



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Jahresbericht 2019

Annual Report 2019



Wenn es um die Zeit und ihre Messung geht, gehört die PTB zu den ersten Adressen weltweit – und das seit den Anfängen der Atomuhrentechnologie. So feierte die Atomuhr CS1 im Jahr 2019 ihr 50-jähriges Jubiläum. Heute ist die CS1 Teil des PTB-Ensembles von vier primären Atomuhren. Und auch an den zukünftigen Atomuhren – den optischen Uhren oder den Kernuhren – wird intensiv geforscht.

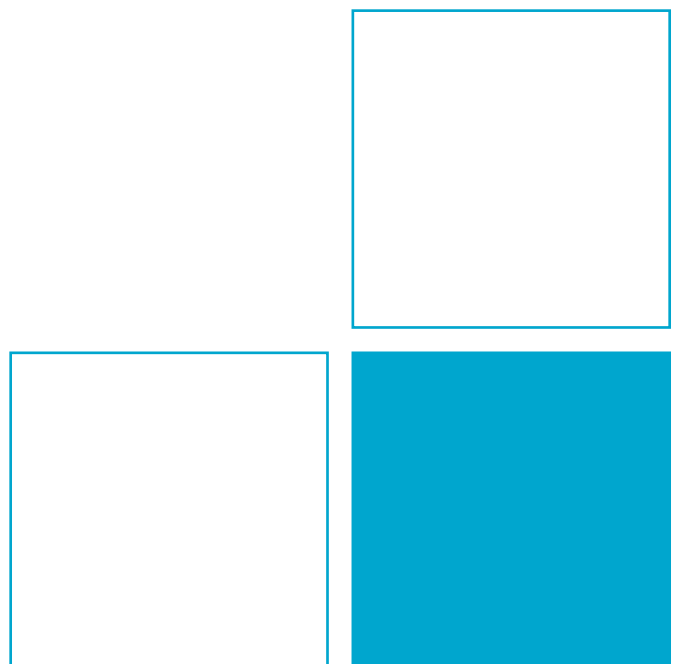
When it comes to measuring time, PTB is one of the leading institutes in the world – and has been since the beginning of atomic clock technology. The CS1 atomic clock, for example, celebrated its 50th anniversary in 2019. Today, it belongs to PTB's ensemble of four primary atomic clocks. And PTB is also intensively researching future atomic clocks – optical clocks or nuclear clocks.



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Jahresbericht 2019

Annual Report 2019



Inhaltsverzeichnis / Contents

Vorwort / Foreword	5
Chronik / Chronicle	9
Nachrichten des Jahres / News of the Year	19
Die Revision des Internationalen Einheitensystems / The revision of the International System of Units	20
Von der Definition zur Realisierung der Einheiten: die neuen „Mises en pratique“ / From defining the units to their realization: the new “mises en pratique”	21
Der Kalibrierschein wird digital / The Calibration Certificate goes digital	22
Zentrum für Unfall- und Notfallinformatik / Center for Accident and Emergency Informatics	23
Vereinbarkeit von Windenergieanlagen und Doppler-Drehfunkfeuern der Luftfahrt / Compatibility of wind turbines and Doppler VORs used in aviation	24
Europäisches Metrologie-Netzwerk für Labormedizin / European Metrology Network for Laboratory Medicine	25
Deutsch-japanische Kooperation will Antworten auf fundamentale Fragen der Physik finden / German-Japanese collaboration aims to answer fundamental physics questions	26
Kompetenzzentrum für Photovoltaik / Competence Center for Photovoltaics	27
Systematische Frequenzverschiebungen in linearen Ionenketten im Bereich von wenigen 10^{-19} erreichbar / Systematic frequency shifts in linear ion chains of a few 10^{-19} achievable	28
Mit Quantensensoren die Grenzen der Messgenauigkeit verschieben / Pushing the limits of measurement accuracy with quantum sensors	29
Test der Symmetrie der Raumzeit mit Atomuhren / Testing the symmetry of space-time by means of atomic clocks	30
Millionenförderung für Uhrenprojekt / Millions in funding for clock project	31
Implantate aus dem 3D-Drucker / Implants made with a 3D printer	32

Strahlentherapie: Methode zur 3D-Bestimmung des aktiven Volumens neuer Therapiedosimeter mit dem Microbeam etabliert / Radiation therapy: Method for the 3D characterization of active volumes of new therapy dosimeters using PTB's microbeam has been established	33
Neue primäre Methode zur Druckmessung entwickelt / New primary method for the measurement of pressure developed	34
Referenzmessverfahren zur Konzentrationsbestimmung von Viren / Reference measurement procedure to determine virus concentration	35
Maschinelles Lernen zur Qualitätssicherung in der Mammografie / Using machine learning for quality assurance in mammography	36
Quantitative Magnetresonanztomografie für verbesserte Diagnose von Herzerkrankungen / Quantitative magnetic resonance imaging for improved diagnosis of cardiac diseases	37
Internationale Zertifikate für Messgeräte / International certificates for measuring instruments	38
Veröffentlichungen und Vorträge / Publications and lectures	39
Ausgewählte Publikationen / Selected publications	40
Menschen / People	47
Sitzung des Kuratoriums der PTB / Meeting of PTB's Kuratorium (Advisory Board)	48
Neu in leitender Funktion / Newly appointed to management posts	51
Preise und Auszeichnungen / Prizes and awards	59
Ausbildung / Vocational training at PTB	66
Akademische Abschlüsse / Academic degrees	68
Zahlen und Fakten / Facts and Figures	77
Personal / Staff	78
Haushalt / Budget	80
Projektpartner der PTB / PTB's project partners	82
Normung / Standardization	83
Qualitätsmanagement / Quality management	84
Technologietransfer / Technology transfer	86
Besucher / Visitors	88
Umwelt / Environment	89
Organigramm / Organization chart	90

Vorwort

Das vergangene Jahr wird in der Geschichte der Metrologie als ein besonderes hervorstechen: als das Jahr, in dem das grundlegend revidierte Internationale Einheitensystem (SI) in Kraft getreten ist. Langwierige und höchst anspruchsvolle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten rund um die im Fokus stehenden Einheiten Kilogramm, Mol, Kelvin und Ampere haben am 20. Mai 2019 ihr Ziel erreicht. Alle diese Basiseinheiten sind fortan als Quantenmaße bestmöglich definiert. Die Wissenschaftsgemeinde hat dies auf ihre Weise gewürdigt, was zahlreiche eingeladene Vorträge auf internationalen Konferenzen und ausgezeichnete Veröffentlichungen in prominenten Fachzeitschriften belegen. An dieser Stelle mein herzlicher Dank und Glückwunsch an alle Kolleginnen und Kollegen für ihre großartige Arbeit, von den Abteilungen bis hin zur Pressearbeit, an diesem wahrlich weltumspannenden Projekt. Das Inkrafttreten des neuen SI markiert jedoch nicht nur ein erreichtes Ziel, sondern zugleich auch den Startpunkt für die nicht minder anspruchsvolle Aufgabe, diese neuen Definitionen jetzt auch mit praktischem Leben zu füllen, d. h. die Einheiten auf dieser neuen Grundlage weiterzugeben und die inhärenten Versprechen technologischer Innovationen auch einzulösen. Es liegt also noch genügend metrologische Arbeit, jetzt und auf lange Perspektive, vor uns und all unseren Partnern.

Das vergangene Jahr war nicht nur in diesem SI-Sinne eines, das weit in die Zukunft weist. Auf unserer Strategiekonferenz haben wir zugleich über die Abteilungsgrenzen hinweg gehende Themenfelder identifiziert, auf denen wir unsere metrologischen Kompetenzen nach innen und nach außen noch besser bündeln und zum Wohle von Wirtschaft und Gesellschaft verstärkt einbringen wollen. Die hier gemeinten fünf Themenfelder sind „Digitalisierung“, „Quantentechnologien“, „Medizin“, „Energie“ sowie „Umwelt und Klima“. Mit all diesen Begriffen sind Themen von enormer gesellschaftlicher Relevanz umrissen, die nahezu alle Bereiche unseres Lebens jetzt schon massiv beeinflussen und dies in Zukunft in einem noch viel stärkeren Ausmaß tun werden. Alle diese Themenfelder gehen zwar in ihrer gesamten Breite weit über die Metrologie hinaus,

Foreword

Last year will stand out in the history of metrology as a special year: as the year in which the fundamentally revised International System of Units (SI) came into force. Lengthy and highly challenging research and development work, focusing on four of the SI units (the kilogram, mole, kelvin and ampere), came to fruition on 20 May 2019. From that date on, all these base units have been defined in the best way they possibly can be: as quantum measures. The scientific community acknowledged this in its own way, as proven by numerous invited lectures at international conferences and award-winning publications in prestigious specialist journals. At this point, I would like to give my heartfelt thanks and congratulations to all of my colleagues – from the individual divisions to the press office – for the great work that they put into this truly global project. The fact that the new SI has come into force does not only signify a goal that has been achieved, it also signals the starting point of another task that is no less challenging: These new definitions now have to be filled with life in practice, meaning that the units have to be passed on using this new foundation, and the inherent promise of technological innovations also has to be kept. We and all of our partners will certainly not run out of metrological work either now or in the more distant future.

Last year did not only look well into the future as far as the SI goes. At our Strategy Conference, we also identified fields of work that go beyond the boundaries of PTB's divisions. We will better pool our metrological expertise in these fields of work both within PTB and externally, and we want to use this expertise more intensively for the good of the economy and society. The five fields of work we are referring to are “digitalization”, “quantum technologies”, “medicine”, and “energy” along with “the environment and climate”. All these terms define subjects of enormous social relevance, which already massively influence almost all parts of our lives and will do this to an even larger extent in the future. It is true that the scope of all these fields of work reaches far beyond metrology, but at the same time, these fields cannot be dealt with adequately or effectively without metrology. As a logical result of this, we are following

sind aber zugleich ohne Metrologie nicht angemessen und wirksam zu bestellen. Folgerichtig haben wir durch die Einsetzung entsprechender Lenkungskreise strukturelle Weichen gestellt, um unsere aktuellen und zukünftigen Aktivitäten auf diesen Themenfeldern besser zu koordinieren und die Anforderungen an die Metrologie herauszuarbeiten. All diese Lenkungskreise haben ihre abteilungsübergreifende Arbeit aufgenommen, wobei sie in unterschiedlichem Maße auf vorhandene, teils gut etablierte Strukturen aufbauen können. In jedem Fall werden diese „Big Five“ auf lange Sicht für die Ausrichtung der PTB-Arbeit mitbestimmend sein.

„Richtungsweisend“ ist dabei ein Stichwort, das in vielfacher Hinsicht das letzte Jahr geprägt hat. Zum Beispiel sind damit Weichenstellungen im Bereich des gesetzlichen Messwesens charakterisiert, das verstärkt auf digitalisierte und virtualisierte metrologische Dienstleistungen aufbauen wird. Insgesamt erfährt die gesamte Qualitätsinfrastruktur mit ihren Säulen Metrologie, Standardisierung und Akkreditierung weit über Deutschland hinaus einen grundlegenden Wandel, der von der PTB maßgeblich mitbeeinflusst wird. So wird zurzeit nicht nur in Deutschland an einer Agenda „*QI Digital*“ gearbeitet, sondern innerhalb der Meterkonvention das „*digitale SI*“ in einer Arbeitsgruppe unter der Leitung der PTB vorangetrieben. Dies geschieht unter anderem in enger Abstimmung mit der OIML, die durch Dr. Roman Schwartz als Präsident die Digitalisierung auf die Agenda gesetzt hat. Zwei internationale Workshops, jeweils vom CIPM und OIML ausgerichtet, werden 2020 die Weichen für die weitere Digitalisierungsagenda stellen.

Im Jahr 2019 wurde vieles für die Zukunft vorbereitet, und zugleich bot das Jahr die Gelegenheit, auf viele Erfolgsgeschichten zurückzublicken. Unsere 30-jährige Kooperation mit dem CENAM in Mexiko zählt hier ebenso dazu wie die bereits seit 40 Jahren bestehende metrologische Zusammenarbeit zwischen China und Deutschland. Ein weiteres bemerkenswertes Jubiläum konnte an der Uhr abgelesen werden, genauer: an der Atomuhr CS1, die vor 50 Jahren zu ticken begann und sozusagen das „*Quantenzeitalter der Metrologie*“ einläutete.

Diese und andere Erfolgsgeschichten wird die PTB, da bin ich sicher, weiterschreiben, weil wir auf einer Fülle von Kompetenzen und Erfahrungen aufbauen können, weil Ihr Engagement als PTB-Mitarbeiter/innen groß ist und vor allem, weil die allgemeine Erkenntnis wächst,

a route that has structural consequences for PTB. By establishing corresponding Steering Groups, we will better coordinate our current and future activities in these fields of work and find out what they require from metrology. All these Steering Groups have now taken up their cross-divisional work. While doing so, they have been able, to varying degrees, to build on existing structures that were already well established. The „*Big Five*“ will certainly be among the fields of work that will determine the routes that PTB will take in the long term.

A word that significantly shaped the past year in many ways is „*trendsetting*“. For example, it characterized the route that was taken in legal metrology, increasingly building on digitalized and virtualized metrological services. The whole field of quality infrastructure – with its pillars of metrology, standardization and accreditation – is experiencing a fundamental change that goes far beyond Germany and is significantly influenced by PTB. It is not only in Germany that work is being done on a „*QI Digital*“ agenda. Within the Metre Convention, there is a working group headed by PTB which is advancing work on the „*digital SI*“. This is, among other things, taking place in close cooperation with the OIML, whose President, Mr. Schwartz, has placed digitalization on its agenda. Two international workshops, one organized by the CIPM and the other by the OIML, will, in 2020, determine the route for the future agenda of digitalization.

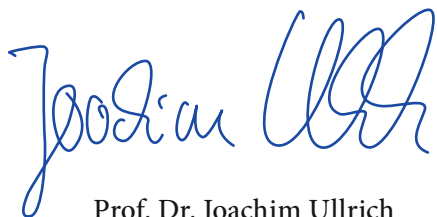
Much work was prepared for the future in 2019, and at the same time, last year gave us the opportunity to look back at many success stories. This included 30 years of cooperation with CENAM in Mexico, as well as the metrological cooperation between China and Germany that has existed for 40 years. Another noteworthy anniversary was related to telling the time, to be more precise, to telling the time with the atomic clock CS1. It began ticking 50 years ago and, so to speak, rang in the „*quantum age of metrology*“.

PTB will continue with this and other success stories, of that I am certain. This is because we are able to base our work on a wealth of expertise and experience, because our staff are highly committed and, above all, because there is a growing wider realization that, without metrology – especially in many future fields of application from 5G to hydrogen technology, autonomous driving and medicine – „*nothing will work*“.

dass ohne Metrologie, insbesondere auch in vielen zukünftigen Anwendungsfeldern von 5G über Wasserstofftechnologie bis hin zu autonomem Fahren oder Medizin „nichts geht“.

Um weiterhin, gemessen an unserer Außenwirkung, so erfolgreich zu sein, müssen wir uns auch im Inneren immer wieder hinterfragen, ob wir mit den richtigen Strukturen arbeiten, alle Dinge richtig und angemessen kommunizieren und das Wesentlichste unserer Arbeit, nämlich die Menschen, die die Arbeit machen, im Blick haben und wertschätzen. Nicht zuletzt deswegen haben wir im letzten Jahr eine umfangreiche Mitarbeiterbefragung durchgeführt, deren Ergebnisse jetzt analysiert werden und woraus sich anschließend Folgemaßnahmen ableiten lassen.

Mein herzlicher Dank geht an alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für das Geleistete im letzten Jahr, verbunden mit dem Wunsch, das fortzuführen, was erfolgreich war, und Neues ebenso engagiert zu verfolgen, um in und mit der PTB gemeinsam die Zukunft zu gestalten.



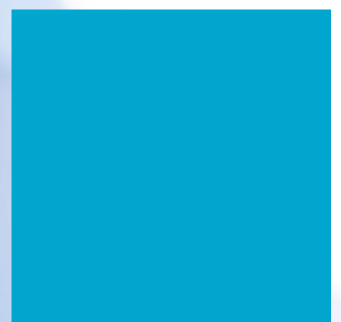
Prof. Dr. Joachim Ullrich
Präsident der PTB / President of PTB

If we want to stay as successful as reflected in our public image, we also have to frequently take a critical look inwards. Are we working with the right structures? Is everything being communicated properly and in a suitable way? Are we focusing on and do we value those who are essential to PTB – the people who actually do the work? For this very reason, we carried out an extensive staff survey last year. The results of this survey are now being analyzed. Once this has been done, we will use the results to develop follow-up measures.

My heartfelt thanks go to all of PTB's staff for last year's achievements. I sincerely hope that we will carry on doing those things that were successful and that we will remain just as committed to pursuing new things. In this way, we will all shape the future both in and with PTB.

Chronik

Chronicle



Speed-Dating im Salon Sophie Charlotte

„Maß und Messen“ stand über den geöffneten Türen der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften beim diesjährigen „Salon Sophie Charlotte“ – ein passendes Thema in dem Jahr, in dem die Neudefinitionen im Internationalen Einheitensystem in Kraft traten. Und so war die PTB prominenter Partner dieses Salons: mit der Gastgeberrolle für nicht zuletzt zwei Nobelpreisträgervorträge (Prof. Dr. Klaus von Klitzing und Prof. Dr. Wolfgang Ketterle) sowie dem Angebot eines Speed-Datings zu den sieben Basiseinheiten und einem Science Slam rund ums Messen.

Speed dating at "Salon Sophie Charlotte"

“*Maß und Messen*” (“Measures and Measuring”) stood over the open doors of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities at this year’s “Salon Sophie Charlotte” event – a fitting topic for the year in which the redefinitions in the International System of Units took effect. PTB was a prominent partner of the salon: as the host for two lectures of Nobel Prize winners (Prof. Dr. Klaus von Klitzing and Prof. Dr. Wolfgang Ketterle), for organizing speed dating on the seven base units, and for organizing a science slam about measuring.



19.1.2019

Big Five: PTB-Strategie für die großen gesellschaftlichen Themen

Die PTB reagiert auf die großen und komplexen Herausforderungen unserer Zeit mit neuen Schwerpunkten, den Big Five: Digitalisierung, Medizin, Klima & Umwelt, Quantentechnologien und Energie. Dies war das Ergebnis einer Strategiekonferenz im Februar. Mit der Einrichtung entsprechender Lenkungsreise im Laufe des Jahres hat die PTB interdisziplinäre, zukunftsorientierte Strukturen geschaffen, um abteilungsübergreifende Ansätze zur Beantwortung dieser drängenden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen zu finden.

The Big Five: PTB’s strategy for important topics of society

PTB is meeting the great and complex challenges of our time with new areas of focus: The Big Five – digitalization, medicine, climate & environment, quantum technologies, and energy. This was the result of a strategy conference in February. With the establishment of the corresponding Steering Groups over the course of the year, PTB has set up interdisciplinary, future-oriented structures to find inter-divisional answers to pressing economic and societal questions in these five areas.

11.2.2019

Veranstaltungen / Events

19.1.2019

„Salon Sophie Charlotte“ der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften
“Salon Sophie Charlotte” of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities

22.–24.1.2019

Workshops zu Quantentechnologien in Braunschweig
Workshops on quantum technologies in Braunschweig

11.–12.2.2019

PTB-interne Strategiekonferenz
PTB in-house strategy conference

Staatssekretär Nussbaum besucht Berlin-Adlershof

Der Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Dr. Ulrich Nussbaum (2. v. l.), informierte sich in Berlin-Adlershof über die Arbeiten der PTB auf dem Gebiet der Metrologie mit Synchrotronstrahlung an den Elektronenspeicherringen BESSY II und Metrology Light Source. Im Mittelpunkt der Gespräche mit PTB-Vizepräsident Dr. Roman Schwartz (links) und Prof. Dr. Bernd Rech (Mitte) vom Helmholtz-Zentrum Berlin standen die Perspektiven dieses Arbeitsgebietes an einer zukünftigen Synchrotronstrahlungsquelle BESSY III.

State Secretary Nussbaum visits Berlin-Adlershof

The State Secretary at the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Dr. Ulrich Nussbaum (second from left), took a closer look at PTB's work on metrology via synchrotron radiation at the electron storage rings BESSY II and Metrology Light Source in Berlin-Adlershof. At the center of the talks with PTB's Vice President Dr. Roman Schwartz (left) and Prof. Dr. Bernd Rech (center) from Helmholtz-Zentrum Berlin were the prospects of this field at a future BESSY III synchrotron radiation source.



28.2.2019

CIPM: Wiederwahl von Joachim Ullrich

Auf der 108. Sitzung des Internationalen Komitees für Maße und Gewichte (CIPM) wurde PTB-Präsident Prof. Dr. Joachim Ullrich in seinem Amt als Vizepräsident wiedergewählt. Das CIPM setzt sich zusammen aus 18 Vertretern der Mitgliedsstaaten der Meterkonvention und trägt global Sorge für die Vereinheitlichung der Maßeinheiten. In seiner Rolle als CIPM-Vizepräsident kann Ullrich nun für weitere vier Jahre wegweisende Impulse für die Definition und Weitergabe der Maßeinheiten geben.

CIPM: Joachim Ullrich reelected

The President of PTB, Prof. Dr. Joachim Ullrich, was reelected as the Vice President at the 108th meeting of the International Committee for Weights and Measures (CIPM). CIPM is made up of 18 representatives of the Member States of the Metre Convention and bears worldwide responsibility for the harmonization of the units of measurement. In his role as the Vice President of CIPM, Ullrich will be able to provide pathfinding impulses for the definition and dissemination of the units of measurement for four more years.

März 2019

13.3.2019

Symposium „Fundamental Constants and SI“ auf der Frühjahrstagung der DPG in Rostock
Symposium on “Fundamental Constants and SI” at the DPG Spring Conference in Rostock

28.3.2019

Zukunftstag in der PTB
Girls' Day/Boys' Day at PTB

31.3.–5.4.2019

Frühjahrstagung der DPG in Regensburg
DPG Spring Conference in Regensburg

Symposium „Fundamental Constants and New SI“

Auch auf der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Rostock war das neue Einheitensystem ein gewichtiges Thema, das im Rahmen des Symposiums „Fundamental Constants and New SI“ aufgegriffen wurde. Die eingeladenen Vortragenden waren William D. Phillips (Physik-Nobelpreisträger, NIST), Klaus von Klitzing (Physik-Nobelpreisträger, MPI Stuttgart), Jan-Theodor Janssen (NPL), Stephan Schlamminger (NIST) und Terry Quinn (ehemaliger Direktor des BIPM).

“Fundamental Constants and New SI” Symposium

The new system of units was also an important topic at the DPG Spring Conference in Rostock and was addressed at the “Fundamental Constants and New SI” Symposium. The invited lecturers were William D. Phillips (Nobel Prize in Physics, NIST), Klaus von Klitzing (Nobel Prize in Physics, MPI Stuttgart), Jan-Theodor Janssen (NPL), Stephan Schlamminger (NIST) and Terry Quinn (the former director of BIPM).



März 2019

30 Jahre Technische Zusammenarbeit mit Mexiko

Mexiko und Deutschland arbeiten seit 30 Jahren im Bereich der Metrologie und Qualität zusammen. Beim Festakt in Mexiko City würdigten Victor Lizardi Nieto, Generaldirektor des nationalen Metrologieinstituts CENAM, und PTB-Präsident Prof. Dr. Joachim Ullrich die enge Beziehung zwischen beiden Institutionen und vereinbarten deren Ausbau. Zu Gast waren internationale Experten aus Deutschland, Argentinien und Kanada sowie Repräsentanten der Regierung und aus Forschung und Industrie.

30 years of technical cooperation with Mexico

Mexico and Germany have been working together in the field of metrology and quality for 30 years now. At the celebratory event in Mexico City, Victor Lizardi Nieto, General Director of the national metrology institute CENAM, and PTB's President Prof. Dr. Joachim Ullrich honored the close ties between the two institutions and agreed to expanding collaboration. The guests were international experts from Germany, Argentina, and Canada as well as representatives from government and from research and industry.



Mai 2019

1.–5.4.2019

Hannover Messe: PTB auf dem BMWi-Stand
Hannover Messe (Hannover Trade Fair): PTB at the BMWi stand

2.–3.5.2019

EXU: Begutachtung der TU Braunschweig zur Exzellenzstrategie; PTB als Aussteller beim „Campus in motion“
EXU: Assessment of TU Braunschweig's Excellence Strategy; PTB as an exhibitor at “Campus in motion”

7.–10.5.2019

Fachmesse „Control“ in Stuttgart
“Control” trade fair in Stuttgart

Die „Junge Wissenschaft“ geht online

Eine neue Publikation ist jetzt bei der PTB beheimatet: Das Online-Journal „Junge Wissenschaft“ bietet Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, ihr wissenschaftliches Projekt, das sie vielleicht in einem Wettbewerb von „Jugend forscht“ bearbeitet haben, zu publizieren, einschließlich eines Peer-review-Prozesses. Für die Jungforscher kann dies der erste Schritt in eine wissenschaftliche Laufbahn sein, und für die PTB ist es eine besondere Form, den (natur)wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern.

The journal *Junge Wissenschaft* (“Young Researchers”) is online

PTB is now home to a new publication: The online journal *Junge Wissenschaft* (“Young Researchers”) gives pupils an opportunity to publish their scientific project which they have perhaps prepared for *Jugend forscht* (a contest for young STEM researchers), including a peer review process. For the young researchers, this could be a first step toward a scientific career and for PTB, this is a special way to promote future (natural) scientists.



10.5.2019

Kooperation mit dem Deutschen Museum

Am Weltmetrologietag des Jahres 2019, dem 20. Mai, luden das Deutsche Museum und die PTB zu einer besonderen Abendveranstaltung in München ein. Den Festvortrag hielt der Physik-Nobelpreisträger Prof. Dr. Klaus von Klitzing. Der Anlass für diesen Abend waren die Neudefinitionen im SI und eine Kooperation beider Häuser für Planung und Umsetzung einer Dauerausstellung zum Thema „Alles in Maßen – Maße für alle“. Das erste Ausstellungsobjekt, eine Siliziumkugel aus dem Avogadroprojekt, wurde mit freundlicher Unterstützung der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung vom PTB-Präsidenten an Prof. Wolfgang M. Heckl, den Generaldirektor des Deutschen Museums, übergeben.

Cooperating with the *Deutsches Museum*

On World Metrology Day 2019, 20 May, the *Deutsches Museum* and PTB invited people to attend a special evening event in Munich. The ceremonial address was held by the Nobel Prize in Physics laureate Prof. Dr. Klaus von Klitzing. The occasion for this evening was the redefinition of the SI and a cooperation project between both houses to plan and carry out a permanent exhibition on the topic of “*Alles in Maßen – Maße für alle*” (“All in good measure – measurements for everyone”). With the kind support of the Wilhelm and Else Heraeus Foundation, the first exhibit, a silicon sphere from the Avogadro project, was handed over by the President of PTB to Prof. Wolfgang M. Heckl, the General Director of the *Deutsches Museum*.

20.5.2019

8.–9.5.2019

Ausbildungsmesse „Vocatium“ in Braunschweig
“Vocatium” fair for training and studying in Braunschweig

15.–16.5.2019

Fachmesse „ZMP“ in Leipzig
“ZMP” trade fair in Leipzig

16.–17.5.2019

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

Sicherheitstechnik: 15. BAM-PTB-Kolloquium

Rund 140 Explosionsschutz-Experten besuchten das 15. BAM-PTB-Kolloquium zur chemischen und physikalischen Sicherheitstechnik in Braunschweig. Die Teilnehmer aus Universitäten und sicherheitstechnischen Institutionen, Behörden, der chemischen Industrie und von Herstellern explosionsgeschützter Produkte informierten sich in 23 Fachvorträgen und Postern über den Stand der Wissenschaft und diskutierten mit den Mitarbeitern von BAM und PTB über aktuelle Fragen aus der sicherheitstechnischen Praxis.

Safety engineering: 15th BAM-PTB Colloquium

About 140 explosion protection experts attended the 15th BAM-PTB Colloquium on chemical and physical safety engineering in Braunschweig. The participants from universities, from safety engineering institutions, from authorities, from the chemical industry, and manufacturers of explosion-protected products learned about the current state of science at 23 expert lectures and from posters and discussed current issues in safety engineering practice with employees from BAM Federal Institute for Materials Research and Testing and PTB.



21.5.2019

Richtfest des Walther-Meißner-Baus in Berlin

Walther Meißner, der Pionier der Tieftemperaturforschung, ist der Namenspatron des neuen Gebäudes auf dem historischen PTB-Gelände in Berlin-Charlottenburg. In dem hochspezialisierten Wissenschaftsbau soll unter anderem die Forschung rund um sogenannte SQUIDs stattfinden – eine Spezialität der PTB, bei der sie seit Jahrzehnten in der Forschung eine internationale Spitzenstellung einnimmt. Auch das „neue Kelvin“ bekommt hier gewissermaßen eine Heimat.

Topping-out ceremony of the Walther Meissner Building in Berlin

Walther Meissner, a pioneer of low-temperature research, is the namesake of the new building at the historic PTB site in Berlin-Charlottenburg. At the highly specialized scientific building, among other things, research is to take place on so-called “SQUIDs” – a specialty of PTB’s for which its research has held an international top position for decades. The “new kelvin” now also has a place to call home, so to speak.



28.5.2019

20.5.2019

Weltmetrologietag: Festveranstaltung im Ehrensaal des Deutschen Museums München
World Metrology Day: Ceremony in the Hall of Fame (Ehrensaal) of the Deutsches Museum in Munich

20.–22.5.2019

BAM-PTB-Kolloquium in Braunschweig
BAM-PTB colloquium in Braunschweig

21.–23.5.2019

Studentenmesse „bonding“ in Braunschweig
“Bonding” students’ fair (in Braunschweig)

PTB treibt Digitalisierung des Messwesens voran

Der Workshop „Digital Transformation of Legal Metrology“ im Institut Berlin der PTB fand mit 70 internationalen Fachleuten des gesetzlichen Messwesens statt und zog neben den europäischen Partnern auf WELMEC-Ebene auch Kolleginnen und Kollegen der OIML-Ebene an, z. B. aus Malaysia, Australien und Japan. Kernpunkt war der Fortschrittsbericht der PTB-Digitalisierungs-Initiative „European Metrology Cloud“. Durch sie wird eine metrologische Qualitätsinfrastruktur etabliert, die digitale und virtualisierte metrologische Dienstleistungen für das gesetzliche Messwesen bereitstellt. Das Ziel sind schlankere Prozesse und neue technologie- und datengestützte metrologische Dienstleistungen.

PTB presses ahead with digitalization of metrology

The “Digital Transformation of Legal Metrology” workshop at PTB in Berlin took place with 70 international experts of legal metrology and attracted not only European partners at the WELMEC level but also partners at the OIML level, e.g. from Malaysia, Australia, and Japan. The main issue was the progress report of PTB’s “European Metrology Cloud” digitalization initiative. This will establish a metrological quality infrastructure for the provision of digital and virtualized metrological services for legal metrology. The goal is to achieve streamlined processes and new technology- and data-supported metrological services.

28.5.2019

Lange Nacht der Wissenschaften in Berlin

In der Langen Nacht der Wissenschaften in Berlin nehmen alljährlich viele tausend Menschen die Gelegenheit wahr, persönlich mit Forschenden ins Gespräch zu kommen. Auch auf dem PTB-Campus in Berlin-Charlottenburg präsentierten zahlreiche Wissenschaftler ihre Arbeit. So zeigten sie unter anderem, wie sie mithilfe von Helium Arbeitstemperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt erreichen, und wie genaue Messungen von Blutzellen dem Arzt bei der Diagnose von Krankheiten helfen.

