosimetrie in der Computertomografie

Computertomografische Aufnahmen (CT) sind aus dem modernen Klinikalltag nicht mehr wegzudenken, jedoch kann die Strahlenbelastung des Patienten – je nach Art der Untersuchung – durchaus nennenswert sein. Ziel der patientenspezifischen Dosimetrie ist es daher, die Organdosen für den individuellen Patienten so gering wie möglich zu halten. Um die patientenspezifische Dosis zu ermitteln, hat die PTB eine Prozedur entwickelt.

Diese verwendet das dreidimensionale CT-Bild des Patienten in einer Monte-Carlo-Simulation des Scans, um daraus die dreidimensionale Dosisverteilung im Patienten zu erhalten. Da für die Simulation spezielle, nicht öffentlich zugängliche Daten des CTs benötigt werden, haben PTB-Wissenschaftler eine mobile

Messapparatur gebaut, die es ermöglicht, aus zeitaufgelösten Dosischwächungs- und Dosisprofilmessungen das Röntgenspektrum und Strahlformfilter des CTs zu ermitteln. Eine derartige Messung kann mit einem klinischen CT-Protokoll in ca. zwei Minuten durchgeführt werden.

Zur Verifizierung des Verfahrens wurden CT-Aufnahmen von „anthropomorphen Phantomen“ erstellt, die im Inneren mit Dosisdetektoren ausgestattet sind. Nach dem Scan wurden simulierte und gemessene Dosen miteinander verglichen. Berechnete und gemessene Dosen stimmten innerhalb der Unsicherheiten von weniger als 10 % überein. Damit ist das neue Verfahren validiert und ein wichtiger Schritt in Richtung personalisierter Dosimetrie in der CT getan.

Mobile Apparatur zur nichtinvasiven Bestimmung der Röntgenspektren und der Charakterisierung der Formfilter eines Computertomografen

Mobile equipment for the non-invasive determination of the X-ray spectra and the characterization of the form filters of a computed tomography scanner



## Patient-specific dosimetry in computed tomography

Computed tomography (CT) images are indispensable in modern clinical routines. Depending on the type of examination performed, the radiation dose incurred by patients can, however, be considerable. The aim of patient-specific dosimetry is, therefore, to keep the radiation doses to the organs of the individual patient as small as possible. PTB has developed a procedure to determine the specific dose of a patient.

This procedure uses a three-dimensional CT image of the patient in a Monte Carlo simulation of the scan, in order to obtain the three-dimensional dose distribution in the patient. As special, publicly not available data from the CTs are required, PTB scientists have built a mobile measuring equipment which allows the identification of the X-ray spectrum and the beam

shaping (bow-tie) filter of the CT from time-resolved dose reduction and dose profile measurements. This type of measurement can be performed by using a clinical CT protocol and only takes approximately two minutes.

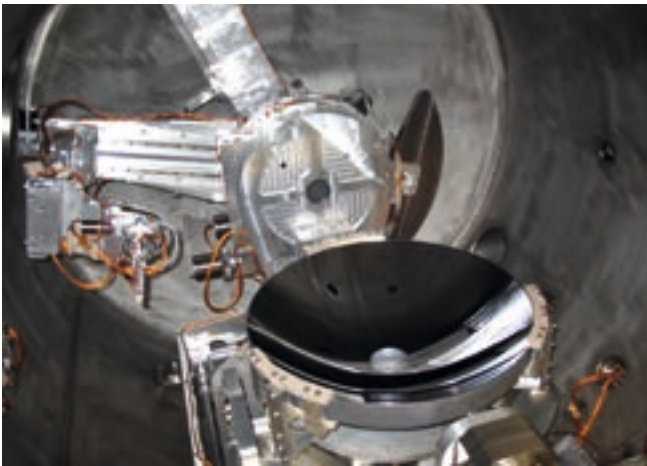
To validate this procedure, CT images of “anthropomorphic phantoms” (which are fitted inside with dosimeters) were taken. After the scanning, the simulated and the measured doses were compared with each other. The calculated and the measured doses were in agreement within the measurement uncertainties of less than 10 %. Thus, this new procedure has been validated and an important step toward personalized CT dosimetry has been achieved.



## Kommerzieller Durchbruch der EUV-Lithografie

Die Ankündigung der großen Halbleiterproduzenten Samsung und TSMC im Herbst 2018, EUV-Lithografie für die Herstellung ihrer High-End-Prozessoren einzusetzen, markiert den kommerziellen Durchbruch dieser Technologie nach einer langen Entwicklungsphase, die die PTB an den Synchrotronstrahlungsquellen BESSY II und MLS in Berlin-Adlershof metrologisch begleitet hat. Seit zwanzig Jahren unterstützt die PTB Carl Zeiss SMT bei der Entwicklung von Optiken für die EUV-Lithografie durch At-Wavelength-Metrologie mit Synchrotronstrahlung. Auch mit der holländischen Firma ASML, die mit Optiken von Carl Zeiss derzeit weltweit führend bei EUV-Lithografiemaschinen ist, besteht eine entsprechende Kooperation.

Neben der stetigen Weiterentwicklung der EUV-Lithografiemaschinen für Strukturbreiten von 3 nm und darunter ergeben sich neue und noch weiter wachsende Herausforderungen für die PTB bei BESSY II und an der MLS auch aus der Entwicklung neuer Messverfahren zur Charakterisierung von Nanostrukturen mit EUV-Strahlung. Ausgehend von einem Messzeitumfang von derzeit mehr als 6000 Stunden pro Jahr an zwei EUV-Strahlrohren bei BESSY II und an der MLS ergeben sich daraus hervorragende Perspektiven für das Arbeitsgebiet, auch in Hinblick auf eine zukünftige Synchrotronstrahlungsquelle BESSY III.



Kollektorspiegel für eine EUVL-Plasmaquelle montiert auf dem Proben-Goniometer im EUV-Reflektometer der PTB.

(Foto: Fraunhofer IOF und CYMER)

Collector mirror for an EUVL plasma source, mounted on the sample goniometer inside PTB's EUV reflectometer.

(Photo: Fraunhofer IOF and CYMER)

## Commercial breakthrough in EUV lithography

The announcement made by the large semiconductor manufacturers Samsung and TSMC in autumn 2018 that they are going to use EUV lithography for the manufacturing of high-end processors marks the commercial breakthrough of this technology after a long development phase. PTB has contributed to this development in metrological matters through its work at the synchrotron radiation sources BESSY II and MLS in Berlin-Adlershof. For 20 years now, PTB has been supporting the Carl Zeiss SMT company in the development of optical systems for EUV lithography by means of at-wavelength metrology with synchrotron radiation. PTB also cooperates with the Dutch company ASML which – with the optical systems of Carl Zeiss – currently has a worldwide leading position in the field of EUV lithography machines.

Besides the continuous further development of EUV lithography machines for structure widths of 3 nm and below, PTB is faced with new – and still increasing – challenges at BESSY II and at MLS due to the development of new measurement procedures for the characterization of nanostructures with the aid of EUV radiation. Based on a measurement time of currently more than 6,000 hours per year at the two EUV beamlines at BESSY II and at MLS, excellent perspectives are opening up for this field of activity, also with respect to a future synchrotron radiation source BESSY III.

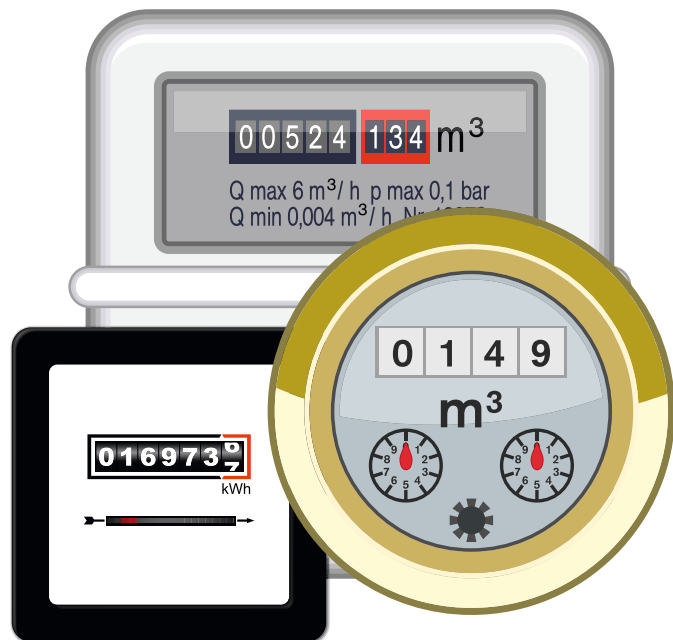
## Sicherung der Messrichtigkeit von Verbrauchsmessgeräten

In Deutschland unterliegen mehr als 100 Millionen Wasser-, Wärme-, Gas- und Elektrizitätszähler der metrologischen Qualitätskontrolle. Hierzu zählen regelmäßige Überprüfungen, die in der Mess- und Eichverordnung gesetzlich geregelt sind. Die PTB hat ein neues statistisches Verfahren entwickelt, das die Umsetzung der betreffenden, neu gefassten Regelung ermöglicht und Verbraucher nun noch besser schützt.

Am 1.1.2019 ist erstmalig ein Verfahren in Kraft getreten, das durch regelmäßige stichprobenartige Überprüfungen mit hoher Sicherheit garantiert, dass 95 % der im Betrieb befindlichen Messgeräte

zu jedem Zeitpunkt die gesetzlichen Anforderungen einhalten. Bisherige Überprüfungen erlaubten keine Aussage über die Qualität von Verbrauchsmessgeräten zwischen den Prüfzeitpunkten. Das neue statistische Verfahren verbindet Standardstichprobenpläne mit einer Vorhersagefunktion. Basierend auf den Forschungen und Beratungen der PTB konnten die Eichbehörden somit die neue Verwaltungsvorschrift „GM-VA SPV“ veröffentlichen, die die gesetzliche Regelung umsetzt.

Gaszähler / gas meter (oben / above): iconshow-Fotolia.com  
 Stromzähler / electricity meter (links / left): WoGi-Fotolia.com  
 Wasserzähler / water meter (rechts / right): iconshow-Fotolia.com



## Ensuring the measurement trueness of utility meters

In Germany, more than 100 million water, heat, gas and electricity meters are subject to metrological quality control. This includes regular inspections which are legally regulated by the Measures and Verification Ordinance. PTB has developed a new statistical procedure which enables the respective new regulation to be enforced and which better protects consumers now.

Starting on 1 January 2019, a new procedure has entered into force which – by means of regular

sampling inspections – will guarantee with high confidence that 95 % of the in-service measuring instruments fulfill the legal requirements at any time. Inspections carried out before then did not allow any statements about the quality of utility meters between such assessments. The new statistical procedure combines standard sampling plans with a prediction function. Based on research and consultations carried out by PTB, the verification authorities were able to publish “GM-VA SPV”, the new administrative regulation, which implements the legal regulation.

## Quality Infrastructure Reform Toolkit während der CIML-Tagung vorgestellt

Während der CIML-Tagung in Hamburg haben die Weltbank-Gruppe und die PTB das neue Quality Infrastructure Reform Toolkit vorgestellt. Mit diesem Instrument will die PTB ihren Partnerländern eine Leitlinie zur Verfügung stellen, mit der sie ihr QI-System ganzheitlich analysieren und bewerten können. Darüber hinaus bietet es einen Überblick über bewährte internationale Praktiken, Empfehlungen zu QI-Reformen sowie eine kohärente Unterstützung dieser Reformen und die notwendige Entwicklung von Kapazitäten. Die Qualitätsinfrastruktur ist eine der wichtigsten Säulen, die Entwicklungsländern dabei hilft, die Vorteile eines freien, fairen und sicheren

Handels zu nutzen. Insgesamt nutzten 105 Teilnehmer/innen aus 48 Ländern das Seminar „Ensuring Quality to Access Markets: A Reform Toolkit“, um das Toolkit kennenzulernen und zu testen. Dieser praktische Test und die lebhafteste Diskussion der Expert/innen haben gezeigt, dass das Toolkit die Feuertaufe bestanden hat. Andy Henson, Director of the International Liaison and Communication Department des BIPM, lobte das Konzept und die Funktionalität des QI-Toolkits: „This is exactly what we needed.“ 2019 wird die Entwicklung mit dem Launch des dazugehörigen Manuals abgeschlossen sein.



Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Workshop zum Launch des QI-Toolkits  
The participants of the QI Toolkit launch workshop

## Quality Infrastructure (QI) Reform Toolkit presented during CIML meeting

The World Bank Group and PTB presented the new Quality Infrastructure Reform Toolkit during the CIML meeting in Hamburg. With this instrument, PTB intends to provide its partner countries with a set of guidelines which they can use to holistically analyze and evaluate their QI system. Beyond that, the toolkit offers an overview of tried and true international practices, it provides recommendations for QI reforms and it renders coherent support for bringing about these reforms as well as the necessary development of capacities. Quality infrastructure is one of the most important pillars which help developing countries to

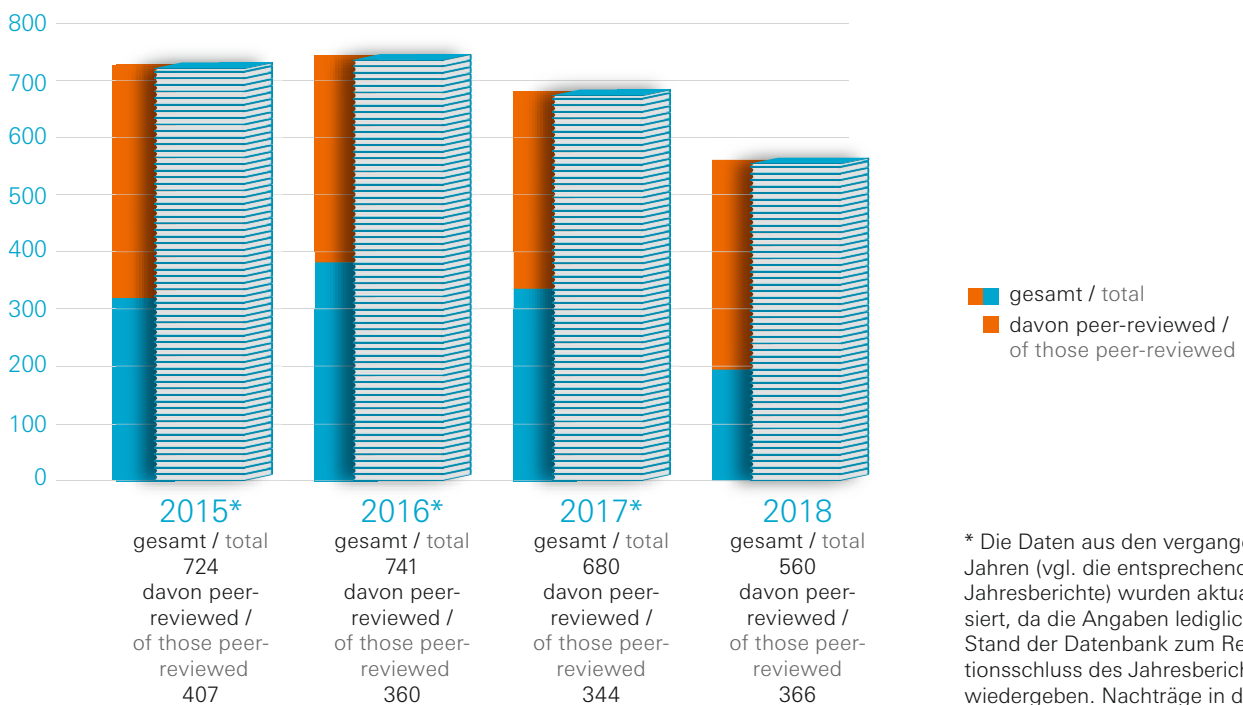
reap the advantages of free, fair and safe trade. A total of 105 participants from 48 countries used the seminar “Ensuring Quality to Access Markets: A Reform Toolkit” to become familiar with the toolkit and to test it. This practical test and the lively discussion of the experts have shown that it passed its baptism of fire. Henson, Director of the International Liaison and Communication Department of the BIPM, praised the concept and the functionality of the QI Toolkit: “This is exactly what we needed!” The development phase will be concluded with the launch of the corresponding manual in 2019.

## Veröffentlichungen und Vorträge / Publications and lectures

Anzahl der Veröffentlichungen der PTB-Mitarbeiter/innen (in wissenschaftlichen Journalen, Büchern, Tagungsbänden etc.) in den Jahren 2015 bis 2018 (vgl. Datenbank „PTB-Publica“ im Internet) und Anzahl der auswärtigen Vorträge, die PTB-Mitarbeiter/innen in diesen Jahren gehalten haben

Number of publications by PTB staff members (in scientific journals, books, conference digests, etc.) between 2015 and 2018 (cf. database “PTB-Publica” on the web) and number of lectures held by PTB staff members outside PTB in these years.

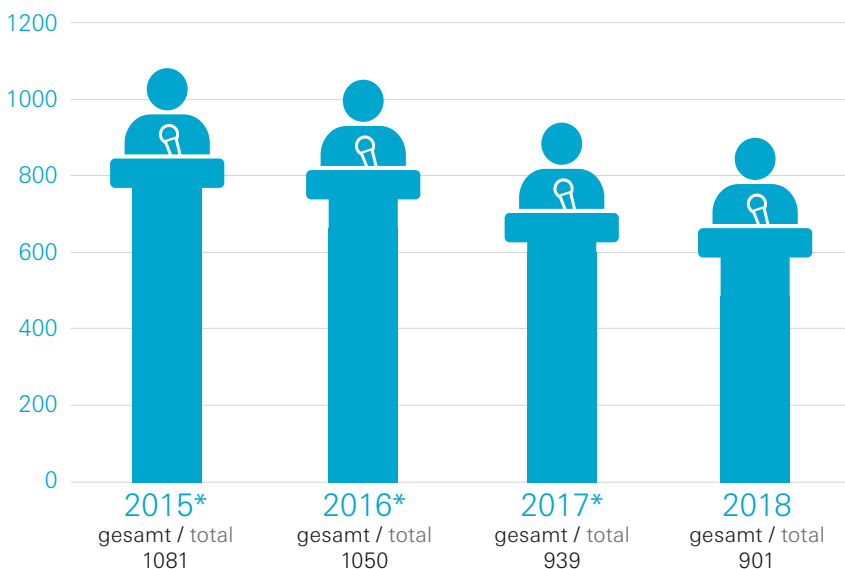
### Veröffentlichungen / Publications



\* Die Daten aus den vergangenen Jahren (vgl. die entsprechenden Jahresberichte) wurden aktualisiert, da die Angaben lediglich den Stand der Datenbank zum Redaktionsschluss des Jahresberichts wiedergeben. Nachträge in der Datenbank führen zu einer deutlichen Erhöhung der ursprünglich genannten Zahlen.

\* The data from previous years (compare the respective Annual Reports) were updated, since the information only gives an account of the state of the database at the time the Annual Report went to press. Subsequent entries in the database lead to distinctly higher numbers.