Long Night of Sciences in Berlin

Every year, several thousand people use the opportunity to talk to researchers at the annual “Long Night of Sciences” (“Lange Nacht der Wissenschaften”) in Berlin. Several scientists presented their work at the PTB’s campus in Berlin-Charlottenburg too. Among other things, they demonstrated how they achieve working temperatures close to absolute zero using helium and how precise measurements of blood cells help doctors diagnose illnesses.



15.6.2019

5.–6.6.2019

Ausbildungsmesse „Vocatium“ in Berlin
“Vocatium” fair for training and studying (in Berlin)

15.6.2019

„Lange Nacht der Wissenschaften“ in Berlin
“Long Night of the Sciences” in Berlin

15.–23.6.2019

Schülermesse „IdeenExpo“ in Hannover
“IdeenExpo” career fair for school students in Hannover

24.–27.6.2019

Fachmesse und Kongress „Sensor + Test“ in Nürnberg
“Sensor + Test” trade fair and congress in Nuremberg

IdeenExpo

Fast 400 000 überwiegend jugendliche Besucher zählte die neuntägige Schülermesse IdeenExpo, und die PTB war mit einem unterhaltsamen Angebot und zahlreichen Mitarbeitern vor Ort, um Begeisterung für Technik und Physik zu wecken. Jüngere Kinder konnten sich Massennormale basteln, während die älteren Schüler technisch anspruchsvoll mit den PTB-Azubis tüftelten. Rund herum hieß es beim Anblick großer Mengen: „Zählst du noch oder schätzt du schon?“, während sich beim Online-Quiz mit Witz allerlei Wissenswertes vermitteln ließ.

IdeenExpo

The nine-day “*IdeenExpo*” school fair attracted almost 400,000 – predominantly young – visitors, and PTB was there with an entertaining program and numerous employees to spark enthusiasm for technology and physics. Younger children built their own mass standards, while older students tinkered with technically challenging projects with PTB’s apprentices. Nearby, students who were confronted with large quantities were asked “Are you still counting or is it time to estimate?”, while over at the online quiz, all sorts of interesting facts were being taught with humor.



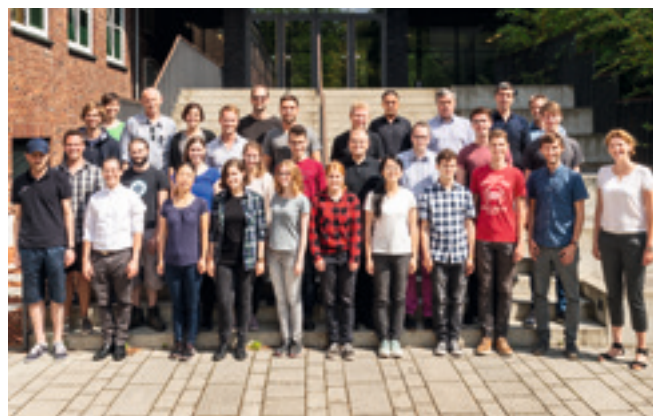
15.–23.6.2019

MetroSommer für Studierende

Forschung statt Ferien: 12 Studierende nutzten den zwei Monate langen MetroSommer der PTB. Das freiwillige Forschungspraktikum bietet jedes Jahr die Gelegenheit, Forschung der Spitzenklasse kennenzulernen. Von Akustik und Atomphysik über Elektrotechnik und Explosionsschutz bis zur Nano- und Quantentechnologie – in all diese und noch mehr Bereiche der PTB konnten die Studierenden zwei Monate lang Einblick erhalten, indem sie intensiv und gemeinsam mit hochqualifizierten Kolleginnen und Kollegen an interessanten Fragestellungen zu relevanten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aufgaben arbeiteten.

MetroSummer for students

Research instead of summer vacation: Twelve students attended PTB’s two-month “MetroSummer” program. Every year, the voluntary research internship allows students to learn about state-of-the-art research. From acoustics to atomic physics to electronics to explosion protection to nano- and quantum technology – in all these and even more fields of PTB, the students were able to get a sense of these fields by intensively handling interesting issues on relevant economic and societal tasks alongside highly qualified colleagues.



1.8.–27.9.2019

26.–27.6.2019

Fachtagung „ReMind 2019 (Biomolecules in Neurodegenerative Diseases)“ in Braunschweig
“ReMind 2019 (Biomolecules in Neurodegenerative Diseases)” expert conference in Braunschweig

1.8.–27.9.2019

MetroSommer (Forschungspraktikum in der PTB)
MetroSummer (voluntary internship at PTB for young scientists)

17.–18.8.2019

Tag der offenen Tür der Bundesregierung
German Federal Government Open Day

24.8.2019

„Tag der Ausbildung“ in Braunschweig
“Vocational Training Day” in Braunschweig

Festakt in Peking: 40 Jahre metrologische Zusammenarbeit

Was vor 40 Jahren mit umfänglicher Starthilfe begann, hat sich zur Kooperation auf Augenhöhe entwickelt: Zur 40-Jahr-Feier der metrologischen Zusammenarbeit zwischen China und Deutschland reiste eine Delegation der PTB nach Peking. Im Rahmen der Feierlichkeiten vereinbarten das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und das chinesische Staatliche Zentralamt für Marktregulierung, ihre erfolgreiche Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie fortzusetzen.

Ceremony in Peking: 40 years of metrological cooperation

What began 40 years ago – with considerable help in the beginning – has grown into cooperation as equals: A delegation from PTB traveled to the 40th anniversary celebration of metrological cooperation between China and Germany in Peking. Within the scope of the festivities, the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy and the Chinese State Administration for Market Regulation agreed to continue their successful cooperation in the field of metrology.



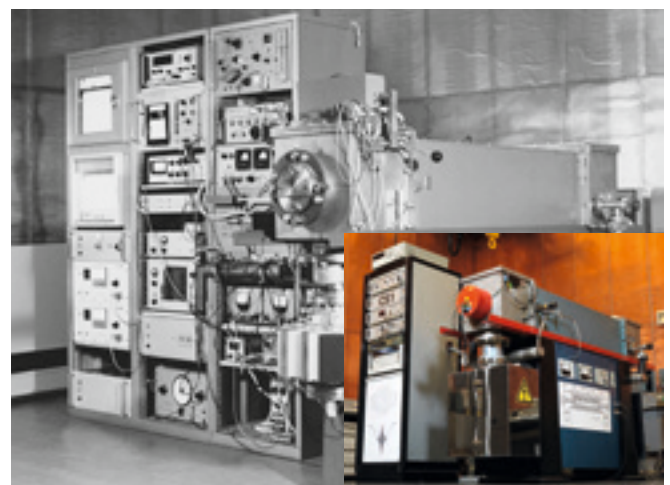
21.–23.8.2019

Die erste Cäsiumuhr der PTB wird 50

Seit nunmehr 50 Jahren tickt mit der Atomuhr CS1 ein bedeutendes Quantennormal der PTB. Im Jahr 1969 war die Uhr in der Atomuhrenhalle der PTB fertiggestellt worden. Bis 1992 waren die Sekunden von CS1 die Grundlage der gesetzlichen Zeit für Deutschland, dann wurde CS1 durch die modernere, stabilere und genauere Uhr CS2 – nach gleichem Funktionsprinzip gebaut – abgelöst. Gemeinsam mit zwei Cäsium-Fontänenuhren gehören CS1 und CS2 bis heute zum Ensemble der vier primären Atomuhren der PTB.

PTB's first caesium clock turns 50

As of now, the CS1 atomic clock – a major quantum standard of PTB – has been ticking for 50 years. The clock was completed in PTB's atomic clock hall in 1969. Until 1992, legal time in Germany was based on CS1's seconds. Then, CS1 was replaced by the CS2 atomic clock, which is more modern, more stable, and more precise and which was built using the same principle. Together with two caesium fountain clocks, CS1 and CS2 belong to the ensemble of four primary atomic clocks of PTB up to today.



1969–2019

29.9.–1.10.2019

Internationale Tagung „Kryo 2019“
in Königslutter
“Kryo 2019” international meeting
in Königslutter

1.–10.11.2019

Berlin Science Week
Berlin Science Week

14.–16.10.2019

Internationale Tagung
“NanoScale” in Braunschweig
“NanoScale” international
meeting in Braunschweig

5.–7.11.2019

Studentenmesse „bonding“
in Aachen
“Bonding” students' fair
(in Aachen)

WE-Heraeus-Symposium „Measurements at the Limit“

Wo liegen die Grenzen des Messbaren? Um diese Frage und generell um Hochpräzisionsmessungen in der Physik ging es bei dem Heraeus-Symposium „Measurements at the Limit“, zu dem die PTB in ihr Institut Berlin eingeladen hatte. Die Themenvielfalt reichte von Gravitationswellen über atomare Massebestimmungen bis zur Bestimmung von Naturkonstanten. Einer von vielen prominenten Vortragenden war der Physik-Nobelpreisträger Prof. Dr. Wolfgang Ketterle (MIT, Cambridge, USA), der zu Messungen an ultrakalten Atomen vortrug. Die Veranstaltung war in das Programm der Berlin Science Week eingebunden.

WE Heraeus Symposium “Measurements at the Limit“

Where are the boundaries of measurement? The answer to this question and high-precision measuring in physics in general were the topics at the “Measurements at the Limit” Heraeus Symposium to which PTB’s Berlin Institute had invited guests. The variety of topics ranged from gravitational waves to atomic mass determinations to determining constants of nature. One of the many famous lecturers was the Nobel Prize for Physics laureate Prof. Dr. Wolfgang Ketterle (MIT, Cambridge, USA), who spoke about the measurement of ultra-cold atoms. The event was integrated in the Berlin Science Week program.



7.11.2019

Ausgezeichneter Technologietransfer

Eine Wissenschaftlerin und drei Wissenschaftler der PTB wurden mit dem Technologietransferpreis der Industrie- und Handelskammer Braunschweig geehrt. Es war ihnen gelungen, das Know-how zur Herstellung und Handhabung hochreiner, extrem runder Siliziumkugeln an zwei mittelständische deutsche Unternehmen zu transferieren. Die Kugeln sind eine mess- und fertigungstechnische Meisterleistung und verkörpern die Maßeinheit Kilogramm.

Excellent technology transfer

Four scientists of PTB were honored with the “Technology Transfer Prize” of Braunschweig’s Chamber of Industry and Commerce. They successfully transferred the know-how for manufacturing and handling highly pure, extremely round silicon spheres to two German SMEs. The spheres are a masterpiece of metrological and production engineering work and embody the unit of measurement “kilogram”.



8.11.2019

7.11.2019

WE-Heraeus-Symposium
„Measurements at the Limit“
WE Heraeus Symposium on
“Measurements at the Limit“

8.–10.11.2019

Lehrerfortbildung
„Schule MIT Wissenschaft“
“Schule MIT Wissenschaft“
training program for teachers

19.–20.11.2019

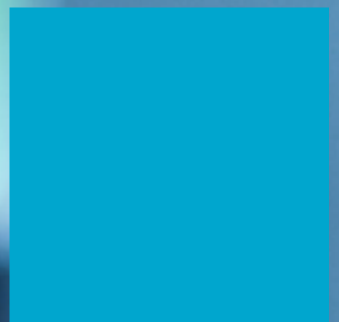
Studentenmesse „bonding“
in Berlin
“Bonding” students’ fair
(in Berlin)

21.11.2019

Vollversammlung für das
Mess- und Eichwesen
General Assembly on
Metrology and Verification

Nachrichten des Jahres

News of the Year



Die Revision des Internationalen Einheitensystems

Nach jahrelanger Forschung in den großen Metrologieinstituten hat sich die Weltgemeinschaft auf die Revision des Internationalen Einheitensystems verständigt – sie trat mit dem Weltmetrologietag am 20. Mai 2019 in Kraft. Dieser Tag markiert eine Zäsur in der Entwicklung der physikalischen und technischen Maßeinheiten, denn nun haben die Einheiten das solideste Fundament bekommen, das sich aus physikalischer Sicht überhaupt nur denken lässt: Ein Satz von Naturkonstanten mit festgelegten Werten bildet die Grundlage für ihre Definitionen. Die Idee, eine Maßeinheit auf der Basis von Naturkonstanten zu definieren, ist prinzipiell nicht neu. Was bei der Definition der Sekunde mittels Atomuhren vor 50 Jahren und bei der Definition des Meters mithilfe der Lichtgeschwindigkeit vor über 30 Jahren begonnen wurde, wird nun für alle Einheiten im Internationalen Einheitensystem fortgesetzt. Vier weitere Konstanten spielen dabei die

Hauptrollen: die Planck-Konstante h , die Avogadro-Konstante N_A , die Boltzmann-Konstante k und die Ladung des Elektrons e .

Als Vorbereitung auf die Revision des Einheitensystems hatten in den metrologischen Laboratorien in den vorangegangenen Jahren aufwendige Experimente stattgefunden, um eben diese Konstanten so gut es geht zu messen. Einstimmig beschlossen wurden die Neudefinitionen bereits auf der Generalkonferenz der Meterkonvention im November 2018 in Versailles.

The revision of the International System of Units

After years of research at the major metrology institutes, the international community has agreed on the revision of the International System of Units (SI) – this revision came into force on 20 May 2019, which was World Metrology Day. This day marked a turning point in the development of the physical and technical units of measurement, as the units have now been put on the most solid ground imaginable from a physical point of view: Their definitions are now based on a set of natural constants with defined values. In principle, the idea of defining units of measurement on the basis of natural constants is not new. What began 50 years ago with the definition of the second by means of atomic clocks, and went on 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 SI. Four other constants have now taken on the leading roles: the Planck constant h , the Avogadro constant N_A , the Boltzmann constant k and the charge of an electron e .

In preparation for the revision of the SI, extensive experiments had taken place in metrology laboratories in previous years to measure these very constants as well as possible. The redefinitions were voted for unanimously at the General Conference of the Metre Convention held in Versailles back in November 2018.

Von der Definition zur Realisierung der Einheiten: die neuen „Mises en pratique“

In Ergänzung zu der Revision des Internationalen Einheitensystems (SI) wurden auch die untersetzenden Dokumente (*Mises en pratique*) für die praktische Darstellung der SI-Einheiten an die Revision des SI angepasst und ebenfalls am 20. Mai 2019 veröffentlicht. Diese Überarbeitung stand unter dem Grundsatz, dass unter Darstellung einer SI-Einheit die definitionsgemäße Messung mittels „primärer Methoden“ zu verstehen ist und dass Einflussgrößen auf die jeweilige Messunsicherheit sowie mögliche Korrekturen aufgeführt werden müssen.

In der neuen, grundlegend überarbeiteten *Mise en pratique* für die SI-Einheit der Länge, den Meter, wurde beispielsweise der Bezug zu den primären Messgrößen erstmals klar herausgearbeitet und die erreichbare Messunsicherheit sowie die zu betrachtenden Einflussgrößen und Korrekturen benannt. Darüber hinaus fanden Methoden zur sekundären Realisierung des Meters im Bereich der Nanometrologie, die unter anderem auf den Arbeiten im Rahmen der internationalen Avogadro-Kooperation basieren, Eingang in drei Richtlinien des beratenden Komitees für die Länge.



Von 1889 bis 2019 war das Urkilogramm („Le grand k“) das Maß aller Massen, doch seit Mai 2020 basiert die Definition des Kilogramms auf der Planck-Konstante h . In der neuen *Mise en pratique* für das Kilogramm sind zwei Methoden beschrieben, die sich für die Darstellung mit Unsicherheiten von wenigen Teilen in 10^8 eignen. Hierbei handelt es sich zum einen um elektromechanische Präzisionswaagen (Kibble-Balance oder Watt-Waage) und zum anderen um Experimente, die auf der Bestimmung der Anzahl von Atomen in einkristallinem Material basieren.

From 1889 to 2019 the international prototype of the kilogram (“Le grand k“) was the measure of all masses, but since May 2020 the definition of the kilogram has been based on the Planck constant h . In the new *mise en pratique* for the kilogram, two methods are described which are capable of realizing this unit with uncertainties within a few parts in 10^8 . The first of these methods uses high-accuracy electromechanical balances (Kibble balances or watt balances) and the second one is based on experiments which focus on determining the number of atoms in single-crystals.

From defining the units to their realization: the new “mises en pratique“

In addition to the revision of the International System of Units (SI), the supporting documents (*mises en pratique*) for the practical realization of the SI units were also adapted to the revision of the SI and were published on 20 May 2019 as well. This revision was governed by the principle that “realizing an SI unit” means that the measurement is to be understood as defined by means of “primary methods”, and that influence parameters on the respective measurement uncertainty as well as possible corrections must be specified.

primary measurands was, for example, clearly developed for the first time and the achievable measurement uncertainty as well as the influence parameters and corrections to be considered were named. Furthermore, methods for the secondary realization of the meter in the field of nanometrology were included in three guidelines of the Consultative Committee for Length. These methods were based on the work carried out in the scope of the International Avogadro Cooperation Project, among other things.

In the new, fundamentally revised *mise en pratique* for the SI unit of length, the meter, the reference to the

Der Kalibrierschein wird digital

Basierend auf einem europäischen Forschungsvorhaben hat die PTB einen Digitalen Kalibrierschein (DCC) entwickelt, der alle internationalen Anforderungen an ein derartiges Dokument erfüllt. Damit ist der erste Schritt zur Umstellung von herkömmlichen papierbasierten Kalibrierscheinen hin zu maschinenlesbaren Dokumenten vollzogen. In Zukunft können alle metrologischen Informationen und zugehörigen Metadaten ohne Medienbruch fehlerfrei und allgemeinverständlich weitergegeben werden. Erste Anwendungen für Massennormale werden durch die PTB bereits realisiert.

Neben der Nutzung für digitale Kalibrierzertifikate ist die neue Vorgehensweise auch übertragbar auf beliebige andere metrologische Dokumente wie beispielsweise maschinenlesbare Konformitätsbescheinigungen oder Digitale Prüfberichte. Über geeignete Software-schnittstellen wird die in diesen Dokumenten enthaltene Information weltweit nutzbar.

Der Digitale Kalibrierschein berücksichtigt alle Anforderungen der relevanten internationalen Normen und Richtlinien und gliedert sich in vier Bereiche. Die administrativen Daten (z. B. Name des Kalibrierlabors) und die Darstellung der Kalibrierergebnisse sind dabei stark reglementiert, um eine internationale Verständlichkeit sicherzustellen. Der Abschnitt „Kommentare“ kann frei für beliebige Zusatzinformationen genutzt werden. Ein optionales PDF-Dokument stellt den Inhalt in einer für den Menschen leicht lesbaren Form dar.



Symbolbild des Digitalen Kalibrierscheins

Symbol of the Digital Calibration Certificate

The Calibration Certificate goes digital

Based on a European research project, PTB has developed a Digital Calibration Certificate (DCC) which fulfills all international requirements made on such a document. This was the first step towards a conversion from conventional paper-based calibration certificates to machine-readable documents. In future, any metrological information and associated meta data can be transmitted in a correct and generally comprehensible way without changing between different media. The first applications for mass standards are already being realized by PTB.

In addition to being applied to Digital Calibration Certificates, the new procedure can also be applied to any other metrological document, e.g. machine-readable

conformity declarations or Digital Test Reports. The information contained in these documents can be used worldwide via suitable software interfaces.

The Digital Calibration Certificate considers all requirements of the relevant international standards and guidelines and is divided into four sections. The administrative data (e.g. name of the calibration laboratory) and the presentation of the calibration results have been strictly regulated to ensure international comprehensibility. The “Comments” section can be used freely for any additional information. An optional PDF document presents the content in a human-readable form.

Zentrum für Unfall- und Notfallinformatik

Bisher werden Daten, die im Falle eines Unfalls lebensrettend sein könnten, an den verschiedensten Stellen unabhängig voneinander gespeichert. Ein zunächst auf drei Jahre angelegtes und vom Niedersächsischen Forschungsministerium sowie der VolkswagenStiftung mit 1,2 Millionen Euro gefördertes Projekt soll das ändern. Im Rahmen dieses Projektes schließen sich die Technische Universität Braunschweig, die Medizinische Hochschule Hannover und die PTB zu einem Zentrum für Unfall- und Notfallinformatik zusammen.

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines „digitalen Schlüssels“, der genau dann erzeugt wird, wenn ein Unfall passiert. Dieser Schlüssel, die International

Standard Accident Number (ISAN), ermöglicht den Rettern den Zugang zum virtuellen Notfallregister. Dort sind schon vorher alle notfallrelevanten Daten über diesen Patienten zusammengetragen worden. Aufgabe der PTB ist es, dafür zu sorgen, dass der neue Schlüssel sicher und datenschutzrechtlich unbedenklich sein wird. Dazu bringt sie ihre Erfahrung im Bereich kryptografischer Verfahren ein, die bereits Eingang in die sichere Übertragung von Kalibrier- und anderen Messdaten gefunden hat. Das Projekt gehört zum Gesamtprogramm „Big Data in den Lebenswissenschaften der Zukunft“ des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur und der VolkswagenStiftung.



Abbildung: Peter L. Reichertz-Institut für Medizinische Informatik (PLRI)

Graphic: Peter L. Reichertz Institute for Medical Informatics (PLRI)

Center for Accident and Emergency Informatics

To date, data that can be life-saving in an accident has been saved separately in different places. A project initially planned for three years and funded by the Lower Saxony Ministry of Research and the Volkswagen Foundation with a budget of 1.2 million euros intends to change this. Within the framework of this project, TU Braunschweig, MHH (Hannover Medical School) and PTB will unite to form the Center for Accident and Emergency Informatics.

The goal of the project is to develop a “digital key” that will be generated at the precise moment an accident takes place. This key, which is referred to as an inter-

national standard accident number (ISAN), will allow rescue workers to access a virtual emergency register in which all emergency-related data on a given patient has been collected in advance. PTB’s job is to ensure that the new key is secure and does not conflict with data protection law. To this end, it will contribute its experience in cryptographic processes, which has already found its way into the secure transmission of calibration data and other measurement data. This project is part of an overall program – “Big Data in the Life Sciences of the Future” – created by the Lower Saxony Ministry of Science and Culture and by the Volkswagen Foundation.

Vereinbarkeit von Windenergieanlagen und Doppler-Drehfunkfeuern der Luftfahrt

Bauvorhaben von Windenergieanlagen sind zahlreichen Genehmigungsschritten unterworfen, so z. B. auch der Frage, ob sie terrestrische Navigationseinrichtungen in der Luftfahrt stören können. Mit einem modifizierten Prognosetool lässt sich nun die Wechselwirkung von Windenergieanlagen mit Doppler-Drehfunkfeuern (DVOR) deutlich genauer bestimmen. Offensichtlich wurde deren Einfluss bei bisherigen Prognosen in der Regel überschätzt.

Das ursprünglich von der Deutschen Flugsicherung GmbH entworfene Prognosetool für DVOR wurde im Projekt „WERAN plus“ überarbeitet. Außerdem entwickelte die

PTB eine zweite Methode, die physikalisch die Felder der Sendeeinrichtung und die an Windenergieanlagen reflektierten Feldanteile phasenrichtig überlagert und daraus einen Winkelfehler ableitet. Die Ergebnisse wurden durch Messungen und elektromagnetische Vollwellensimulationen validiert. Die drohnenbasierte Messtechnik und die Simulationsmethoden wurden von der PTB gemeinsam mit den Partnern im Vorgängerprojekt WERAN entwickelt. Damit lassen sich die Einflüsse von geplanten Windenergieanlagen auf DVOR nun besser quantifizieren, sodass zukünftig mehr Anlagen genehmigt werden können.



Die fliegende Messplattform der PTB vor einer Windenergieanlage
PTB's flying measurement platform in front of a wind turbine

Compatibility of wind turbines and Doppler VORs used in aviation

Wind turbines must undergo a lengthy approval process before being constructed; this process includes examining whether they may be a disturbance to terrestrial navigation systems in aviation. A modified prognosis tool now allows the interaction between wind turbines and Doppler VHF omnidirectional radio ranges (DVORs) to be measured with significantly greater accuracy. It has become clear that the influence of this interaction was generally overestimated in previous prognoses.

The prognosis tool for DVORs, which had originally been developed by *Deutsche Flugsicherung* (the German Air Navigation service provider (ANSP)), was revised

in the “WERAN plus” project. In addition, PTB has developed a second method that physically superimposes the fields of the transmitting device and the field components reflected by wind turbines at the correct phase and derives a bearing angle error from this. The results are validated by means of measurements and electromagnetic full-wave simulations. The drone-based measurement technology and the simulation methods were developed jointly by PTB with its partners in WERAN, its predecessor project. This now makes it possible to better quantify the impact of planned wind turbines on DVORs, allowing more turbines to be approved in the future.

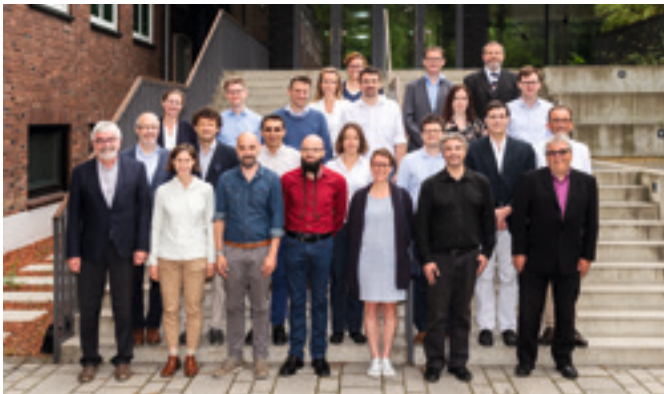
Europäisches Metrologie-Netzwerk für Labormedizin

Unter Federführung der PTB haben zwölf europäische Metrologieinstitute mit dem Aufbau einer koordinierten und serviceorientierten europäischen Metrologie-Infrastruktur im Bereich der Labormedizin begonnen: Sie gründeten unter der Verantwortung von EURAMET das Europäische Metrologie-Netzwerk „Traceability in Laboratory Medicine“¹.

Neue europäische Richtlinien wie beispielsweise die Verordnung (EU) 2017/746 stellen strengere Anforderungen an die messtechnische Rückverfolgbarkeit von In-vitro-Diagnostika. Dies erfordert eine enge grenzüberschreitende Zusammenarbeit aller beteiligten Institute untereinander sowie einen intensiven Austausch mit nationalen und internationalen Kooperationspartnern. Nur so ist es möglich, die metrologische Rückführung von Messgrößen der Labormedizin

sicherzustellen und weiter auszubauen. Hierbei müssen sowohl wirtschaftliche als auch klinische Aspekte grenzübergreifend geregelt werden. Das neu gegründete Netzwerk soll dabei als zentraler europäischer Anlaufpunkt für die Koordinierung von Dienstleistungen und Forschungsaktivitäten dienen.

Namhafte nationale und internationale Interessengruppen haben bereits ihre Bereitschaft signalisiert, das Netzwerk zu unterstützen. Hierzu zählen z. B. Referenzlaboratorien der klinischen Chemie, die ihre Infrastruktur und langjährige Erfahrung bei der Durchführung von Vergleichsmessungen zur Verfügung stellen wollen, aber auch internationale Organisationen (IFCC, JCTLM, BIPM), mit denen bereits die ersten Schritte für ein gemeinsames koordiniertes Vorgehen abgestimmt wurden.



Teilnehmer des Kick-Off-Meetings zum Europäischen Metrologie-Netzwerk „Traceability in Laboratory Medicine“ in der PTB im Juni 2019

The participants of the European Metrology Network “Traceability in Laboratory Medicine” kick-off meeting at PTB in June 2019

European Metrology Network for Laboratory Medicine

Under the auspices of PTB, twelve European metrology institutes have begun establishing a coordinated and service-oriented European infrastructure for metrology in the field of laboratory medicine: Under EURAMET’s responsibility, they founded the European Metrology Network “Traceability in Laboratory Medicine”¹.

New European directives such as Ordinance (EU) 2017/746 place stricter demands on the metrological traceability of *in vitro* diagnostics. This requires a close, transnational collaboration of all the participating institutes among each other and intensive communication with national and international cooperation partners. This is the only way to secure and further expand the metrological traceability of laboratory medicine

measurands. For this, both economic and clinical aspects must be regulated across borders. The newly founded network is to serve as a central contact point to coordinate services and research activities.

Renowned national and international interest groups have already signaled their willingness to support the network. These include, for example, clinical chemistry reference laboratories that are prepared to make their infrastructure and long-term experience available for carrying out comparison measurements, but also international organizations (IFCC, JCTLM, BIPM) with which the initial steps toward shared coordination have already been agreed.

¹ www.euramet.org/laboratory-medicine

Deutsch-japanische Kooperation will Antworten auf fundamentale Fragen der Physik finden

Mit einer feierlichen Zeremonie in Tokio ging am 8. April eine Forschungsk Kooperation an den Start, die sich fundamentalen Fragen der Physik widmen wird. Die Partner sind das japanische Forschungsinstitut RIKEN, zwei Max-Planck-Institute und die PTB. Die drei Partner finanzieren das auf fünf Jahre angelegte Zentrum jeweils zu gleichen Teilen mit insgesamt ca. 7,5 Mio. Euro.

In dem MPG-PTB-RIKEN-Zentrum arbeiten weltweit führende experimentelle Gruppen aus der Atom- und Kernphysik, der Antimaterieforschung, der Quantenoptik und der Metrologie eng zusammen, um mit ihren ultrapräzisen Apparaturen die Zeit und Naturkonstan-

ten noch genauer zu messen. Eine dieser Fragen lautet, ob Naturkonstanten wirklich konstant sind oder sich eventuell mit der Zeit um winzige Beträge verändern. Eine andere Frage betrifft die feinen Unterschiede in den Eigenschaften von Materie und Antimaterie (außer der umgekehrten Ladung), die sich bisher nicht gezeigt haben, obwohl es sie eigentlich geben muss. Sonst bestünde das Universum praktisch aus reiner Strahlung, da sich die im Urknall in gleicher Menge entstandenen Materie- und Antimaterie-Teilchen vernichtet hätten. Eng verbunden mit diesem Test fundamentaler Symmetrien ist die Suche nach „neuer Physik“ jenseits des Standardmodells der Elementarteilchenphysik.

Es freuen sich über die Eröffnung des MPG-PTB-RIKEN-Zentrums (von links nach rechts): Prof. Dr. Martin Stratmann (Präsident der MPG), Prof. Dr. Joachim Ullrich (Präsident der PTB) und Prof. Dr. Motoko Kotani (RIKEN Executive Director for International Affairs).

(From left to right): Prof. Dr. Martin Stratmann (President of MPG), Prof. Dr. Joachim Ullrich (President of PTB), and Prof. Dr. Motoko Kotani (RIKEN's Executive Director for International Affairs) are pleased with the opening of the center.



German-Japanese collaboration aims to answer fundamental physics questions

A festive ceremony in Tokyo on 8 April marked the launch of research collaboration which will be dedicated to fundamental questions in physics. The partners are the Japanese research institute RIKEN, two Max Planck Institutes, and PTB. The three partners are financing the center, which is planned for a runtime of five years, equally with a total of approximately 7.5 million euros.