### Vorträge / Lectures



## Ausgewählte Publikationen /

Selected publications

### Themenbereich: Akustik, Ultraschall, Beschleunigung /

Subject area: Acoustics, ultrasound, acceleration

J. Haller, V. Wilkens, A. Shaw: **Determination of cavitation probabilities and cavitation thresholds using a single focusing transducer to induce and detect cavitation events: I. Method and terminology**; *Ultrasound in Medicine and Biology* **44** (2018), 2, 377–396; <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2017.08.1946>

Fachbereich 1.6 *Schall*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem NPL (Großbritannien)

J. Haller, V. Wilkens: **Determination of cavitation probabilities and cavitation thresholds using a single focusing transducer to induce and detect cavitation events: II. Systematic investigation in an agar material**; *Ultrasound in Medicine and Biology* **44** (2018), 2, 397–415; <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2017.10.007>

Fachbereich 1.6 *Schall*, PTB

### Themenbereich: Durchfluss /

Subject area: Fluid flow

J. van der Grinten, H. Foulon, A. Gunnarsson, B. Mickan: **Reducing measurement uncertainties of high-pressure gas flow calibrations by using reference values based on multiple independent traceability chains**; *tm - Technisches Messen* **85** (2018), 12, 713–778; <https://doi.org/10.1515/teme-2018-0019>

Fachbereich 1.4 *Gase*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem französischen nationalen Referenzlabor für Gasflussmessungen, Cesame-Exadébit, und FORCE Technology (Dänemark)

M. Turiso, M. Straka, J. Rose, C. Bombis, D. F. Hinz: **The asymmetric swirl disturbance generator: Towards a realistic and reproducible standard**; *Flow Measurement and Instrumentation* **60** (2018), 144–154; <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2018.02.021>

Fachbereich 7.5 *Wärme und Vakuum*, PTB, in Zusammenarbeit mit Kamstrup A/S und der Universität Aarhus (beide Dänemark)

### Themenbereich: Elektrizität und Magnetismus /

Subject area: Electricity and magnetism

G. Dai, X. Hu, S. Sievers, A. F. Scarioni, V. Neu, J. Flügge, H. W. Schumacher: **Metrological large range magnetic force microscopy**; *Review of Scientific Instruments* **89**, 093703 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5035175>

Fachbereich 2.5 *Halbleiterphysik und Magnetismus* sowie 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung in Dresden

M. Götz, K. M. Fijalkowski, E. Pesel, M. Hartl, S. Schreyeck, M. Winnerlein, S. Grauer, H. Scherer, K. Brunner, C. Gould, F. J. Ahlers, L. W. Molenkamp: **Precision measurement of the quantized anomalous Hall resistance at zero magnetic field**; *Appl. Phys. Lett.* **112**, 072102 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5009718>

Fachbereich 2.1 *Gleichstrom und Niederfrequenz* sowie 2.6 *Elektrische Quantenmetrologie*, beide PTB, in Zusammenarbeit der Universität Würzburg und dem Institute for Topological Insulators in Würzburg

## Themenbereich: Ionisierende Strahlung /

Subject area: Ionizing radiation

K. Kossert, J. Marganec-Galazka, X. Mougeot, O. J. Nähle: **Activity determination of  $^{60}\text{Co}$  and the importance of its beta spectrum**; Applied Radiation and Isotopes **134** (2018), 212–218; <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2017.06.015>

Fachbereiche 6.1 *Radioaktivität* sowie 6.3 *Strahlenschutzdosimetrie*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit dem LIST (Frankreich)

P. Keßler, B. Behnke, R. Dabrowski, H. Dombrowski, A. Röttger, S. Neumaier: **Novel spectrometers for environmental dose rate monitoring**; Journal of Environmental Radioactivity **187** (2018), 115–12; doi: 10.1016/j.jenvrad.2018.01.020

Fachbereiche 6.1 *Radioaktivität*, 6.2 *Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik* sowie 6.3 *Strahlenschutzdosimetrie*, alle PTB

## Themenbereich: Länge und dimensionelle Metrologie /

Subject area: Length, dimensional metrology

M. Bartscher, U. Neuschaefer-Rube, J. Illema, F. Borges de Oliveira, A. Stolfi, S. Carmignato: **Qualification and Testing of CT Systems**; Industrial X-ray computed tomography (2018), 185–228, Springer International Publishing; [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59573-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59573-3_6)

Fachbereiche 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* und 5.3 *Koordinatenmesstechnik*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Lyngby (Dänemark) und der Universität Padova (Italien)

K. Meiners-Hagen, T. Meyer, J. Mildner, F. Pollinger: **SI-traceable absolute distance measurement over more than 800 meters with subnanometer interferometry by two-color inline refractivity compensation**; Appl. Phys. Lett. **111**, 191104 (2017); <https://doi.org/10.1063/1.5000569>

Fachbereiche 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* und 5.4 *Interferometrie an Maßverkörperungen*, beide PTB

R. Schödel, A. Walkov, M. Voigt, G. Bartl: **Measurement of the refractive index of air in a low-pressure regime and the applicability of traditional empirical formulae**; Meas. Sci. Technol. **29** (2018), 064002 (9pp); <https://doi.org/10.1088/1361-6501/aab31a>

Fachbereiche 5.4 *Interferometrie an Maßverkörperungen* und 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie*, beide PTB

R. Schachtschneider, I. Fortmeier, M. Stavridis, J. Asfour, G. Berger, R. B. Bergmann, A. Beutler, T. Blümel, H. Klawitter, K. Kubo, J. Liebl, F. Löffler, R. Meeß, C. Pruss, D. Ramm, M. Sandner, G. Schneider, M. Wendel, I. Widdershoven, M. Schulz, C. Elster: **Interlaboratory comparison measurements of aspheres**; Meas. Sci. Technol. **29** (2018), 055010 (13pp); <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6501/aaae96>

Fachbereiche 8.4 *Datenanalyse und Messunsicherheit*, 4.2 *Form- und Wellenfrontmetrologie*, 5.5 *Fertigungstechnologie* sowie 7.3 *Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie*, alle PTB, in Zusammenarbeit mit der Dioptic GmbH in Weinheim, der AMETEK GmbH in Weiterstadt, dem Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik (BIAS) GmbH, der Universität Bremen, Mahr GmbH Göttingen, Trioptics Berlin GmbH, CC UPOB e.V. in Braunschweig, Panasonic Production Engineering Co in Osaka (Japan), Hochschule für angewandte Wissenschaften –

Fachhochschule Deggendorf, Universität Stuttgart, Panasonic Automotive and Industrial Systems Europe GmbH in Langen, Schneider GmbH and Co. KG in Fronhausen, IBS Precision Engineering in Eindhoven (Niederlande)

### Themenbereich: Masse und abgeleitete Größen /

Subject area: Mass and derived quantities

C. Rothleitner et al.: **The Planck-Balance – using a fixed value of the Planck constant to calibrate E1/E2-weights**; *Measurement Science and Technology* **29** (2018), 7, 1–9; <https://doi.org/10.1088/1361-6501/aabc9e>

Fachbereich 1.1 *Masse – Weitergabe der Einheit*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Ilmenau

K. Fujii, E. Massa, H. Bettin, N. Kuramoto and G. Mana: **Avogadro constant measurements using enriched <sup>28</sup>Si monocrystals**; *Metrologia* **55** (2018) L1; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa9abd>

*Avogadro-Projekt* der PTB in Zusammenarbeit mit NMIJ (Japan) und INRIM (Italien)

M. Stock, P. Barat, P. Pinot, F. Beaudoux, P. Espel, F. Piquemal, M. Thomas, D. Ziane, P. Abbott, D. Haddad, Z. Kubarych, J. R. Pratt, S. Schlamminger, K. Fujii, K. Fujita, N. Kuramoto, S. Mizushima, L. Zhang, S. Davidson, R. G. Green, J. Liard, C. Sanchez, B. Wood, H. Bettin, M. Borys, I. Busch, M. Hämpke, M. Krumrey, A. Nicolaus: **A comparison of future realizations of the kilogram**; *Metrologia* **55** (2018) T1; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa9a7e>

Fachbereiche 1.8 *Masse – Darstellung der Einheit*, 5.1 *Oberflächenmesstechnik*, 5.4 *Interferometrie an Maßverkörperungen* sowie 7.2 *Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung*, alle PTB, in Zusammenarbeit mit dem BIPM (Frankreich), CNAM (Frankreich), LNE (Frankreich), NIST (USA), NMIJ (Japan) und NPL (Großbritannien)

### Themenbereich: Metrologie in der Chemie und Stoffeigenschaften /

Subject area: Metrology in chemistry and properties of substances

C. Gaiser, B. Fellmuth: **Polarizabilities of helium, neon and argon – new perspectives for gas metrology**; *Phys. Rev. Lett.* **120** (2018), 123203; <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.123203>

Fachbereich 7.4 *Temperatur*, PTB

C. G. Arsene, P. Kaiser, R. Paleari, A. Henrion, M. Spannagl, A. Mosca: **Determination of HbA<sub>2</sub> by quantitative bottom-up proteomics and isotope dilution mass spectrometry**; *Clinica Chimica Acta* **487** (2018), 318–324; <https://doi.org/10.1016/j.cca.2018.10.024>

Fachbereich 3.2 *Biochemie*, PTB, in Zusammenarbeit mit Instand e. V. in Düsseldorf und CIRME (Italien)

Z. Wang, D. M. Popolan-Vaida, B. Chen, K. i Moshammer, S. Y. Mohamed, H. Wang, S. Sioud, M. A. Raji, K. Kohse-Höinghaus, N. Hansen, P. Dagaut, S. R. Leone, S. M. Sarathy: **Unraveling the structure and chemical mechanisms of highly oxygenated intermediates in oxidation of organic compounds**; *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* **114** (2017), Nr. 50, 13102–13107; <https://doi.org/10.1073/pnas.1707564114>

Fachbereich 3.3 *Physikalische Chemie*, PTB, in Zusammenarbeit mit der King Abdullah University of Science and Technology (Saudi-Arabien), der University of California (USA),

dem Lawrence Berkeley National Laboratory (USA), der University of Central Florida (USA), den Sandia National Laboratories (USA), der Universität Bielefeld und dem CNRS (Frankreich)

### Themenbereich: Metrologie für die Medizin /

Subject area: Metrology for medicine

K. M. Becker, J. Schulz-Menger, T. Schäffter, C. Kolbitsch: **Simultaneous high-resolution cardiac T1 mapping and cine imaging using model-based iterative image reconstruction**; *Magnetic Resonance in Medicine* (2018); DOI: 10.1002/mrm.27474

Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* in Zusammenarbeit mit der Charité – Universitätsmedizin Berlin

A. Khanin, M. Anton, M. Reginatto, C. Elster: **Assessment of CT image quality using a Bayesian framework**; *IEEE Transactions on Medical Imaging* (2018); DOI: 10.1109/TMI.2018.2848104

Fachbereiche 6.2 *Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik*, 6.4 *Neutronenstrahlung* und 8.4 *Mathematische Modellierung und Datenanalyse*, alle PTB

### Themenbereich: Photometrie und Radiometrie /

Subject area: Photometry and radiometry

M. Kehrt, C. Monte, A. Steiger, J. Hollandt: **Background corrected measurements of optical quantities in the far-infrared spectral range**; *Opt. Express* (2018), DOI: 10.1364/OE.26.034002

Fachbereich 7.3 *Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie*, PTB

M. Schmidt, M. von Helversen, M. López, F. Gericke, E. Schlottmann, T. Heindel, S. Kück, S. Reitzenstein, J. Beyer: *Photon-Number-Resolving Transition-Edge Sensors for the Metrology of Quantum Light Sources*; *J. Low Temp. Phys.* (2018); <https://doi.org/10.1007/s10909-018-1932-1>

Fachbereiche 7.6 *Kryosensorik* und 4.5 *Angewandte Radiometrie*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Berlin

R. Klein, S. Kroth, W. Paustian, M. Richter, R. Thornagel: **PTB's radiometric scales for UV and VUV source calibration based on synchrotron radiation**; *Metrologia* 55 (2018), 386–391; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aab803>

Fachbereich 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung*, PTB

A. Sperling, M. Meyer, S. Pendsa, W. Jordan, E. Revtova, T. Poikonen, D. Renoux, P. Blattner: **Multiple Transfer Standard for calibration and characterisation of test setups for LED lamps and luminaires in industry**; *Metrologia* 55 (2018) 37–42, <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aaa173>

Fachbereich 4.1 *Photometrie und Spektroradiometrie*, PTB, in Zusammenarbeit mit der OSRAM GmbH in Augsburg, dem VSL BV (Niederlande), dem VTT Ltd (Finnland), dem LNE (Frankreich) und dem METAS (Schweiz)



F. Plag, I. Kröger, S. Riechelmann, S. Winter: **Multidimensional model to correct PV device performance measurements taken under diffuse irradiation to reference conditions**; *Solar Energy* **174** (2018), 431–444; <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.08.072>

Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie*, PTB

### Themenbereich: Thermometrie /

Subject area: Thermometry

F. Olschewski, C. Monte, A. Adibekyan, M. Reiniger, B. Gutschwager, J. Hollandt, R. Koppmann: **A large-area blackbody for inflight calibration of an infrared interferometer deployed on board a long-duration balloon for stratospheric research**; *Atmospheric Measurement Techniques* **11** (2018), 4757–4763; <https://doi.org/10.5194/amt-11-4757-2018>

Fachbereich 7.3 *Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Bergischen Universität Wuppertal

J. Fischer, B. Fellmuth, C. Gaiser, T. Zandt, L. Pitre, F. Sparasci, M. D. Plimmer, M. de Podesta, R. Underwood, G. Sutton, G. Machin, R. M. Gavioso, D. Madonna Ripa, P. P. M. Steur, J. Qu, X. J. Feng, J. Zhang, M. R. Moldover, S. P. Benz, D. R. White, L. Gianfrani, A. Castrillo, L. Moretti, B. Darquié, E. Moufarej, C. Daussy, S. Briaudeau, O. Kozlova, L. Risegari, J. J. Segovia, M. C. Martín, D. del Campo: **The Boltzmann project**; *Metrologia* **55** (2018), R1–R20; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aaa790>

Fachbereich 7.4 *Temperatur*, PTB, in Zusammenarbeit mit LNE-CNAM (Frankreich), NPL (Großbritannien), INRiM (Italien), NIM (China), NIST (USA), MSL (Neuseeland), Università degli Studi della Campania „Luigi Vanvitelli“ (Italien), Université Paris (Frankreich), Laboratoire de Physique des Lasers (Frankreich), LNE (Frankreich), University Valladolid (Spanien) und CEM (Spanien)

### Themenbereich: Zeit und Frequenz /

Subject area: Time and frequency

C. Smorra, S. Sellner, M. J. Borchert, J. A. Harrington, T. Higuchi, H. Nagahama, T. Tanaka, A. Mooser, G. Schneider, M. Bohmann, K. Blaum, Y. Matsuda, C. Ospelkaus, W. Quint, J. Walz, Y. Yamazaki, S. Ulmer: **A parts-per-billion measurement of the antiproton magnetic moment**; *Nature* **550**, 371–374 (2017); <https://doi.org/10.1038/nature24048>

*Institut für experimentelle Quantenmetrologie QUEST* der PTB und der Leibniz Universität Hannover in Zusammenarbeit mit dem japanischen Forschungsinstitut RIKEN, der Graduate School of Arts and Sciences (Japan), dem Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg, dem GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt, der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und dem Helmholtz-Institut Mainz

T. E. Mehlstäubler, G. Grosche, C. Lisdat, P. O. Schmidt, H. Denker: **Atomic clocks for geodesy**; *Reports on Progress in Physics*, **81** (6) April (2018); <https://doi.org/10.1088/1361-6633/aab409>

*Institut für experimentelle Quantenmetrologie QUEST* der PTB und der Leibniz Universität Hannover

J. Grotti, S. Koller, S. Vogt, S. Häfner, U. Sterr, C. Lisdat, H. Denker, C. Voigt, L. Timmen, A. Rolland, F. N. Baynes, H. S. Margolis, M. Zampaolo, P. Thoumany, M. Pizzocaro, B. Rauf, F. Bregolin, A. Tampellini, P. Barbieri, M. Zucco, G. A. Costanzo, C. Clivati, F. Levi, D. Calonico: **Geodesy and metrology with a transportable optical clock**; *Nature Physics* **14** (2018), 437–441; <https://doi.org/10.1038/s41567-017-0042-3>

Fachbereich 4.3 *Quantenoptik und Längeneinheit*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Leibniz Universität Hannover, dem Deutschen Geoforschungszentrum in Potsdam, NPL (Großbritannien), Laboratoire Souterrain de Modane (Frankreich), INRIM (Italien) und dem Polytechnikum in Turin (Italien)

C. Sanner, N. Huntemann, R. Lange, C. Tamm, E. Peik: **Autobalanced Ramsey Spectroscopy**; *Phys. Rev. Lett.* **120** (2018), 053602, DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.053602

Fachbereich 4.4 *Zeit und Frequenz*, PTB

### Themenbereich: [Mathematik und metrologische Informationstechnik](#) /

Subject area: Mathematics and metrological information technology

G. Wübbeler, H. Bettin, F. Härtig, C. Elster: **Maintaining consensus for the redefined kilogram**; *Metrologia*, **55** (5), 722 (2018), DOI: 10.1088/1681-7575/aadb6b

Fachbereiche 1.8 *Masse – Darstellung der Einheit* und 8.4 *Mathematische Modellierung und Datenanalyse*, beide PTB

D. Peters, J. Wetzlich, F. Thiel, J.-P. Seifert: **Blockchain applications for legal metrology**; *IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)* (2018); DOI: 10.1109/I2MTC.2018.8409668

Fachbereich 8.5 *Metrologische Informationstechnik*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Berlin

### Themenbereich: [Physikalische Sicherheitstechnik, Explosionsschutz](#) /

Subject area: Physical safety engineering and explosion protection

H. Grosshans: **Modulation of particle dynamics in dilute duct flows by electrostatic charges**; *Phys. Fluids* **30** (8) (2018): 83303. DOI: 10.1063/1.5044731

Fachbereich 3.5 *Explosionsschutz in der Energietechnik*, PTB

M. Mitu, E. Brandes, W. Hirsch: **Mitigation effects on the explosion safety characteristic data of ethanol/air mixtures in closed vessel**; *Process Safety and Environmental Protection* **117** (2018), 190–199; DOI: 10.1016/j.psep.2018.04.024

Fachbereich 3.7 *Grundlagen des Explosionsschutzes* in Zusammenarbeit mit dem „Ilie Murgulescu“ Institute of Physical Chemistry (Rumänien)

### Themenbereich: [Nanometrologie](#) /

Subject area: Nanometrology

M. Raab, I. Jusuk, J. Molle, E. Buhr, B. Bodermann, D. Bergmann, H. Bosse, P. Tinnefeld: **Using DNA origami nanorulers as traceable distance measurement standards and nanoscopic benchmark structures**; *Scientific Reports* **8**, 1780 (2018), DOI:10.1038/s41598-018-19905-x

Fachbereich 4.2 *Bild- und Wellenoptik* und Abteilung 5 *Fertigungsmesstechnik*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit dem Braunschweiger Zentrum für Systembiologie (BRICS) und dem Forschungszentrum für Nanomesstechnik (LENA), beide TU Braunschweig und Partner, sowie der Ludwig-Maximilians-Universität München

G. Hamdana, P. Purantoc, J. Langfahl-Klabes, Zhi Li, F. Pohlenz, M. Xu, T. Granza, M. Bertke, H. S. Wasisto, U. Brand, E. Peiner: **Nanoindentation of crystalline silicon pillars fabricated by soft UV nanoimprint lithography and cryogenic deep reactive ion etching**; *Sensors and Actuators A* 283 (2018) 65–78, <https://doi.org/10.1016/j.sna.2018.09.035>

Fachbereiche 5.1 *Oberflächenmesstechnik* und 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Braunschweig, dem Forschungszentrum für Nanomesstechnik (LENA) und dem Indonesian Institute of Sciences (LIPI)

B. Hampel, B. Liu, F. Nording, J. Ostermann, P. Struszewski, J. Langfahl-Klabes, M. Bieler, H. Bosse, B. Güttler, P. Lemmens, M. Schilling, R. Tutsch: **Approach to determine measurement uncertainty in complex nanosystems with multiparametric dependencies and multivariate output quantities**; *Meas. Sci. Technol.* 29 (2018) 035003 (12pp), <https://doi.org/10.1088/1361-6501/aa9d70>

Fachbereiche 2.5 *Halbleiterphysik und Magnetismus*, 5.1 *Oberflächenmesstechnik*, 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* sowie Abteilung 3 *Chemische Physik und Explosionsschutz*, alle PTB, in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Braunschweig

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 (2018), 6177–6185; DOI: 10.1039/C8NR00328A

Fachbereich 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung* und 7.2 *Kryophysik und Spektrometrie*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin



# Menschen

People



## Sitzung des Kuratoriums der PTB

Als wichtigstes Beratungsgremium der PTB ist das Kuratorium mit hochrangigen Persönlichkeiten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Behörden besetzt. Es tritt einmal im Jahr zusammen, um über aktuelle Entwicklungen und Ziele der PTB zu beraten und Empfehlungen zu wichtigen Themen zu geben.

In diesem Jahr fand die Kuratoriumstagung am 8. und 9. Mai in Berlin statt. Sie begann an zwei unterschiedlichen Standorten. Einige Kuratorinnen und Kuratoren wurden bei der Metrology Light Source der PTB in Berlin-Adlershof begrüßt und bekamen die Gelegenheit, sich dort und am BESSY II über die Metrologie mit Synchrotronstrahlung zu informieren. Für alle anderen startete die Tagung in Berlin-Charlottenburg, dem Gründungsstandort der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Hier waren verschiedene Messplätze und auch vom ersten PTB-Präsidenten Hermann von Helmholtz konzipierte Laborgebäude zu besichtigen.

Zu einem Kolloquium mit Fachvorträgen junger Wissenschaftlerinnen der PTB fanden sich dann die Teilnehmenden im Hermann-von-Helmholtz-Bau in Berlin-Charlottenburg ein. In diesem Jahr trugen Kirsten Becker zu „Quantitative kardiale MRT – schnelles und präzises  $T_1$ -Mapping für verbesserte Diagnose von Herzerkrankungen“, Dr. Lina Bockhorn zu „Höchstauflösendes Betaspektrometer basierend auf metallisch magnetischen Kalorimetern“ und Claudia Zech zu „In-operando-Batterie-Charakterisierung mittels Röntgenspektrometrie“ vor.

Im Anschluss fanden Gespräche einzelner Kuratoriumsmitglieder in kleinen Gruppen in den Abteilungen statt, bei denen fachspezifische Themen diskutiert wurden. Erstmals gab es auch eine abteilungsübergreifende Gesprächsrunde zum Thema Medizin. Gelegenheit zu weiterem Austausch im Ambiente des Berlins der 1930er Jahre bot das Abendessen im Hotel Savoy.

Die eigentliche Sitzung des Kuratoriums fand wie immer am Vormittag des zweiten Tages statt. Schwerpunkte des Berichtes des PTB-Präsidenten und der anschließenden Diskussion waren die internationale Zusammenarbeit der PTB sowie die strategische Ausrichtung der PTB in Bereichen neuer metrologischer Herausforderungen: Digitalisierung, Energie, Biomedizin und Quantentechnologien.

## Meeting of the *Kuratorium* (Advisory Board) of PTB

The Kuratorium, PTB's most important advisory body, is composed of high-ranking representatives from industry and science and from authorities. It convenes once per year to address the current developments and aims of PTB and to give recommendations on important topics.

This year, the Kuratorium meeting took place on 8 and 9 May in Berlin. It began at two different locations. Some of the members of the Kuratorium were welcomed at the Metrology Light Source of PTB in Berlin-Adlershof, where they had the opportunity to learn about metrology with synchrotron radiation in the BESSY II building. For all of the others, the meeting began in Berlin-Charlottenburg, the site where the predecessor of PTB, the *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* (Imperial Physical Technical Institute – PTR), was founded in 1887. There, several measuring set-ups and also the first laboratory building, which was designed by the first president of PTB, Hermann von Helmholtz, were available for viewing.

The group was reunited at the Hermann von Helmholtz Building in Berlin-Charlottenburg at a colloquium featuring technical lectures by young PTB scientists. This year, Kirsten Becker gave a talk on “Qualitative cardiac MRI – rapid and precise  $T_1$  mapping for the improved diagnosis of cardiac diseases”, Dr. Lina Bockhorn gave a talk on “Highest-resolution beta spectrometers based on metallic magnetic calorimeters”, and Claudia Zech gave a talk on “In-operando battery characterization by means of X-ray spectrometry”.

After the lectures, meetings took place in small groups in the divisions with individual Kuratorium members to discuss subject-specific topics. For the first time, there was an interdivisional meeting to discuss the subject of medicine. A further opportunity for discussion was provided at the evening meal at Hotel Savoy in a 1930's Berlin atmosphere.

The actual meeting of the Kuratorium took place, as always, during the morning on the second day. The main topics of the report of PTB's President and of the subsequent discussion were the international cooperation activities of PTB and the strategic orientation of PTB in fields which pose new metrological challenges: digitalization, energy, biomedicine and quantum technologies.

Einstimmig wurde beschlossen, Dr. Reinhard Baumfalk (Sartorius AG), Tanja Gönner (GIZ), Dr. Inge Paulini (BfS) und Prof. Dr. Heike Riel (IBM) in das Kuratorium aufzunehmen. Im Jahr 2018 sind aus dem Kuratorium ausgeschieden: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kowalsky (TU Braunschweig), Prof. Dr. Dr. h. c. Roland Sauerbrey (Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf) und Prof. Dr. Martin Winterkorn (Volkswagen AG).

The Kuratorium voted unanimously to accept Dr. Reinhard Baumfalk (Sartorius AG), Tanja Gönner (GIZ), Dr. Inge Paulini (BfS) and Prof. Dr. Heike Riel (IBM) as members of the Kuratorium. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kowalsky (TU Braunschweig), Prof. Dr. Dr. h. c. Roland Sauerbrey (Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf) and Prof. Dr. Martin Winterkorn (Volkswagen AG) resigned from the Kuratorium in 2018.



Teilnehmer der Kuratoriumstagung 2018 / Participants of the 2018 *Kuratorium* meeting

### Präsident des Kuratoriums /

President of the *Kuratorium*

**MinDirig Stefan Schnorr**

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie,  
Berlin

**Prof. Dr. Dr. med. Jürgen Debus**

Radioonkologie und Strahlentherapie,  
Universitätsklinikum Heidelberg

### Stellvertretender Präsident des Kuratoriums /

Deputy President of the *Kuratorium*

**Prof. Dr. Wolfgang Ertmer**

Institut für Quantenoptik,  
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

**Prof. Dr. Cornelia Denz**

Institut für Angewandte Physik,  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

**Prof. Dr. Gisela Anton**

Physikalisches Institut IV,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

**Prof. Dr. Olaf Dössel**

Institut für Biomedizinische Technik,  
Karlsruher Institut für Technologie

**Dr. Reinhard Baumfalk**

Sartorius AG,  
Göttingen

**Prof. Dr. Claudia Eckert**

Fakultät für Informatik,  
Technische Universität München, und  
Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte  
Sicherheit (AISEC)

**Dr. Matthias Fankhänel**

BASF SE,  
Ludwigshafen

**Dr. Hermann Gerlinger**

Aalen

**Tanja Gönner**

Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ),  
Eschborn

**Dr. Petra Gowik**

Bundesamt für Verbraucherschutz und  
Lebensmittelsicherheit,  
Berlin

**Prof. Dr. Axel Haase**

Munich School of Bioengineering,  
Technische Universität München, Garching

**Ehrenkurator**

Honorary Member of the *Kuratorium*

**Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Theodor W. Hänsch**

Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching,  
und Ludwig-Maximilians-Universität, München

**Klaus Helmrich**

Siemens AG, Nürnberg

**Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla**

Technische Universität Braunschweig

**Dr. Anja Kessler**

Referenzinstitut für Bioanalytik,  
Bonn

**Prof. Dr. Wolfgang Ketterle**

Massachusetts Institute of Technology,  
Cambridge, USA

**Dr. Jürgen Kirschner**

Robert Bosch GmbH,  
Stuttgart

**Ehrenkurator**

Honorary Member of the *Kuratorium*

**Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Klaus von Klitzing**

Max-Planck-Institut für Festkörperforschung,  
Stuttgart

**Prof. Dr. Gerald Linke**

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.,  
Bonn

**Dr. Monika Mattern-Klosson**

Leybold GmbH,  
Köln

**Prof. Dr. Jürgen Mlynek**

Falling Walls Foundation gGmbH,  
Berlin

**Dr. Inge Paulini**

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS),  
Salzgitter

**Dr.-Ing. Eberhard Petit**

Landesbetrieb Mess- und Eichwesen  
Nordrhein-Westfalen,  
Köln

**Prof. Dr. Heike Riel**

IBM,  
Rüschlikon, Schweiz

**Prof. Dr. Petra Schwille**

Abt. Zelluläre und Molekulare Biophysik,  
Max-Planck-Institut für Biochemie,  
Martinsried

**Dr. Thomas Sesselmann**

Dr. Johannes Heidenhain GmbH,  
Traunreut

**Dr. Nathalie von Siemens**

Siemens Stiftung,  
München

**Ehrenkurator**

Honorary Member of the *Kuratorium*

**Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Heinz-Georg Wagner**

Göttingen

**Prof. Dr. Ulrike Woggon**

Institut für Optik und Atomare Physik,  
Technische Universität Berlin

Stand: Dezember 2018 / As of: December 2018



## Neu in leitender Funktion

## Newly appointed to management posts

### Prof. Dr. Gavin O'Connor

Gavin O'Connor leitet seit dem 1. September 2018 den neu gegründeten Fachbereich 3.2 *Biochemie*. Der Fachbereich wird durch eine gemeinsame Berufung mit der Universität Braunschweig geführt. Damit ist O'Connor gleichzeitig von der PTB und der Technischen Universität Braunschweig gemeinsam berufener Professor am Institut für Biochemie, Biotechnologie and Bioinformatik der TU Braunschweig. 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 leitete er ein Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, das Methoden zur Analyse von Allergenen in Lebensmitteln u. a. mithilfe der Massenspektrometrie entwickelt. Die neu eingerichtete Professur soll den bestehenden Forschungsschwerpunkt „Metrologie in der Biochemie“ an der PTB verstärken und sich am Ausbau der Biochemie und Biomedizin in enger Kooperation mit der Universität Braunschweig beteiligen. Die Aktivitäten des Fachbereiches liegen insbesondere im Bereich der Darstellung, Bewahrung und Weitergabe von Referenzmessverfahren, z. B. basierend auf Massenspektrometrie vorwiegend im klinisch-chemischen Bereich.

Dr. Gavin O'Connor became the head of the newly founded Department 3.2, *Biochemistry*, on 1 September 2018. At the same time, he was jointly appointed by the *Technische Universität Braunschweig* (TU Braunschweig) and the *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB) as a university professor at the Institute for Biochemistry, Biotechnology and Bioinformatics of TU Braunschweig. The 45-year-old chemist specializes in mass spectrometry, especially in the field of biological measurements and chemical metrology. Prior to his appointment, he worked at the Joint Research Center of the European Commission in Geel (Belgium). There, he managed a team of scientists who developed methods for the analysis of allergens in food, among other things, by means of mass spectrometry. The aim of this newly established professorship is to strengthen the existing research focus of “Metrology in Biochemistry” at PTB and to extend the fields of biochemistry and biomedicine in close cooperation with TU Braunschweig. The research activities of the department lie mainly in the field of the realization, maintenance and dissemination of reference measurement procedures such as those based on mass spectrometry, predominantly in the field of clinical chemistry.



### Dr. Karl Jousten

Der Physiker leitet seit dem 1. März 2018 den Fachbereich 7.5 *Wärme und Vakuum*. Der Fachbereich bearbeitet Fragen der Wärmemessung und der Zulassung von Wärmemessgeräten in den drei Arbeitsgruppen *Messung thermischer Energie*, *Volumenstrom* und *Strömungsanalyse für Wärmemengenmessung* sowie das Thema der Darstellung des Drucks im Vakuum in der Arbeitsgruppe *Vakuummetrologie*. Derzeitige Entwicklungsschwerpunkte liegen in der Erweiterung der Wärmeflussmessung auf Wasser-Glykol-Gemische und auf Temperaturen bis 230 °C, Forschungsschwerpunkt ist die Bestimmung von Geschwindigkeitsprofilen von Fluiden nach Störungen sowohl durch optische Methoden als auch durch Simulationsrechnungen. Im Bereich der Vakuummetrologie wird angestrebt, das Pascal künftig durch optische Methoden der Brechzahlbestimmung und durch Absorptionsmessungen zu realisieren.

The physicist Dr. Karl Jousten has been the head of Department 7.5, *Heat and Vacuum*, since 1 March 2018. In its *Thermal Energy Measurement*, *Volume Flow Rate and Flow Analysis for Thermal Energy Measurement* Working Groups, the department investigates topics related to heat measurement and, in the *Vacuum Metrology* Working Group, the topic of the realization of pressure in vacuum. The current research is focused on extending heat flow measurements to water-glycol mixtures and to temperatures of up to 230 °C, and especially on determining the velocity profiles of fluids after disturbances by means of optical methods and by numerical simulations. In the field of vacuum metrology, the aim is to realize the pascal in the future by means of optical methods of refractive index determination and by means of absorption measurements.



### Dr. Michael Krumrey

Der Physiker leitet seit dem 1. Oktober 2018 den neu zugeschnittenen Fachbereich 7.2 *Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung*. Dieser Fachbereich hat seinen fachlichen Schwerpunkt am Elektronenspeicherring BESSY II in Berlin-Adlershof. In den drei Arbeitsgruppen *Röntgenradiometrie*, *Röntgenspektrometrie* und *Synchrotronstrahlungsquellen* wird Synchrotronstrahlung insbesondere im Röntgenbereich zur Bearbeitung grundlegender und angewandter metrologischer Aufgaben mit den Schwerpunkten Radiometrie (Quellen- und Detektorkalibrierung), Spektrometrie (Röntgenfluoreszenzanalyse) und Nanometrologie (Röntgenkleinwinkelstreuung und Röntgenreflektometrie) genutzt. Ebenfalls zum Fachbereich gehört die Arbeitsgruppe *Informationstechnik Berlin-Adlershof*.

The physicist Dr. Michael Krumrey became the head of the restructured Department 7.2, *X-ray Metrology with Synchrotron Radiation*, on 1 October 2018. This department's technical focus is on the electron storage ring BESSY II in Berlin-Adlershof. In the *X-ray Radiometry*, *X-ray Spectrometry* and *Synchrotron Radiation Sources* Working Groups, synchrotron radiation is used especially in the X-ray range for the realization of fundamental and applied metrological tasks with focuses on radiometry (the calibration of sources and detectors), spectrometry (X-ray fluorescence analysis) and nanometrology (small-angle X-ray scattering and X-ray reflectometry). The *Instrumentation Berlin-Adlershof* Working Group also belongs to the department.



### Dr. Steffen Rudtsch

Der Physiker leitet seit dem 1. Januar 2018 den Fachbereich 7.4 *Temperatur*. Dieser Fachbereich ist für die Darstellung und Weitergabe der SI-Basiseinheit Kelvin sowie der thermodynamischen und internationalen Temperaturskalen im Bereich von ca. 1 mK bis über 2000 °C zuständig. Ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt liegt auf der Sicherstellung der messtechnischen Rückführung und Regelsetzung für mehr als 100 DAkkS-akkreditierte Kalibrierlaboratorien für die Berührungsthermometrie. Derzeitige Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte sind die Umsetzung der Neudefinition des Kelvin mit Primärthermometrie, die Weiterentwicklung hochgenauer akustischer, photonischer und thermoelektrischer Temperaturmessverfahren sowie die Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften thermoelektrischer Referenzmaterialien und technisch wichtiger Gase.

The physicist Dr. Steffen Rudtsch became the head of Department 7.4, *Temperature*, on 1 January 2018. This department is responsible for the realization and dissemination of the SI base unit “kelvin” and of the thermodynamic and international temperature scales in the range from approx. 1 mK up to over 2000 °C. A key research focus lies on ensuring metrological traceability and on providing rules and regulations for more than 100 DAkkS-accredited calibration laboratories for contact thermometry. The current research and development focuses are on the implementation of the redefinition of the kelvin using primary thermometry, further development of highly accurate acoustic, photonic and thermoelectric temperature measurement procedures and the determination of thermophysical properties of thermoelectric reference materials and technologically significant gases.



### Dr.-Ing. Martin Gutbrod

Der promovierte Informatiker mit MBA-Abschluss leitet seit dem 1. Januar 2018 die neu geschaffene Gruppe Q.4 *Informationstechnologie* (IT). Seine berufliche Laufbahn begann bei mehreren IT-Start-Ups in Süddeutschland. Nach wissenschaftlicher Tätigkeit an der TU Braunschweig wechselte er 2006 an die PTB als Arbeitsgruppenleiter Q.41 für Kommunikationsnetze und Identity-Management. Die Gruppe Q.4 besteht aus fünf Referaten, die für die zentrale Bereitstellung der IT-Infrastruktur, der IT-Services und des High-Performance-Computing verantwortlich sind. Zudem verwaltet Gutbrod den IT-Titel der PTB. Die jeweiligen Anforderungen ergeben sich aus dem Bedarf der Abteilungen der PTB. Martin Gutbrod legt insbesondere auf eine zuverlässige und sichere IT-Versorgung wert, aber auch auf die IT-gestützte Abbildung von Prozessen im Rahmen fortschreitender Digitalisierung.

Dr.-Ing. Martin Gutbrod, a Doctor of Computer Science with an MBA degree, has been the head of the newly established Q.4, *Information Technology* (IT), group since 1 January 2018. His career path began with several IT start-ups in Southern Germany. After a scientific post at TU Braunschweig, he came to PTB to be the Working Group Head of Q.41 (“Communication Networks and Identity Management”) in 2006. The Q.4 group is made up of 5 sections which are responsible for providing the central IT infrastructure, IT services and high-performance computing. Additionally, Mr. Gutbrod is in charge of PTB’s budget for the IT sector. The tasks of this group result from the needs of PTB’s different divisions. Martin Gutbrod places particular value on supplying PTB with reliable and secure IT and also on IT-based mapping of processes within the scope of advancing digitalization.



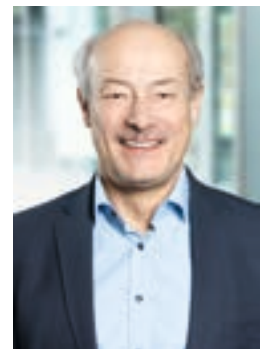
## Preise und Auszeichnungen

## Prizes and awards

### Prof. Dr. Joachim Ullrich

Der PTB-Präsident ist von der Leibniz Universität Hannover zum Doktor der Naturwissenschaften ehrenhalber ausgezeichnet worden. Damit würdigt die Universität die herausragenden wissenschaftlichen Leistungen von Ullrich im Bereich der experimentellen Quantenphysik, belegt durch ca. 600 Veröffentlichungen in renommierten wissenschaftlichen Fachzeitschriften sowie durch zahlreiche Forschungspreise, die er erhalten hat, darunter im Jahr 1999 der Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

The president of PTB has been awarded an honorary science doctorate by Leibniz University Hannover. By awarding this honorary title, the university has recognized Professor Ullrich's outstanding accomplishments in the field of experimental quantum physics. These accomplishments include about 600 publications in renowned specialist journals and numerous research prizes, among them the DFG Gottfried Wilhelm Leibniz Prize, which he received in 1999.



### Prof. h. c. Dr. Frank Härtig



Der Leiter der Abteilung 1 *Mechanik und Akustik* wurde auf der 61. Jahreshauptversammlung der International Measurement Confederation (IMEKO) zum „President Elect“ gewählt. In dieser Funktion ist er in den kommenden drei Jahren für die Koordination der 24 Technischen Komitees (TCs) zuständig. Hierdurch steigt der Einfluss der PTB auf die Entwicklungen innerhalb der 41 Mitgliedsstaaten, die der IMEKO angehören. Schwerpunkte der IMEKO sind der Austausch von wissenschaftlichen und technischen Informationen im Bereich der Metrologie sowie die Förderung internationaler Kooperationen unter Wissenschaftlern sowie Vertretern der Industrie. Ab 2021 wird Dr. Härtig für drei Jahre die Präsidentschaft übernehmen.

The head of Division 1, *Mechanics and Acoustics*, was voted as President Elect at the 61<sup>st</sup> Annual Conference of the International Measurement Confederation (IMEKO). In this position, he will be responsible for the coordination of the 24 Technical Committees (TCs) during the next three years. That means that the influence of PTB on the developments in the 41 Member States of IMEKO will increase. The key tasks of IMEKO are the exchange of scientific and technical information in the field of metrology as well as the promotion of international collaborations among scientists and representatives from industry. Starting in 2021, Dr. Härtig will take over the presidency for three years.

### Dr.-Ing Gisa Foyer, Holger Kahmann

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 1.1 *Mass – Weitergabe der Einheit* und der Mitarbeiter des Fachbereichs 1.2 *Festkörpermechanik* erhielten den „György Striker Junior Paper Award“ des „XXII IMEKO World Congress“ für die beste Veröffentlichung.