At this center (which is called the MPG-PTB-RIKEN Center), world-leading experimental groups stemming from atomic and nuclear physics, from antimatter research, from quantum optics and from metrology work closely together to measure time and the natural constants even more precisely with their ultra-precise

apparatus. One of the open questions is whether the natural constants really are constant or whether they might change with time to a minute degree. Another open question concerns the subtle differences between the characteristics of matter and of anti-matter. Although they have not been observed yet, they must, in principle, exist. Because otherwise, the universe would practically be made up of pure radiation since the matter and anti-matter particles which were created (in equal amounts) in the Big Bang would have destroyed themselves. Closely related to this test of fundamental symmetries is the search for “new physics” beyond the standard model of elementary particle physics.

Kompetenzzentrum für Photovoltaik

Da die Photovoltaik (PV) eine tragende Säule der zukünftigen Energieversorgung Deutschlands ist, hat die PTB im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung Mittel für den Aufbau eines Kompetenzzentrum PV-Metrologie beantragt. Mit der Genehmigung von 3,5 Millionen Euro wird die PTB jetzt in die Lage versetzt, eine einmalige Infrastruktur aus Labor- und Freifeldkalibrierverfahren mit weltweit geringsten Messunsicherheiten aufzubauen und so die Energiewende metrologisch abzusichern. Deutsche Firmen, die teilweise auf dem Weltmarkt führend sind, werden hier in den Bereichen Kalibrierdienstleistung und PV-Messtechnik Unterstützung finden. Bereits jetzt nimmt die PTB bei der Solarzellenkalibrierung eine weltweit führende Position ein. Durch das Kompetenzzentrum PV-Metrologie kommt der Bereich Solarmodule hinzu. Er umfasst die notwendigen Parameter für eine umfassende Kalibrierung bezüglich aller ertragsrelevanten Einflussgrößen.

Für die Ermittlung des Normjahresertrags von PV-Anlagen muss der Einfluss verschiedenster Umgebungsbedingungen auf den Ertrag von Solarmodulen bestimmt werden. Die PTB konzentriert sich dabei auf die schwierig zu bestimmenden Größen STC-Leistung, Winkelabhängigkeit, Abhängigkeit vom Spektrum und Windgeschwindigkeitsabhängigkeit der Solarmodultemperatur. Hierfür werden Referenzmessplätze für Solarmodule aufgebaut, die es ermöglichen sollen, mit der weltweit geringsten Messunsicherheit alle nach Norm zu bestimmenden Eigenschaften von Referenzsolarmodulen hochgenau zu ermitteln.



Competence Center for Photovoltaics

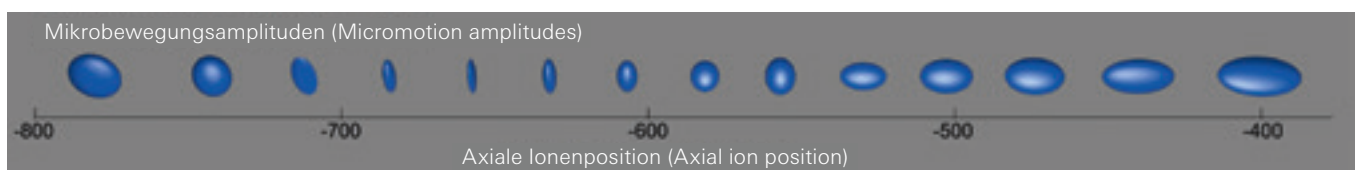
Because photovoltaics (PV) is a key element of Germany's future energy supply, PTB has applied for funds for the construction of a competence center for PV metrology within the scope of the German Federal Government's 7th Energy Research Programme. Approval of 3.5 million euros has enabled PTB to establish a unique infrastructure of laboratory and field calibration procedures with the lowest measurement uncertainties in the world and thus to metrologically ensure the success of the *Energiewende* (energy transition). In this context, German companies, some of whom are international leaders, will find support in the fields of calibration services and PV measurement technology. In solar cell calibration, PTB has already occupied the leading position worldwide – the competence center for PV metrology will expand this position to include solar modules. This will include the parameters necessary for a comprehensive calibration regarding all influence quantities that are relevant to energy yields.

In order to define the standard annual yield of PV systems, the influence of a wide range of testing conditions on the output of solar modules must be determined. Here, PTB is focused on difficult-to-define quantities: STC power, angular dependence, dependence of the spectrum and wind-speed dependency of the solar module temperature. To this end, reference measurement facilities for solar energy are being set up; with the lowest measurement uncertainty worldwide and with extremely high precision, these facilities will define all the properties of reference solar modules that must be determined in accordance with standards.

Systematische Frequenzverschiebungen in linearen Ionenketten im Bereich von wenigen 10^{-19} erreichbar

Gefangene Ionen sind Grundlage einiger der derzeit genauesten optischen Atomuhren, da sie eine exzellente Kontrolle über systematische Frequenzverschiebungen bieten. Um praktischen Nutzen aus weiteren Verringerungen der Frequenzunsicherheit zu ziehen, muss die nächste Generation von Ionenuhren jedoch auch die benötigten Mittelungszeiten verringern. Forscher am *QUEST-Institut* der PTB konnten zeigen, dass der hierfür nötige Schritt von einem zu mehreren Uhren keinen Widerspruch zu geringeren Frequenzunsicherheiten darstellt. Möglich wurde dies durch eigens an der PTB entwickelten Präzisions-Ionenfallen,

in denen relative systematische Unsicherheiten von wenigen 10^{-19} erreicht werden können. Unter anderem wurde mit einem neuen zeit- und orts aufgelösten Messverfahren die Bewegung der gespeicherten Ionen mit Nanometer-Auflösung vermessen und gezeigt, dass auch die durch Mikrobewegung induzierten Frequenzverschiebungen für alle Ionen im Sub-mHz-Bereich gehalten werden können. Die Ergebnisse öffnen den Weg für neuartige Ionenuhrenkonzepte wie den Einsatz von verschränkten Quantenzuständen und den gleichzeitigen Betrieb von mehreren Uhren auf einem Chip.



Visualisierung der simultan gemessenen Mikrobewegung in einem ca. 400 μm langen Kristall aus 14 gefangenen Ytterbium-Ionen. Mit einer neu entwickelten Präzisionsfalle konnte die resultierende Zeitdilatation auf Frequenzverschiebungen unter 10^{-19} reduziert werden.

Visualization of the simultaneously measured micromotion amplitudes in a crystal of 14 trapped ytterbium ions spanning a length of approx. 400 μm . Within a recently developed high-precision ion trap, it was possible to reduce the resulting time dilation shift to less than 10^{-19} .

Systematic frequency shifts in linear ion chains of a few 10^{-19} achievable

Some of the currently most accurate optical clocks are based on trapped ions since they allow excellent control over systematic frequency shifts. To benefit from further reductions in the frequency uncertainty in practice, the averaging times of the next generation of trapped-ion clocks will, however, also have to be reduced. Researchers at the *QUEST Institute* of PTB have succeeded in demonstrating that taking the step from one to several trapped ions in a clock is not contradictory to lower frequency uncertainties. Taking this step has become possible thanks to precision ion traps that were developed at PTB and allow relative systematic

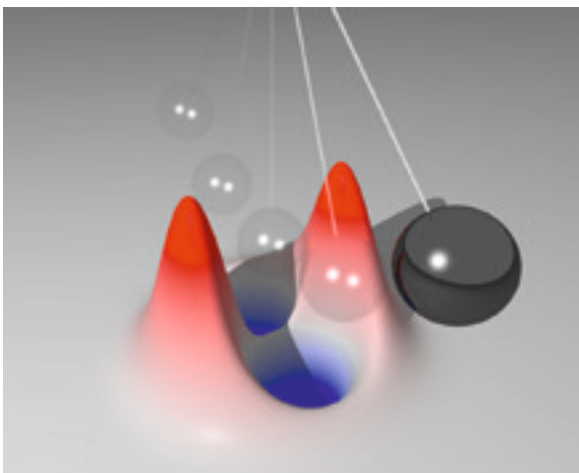
uncertainties of a few 10^{-19} to be achieved. Among other investigations, the micromotion of trapped ions was measured with nanometer resolution using a novel temporally and spatially resolved detection method. With this new method, the researchers were able to show that the micromotion-induced frequency shifts of every individual ion inside a linear crystal can be kept in the sub-mHz range. The results open up the path for novel ion clock concepts such as the use of entangled quantum states and the simultaneous operation of several clocks on a single chip.

Mit Quantensensoren die Grenzen der Messgenauigkeit verschieben

Quantensensoren können Empfindlichkeiten erreichen, die nach den Gesetzen der klassischen Physik, wie wir sie aus unserem Alltag kennen, nicht möglich sind. Sie werden nur erreichbar, wenn man in die Welt der Quantenmechanik mit ihren faszinierenden Eigenschaften eintaucht – wie etwa dem Phänomen der Superposition, wonach Dinge an zwei Orten gleichzeitig sein können oder ein Atom zu einem Zeitpunkt zwei unterschiedliche Energieniveaus einnehmen kann.

Wissenschaftler des *QUEST-Instituts* haben zusammen mit Kollegen des Instituts für theoretische Physik der Leibniz Universität Hannover sowie Kollegen des nationalen Instituts für Optik in Florenz eine Methode

entwickelt, die quantenmechanische Zustände ausnutzt, um zwei Messgrößen genauer bestimmen zu können, als es klassische Zustände erlauben. Das ermöglicht hochpräzise spektroskopische Untersuchungen an Molekülen, über die eine mögliche Wechselwirkung zwischen herkömmlicher und dunkler Materie erforscht werden kann. Das erstmalig demonstrierte Messprinzip könnte auch in optischen Interferometern wie zum Beispiel Gravitationswellendetektoren die Auflösung verbessern und damit tiefere Einblicke in die Frühzeit des Universums ermöglichen. Über ihre Ergebnisse berichteten sie in der Fachzeitschrift *Nature Communications*.



Das Experiment kann als die quantenmechanische Version eines Fadenpendels veranschaulicht werden. Die beiden optimierten Messgrößen sind in diesem Fall die maximale Auslenkung und die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde des Pendels. Das Pendel wurde dabei durch ein einzelnes Magnesium-Ion realisiert, das in einer Ionenfalle eingeschlossen wurde.

The experiment can be visualized as the quantum-mechanical version of a simple pendulum. In this case, the pendulum's maximum deflection and number of oscillations per second are the two optimized measurands. Here, the pendulum has been realized via a single magnesium ion trapped in an ion trap.

Pushing the limits of measurement accuracy with quantum sensors

Quantum sensors can reach sensitivity levels that are impossible to reach according to the laws of classical physics we know from our everyday lives. Such sensitivity levels can only be reached if we delve into the world of quantum mechanics with all of its fascinating characteristics. One such characteristic is the phenomenon of superposition, which states that objects can be in two places at once and that an atom can occupy two different energy levels at the same time.

Scientists at PTB's *QUEST Institute* and at Leibniz Universität Hannover, together with researchers at the Institute for Theoretical Physics at Leibniz Universität Hannover and at the National Institute of Optics in

Florence, Italy, have developed a method that exploits quantum-mechanical states to determine two quantities more accurately than classical states allow. In this way, high-precision spectroscopic investigations performed on molecules can be used to investigate a possible interaction between conventional and dark matter. This measurement principle, which has been demonstrated for the first time, could also improve the resolution in optical interferometers such as gravitational wave detectors, thus enabling deeper insight into the early days of the universe. They have reported on their findings in *Nature Communications*.

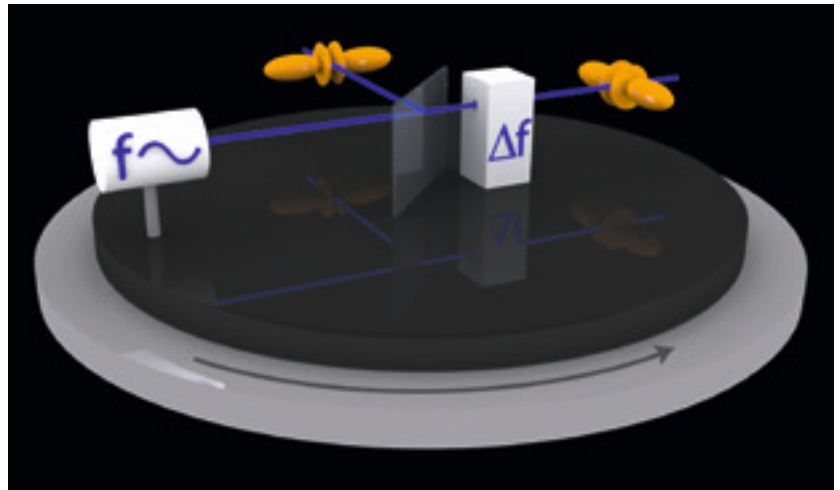
Test der Symmetrie der Raumzeit mit Atomuhren

Mit einem Langzeitvergleich zweier optischer Ytterbiumuhren konnte die Grundannahme der Einstein'schen Relativitätstheorie bestätigt werden, dass die Lichtgeschwindigkeit immer und unter allen Bedingungen gleich sei. Diese Gleichförmigkeit der Raumzeit könnte nämlich nach theoretischen Modellen der Quantengravitation für Teilchen nicht gelten. Mit den verwendeten Atomuhren, die innerhalb von zehn Milliarden Jahren nur eine einzige Sekunde falsch gehen, hätten auch extrem kleine Abweichungen in der Bewegung der Elektronen des Ytterbiums gemessen werden können.

Doch sie maßen keine Veränderung für unterschiedliche Ausrichtungen der Uhren im Raum. Damit ist die bisherige experimentelle Grenze für den Test der Raumzeit-Symmetrie um das Hundertfache verschärft worden. Zudem wurde die extrem geringe systematische Messunsicherheit der optischen Ytterbiumuhren von weniger als $4 \cdot 10^{-18}$ bestätigt. Seine Ergebnisse hat das Team aus Physikern der PTB und der Universität Delaware (USA) in der Zeitschrift *Nature* veröffentlicht.

Experimentaufbau in der PTB: Ein abstimmbarer Laser regte eine äußerst schmalbandige Resonanz eines Yb^+ -Ions in einer Atomuhr an. Zwei Ionen mit senkrecht zueinander ausgerichteten Wellenfunktionen (in der Abbildung gelb) wurden mit Laserlicht mit einer einstellbaren Frequenzverschiebung Δf abgefragt, um eine möglicherweise auftretende Frequenzdifferenz zu messen. Der gesamte Experimentaufbau rotierte mit der Erde einmal am Tag relativ zum Fixsternhimmel.

The experimental setup at PTB: A tunable laser excited an extremely narrow-band resonance in an Yb^+ ion of an atomic clock. Two ions with wave functions (yellow in the figure) that are oriented at right angles were interrogated by means of laser light with an adjustable frequency shift Δf to measure a possible frequency difference. The whole experimental setup rotated together with the Earth once a day relative to the fixed stars.



Testing the symmetry of space-time by means of atomic clocks

A long-term comparison of two optical ytterbium clocks has confirmed the fundamental hypothesis of Einstein's Theory of Relativity according to which the speed of light is always the same, no matter what the conditions are. According to theoretical models of quantum gravitation, this uniformity of space-time may not apply to particles. With the atomic clocks used, whose error amounts to only one second in ten billion years, it would have been possible to measure even extremely small deviations of the movement of the electrons in

ytterbium. But the scientists did not detect any change when the clocks were oriented differently in space. Due to this result, the current limit for testing the space-time symmetry by means of experiments has been drastically improved by a factor of 100. In addition to this, the extremely small systematic measurement uncertainty of the optical ytterbium clocks of less than $4 \cdot 10^{-18}$ has been confirmed. The team consisting of physicists from PTB and from the University of Delaware published its results in the scientific journal "Nature".

Millionenförderung für Uhrenprojekt

Für die Entwicklung einer völlig neuen Atomuhr, der Thorium-Kernuhr, haben PTB-Forscher zusammen mit internationalen Kollegen einen prestigeträchtigen Synergy Grant des europäischen Forschungsrates ERC eingeworben. Eine Thorium-Kernuhr könnte noch einmal deutlich genauer sein als alle bisherigen Cäsium- und auch die optischen Atomuhren. Denn bei bisherigen Atomuhren „tickt“ sozusagen die Atomhülle, bei der Thoriumuhr dagegen der Atomkern. Weil im Atomkern die Protonen und Neutronen wesentlich dichter gepackt und fester gebunden sind als die Elektronen in der Außenhülle, verspricht eine Kernuhr eine deutlich höhere Genauigkeit als bisherige Atomuhren. Das bringt Vorteile für die Anwendungen präziser Zeit- und Frequenzmessung, aber auch für physikalische

Grundlagenforschung. Nachdem das internationale Forschungskonsortium mit mehreren Veröffentlichungen bereits gezeigt hat, dass eine solche Uhr grundsätzlich realisierbar ist, zeigt nun der europäische Forschungsrat sein Vertrauen in das Projekt, indem er es mit insgesamt 13,8 Millionen Euro fördert. An dem interdisziplinären und internationalen Projekt „Thorium Nuclear Clock“ sind neben der PTB Wissenschaftler aus Wien, München, Delaware (USA), Heidelberg und Aachen beteiligt.



Künstlerische Darstellung einer Kernuhr, die auf einem Übergang im Atomkern des schweren Thorium-229 basiert. In der Uhr soll der Kern durch Laserlicht angeregt werden. Im Hintergrund: Ausschnitt aus der Nuklidkarte um Thorium-229. (Abbildung: Christoph Düllmann, JGU Mainz)

Stylized representation of a nuclear clock based on a transition in the atomic nucleus of heavy thorium-229. The principle of this clock consists in exciting the nucleus with laser light. In the background: Section of the table of nuclides around thorium-229. (Source of picture: Christoph Düllmann, JGU Mainz)

Millions in funding for clock project

PTB's researchers, together with international colleagues, have secured a prestigious Synergy Grant from the European Research Council (ERC) for the development of an entirely new atomic clock – the thorium nuclear clock. A thorium nuclear clock could be significantly more accurate than all the previous caesium clocks and – also – than all the previous optical atomic clocks. In atomic clocks as we have known them, it is the atomic shell that “ticks”, whereas this is done by the atomic nucleus in thorium clocks. As inside the atomic nucleus, the protons and neutrons are packed together much more tightly and are more strongly bonded than the electrons in the outer shell, a clock based on the atomic nucleus is much more promising in terms of accuracy than previous atomic clocks. That entails advantages

for high-precision time and frequency measurement applications and for fundamental physics research. Now that the international research consortium has already shown in several publications that such a clock is, in principle, feasible, the European Research Council has demonstrated its confidence in the project by providing it with funds amounting to a total of 13.8 million euros. In addition to researchers from the PTB, scientists from Vienna, Munich, Delaware (USA), Heidelberg and Aachen are participating in the interdisciplinary and international “Thorium Nuclear Clock” project.

Implantate aus dem 3D-Drucker

Die Medizin setzt große Hoffnungen auf Implantate und Hilfsmittel, die für jeden individuellen Patienten spezifisch angefertigt werden. Sie können in fast beliebig komplexen Formen über additive Fertigung (3D-Druck) produziert werden. Vor ihrem breiten Einsatz fordern Medizinbranche und Zertifizierungsstellen den Nachweis gleichbleibend hoher Qualität. Im Rahmen des europäischen Projekts MetAMMI hat die PTB Grundlagen für die Qualitätskontrolle geschaffen.

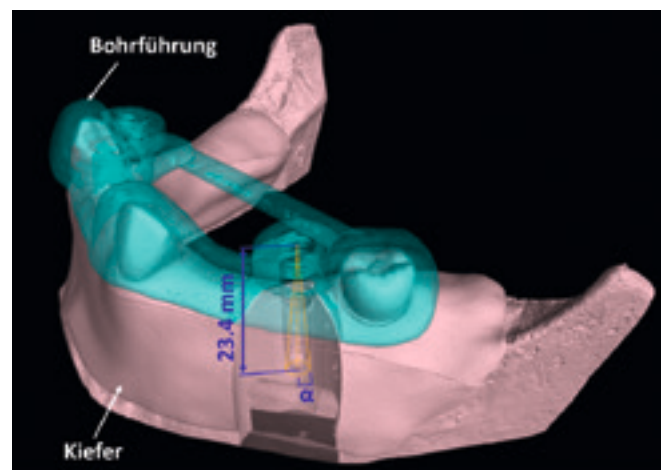
Um herauszufinden, wie vertrauenswürdig medizinische Implantate und Hilfsmittel aus dem 3D-Drucker sind, wurden Testobjekte aus verschiedenen Materialien und mit unterschiedlichen Verfahren hergestellt und eingehend untersucht: Implantate, medizinische Führungen und Objekte mit Regelgeometrien. Getestet wurde zum Beispiel eine additiv gefertigte Dentalbohrführung zum Bohren von Löchern für Zahnimplantate. Solche Führungen sollen bei Eingriffen eine Schädigung benachbarter Zahnwurzeln oder des Nervengewebes vermeiden.

Implants made with a 3D printer

Medicine is placing high expectations on implants and auxiliary materials that are manufactured specifically for each individual patient. Nearly any complex shape can be produced by means of additive manufacturing (3D printing). Before starting to use such implants widely, the medical sector and certification bodies demand proof of the fact that their high quality is matched and will remain stable over time. Within the scope of a European project, MetAMMI, PTB has provided the basis for the quality control of medical implants.

To find out how reliable medical implants and auxiliary materials from a 3D printer really are, specimens (implants, medical guides and regular-geometry objects) made of various materials and using various procedures were produced and thoroughly examined. One of the tests consisted in investigating a dental drilling guide produced by additive manufacturing for the drilling of holes to fit dental implants. Such guides are used in such surgical interventions to prevent adjacent dental roots or nervous tissue from being damaged. In cooperation with a dental surgery, medical physicists and

In Zusammenarbeit mit einer Zahnarztpraxis, Medizinphysikern sowie Zahntechnikern wurden mehrere additiv gefertigte Dentalbohrführungen genutzt, um Löcher für Implantate in realitätsnahe künstliche Kiefermodelle zu bohren. Anschließend wurden die Bohrtiefe und der Bohrwinkel mithilfe industrieller Computertomografie bestimmt. Die Tiefe der Bohrungen unterschied sich um weniger als 2 mm, die Bohrwinkel um weniger als 6°. Bei so kleinen Abweichungen ist keine Schädigung der Patienten zu erwarten.



Additiv gefertigte Dentalbohrführung zum Bohren von Löchern für Zahnimplantate in künstliche Kiefermodelle mit nur wenigen Stützzähnen. Bohrwinkel α und Bohrtiefe wurden mit Computertomografie gemessen.

Dental drilling guide produced by additive manufacturing for the drilling of holes to fit dental implants into artificial jaw models with only few abutment teeth. The drilling angle α and the drilling depth were measured by means of computed tomography.

dental technicians, several dental drilling guides produced by additive manufacturing were used to drill holes for implants into lifelike artificial jaw models. Subsequently, the drilling depth and the drilling angle were determined by means of industrial computed tomography. The results have shown that the drilling depth differed by less than 2 mm, and the drilling angles by less than 6°. If the deviations are kept that small, no physical damage to the patient is to be expected.

Strahlentherapie: Methode zur 3D-Bestimmung des aktiven Volumens neuer Therapiedosimeter mit dem Microbeam etabliert

Fortschritte in der Strahlentherapie ermöglichen es immer besser, auch kleine Tumore gezielt zu bestrahlen und das umgebende Gewebe zu schonen. Für diese Präzisionsaufgabe werden Bestrahlungsgeräte und -pläne vor ihrem Einsatz mit Therapiedosimetern messtechnisch überprüft. Neue, sehr kleine dafür geeignete Dosimeter standen im Fokus der PTB-Forschung: Gemeinsam mit der Universität Oldenburg und der PTW-Freiburg GmbH hat die PTB eine Methode zur Charakterisierung des dreidimensionalen aktiven Volumens dieser Festkörper-Dosimetriedetektoren entwickelt und veröffentlicht.

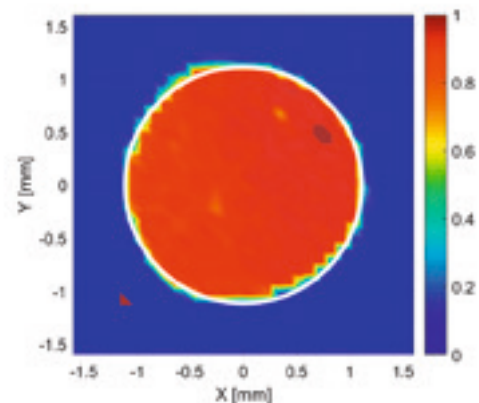
Die Methode wurde mithilfe von 10-MeV-Protonen an der PTB-Microbeam-Anlage etabliert. Untersucht wurden drei Detektoren von PTW: der neue microSilicon-Detektor, der microDiamond- und der Diode

Radiation therapy: Method for the 3D characterization of active volumes of new therapy dosimeters using PTB's microbeam has been established

Advances in radiation therapy are leading to ever better ways to irradiate even small tumors precisely and to spare the surrounding tissue. For this highly exact task, radiation devices and radiation plans are metrologically verified by means of therapy dosimeters before use on patients. New, very small dosimeters which are appropriate for this application were at the focus of PTB's research: Together with the University of Oldenburg and the PTW-Freiburg GmbH company, PTB has developed and published a method to characterize the three-dimensional active volume of these solid-state dosimetry detectors.

The method was established at PTB's microbeam facility using 10 MeV protons. Three of PTW's detectors were studied: the new microSilicon detector, the microDiamond detector, and the Diode E detector. The detailed measurements provided effective geometric data which serve as the basis for Monte Carlo simulations. Using this type of simulations, among other things, correction factors can be determined which must be taken

E-Detektor. Die detaillierten Messungen lieferten effektive geometrische Daten, die als Grundlage für Monte-Carlo-Simulationen dienen. Mithilfe solcher Simulationen lassen sich unter anderem Korrekturfaktoren ermitteln, die bei der Dosimetrie für kleine Bestrahlungsvolumina berücksichtigt werden müssen.



oben: Die Ansprechvermögen der Therapiedosimeter (hier microDiamond-Detektor, siehe Pfeil) wurden zweidimensional charakterisiert, indem sie in Luft direkt unter dem Ausgang im Fokus des Microbeams positioniert und mit einem computergesteuerten xy-Tisch abgetastet wurden. Die effektive Detektordicke wurde durch Variierung der Protonenreichweite durch den Detektorchip unter Verwendung von Schichten aus Aluminiumfolie als Absorber und Aufzeichnen des Detektorsignals bestimmt.

unten: Zweidimensionales Ansprechvermögen des microDiamond-Detektors: Die Farbskala repräsentiert den auf das Monitor signal normierten Detektorstrom. Der weiße Kreis repräsentiert die berechnete Fläche des aktiven Volumens.

Above: The response of the therapy dosimeter (in this case: the microDiamond detector; see arrow) was characterized two-dimensionally by mounting it in air directly under the exit in the focus of the microbeam and positioning it with a computer-controlled X-Y table. The effective detector thickness was determined by varying the proton range in the detector chip using layers of aluminum foil as absorbers and by recording the detector signals.

Below: Two-dimensional response map of the microDiamond detector: The color scale represents the detector current which has been normalized using the monitor signal. The white circle denotes the calculated surface of the active volume.

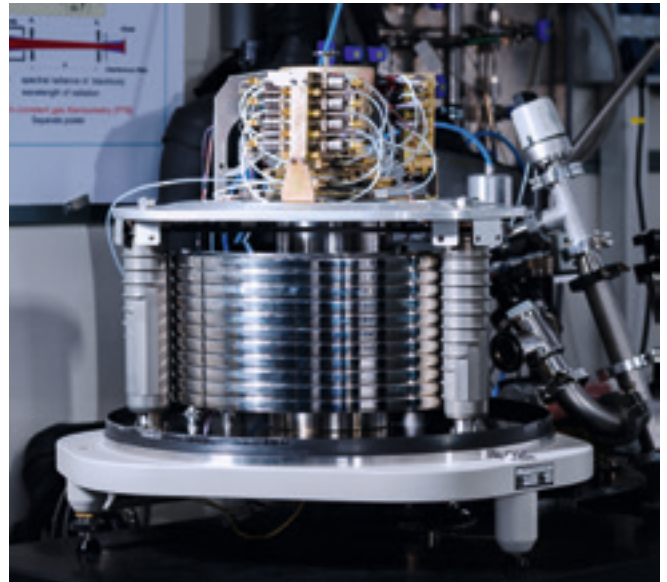
into account for the dosimetry in small irradiation volumes.

Neue primäre Methode zur Druckmessung entwickelt

Quasi als Nebenprodukt bei den Arbeiten zum „neuen“ Kelvin haben PTB-Wissenschaftler eine völlig neuartige Methode zur Druckmessung realisiert und darüber in *Nature Physics* berichtet. Das Verfahren beruht auf der Dichtebestimmung des Messgases Helium mittels einer Kapazitätsmessung. Gemessen wird, inwieweit das Gas zwischen den Elektroden die Kapazität eines hochstabilen, speziellen Kondensators ändert. Weil in diese Methode nur eine universelle Eigenschaft von Heliumgas eingeht, die über die Dielektrizitätskonstante ausgedrückt wird, ist sie eine primäre Methode. Damit hat die PTB einen bahnbrechenden theoretischen Ansatz, der bereits 1998 von Mike Moldover am amerikanischen Metrologieinstitut NIST formuliert worden war, zum ersten Mal in die Praxis umgesetzt.

Die neue Methode der Druckmessung kann zur Überprüfung der genauesten Druckmessgeräte dienen, bei denen die PTB weltweit führend ist. Eine solche Überprüfung war bisher nur im Bereich bis 100 000 Pascal möglich, nun aber bis 7 Millionen Pascal. Damit wurde zum ersten Mal ein Vergleich zwischen mechanischer und elektrischer Druckmessung mit einer relativen Unsicherheit von weniger als 5 Millionstel durchgeführt. Zudem bietet die neue Methode einzigartige Möglichkeiten zur Untersuchung von Helium, einem wichtigen Modellsystem in der Grundlagenphysik.

Eines der neu entwickelten hochgenauen Kolbenmanometer
One of the newly developed high-precision pressure balances



New primary method for the measurement of pressure developed

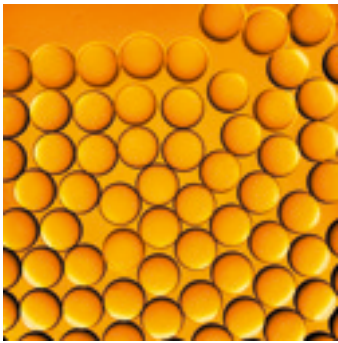
Scientists from PTB have implemented a novel method for pressure measurement – quasi as a byproduct of the work on the "new" kelvin – and have reported about it in *Nature Physics*. The method is based on measuring the density of the measuring gas helium by means of a capacitance measurement. The degree to which gas between the electrodes changes the capacitance of a highly stable, special capacitor is measured. As this method only refers to one universal property of helium gas, which is expressed via the dielectric constant, it is a primary method. For the first time in practice, PTB has thus succeeded in realizing a groundbreaking theoretical approach which had already been formulated by Mike Moldover of NIST (the U.S. national metrology institute) as early as 1998.

The new pressure measurement method can be used to check the most accurate pressure gauges, for which PTB is known as the world leader. Checking such instruments was formerly possible in the range of up to 100 000 pascals only; now 7 million pascals are feasible. A comparison between mechanical and electrical pressure measurements has thus been carried out for the first time with a relative uncertainty of less than $5 \cdot 10^{-6}$. Moreover, this new method offers unique possibilities to investigate helium – an important model system for the fundamentals of physics.

Referenzmessverfahren zur Konzentrationsbestimmung von Viren

Die Konzentration pathogener Mikroorganismen ist ein wichtiger Parameter für medizinische Entscheidungen. Die Anzahl der Mikroorganismen, z. B. Viren oder Bakterien, kann dabei durch Zählung bestimmter Gensequenzen in einer Probe bestimmt werden. Die digitale Polymerase-Kettenreaktion (dPCR) eignet sich hervorragend sowohl für die direkte Zählung dieser Gensequenzen als auch für metrologisch rückführbare Konzentrationsmessungen. Solche Messverfahren zur Zählung biologischer Objekte werden deshalb als Schlüsseltechnologie zur Etablierung der Rückführbarkeit auf das SI-Einheitensystem angesehen. Das Anwendungspotenzial reicht über die Medizin hinaus in weite Bereiche der Biologie bis hin zu Umwelt- und Ernährungsfragen. Im Projekt AntiMicroResist wurden mit Unterstützung

des Europäischen Metrologieprogramms EMPIR verschiedene Messverfahren zur Identifizierung und Quantifizierung bakterieller und viraler Pathogene untersucht. Ziel des Projektes war die Untersuchung neuer Materialien und Methoden zur Detektion, Überwachung und Bewertung antimikrobieller Resistenzen. Referenzmessverfahren zur Quantifizierung der Viruskonzentration auf der Basis von dPCR eröffnen neue Möglichkeiten für die externe Qualitätssicherung medizinischer Laboratorien. Sie haben das Potenzial, die gegenwärtig angewandten Sollwertverfahren abzulösen. Die Einsatzmöglichkeit der dPCR für den quantitativen Nachweis von HIV-1 und CMV (Zytomegalie-Virus) wurde erstmals im Rahmen von Ringversuchen erfolgreich demonstriert.



Die digitale PCR benötigt eine große Anzahl gleich großer Reaktionskammern. Die tröpfchenbasierte digitale PCR verwendet eine Wasser-in-Öl-Emulsion, die in mikrofluidischen Strukturen erzeugt wird.

Digital PCR requires a large number of reaction chambers that are all of the same size. Droplet-based dPCR uses a water-in-oil emulsion that is generated in microfluidic structures.

Reference measurement procedure to determine virus concentration

The concentration of pathogenic microorganisms is an important parameter when medical decisions need to be made. The number of microorganisms (e.g. viruses or bacteria) can be determined by counting certain genetic sequences in a sample. The digital polymerase chain reaction (dPCR) is a method that is perfectly suited to counting these genetic sequences directly and to measuring concentration in a metrologically traceable way. Such measurement procedures used to count biological objects are therefore considered as key technologies to establish traceability to the SI system of units. Potential applications range from medicine to broad areas of biology and on to environmental as well as nutritional issues.

Within the scope of the AntiMicroResist project, different measurement procedures for identifying

and quantifying bacterial and viral pathogens were investigated with the support of EMPIR, the European metrology program. This project aimed to investigate new materials and methods to detect, monitor and assess antimicrobial resistance. Reference measurement procedures to quantify virus concentration based on dPCR open up new possibilities for the external quality assurance of medical laboratories. These procedures have the potential to replace the methods based on consensus values that are currently used. The possibility of using dPCR for the quantitative detection of HIV-1 and CMV (cytomegalovirus) was demonstrated successfully for the first time within the scope of interlaboratory comparisons.

Maschinelles Lernen zur Qualitätssicherung in der Mammografie

Im Mammografie-Screening müssen die Risiken durch die eingesetzte Röntgenstrahlung mit dem potenziellen Gewinn einer rechtzeitig erkannten Brustkrebs Erkrankung sorgfältig abgewogen werden. Grundsätzlich gilt: Je höher die eingesetzte Strahlendosis, desto besser die resultierende Bildqualität und desto höher die Chance, Brustkrebs in einem frühen Stadium sicher erkennen zu können. Daher ist ein objektives und möglichst genau ermittelbares Maß für die Bildqualität erforderlich, um einen optimalen Kompromiss für die eingesetzte Strahlendosis zu gewährleisten.

Heutzutage wird die Bildqualität in der Mammografie durch den Grad der Erkennbarkeit von kleinen Strukturen auf einem technischen Phantom ermittelt. Wäh-

rend früher vor allem Radiologen eingesetzt wurden, die die entsprechenden Bilder begutachtet und Signale erfolgreich oder erfolglos detektiert haben, werden heute mathematische Verfahren, sogenannte „model observers“, verwendet. Dabei sind mehrere, fehleranfällige Schritte der Datenprozessierung erforderlich, um aus einer Vielzahl an Bildern die Bildqualität verlässlich bestimmen zu können.

Die PTB hat mit den modernen Methoden des maschinellen Lernens ein alternatives Verfahren entwickelt, mit dem die Bildqualität in der Mammografie erstmals automatisiert mittels einzelner Bilder bestimmt werden kann. Die neue Methode ist robust und deutlich genauer als die bisher eingesetzten Verfahren.

Mittels Mammografie lassen sich auffällige Strukturen in der Brust frühzeitig erkennen und behandeln. (Foto: dpa)

Using mammography, suspicious structures in breasts can be detected and treated early on. (Photo: dpa)



Using machine learning for quality assurance in mammography

In mammography screening, the risks posed by the X-rays used must be carefully weighed against the potential gain of a timely breast cancer diagnosis. The rule of thumb: the higher the applied radiation dose, the better the resulting image quality and, therefore, the greater the likelihood of reliably recognizing breast cancer at an early stage. For this reason, an objective measure of image quality, which can be determined as accurately as possible, is needed in order to achieve an optimal compromise for the applied radiation dose.

Nowadays, image quality in mammography is determined based on the degree to which fine structures can be detected in a technical phantom. Whereas in the past, the images were examined primarily by

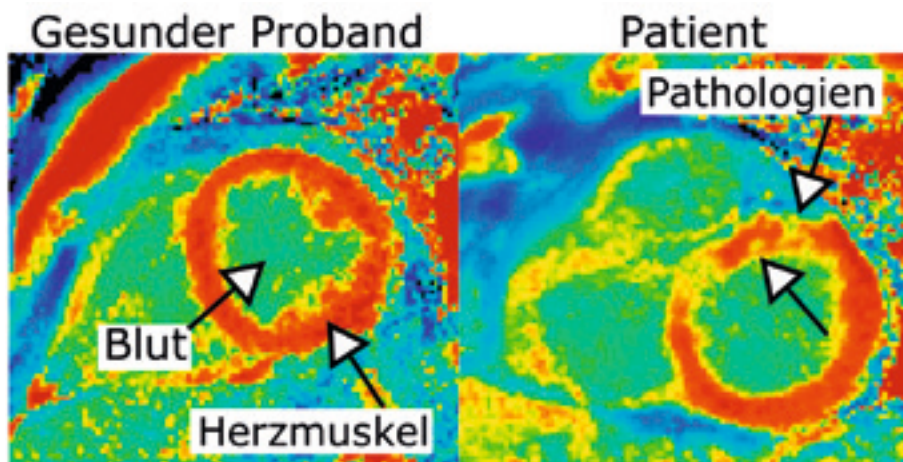
radiologists who – successfully (or unsuccessfully) – detected the signals, mathematical procedures (so-called “model observers”) are used today. Several error-prone data processing steps are necessary for this in order to reliably determine the image quality from a number of images.

PTB has developed an alternative procedure using modern machine learning methods. With this procedure, the image quality of mammographs can, for the first time, be determined *automatically* by means of individual images. The new method is robust and significantly more precise than the procedures used up to now.

Quantitative Magnetresonanztomografie für verbesserte Diagnose von Herzerkrankungen

Magnetresonanztomografie (MRT) ist ein wichtiges Bildgebungsverfahren in der Kardiologie. Bisher ist die MRT des Herzens auf qualitative Bilder beschränkt, da die Messzeit aufgrund von Herzbewegung und Atmung limitiert ist. An der PTB wurde daher ein neues Bildrekonstruktionsverfahren entwickelt, das biophysikalische Parameter des Herzmuskels mit einer hohen räumlichen Auflösung quantifiziert und eine objektive Diagnostik erlaubt. Zusätzlich liefert die Messung auch Informationen über das Pumpverhalten des Herzens. Damit steht ein weiterer wichtiger klinischer Parameter für die Diagnose von Herzerkrankungen ohne zusätzliche Messung zur Verfügung. Dies führt zu einer effizienteren Patientenuntersuchung.

Im Gegensatz zu bereits bestehenden Methoden ist die Genauigkeit der auf diese Weise ermittelten Werte unabhängig von der Herzschlagfrequenz und stimmt sehr gut mit dem Ergebnis einer vierstündigen Referenzmessung überein. Das Messverfahren bietet die Grundlage für quantitative kardiale MRT für Klinik und Forschung, wodurch die Diagnostik verbessert und Messungen an verschiedenen Kliniken besser verglichen werden können. Im Rahmen einer Kooperation mit der Charité wurde das Verfahren mittlerweile auch an Patienten getestet.



Gesunder Proband / Healthy volunteer, Blut / Blood, Herzmuskel / Cardiac muscle
Patient / Patient, Pathologien / Pathologies

In der MRT dient die gewebespezifische Relaxationszeit T_1 als quantitativer Marker. T_1 beschreibt dabei das zeitliche Verhalten der Kernspins nach der Anregung mit einem magnetischen Wechselfeld. Die Abbildung zeigt die T_1 -Karte des Herzens eines gesunden Probanden und die eines Patienten.

In MRI, the tissue-specific relaxation time T_1 is used as a quantitative marker. T_1 describes the time-dependent behavior of the nuclear spins after they have been excited by means of a magnetic AC field. The figure shows the T_1 map of the heart of a healthy volunteer and that of a patient.

Quantitative magnetic resonance imaging for improved diagnosis of cardiac diseases

Magnetic resonance imaging (MRI) is an important imaging procedure in cardiology. To date, only qualitative imaging of the heart has been possible with MRI, since the measuring time is limited due to heart movements and breathing. A new image reconstruction procedure has therefore been developed at PTB. This method quantifies the biophysical parameters of the cardiac muscle with high spatial resolution and thus enables an objective diagnosis. In addition, the measurement provides information about the pumping behavior of the heart. Due to this, a further important clinical parameter is available for the diagnosis of heart diseases without having to carry out additional measurements. The patient is thus examined more efficiently.

In contrast to methods that are already available, the accuracy of the values determined in this way is independent of the heart rate and is in excellent agreement with the result of a four-hour reference measurement. This measurement procedure paves the way for quantitative cardiac MRI for both hospitals and research; it is expected to contribute to improving diagnoses and making measurements performed at different hospitals easier to compare. The procedure has meanwhile also been tested on patients within the scope of a cooperation project with Charité hospital in Berlin.

Internationale Zertifikate für Messgeräte

Für die weltweite Harmonisierung der Zertifizierung von gesetzlich geregelten Messgeräten kann im Jahr 2019 eine durchaus erfolgreiche Bilanz gezogen werden: Mittlerweile sind 37 Messgerätearten vom neuen Zertifizierungssystem der OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale) erfasst, und es wurden mehr als 350 Zertifikate ausgestellt. Dieses freiwillige Zertifizierungssystem vereinheitlicht die Bauartprüfung von eichpflichtigen Messgeräten auf Basis von international harmonisierten OIML-Empfehlungen. Die Idee hinter dem Zertifizierungssystem „Einmal geprüft – weltweit anerkannt“ wird derzeit von 31 Ländern umgesetzt. Für die Messgerätehersteller besteht der Vorteil, dass sie einen anerkannten Nachweis haben, dass ihre Geräte die OIML-Anforderungen erfüllen, wodurch nationale Zertifizierungsverfahren beschleunigt werden.

Die PTB berücksichtigt Prüfergebnisse anderer OIML-Zertifikate bei der Baumusterprüfung von Messgeräten. Darüber hinaus ist die PTB eine von 12 Zertifizierungsstellen, die als OIML Issuing Authority weltweit anerkannt sind und OIML-Zertifikate ausstellen dürfen. Alle rund um den Globus beteiligten Prüflaboratorien und Zertifizierungsstellen unterliegen hohen Anforderungen, deren Einhaltung im Rahmen eines speziellen Review-Programms nachgewiesen und überwacht wird.

Die PTB arbeitet aktiv an der Weiterentwicklung des OIML-CS (OIML certification system) mit und ist – teilweise in leitender Funktion – in den OIML-CS-Gremien vertreten.



www.oiml.org/en/oiml-cs/

International certificates for measuring instruments

As regards the worldwide harmonization of the certification of legally regulated measuring instruments, the year 2019 can be considered as a thoroughly successful year: By the end of the year, 37 measuring instrument categories had been covered by the new certification system of the OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale), and more than 350 certificates had been issued. This voluntary certification system standardizes the type examination of measuring instruments which are subject to legal control based on internationally harmonized OIML recommendations. The idea behind the certification system (“Tested once – accepted everywhere”) is currently being implemented by 31 countries. The advantage for measuring instrument manufacturers: They have acknowledged proof that their instruments meet the OIML requirements – which helps to accelerate national certification procedures.

PTB takes into account the test results of other OIML certificates when carrying out type examinations of measuring instruments. Furthermore, PTB is recognized worldwide as an *OIML Issuing Authority*, and it is one of 12 such certification bodies that are allowed to issue OIML certificates. All test laboratories and certification bodies involved around the globe are subject to strict requirements whose compliance is verified and monitored within the scope of a special review program.

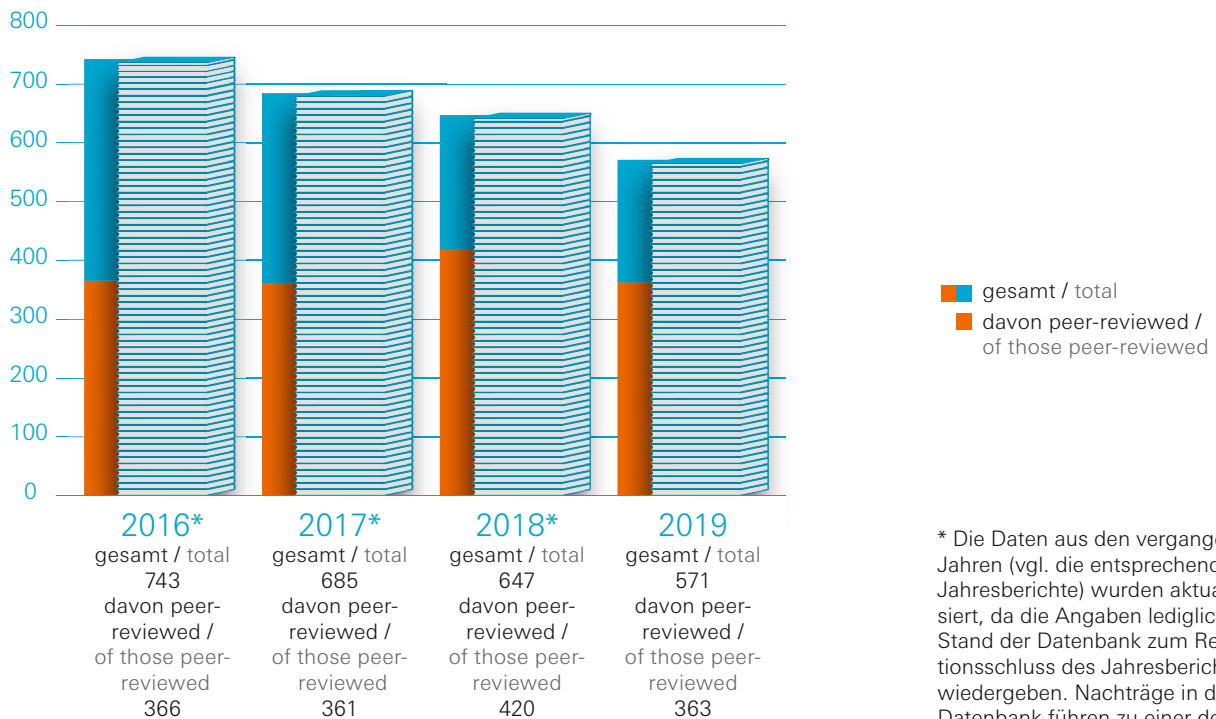
PTB is actively participating in the further development of OIML-CS (OIML certification system) and is represented in the OIML-CS committees (in some instances in a leading position).

Veröffentlichungen und Vorträge / Publications and lectures

Anzahl der Veröffentlichungen der PTB-Mitarbeiter/innen (in wissenschaftlichen Journalen, Büchern, Tagungsbänden etc.) in den Jahren 2016 bis 2019 (vgl. Datenbank „PTB-Publica“ im Internet) und Anzahl der auswärtigen Vorträge, die PTB-Mitarbeiter/innen in diesen Jahren gehalten haben.

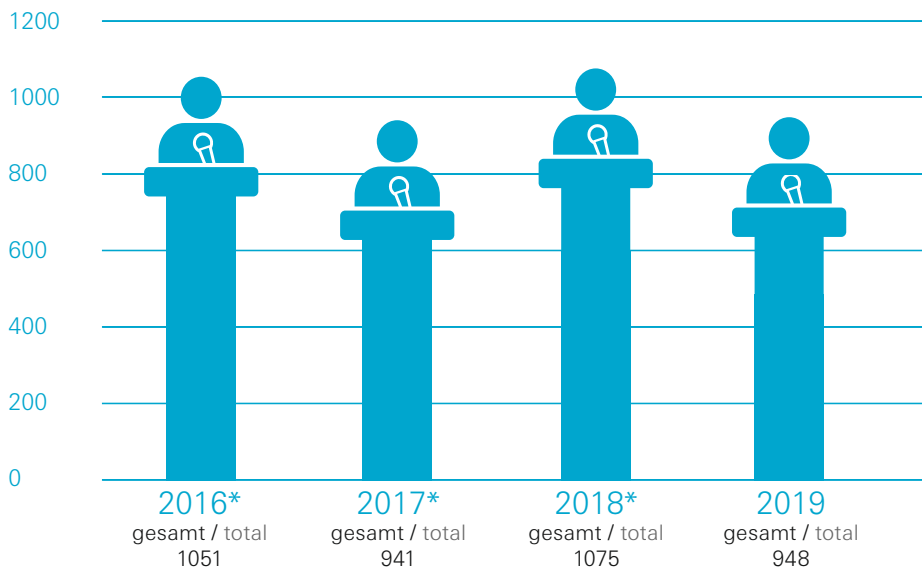
Number of publications by PTB staff members (in scientific journals, books, conference digests, etc.) between 2016 and 2019 (cf. database “PTB-Publica” on the web) and number of lectures held by PTB staff members outside PTB in these years.

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.

Vorträge / Lectures



* 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.

Ausgewählte Publikationen /

Selected publications

Themenbereich: Akustik, Ultraschall, Beschleunigung /

Subject area: Acoustics, ultrasound, acceleration

B. Seeger, T. Bruns, S. Eichstädt: **Methods for dynamic calibration and augmentation of digital acceleration MEMS sensors**. 19^e Congrès International de Métrologie in: EDP Sciences (2019)

Fachbereich 1.7 *Akustik und Dynamik* sowie PSt 1 *Koordination Digitalisierung*, beide PTB

H. Volkers, T. Bruns, G. P. Ostermeyer: **A two-DOF model-based input prediction for high-shock accelerometer calibration**. *Measurement Science and Technology* **30** (2019), 5, 9; <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ab0a2f>

Fachbereich 1.7 *Akustik und Dynamik*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Dynamik und Schwingungen der Technischen Universität Braunschweig

Themenbereich: Durchfluss /

Subject area: Fluid flow

J. G. M. van der Grinten, A. Gunnarsson, M. van der Beek, B. Mickan: **An intercomparison between primary high-pressure gas flow standards with sub-permille uncertainties**. Technical Paper 35th International North Sea Flow Measurement Workshop, Tønsberg, Norway, 22–24 October 2019

Fachbereich 1. *Gase* in Zusammenarbeit mit FORCE Technology (Dänemark) und dem VSL (Niederlande)

C. Kroner, H. Többen, K. Jousten, T. Eichler, F. Heitmann, M. Juling, M. Kühn, J. Rose, J. Steinbock, M. Werner, G. Hagemann, A. Weil, D. Schumann, S. Klein, H. Bissig, M. Tschannen, M. de Huu, D. Grimm, A. Rombach, T. Kienzler, K. Polzer, F. Beyer: **Metrologie im Fluss: Durchflussmessungen**. *PTB-Mitteilungen* **129** (2019), Heft 1, komplettes Heft; doi: 10.7795/310.20190199

Fachbereiche 1.4 *Gase*, 1.5 *Flüssigkeiten* sowie 7.5 *Wärme und Vakuum*, alle PTB, in Zusammenarbeit mit IB-HAWE Ing.-Büro für automobile Aggregateprüftechnik, GPMMCT HORIBA Europe GmbH, Technischer Hochschule Lübeck, METAS (Schweiz), Lorenz GmbH & Co. KG, Rombach Automation, Siemens AG

Themenbereich: Elektrizität und Magnetismus /

Subject area: Electricity and magnetism

U. Arz, K. Kuhlmann, T. Dziomba, G. Hechtfisher, G. N. Phung, F. J. Schmückle, W. Heinrich: **Traceable coplanar waveguide calibrations on fused silica substrates up to 110 GHz**. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* **67** (2019), 6, 2423–2432; <https://doi.org/10.1109/TMTT.2019.2908857>

Fachbereiche 2.2 *Hochfrequenz und Felder* sowie 5.1 *Oberflächenmesstechnik*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit der Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG in München und dem Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik in Berlin

T. Gerster, A. Müller, L. Freise, D. Reifert, D. Maradan, P. Hinze, T. Weimann, H. Marx, K. Pierz, H. W. Schumacher, F. Hohls, N. Ubbelohde: **Robust formation of quantum dots in GaAs/AlGaAs heterostructures for single-electron metrology.** *Metrologia* **56** (2019), 1, 1–7; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aaf4aa>

Fachbereiche 2.4 *Quantenelektronik* und 2.5 *Halbleiterphysik und Magnetismus*, beide PTB

N. Sachdeva, I. Fan, E. Babcock, M. Burghoff, T.E. Chupp, S. Degenkolb, P. Fierlinger, S. Haude, E. Kraegeloh, W. Kilian, S. Knappe-Grüneberg, F. Kuchler, T. Liu, M. Marino, J. Meinel, K. Rolfs, Z. Salhi, A. Schnabel, J. T. Singh, S. Stuiber, W. A. Terrano, L. Trahms, J. Voigt: **New limit on the permanent electric dipole moment of ^{129}Xe using ^3He comagnetometry and SQUID detection.** *Phys. Rev. Lett.* **123** (2019), 143003; <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.143003>

Fachbereich 8.2 *Biosignale*, PTB, in Zusammenarbeit mit University of Michigan (USA), Jülich Center for Neutron Science, Institut Laue-Langevin (Frankreich), Excellence Cluster Universe und Technischer Universität München, TRIUMF (Kanada), Michigan State University (USA)

Themenbereich: Ionisierende Strahlung /

Subject area: Ionizing radiation

K. Kossert, O. Nähle: **Determination of the activity and half-life of ^{227}Th .** *Applied Radiation and Isotopes* **145** (2019), 12–18; <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2018.12.010>

Fachbereich 6.1 *Radioaktivität*, PTB

J. Hakenmüller, C. Buck, K. Fülber, G. Heusser, T. Klages, M. Lindner, A. Lücke, W. Maneschg, M. Reginatto, T. Rink, T. Schierhuber, D. Solasse, H. Strecker, R. Wink, M. Zboril, A. Zimbal: **Neutron-induced background in the CONUS experiment.** *The European Physical Journal* **79** (2019), 699; <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-7160-2>

Fachbereich 6.4 *Neutronenstrahlung*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Kernphysik, der Preussen Elektra GmbH und dem Kernkraftwerk Brokdorf

Themenbereich: Länge und dimensionelle Metrologie /

Subject area: Length, dimensional metrology

I. Fortmeier, M. Schulz, R. Meeß: **Traceability of form measurements of freeform surfaces: metrological reference surfaces.** *Optical Engineering* **58** (2019), 9, 1–7; <https://doi.org/10.1117/1.OE.58.9.092602>

Fachbereiche 4.2 *Bild- und Wellenoptik* sowie 5.5 *Wissenschaftlicher Gerätebau*, beide PTB

W. Wu, L. Weber, P. Hinze, T. Weimann, T. Dziomba, B. Bodermann, S. Kroker, J. D. Prades, H. S. Wasisto, A. Waag: **Nano-structured transmissive spectral filter matrix based on guided-mode resonances.** *Journal of the European Optical Society – Rapid Publications* **15** (2019), 19, 1–10; <https://doi.org/10.1186/s41476-019-0115-2>

LENA Nachwuchsgruppe für Metrologie funktionaler Nanosysteme sowie die Fachbereiche 4.2 *Bild- und Wellenoptik*, 2.4 *Quantenelektronik* und 5.1 *Oberflächenmesstechnik*, alle PTB

R. Schödel, P. Franke: **The effect of a parasitic light mode in length measurements by interferometry.** *Metrologia* **56** (2018), 1; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aaf480>

Fachbereich 5.4 *Interferometrie an Maßverkörperungen*, PTB

R. D. Geckeler, P. Křen, A. Just, M. Schumann, M. Krause, I. Lacey, V. V. Yashchuk: **Environmental influences on autocollimator-based angle and form metrology.** *Rev. Sci. Instrum.* (2019), 90 021705, 15pp; <https://doi.org/10.1063/1.5057402>

Fachbereich 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem CMI in Prag (Tschechien) und der Universität Berkeley (USA)

D. Metz, S. Jantzen, D. Wessel, G. Mies, J. Lüdenbach, M. Stein, K. Kniel, A. Dietzel: **Integration of an isotropic microprobe and a microenvironment into a conventional CMM.** *Measurement Science and Technology* **30** (2019), 11, 1–15; <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ab2fda>

Fachbereich 5.3 *Koordinatenmesstechnik*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mikrotechnik der TU Braunschweig, und der Klingelberg GmbH

Themenbereich: Masse und abgeleitete Größen /

Subject area: Mass and derived quantities

D. Knopf, T. Wiedenhöfer, K. Lehrmann, F. Härtig: **A quantum of action on a scale? Dissemination of the quantum based kilogram.** *Metrologia* **56** (2019), 2, 10 S.; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab0851>

Abteilung 1 *Mechanik und Akustik*, insbesondere Fachbereich 1.1 *Masse – Weitergabe der Einheit*, PTB

C. Rothleitner, P. Becker, H. Bettin, D. Knopf: **Kilogramm und Planck-Konstante.** *Bunsen-Magazin* **21** (2019), 1, 13–20; <https://bunsen.de/publikationen/aspekte-artikel/>

Fachbereiche 1.1 *Masse – Weitergabe der Einheit* und 1.8 *Masse – Darstellung der Einheit*, beide PTB

Themenbereich: Metrologie in der Chemie und Stoffeigenschaften /

Subject area: Metrology in chemistry and properties of substances

B. Güttler, H. Bettin, R. J. C Brown, R. S. Davis, Z. Mester, M. J. T. Milton, A. Pramann, O. Rienitz, R. D. Vocke, R. Wielgosz: **Amount of substance and the mole in the SI.** *Metrologia* **56** (2019), 044002; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab1fae>

Abteilung 3 *Chemische Physik und Explosionsschutz*, insbesondere Fachbereich 3.1 *Allgemeine und Anorganische Chemie* sowie 1.8 *Masse - Darstellung der Einheit*, alle PTB, in Zusammenarbeit mit NPL (Großbritannien), BIPM (Frankreich), NRC (Kanada) und NIST (USA)

X. He, B. Shu, D. Nascimento, K. Moshhammer, M. Costa, R. Fernandes: **Auto-ignition kinetics of ammonia and ammonia/hydrogen mixtures at intermediate temperatures and high pressures.** *Combustion and Flame* **206** (2019), 189–200; <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2019.04.050>

Fachbereich 3.3 *Physikalische Chemie*, PTB, in Zusammenarbeit mit IDMEC Universität Lissabon (Portugal)

A.V. Domanskaya, R. E. Asfin, A. Kyuberis, V. Ebert: **CH₄ broadening and shifting coefficients in the Fermi triad of ¹²C¹⁶O₂ in the 2 μm region**. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* **235** (2019), 209–216; <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2019.07.004>

Abteilung 3 *Chemische Physik und Explosionsschutz*, insbesondere Fachbereich 3.4 *Analytische Chemie der Gasphase*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Universität St. Petersburg und der Russischen Akademie der Wissenschaften (beide Russland)

Themenbereich: Metrologie für die Medizin /

Subject area: Metrology for medicine

A. Kofler, M. Dewey, T. Schäffter, C. Wald, C. Kolbitsch: **Spatio-temporal deep learning-based undersampling artefact reduction for 2D radial cine MRI with limited data**. *IEEE Transactions on Medical Imaging* (2019); <http://dx.doi.org/10.1109/TMI.2019.2930318>

Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem Department of Radiology der Charité – Universitätsmedizin Berlin

E. Düzel, J. Acosta-Cabronero, D. Berron, G. J. Biessels, I. Björkman-Burtscher, M. Bottlaender, R. Bowtell, M.V. Buchem, A. Cardenas-Blanco, F. Boumezbeur, D. Chan, S. Clare, M. Costagli, L. de Rochefort, A. Fillmer, P. Gowland, O. Hansson, J. Hendrikse, O. Kraff, M.E. Ladd, I. Ronen, E. Petersen, J. B. Rowe, H. Siebner, T. Stoecker, S. Straub, M. Tosetti, K. Uludag, A. Vignaud, J. Zwanenburg, O. Speck: **European Ultrahigh-Field Imaging Network for Neurodegenerative Diseases (EUFINd)**. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring* **11** (2019), 538–549; <https://doi.org/10.1016/j.dadm.2019.04.010>

Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, dem Deutschen Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE), University College London (Großbritannien), Universität Lund (Schweden), Universität Utrecht (Niederlande), Universität Gothenburg (Schweden), CEA & Université Paris-Saclay (Frankreich), University of Nottingham (Großbritannien), University Medical Center Leiden (Niederlande), University of Cambridge (Großbritannien), University of Oxford (Großbritannien), Imago 7 Research Foundation (Italien), IRCCS Stella Maris (Italien), Aix Marseille Université (Frankreich), Skåne University Hospital (Schweden), Universität Duisburg-Essen, DKFZ Heidelberg, Universität Heidelberg, Copenhagen University Hospital Hvidovre and Bispebjerg (Dänemark), Sungkyunkwan University (Korea), University Health Network (Kanada), Leibniz-Institute for Neurobiology in Magdeburg

M. Hussels, S. Engel, N. Bock: **Investigation of direct counting and sizing of DNA fragments in flow applying an improved data analysis and correction method**. *Biomolecular Detection and Quantification* **17** (2019), 100083; <https://doi.org/10.1016/j.bdq.2019.100083>

Fachbereich 8.3 *Biomedizinische Optik*, PTB

J. Lehnert, C. Kolbitsch, G. Wübbeler, A. Chiribiri, T. Schaeffter, C. Elster: **Large-scale Bayesian spatial-temporal regression with application to Cardiac MR-perfusion imaging**. *SIAM Journal on Imaging Sciences* **12** (2019), 4, 2035–2062; <https://doi.org/10.1137/19M1246274>

Fachbereich 8.4 *Mathematische Modellierung und Datenanalyse*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem King's College in London

J. Gienger, K. Smuda, R. Müller, M. Bär, J. Neukammer: **Refractive index of human red blood cells between 290 nm and 1100 nm determined by optical extinction measurements.** Scientific Reports 9 (2019), 4623; <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38767-5>