Dr. Foyer, who works in Department 1.1, *Mass – Dissemination of the Unit*, and Mr. Kahmann, who works in Department 1.2, *Solid Mechanics*, were awarded the György Striker Junior Paper Award for best publication at the XXII IMEKO World Congress.

### Dr. Guido Bartl, Dr. Peter Becker, Dr. Burkhard Beckhoff, Dr. Horst Bettin, Edyta Beyer, Dr. Michael Borys, Dr. Ingo Busch, Levent Cibik, E. Darlatt, Dr. Michael Kolbe, Dr. Michael Krumrey, Michael Mecke, Dr. Matthias Müller, Dr. Arnold Nicolaus, Dr. Axel Pramann, Daniela Rauch, Dr.-Ing. Olaf Rienitz, Dr. Rainer Stosch, Stefan Wundrack

Die Veröffentlichung mit dem Titel „A new  $^{28}\text{Si}$  single crystal: counting the atoms for the new kilogram definition“ wurde unter die „Highlights of 2017“ der Zeitschrift *Metrologia* aufgenommen. Die Autoren und Autorinnen stammen aus sieben verschiedenen Fachbereichen in den Abteilungen 1 *Mechanik und Akustik*, 3 *Chemische Physik und Explosionsschutz*, 5 *Fertigungsmesstechnik* sowie 7 *Temperatur und Synchrotronstrahlung*. Zusammen mit Kolleginnen und Kollegen aus Italien, Japan, China und Australien arbeiteten sie im internationalen Avogadro-Projekt zur Neudefinition des Kilogramm.

The publication titled “A new  $^{28}\text{Si}$  single crystal: counting the atoms for the new kilogram definition” was included into the “Highlights of 2017” of the scientific journal *Metrologia*. The scientists are staff members of seven departments in the Division 1, *Mechanics and Acoustics*; Division 3, *Chemical Physics and Explosion Protection*; Division 5, *Precision Engineering*; Division 7, *Temperature and Synchrotron Radiation*. Together with colleagues from Italy, Japan, China and Australia, they had taken part in the international Avogadro Project for the redefinition of the kilogram.

### Dr. Uwe Siegner



Der Leiter der Abteilung 2 *Elektrizität* wurde zum Honorarprofessor der Technischen Universität Braunschweig ernannt. Mit der Verleihung des Ehrentitels würdigt die Hochschule das langjährige Engagement des international anerkannten Physikers auf dem Lehrgebiet „Elektrische Präzisionsmesstechnik und elektrische Quantenmetrologie“ an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Physik.

Dr. Siegner, the head of Division 2, *Electricity*, has been appointed Honorary Professor of the Technische Universität Braunschweig. In awarding this honorary title, the university has recognized the long-term commitment of Dr. Siegner, an internationally renowned physicist, to teaching Electrical Precision Metrology and Electrical Quantum Metrology at the Faculty of Electrical Engineering, Information Technology and Physics.

### Dr. Uwe Arz

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 2.2 *Hochfrequenz und Felder* hat für seine Veröffentlichung „Establishing traceability for on-wafer S-parameter measurements of membrane technology devices up to 110 GHz“ den „Best Oral Paper Award“ der 90. ARFTG-Konferenz gewonnen.

Dr. Arz, who works in Department 2.2, *High Frequency and Electromagnetic Fields*, received the Best Oral Paper Award at the 90<sup>th</sup> ARFTG Conference for his publication titled “Establishing Traceability for On-Wafer S-Parameter Measurements of Membrane Technology Devices up to 110 GHz”.



### Lars Freise



Der Doktorand im Fachbereich 2.5 *Halbleiterphysik und Magnetismus* wurde auf der „34<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Semiconductors“ (ICPS 34) mit einem „Best Student Poster“-Preis für seine Arbeit mit dem Titel „Energy relaxation and capturing of Non-equilibrium electrons in quantum hall edge channels“ ausgezeichnet.

Mr. Freise, a doctoral candidate in Department 2.5, *Semiconductor Physics and Magnetism*, was awarded a Best Student Poster Prize for his paper titled “Energy Relaxation and Capturing of Non-Equilibrium Electrons in Quantum Hall Edge Channels” at the 34<sup>th</sup> International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS 34).

### Davood Momeni Pakdehi

Der Doktorand im Fachbereich 2.5 *Halbleiterphysik und Magnetismus* hat für sein Poster mit dem Titel „Stacking order induced sequential doping of epitaxial graphene on SiC“ den Preis in der Rubrik „Synthesis & Growth“ der Graphene Week 2018 (San Sebastian, Spanien) gewonnen. Bei der Veröffentlichung haben Stefan Wundrack und Dr. Rainer Stosch aus dem Fachbereich 3.1 *Allgemeine und Anorganische Chemie* mitgewirkt.

Mr. Momeni Pakdehi, a doctoral candidate in Department 2.5, *Semiconductor Physics and Magnetism*, obtained a prize in the category of “Synthesis & Growth” at the 2018 Graphene Week (San Sebastian, Spain) for his poster titled “Stacking Order Induced Sequential Doping of Epitaxial Graphene on SiC”. This publication was conceived and developed in collaboration with Stefan Wundrack and Dr. Rainer Stosch from Department 3.1, *General and Inorganic Chemistry*.



### Johann-Robert Kummer

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 3.5 *Explosionsschutz in der Energietechnik* hat für sein Poster mit dem Titel „Characteristics in the ignition of fuel/air compositions“ den ersten Preis im Posterwettbewerb der 3. Tagung der Fuels Joint Research Group (FJRG) „Kraftstoffe für die Mobilität von Morgen“ bekommen.

A poster titled “Characteristics in the Ignition of Fuel/Air Compositions” published by Mr. Kummer, who works in Department 3.5, *Explosion Protection in Energy Technology*, has obtained the first prize in the poster competition of the 3<sup>rd</sup> congress of the Fuels Joint Research Group (FJRG) *Kraftstoffe für die Mobilität von Morgen*.

### Dr. Anita Röthke, Volker Görlitz, Carola Pape, Ursula Schulz, Dr. Reinhard Jährling, Dr.-Ing. Olaf Rienitz

Die Mitarbeiter/innen des Fachbereichs 3.1 *Allgemeine und Anorganische Chemie* haben für ihr Poster mit dem Titel „High accuracy ICP OES characterization of an SI traceable chemical reference standard solution of mercury in support of the European Pharmacopoeia“ einen Posterpreis der BERM 2018 (15<sup>th</sup> International Symposium on Biological and Environmental Reference

The staff members named above, who work in Department 3.1, *General and Inorganic Chemistry*, have been awarded a poster prize of the 2018 BERM (15<sup>th</sup> International Symposium on Biological and Environmental Reference Materials) for their poster titled “High Accuracy ICP OES Characterization of an SI Traceable Chemical Reference Standard Solution of

rence Materials) gewonnen. Der Preis wurde von der Zeitschrift „Analytical and Bioanalytical Chemistry“ des Springer-Verlages gestiftet.

Mercury in Support of the European Pharmacopoeia”. This prize was created by the scientific journal *Analytical and Bioanalytical Chemistry* of the Springer publishing house.

### Jan-Hendrik Hagemann

Der Doktorand im Fachbereich 4.2 *Bild- und Wellenoptik* hat den mit 1000 Euro dotierten „Young Scientist Award“ des Kompetenzzentrums Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung e. V. für seine Arbeit zur interferometrischen Formmessung optischer Oberflächen erhalten.

Mr. Hagemann, a doctoral candidate in Department 4.2, *Imaging and Wave Optics*, has won the Young Scientist Award given by the Competence Center *Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung* (CC UPOB e.V.), which is endowed with 1000 euros, for his work on the interferometric form measurement of optical surfaces.



### Dr. Ekkehard Peik



Der Leiter des Fachbereichs 4.4 *Zeit und Frequenz* hat auf dem „32<sup>nd</sup> European Frequency and Time Forum EFTF 2018“ in Turin den „European Frequency and Time Award 2018“ erhalten – „for seminal contributions to single-ion optical frequency standards and high-precision spectroscopy thereby establishing most stringent limits on possible variations of fundamental constants“.

Außerdem wurde Peik von der „Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control Society“ der IEEE als „Distinguished Lecturer“ ausgezeichnet, um im Zeitraum von Juni 2018 bis Dezember 2019 an Universitäten und Forschungseinrichtungen über Arbeiten der PTB zu „Optical atomic clocks with single trapped ions“ vorzutragen.

Dr. Peik, the head of Department 4.4, *Time and Frequency*, was awarded the European Frequency and Time Award 2018 at the 32<sup>nd</sup> European Frequency and Time Forum EFTF 2018 in Turin. This award recognizes “seminal contributions to single-ion optical frequency standards and high-precision spectroscopy thereby establishing most stringent limits on possible variations of fundamental constants”.

In addition, he was appointed Distinguished Lecturer by the IEEE’s Ultrasonics, Ferroelectric, and Frequency Control Society. In this capacity, Dr. Peik will hold lectures on PTB’s activities concerning “Optical Atomic Clocks with Single Trapped Ions” at universities and research institutes from June 2018 to December 2019.

### Peter Micke

Der Wissenschaftler am *QUEST-Institut an der PTB* wurde von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für seinen Poster-Beitrag „Towards quantum logic spectroscopy of highly charged Ar<sup>13+</sup>“ zum Thema „Fundamental constants: Basic physics and units“ mit einem Heraeus Poster Preis ausgezeichnet.

For his poster presentation “Towards Quantum Logic Spectroscopy of Highly Charged Ar<sup>13+</sup>” in the area of “Fundamental Constants: Basic Physics and Units”, Mr. Micke, a scientist at the *QUEST Institute at PTB*, has been awarded a Heraeus Poster Prize by the Wilhelm and Else Heraeus Foundation.





### Maximilian J. Zawierucha

Der Wissenschaftler am *QUEST-Institut an der PTB* erhielt einen Preis der „24<sup>th</sup> Young Atom Opticians Conference“ für seine Posterpräsentation zum Thema „Towards high precision quantum logic spectroscopy of single molecular ions“.

For his poster presentation “Towards High Precision Quantum Logic Spectroscopy of Single Molecular Ions”, Mr. Zawierucha, a scientist at the *QUEST Institute at PTB*, obtained a prize from the 24<sup>th</sup> Young Atom Opticians Conference.

### Dr.-Ing. Lutz Doering, Dr. Uwe Brand, Dr. Sebastian Bütetfisch, Thomas Ahbe, Dr. Thomas Weimann, apl. Prof. Dr. Erwin Peiner, Dr.-Ing. Thomas Frank

Die Veröffentlichung der Mitarbeiter der Fachbereiche 5.1 *Oberflächenmesstechnik* (U. Brand, T. Ahbe), 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* (S. Bütetfisch), 2.4 *Quantenelektronik* (T. Weimann) und 1.1 *Masse – Weitergabe der Einheit* (L. Doering) mit dem Titel „High-speed microprobe for roughness measurements in high-aspect-ratio microstructures“ wurde von der Zeitschrift „Measurement Science and Technology“ zu einem „Highlight of 2017“ erklärt.

The staff members named above represent Departments 5.1, *Surface Metrology* (U. Brand, T. Ahbe); 5.2, *Dimensional Nanometrology* (S. Bütetfisch); 2.4, *Quantum Electronics* (T. Weimann); and 1.1, *Mass – Dissemination of the Unit* (L. Doering). Their publication titled “High-speed Microprobe for Roughness Measurements in High-aspect-ratio Microstructures” was named a “Highlight of 2017” by the journal *Measurement Science and Technology*.

### Dr. habil. Dorothee Hüser



Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 5.1 *Oberflächenmesstechnik* wurde von der Zeitschrift „Measurement Science and Technology“ als „Reviewer of 2017“ ausgezeichnet. Dadurch drückt die Zeitschrift ihre besondere Anerkennung für die Quantität, Pünktlichkeit und Qualität durchgeführter Begutachtungen von Publikationen im Rahmen des wissenschaftlichen Peer-review-Verfahrens aus.

Dr. Hüser, who works in Department 5.1, *Surface Metrology*, was honored as a “Reviewer of 2017” by the journal *Measurement Science and Technology*. The journal recognizes the amount, timeliness and quality of reviews of publications within the scope of the scientific peer-reviewing procedure.

### 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.

Ms. Pirovano, who works in Department 6.4, *Neutron Radiation*, has been awarded a dissertation prize by the “European Nuclear Education network” (ENEN) for her doctoral dissertation titled “Neutron scattering cross section measurements with a new scintillator array” which she produced at JRC Geel.





### Dr. Burkhard Beckhoff

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 7.2 *Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung* bekam den „EXSA Outstanding Achievement Award“ der „European X-ray Spectrometry Association“ (EXSA) für die Entwicklung referenzprobenfreier Röntgenfluoreszenzanalyse zur Charakterisierung neuer Materialien. Zusammen mit seiner Arbeitsgruppe hat Beckhoff wichtige Arbeiten zu neuen experimentellen und theoretischen Methoden auf dem Gebiet der Röntgenspektrometrie vorangetrieben.

Dr. Beckhoff, who works in Department 7.2, *X-ray Metrology with Synchrotron Radiation*, was granted the EXSA Outstanding Achievement Award by the European X-ray Spectrometry Association (EXSA) for the development of reference-free X-ray fluorescence analysis for the characterization of novel materials. In cooperation with his Working Group, Beckhoff has devoted significant effort to important research on new experimental and theoretical methods in the field of X-ray spectrometry.



### Dr. Yves Kayser



Der Mitarbeiter des Fachbereichs 7.2 *Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung* wurde für seine Arbeiten, in denen er exzellente Forschungskompetenzen sowohl in methodischen Entwicklungen als auch in interdisziplinären wissenschaftlichen Anwendungen demonstriert hat, mit dem „Young Scientist Award“ der „European X-ray Spectrometry Association“ (EXSA) ausgezeichnet.

Dr. Kayser, who works in Department 7.2, *X-ray Metrology with Synchrotron Radiation*, was honored with the EXSA (European X-ray Spectrometry Association) Young Scientist Award for work in which he has demonstrated his excellent research competence, in terms of both developing methods and interdisciplinary scientific applications.

### Dr. Philipp Hönicke

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 7.2 *Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung* erhielt den „EXSA Young Scientist Award“ der „European X-ray Spectrometry Association“ (EXSA) für die beste Dissertation auf dem Gebiet der Röntgenspektrometrie. In seiner Arbeit hat er die referenzprobenfreie Röntgenfluoreszenzanalyse unter streifendem Einfall (GIXRF) mit der Röntgenreflektometrie kombiniert.

Dr. Hönicke, who works in Department 7.2, *X-ray Metrology with Synchrotron Radiation*, was honored with the EXSA (European X-ray Spectrometry Association) Young Scientist Award for the best doctoral thesis in the field of X-ray spectrometry. In his research, Dr. Hönicke has combined reference-free grazing incidence X-ray fluorescence (GIXRF) with X-ray reflectometry.



### Dr. Raul Garcia Diez

Der Mitarbeiter des Helmholtz-Zentrums Berlin und ehemalige PTB-Doktorand des Fachbereichs 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung* wurde für seine im PTB-Labor bei BESSY II angefertigte Promotionsarbeit mit dem Titel „Characterization of nanoparticles by continuous contrast variation in small-angle X-ray

Dr. Garcia Diez, who works at the *Helmholtz-Zentrum Berlin* and is a former doctoral candidate in Department 7.1 of PTB, *Radiometry with Synchrotron Radiation*, has been awarded the Adlershof Dissertation Prize 2017 by the *Humboldt-Universität zu Berlin*, IGFAFA (a scientific network representing

scattering“ mit dem Dissertationspreis Adlershof 2017 der Humboldt-Universität zu Berlin, der Initiativgemeinschaft Außeruniversitärer Forschungseinrichtungen in Adlershof e. V. (IGAFA) und der Wista Management GmbH ausgezeichnet.

*nine non-university research institutions housed in the Berlin-Adlershof technology park) and Wista-Management GmbH, for his doctoral dissertation titled “Characterization of Nanoparticles by Continuous Contrast Variation in Small-angle X-ray Scattering”, which he produced at PTB’s BESSY II laboratory.*

### Dr. Dietmar Drung, Dr. Hansjörg Scherer, Dr. Martin Götz, Eckart Pesel

Die Mitarbeiter der Fachbereiche 7.2 *Kryophysik und Spektrometrie* (seit Okt. 2018 7.6 *Kryosensorik*) (D. Drung) sowie 2.6 *Elektrische Quantenmetrologie* (H. Scherer, M. Götz, E. Pesel) haben den diesjährigen Helmholtz-Preis in der Kategorie „Präzisionsmessung in der angewandten Messtechnik“ gewonnen. Ausgezeichnet wird damit ihre Entwicklung eines neuen Stromverstärkers, des „Ultrastable Low-Noise Current Amplifier“ (ULCA), und des dazugehörigen Stromkomparators, der die rückgeführte hochgenaue Kalibrierung des ULCA ermöglicht. Der Helmholtz-Preis ist der wichtigste deutsche Messtechnik-Preis und wird für außerordentliche Leistungen auf dem Gebiet der Präzisionsmessung in Physik, Chemie und Medizin verliehen.

The staff members named above, who represent Departments 7.2, *Cryophysics and Spectrometry* – which was renamed 7.6, *Cryosensors*, in October 2018 (D. Drung) – and 2.6, *Electrical Quantum Metrology* (H. Scherer, M. Götz, E. Pesel), have won this year’s Helmholtz Prize in the category of “Precision Measurements in Applied Metrology”. They have been given this award for the development of a new current amplifier, the Ultrastable Low-Noise Current Amplifier (ULCA), and its associated current comparator, which enables the traceable and highly accurate calibration of the ULCA. The Helmholtz Prize is the most significant metrology prize in Germany; it is awarded for exceptional achievements in the field of high-accuracy measurement in physics, chemistry and medicine.

### Max Reiniger



Der Mitarbeiter des Fachbereichs 7.3 *Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie* erhielt den „Early Career Poster Award“ der Konferenz „20<sup>th</sup> Symposium on Thermophysical Properties“ in Boulder für sein Poster „Advancement and first results of the emissivity measurement facility under vacuum at PTB for sample temperatures up to 1000 °C“.

Mr. Reiniger, who works in Department 7.3, *Detector Radiometry and Radiation Thermometry*, was granted the Early Career Poster Award at the 20<sup>th</sup> Symposium on Thermophysical Properties in Boulder for his poster titled “Advancement and First Results of the Emissivity Measurement Facility under Vacuum at PTB for Sample Temperatures up to 1000 °C”.

### Prof. Dr. Tobias Schäffter

Der Leiter der Abteilung 8 *Medizinphysik und metrologische Informationstechnik* hat zum 1.1.2019 einen Ruf als Universitätsprofessor an die Technische Universität Berlin angenommen. Er vertritt dort das Themengebiet „Biomedizinische Bildgebung“ mit Schwerpunkt in der quantitativen Magnetresonanztomografie.

The head of Division 8, *Medical Physics and Metrological Information Technology*, followed the call to become a university professor at the Technische Universität Berlin starting on 1 January 2019. There, he represents the subject “Biomedical Imaging” with a focus on quantitative magnetic resonance imaging.



### Dr. Ariane Fillmer, Dr. Lukas Winter

Die beiden Wissenschaftler im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* wurden jeweils mit einem „Junior Fellow Award“ ausgezeichnet. Damit würdigt die „International Society for Magnetic Resonance in Medicine“ (ISMRM) ihre bisherigen wissenschaftlichen Leistungen und ihr anhaltendes Engagement innerhalb der Fachgesellschaft.

Dr. Fillmer and Dr. Winter, who work in Department 8.1, *Biomedical Magnetic Resonance*, have each received a Junior Fellow Award. The International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) has bestowed this award upon them to recognize their scientific achievements to date, as well as their continued commitment in the scientific community.

### Dr.-Ing. Norbert Löwa



Der Mitarbeiter des Fachbereichs 8.2 *Biosignale* erhielt den 2. DGBMT-Förderpreis der „Stiftung Familie Klee“ zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses für seine Dissertation zum Thema „Entwicklung neuer Kopplungsverfahren zur Charakterisierung von magnetischen Nanopartikeln basierend auf der Messung der nichtlinearen magnetischen Wechselfeld-Suszeptibilität“.