Fachbereich 8.4 *Mathematische Modellierung und Datenanalyse*, PTB

Themenbereich: Photometrie und Radiometrie /

Subject area: Photometry and radiometry

B. Bernad, A. Ferrero, C. Strothkämper, J. Campos, A. Pons, T. Quast, K.-O. Hauer, A. Schirmacher: **Deviation of white diffuse reflectance standards from perfect reflecting diffuser at visible and near-infrared spectral ranges.** Metrologia 56 (2019), 5; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab3351>

Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie*, PTB

P. Lombardi, M. Trapuzzano, M. Colautti, G. Margheri, I. P. Degiovanni, M. López, S. Kück, C. Toninelli: **A molecule-based single-photon source applied in quantum radiometry.** Advanced Quantum Technologies (2019), 1900083; <https://doi.org/10.1002/qute.201900083>

Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie*, PTB

X. Yang, L. Egger, P. Hurdax, H. Kaser, D. Lüftner, F. C. Bocquet, G. Koller, A. Gottwald, P. Tegeder, M. Richter, M. G. Ramsey, P. Puschnig, S. Soubatch, F. S. Tautz: **Identifying surface reaction intermediates with photoemission tomography.** Nature Communications 10 (2019), 3189; <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11133-9>

Fachbereich 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung*, PTB

Themenbereich: Thermometrie /

Subject area: Thermometry

J. Fischer: **The Boltzmann constant for the definition and realization of the kelvin.** Annalen der Physik (2019), 531, 1800304; <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/andp.201800304>

Fachbereich 7.4 *Temperatur*

Themenbereich: Zeit und Frequenz /

Subject area: Time and frequency

L. Sliwczynski, P. Krehlik, J. Kolodziej, H. Schnatz, D. Piester, A. Bauch, H. Imlau, H. Ender: **Calibrated optical time transfer of UTC(k) for supervision of telecom networks.** Metrologia 56 (2019), 1, 1–13; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aaef57>

Fachbereich 4.3 *Quantenoptik und Längeneinheit*, PTB

C. Sanner, N. Huntemann, R. Lange, Chr. Tamm, E. Peik, M. S. Safronova, S. G. Porsev: **Optical clock comparison test of Lorentz symmetry.** Nature 567 (2019), 204; <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0972-2>

Fachbereich 4.4 *Zeit und Frequenz*, PTB

J. Keller, D. Kalincev, T. Burgermeister, A. P. Kulosa, A. Didier, T. Nordmann, J. Kiethe, T. E. Mehlstäubler: **Probing time dilation in Coulomb crystals in a high-precision ion trap.** *Phys. Rev. Applied* **11** (2019), <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.11.011002>

Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST)

J. Keller, T. Burgermeister, D. Kalincev, A. Didier, A. P. Kulosa, T. Nordmann, J. Kiethe, T. E. Mehlstäubler: **Controlling systematic frequency uncertainties at the 10^{-19} level in linear Coulomb crystals.** *Phys. Rev. A* **99** (2019), 013405; <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.99.013405>

Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST)

Themenbereich: Mathematik und metrologische Informationstechnik /

Subject area: Mathematics and metrological information technology

J. Martin, G. Bartl, C. Elster: **Application of Bayesian model averaging to the determination of thermal expansion of single-crystal silicon.** *Measurement Science and Technology* **30** (2019) 4; <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ab094b>

Fachbereich 8.4 *Mathematische Modellierung und Datenanalyse*, PTB

M. Esche, F. Salwiczek, F. Grasso Toro: **Formalization of software risk assessment results in legal metrology based on ISO/IEC 18045 vulnerability analysis.** *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, ACSIS* **18** (2019) 443–447; <http://dx.doi.org/10.15439/2019F84>

8.5 *Metrologische Informationstechnik*, PTB, in Zusammenarbeit mit METAS (Schweiz)

Themenbereich: Physikalische Sicherheitstechnik, Explosionsschutz /

Subject area: Physical safety engineering and explosion protection

R. Shekhar, S. Gortschakow, H. Grosshans, U. Gerlach, D. Uhrandt: **Numerical investigation of transient, low-power metal vapour discharges occurring in near limit ignitions of flammable gas.** *Journal of Physics D: Applied Physics* **52** (2018), 4, 045202; <https://doi.org/10.1088/1361-6463/aaed04>

Abteilung 3 *Chemische Physik und Explosionsschutz*, insbesondere die Fachbereiche 3.5 *Explosionsschutz in der Energietechnik* und 3.6 *Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik*, alle PTB, in Zusammenarbeit mit der Universität Queensland (Australien) und dem Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie in Greifswald

Themenbereich: Nanometrologie /

Subject area: Nanometrology

Z. Samsonova, S. Höfer, V. Kaymak, S. Ališauskas, V. Shumakova, A. Pugžlys, A. Baltuška, T. Siefke, S. Kroker, A. Pukhov, O. Rosmej, I. Uschmann, C. Spielmann, D. Kartashov: **Relativistic interaction of long-wavelength ultrashort laser pulses with nanowires.** *Phys. Rev. X* **9** (2019), 021029; <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.9.021029>

4.01 Nachwuchsgruppe *Metrologie für funktionale Nanosysteme*

T. Strahlendorff, G. Dai, D. Bergmann, R. Tutsch: **Tip wear and tip breakage in high-speed atomic force microscopes**. *Ultramicroscopy* 201 (2019), 28–37; <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2019.03.013>

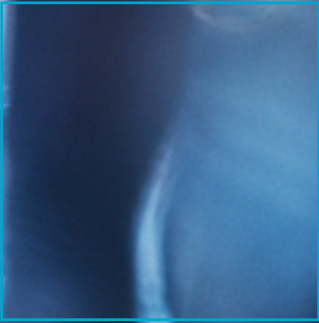
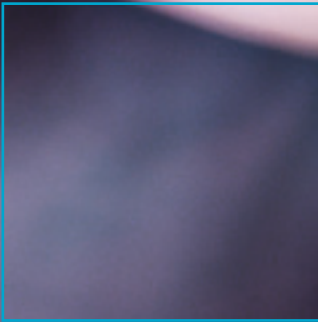
Fachbereiche 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* sowie 4.2 *Bild- und Wellenoptik*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Produktionsmesstechnik der TU Braunschweig

J. Seewig, M. Eifler, D. Hüser, R. Meeß: **Rk material measure – a model based design**. *Technisches Messen* 86 (2019), 9, 478–486; <https://doi.org/10.1515/teme-2019-0091>

Fachbereich 5.1 *Oberflächenmesstechnik*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Messtechnik und Sensorik der TU Kaiserslautern

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 16. und 17. Mai in Braunschweig statt. Nach einer kurzen Begrüßung begann die Tagung am ersten Tag mit Messplatzbesichtigungen. Großes Interesse rief unter anderem das neu errichtete Abgaslabor der PTB hervor.

In einem Kolloquium mit Fachvorträgen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der PTB trugen dann im Hörsaal Thomas Gerster zu „Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit von mesoskopischen Halbleiterbauelementen“, Dr. Thomas Waterholter zu „Interferometrische Faserlinks für internationale Uhrenvergleiche“ und Paula Weidinger zu „Präzise Drehmomentmessung für die Windenergie“ vor.

Im Anschluss fanden Gespräche einzelner Kuratoriumsmitglieder in kleinen Gruppen in den Abteilungen sowie mit dem Lenkungskreis Medizin statt, bei denen fachspezifische Themen diskutiert wurden. Beendet wurde der Tag mit einem Abendessen im Steigenberger Parkhotel.

In der Sitzung des Kuratoriums am zweiten Tag stellte der PTB-Präsident Prof. Dr. Joachim Ullrich wie immer wichtige Entwicklungen und Erfolge des vergangenen Jahres vor. Ein historischer Tag für die Metrologie war die Verabschiedung des revidierten Internationalen Einheitensystems (SI) durch die Meterkonvention in ihrer Sitzung am 16. November 2018. Offiziell in Kraft getreten ist das neue Einheitensystem dann kurz nach der Kuratoriumstagung am 20. Mai 2019. Das neue Einheitensystem basiert vollständig auf sieben Naturkonstanten. Zu deren Bestimmung hat die PTB maßgeblich beigetragen mit Forschungsarbeiten, die teilweise über Jahrzehnte durchgeführt wurden. Entsprechend groß wurde das Ereignis mit zahlreichen Veranstaltungen begangen. Prof. Dr. Ullrich berichtete außerdem ausführlich über die Pläne zu einem neuen Elektronenspeicherring in Berlin, der das in die Jahre gekommene BESSY II ersetzen soll und der gemeinsam vom Helmholtz-Zentrum Berlin und der PTB geplant wird.

Meeting of PTB's *Kuratorium* (Advisory Board)

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

This year, the *Kuratorium* meeting took place on 16-17 May in Braunschweig. On the first day, the meeting began with a short welcoming address, followed by visits to different measuring facilities. PTB's newly built exhaust gas lab was one of the things that aroused great interest.

In a colloquium held in the lecture hall, young scientists from PTB presented their research. Thomas Gerster spoke about “Investigations into the reproducibility of mesoscopic semiconductor elements”, Dr. Thomas Waterholter talked about “Interferometric fiber links for international clock comparisons” and Paula Weidinger gave a lecture on “Precise torque measurement for wind energy”.

After the lectures, meetings with individual *Kuratorium* members took place in small groups in the divisions and also with the Steering Group on Medicine to discuss subject-specific topics. The day ended with an evening meal in the Steigenberger Parkhotel.

On the second day, PTB President Prof. Dr. Joachim Ullrich presented important developments and successful events from the past year as he has done previously. One such achievement was the adoption of the revised International System of Units (SI) by the Metre Convention in its meeting on 16 November 2018, which was a historic day for metrology. The new SI officially came into force on 20 May 2019, shortly after the *Kuratorium* meeting. This new system of units is entirely based on seven natural constants. PTB contributed to the determination of these constants significantly with research that was carried out, in part, over several decades. Numerous events were held to celebrate this major achievement. Prof. Dr. Ullrich also gave a detailed account about the plans for a new electron storage ring in Berlin, which is to replace the outdated BESSY II and is being planned jointly by the Helmholtz-Zentrum Berlin and PTB.

Das Kuratorium beschloss einstimmig, Prof. Dr.-Ing. Christine Ahrend (TU Berlin), Hartmut Rauen (VDMA) und Dr. Jochen Peter (Zeiss GmbH) in das Kuratorium aufzunehmen. Im Jahr 2019 sind Prof. Dr. Gisela Anton (Universität Erlangen), Dr. Hermann Gerlinger (ehemals Zeiss AG) und Prof. Dr. Gerald Linke (DVGW) aus dem Kuratorium ausgeschieden.

Die Amtszeit von Prof. Dr. Ullrich läuft 2022 aus. Laut Satzung ist vorgesehen, dass das Kuratorium dem Bundeswirtschaftsministerium einen Kandidaten vorschlägt. Das Kuratorium stimmte deshalb auch über die Mitglieder einer zu diesem Zweck zu bildenden Findungskommission sowie über das weitere Auswahlverfahren für eine neue Präsidentin oder einen neuen Präsidenten ab.

The *Kuratorium* voted unanimously to accept Prof. Dr.-Ing. Christine Ahrend (TU Berlin), Hartmut Rauen (VDMA) and Dr. Jochen Peter (Zeiss GmbH) as members of the *Kuratorium*. Prof. Dr. Gisela Anton (Erlangen University), Dr. Hermann Gerlinger (formerly of Zeiss AG) and Prof. Dr. Gerald Linke (DVGW) resigned from the *Kuratorium* in 2019.

Prof. Dr. Ullrich's term of office will end in 2022. According to the Charter of PTB, the *Kuratorium* is to suggest a candidate for president to the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. The *Kuratorium* therefore also voted on the members of a commission to be formed for the purpose of finding suitable candidates for the position of PTB president. In addition, it decided on the further selection procedure for PTB's new president.



Teilnehmer der
Kuratoriumstagung 2019
Participants of the 2019
Kuratorium meeting

Präsident des Kuratoriums /

President of the *Kuratorium*

MinDirig Stefan Schnorr

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie,
Berlin

Stellvertretender Präsident des Kuratoriums /

Deputy President of the *Kuratorium*

Prof. Dr. Wolfgang Ertmer

Institut für Quantenoptik,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. Christine Ahrend
Technische Universität Berlin

Dr. Reinhard Baumfalk
Sartorius AG, Göttingen

Prof. Dr. Dr. med. Jürgen Debus
Radioonkologie und Strahlentherapie,
Universitätsklinikum Heidelberg

Prof. Dr. Cornelia Denz
Institut für Angewandte Physik,
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Prof. Dr. Olaf Dössel
Institut für Biomedizinische Technik,
Karlsruher Institut für Technologie

Prof. Dr. Claudia Eckert
Fakultät für Informatik, Technische Universität
München, und Fraunhofer-Institut für Angewandte
und Integrierte Sicherheit, Darmstadt

Dr. Matthias Fankhänel
Dackenheim

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, München

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

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. Jochen Peter
Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH,
Oberkochen

Dr.-Ing. Eberhard Petit
Landesbetrieb Mess- und Eichwesen
Nordrhein-Westfalen, Köln

Hartmut Rauen
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau,
Frankfurt

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
Diadur SE, 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: März 2020 / As of: March 2020

Neu in leitender Funktion

Newly appointed to management posts

Dr.-Ing. Rolf Judaschke

Rolf Judaschke leitet seit dem 1. Januar 2019 den Fachbereich *Gleichstrom und Niederfrequenz* (2.1). Nach wissenschaftlicher Tätigkeit an der TU Hamburg-Harburg wechselte er 2005 an die PTB als Leiter der Arbeitsgruppe *Hochfrequenzmesstechnik*. Der Fachbereich 2.1 besteht aus den drei Arbeitsgruppen *Gleichstrommesstechnik*, *Verhältnismessungen*, *Abtastverfahren* und *Wechselstrom-Gleichstrom Transfer*, *Impedanz*. Ein wesentlicher Schwerpunkt des Fachbereichs liegt auf der Sicherstellung der metrologischen Rückführung für DAkkS-akkreditierte Kalibrierlaboratorien, PTB-interne Laboratorien sowie NMIs durch den Einsatz sowohl quantenelektronischer als auch konventioneller Kalibrierverfahren. Die im Fachbereich durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten orientieren sich eng an der Nachfrage nach Kalibrierdienstleistungen, welche durch eine intern entwickelte IT-Infrastruktur verwaltet werden.

Rolf Judaschke has been the Head of Department 2.1, *Direct Current and Low Frequency*, since 1 January 2019. After a scientific post at TU Hamburg-Harburg, he came to PTB in 2005 to be the Head of the *High-Frequency Measurements Working Group*. Department 2.1 consists of the following three working groups: *Direct Current Measuring Techniques*, *Ratio and Sampling Techniques* and *AC/DC Transfer, Impedance*. A main focus of the department is reliably providing metrological traceability for DAkkS-accredited calibration laboratories, PTB's in-house laboratories, and NMIs by applying both quantum-electronic and conventional calibration procedures. The research and development work which is carried out in the department is closely oriented to the demand for calibration services, which are managed by an internally developed IT infrastructure.



Dr.-Ing. Mark Bieler

Der Ingenieur leitet seit dem 1. April 2019 den Fachbereich *Quantenelektronik* (2.4). Der Fachbereich beschäftigt sich hauptsächlich mit supraleitenden Nanostrukturen und Schaltungen, mit denen unter anderem die Einheit der Spannung realisiert wird. Derzeitige Entwicklungs- und Forschungsschwerpunkte sind quantisierte Wechselspannungsschaltungen, rauscharme Magnetfeldsensoren sowie rauscharme Messungen am Quantenlimit im GHz- und THz-Frequenzbereich. Des Weiteren betreibt der Fachbereich das Reinraumzentrum der PTB, in dem die gesamte Nanostrukturierung und Dünnschichttechnologie am PTB-Standort Braunschweig realisiert wird.

The engineer Mark Bieler has been the Head of Department 2.4, *Quantum Electronics*, since 1 April 2019. The department is primarily focused on superconducting nanostructures and circuits with which the unit of voltage is realized, among other things. Currently, the main development and research focal points are quantized AC circuits and low-noise magnetic field sensors as well as low-noise measurements at the quantum limit in the GHz and THz frequency ranges. Furthermore, the department manages the Clean Room Center of PTB, which is located at PTB's Braunschweig site. Here, all the nanostructuring and thin-layer technology is realized.



Dr. Hansjörg Scherer

Der Physiker leitet seit dem 1. Juni 2019 den Fachbereich *Elektrische Quantenmetrologie* (2.6). Der Fachbereich stellt die elektrischen Quantennormale zur Realisierung der elektrischen Einheiten der Stromstärke, der Spannung und des Widerstands bereit, die als Grundlage für die Darstellung der elektrischen Einheiten im Internationalen Einheitensystem unter Rückführung auf Naturkonstanten dienen. Ein weiterer wesentlicher Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung neuer quantenbasierter elektrischer Messmethoden und -systeme sowie deren Weiterentwicklung. Ziel dieser Arbeiten ist es, quantenbasierte elektrische Messtechnik nutzerfreundlich zu gestalten, sodass ihr Einsatz auch außerhalb von Metrologieinstituten möglich wird. Das Aufgabenportfolio umfasst damit sowohl angewandte Grundlagenforschung im Bereich der elektrischen Quanteneffekte als auch die Unterstützung dienstleistungs- und kundenorientierter Bereiche in Metrologieinstituten und der Industrie.

The physicist Hansjörg Scherer has been the Head of Department 2.6, *Electrical Quantum Metrology*, since 1 June 2019. The department provides the electric quantum standards for the realization of the electric units of current, of voltage and of resistance, which serve as the basis for the realization of the electric units in the International System of Units by means of traceability to natural constants. A further important focus is the development of new quantum-based electric measurement methods and systems as well as continued development of these. The aim of the work is to create user-friendly, quantum-based electric measurement technology, so that application is feasible even outside of metrology institutes. The list of tasks thus includes both applied fundamental research in the field of electric quantum effects as well as support for service- and customer-oriented areas in metrology institutes and in industry.



Dr. Uwe Brand

Der Physiker ist seit dem 1. Mai 2019 Leiter des Fachbereichs *Oberflächenmesstechnik* (5.1). Uwe Brand hat an der Leibniz Universität in Hannover Physik studiert und 1986 mit dem Diplom abgeschlossen. Anschließend war er in der PTB in der Abteilung 4 im Rahmen eines Promotionsvorhabens zum Thema „Ein iodstabilisiertes He-Ne-Laser-Wellenlängennormal grüner Strahlung“ beschäftigt. Nach der Promotion zum Dr. rer. nat. an der Technischen Universität Braunschweig im Jahr 1996 wechselte Brand in die Abteilung 5 der PTB, wo er auf verschiedenen Gebieten der Fertigungsmesstechnik und der Oberflächenmesstechnik wissenschaftlich tätig war. Dazu gehörten laserfrequenzgestützte Längenmessungen, Rauheitsmesstechnik, dimensionelle Messungen an Mikrostrukturen, Entwicklung von

The physicist Uwe Brand has been the Head of the *Surface Metrology* (5.1) Department since 1 May 2019. Uwe Brand studied physics at Leibniz University Hannover and graduated in 1986. After that, he took up work at PTB in Department 4 within the scope of doctoral degree work on the topic of “*Ein iodstabilisiertes He-Ne-Laser-Wellenlängennormal grüner Strahlung*” (“An iodine-stabilized He Ne laser wavelength standard of green radiation”). After obtaining his Dr. rer. nat. degree from TU Braunschweig in 1996, Mr. Brand went to Department 5 of PTB, where he worked scientifically in different fields of precision engineering and surface metrology. These included laser-frequency-supported length measurements, roughness measurement technology, dimensional measurements of microstructures,



Mikrotastsystemen, Mikrokräftmess-technik, Härtemesstechnik und taktile Antastverfahren. Zudem war Uwe Brand von 2001 bis 2007 Geschäftsführer des Nanotechnologie-Kompetenzzentrums „Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung e. V.“ (CC UPOB).

the development of microprobe systems, micro-force metrology, hardness measurement technology and tactile probing methods. In addition, Uwe Brand was the manager of the Nanotechnology Competence Centre *Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung e. V.* (“Ultra-Precise Surface Processing” – CC UPOB) from 2001 to 2007.

Prof. Dr. Tobias Schäffter

Der Elektrotechniker und Informatiker kam 2015 an die PTB und leitet seitdem die Abteilung *8 Medizinphysik und metrologische Informationstechnik* in Berlin. Seit Mai 2019 ist er auch für das Institut Berlin verantwortlich, welches aus den Abteilungen 7 und 8, der *Technisch-wissenschaftlichen Infrastruktur Berlin (IB.T)* und der *Verwaltung Berlin (Z.15)* besteht. Die Fachbereiche des Instituts Berlin befinden sich auf dem historischen Campus Berlin-Charlottenburg und in Berlin-Adlershof am Elektronenspeicherring BESSY II des Helmholtz-Zentrums Berlin.

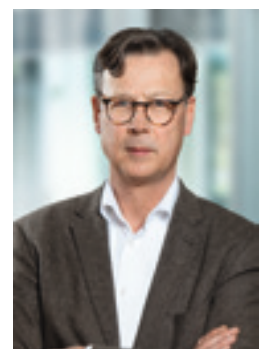
This electrical engineer and computer scientist joined the PTB in 2015 and has headed Division 8 *Medical Physics and Metrological Information Technology* in Berlin since then. From May 2019 onwards, he has also been responsible for PTB’s Berlin Institute, which consists of Divisions 7 and 8, the Department *Technical-scientific Infrastructure in Berlin (IB.T)* and the *Berlin Administration (Z.15)*. The departments of the Berlin Institute are located on the historic campus in Berlin-Charlottenburg and in Berlin-Adlershof at the Electron Storage Ring BESSY II of the Helmholtz Center Berlin.



Prof. Dr. Mathias Richter

Der Physiker kam 1995 zur PTB und leitet seit dem 1. Mai 2019 die Abteilung *7 Temperatur und Synchrotronstrahlung*. Deren fachliche Schwerpunkte liegen einerseits auf dem Gebiet der Metrologie mit Synchrotronstrahlung an der *Metrology Light Source (MLS)* der PTB und dem Elektronenspeicherring BESSY II in Berlin-Adlershof. Dabei werden in den beiden Fachbereichen 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung* und 7.2 *Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung* sowohl grundlegende als auch angewandte metrologische Aufgaben bearbeitet. Andererseits sind die Fachbereiche 7.3 *Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie*, 7.4 *Temperatur*, 7.5 *Wärme und Vakuum* sowie 7.6 *Kryosensorik* in Berlin-Charlottenburg fokussiert auf strahlungsphysikalische,

The physicist Mathias Richter came to PTB in 1995 and has been the Head of Division 7, *Temperature and Synchrotron Radiation*, since 1 May 2019. The main focal points of the division are, on the one hand, on the field of metrology with synchrotron radiation at the Metrology Light Source (MLS) of PTB and the electron storage ring BESSY II in Berlin-Adlershof. In two departments – 7.1, *Radiometry with Synchrotron Radiation* and 7.2, *X-ray Metrology with Synchrotron Radiation* – both fundamental and applied metrological tasks are treated. On the other hand, Departments 7.3, *Detector Radiometry and Radiation Thermometry*, 7.4, *Temperature*, 7.5, *Heat and Vacuum*, and 7.6, *Cryosensors*, in Berlin-Charlottenburg are focused on questions related to radiometrics, thermo-



thermodynamische und strömungsphysikalische Fragestellungen zur Messung von spektraler Leistung elektromagnetischer Strahlung, Temperatur und Wärmemenge sowie bei der Entwicklung supraleitender Kryodetektoren und empfindlicher Messelektronik.

Dr. Jörn Beyer

Der Physiker kam 1995 zur PTB und leitet seit dem 1. Mai 2019 den Fachbereich 7.6 *Kryosensorik* in Berlin-Charlottenburg. Dieser Fachbereich hat seinen fachlichen Schwerpunkt auf den Gebieten *Superconducting Quantum Interference Devices* (SQUIDs) und Präzisionselektronik für anspruchsvolle metrologische Aufgaben. In den vier Teilbereichen *Metrologische Messelektronik*, *Kryosensortechnologie*, *SQUID-Messsysteme* sowie *Kryosensormesstechnik*, den Jörn Beyer weiterhin leitet, werden für die Messung physikalischer Größen wie magnetischer Fluss, magnetische Induktion und elektrischer Strom sowie zum Nachweis von Strahlung oder Teilchen hochempfindliche Kryosensoren und Messsysteme entwickelt, für deren Betrieb sehr tiefe Temperaturen bis in den Millikelvin-Bereich hinein genutzt werden.

Dr. Frank Scholze

Der Physiker kam 1991 zur PTB und leitet seit dem 1. Juni 2019 den Fachbereich 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung*. Dieser Fachbereich hat seinen fachlichen Schwerpunkt in Berlin-Adlershof an der *Metrology Light Source* der PTB, nutzt aber auch den Elektronenspeicherring BESSY II. In den drei Arbeitsgruppen *IR-Spektrometrie*, *UV- und VUV-Radiometrie* sowie *EUV-Radiometrie*, die Frank Scholze zuvor viele Jahre als Arbeitsgruppenleiter geprägt hat, wird Synchrotronstrahlung zur Bearbeitung grundlegender und angewandter metrologischer Aufgaben genutzt mit den Schwerpunkten

dynamics, and the physical properties of flow for the measurement of the spectral power of electromagnetic radiation, temperature, and heat quantity as well as for the development of superconducting cryodetectors and sensitive electronic measuring systems.

The physicist Jörn Beyer joined PTB in 1995 and has been the Head of Department 7.6, *Cryosensors*, in Berlin-Charlottenburg since 1 May 2019. The technical focus of this department is on the development of *superconducting quantum interference devices* (SQUIDs) and precision electronics for difficult metrological tasks. In the department's four sub-fields *metrological measurement electronics*, *cryosensors technology*, *SQUID measuring systems* as well as *cryosensor measuring techniques*, which Jörn Beyer still oversees, highly sensitive cryoelectronic sensors and systems that employ very low temperatures well into the millikelvin range for their operation are developed to measure physical quantities such as magnetic flux, magnetic induction, and electric currents as well as for detecting radiation or particles.



Radiometrie, optische Messtechnik, Nanometrologie und Spektrometrie. Ebenfalls zum Fachbereich gehört die Arbeitsgruppe *Instrumentierung Berlin-Adlershof*. Zum 1.8. wurde darüber hinaus die AG 7.14 *EUV-Nanometrologie* eingerichtet, die sich mit der Nutzung von EUV-Strahlung für die dimensionelle (Nano-)Metrologie beschäftigt.

Prof. Dr. Tobias Schöffter

Der Abteilungsleiter ist seit dem 1. Juli 2019 übergangsweise für den Fachbereich 8.2 *Biosignale* verantwortlich, bis die neue Fachbereichsleitung im Rahmen eines gemeinsamen Berufungsverfahrens mit der TU Berlin neu besetzt wird. Der Fachbereich hat seinen fachlichen Schwerpunkt in der magnetischen Hochpräzisionsmesstechnik. Dazu werden hochempfindliche Quantensensoren entwickelt und geprüft. Die PTB betreibt mehrere geschirmte Kabinen und hat mit dem BMSR-2 den besten magnetisch geschirmten begehbaren Raum der Welt. Diese einzigartige Infrastruktur wird auch externen Kooperationspartnern im Rahmen des DFG-Geräteentrums „Metrologie für ultra-niedrige Magnetfelder“ zur Verfügung gestellt. Neben der Entwicklung von bioelektrischen und biomagnetischen Messverfahren für die medizinische Diagnostik bildet die Charakterisierung magnetischer Nanopartikel einen wichtigen Themenschwerpunkt.

Susanne Wiemann

Die Juristin leitet seit dem 1. Dezember 2019 die Abteilung *Z Verwaltungsdienste*. Susanne Wiemann kam 1991 in die PTB, begann ihre Tätigkeit im Justizariat und leitete seit mehr als 26 Jahren das Personalreferat, das sie unter anderem mit dem Ausbau eines Schwerpunktes für die Personalentwicklung stark geprägt und zukunftsfähig entwickelt hat. Die Abteilung Z besteht aus 8 Referaten, die für die administrative und betriebswirtschaftliche

optical metrology, nanometrology, and spectrometry. The *Instrumentation Berlin-Adlershof* Working Group also belongs to the department. Beyond that, Working Group 7.14, *EUV Nanometrology*, was established on 1 August. Its focus is on the use of EUV radiation for dimensional (nano) metrology.

Since 1 July 2019, this Head of Division has been temporarily responsible for Department 8.2 *Biosignals* and will remain so until a new head of department has been employed in a joint professorial appointment process with the TU Berlin. The department focusses on magnetic high-precision metrology. For this purpose, highly sensitive quantum sensors are also developed and tested. PTB operates several shielded rooms and, with BMSR-2, it has the best magnetically shielded walk-in room in the world. This unique infrastructure is also available to external cooperation partners in the scope of the DFG core facility entitled *Metrology for ultra-low magnetic fields*. Apart from developing bioelectric and biomagnetic measurement procedures for medical diagnostics, the characterization of magnetic nanoparticles is another work area of the department.



The lawyer Susanne Wiemann has been the Head of Division Z, *Administrative Services*, since 1 December 2019. She joined PTB's *Legal Matters* Section in 1991. Susanne Wiemann was the Head of the Personnel Section for more than 26 years. During this time, she greatly shaped personnel development and ensured viability, among other things. Division Z is made up of 8 sections which are in charge of the administrative and

Infrastruktur, die (betriebliche und duale) Ausbildung und für IT-Fachanwendungen der PTB in Braunschweig und Berlin zuständig sind. Die Abteilung bietet wichtige Unterstützungsleistungen für die Funktionsfähigkeit der PTB.

Barbara Tafel

Die Juristin und Diplom-Verwaltungswirtin Barbara Tafel leitet seit dem 1. Dezember 2019 das Referat *Personal* (Z.12). Barbara Tafel kam 1997 in die PTB, begann ihre Tätigkeit zunächst im Justizariat, wo sie neben zahlreichen juristischen Themen u. a. auch Fragen der Korruptionsvorsorge sowie der Internen Revision begleitet hat. Barbara Tafel war viele Jahre lang juristische Beraterin für den Verein EURAMET e. V. und begleitete das Leuchtturmprojekt „Avogadro“ rechtlich bei komplexen internationalen Vertragsverhandlungen. Von 2017 bis 2019 leitete sie das Referat Z.13 *Justizariat*. Das Personalreferat kümmert sich um die Personalangelegenheiten der PTB-Angehörigen von der Einstellung bis zu ihrem Ausscheiden. Dazu zählen neben der Betreuung laufender Personalvorgänge für Tarifbeschäftigte und Beamte einschließlich der Vergütungs- und Bezügezahlung auch Fragen der Personalwirtschaft, der Personalgewinnung, der Aus- und Fortbildung, der Personalentwicklung, der Zeiterfassung, der Dienstreiseangelegenheiten und des Gesundheitsmanagements.

Ruth Gassel

Seit dem 1. Dezember 2019 leitet die Juristin Ruth Gassel das *Justizariat* (Referat Z.13). Frau Gassel begann ihre Tätigkeit in der PTB im Jahr 2011 zunächst im *Justizariat*. Hier war sie schwerpunktmäßig mit zahlreichen Vertragsfragen betraut, kümmerte sich um Gewährleistungsfälle und bearbeitete Anträge nach dem Informationsfreiheitsgesetz. Ruth Gassel ist rechtliche Beraterin und Mitglied der

managerial infrastructure, of (operational and dual) vocational training and of IT technical applications of PTB, both in Braunschweig and Berlin. The division provides important support services for PTB's operability.

Barbara Tafel, who is a lawyer as well as a graduate in public administration, has been the Head of the *Personnel Section* (Z.12) since 1 December 2019. She came to PTB in 1997 and began working in the *Legal Matters Section*, where she focused on corruption prevention and internal auditing, among many other legal topics. Barbara Tafel was a legal advisor for the EURAMET e.V. association for many years and provided legal assistance for the lighthouse “Avogadro” project's complex international contract negotiations. From 2017 to 2019, Barbara Tafel was the Head of the *Legal Matters Section*. The *Personnel Section* handles the personnel matters of PTB's employees from hiring to the time that they leave PTB. These matters include guiding personnel processes for employees and civil servants, including salary and remuneration payments, staff management, staff recruitment, vocational and further training, personnel development, work time recording, business trips, and health management.



The lawyer Ruth Gassel became the Head of the *Legal Matters Section* (Z.13) on 1 December 2019. She began working at PTB in 2011 in the *Legal Matters Section*. There, her work was focused on many types of contract issues, handling warranty claims, and processing applications according to the Freedom of Information Act (*Informationsfreiheitsgesetz – IFG*). Ruth Gassel is the legal advisor and mem-



Ethik-Kommission der PTB und vertritt die PTB vor Gericht. Nach der Neufassung des Mess- und Eichgesetzes beriet sie in Fragen des gesetzlichen Messwesens, arbeitete in verschiedenen Gremien mit und war mehr als ein Jahr lang als Referentin zur Fachaufsicht an das BMWi abgeordnet. Im Justitiariat werden alle Rechtsangelegenheiten der PTB betreut, hier sind neben Vertragsfragen u. a. auch Fragen des Datenschutzes, der Korruptionsvorsorge, des Sponsorings sowie Fragen des technischen Rechts, der Arbeitnehmererfindungen, des Patent- und Lizenzrechts zu nennen. Die Prozessvertretung wie auch die Unfall- und Schadensbearbeitung runden das Aufgabenfeld ab.

Maren Jachmann

Die Diplomverwaltungswirtin (FH) leitet seit dem 1. Juni 2019 das Referat *Verwaltung Berlin (Z.15)*. Schon im Jahr 1992 nahm Frau Jachmann ihre Tätigkeit in der Berliner Verwaltung auf, zunächst als Personalsachbearbeiterin. Mit Aufgaben im Bereich der Organisation, Beschaffung, des Inneren Dienstes und als langjährige Leiterin des Sachgebiets *Haushalt* entwickelte sie ein breites Erfahrungswissen für ihre neue Funktion als Referatsleiterin. Die Verwaltung Berlin ist integraler Bestandteil der Abteilung *Z Verwaltungsdienste*. In ihrem Fokus liegt die Funktionsfähigkeit und Aufgabenerfüllung des *Instituts Berlin* mit seinen Arbeitsstellen in Charlottenburg, Adlershof und Buch. Sie unterstützt damit die Fachabteilungen 7 und 8, den Fachbereich *IB-T Technisch-wissenschaftliche Infrastruktur Berlin* sowie den ständigen Vertreter des Präsidenten für den Berliner Teil der PTB durch die Erledigung klassischer Verwaltungsaufgaben mit dem Ziel, einen reibungslosen Dienstbetrieb zu gewährleisten.

ber of the Ethics Commission of PTB and represents PTB in court. Since the revision of the Measures and Verification Act, she has provided legal assistance for issues related to legal metrology, she worked on several committees, and she was delegated to the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) for one year as a consultant for technical supervision. In the *Legal Matters* Section, all the legal issues of PTB are handled, including contract matters, data protection matters, corruption prevention, sponsoring as well as technical law matters, the inventions of employees, and patent and licensing law. To top it off, the department also represents PTB in court and handles accidents and damage.

Maren Jachmann, who is a graduate in public administration, has led Section *Z.15, Berlin Administration*, since 1 June 2019. She began her employment at the *Berlin Administration* Section as early as 1992, initially as a personnel administrator. Through her many organizational, purchasing, and “Internal Services” tasks and as the long-term Head of the *Budget* Section, she gained vast experience for her new role as the Section Head. *Berlin Administration* is an integral part of *Division Z, Administrative Services*. At its focus is the functionality and task fulfillment of the *Berlin Institute* with its sites in Charlottenburg, Adlershof and Buch. It supports *Divisions 7 and 8, Department IB.T, Technical-scientific Infrastructure in Berlin*, as well as the permanent representative of the President for the Berlin sites of PTB by completing typical administrative tasks with the aim of guaranteeing that smooth operation is provided.



Dr. Dieter Sibold

Der Physiker ist seit dem 1. Januar 2019 der Informationssicherheitsbeauftragte der PTB. In dieser Rolle berät und unterstützt er das Präsidium bei der Steuerung und Gewährleistung der Informationssicherheit. Nach der Promotion an der TU Braunschweig wechselte er 1993 an die PTB in den Bereich der Informationstechnologie. 1996 übernahm er die Leitung des heutigen Referats Q.42, in dessen Aufgabenbereich die sichere Bereitstellung und Weiterentwicklung der zentralen Speicher- und Serverinfrastruktur für die PTB und die Bereitstellung verschiedener IP-basierter Zeitsynchronisationsdienste, u. a. der öffentlich zugänglichen Zeitserver, gehören. Dieter Sibold nimmt seit 2009 zusätzlich die Aufgaben des QM-Verantwortlichen der Stelle *IT-Infrastruktur* wahr. Seit 2012 arbeitet er in internationalen Standardisierungsorganisationen, insbesondere der *Internet Engineering Task Force* (IETF), an der Sicherheit IP-basierter Zeitsynchronisationsprotokolle, vorzugsweise des auch von der PTB verwendeten Network Time Protocols.

The physicist Dieter Sibold has been the Information Security Representative of PTB since 1 January 2019. This task includes advising and supporting the Presidential Board in steering and ensuring information security. After obtaining his doctoral degree from TU Braunschweig, he joined PTB's information technology group in 1993. In 1996, he took on the leadership of – what is now – Section Q.42. Its tasks include providing and developing secure central storage and server infrastructure for PTB and providing different IP-based time synchronization services including the publicly available time servers. In addition, Dieter Sibold has been carrying out additional tasks as the person responsible for the QM tasks of the *IT Infrastructure* body. Since 2012, he has been working in international standardization organizations – especially in the *Internet Engineering Task Force* (IETF) – on the security of IP-based time synchronization protocols, preferably on the security of the Network Time Protocol, which is also used by PTB.



Preise und Auszeichnungen

Prizes and awards

**Dr. Prof. h. c. Frank Härtig, Katharina Lehrmann,
Dr.-Ing. Rudolf Meeß, Thomas Wiedenhöfer**

Das Wissenschaftlerteam um den Leiter der Abteilung 1 *Mechanik und Akustik*, Frank Härtig, hat den Technologietransferpreis der Industrie- und Handelskammer Braunschweig 2019 erhalten. Ausgezeichnet wird ihr besonderer Einsatz beim Transfer von „Innovativen Massenormalen für den weltweiten Transfer der neu definierten Einheit Kilogramm“. (Wiedenhöfer: ebenfalls Abteilung 1, Lehrmann: Fachbereich 1.1 *Masse*, Meeß: Fachbereich 5.5 *Wissenschaftlicher Gerätebau*)

The scientific team led by the Head of Division 1, *Mechanics and Acoustics*, Frank Härtig, won the “Technology Transfer Prize 2019” of the Braunschweig Chamber of Industry and Commerce. With this prize, their remarkable efforts toward transferring “innovative mass standards for the worldwide transfer of the redefined unit *kilogram*” were honored. (Wiedenhöfer: also from Division 1; Lehrmann: Department 1.1 (*Mass*); Meeß: Department 5.5 (*Scientific Instrumentation*))

**Dr. Horst Bettin, Dr. Michael Borys, Dr. Ingo Busch, Michael Hämpke,
Dr. Michael Krumrey, Dr. Arnold Nicolaus**

Die Veröffentlichung mit dem Titel „A comparison of future realizations of the kilogram“ wurde unter die „Highlights of 2018“ der Zeitschrift *Metrologia* aufgenommen. Die Autoren stammen aus den Fachbereichen 1.8 *Masse – Darstellung der Einheit* (Bettin, Borys, Hämpke), 5.1 *Oberflächenmesstechnik* (Busch), 5.4 *Interferometrie an Maßverkörperungen* (Nicolaus), sowie 7.2 *Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung* (Krumrey)

The publication entitled “A comparison of future realizations of the kilogram” was listed among the “Highlights of 2018” of the journal *Metrologia*. The authors work at Department 1.8, *Mass – Realization of the Unit* (Bettin, Borys, Hämpke); Department 5.1 *Surface Metrology* (Busch), Department 5.4 *Interferometry on Material Measures* (Nicolaus); and at Department 7.2, *X-ray Metrology with Synchrotron Radiation* (Krumrey).

Dr. Kai Moshhammer, Xiaoyu He

Die beiden Mitarbeiter des Fachbereichs 3.3 *Physikalische Chemie* haben den „Distinguished Paper Award“ des Combustion Institute erhalten; ausgezeichnet wurde ihre Veröffentlichung mit dem Titel „Knowledge generation through data research: New validation targets for the refinement of kinetic mechanisms“, die sie in Zusammenarbeit mit Autoren von den Sandia National Laboratories erarbeitet und auf dem 37. International Symposium on Combustion vorgestellt haben.

Kai Moshhammer and Xiaoyu He, who are both employees of Department 3.3, *Physical Chemistry*, have received the “Distinguished Paper Award” of the Combustion Institute. Their publication entitled “Knowledge generation through data research: New validation targets for the refinement of kinetic mechanisms”, which was co-written with authors from the Sandia National Laboratories and presented at the 37th International Symposium on Combustion, was honored.

Ahmed Salama Abd-el-Ghfar Hashad



Der Mitarbeiter des Fachbereichs 3.3 *Physikalische Chemie* wurde für die Veröffentlichung „Experimental evaluation of a PTB force-balanced piston gauge“ (Autoren: A. S. Hashad, W. Sabuga, S. Ehlers, T. Bock) mit dem „Young Scientist Award“ des APMF2019 (Asia Pacific Measurement Forum on Mechanical Quantities 2019, Tokio) ausgezeichnet.

Ahmed Hashad, an employee of Department 3.3, *Physical Chemistry*, received the “Young Scientist Award” of the APMF2019 (Asia Pacific Measurement Forum on Mechanical Quantities 2019 in Tokyo) for the publication “Experimental evaluation of a PTB force-balanced piston gauge” (authors: A. S. Hashad, W. Sabuga, S. Ehlers, T. Bock).

Dr. Nijan Yogal, Dr.-Ing. Christian Lehrmann, Markus Henke

Die Mitarbeiter des Fachbereichs 3.6 *Explosionsschützte Sensorik und Messtechnik* erhielten den „Best Paper Award“ der „22nd International Conference on Electrical Machines and Systems“ in Harbin, China, für ihre Veröffentlichung mit dem Titel „Measurement of eddy current loss in permanent magnets with high-frequency effects of electrical machines for hazardous locations“.

These three employees of Department 3.6, *Explosion Protection in Sensor Technology and Instrumentation*, received the “Best Paper Award” of the 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems in Harbin, China, for their publication entitled “Measurement of eddy current loss in permanent magnets with high-frequency effects of electrical machines for hazardous locations”.

Dr.-Ing. Johannes Ledig

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 4.1 *Photometrie und Spektroradiometrie* bekam für seine Dissertation mit dem Titel „SEM-based nano-analytical methods for 3D semiconductor microstructures“ den Walter-Kertz-Studienpreis der Fakultät „Elektrotechnik, Informationstechnik, Physik“ der TU Braunschweig. Mit dem Preis werden exzellente Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeit an der Schnittstelle zwischen Physik sowie Elektro- und Informationstechnik gewürdigt.

Johannes Ledig, an employee of Department 4.1, *Photometry and Spectroradiometry*, received the Walter Kertz Study Award of the Faculty of Electrical Engineering, Information Technology, and Physics of TU Braunschweig for his dissertation entitled “SEM-based nano-analytical methods for 3D semiconductor microstructures”. This award recognizes excellent achievements of scientific studies at the interface between physics and electrical engineering and information technology.



Jana Grundmann

Am 12. März 2019 wurden die besten Ausbildungsabsolventinnen und -absolventen des Jahres 2019 im Bundeswirtschaftsministerium geehrt, darunter Jana Grundmann, Mitarbeiterin im Fachbereich 4.2 *Bild- und Wellenoptik*.

The best graduates of apprenticeships and vocational training of the year 2019 which included Jana Grundmann, an employee at Department 4.2, *Image and Wave Optics*, were honored at the Federal Ministry for Economic Affairs on 12 March 2019.

Jan Spichtinger

Der Doktorand im Fachbereich 4.2 *Bild- und Wellenoptik* hat auf der Tagung der „Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik“ (DGaO) den 1. Preis für seinen Posterbeitrag zum Thema „Konzept für eine hochgenaue und rückgeführte optische Formmessung an großen Optiken bis 1,5 Meter“ erhalten.

The doctoral candidate Jan Spichtinger of Department 4.2, *Imaging and Wave Optics*, won first prize for his submitted poster on the topic of “*Konzept für eine hochgenaue und rückgeführte optische Formmessung an großen Optiken bis 1,5 Meter*” (“Concept for a highly precise and traceable optical form measurement on large optics up to 1.5 metres”) at the conference of the *Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik* (DGaO – The German Branch of the European Optical Society).



Richard Lange



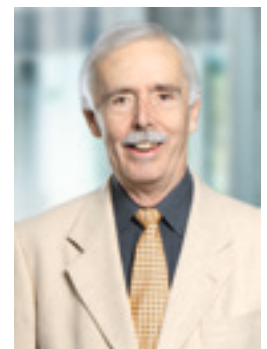
Der Doktorand im Fachbereich 4.4 *Zeit und Frequenz* hat für seinen Beitrag „Reducing the leading uncertainty contributions of the $^{171}\text{Yb}^+$ single ion optical clock to below 10^{-18} “ den renommierten Posterpreis der „Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symposium & European Frequency and Time Forum 2019“ gewonnen.

The doctoral candidate at Department 4.4, *Time and Frequency*, won the renowned poster prize of the Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symposium & European Frequency and Time Forum 2019 for his submission “Reducing the Leading Uncertainty Contributions of the $^{171}\text{Yb}^+$ Single Ion Optical Clock to Below 10^{-18} ”.

Prof. Dr. Fritz Riehle

Die Veröffentlichung des ehemaligen Leiters der Abteilung 4 *Optik* mit dem Titel „The CIPM list of recommended frequency standard values: guidelines and procedures“ wurde unter die „Highlights of 2018“ der Zeitschrift *Metrologia* aufgenommen.

The publication by the former Head of Division 4, *Optics*, entitled “The CIPM list of recommended frequency standard values: guidelines and procedures” was listed as one of the “Highlights of 2018” by the journal *Metrologia*.



Dr. Stefan Weyers, Dr. Vladislav Gerginov, Dr. Michael Kazda, Dr. Johannes Rahm, Burghard Lipphardt, Dr. Georgi Dobrev

Die Veröffentlichung mit dem Titel „Advances in the accuracy, stability, and reliability of the PTB primary fountain clocks“ wurde unter die „Highlights of 2018“ der Zeitschrift *Metrologia* aufgenommen. Die PTB-Autoren sind Mitarbeiter des Fachbereichs 4.4 *Zeit und Frequenz*.

The publication entitled “Advances in the accuracy, stability, and reliability of the PTB primary fountain clocks” was among the “Highlights of 2018” of the journal *Metrologia*. The PTB authors are employed in Department 4.4, *Time and Frequency*.



Dr. Fabian Wolf

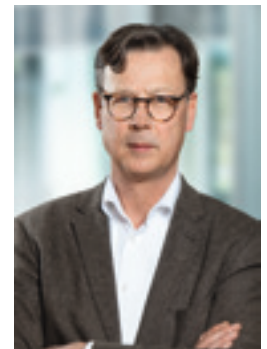
Das Bundesforschungsministerium hat den Wissenschaftler am *QUEST-Institut* für seine Dissertation zum Thema „Motional quantum state engineering for quantum logic spectroscopy of molecular ions“ mit dem 2. Platz der Quantum Future Awards ausgezeichnet.

The Federal Ministry of Education and Research awarded Fabian Wolf, a scientist at the *QUEST Institute*, the 2nd place Quantum Future Award for his dissertation entitled “Motional quantum state engineering for quantum logic spectroscopy of molecular ions”.

Prof. Dr. Mathias Richter

Der Leiter der Abteilung 7 *Temperatur und Synchrotronstrahlung* wurde zum Ehrenmitglied des Ioffe-Instituts der Russischen Akademie der Wissenschaften gewählt. Damit würdigt das Institut seinen Beitrag zur langjährigen erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen Ioffe-Institut, DESY in Hamburg und der PTB auf dem Gebiet „Metrology and Multiphoton Ionization in the Extreme Ultraviolet“.

The Head of Division 7, *Temperature and Synchrotron Radiation*, was elected as an Honorary Member of the Ioffe Institute of the Russian Academy of Sciences. The institute thereby honors Dr. Richter’s contribution toward many years of successful collaboration between the Ioffe Institute, DESY (Hamburg), and PTB in the field of “Metrology and Multiphoton Ionization in the Extreme Ultraviolet”.



Oliver Hupe



Der Mitarbeiter des Fachbereichs 6.3 *Strahlenschutzdosimetrie* wurde auf dem EURADOS Annual Meeting 2019 in den Council gewählt. Er wird dort im Executive Board als Treasurer vertreten sein. Die European Radiation Dosimetry Group (EURADOS e. V.) bildet ein Netzwerk aus mehr als 70 europäischen Institutionen und 600 Wissenschaftlern.

Oliver Hupe, an employee at Department 6.3, *Radiation Protection Dosimetry*, was elected to the Council during the EURADOS Annual Meeting 2019. He will be a treasurer on the Executive Board. The European Radiation Dosimetry Group (EURADOS e.V.) is a network of more than 70 European institutions and 600 scientists.

Dr. Gaoliang Dai

Der Wissenschaftler im Fachbereich 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* wurde für seinen Vortrag mit dem Titel „Reference metrology for quantitative areal surface measuring 3D microscopy“ auf der Fachkonferenz ISMTII (International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments) in Niigata, Japan, mit dem „Best Presentation Award“ der Konferenz ausgezeichnet.

Gaoliang Dai, a scientist at Department 5.2, *Dimensional Nanometrology*, received the “Best Presentation Award” of the ISMTII (International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments) in Niigata, Japan, for his lecture entitled “Reference metrology for quantitative areal surface measuring 3D microscopy”.



Thorsten Gerloff



Die Veröffentlichung mit dem Titel „Development of white LED illuminants for colorimetry and recommendation of white LED reference spectrum for photometers“, an der der Mitarbeiter im Fachbereich 4.1 *Photometrie und Spektroradiometrie* beteiligt war, wurde unter die „Highlights of 2018“ der Zeitschrift *Metrologia* aufgenommen.

The publication entitled “Development of white LED illuminants for colorimetry and recommendation of white LED reference spectrum for photometers” which Thorsten Gerloff, an employee at Department 4.1, *Photometry and Spectroradiometry* was involved in, was listed as one of the “Highlights of 2018” by the journal *Metrologia*.

Tabea Nordmann

Die Doktorandin am *QUEST-Institut* wurde für ihre Posterpräsentation zum Thema „Non-magnetic setup for an indium multi-ion clock“ anlässlich des 1. Doktorandentages der PTB mit dem 3. Posterpreis ausgezeichnet.

Tabea Nordmann, who is a doctoral candidate at the *QUEST Institute*, received the 3rd poster prize for her poster presentation on “Non-magnetic setup for an indium multi-ion clock” on the occasion of the 1st Doctoral Candidate Day of PTB.



Maximilian J. Zawierucha

Der Doktorand am *QUEST-Institut* wurde für seine Posterpräsentation zum Thema „Quantum logic for high precision molecular ion spectroscopy“ anlässlich des 1. Doktorandentages der PTB mit dem 2. Posterpreis ausgezeichnet.

Maximilian J. Zawierucha, a doctoral candidate at the *QUEST Institute*, received a 2nd place poster prize for his poster presentation on “Quantum logic for high precision molecular ion spectroscopy” on the occasion of the 1st Doctoral Candidate Day of PTB.

Analía Fernández Herrero

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung* hat beim Adlershofer Forschungsforum (veranstaltet von der Humboldt-Universität Berlin, der Initiativgemeinschaft Außeruniversitärer Forschungseinrichtungen in Adlershof e. V. (IGAFa) und der Wista Management GmbH) den Posterpreis 2019 erhalten. Der Postertitel lautete „Dimensional reconstruction and imperfection analysis of periodic nanostructures based on grazing incidence small-angle X-ray scattering“.

Analía Fernández Herrero, an employee at Department 7.1, *Radiometry with Synchrotron Radiation*, received the 2019 Poster Prize from the Adlershof Research Forum (hosted by the Humboldt University of Berlin, by the *Initiativgemeinschaft Außeruniversitärer Forschungseinrichtungen* in Adlershof e.V. [IGAFa – a scientific network representing nine non-university research institutions, located in the technology park Berlin-Adlershof and by the Wista Management GmbH company]. The title of the poster is “Dimensional reconstruction and imperfection analysis of periodic nanostructures based on grazing incidence small-angle X-ray scattering”.



Dr. Joachim Fischer, Dr. Bernd Fellmuth, Dr. Christof Gaiser, T. Zandt

Die Veröffentlichung der Mitarbeiter sowie des ehemaligen Leiters (Fischer) des Fachbereichs 7.4 *Temperatur* mit dem Titel „The Boltzmann project“ wurde unter die „Highlights of 2018“ der Zeitschrift *Metrologia* aufgenommen.

The publication by employees and the former Head (Joachim Fischer) of Department 7.4, *Temperature*, entitled “The Boltzmann project” was included in the “Highlights of 2018” of the journal *Metrologia*.

Prof. Dr. Tobias Schäffter



Der Leiter der Abteilung 8 *Medizinphysik und metrologische Informationstechnik* wurde in diesem Jahr in die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften aufgenommen. Prof. Schäffter ist als ordentliches Mitglied der technikklassischen Klasse im Bereich Medizintechnik tätig.

Prof. Dr. Tobias Schäffter, the Head of Division 8, *Medical Physics and Metrological Information Technology*, was inducted into the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities (*Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften*) this year. Prof. Schäffter is an ordinary member of the “Engineering Sciences” class in the field of medical technology.

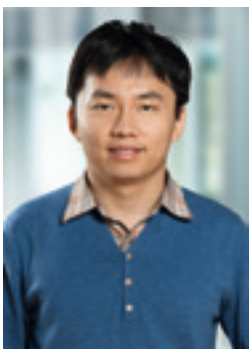
Dr. Christoph Kolbitsch

Der Wissenschaftler im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* wurde als Jungwissenschaftler der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring für seine Arbeiten im Bereich der Bewegungskorrektur für die Magnetresonanztomografie (MRT) ausgezeichnet. Mit seinen Arbeiten konnte Kolbitsch speziell für quantitative MRT-Verfahren die Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit von diagnostischen Parametern verbessern.

Christoph Kolbitsch, a scientist at Department 8.1, *Biomedical Magnetic Resonance*, was honored as a “Young Scientist” by the Werner von Siemens Ring Foundation for his work in the field of movement correction for magnetic resonance imaging (MRI). In his work, Mr. Kolbitsch was able to improve the measurement accuracy and reproducibility of diagnostic parameters specifically for quantitative MRI procedures.



Lin Yang



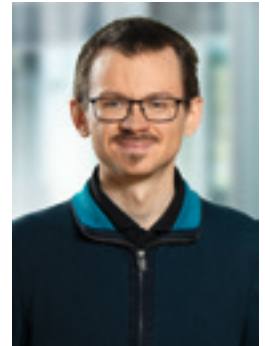
Der Mitarbeiter im Fachbereich 8.3 *Biomedizinische Optik* wurde für Forschungsarbeiten im Rahmen seiner Doktorarbeit zum Thema „Quantification of cerebral oxygenation based on combined time- and spatially-resolved diffuse optical spectroscopy“ mit dem „John Shenk Award“ des „International Council for Near Infrared Spectroscopy“ sowie dem „2019 Optics and Photonics Education Scholarship“ der „International Society for Optics and Photonics“ (SPIE) ausgezeichnet.

Lin Yang, an employee at Department 8.3, *Biomedical Optics*, received the “John Shenk Award” of the “International Council for Near Infrared Spectroscopy” and the “2019 Optics and Photonics Education Scholarship” of the International Society for Optics and Photonics (SPIE) for research related to his dissertation on “Quantification of cerebral oxygenation based on combined time- and spatially-resolved diffuse optical spectroscopy”.

Martin Nischwitz

Der Doktorand im Fachbereich 8.5 *Metrologische Informationstechnik* hat für seine Masterarbeit „Real-time simulation of the transmission behavior of wireless M-BUS meters in smart metering systems“ vom Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE) auf dem „FNN Fachkongress Zählen-Messen-Prüfen“ in Leipzig den mit 1500 Euro dotierten „Georg-Hummel-Preis (Technik)“ verliehen bekommen.

Martin Nischwitz, a doctoral candidate at Department 8.5, *Metrological Information Technology*, was awarded the “Georg Hummel Prize for Technology”, which is endowed with 1,500 euros, for his master thesis “Real-time simulation of the transmission behavior of wireless M-BUS meters in smart metering systems” from the German Association for Electrical, Electronic & Information Technologies e.V. (VDE) at the FNN Metering/Gauging/Testing Congress in Leipzig.



Prof. Dr. Dieter Hoffmann



Der Leiter des Forschungsprojektes „Die PTR im Dritten Reich“ hat den „2020 Abraham Pais Prize for History of Physics“ erhalten. Damit ehrt die American Physical Society den Wissenschaftshistoriker „for insightful, determined, often courageous biographical and institutional studies of the history of German physics and technology, from Weimar through the Nazi and East German regimes“.

The leader of the research project “The PTR during the Third Reich” was awarded the “2020 Abraham Pais Prize for History of Physics”. With this prize, the American Physical Society honors the science historian “for insightful, determined, often courageous biographical and institutional studies of the history of German physics and technology, from Weimar through the Nazi and East German regimes”.

Ausbildung

Berufliche Bildung

Im Jahr 2019 befanden sich bis zu 150 junge Menschen in einer der elf Ausbildungen oder einem der beiden Studiengänge der PTB, 125 davon in Braunschweig.

In Braunschweig werden die Ausbildungsberufe „Elektroniker/in für Geräte und Systeme“, „Fachinformatiker/in der Fachrichtung Anwendungsentwicklung“, „Fachinformatiker/in der Fachrichtung Systemintegration“, „Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik“, „Physiklaborant/in“, „Feinwerkmechaniker/in mit dem Schwerpunkt Feinmechanik“, „Fotograf/in“ und „Mediengestalter/in“ sowie die Studiengänge „Elektro- und Informationstechnik im Praxisverbund“ und „Informatik im Praxisverbund“ angeboten.

In Berlin werden die Ausbildungsberufe „Kaufmann/frau für Büromanagement“, „Feinwerkmechaniker/in mit dem Schwerpunkt Feinmechanik“, „Elektroniker/in für Informations- und Systemtechnik“ und „Tischler“ angeboten.

Der Ausbildungsberuf „IT-System-Elektroniker/in“ wurde Mitte des Jahres nach 21 Jahren eingestellt.

Vocational training at PTB

Professional Education

In 2019, up to 150 young people – 125 of which were in Braunschweig – were enrolled in one of the eleven apprenticeships or in one of the two dual study courses of PTB.

The apprenticed professions of “electronics technician for equipment and systems”, “IT specialist in the field of application development”, “IT specialist in the field of system integration”, “electronics technician for energy and building technology”, “physics laboratory assistant”, “precision mechanic”, “photographer”, and “media designer” as well as the dual study courses “Electronics technician and IT specialist as an integrated degree program” and “IT specialist as an integrated degree program” are available in Braunschweig.

In Berlin, the apprenticed professions of “administrative professional”, “precision mechanic”, “electronics technician for IT and systems” and “carpenter” are available.

The apprenticed profession “IT system electronics technician” was retired in the middle of the year, after 21 years.



Am 12. März 2019 wurden im BMWi in Berlin vier ehemalige Auszubildende und eine ehemalige Studentin für ihre Leistungen und Abschlüsse im Jahr 2018 geehrt. Von links: Staatssekretärin Claudia Dörr-Voß, Feinwerkmechaniker Henry Ganz, Ausbildungsleiter Bernd Weihe, Elektronikerin für Informations- und Systemtechnik Sabrina Otto, Ausbilder Axel Eggstein, Bachelorabsolventin Jana Grundmann, Ausbilderin Silke Remusch, Ausbilder Klaus Grönitz, Physiklaborantin Amrei Weimann, Ausbilder Jürgen Rother, Elektroniker für Geräte und Systeme Till Schwarznecker und Ausbilder Moritz Lütge. (Foto: BMWi)

On 12 March 2019, four former apprentices and a former student were invited to the Federal Ministry for Economic Affairs (BMWi) in Berlin to honor their achievements and degrees in 2018. At left: State Secretary Claudia Dörr-Voß, Henry Ganz (precision mechanic), Bernd Weihe (Director of Vocational Training), Sabrina Otto (electronics technician for IT and systems), Axel Eggstein (instructor), Jana Grundmann (Bachelor of Engineering), Silke Remusch (instructor), Klaus Grönitz (instructor), Amrei Weimann (physics laboratory assistant), Jürgen Rother (instructor), Till Schwarznecker (electronics engineer for instruments and systems) and Moritz Lütge (instructor). (Photo: BMWi)

Abschlüsse

Von den 30 Absolventinnen und Absolventen der PTB konnten sieben ihre Ausbildung mit der Note „sehr gut“ abschließen. Zwölf der Abschlussprüfungen erfolgten auf Wunsch der Auszubildenden vorzeitig. Die

Degrees

Seven of PTB’s 30 graduates were able to complete their apprenticeships with a “very good” mark. Twelve final exams were carried out early upon the request of the apprentices. The three students who took their

drei Prüfungen zum „Bachelor of Engineering“ des Studienganges „Elektro- und Informationstechnik im Praxisverbund“ wurden mit der Note 1,0 abgeschlossen. Im zweiten Jahr in Folge ging aus der Ausbildung „Physiklaborant/in“ eine Landessiegerin hervor. Im Mittel aller Abschlüsse liegt die PTB auch in diesem Jahr mit ihren Prüfungsergebnissen wieder weit über dem Durchschnitt.

Bachelor of Engineering examinations within the scope of their dual study course “Electronics technician and IT specialist as an integrated degree program” obtained a 1.0 mark. For the second year in a row, the best “physics laboratory assistant” apprentice of the German Federal State of Lower Saxony was trained at PTB. Once again, the examination results of PTB’s graduates are significantly above average.