Dr. Löwa, who works in Department 8.2, *Biosignals*, was awarded the 2<sup>nd</sup> DGBMT-Förderpreis – the advancement award of the *Stiftung Familie Klee*, which aims to support young scientists, for his doctoral thesis on the “Development of New Coupling Procedures for the Characterization of Magnetic Nanoparticles Based on the Measurement of the Non-linear Magnetic Susceptibility of AC Fields”.

### Dr. Kai Stoll-Malke

Der Qualitätsmanager der PTB wurde für den üblichen Zeitraum von zwei Jahren zum Vorsitzenden des „EURAMET Technical Committee for Quality“ gewählt. Das wichtige Gremium ist in Europa für die internationale Anerkennung der Qualitätsmanagementsysteme von nationalen Metrologieinstituten und designierten Instituten im Rahmen des CIPM-MRA der Meterkonvention verantwortlich.

Dr. Kai Stoll-Malke, the Quality Manager of PTB, was elected as Chair of the “EURAMET Technical Committee for Quality” for the usual two-year time period. This important body is responsible in Europe for the international approval of the quality management systems of the national metrology institutes and the designated institutes within the scope of the CIPM-MRA of the Metre Convention.



### Marie Christoph



Die Auszubildende und Studentin im dualen Studiengang „Elektro- und Informationstechnik im Praxisverbund“ wurde von der IHK Braunschweig für ihren hervorragenden Abschluss der gewerblichen Ausbildung ausgezeichnet. Außerdem erhielt sie vom Helmholtz-Fonds e. V. eine Geldprämie für ihren herausgehobenen Abschluss.

Ms. Christoph, a trainee and student taking part in the dual study program (*Dualer Studiengang*) EITiP, was honored by the Chamber of Commerce of Braunschweig for her excellent vocational-training degree results. In addition, she received a cash prize for her excellent degree results from the *Helmholtz-Fonds e. V.*

## Ausbildung

### Berufliche Bildung

Am 1. August 2018 haben in der PTB Braunschweig 38 junge Menschen eine Ausbildung angetreten. In den Ausbildungsberufen „Elektroniker/in für Geräte und Systeme“, „Fachinformatiker/in Fachrichtung Anwendungsentwicklung“, „Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik“, „IT-System-Elektroniker/in“, „Physiklaborant/in“, „Feinwerkmechaniker/in“, „Fotograf/in“, „Mediengestalter/in“, „Verwaltungsfachangestellter/in“, Kaufmann/frau für Bürokommunikation“, „Elektroniker/in für Informations- und Systemtechnik“, „Tischler/in“ sowie in den dualen Studiengängen „Elektro- und Informationstechnik im Praxisverbund“ und „Informatik im Praxisverbund“ hatte die PTB im Jahr 2017 bis zu 136 Auszubildende. Hiervon lernten 44 junge Menschen im letzten Jahr mit einer durchschnittlichen Note von 2,5 aus.

Den in der PTB im Jahr 2015 aufgenommenen Ausbildungsberuf „Fachinformatiker der Fachrichtung Anwendungsentwicklung“ schlossen beide Auszubildende im ersten Durchgang mit gutem Erfolg ab.

Im dualen Studium „Elektro- und Informationstechnik im Praxisverbund“ beendeten Jana Grundmann und Daniel Sgries ihre Bachelor-Arbeiten mit einem Notendurchschnitt von 1,4.



Auch im Jahr 2018 wurden die Ausbildungsberufe an den Bedarf der PTB angepasst. Neu ist der duale Studiengang „Informatik im Praxisverbund“, den am 1. August vier Studenten begannen. Grund für den neuen Studiengang war der durch die zunehmende Digitalisierung abzusehende Mehrbedarf an IT-Fachkräften im gehobenen Dienst.

## Vocational training at PTB

### Professional Education

On 1 August 2018, 38 young people began vocational training at PTB Braunschweig. In the apprenticed professions of “electronics technician for equipment and systems”, “IT specialist in the field of application development”, “electronics technician for energy and building technology”, “IT system electronics technician”, “physics laboratory assistant”, “precision mechanic”, “photographer”, “media designer”, “administrative professional”, “manager for office communication”, “electronics technician for IT and systems”, “carpenter” and in the dual studies “Electronics technician and IT specialist as an integrated degree program” and “IT specialist as an integrated degree program”, PTB had apprenticeship or training contracts with 136 young people in the year 2017. In 2018, 44 of these young people completed their vocational training and achieved an average mark of 2.5 last year in their final examinations.

Both trainees, who belong to the first generation of young people who finished their apprenticeship as a “qualified IT specialist in the field of application development” (a vocational training course PTB had started with only three years ago), passed their final exams with great success.

Jana Grundmann and Daniel Sgries completed their bachelor’s degrees in “Electronics technician and IT specialist as an integrated degree” with an average mark of 1.4.

Jana Grundmann und/and Daniel Sgries

In 2018, apprenticeships and vocational training were adjusted to fit the needs of PTB. Four students took up the new program “Computer science as an integrated degree” on 1 August 2018. The reason for the new degree is that in the “higher intermediate service” of PTB, there is an increasing demand for IT specialists (due to digitalization).

## Ehrungen

Am 7. Februar 2018 wurden die besten Ausbildungsabsolventinnen und -absolventen des Jahres 2017 im Bundeswirtschaftsministerium geehrt.

Die Berufsbesten haben ihre IHK-Abschlussprüfung mit der Note 1 abgelegt. Hierzu gehörte der gesamte Jahrgang 2015 im dualen Studiengang „Elektro- und Informationstechnik im Praxisverbund“.

Am 6. November wurde Amrei Weimann im GOP Variété Hannover für ihre erbrachten Leistungen bei der Abschlussprüfung als Landessiegerin für den Ausbildungsberuf Physiklaborant geehrt.

## Awards

The best graduates of apprenticeships and vocational training of the year 2017 were honored at the Federal Ministry for Economic Affairs on 7 February 2018.

The best in their vocation achieved a mark of 1 on their Chamber of Industry and Commerce (IHK) examinations. This included the entire class of 2015 in the “Electronics technician and IT specialist as an integrated degree program”.

On 6 November in the GOP Variété Theater in Hannover, Amrei Weimann was honored for her achievements. She was commended as the state winner in the final examination for apprenticeships as a physics laboratory assistant.



Ehrung der besten Absolventinnen und Absolventen im Bundeswirtschaftsministerium. (von links: Staatssekretär Uwe Beckmeyer, Ausbilder Roger Ehlbeck, Ausbilder Frank Peters, Ausbilder Axel Eggstein, Ausbildungsleiter Bernd Weihe, Elektroniker für Informations- und Systemtechnik Franz Zechlin, Ausbilder Andreas Höbbel, Mediengestalter Hanno Remmer, Elektroniker für Geräte und Systeme Michael Sonnemann, Bachelor of Engineering Marvin Wenzel)

Award ceremony for the best graduates at the Federal Ministry for Economic Affairs. From left: State Secretary Uwe Beckmeyer, Roger Ehlbeck (instructor), Frank Peters (instructor), Axel Eggstein (instructor), Bernd Weihe (head instructor), Franz Zechlin (electronics technician for IT and systems), Andreas Höbbel (instructor), Hanno Remmer (media designer), Michael Sonnemann (electronics engineer for instruments and systems) and Marvin Wenzel (Bachelor of Engineering)

Ehrung der Berufsbesten im VIP-Bereich des Braunschweiger Eintrachtstadions durch die IHK (von links: Ausbilder Axel Eggstein, Ausbildungsleiter Bernd Weihe, IHK-Präsident Helmut Streiff, Physiklaborantin Amrei Weimann, Bachelor of Engineering Marie Christoph, Bachelor of Engineering Jonas Kroll, Bachelor of Engineering Lasse Anders und Ausbilderin Silke Remusch)

Award ceremony for the best graduates held by the Chamber of Industry and Commerce (IHK) in the VIP area of Braunschweig's Eintracht Stadium. From left: Axel Eggstein (instructor), Bernd Weihe (head instructor), IHK President Helmut Streiff, Amrei Weimann (physics laboratory assistant), Marie Christoph (Bachelor of Engineering), Jonas Kroll (Bachelor of Engineering), Lasse Anders (Bachelor of Engineering) and Silke Remusch (instructor)



## Akademische Abschlüsse / Academic degrees

## Promotionen / Doctoral degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Johannes Kupper	Geschwindigkeit (1.3)	TU Braunschweig	Untersuchung von Fahrmanövern in Geschwindigkeitsüberwachungs- situationen
Inès Barbary	Hochfrequenz und Felder (2.2)	HSU Hamburg	Numerical and Experimental Analysis of the Operation Parame- ters' Influence on the Quality of an Open Area Test Site for Antenna Calibration
Florian Schilling	Elektrische Energiesmesstechnik (2.3)	TU Braunschweig	Entwicklung eines Referenzprüf- stands zur rechtskonformen Überprüfung von virtuellen Zählpunkten bei einer simultanen Mehrfachnutzung von dezentralen Batteriespeichern
Hangfu Yang	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	U Hannover	Thermal and magnetoelastic effects in magnetic tunnel junction
Cay-Christian Kalmbach	Elektrische Quantenmetrologie (2.6)	U Hannover	AC-Quanten-Hall-Effekt und 1/f-Rauschen in epitaktischem Graphen
Prajakta Parab	Physikalische Chemie (3.3)	RWTH Aachen	Computational chemical kinetics of biofuel combustion using ab-initio methods and statistical rate theories
Bo Shu	Physikalische Chemie (3.3)	U Duisburg- Essen	Mid-infrared absorption sensor for CO concentration and temperature measurements for pyrolysis and oxi- dation behind reflected shock waves
Lennart Meyer	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	U Magdeburg	Die Entstehung von heißen Oberflä- chen in metallischen Reibsituationen und ihre Zündwirksamkeit
Philipp Schneider	Photometrie und Spektroradiometrie (4.1)	TU Braunschweig	Aufbau und Charakterisierung eines neuartigen photometrischen Trap- empfängers zur Realisierung der SI Basiseinheit der Lichtstärke Candela

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Jacopo Grotti	Quantenoptik und Längeneinheit (4.3)	U Hannover	A transportable optical lattice clock for metrology and geodesy
Michael Kazda	Zeit und Frequenz (4.4)	TU Braunschweig	Advanced microwave control for atomic fountain clocks
Beatrice Rodiek	Angewandte Radiometrie (4.5)	TU Braunschweig	Eignung von Einzelphotonen- emittern basierend auf Stickstoff- fehlstellen in Nanodiamanten als Strahlungsquelle für die Radiometrie
Nils Scharnhorst	QUEST	U Hannover	Multi-mode ground state cooling of trapped ions
Stephan Hannig	QUEST	U Hannover	Development and characterization of a transportable aluminium ion quantum logic optical clock setup
Fabian Wolf	QUEST	U Hannover	Motional quantum state engineering for quantum logic spectroscopy of molecular ions
Tobias Leopold	QUEST	U Hannover	A cryogenic ion trap system for quantum logic spectroscopy of highly charged ions
Paul Köchert	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	TU Ilmenau	Das neue Positionierungssystem am Nanometerkomparator
Marcell Peter Takács	Radioaktivität (6.1)	TU Dresden	Hydrogen burning: Study of the Ne-22 (p, $\gamma$ ) Na-23, He-3 ( $\alpha$ , $\gamma$ ) Be-7 and Be-7 (p, $\gamma$ ) B-8 reactions at ultra low energies
Ye Lin	Strahlenwirkung (6.5)	Chengdu Univ. of Technol., China	Novel gaseous detectors for assessing the biological effects of radiation
Robert Schäfer	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	U Freiburg	Characterization of gas-based absolute detectors for the EUV energy range
Ina Holfelder	Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung (7.2)	TU Berlin	Entwicklung eines hochauflösenden wellenlängendispersiven Spektro- meters für den Spektralbereich harter Röntgenstrahlung

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Daniel Schmidt	Biosignale (8.2)	TU Braunschweig	Evaluation of imaging parameters in MPI

## Diplom / Master's degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Marc Jäger	Elektrische Energietechnik (2.3)	Untersuchung zeitsynchronisierter Abtastverfahren zur Bewertung digitaler Wandler nach IEC 61850-9-2
Tim-Christoph Schlüterbusch	Elektrische Energietechnik (2.3)	Entwicklung einer Soft- und Hardwarelösung als Transi- entenrekorder für die Messung von Stoßspannungen auf dem Niveau eines nationalen Metrologie-Instituts
Mengdan Wang	Elektrische Energietechnik (2.3)	Bioelektrisches Verhalten von Gewebe bei Belastung mit Hochspannungspulsen
Julian Hahne	Elektrische Energietechnik (2.3)	Implementierung der Kalibriermöglichkeiten für hohe Gleichspannungen bis 800 kV in das Qualitätsmanage- mentsystem der PTB
Lena Michaliszyn	Allgemeine und Anorganische Chemie (3.1)	Ermittlung der chemischen Reinheit eines Silicium- materials mit Hilfe der Kopplung von Laser-Ablation und hochauflösender ICP-MS
Viktor Maurer	Allgemeine und Anorganische Chemie (3.1)	Herstellung eines Hybridsystems aus Gold- und Eisen- oxidnanopartikeln zur Detektion und Quantifizierung von Tau-Protein
Xiaoyu He	Physikalische Chemie (3.3)	Numerical and experimental investigation of autoignition and exhaust emissions of ammonia/hydrogen-mixtures
Dmytro Zhukov	Analytische Chemie der Gasphase (3.4)	Konzeptionierung der Opto-Mechanik eines open- path Wasserdampfsensors für die zeitlich hochaufgelöste Feuchtemessung auf der Do-128 D-IBUF
Jürgen Bewersdorff	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Vergleich der Belastungen von Überdruckprüfungs- verfahren bei druckfest gekapselten Gehäusen nach IEC 60079-1 unter Berücksichtigung von thermischen und materialspezifischen Eigenschaften



Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Markus Sinningen	Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Spektrale Untersuchungen von elektrischen Entladungen durch Kontakt-Öffnungsvorgänge in explosiven Wasserstoff-Luft-Gemischen hinsichtlich der elektrischen Spannungs- und Stromverläufe
Felicitas Haas	Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Die Messunsicherheit bei der Wirkungsgradmessung drehender elektrischer Maschinen
Djieya Kammeni, Alban Thibaut	Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Entwicklung eines Verfahrens zur Parameterbestimmung eines thermischen Modells von Lithium-Ionen Batteriepouchzellen
Tim Käseberg	Nachwuchsguppe Metrologie für funktionale Nanosysteme (4.01)	Winkelabhängigkeit der optischen Polarisation von Graphen
Jan Meyer	Nachwuchsguppe Metrologie für funktionale Nanosysteme (4.01)	Entwicklung eines Messaufbaus zur Charakterisierung optomechanischer Eigenschaften von dielektrischen Materialien
Jan Thiesler	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Entwicklung, Fertigung und Test eines neuartigen Cantilevers zur Bestimmung komplexer 3D-Geometrien in der Nanometrologie
Benedikt Seeger	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Charakterisierung von Übertragungsfunktionen im APS-Raum mit weiter entwickelten radialsymmetrischen Oberflächennormalen
Dora Wessel	Koordinatenmesstechnik (5.3)	Entwicklung eines Mikroenvironments für die Mikrokoordinatenmesstechnik
Christian Fethke	Wissenschaftlicher Gerätebau (5.5)	Prozessoptimierung durch Werkzeugmodifikation bei der Herstellung hochgenauer und schädigungsfreier Siliziumkugeln
Dominik Fabian Bauer	Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik (6.2)	Untersuchung des Ionisationskammer Arrays Oktavius als Ersatz für Filme in der Qualitätssicherung in der Ionenstrahl-Therapie
Karl Wiese	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	Validation of optical constants by reflectometry and ellipsometry in the VUV spectral range

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Claudia Tagbo	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	Optische Charakterisierung und Optimierung der Fokussierung des Messstrahles in einer Bestrahlungs- testkammer
Thomas Wiesner	Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung (7.2)	Entwicklungen für eine orts aufgelöste Röntgenfluoreszenzanalyse unter streifendem Einfall
Tobias Pohl	Detektorradiometrie u. Strahlungsthermometrie (7.3)	Entwicklung und Charakterisierung eines Transfornormals für die Messung optischer Strahlungsleistung im infraroten Spektralbereich auf Grundlage eines Thermosäulendetektors
Julian Gieseler	Detektorradiometrie u. Strahlungsthermometrie (7.3)	Entwicklung eines Probenhalters und eines Strahlungs- transportmodells für Emissionsgradmessungen an semitransparenten Proben
Jean Pierre Bassenge	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Spatiotemporal Undersampling Techniques for Accelerated 4D Flow MR Imaging of the Cerebral Blood Velocity Vector Field
Sebastian Dietrich	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Advanced Motion Compensation for Cardiac Magnetic Resonance Tomography
Felix Ptach	Biosignale (8.2)	Konstruktion einer Vorrichtung zur definierten Positionierung von Phantomen zur Ko-Registrierung separat generierter Bilddatensätze mittels MPI und MRT
Julian Stange	Biomedizinische Optik (8.3)	Untersuchungen zur schichtselektiven Charakterisierung von Gewebe mittels räumlich aufgelöster Reflexion
Maximilian Becker	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	Local control of globally competing patterns in antisymmetrically coupled Swift-Hohenberg equations – An analysis based on amplitude equations
Julia Neumann	Metrologische Informationstechnik (8.5)	Neue Ansätze zur Optimierung der Konformitätsprüfung im gesetzlichen Messwesen – eine Konzeptentwicklung basierend auf Information Retrieval Methoden
Martin Nischwitz	Metrologische Informationstechnik (8.5)	Real-Time Simulation of the Transmission Behavior of Wireless M-BUS Meters in Smart Metering Systems
Artem Yurchenko	Metrologische Informationstechnik (8.5)	Homomorphic encryption in legal metrology

## Bachelor / Bachelor's degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Marvin Rust	Schall (1.6)	Untersuchungen zur Richtcharakteristik von MEMS- und Messmikrofonen
Marek Spoors	Akustik und Dynamik (1.7)	Bestimmung der Torsionssteifigkeit mittels eines zuvor erweiterten Messplatzes
Daniel Sgrieß	Akustik und Dynamik (1.7)	Aufbau und Inbetriebnahme eines Messrohrs zur Bestimmung der Materialeigenschaften poröser Materialien
Alexander Dubowik	Elektrische Energiesmesstechnik (2.3)	Entwicklung eines aktiven und hochgenauen Strom-Spannungs-Wandlers
Timur Öznur	Elektrische Energiesmesstechnik (2.3)	Beeinflussung von elektronischen Elektrizitätszählern durch niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen
Dedhia Jigar Mahesh	Physikalische Chemie (3.3)	Investigation of ignition behaviour of alternative/technical fuels using a rapid compression machine (RCM)
Albert Krause	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Untersuchungen zur Qualifizierung von Drucksensoren für den Einsatz im Bereich der Zündschutzart „Druckfeste Kapselung“
Harun Kanbur	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Entwicklung und Konzeption eines Prototyps für das Ringvergleichsprogramm „Pressurized Enclosure“ zur Un- tersuchung von Verdünnungsmessungen nach IEC 60079-2
Kai Thom	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Untersuchung und Veranschaulichung der Einflussgrößen bei Verdünnungsmessungen an überdruckgekapselten Gehäusen im Rahmen des PTB Ex Proficiency Testing Scheme
Wahied Noorzai	Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Berechnung der Messunsicherheit zur Bestimmung des Wirkungsgrads von permanentmagneterregten Synchron- maschinen
Thies Goitowski	Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Implementierung von Fehlerbehandlungen in der Steue- rungssoftware und Bestimmung von Messunsicherheiten einer Prüfeinrichtung für Motorschutzschalter