Am 18. September ehrte die IHK die besten Absolventen des Kammerbezirkes Braunschweig. Von links: 1. stellvertretender Präsident der IHK, Tobias Hoffmann, Ausbilderin Silke Remusch, die Studentinnen und Studenten Jonas Leon Kloß, Melina Strüp, Sönke Seidel und Johanna Lengsfeld, die den IHK-Beruf „Elektroniker/in für Geräte und Systeme“ mit der Note „Sehr gut“ abgeschlossen haben, und die Fachinformatiker der Fachrichtung Anwendungsentwicklung Robin Becker und Jan Henry Loewe. Es fehlt die Physiklaborantin Myra Nehring. (Foto: IHK Braunschweig)

On 18 September 2019, the Chamber of Industry and Commerce (IHK) honored the best graduates of the Braunschweig chamber district. From left to right: Tobias Hoffmann (1st Deputy President of the IHK), Silke Remusch (instructor), students Jonas Leon Kloß, Melina Strüp, Sönke Seidel and Johanna Lengsfeld who completed the IHK professional degree “electronics engineer for instruments and systems” with a “very good” mark, and the “qualified IT specialist in the field of application development” graduates Robin Becker and Jan Henry Loewe. Myra Nehring (physics laboratory assistant) is missing. (Photo: IHK Braunschweig)

Am 29. Oktober fand in Oldenburg die Ehrung der Landessieger statt. Von links: Hauptgeschäftsführer der IHK Niedersachsen Thomas Hildebrandt, Physiklaborantin Myra Nehring und der Präsident der IHK Niedersachsen Gert Stuke. (Foto: Andreas Burmann)

On 29 October 2019, a ceremony was held in Oldenburg for the best apprentices in the German Federal State of Lower Saxony. At left: Thomas Hildebrandt (Chief Executive Officer of the IHK Lower Saxony), Myra Nehring (physics laboratory assistant) and Gert Stuke (President of the IHK in Lower Saxony). (Photo: Andreas Burmann)



Die drei „Bachelors of Engineering“ des Studienganges „Elektro- und Informationstechnik im Praxisverbund“ mit der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften schlossen ihre Bachelorarbeiten mit der Note 1,0 ab. Von links: Niklas Schüler, Jannes Langemann und Andreas Schramm

The three students who received a Bachelor of Engineering within the scope of their dual study course “Electrical Engineering and Information Technology as an Integrated Degree Program” received 1.0 marks for their bachelor theses. At left: Niklas Schüler, Jannes Langemann and Andreas Schramm.

Akademische Abschlüsse / Academic degrees

Promotionen / Doctoral degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Daniel Hutzschenreuter	Abt. Mechanik und Akustik (1)	TU Braunschweig	Validation of Evaluation Algorithms in Multidimensional Coordinate Metrology
Jan Nitsche	Festkörpermechanik (1.2) / Koordinatenmesstechnik (5.3)	TU Braunschweig	Statische und dynamische Untersuchung von Mehrkomponentensensoren für Kräfte und Momente
Hans-Benjamin Böckler	Gase (1.4)	U Duisburg/ Essen	Messrichtigkeit von mechanischen Gasmess- geräten bei Verwendung von unterschiedli- chen Gasbeschaffenheiten, Modellgleichung zur Abschätzung der Messabweichung und Korrektur der Messergebnisse
Spyros Brezas	Akustik und Dynamik (1.7)	RWTH Aachen	Investigation on the dissemination of unit watt in airborne sound and applications
Tobias Wenz	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	U Hannover	Quantum dot spectroscopy by single- electron pumping
Christian Krause	Elektrische Quantenmetrologie (2.6) / Kryosensorik (7.6)	TU Braunschweig	Optimierung des ultrastabilen rauscharmen Stromverstärkers
Julia Molle	Allgemeine und Anorganische Chemie (3.1)	TU Braunschweig	Closing the gap: Measuring Identical Distances by Super-Resolution Microscopy and Single-Molecule FRET
Luise Luckau	Biochemie (3.2)	TU Braunschweig	Entwicklung eines Massenspektrometrie-ba- sierten Verfahrens zur Quantifizierung von HIV-Strukturproteinen und deren Stöchio- metrie für neue analytische Anwendungen
Stefan Essmann	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	Experimentelle Untersuchung der Zündung durch elektrostatische Entladungen geringer Energie
Nijan Yogal	Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	TU Braunschweig, elenia	Analysis of a permanent magnet synchronous machine with regard to explosion protection capability

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Carsten Über	Explosionengeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	TU Ilmenau	Charakterisierung elektrischer Kontakt- Entladungen im Bereich niedriger Spannungen im Zündgrenz-Bereich von Wasserstoff-Luft-Gemisch
Johannes Ledig	Photometrie und Spektroradiometrie (4.1)	TU Braunschweig	SEM-based nano-analytical methods for 3D semiconductor microstructures
David-Marcel Meier	Zeit und Frequenz (4.4)	U Hannover	Electronic level structure investigations in Th ⁺ in the energy range of the ²²⁹ Th isomer
Fabian Plag	Angewandte Radiometrie (4.5)	TU Braunschweig	Development and application of a multidimensional model for the improvement of solar energy metrology
Tobias Burgermeister	QUEST	U Hannover	Development and characterization of a linear ion trap for an improved optical clock performance
Henning Hahn	QUEST	U Hannover	Two-qubit microwave quantum logic gate with ⁹ Be ⁺ ions in scalable surface-electrode ion traps
Tobias Leopold	QUEST	U Hannover	A cryogenic ion trap system for quantum logic spectroscopy of highly charged ions
Matthias Schumann	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	TU Braunschweig	Neues Verfahren zur Reduktion der Messunsicherheit bei der Bestimmung von Winkeln in drei Dimensionen
Stephan Jantzen	Koordinatenmesstechnik (5.3)	TU Braunschweig	Design of a High-Precision Microgear Metrology System
Katharina Skupin	Interferometrie an Maßverkörperungen (5.4)	Humboldt-U Berlin	Absolute Längenmessung prismatischer Körper mit dem beidseitig antastenden Interferometer der PTB
Benjamin Bromberger	Strahlenwirkung (6.5)	Humboldt-U Berlin	Erzeugung und Charakterisierung eines gepulsten, intensiven Neutronen- und Gamma Strahls zur Anwendung in der Luftfrachtdurchleuchtung
Malte Wansleben	Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung (7.2)	TU Berlin	Anwendung eines effizienten Von-Hamos- Spektrometers für die hochauflösende Röntgenemissionsspektrometrie

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Sebastian Baack	Wärme und Vakuum (7.5)	TU Berlin	Heat Metering with Glycol-Water-Mixtures
Jonas Gienger	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	TU Berlin	Determination of optical and geometrical properties of blood cells and microparticles from light scattering

Master / Master's degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Christian Rohrig	Gleichstrom und Niederfrequenz (2.1)	Optimierte und automatisierte Arbeitspunkteinstellung für DC- Josephson Quantennormale
Niklas Rühmann	Elektrische Energiesmesstechnik (2.3)	Metrologische Untersuchung eines selbstabgleichenden Gleichspannungsteilers mit dem Ziel der Implementierung als neues Hochspannungsnormale an der PTB
Nuki Susanti	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Development of an experimental test-rig for deposit formation evaluation during powder transport
Mark Gindera	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Bestimmung des Erwärmungsverhaltens von Lithium- Ionen-Batterie-Pouchzellen
Benjamin Gloger	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Untersuchungen zum Abkühlverhalten explosionsgeschützter elektrischer Maschinen nach einer Auslösung der Motorschutz- einrichtung in Abhängigkeit der Motorbemessungsleistung
Patrick Rinder	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Konzeptionierung und Programmierung eines Batterie- managementsystems für Lithium-Ionen-Batteriemodule auf Basis eines PXI-Systems
Jiawei Cui	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Messung der Wirbelstromverluste in Permanentmagneten unter sinus- und nichtsinusförmigen externen Magnetfeldern mit besonderer Berücksichtigung der Temperatur- und Frequenzeinflüsse
Muhammad Zain	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Pressure Dependence of the Lower Explosion Point

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Priyank Kumar Raval	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Ignition temperature of explosive atmosphere in dependence on spatial orientation of the hot surface
Florian Bruns	Nachwuchsgruppe Metrologie für funktionale Nanosysteme (4.01)	Ladungsträgerdichtefluktuationen als Rauschquelle in der Gravitationswellendetektion
Alexander Spohr	Photometrie und Spektroradiometrie (4.1)	Verfahren zur Generation von Strahlendaten und Leuchtdichteverteilungen aus Messungen mit einem Nahfeldgoniophotometer
Christof Hellmann	Zeit und Frequenz (4.4)	Erzeugung ultrastabiler Signalquellen von Mikrohertz bis Petahertz mit Hilfe von SDR-Techniken
Justus Christinck	Angewandte Radiometrie (4.5)	Einfluss dielektrischer Grenzflächen auf die Abstrahlcharakteristik von NV-Zentren in Nanodiamant
Kai Dietze	QUEST	Zustandskontrolle und Dynamical Decoupling mit Pulssequenzen für gefangene Ionen
Hartmut Nimrod Hausser	QUEST	Bereitstellung von UV-Laserlicht zur direkten Kühlung und Detektion von $^{115}\text{In}^+$
Sara Panahandeh	QUEST	Optical frequency doubling: setup and characterization of two doubling stages. Phase-stabilization of the optical path by active feedback. Characterization for optical spectroscopy with high precision optical clocks
Lars Timm	QUEST	Interplay between phase transitions and excitation dynamics in Coulomb crystals
Chih-Han Yeh	QUEST	Excitation of the Forbidden Octupole Transition in $^{172}\text{Yb}^+$ Coulomb Crystals
Yuqi Tang	Oberflächenmesstechnik (5.1)	Experimentelle Untersuchung der Messunsicherheit eines MEMS-basierten Steifigkeitskalibrierverfahrens für AFM-Cantilever
Joao Canhoto	Strahlenwirkung (6.5)	LET- and Radiation Quality-dependence of the complexity of DNA damages
Florian Immel	Strahlenwirkung (6.5)	Untersuchung von Signalverstärkerstrukturen und Entwicklung des Datenaufnahmesystems für einen nanodosimetrischen Teilchenspurdetektor

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Moritz Feierabend	Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie (7.3)	Development, realisation and application of a reference blackbody for improved traceability of infrared radiation measurements of the atmosphere
Andreas Wilke	Wärme und Vakuum (7.5)	Schallgeschwindigkeitsmessungen zur Bestimmung von Stoffdaten für Wärmeträgermedien auf Glykol-Basis
Josepha Altmann	Kryosensorik (7.6)	Entwicklung eines Messplatzes zur Messung der komplexen Suszeptibilität von magnetischen Partikeln unter Verwendung von supraleitenden Sensoren
Sven Lukanec	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Evaluation of cardiac T1-mapping using golden-ratio based radial bSSFP image acquisition at 1.5 T
Sandy Szemer	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Development of an MR Phantom Setup for the Validation of Phase Contrast Velocity Imaging
Julia Ullrich	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	Uncertainty quantification for heat equation
Albert von Kenne	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	Modelling collective dynamics of cilia arrays
Martin Nischwitz	Metrologische Informationstechnik (8.5)	Real-Time Simulation of the Transmission Behavior of Wireless M-BUS Meters in Smart Metering Systems

Bachelor / Bachelor's degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Roman Kay	Flüssigkeiten (1.5)	Ähnlichkeit des Verhaltens von Kavitationsdüsen bei verschiedenen Fluiden
Malte Brüers	Akustik und Dynamik (1.7)	Eignung von Referenzverglasungen zur Beurteilung von Prüfständen für die Bestimmung der Schalldämmung von Verglasungen

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Johanna Schwarzbard	Akustik und Dynamik (1.7)	Luftschalldämmung von Fassaden bei tiefen Frequenzen
Jihao Jia	Akustik und Dynamik (1.7)	Metrological Assessment of a Digital MEMS Triaxial Angular Accelerometer
Andreas Schramm	Gleichstrom und Niederfrequenz (2.1)	Entwicklung einer rechnergesteuerten Stromquelle mit 18 Kanälen für das DC-Josephson-Spannungsnorm
Richard Drieschner	Hochfrequenz und Felder (2.2)	Untersuchung von Kalibrieralgorithmen für quasioptische Aufbauten im Millimeterwellenbereich
Jannes Langemann	Elektrische Energiesmesstechnik (2.3)	Prototypische Weiterentwicklung eines Messsystems zur metrologischen Charakterisierung von Ladevorgängen an Ladeeinrichtungen unter Verwendung eines Präzisionsleistungsanalysators und Nutzung der Kommunikation gemäß DIN SPEC 70121 sowie DIN EN ISO 15118
Di Zhang	Elektrische Energiesmesstechnik (2.3)	Untersuchung einer hochauflösenden phasenempfindlichen Messeinrichtung zur Kalibrierung von Induktivteilern bis 1200 V
Hongyu Wang	Elektrische Energiesmesstechnik (2.3)	Validierung von Prüflasten für ein Netzurückwirkungs-messsystem
Carl Grimpe	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	Optische Charakterisierung von Nanodiamanten
Daniela Klaus	Physikalische Chemie (3.3)	Analyse von Wasserstoff im Erdgasnetz – Potential eines He-/H ₂ -Gasgemisches als Trägergas in der Prozessgaschromatographie
Stefan Derksen	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Thermische Bewertung von Anschluss- und Verteilerkästen im Explosionsschutz, Zündschutzart erhöhte Sicherheit
David Jonczy	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Untersuchungen von Einflussgrößen auf die Messung von Explosionsdrücken mittels piezoelektrischer Drucksensoren im Bereich der „Druckfesten Kapselung“
Oliver Landrath	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Konzeptionierung eines Schaltkreises für externe Kurzschlussmessungen von Lithiumionen-Batterien

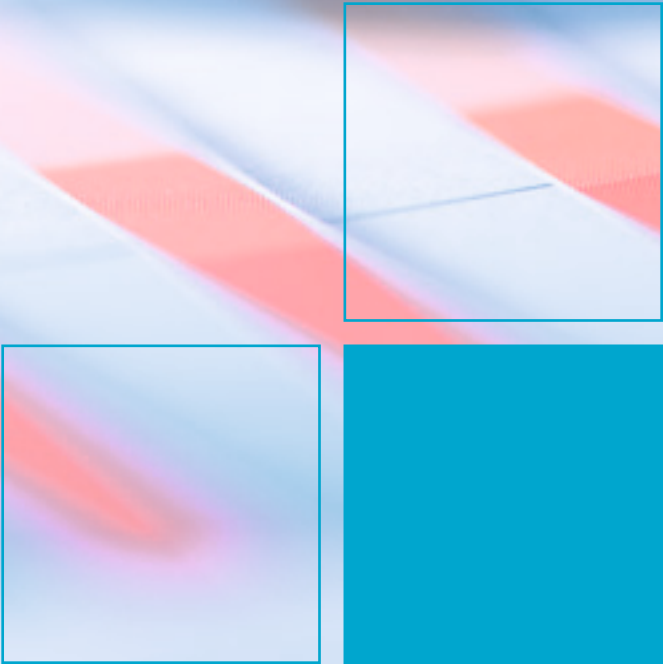
Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Cihan Kavak	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Erstellung eines Softwarepaketes (Treiber, Test- und Steuerungsprogramm) zur Ansteuerung einer experimentellen Kontaktvorrichtung
Iklima Durmaz	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Anwendung zweier Kalorimetrierverfahren zur Untersuchung von Lithium-Ionen-Batteriepouchzellen
Niklas Schüler	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Aufbau einer Kontaktvorrichtung mit Linearmotor im Rahmen der Forschung für das Konzept Eigensicherheit im Explosionsschutz
Nikolai Thiessen	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Ermittlung des stromkreisspezifischen minimalen Energieeintrages in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Zündung von elektrischen Entladungen bei Kontaktöffnungen
Iskander Boulila	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Programmierung der Funktionsbausteine einer SPS zur Steuerung und Überwachung eines Motorprüfstandes
Rebecca Diethelm	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Plasmaspektroskopie von Kontakt-Entladungen in einem Wasserstoff-Luft-Gemisch
Xiaochen Li	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Integration of the measurement and controlling setup for measurements on the influence of high ignition energies on the early development of gas explosions
Malte Renken	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Elektrostatische Vorgänge beim Befüllen von Stahlbehältern mit isolierenden Flüssigkeiten
Jonas Esslinger	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Messung elektrostatischer Effekte beim prozessbedingten Versprühen von Flüssigkeiten
Eileen Bozlagan	QUEST	Charakterisierung eines kompakten und UV-tauglichen Double-pass-AOMs
Arthur Hettinger	QUEST	Phasenstabilisierung eines Uhrenlasers bei 1069 nm
Lei Chen	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Design einer auf Matlab basierenden Software für die Charakterisierung der Spitzenform bei 3D/CD-AFM-Messungen

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Tianyu Xu	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Design einer auf Matlab basierenden Software für die Auswertung von Kalibrierdaten an nanoskaligen Gittern
Simon Müller	Koordinatenmesstechnik (5.3)	Entwicklung einer neuen Kalibrierstrategie für die Referenz- wand der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)
Rahel-Debora Werner	Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik (6.2)	Validation of a Geant4-Based Monte Carlo Code for Voxelized Geometries for Patient-Oriented Mammography Dosimetry
Felix Lehner	Strahlenschutzdosimetrie (6.3)	Analyse- und Berechnungsverfahren zur Auswertung eines pixelierten Detektors mit einem Gleitschatten-Filter
Sebastian Sachse	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	Iterative Ansteuerung eines Rasterkraftmikroskops mittels Bildererkennung
Marcel Wurm	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	Harel's Statecharts: Anwendungen zur Modellierung betrieblicher Informationssysteme
Maximilian Luttkus	Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung (7.2)	Inbetriebnahme und Charakterisierung eines Röntgen- detektors für XRD- und WAXS-Messung
Yang Ye	Kryosensorik (7.6)	Development of software tools for superconducting quantum interference device (SQUID) characterization
Wiebke Pohland	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Einfluss verschiedener Sequenzparameter auf die Lokalisierungsgenauigkeit eines MR-Spektroskopievoxels
Kathrin Hechler	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Aufbau und Charakterisierung eines Messplatzes zur Temperaturmessung von Implantaten bei wechselnden Gradientenfeldern eines MRT
Anrico Stauss	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Ortsaufgelöste Geschwindigkeitsmessungen in einem Rotationsphantom mit Hilfe eines Magnetresonanz- tomographen
Aron Rogmann	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Development and proof-of-concept of a novel two-dimensional spatial-selective MRI sequence reducing acquisition time

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Christoph Seidel	Biomedizinische Optik (8.3)	Entwicklung eines Scanverfahrens zur Bestimmung der optischen Eigenschaften von oberflächennahen Gewebereichen
Daniel Peter	Biomedizinische Optik (8.3)	Einfluss der Detektor-Parameter auf die Bestimmung der optischen Eigenschaften von Gewebe-Phantomen
Ayşe Akin	Biomedizinische Optik (8.3)	Erprobung eines Pikosekunden-Weißlichtlasers für die Nahinfrarotspektroskopie von Gewebe

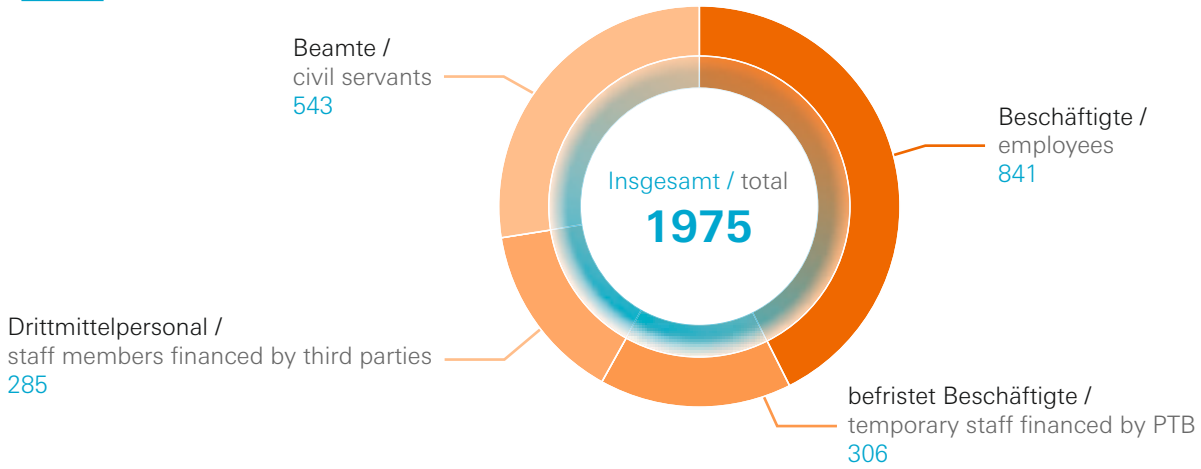
Zahlen und Fakten

Facts and Figures





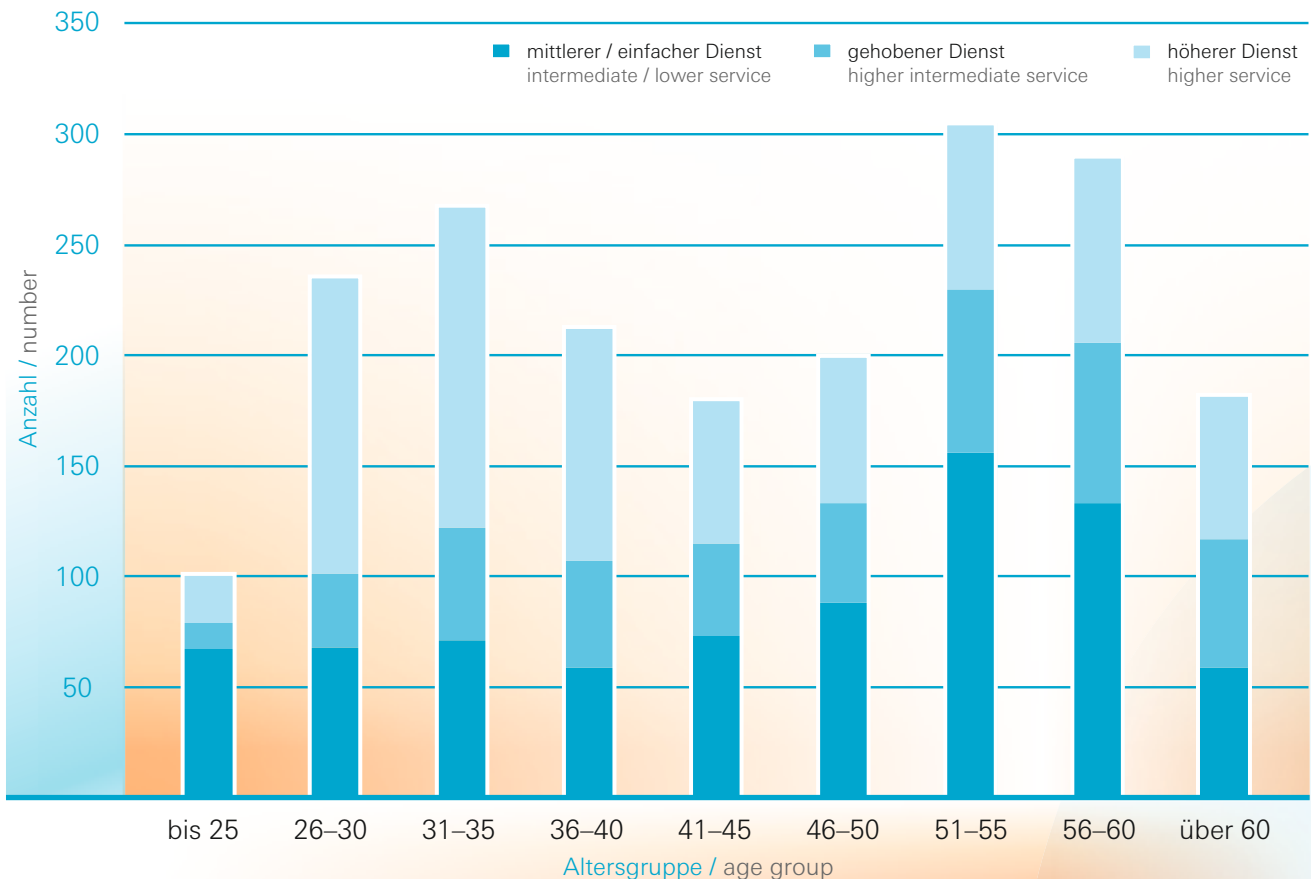
Personal / Staff



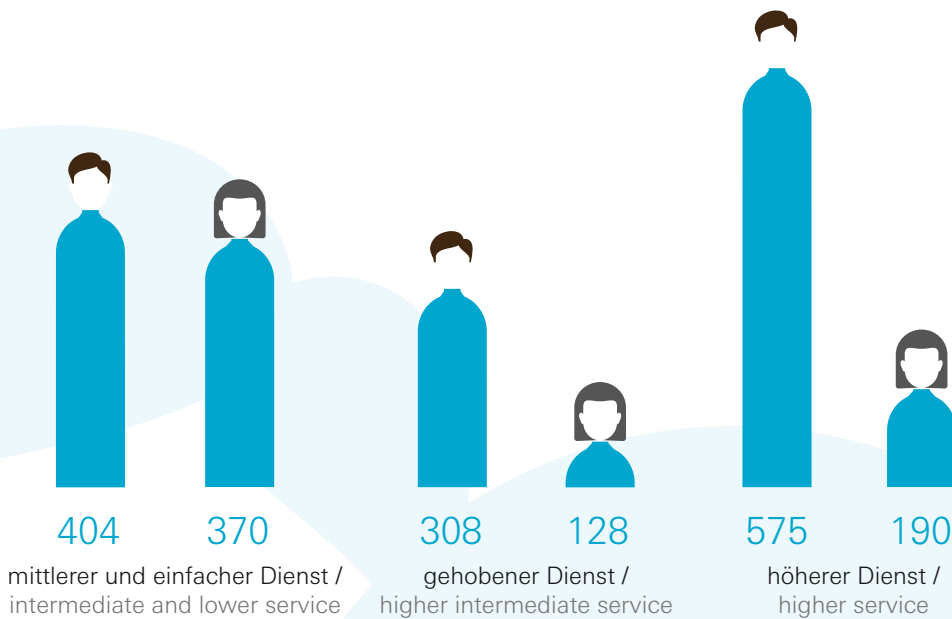
Die PTB zählte zum 31.12.2019 insgesamt 1975 Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen. Der Anteil der Beamten lag bei rund 27,5 %, der Anteil aller mit befristeten Verträgen (finanziert aus PTB-Mitteln sowie aus Drittmitteln) bei 30 %. Das Säulendiagramm zeigt die Altersstruktur in den unterschiedlichen Laufbahngruppen. Weiterhin waren im letzten Jahr 103 Werkstudenten und 142 Auszubildende in der PTB beschäftigt.

At 31.12.2019, PTB employed a total of 1975 members of staff. Civil servants made up around 27,5 % of all employees, while those with temporary contracts (financed with PTB funds as well as with third-party funds) made up around 30 % of all employees. The bar chart is showing the age structure of staff, distinguished by civil service groups. Furthermore, 103 student employees and 142 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

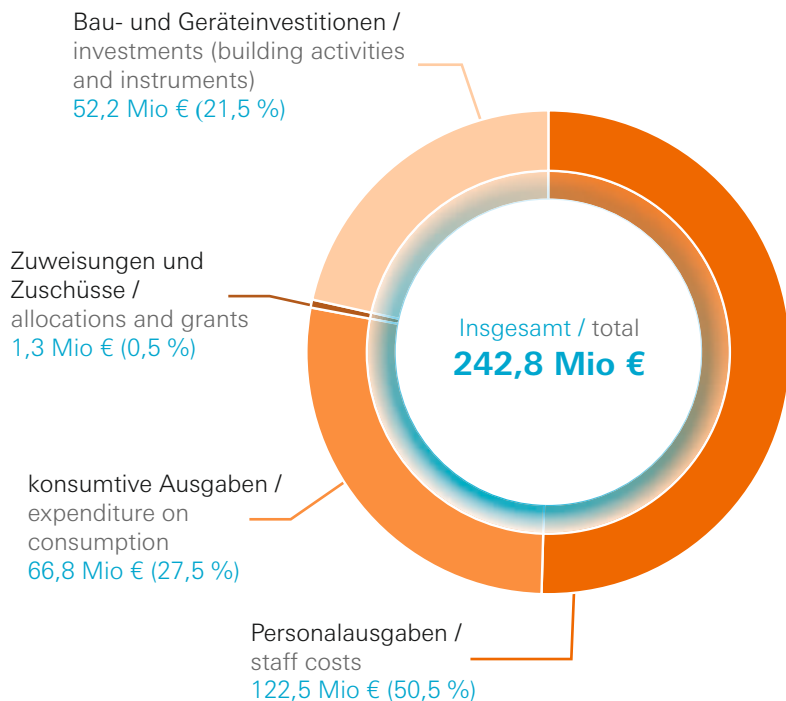


Die PTB gehört zu den größten Ausbildungsbetrieben in der Region Braunschweig. Gegenwärtig sind 142 Auszubildende bei der PTB angestellt. (In Klammern sind die Neueinstellungen im Berichtsjahr angegeben.) Alle Auszubildende werden nach der Abschlussprüfung für mindestens ein Jahr in der PTB weiterbeschäftigt.

PTB is among the most important institutions in the region of Braunschweig which provide training. 142 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

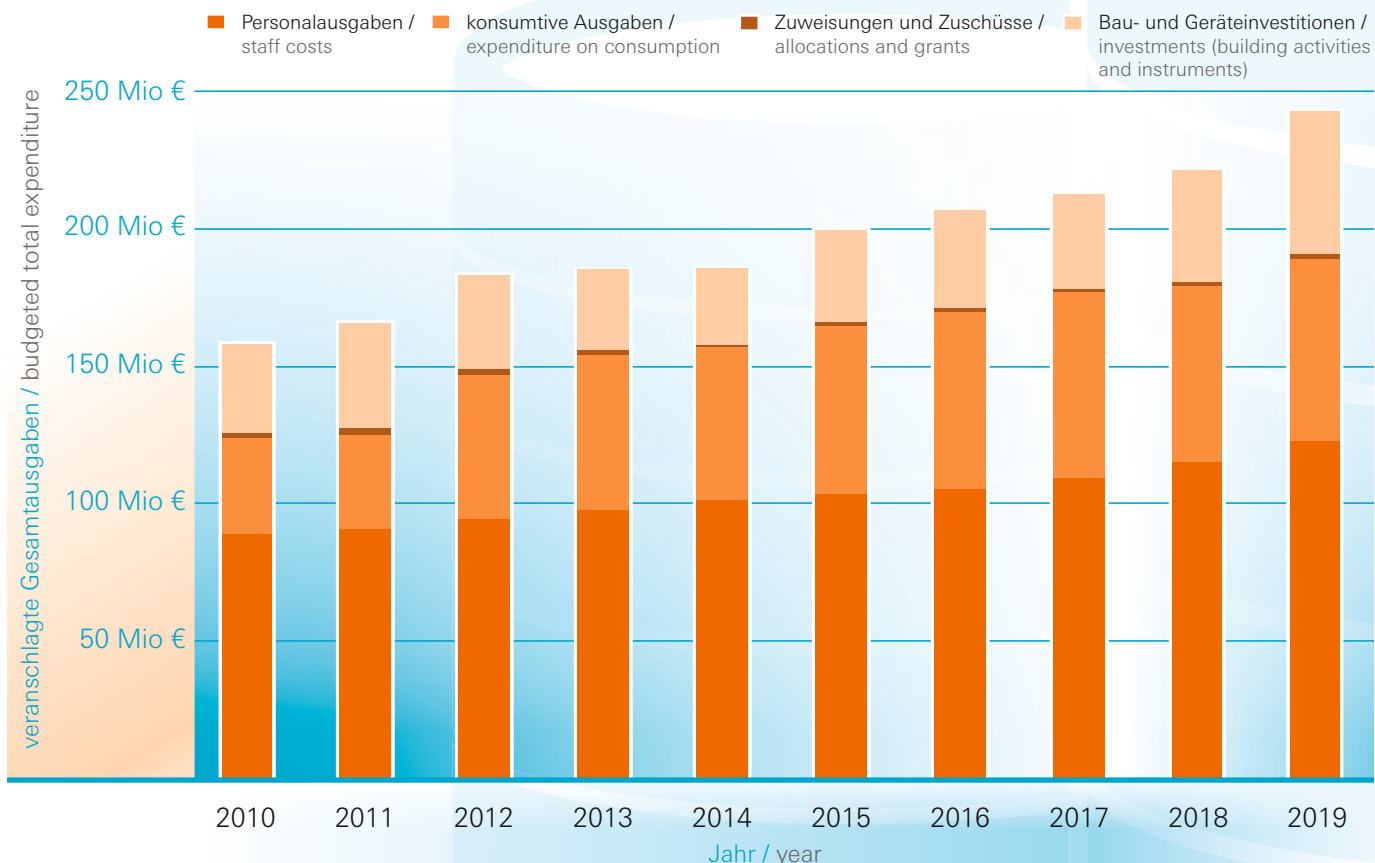
Ausgabenverteilung / Breakdown of expenditure



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.