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Jiayi Dong	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Programmierung, Inbetriebnahme und Optimierung eines Prüfstandes für explosionsgeschützte drehende elektrische Maschinen im Leistungsbereich bis 5 kW
Tobias Lange	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Ermittlung von UI-Funkenlängen-Kennlinien für elektrische Entladungen bei langsamen Kontaktöffnungen in Wasserstoff-Luft-Gemisch
Marius Losch	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Evaluierung von Sicherheitskonzepten zur eigensicheren Energieversorgung von LED Beleuchtungen im explosionsgefährdeten Bereich
Jan Malte Nothnagel	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Erstellung einer Steuerung für eine Kontaktvorrichtung sowie Evaluierung der mechanischen Parameter für die Optimierung der elektrischen Entladung
Jiake Wang	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Entwicklung, Aufbau und Test einer Steuerungssoftware zur Ansteuerung der OWIS Universal-Positioniersteuerung PS 90 auf Basis der Programmiersprache Labview zur Vermessung von optischen Strahlungsquellen
Annika Stein	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Messunsicherheitsbetrachtung von Strom-, Spannungs- und Temperaturmessgeräten für Batterieprüfungen
Max Setz	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Bestimmung des Erwärmungsverhaltens von Lithium-Ionen-Batterie-Pouchzellen
Malte Wittenberg	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Softwareprogrammierung zur Auslesung und Visualisierung von Temperatur-, Strom- und Spannungsmessdaten
Liwei Wang	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Teilentladungssimulation an Hochspannungsisolationssystemen durch FEMM
Nikolai Thiessen	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Ermittlung des stromkreisspezifischen minimalen Energieeintrages in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Zündung von elektrischen Entladungen bei Kontaktöffnungen
Oliver Landrath	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Externe Kurzschlussmessungen von Lithiumionen-Batterien
Kevin Kelsch	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Einfluss des N <sub>2</sub> -Anteils im Oxidator O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> auf die Spaltweite

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Nikita Schlosser	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Aufbau, Steuerung und Charakterisierung einer getriggerten Funkenstrecke für Untersuchungen im Explosionsschutz
Jana Grundmann	Bild- und Wellenoptik (4.2)	Automatisierung und Charakterisierung eines metrologischen Aufsicht-Messsystems für rückgeführte Kalibrierungen unidirektionaler Abstandsmessungen
Wiebke Brandes	Angewandte Radiometrie (4.5)	Radiometrische Charakterisierung eines LED-basierten Sonnensimulators
Zhibing Xia	Oberflächenmesstechnik (5.1)	Programmierung und Optimierung einer Steifigkeits- messeinrichtung für AFM-Cantilever ohne Spitze basierend auf MEMS
Chongze Yu	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Kalibrierung eines Mehrkanal Temperaturloggers für Thermistoren und Widerstandsthermometer
Dennis Hieronymi	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	Aufbau und Inbetriebnahme einer Dünnschichtpräparation für die synchrotronstrahlungsbasierte Analytik
Bilguun Nurzed	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	Charakterisierung und Optimierung eines kohlenwasser- stofffreien UHV-Reflektometers zur Reflexionsmessung an Photomasken für die EUV-Lithografie
Sebastian Neuber	Biosignale (8.2)	Konstruktion eines Gestells mit stufenlosem Manipulator der Z-Achse für unterschiedliche Kryostaten innerhalb eines bestehenden Messsystems zur Probanden- und Probenmessung in magnetisch geschirmten Räumen
Lysander Rupp	Biosignale (8.2)	Optimierung einer Magnetfeldstabilisierung in einer mag- netisch stark geschirmten Kabine
Josephine-Marie Fabert	Biosignale (8.2)	Feasibility study of magnetic nanoparticle-based generative printing for biomedical imaging
Alexander Solovev	Biomedizinische Optik (8.3)	Bestimmung der optischen Eigenschaften von Gewebephantomen mittels räumlich aufgelöster difuser Reflektion
Caroline Bärisch	Biomedizinische Optik (8.3)	Multispektrale Charakterisierung der optischen Eigenschaften von Gewebephantomen
Kathrin Schira	Biomedizinische Optik (8.3)	Charakterisierung eines Fluoreszenz-Bildgebungs- verfahrens



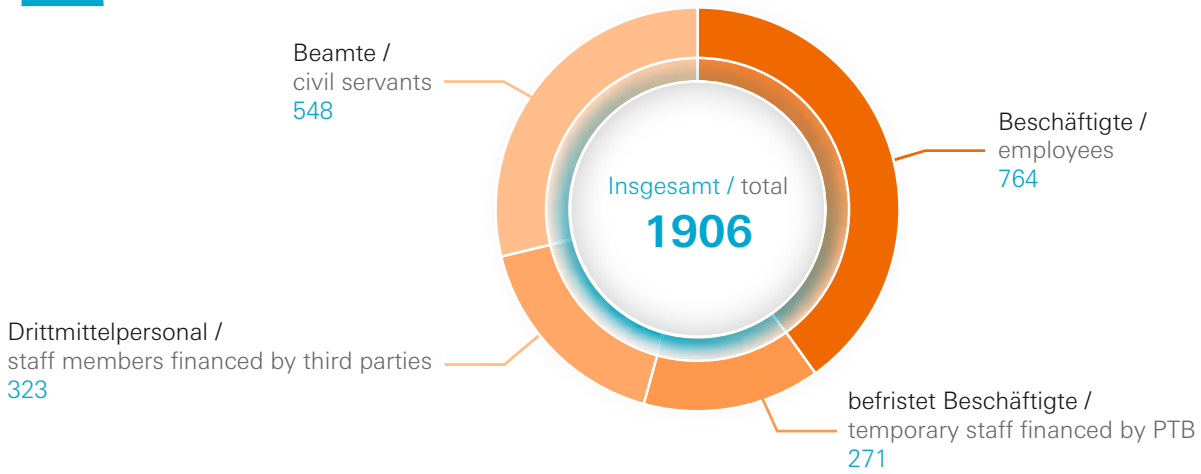
# Zahlen und Fakten

Facts and Figures





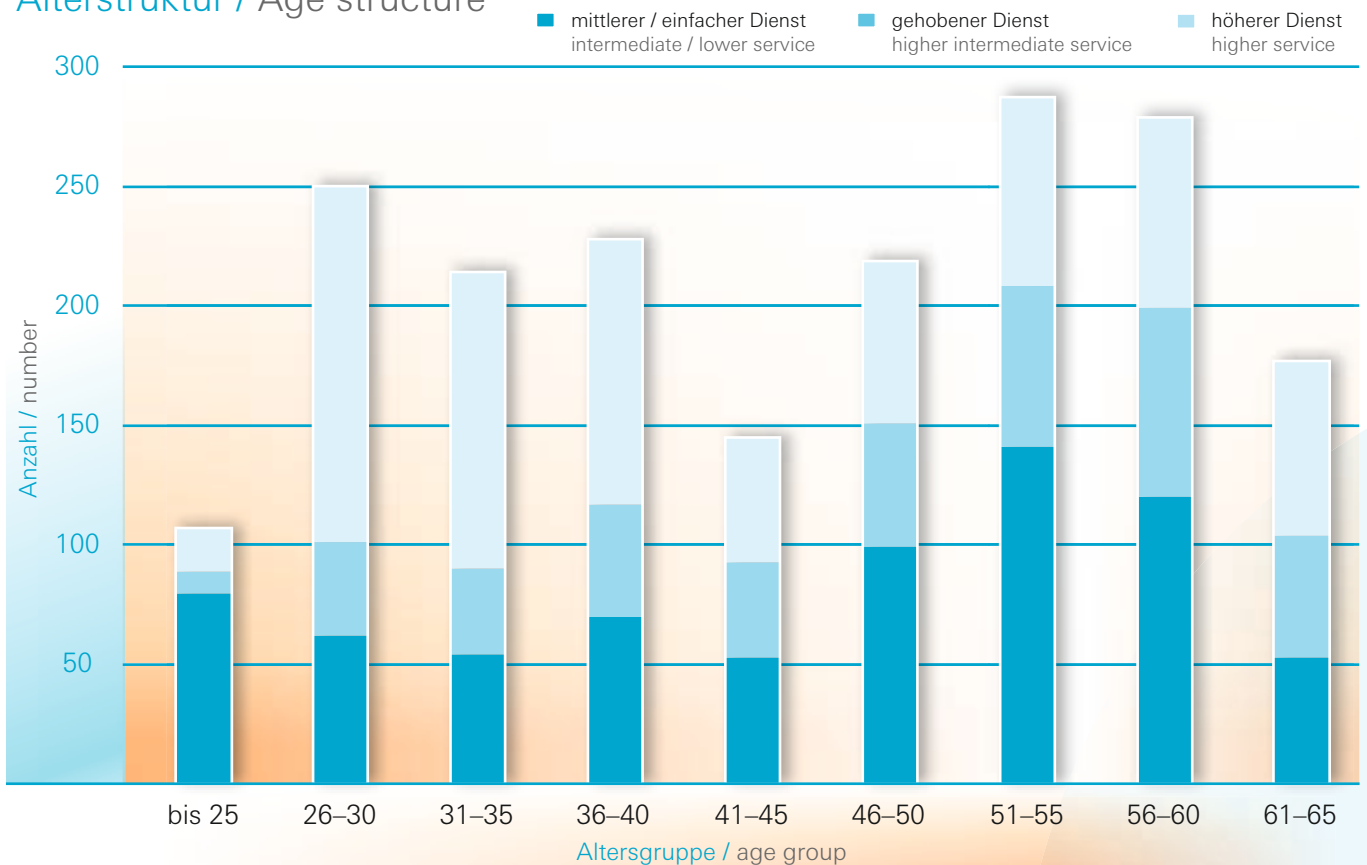
## Personal / Staff



Die PTB zählte zum 31.12.2018 insgesamt 1906 Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen. Der Anteil der Beamten lag bei rund 29 %, der Anteil aller mit befristeten Verträgen (finanziert aus PTB-Mitteln sowie aus Drittmitteln) bei 31 %. Das Säulendiagramm zeigt die Altersstruktur in den unterschiedlichen Laufbahngruppen. Weiterhin waren im letzten Jahr 108 Werkstudenten und 140 Auszubildende in der PTB beschäftigt.

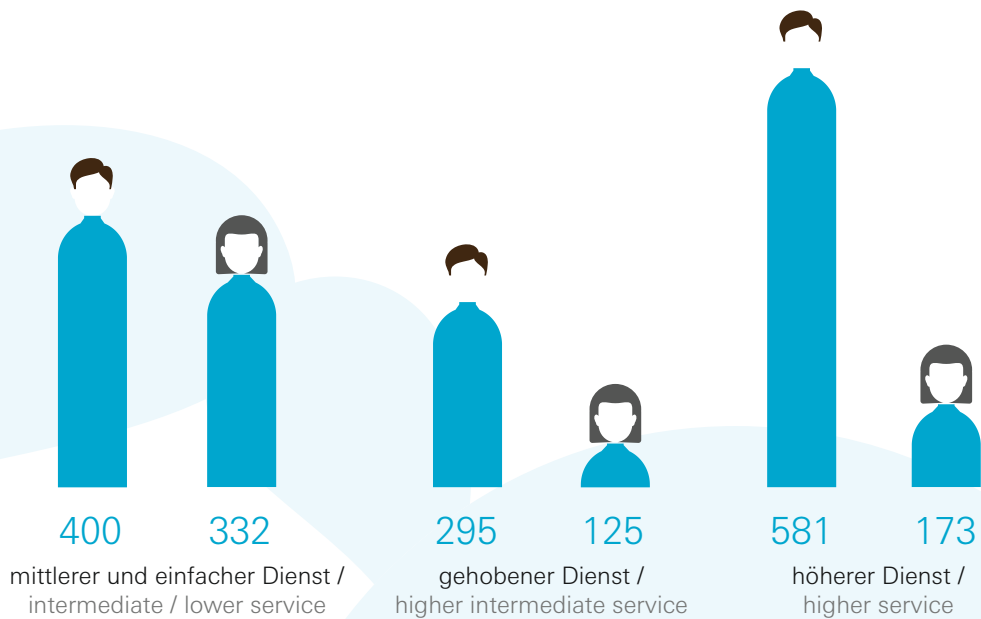
At 31.12.2018, PTB employed a total of 1906 members of staff. Civil servants made up around 29 % of all employees, while those with temporary contracts (financed with PTB funds as well as with third-party funds) made up around 31 % of all employees. The bar chart is showing the age structure of staff, distinguished by civil service groups. Furthermore, 108 student employees and 140 apprentices were employed last year.

## Alterstruktur / Age structure





## Laufbahn / Civil service career



Anzahl der Mitarbeiter/innen, unterschieden nach Laufbahn und Geschlecht (ohne Auszubildende und Werkstudenten)

Number of staff members distinguished by civil service career and sex (not including apprentices and student employees)

## Ausbildung / Training

■ Braunschweig ■ Berlin

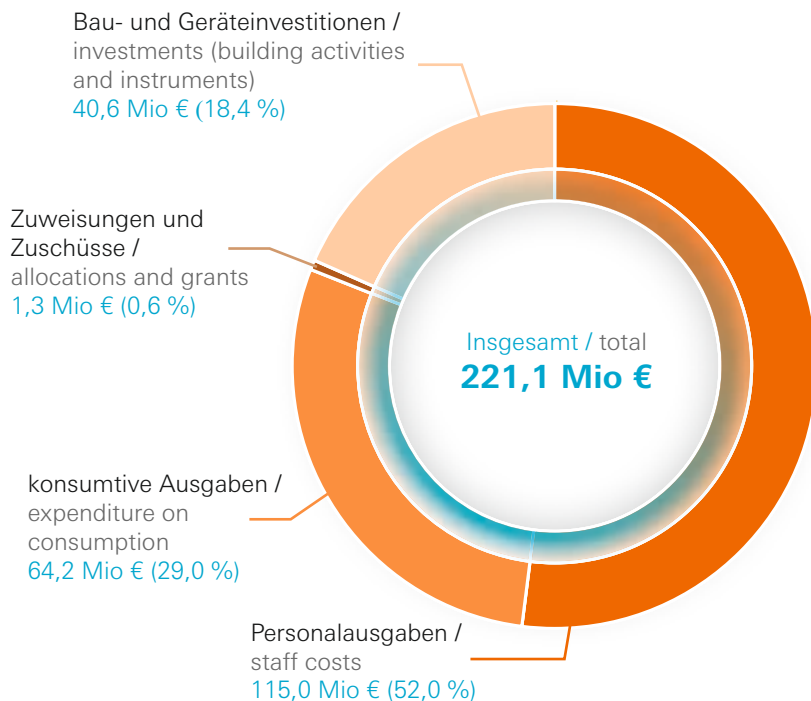


Die PTB gehört zu den größten Ausbildungsbetrieben in der Region Braunschweig. Gegenwärtig sind 140 Auszubildende bei der PTB angestellt. (In Klammern sind die Neueinstellungen im Berichtsjahr angegeben.) Alle Auszubildende werden nach der Abschlussprüfung für mindestens ein Jahr in der PTB weiterbeschäftigt.

PTB is among the most important institutions in the region of Braunschweig which provide training. 140 trainees are at present employed by PTB. (The figures in parentheses indicate fresh engagements in the year under review.) All apprentices remain employed at PTB for at least one year after completing their final examination.

# Haushalt / Budget

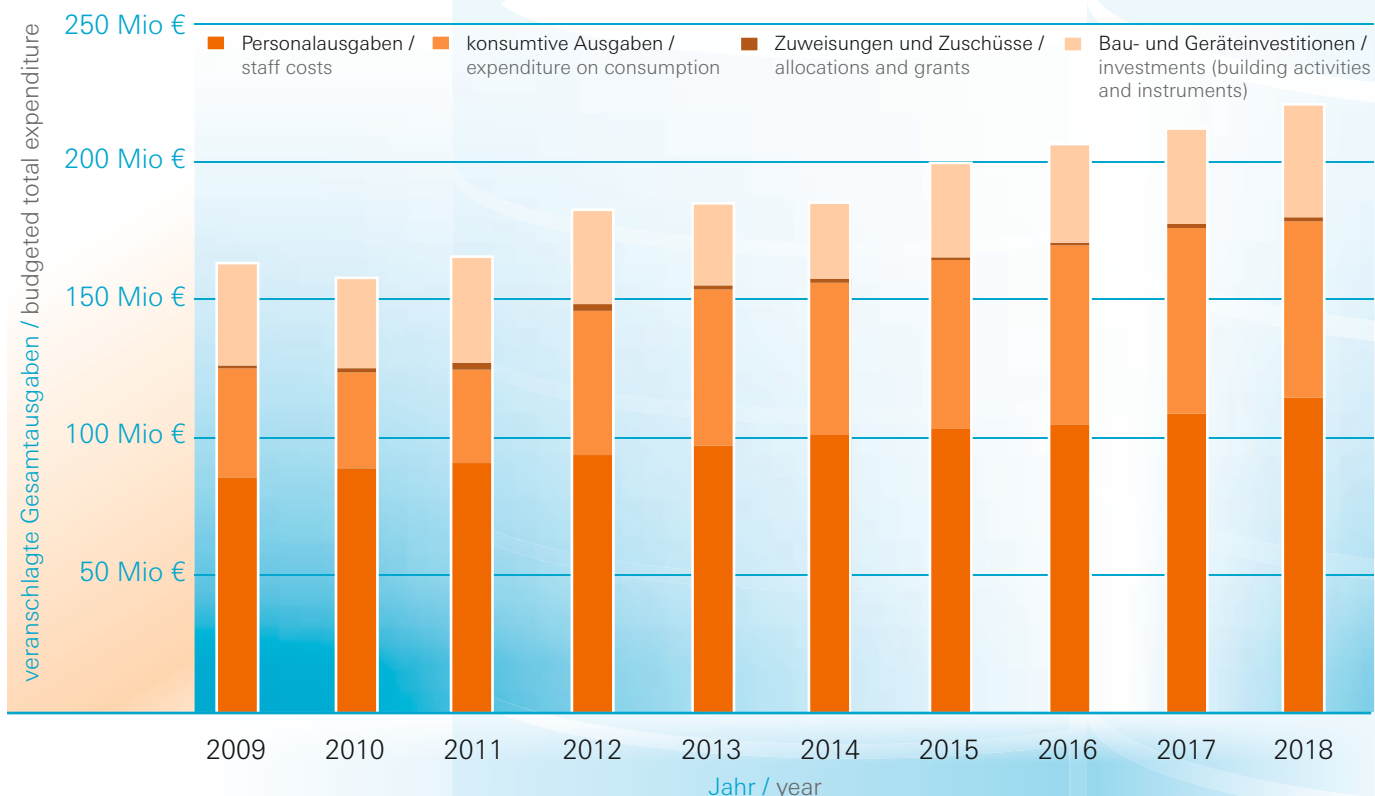
## Ausgabenverteilung / Breakdown of expenditure



Die Grafik zeigt, wie sich im Berichtsjahr die Ausgaben verteilen (in Mio. Euro). Balkendiagramm unten: Entwicklung der Gesamtausgaben im PTB-Haushalt in den letzten zehn Jahren. Seit 2012 sind im PTB-Haushalt auch die Mietzahlungen an die BImA (Bundesanstalt für Immobilienaufgaben) enthalten.

The chart shows the breakdown of the expenditure (in million euros) in the year under review. Bar chart at the bottom: Development of the total expenditure of the PTB budget in the past ten years. Since 2012, the rental payments to the Bundesanstalt für Immobilienaufgaben are included in the PTB budget, too.

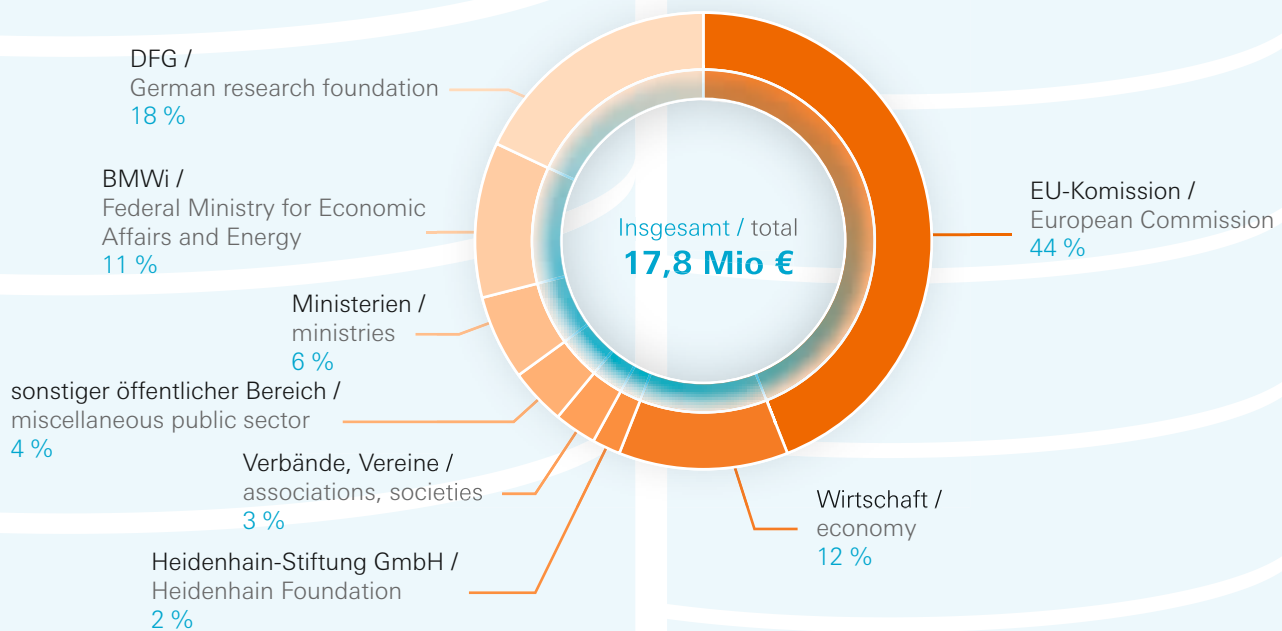
## Entwicklung des Haushalts / Budget development



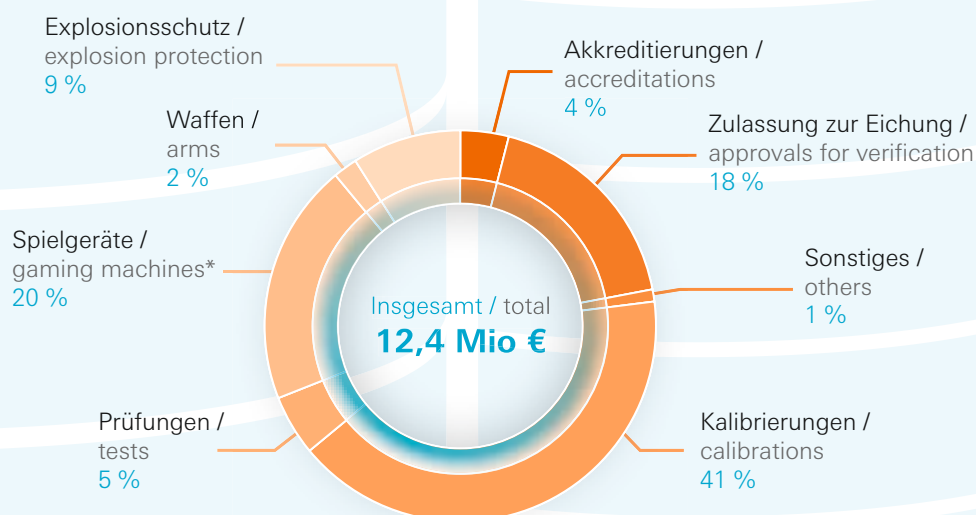
## Drittmittel: Forschungsprojekte / Third-party funds: research projects

Die Drittmittel für Forschungsvorhaben summieren sich 2018 auf 17,8 Mio. Euro. Die Grafik gibt die prozentualen Anteile der unterschiedlichen Quellen an. Insgesamt wurden im Berichtsjahr 35,2 Mio. Euro für 663 Drittmittelprojekte (Forschungsvorhaben und Projekte der Technischen Zusammenarbeit) verwendet (davon 3,2 Mio. Euro für 101 Projekte in Berlin). Speziell mit den Mitteln der Heidenhain-Stiftung GmbH werden zwei Nachwuchsgruppen finanziert (eine zur Nanometrologie, eine zur Digitalisierung im gesetzlichen Messwesen).

In 2018, the third-party funds for research projects added up to a total of 17.8 million euros. The chart shows the contributions (in percent) from the different sources. In the year under review, a total of 35.2 million euros were used for 663 third-party projects (research projects and technical cooperation projects), 3.2 million euros of these for 101 projects in Berlin. Two groups of junior researchers (one concerns nanometrology and the other digitalization in the field of legal metrology) receive special funding from the Heidenhain Foundation (Heidenhain-Stiftung GmbH).



## Einnahmenanteile der Dienstleistungsbereiche / Income distribution of the service sectors



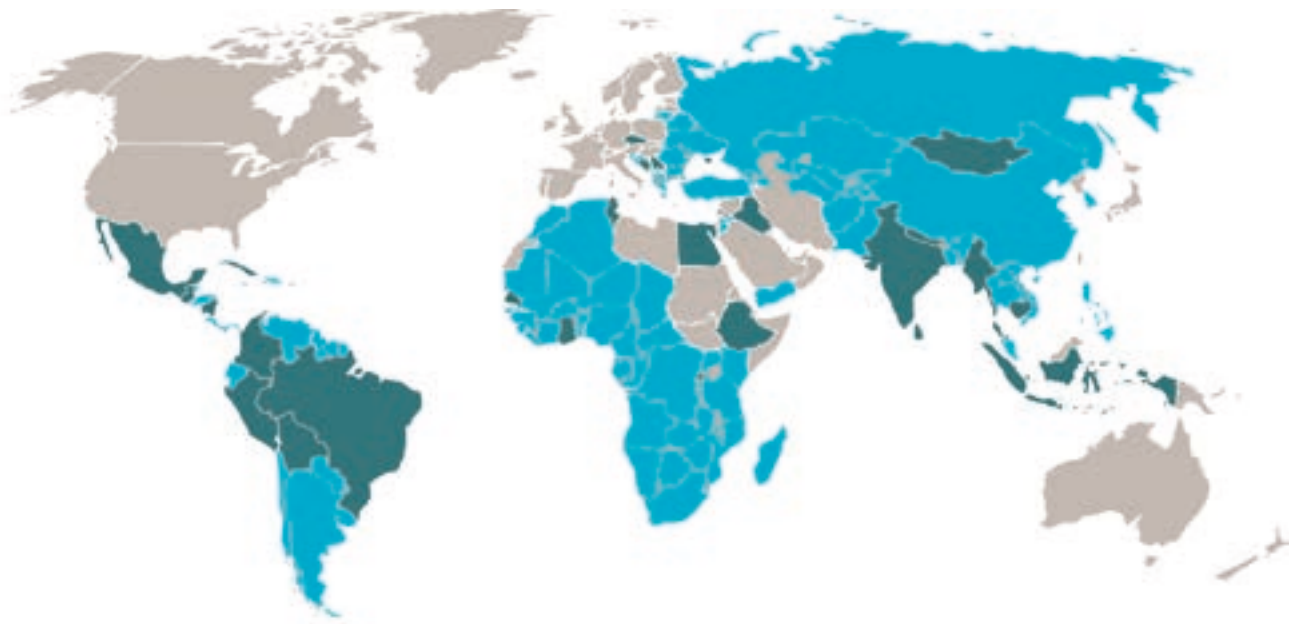
Einnahmenanteile der verschiedenen Dienstleistungsbereiche der PTB im Jahr 2018. Gesamtforderungen: 12,4 Millionen Euro.

Income distribution of 2018 among the various service sectors of PTB. Total receivables: 12.4 million euros.



Projektpartner der PTB /  
PTB's project partners

## Internationale Zusammenarbeit / International cooperation



regional

bilateral

mehr als 90 Länder / more than 90 countries

Die Qualitätsinfrastruktur-Projekte des Fachbereichs *Internationale Zusammenarbeit* verbessern die Situation von Entwicklungs- und Schwellenländern. Mehr als 90 Länder und Regionen werden befähigt, am internationalen Handel teilzunehmen; der Verbraucher-, Umwelt- und Gesundheitsschutz wird sichergestellt. Die Mitarbeiter und Experten des Fachbereichs beraten Regierungen und Ministerien, Institutionen der Qualitätsinfrastruktur sowie kleine und mittlere Unternehmen.

Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung finanziert die Projekte.

### Volumen

(von September 2017 bis Oktober 2018)

**18,45 Mio €**

The quality infrastructure projects of PTB's *Technical Cooperation Department* help improve the situation in developing countries and countries in transition. More than 90 countries are enabled to take part in international trade; the protection of the consumers, of the environment and of health is ensured. The employees and experts of the department advise governments, ministries, QI institutions as well as small and medium-sized enterprises.

The projects are funded by the Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ).

### Funding volume

(from September 2017 until October 2018)

**€ 18.45 million**

**Normung / Standardization**

nationale Gremien / national bodies

**684**

davon Normung / thereof: standardization

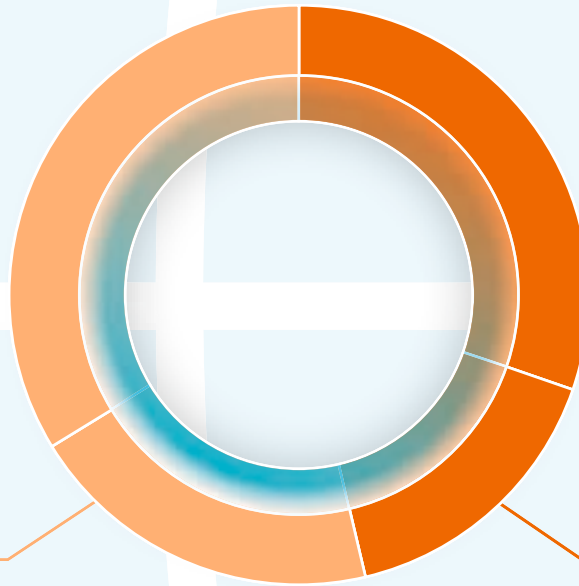
**254**

internationale Gremien / international bodies

**590**

davon Normung / thereof: standardization

**204**



**Nationale Normungsvorhaben / National standardization projects**

Die PTB engagierte sich im Jahr 2018 in 684 nationalen Gremien, darunter in 254 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 70-mal die Leitung inne.

PTB participates in 684 national bodies, among these 254 in the field of standardization. PTB heads a total of 70 of these bodies.

**Internationale Normungsvorhaben / International standardization projects**

Die PTB engagierte sich im Jahr 2018 in 590 internationalen Gremien, darunter in 204 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 85-mal die Leitung inne.

PTB participates in 590 international bodies, among these 204 in the field of standardization. PTB heads a total of 85 of these bodies.



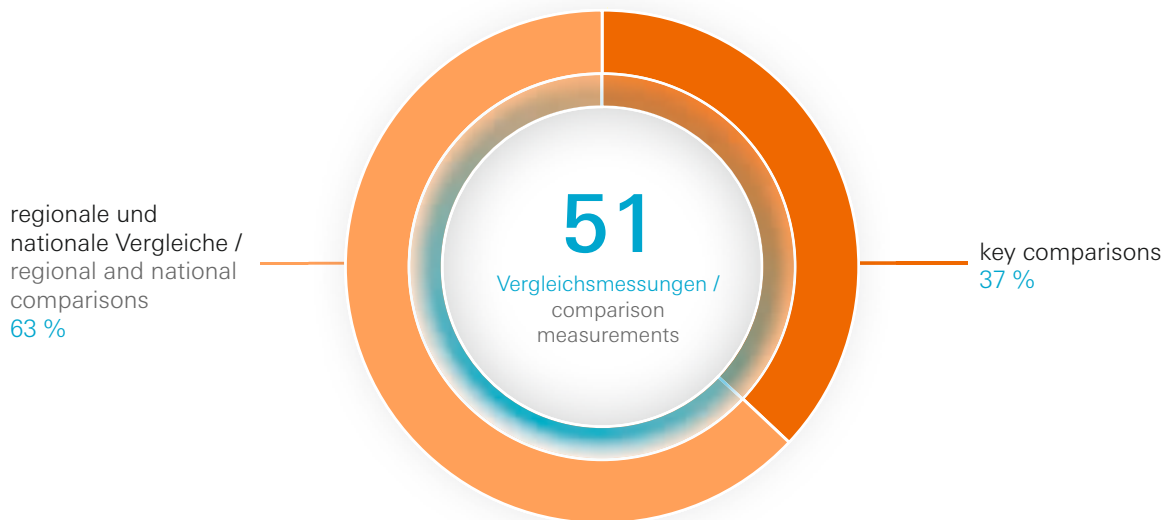
## Qualitätsmanagement / Quality management

### Internationale Vergleichsmessungen

Die PTB hat im Berichtsjahr 51 Vergleichsmessungen abgeschlossen. Es handelte sich um 19 Schlüsselvergleiche und 32 regionale/nationale Vergleiche. 73 % der Vergleichsmessungen waren von direkter Relevanz für die Kalibrier- und Messmöglichkeiten der PTB im Rahmen des CIPM-MRA<sup>1</sup>. Bei 12 dieser Vergleichsmessungen stellte die PTB das Pilotlabor.

### International comparison measurements

In the year under report, PTB took part in 51 comparison measurements, namely 19 key comparisons and 32 regional/national comparisons. 73 % of the comparison measurements were of direct relevance to the calibration and measurement capabilities of PTB within the scope of the CIPM MRA<sup>1</sup>. PTB participated in 12 comparison measurements as a pilot lab.



### Anerkennung des Qualitätsmanagementsystems

Die Selbsterklärung zum Qualitätsmanagement der PTB<sup>2</sup> wurde auch in diesem Jahr sowohl durch die Nutzer und Kunden der metrologischen Leistungen als auch durch internationale Teams von Fachexperten im Rahmen der Meterkonvention, der OIML sowie des nationalen Gesetzgebers anerkannt.

### Approval of the quality management system

In 2018, PTB's self-declaration on quality management<sup>2</sup> was approved again by the users and customers of PTB's metrological services and by international teams of experts within the scope of the Metre Convention, the OIML and the national legislator.

Seit Unterzeichnung des multilateralen Abkommens des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht (CIPM-MRA<sup>1</sup>) im Oktober 1999 stellen die PTB als nationales Metrologieinstitut sowie die für spezielle Aufgaben in der Chemie designierten Institute (Bundesanstalt für Materialforschung- und Prüfung, Umweltbundesamt und Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) Partner dieses Abkommens dar. Sie vertreten rund 1600 Kalibrier- und Messmöglichkeiten und schaffen somit die Basis der

Since the Mutual Recognition Arrangement of the International Committee for Weights and Measures (CIPM-MRA<sup>1</sup>) was signed in October 1999, PTB (in its function as the National Metrology Institute) and the designated institutes for special chemistry tasks (the Federal Institute for Materials Research and Testing BAM, the Federal Environment Agency and the Federal Office of Consumer Protection and Food Safety) have been partners in this arrangement. They cover approximately 1,600 calibration and measurement capabilities and thus form the basis

nationalen metrologischen Rückführung. Im April 2018 erfolgte die diesjährige Anerkennung für das deutsche metrologische System im Rahmen der 13. EURAMET TC-Quality-Sitzung in Paris. Basis des gegenseitigen Vertrauens bilden die Offenlegung der internen QM-Prozesse auf der Basis der ISO/IEC 17 025 sowie im Bereich der Chemie zusätzlich der ISO 17 034, der Ergebnisse der internen Audits und der Vergleichsmessungen. Unterstützt wird dieser Prozess durch gegenseitige Begutachtungen (Peer-reviews) mit Vor-Ort-Besuchen. Entsprechende Reviews führten Fachexperten der nationalen Metrologieinstitute Österreichs (BEV) und der Schweiz (METAS) in den Bereichen der Härtemesstechnik und der Elektrochemie durch.

Zur Tätigkeit der PTB als Konformitätsbewertungsstelle (0102) erfolgten Peer-reviews im Rahmen der BEV-METAS-PTB-Vereinbarung zum Nachweis des QM-Systems im Sinne der ISO/IEC 17 065 im Zusammenhang mit dem neuen OIML-Zertifizierungssystem (OIML-CS)<sup>3</sup> sowie mit der Umsetzung der europäischen Richtlinien RL 2014/31/EU (Nichtselbsttätige Waagen) und RL 2014/32/EU (Messgeräterichtlinie) nach dem deutschen Mess- und Eichgesetz (MessEG). Im Ergebnis konnten die Voraussetzungen für die Teilnahme am neuen OIML-CS bzw. der bestehende EU-Notifizierungsumfang<sup>4</sup> nachgewiesen werden.

## Weiterentwicklung QM-System

Auf Grundlage einer umfassenden Analyse des bestehenden QM-Systems wurde ein Projektplan zur Weiterentwicklung des QM-Systems in Anpassung an die neuen Herausforderungen an Laboratorien entsprechend der 2017 modifizierten ISO/IEC 17 025 erarbeitet. Im ersten Schritt der Anpassung und einhergehenden Modernisierung wurden die etablierten QM-Lenkungs- und Steuerungsverfahren einem internen Diskussionsprozess unterzogen. Im Ergebnis erfolgte die Integration der neuen Aspekte des Risikomanagements als zentrales Element des fortlaufenden Verbesserungsprozesses. Künftig werden Risiken und sich ergebende Chancen der Verbesserung strukturierter analysiert, bewertet und im QM-System verfolgt werden.

of national metrological traceability. In April 2018, the German metrological system was approved within the scope of the 13<sup>th</sup> EURAMET TC Quality meeting in Paris. The disclosure of the internal QM processes based on ISO/IEC 17 025 and, in addition, in the field of chemistry, on ISO 17 034, as well as of the results of the internal audits and of the comparison measurements, form the basis of the mutual trust which has been achieved. This process is supported by peer-reviews including on-site visits. The respective reviews were carried out by experts of the National Metrology Institutes of Austria (BEV) and of Switzerland (METAS) in the fields of hardness metrology and electrical chemistry.

Peer-reviews were carried out on PTB's activity as a conformity assessment body (0102) within the scope of the BEV-METAS-PTB agreement on the documentation of the QM system within the meaning of ISO/IEC 17 065 in connection with the new OIML certification system (OIML-CS)<sup>3</sup> and with the implementation of the European Directives 2014/31/EU (non-automatic weighing instruments) and 2014/32/EU (Measuring Instruments Directive) according to the German Measures and Verification Act (MessEG). This rendered proof of the existing EU notification volume<sup>4</sup> and of the fact that the preconditions for the participation in the new OIML-CS are being fulfilled.

## Further development of the QM system

On the basis of a comprehensive analysis of the existing QM system, a project plan was elaborated to further develop the QM system by adapting it to the new requirements that are placed on laboratories in accordance with the ISO/IEC 17 025 which was modified in 2017. In the first step of adaptation and the associated modernization, the well-established QM steering and control procedures had to undergo an internal discussion process. As a result, the new aspects of risk management were integrated as a central element of the ongoing improvement process. In future, the risks and the chances which arise for an improvement will be analyzed, evaluated and pursued in the QM system in a more structured manner.