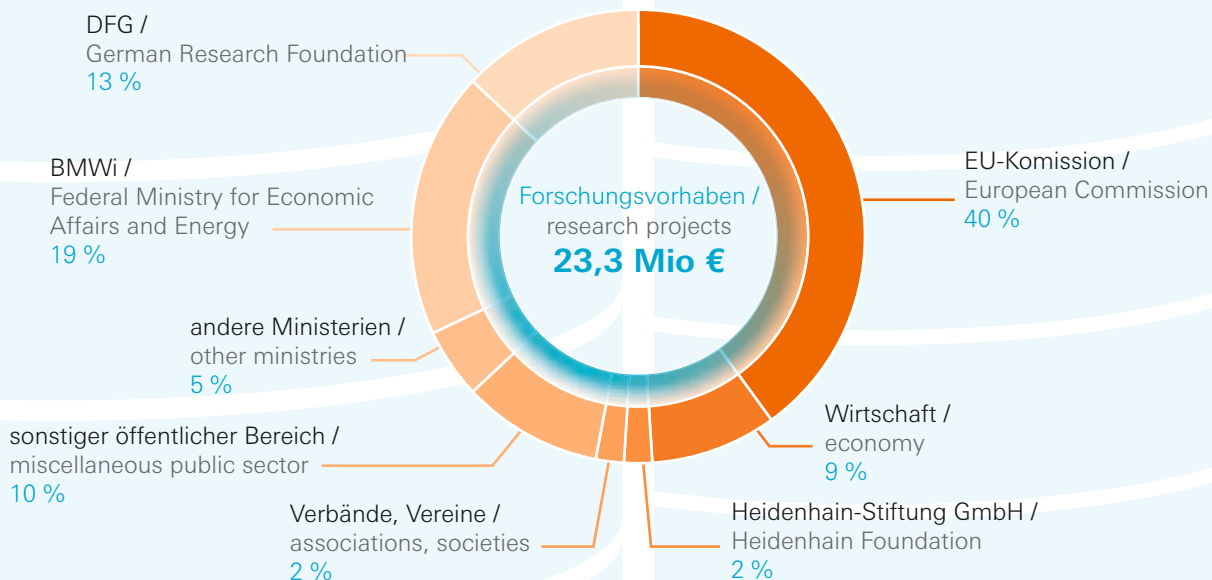
The chart shows the breakdown of the expenditure (in million euros) in the year under review. Bar chart at the bottom: Development of the total expenditure of the PTB budget in the past ten years. Since 2012, the rental payments to the Bundesanstalt für Immobilienaufgaben are included in the PTB budget,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

Entwicklung des Haushalts / Budget development

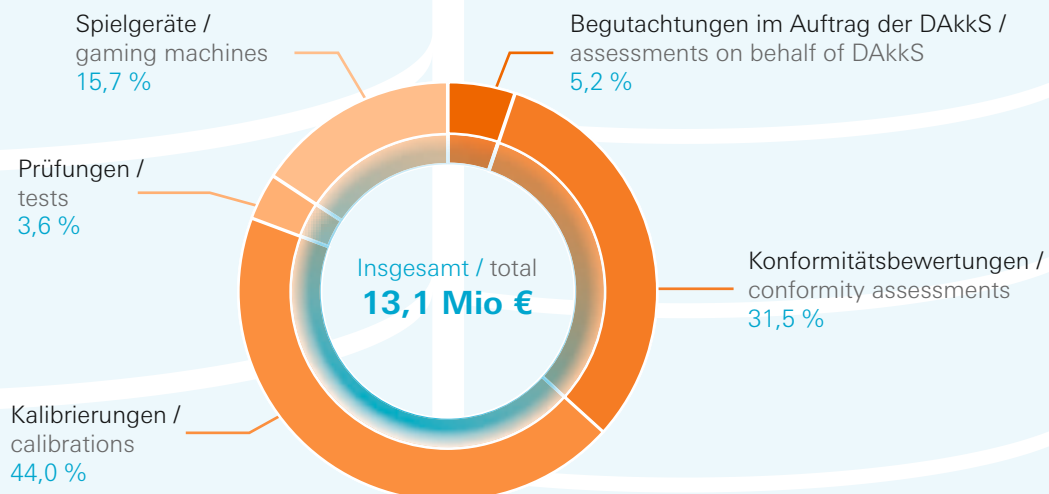


Drittmittel / Third-party funds

- Die Ausgaben für Forschungsvorhaben aus Drittmitteln summieren sich im Jahr 2019 auf 23,3 Mio. Euro. Die Grafik gibt hierzu die prozentualen Anteile der unterschiedlichen Quellen an.
- Für Projekte der Internationalen Zusammenarbeit wurden 17,2 Mio. Euro verwendet.
- Insgesamt ergeben sich im Berichtsjahr 40,5 Mio. Euro für 725 Drittmittelprojekte (Forschungsvorhaben und Projekte der Internationalen Zusammenarbeit).
- Speziell mit den Mitteln der Heidenhain-Stiftung GmbH werden zwei Nachwuchsgruppen finanziert (eine zur Nanometrologie, eine zur Digitalisierung im gesetzlichen Messwesen).
- In 2019, the expenditure for research projects from third-party funds added up to a total of 23.3 million euros. The chart shows the percentage shares of the different sources.
- For technical cooperation projects, 17.2 million euros were used.
- In total 40.5 million euros were used for 725 third-party projects (research projects and technical cooperation projects).
- 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



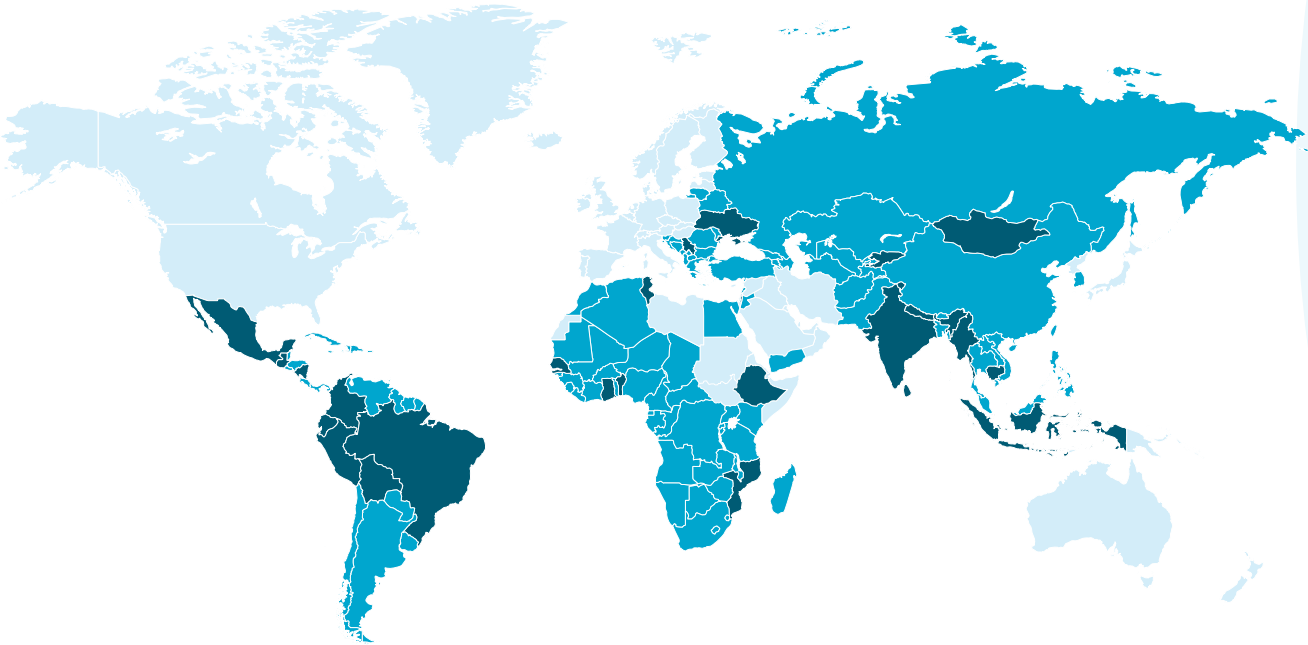
Einnahmenanteile der verschiedenen Dienstleistungsbereiche der PTB im Jahr 2019. Gesamtforderungen: 13,1 Millionen Euro.

Income distribution of 2019 among the various service sectors of PTB. Total receivables: 13.1 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

17,2 Mio €

The quality infrastructure projects of PTB's *International 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

€ 17.2 million

Normung / Standardization

nationale Gremien / national bodies

683

internationale Gremien / international bodies

599

davon Normung / thereof: standardization

245

davon Normung / thereof: standardization

207



Nationale Normungsvorhaben / National standardization projects

Die PTB engagierte sich im Jahr 2019 in 683 nationalen Gremien, darunter 245 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 91-mal die Leitung inne.

In 2019, PTB participated in 683 national bodies, among these 245 in the field of standardization. PTB heads a total of 91 of these bodies.

Internationale Normungsvorhaben / International standardization projects

Die PTB engagierte sich im Jahr 2019 in 599 internationalen Gremien, darunter 207 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 100-mal die Leitung inne.

In 2019, PTB participated in 599 international bodies, among these 207 in the field of standardization. PTB heads a total of 100 of these bodies.



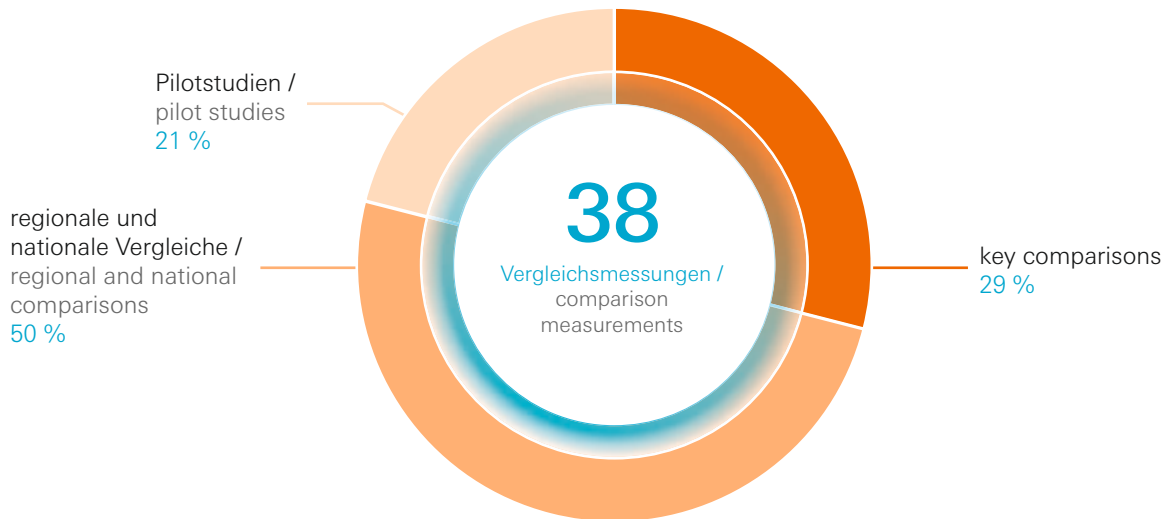
Qualitätsmanagement / Quality management

Internationale Vergleichsmessungen

Die PTB hat im Berichtsjahr 38 Vergleichsmessungen abgeschlossen. Es handelte sich um 11 Schlüsselvergleiche, 8 Pilotstudien und 19 regionale / nationale Vergleiche. 66 % der Vergleichsmessungen und Pilotstudien waren von direkter Relevanz für die Kalibrier- und Messmöglichkeiten der PTB im Rahmen des CIPM-MRA¹. Bei 16 dieser Vergleichsmessungen stellte die PTB das Pilotlabor.

International comparison measurements

In the year under report, PTB took part in 38 comparison measurements, namely 11 key comparisons, 8 pilot studies and 19 regional/national comparisons. 66 % of the comparison measurements were of direct relevance to the calibration and measurement capabilities of PTB within the scope of the CIPM MRA¹. PTB participated in 16 comparison measurements as a pilot lab.



Anerkennung des Qualitätsmanagementsystems

Die Selbsterklärung zum Qualitätsmanagement der PTB² wurde 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

PTB's self-declaration on quality management² was approved by the users and customers of metrological services, by international expert teams within the scope of the Metre Convention and by international expert teams within the scope of the OIML, and by the national legislator.

Seit Unterzeichnung des multilateralen Abkommens des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht (CIPM-MRA¹) 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 1500 Kalibrier- und Messmöglichkeiten und schaffen somit die Basis der

Since the Mutual Recognition Arrangement of the International Committee for Weights and Measures (CIPM-MRA¹) was signed in October 1999, PTB (in its function as the National Metrology Institute) and the designated institutes for special chemistry tasks (BAM Federal Institute for Materials Research and Testing, the Federal Environment Agency and the Federal Office of Consumer Protection and Food Safety) have been partners in this arrangement. They cover approximately 1,500 calibration and measurement capabilities and

nationalen metrologischen Rückführung. Im April 2019 erfolgte die diesjährige Anerkennung für das deutsche metrologische System im Rahmen der 14. EURAMET-TC-Quality-Sitzung in Ljubljana. Basis des gegenseitigen erreichten Vertrauens bilden die Offenlegung der internen QM-Prozesse auf der Basis der ISO/IEC 17 025 sowie im Bereich der Referenzmaterialien in der Chemie zusätzlich der ISO 17 034, der Ergebnisse der internen Audits und der Vergleichsmessungen. Im Fokus standen dabei in diesem Jahr insbesondere die Maßnahmen zur Anpassung an die neue ISO/IEC 17025:2017. Unterstützt wird die gegenseitige Vertrauensbildung durch Begutachtungen („Peer Reviews“) mit Vor-Ort-Besuchen. Entsprechende Reviews führten Fachexperten der nationalen Metrologieinstitute Österreichs (BEV) und der Schweiz (METAS) im Rahmen des EURAMET-Projektes 1083 in den Bereichen der Radioaktivität und Hörschall durch.

Zur Unterstützung der 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/ISO/IEC 17 025 im Zusammenhang mit dem OIML-Zertifizierungssystem (OIML-CS³) sowie mit der Umsetzung der europäischen Richtlinien RL 2014/32/EU (Messgeräterichtlinie) nach dem deutschen Mess- und Eichgesetz (MessEG). Im Ergebnis konnten die Voraussetzungen für die Teilnahme am OIML-CS bzw. der bestehende EU-Notifizierungsumfang⁴ nachgewiesen werden.

Weiterentwicklung des QM-Systems

Die primär notwendige Anpassung des QM-Systems der PTB an die modifizierten Anforderungen der ISO/IEC 17025:2017 konnte in diesem Jahr abgeschlossen werden. In diesem Zusammenhang wurden die im Vorjahr entsprechend abgestimmten Prozesse der QM-Lenkung und -Steuerung einschließlich des neu integrierten Risikomanagements realisiert sowie die Kernprozesse zur Erbringung der Leistungen und die erforderlichen unterstützenden QM-Verfahren diskutiert und angepasst.

thus form the basis of national metrological traceability. In April 2019, the German metrological system was approved within the scope of the 14th EURAMET TC Quality Meeting in Ljubljana. The mutual trust that has been achieved is due to two factors: On the one hand, it is due to the disclosure of the internal QM processes on the basis of ISO/IEC 17 025 (as well as – in the field of reference materials in chemistry – additionally on the basis of ISO 17 034). And, on the other hand, it is due to the results of the internal audits and of the comparison measurements. In 2019, a particular focus was on the measures of adaptation to the new ISO/IEC 17025:2017. The mutual confidence-building is being 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) within the scope of the EURAMET project 1083 in the fields of radioactivity and audible sound.

To support PTB's activity as a conformity assessment body (0102), „peer reviews“ were carried out within the scope of the BEV-METAS-PTB agreement. The aim of these „peer reviews“ was to confirm that the QM system is in compliance with ISO/IEC 17 065/ISO/IEC 17 025 [in connection with the OIML certification system (OIML-CS³) and in connection with the implementation of the European Measuring Instruments Directive 2014/32/EU according to the German Measures and Verification Act (MessEG)]. The result confirmed that the preconditions for participating in the OIML-CS are being fulfilled. And it also confirmed the existing scope of notifications in the EU⁴.

Further development of the QM system

In 2019, we were able to complete the adaptation of PTB's QM system to the modified requirements of ISO/IEC 17025:2017. This was a precondition that had to be fulfilled first. In this context, the QM steering and control processes (including the newly integrated risk management), which had been appropriately harmonized in the previous year, have been realized. Besides this, the core processes that are needed to provide the services as well as the QM processes that are required to support these core processes have been discussed and adapted.

¹ <http://www.bipm.org/en/cipm-mra/>

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

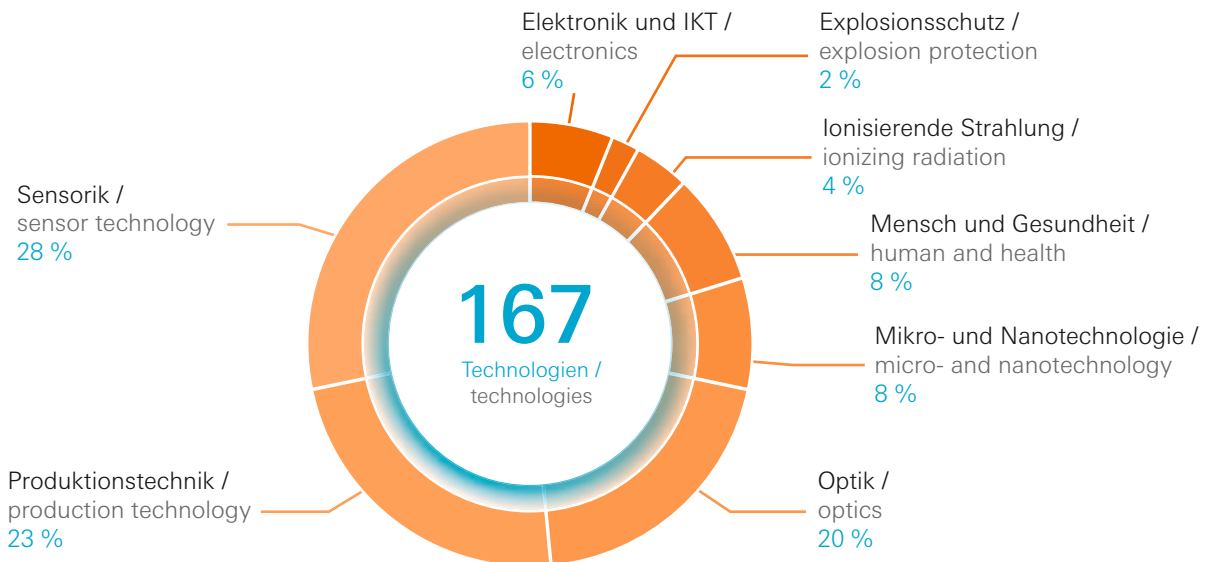
³ <https://www.oiml.org/en/certificates/oiml-cs/general-information>

⁴ <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/) /
Portfolio of PTB patents and technologies, available for licencing (www.technologytransfer.ptb.de/)

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

Erfindungen 2019 / Inventions 2019	16
Patentanmeldungen 2019 / Patents 2019	12
aktive Patentvorgänge* / active patent applications*	156
Lizenzverträge akkumuliert / accumulated license agreements	103
zusätzliche Einzellizenzen** / additional individual licenses**	122

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

**beispielsweise Software / for example: software

Auszeichnung für Technologietransferprojekt der PTB

Durch die Integration von neuen Technologien kann ein Unternehmen das eigene Produktportfolio stetig an wechselnde Marktanforderungen anpassen. Dieses schnell zu erreichen gelingt besonderes effizient, wenn die Technologie von einer Forschungseinrichtung entwickelt wird und zum richtigen Zeitpunkt an das Industrieunternehmen transferiert wird. Ein besonders erfolgversprechendes Projekt wurde im Jahr 2019 mit einem Technologietransferpreis der IHK Braunschweig ausgezeichnet.

Award for PTB's Technology Transfer Project

A company can continuously adapt its own product portfolio to changing market demands by integrating new technologies. Achieving this quickly can be accomplished very efficiently if the technology is developed by a research institute and if it is transferred to an industrial concern at the right point in time. Braunschweig's Chamber of Industry and Commerce (IHK) awarded a particularly promising project with a technology transfer prize in 2019.

Ein großes Team in der PTB hat über viele Jahre ein Verfahren zur Fertigung hochreiner Siliziumkugeln entwickelt. Diese haben eine extrem glatte, gleichmäßige und komplett schädigungsfreie Oberfläche, die nötig ist, um das Volumen der Kugeln mit der erforderlichen Genauigkeit zu ermitteln. Sie wurden für die Neudefinition des Kilogramms benötigt. Da es sowohl beim Reinigen als auch beim Transport der Kugeln äußerst wichtig ist, dass keine Mikrokratzer die Oberfläche beschädigen, hat die PTB ebenfalls Know-how zur Handhabung, Lagerung und zum Transport der Kugeln und basierend darauf neue Produkte wie beispielsweise Transportbehälter und Zangen entwickelt.

Um den weltweiten Bedarf der nationalen Metrologieinstitute, wissenschaftlichen Einrichtungen und Laboren an Kugeln vergleichbarer Güte aus natürlichem Silizium zu stillen, wurde dieser Fertigungsprozess an die Industrie transferiert. Die Unternehmen konnten hier schon früh erste Erfolge am Markt erzielen.

Das Fertigungsverfahren mit patentierter Lagerung wurde samt dem notwendigen Know-how im Rahmen des Förderprogramms TransMeT von der PTB an die J. Hauser GmbH & Co. KG transferiert. Ebenfalls war die Firma Häfner GmbH Transferpartner, die – getrieben durch das Projekt – neben dem Vertrieb der Kugeln sowie Reinigungs- und Handhabungsutensilien mittlerweile auch Schulungen zum fachgemäßen Umgang mit Siliziumkugeln anbietet.

Stellvertretend für das Team der PTB wurden Dr. Prof. h. c. Frank Härtig, Katharina Lehrmann, Dr.-Ing. Rudolf Meeß und Thomas Wiedenhöfer als Mitarbeiter der PTB für den erfolgreichen Transfer ausgezeichnet.

„Mit dem Transfer der Kugelfertigung an Hauser und dem Transfer der Handhabung an Häfner ist eine weltweit einzigartige schlüsselfertige Infrastruktur geschaffen worden, die es erlaubt, hochstabile und exakte Massenormale anzubieten“, freut sich Prof. Dr. Frank Härtig über den gelungenen Technologietransfer.

A large team at PTB has developed a method of producing high-purity silicon spheres over many years. These spheres have an extremely smooth, even surface that is completely free of damage, which is necessary to determine the volume of the spheres with the accuracy required. Such spheres were needed at PTB for the redefinition of the kilogram. As it is extremely important when cleaning but also when transporting the spheres that no micro-scratches damage the surface, PTB also has know-how of handling, storing and transporting such spheres and, as a result, has developed new products such as transport containers and special tongs for spheres.

This production process was transferred to industry to be able to satisfy the worldwide demand of National Metrology Institutes, scientific institutions and laboratories for spheres of a comparable quality made of natural silicon. The industrial companies showed the first signs of market success very early on.

The production procedure with its ring-shaped stand made of synthetic materials was transferred to J. Hauser GmbH & Co. KG by PTB along with the necessary know-how within the scope of the TransMeT funding program. Häfner GmbH was also a transfer partner. It not only sells the spheres, but provides cleaning and handling utensils too and now – because of the project's success – also offers training courses on handling the silicon spheres in a professional way.

PTB's team was represented by Prof. Dr. Frank Härtig, Katharina Lehrmann, Dr.-Ing. Rudolf Meeß and Thomas Wiedenhöfer, who were honored for the successful technology transfer.

“By transferring the sphere production to Hauser and the handling procedures to Häfner, a unique, worldwide turnkey infrastructure has been created that allows highly stable and exact mass standards to be provided”, said a pleased Prof. Dr. Frank Härtig about the successful technology transfer.



Besucher / Visitors

13 868

Zahl der Besucher im Jahr 2019 /
Number of visitors in 2019

Offensichtlich ist die PTB eine Reise wert. Denn auch im Jahr 2019 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 1159 Besuchern) oder beim allgemeinen Besuchsprogramm der Öffentlichkeitsarbeit in Braunschweig (im Jahr 2019: 98 Besuchergruppen). Insgesamt wurden 13 868 Besucher gezählt.

The numbers don't lie – PTB is worth a visit! In 2019, 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 1159 visitors and to visitors within the scope of public relations (visits by the general public) in Braunschweig (in 2019: 98 groups). A total of 13 868 visitors were recorded.



Verbrauchszahlen / Consumption figures

... in Braunschweig		2017	2018	2019
Ressourcen / resources				
elektrische Energie / electrical energy	MWh	25 200	31 200	28 200
Wärme / heat	MWh	22 300	21 400	21 800
Gas / gas	m ³	21 370	11 000	15 491
Wasser / water	m ³	75 000	110 500	105 000
Helium, flüssig / helium, liquid	l	37 000	36 000	31 000
Stickstoff, flüssig / nitrogen, liquid	kg	595 184	427 807	343 714
Abfälle / waste produced				
hausmüllähnlich / general	t	87	79	84
recycelt / recycled	t	192	181	185
zur Beseitigung / hazardous	t	32	20	62
Entsorgungskosten (ca.) / waste disposal costs (approx.)				
	EUR	112 700	108 600	106 800

...in Berlin		2017	2018	2019
Ressourcen / resources				
elektrische Energie / electrical energy	MWh	8 510	8 440	8 890
Gas / gas	m ³	33 470	12 450	8 575
Wasser / water	m ³	49 390	45 300	34 100
Helium, flüssig / helium, liquid	l	43 400	40 100	48 000
Stickstoff, flüssig / nitrogen, liquid	kg	40 200	32 100	28 000
Abfälle / waste produced				
hausmüllähnlich / general	t	47	47	47
recycelt / recycled	t	46	118	229
zur Beseitigung / hazardous	t	9	9	10
Entsorgungskosten (ca.) / waste disposal costs (approx.)				
	EUR	7 540	8 140	17 923

Organigramm / Organization chart

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

Abt. 1 - Mechanik und Akustik	Abt. 2 - Elektrizität	Abt. 3 - Chemische Physik und Explosionsschutz	Abt. 4 - Optik	Abt. 5 - Fertigungsmesstechnik
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 Dr. D. Knopf	FB 2.1 - Gleichstrom und Niederfrequenz Dr. R. Judaschke	FB 3.1 - Allgemeine und Anorganische Chemie Dr. R. Stosch	FB 4.1 - Photometrie und Spektroradiometrie Dr. A. Sperling	FB 5.1 - Oberflächenmesstechnik Dr. U. Brand
FB 1.2 - Festkörpermechanik Dr. R. Kumme	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. Flügge
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. M. Bieler	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. H. Scherer	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	Nachwuchsgruppe 4.02 - Quantentechnologien Dr. A. W. Schell	
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



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

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

Stand: 1. Dezember 2019

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	Prof. Dr. M. Richter	Prof. Dr. T. Schäffter	Dr. P. Ulbig	M. Gahrens	S. Wiemann
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	Dr. F. Scholze	Dr. B. Ittermann	Dr. M. Wolf	*M. Gahrens	M. Wasmuß
FB 6.2 - Dosimetrie für Strahlentherapie u. Röntgendiagnostik	FB 7.2 - Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung	FB 8.2 - Biosignale	DKD - Deutscher Kalibrierdienst	Ref Q.11 - Wissenschaftliche Bibliotheken	Ref Z.12 - Personal
Dr. U. Ankerhold	Dr. M. Krumrey	*Prof. Dr. T. Schäffter	Dr. P. Ulbig Dr. M. Czaske	Dr. J. Meier	B. Tafel
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	R. Gassel
FB 6.4 - Neutronenstrahlung	FB 7.4 - Temperatur	FB 8.4 - Mathematische Modellierung und Datenanalyse	FB 9.3 - Internationale Zusammenarbeit	G Q.2 - Technische Infrastruktur G. Grüneberg-Damm	Ref Z.14 - Organisation und Controlling
Dr. A. Zimbal	Dr. S. Rudtsch	Prof. Dr. M. Bär	Dr. M. Stoldt	Ref Q.21 - Arbeits- und Objektschutz M. Frühauf	Dr. J. Jaspers
FB 6.5 - Strahlenwirkung	FB 7.5 - Wärme und Vakuum	FB 8.5 - Metrologische Informationstechnik		Ref Q.22 - Technischer Dienst Braunschweig B. Staab	Ref Z.15 - Verwaltung Berlin
Dr. H. Rabus	Dr. K. Jousten	Dr. F. Thiel		Ref Q.23 - Werkfeuerwehr M. Voigt	M. Jachmann
Ref 6.71 - Betrieblicher Strahlenschutz	FB 7.6 - Kryosensorik	FB IB.T - Technisch-wissenschaftliche Infrastruktur Berlin		Ref Q.24 - Bauorganisation P. Schulz	Ref Z.16 - Innerer Dienst
Dr. R. Simmer	Dr. J. Beyer	Dr. F. Melchert		G Q.4 - Informations-technologie Dr. M. Gutbrod	Ref Z.17 - Ausbildung
		Nachwuchsgruppe 8.55 - Sichere und vertrauenswürdige Systeme Dr. J. Nordholz		Ref Q.41 - Metrologienetze T. Duden	B. Weihe
				Ref Q.42 - Zeitverteilung mittels IP Dr. D. Sibold	Ref Z.18 - Betriebliche Fachanwendungen
				Ref. Q.43 - Veranstaltungs-IT *Dr. M. Gutbrod	M. Battikh
				Ref. Q.44 - Unterstützung Fach-IT K. Hube	
				Ref. Q.45 - Hochleistungsrechnen Dr. D. Lübbert	

Lenkungskreise

Digitalisierung	LK-D	Prof. Dr. Ullrich
Medizin	LK-M	Dr. Stenger
Quantentechnologie	LK-Q	Dr. Stenger

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 2020

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
www.ptb.de

Druck: FischerDruck, Peine
Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

ISSN 0340-4366