<sup>1</sup> <http://www.bipm.org/en/cipm-mra/>

<sup>2</sup> <https://www.ptb.de/cms/ptb/dokumente-der-ptb/selbsterklaerung-zum-qm.html>

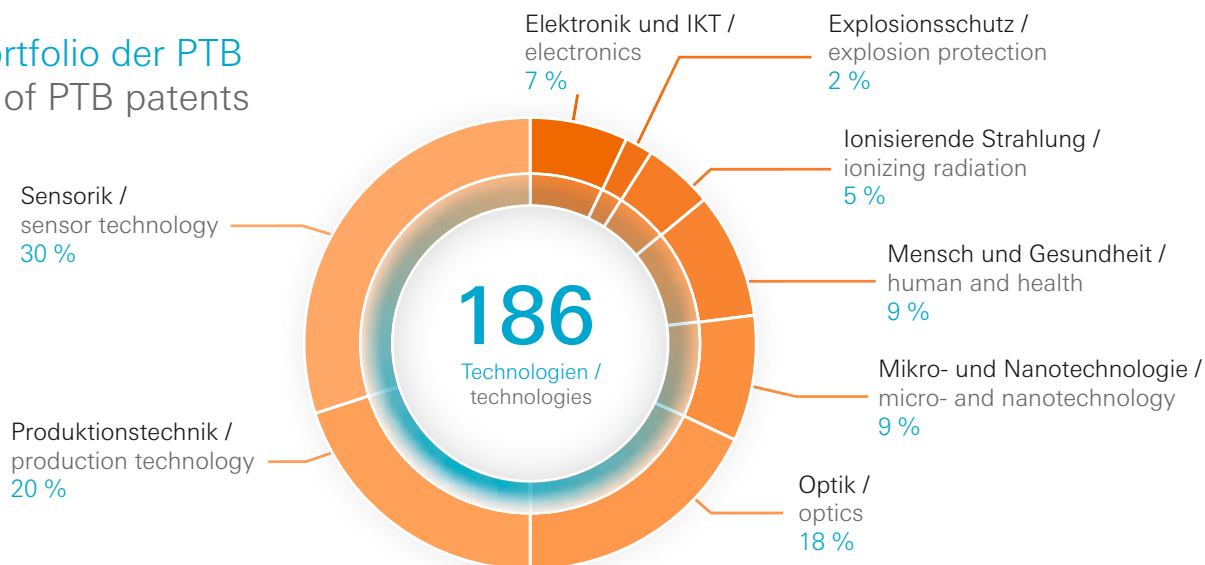
<sup>3</sup> <https://www.oiml.org/en/certificates/oiml-cs/general-information>

<sup>4</sup> <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/hando>



## Technologietransfer / Technology transfer

### Patentportfolio der PTB Portfolio of PTB patents



Portfolio der lizenzierbaren PTB-Patente und Technologien ([www.technologietransfer.ptb.de](http://www.technologietransfer.ptb.de)) /  
Portfolio of PTB patents and technologies, available for licencing ([www.technologytransfer.ptb.de](http://www.technologytransfer.ptb.de))

### Absolute Kennzahlen für Erfindungen und Lizenzen / Key indicator figures for inventions and licenses

Erfindungen 2018 / Inventions 2018	15
Patentanmeldungen 2018 / Patents 2018	12
aktive Patentvorgänge* / active patent applications*	157
Lizenzverträge akumulierte / accumulated license agreements	94
zusätzliche Einzellizenzen** / Additional individual licenses**	110

\*Patentanmeldungen und erteilte Patente der PTB / Patent applications and patents of PTB

\*\*beispielsweise Software / for example: software

### Erfolgreicher Technologietransfer durch Kooperationen

Innovative Messmethoden eröffnen in der Industrie ungeahnte Potenziale und ebnen den Weg für neue Technologien, wie z. B. im Bereich der Digitalisierung. So setzt die PTB mit gezielter Vorlauftforschung dort an, wo es in der Wirtschaft noch keine Lösungen für messtechnische Probleme gibt. Die PTB unterstützt die deutsche Industrie als kompetenter Partner, um diese neuen Technologien voranzubringen. Auf dem Weg zur Realisierung liegen jedoch viele Fallstricke. Unternehmen benötigen ein hohes Maß an Innovationsbewusstsein und andererseits die Bereitschaft, das technische und wirtschaftliche Risiko eines Entwicklungsprojektes aufzunehmen. Die PTB hat hierzu ein neues Förderinstrument entwickelt, das dieses Risiko für Unternehmen abmindert:

### Successful technology transfer through collaborations

Innovative methods of measurement are opening up unexpected potential in industry and are paving the way for new technologies, for example in the field of digitalization. PTB is therefore preparing targeted preliminary research on metrological problems for which no solution has yet been found in industry. PTB, as a competent partner, supports German industry in advancing these new technologies. However, there are many pitfalls on the road to the realization of new technologies. On the one hand, companies must be highly aware of the importance of innovations; on the other hand, they must be willing to take on the technological and economic risks of a development project. PTB has developed a new instrument of support which will reduce these risks to companies:



„TransMeT“ (*Transfer Metrologischer Technologien*) ist ein Programm der PTB zur gezielten Unterstützung des Technologietransfers in kleine und mittelständische Unternehmen (KMU). Gerade für diese Firmen ist das Entwicklungsrisiko häufig zu hoch. In den Projekten, die in einem kompetitiven Verfahren ausgewählt werden und eine Laufzeit von bis zu drei Jahren haben können, wird vorwettbewerbliche Forschung und Entwicklung zwischen der PTB und externen Partnern gefördert. Die ersten geförderten Projekte nach Initiierung von TransMeT im Jahr 2015 sind mittlerweile mit großem Erfolg abgeschlossen.

So entwickelten Akustiker in einem der TransMeT-Projekte eine neue Ultraschallmesstechnik für den praktischen Einsatz an Arbeitsplätzen. Zusammen mit einem Messverfahren ermittelt das Gerät den Lärm an luftultraschallbelasteten Arbeitsplätzen mit spezifizierter Unsicherheit. Das Messverfahren ist erfolgreich validiert worden und kann nun durch gezielten Technologietransfer in die Wirtschaft überführt werden. Dazu sucht die PTB einen Hersteller, der das Messgerät selbst herstellt und vertreibt.

Weitere Projektbeispiele sind:

- Magnetische Messtechnik: Eine magneto-optische Messtechnik zur schnellen Charakterisierung der Streufelder mikrometerskaliger magnetischer Materialien findet Anwendung in der Materialforschung und Informationstechnik und soll durch einen Projektpartner nach erfolgter Basisentwicklung im Projekt kommerzialisiert werden.
- Optische Messtechnik: Eine laseroptische Bestimmung von 3D-Geschwindigkeitskomponenten ermöglicht in großen Windkanälen rückführbare Messungen insbesondere von großen Geschwindigkeiten. Das kompakte System soll als Bezugsnorm für komplexe Strömungsbedingungen dienen und viele neue Anwendungsszenarien ermöglichen.
- 3D-Messtechnik: Durch ein kompaktes taktiles 3D-Messverfahren mit interferometrischer Positionsmessung werden feinste mechanische Strukturen mit Messunsicherheiten im unteren zweistelligen Nanometerbereich gemessen. Ein Funktionsmuster ist bereits im Einsatz.

Für 2019 sind noch weitere Lösungen für messtechnische Probleme zur Unterstützung der Industrie durch TransMeT-Projekte zu erwarten.

“TransMeT” (*Transfer Metrologischer Technologien*) is a program of PTB which is aimed to directly support the transfer of technology to small and medium-sized enterprises (SMEs). The risks associated with new developments are often too high. In the projects, which are selected in a competitive process and have terms of up to three years, pre-competitive research and development will be supported between PTB and the external partners. The first supported projects which were initiated by TransMeT in 2015 have been completed with great success since then.

For example, acoustics experts have developed a new ultrasound measuring technique in one of the TransMeT projects that can be applied in practice (i.e. at workplaces). Together with a measurement procedure, the instrument measures with specified uncertainty the noise level at workplaces which are exposed to airborne ultrasound. The measurement procedure has been successfully validated and can now be transferred to industry via targeted technology transfer. For this purpose, PTB is looking for a manufacturer who can produce the instrument and distribute it.

Further examples of projects:

- Magnetic metrology: A magneto-optical measurement technique for the rapid characterization of the stray fields of micrometer-sized magnetic materials is used in materials research and information technology and is intended to be commercialized by a project partner after the basics have been developed within the scope of a project.
- Optical metrology: A laser-optical determination of 3D speed components makes the traceable measurements in large wind canals possible, especially for high speeds. The compact system is intended to serve as a reference standard for complex flow conditions and enables many new application scenarios.
- 3D measurement technique: Diminutive mechanical structures with measurement uncertainties in the lower double-digit nanometer range can be measured by means of a compact, tactile 3D measurement procedure with interferometric position measurement. An initial model is already in use.

In 2019, further solutions can be expected for metrological problems to support industry by means of TransMeT projects.



Besucher /  
Visitors

# 19 023

Zahl der Besucher im Jahr 2018 /  
Number of visitors in 2018

Offensichtlich ist die PTB eine Reise wert. Denn auch im Jahr 2018 fanden wieder zahlreiche Besucher aus aller Welt und aus den Regionen rund um die beiden Standorte (Berlin, Braunschweig) ihren Weg in die PTB – für eine fachliche Zusammenarbeit, den metrologischen Austausch (etwa bei Seminaren, Workshops, Tagungen und Kolloquien) oder um ein grundsätzliches Informationsbedürfnis zu stillen, etwa bei der Langen Nacht der Wissenschaften in Berlin (mit über 1200 Besuchern), dem Tag der offenen Tür in Braunschweig (mit über 5000 Besuchern) oder beim allgemeinen Besuchsprogramm der Öffentlichkeitsarbeit in Braunschweig (im Jahr 2018: 84 Besuchergruppen). Insgesamt wurden 19 023 Besucher gezählt.

The numbers don't lie – PTB is worth a visit! In 2018, as in years past, PTB welcomed numerous visitors from around the world, as well as from the regions near Berlin and Braunschweig, PTB's two sites. Our visitors pursued scientific cooperation projects, exchanged metrological expertise (this refers primarily to participants in seminars, workshops, conferences and colloquia) and, among many other activities, sought out answers to fundamental questions. This refers primarily to visitors to the “Long Night of Science” (*Lange Nacht der Wissenschaften*) in Berlin with more than 1200 visitors, the “Open Day” in Braunschweig (with more than 5000 visitors) and to visitors within the scope of public relations (visits by the general public) in Braunschweig (in 2018: 84 groups). A total of 19 023 visitors were recorded.



## Verbrauchszahlen / Consumption figures

... in Braunschweig		2016	2017	2018
<b>Ressourcen / resources</b>				
elektrische Energie / electrical energy	MWh	27 700	25 200	31 200
Wärme / heat	MWh	20 300	22 300	21 400
Gas / gas	m <sup>3</sup>	19 100	21 370	11 000
Wasser / water	m <sup>3</sup>	117 000	75 000	110 500
<b>Abfälle / waste produced</b>				
haussmüllähnlich / general	t	110	87	79
recycelt / recycled	t	205	192	181
zur Beseitigung / hazardous	t	61	32	20
<b>Entsorgungskosten (ca.) / waste disposal costs (approx.)</b>				
	EUR	100 200	112 700	108 600
<b>...in Berlin</b>				
<b>Ressourcen / resources</b>				
elektrische Energie / electrical energy	MWh	8380	8510	8440
Gas / gas	m <sup>3</sup>	10 860	33 470	12 450
Wasser / water	m <sup>3</sup>	57 500	49 390	45 300
Helium, flüssig / helium, liquid	l	38 800	43 400	40 100
Stickstoff, flüssig / nitrogen, liquid	l	38 200	40 200	32 100
<b>Abfälle / waste produced</b>				
haussmüllähnlich / general	t	47	47	47
recycelt / recycled	t	65	46	118
zur Beseitigung / hazardous	t	13	9	9
<b>Entsorgungskosten (ca.) / waste disposal costs (approx.)</b>				
	EUR	11 300	7 540	8 140

# Organigramm / Organization chart

Präsidium			Präsident	Vizepräsident	Mitglied des Präsidiums	Präsidentialer Stab	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Präsident							
Prof. Dr. J. Ullrich							
Vizepräsident			Hon.-Prof. Dr. R. Schwartz		Dr. J. Stenger	Dr. A. Cypionka	Dr. Dr. J. Simon

<b>Abt. 1 - Mechanik und Akustik</b>	<b>Abt. 2 - Elektrizität</b>	<b>Abt. 3 - Chemische Physik und Explosionsschutz</b>	<b>Abt. 4 - Optik</b>	<b>Abt. 5 - Fertigungsmesstechnik</b>
Prof. h.c. Dr. F. Härtig	Hon.-Prof. Dr. U. Siegner	Dr. B. Güttler	Hon.-Prof. Dr. S. Kück	Dr. H. Bosse
FB 1.1 - Masse - Weitergabe der Einheit Dr. D. Knopf	FB 2.1 - Gleichstrom und Niederfrequenz Dr. J. Melcher	FB 3.1 - Allgemeine und Anorganische Chemie Dr. R. Stosch	FB 4.1 - Photometrie und Spektroradiometrie Dr. A. Sperling	FB 5.1 - Oberflächenmesstechnik Dr. L. Koenders
FB 1.2 - Festkörpermechanik Dr. R. Kümme	FB 2.2 - Hochfrequenz und Felder Dr. T. Schrader	FB 3.2 - Biochemie Prof. Dr. G. O'Connor	FB 4.2 - Bild- und Wellenoptik Dr. E. Buhr	FB 5.2 - Dimensionelle Nanometrologie Dr. J. Flüge
FB 1.3 - Geschwindigkeit Dr. R. Wynands	FB 2.3 - Elektrische Energiemesstechnik Dr. M. Kahmann	FB 3.3 - Physikalische Chemie Prof. Dr. R. Fernandes	FB 4.3 - Quantenoptik und Längeneinheit Dr. H. Schnatz	FB 5.3 - Koordinatenmesstechnik Dr. K. Kniel
FB 1.4 - Gase Dr. H. Többen	FB 2.4 - Quantenelektronik Dr. A. Zorin	FB 3.4 - Analytische Chemie der Gasphase Prof. Dr. V. Ebert	FB 4.4 - Zeit und Frequenz Dr. E. Peik	FB 5.4 - Interferometrie an Maßverkörperungen Dr. R. Schödel
FB 1.5 - Flüssigkeiten Dr. C. Kroner	FB 2.5 - Halbleiterphysik und Magnetismus Dr. H. W. Schumacher	FB 3.5 - Explosionsschutz in der Energietechnik Dr. D. Markus	FB 4.5 - Angewandte Radiometrie Dr. S. Winter	FB 5.5 - Wissenschaftlicher Gerätebau Dr. F. Löffler
FB 1.6 - Schall Dr. C. Koch	FB 2.6 - Elektrische Quantenmetrologie Dr. F. J. Ahlers	FB 3.6 - Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik Dr. F. Lienesch	Nachwuchsgruppe 4.01 - Metrologie für funktionale Nanosysteme Dr. S. Kroker	
FB 1.7 - Akustik und Dynamik Dr. T. Bruns		FB 3.7 - Grundlagen des Explosionsschutzes Dr. M. Beyer		
FB 1.8 - Masse - Darstellung der Einheit Dr. H. Bettin				
			QUEST Institut an der PTB  Prof. Dr. P. Schmidt	FPM Fundamentale Physik für Metrologie  Prof. Dr. A. Surzhykov

Gesamtpersonalrat  
S. Brandes

Örtlicher Personalrat Braunschweig  
W. Krien

Örtlicher Personalrat Berlin  
Dr. T. Sander-Thömmes

Gleichstellungsbeauftragte  
B. Behrens

Gesamtvertretung der Schwerbehinderten  
R. Lütge

Vertretung der Schwerbehinderten Braunschweig  
R. Lütge

Vertretung der Schwerbehinderten Berlin  
C. Aßmann

Ausschüsse

Personal	A-PE	Dr. Löffler
Investitionen	A-IV	Hon.-Prof. Dr. Schwartz
IT-Infrastruktur	A-IT	Dr. Gutbrod
Metrologische Dienstleistungen	A-MD	Hon.-Prof. Dr. Schwartz
Internationale Zusammenarbeit	A-IZ	Dr. Stenger
Qualitätsmanagement	A-QM	Dr. Stoll-Malke
Forschungsprogramme	A-FP	Dr. Stenger
Digitalisierung	PLG-D	Dr. Eichstädt



Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Nationales Metrologieinstitut

Konformitäts- bewertungsstelle	Leiter des Instituts Berlin und Vertreter des Präsidenten in Berlin Dr. G. Ulm	Qualitätsmanager  Dr. K. Stoll-Malke	Interne Revision  T. Hohlweg
Hon.-Prof. Dr. R. Schwartz			

Stand: 1. Dezember 2018

Abt. 6 - Ionisierende Strahlung	Abt. 7 - Temperatur und Synchrotronstrahlung	Abt. 8 - Medizinphysik und metrologische Informationstechnik	Abt. 9 - Gesetzliche und internationale Metrologie	Abt. Q - Querschnittsdienste	Abt. Z - Verwaltungsdienste
*Dr. J. Stenger	Dr. G. Ulm	Prof. Dr. T. Schäffter	Dr. P. Ulbig	M. Gahrens	C. Tampier
FB 6.1 - Radioaktivität	FB 7.1 - Radiometrie mit Synchrotronstrahlung	FB 8.1 - Biomedizinische Magnetresonanz	Ref 9.11 - Industrielles Messwesen	StS Q.01 - Sicherheit	Ref Z.11 - Haushalt und Beschaffung
Dr. D. Arnold	Prof. Dr. M. Richter	Dr. B. Ittermann	Dr. M. Wolf	*M. Gahrens	M. Wasmuß
FB 6.2 - Dosimetrie für Strahlentherapie u. Röntgendiagnostik	FB 7.2 - Röntgen- messtechnik mit Synchrotronstrahlung	FB 8.2 - Biosignale	DKD - Deutscher Kalibrierdienst	Ref Q.11 - Wissenschaftliche Bibliotheken	Ref Z.12 - Personal
Dr. U. Ankerhold	Dr. M. Krumrey	Dr. L. Trahms	Dr. P. Ulbig Dr. M. Czaske	Dr. J. Meier	S. Wiemann
FB 6.3 - Strahlenschutz- dosimetrie	FB 7.3 - Detektorradiometrie u. Strahlungsthermometrie	FB 8.3 - Biomedizinische Optik	FB 9.2 - Gesetzliches Messwesen und Konformitätsbewertung	Ref Q.12 - Sprachendienst	Ref Z.13 - Justizariat
Dr. A. Röttger	Dr. J. Hollandt	Prof. Dr. R. Macdonald	Dr. D. Ratschko	U. Baier-Blott	B. Tafel
FB 6.4 - Neutronenstrahlung	FB 7.4 - Temperatur	FB 8.4 - Mathema- tische Modellierung und Datenanalyse	FB 9.3 - Internationale Zusammenarbeit	G Q.2 - Technische Infrastruktur	Ref Z.14 - Organisation und Controlling
Dr. A. Zimbal	Dr. S. Rudtsch	Prof. Dr. M. Bär	Dr. M. Stoldt	G. Grüneberg-Damm	Dr. J. Jaspers
FB 6.5 - Strahlenwirkung	FB 7.5 - Wärme und Vakuum	FB 8.5 - Metrologische Informationstechnik		Ref Q.21 - Arbeits- und Objektschutz M. Frühauf	Ref Z.15 - Verwaltung Berlin
Dr. H. Rabus	Dr. K. Josten	Dr. F. Thiel		Ref Q.22 - Technischer Dienst Braunschweig B. Staab	A. Lubinus
Ref 6.71 - Betrieblicher Strahlenschutz	FB 7.6 - Kryosensorik	Nachwuchsgruppe 8.55 - Sichere und vertrauenswürdige Systeme Dr. J. Nordholz		Ref Q.23 - Werkfeuerwehr D. Schulze	Ref Z.16 - Innerer Dienst
Dr. R. Simmer	Dr. T. Schurig			Ref Q.41 - Metr ologienetze Dr. M. Gutbrod	A. Grote
	FB IB.T - Technisch- wissenschaftliche Infrastruktur Berlin			Ref Q.42 - Zeitverteilung mittels IP Dr. D. Sibold	Ref Z.17 - Ausbildung
	Dr. F. Melchert			Ref. Q.43 - Veranstaltungs-IT Dr. M. Gutbrod	B. Weihe
				Ref. Q.44 - Unterstützung Fach-IT K. Hube	Ref Z.18 - Betriebliche Fachanwendungen
				Ref. Q.45 - Hochleistungsrechnen Dr. K. H. F. Oppitz	M. Battikh

Erläuterung

Abt = Abteilung	FB = Fachbereich	Ref = Referat	*wahrgenommen durch
G = Gruppe	StS = Stabsstelle	PLG = Projektlenkungsgruppe	







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.



### **Impressum**

Herausgegeben von der  
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt  
ISNI: 0000 0001 2186 1887  
Braunschweig, April 2019

### **Anschriften der PTB**

Standort Braunschweig:  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig

Standort Berlin-Charlottenburg:  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Abbestraße 2–12  
10587 Berlin

E-Mail: [info@ptb.de](mailto:info@ptb.de)  
[www.ptb.de](http://www.ptb.de)

Druck: Quedlinburg Druck GmbH  
Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

**ISSN 0340-4366**