



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Jahresbericht 2017

Annual Report 2017



Nach fast 130 Jahren wird das internationale Ur-Kilogramm im Herbst 2018 (auf der Generalkonferenz für Maß und Gewicht) voraussichtlich in den wohlverdienten Ruhestand geschickt. Das Avogadro-Experiment, bei dem bestimmt wird, wie viele Atome in nahezu perfekten Silizium-Kugeln enthalten sind, ist dabei ein Eckpfeiler der Neudefinition des Kilogramms.

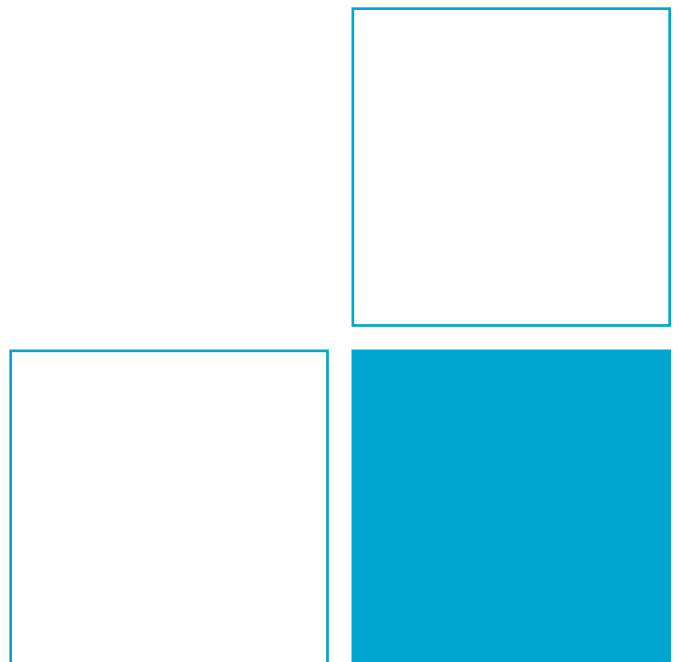
After nearly 130 years of service, the international prototype of the kilogram is expected to be retired in the fall of 2018 (at the General Conference on Weights and Measures). The Avogadro experiment, which aims to determine the number of atoms contained in a near-perfect silicon sphere, is a cornerstone of the redefinition of the kilogram.



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Jahresbericht 2017

Annual Report 2017



Inhaltsverzeichnis / Contents

Vorwort / Foreword	5
Chronik / Chronicle	11
Nachrichten des Jahres / News of the year	19
Das neue Kilogramm wird über einen gemeinsamen Mittelwert weitergegeben / The new kilogram will be disseminated via a consensus value	20
Erster Digitaler Zwilling eines Wägestücks / First digital twin of a weight	21
Vor-Ort-Messtechnik für Funksignale / On-site metrology for high-frequency radio signals	22
Chemsafe – Zugang zu den Kenngrößen des Explosionsschutzes jetzt kostenfrei / Chemsafe – Access to the safety characteristics in explosion protection is now available free of charge	23
Einzelphotonenquelle mit rückführbarem Photonenfluss / Single-photon source with traceable photon flux	24
Verringerung der Messunsicherheit am Kugelinterferometer – gestützt auf Simulationen / Reduction of the sphere interferometer's measurement uncertainty – based on simulations	25
Dosimetrie für die mit Magnetresonanztomografie kombinierte Strahlentherapie / Dosimetry for radiotherapy in combination with MRI	26
EUV-Radiometrie für die Halbleiterindustrie / EUV radiometry for the semiconductor industry	27
Gerätezentrum für die Messung kleinster Magnetfelder / Core Facility “Metrology of Ultra-Low Magnetic Fields”	28
Afrikanisches Jahr der Qualitätsinfrastruktur / The African Year of Quality Infrastructure	29
Veröffentlichungen und Vorträge / Publications and lectures	30

Menschen / People	37
Sitzung des Kuratoriums der PTB / Meeting of the Kuratorium (Advisory Board) of PTB	38
Neu in leitender Funktion / Newly appointed to management posts	41
Preise und Auszeichnungen / Prizes and awards	46
Ausbildung / Vocational training at PTB	52
Akademische Abschlüsse / Academic degrees	54
Zahlen und Fakten / Facts and figures	61
Personal / Staff	62
Haushalt / Budget	64
Projektpartner der PTB / PTB's project partners	66
Normung / Standardization	67
Qualitätsmanagement / Quality management	68
Technologietransfer / Technology transfer	70
Besucher / Visitors	72
Umwelt / Environment	73
Organigramm / Organization chart	74

Vorwort

„Der Wissenschaftsrat bestätigt die weltweit führende Stellung der PTB, ihre exzellente Aufgabenwahrnehmung und große wirtschaftliche Relevanz.“ So kommentierte Bundeswirtschaftsministerin Brigitte Zypries im Februar den abschließenden Bericht zur Evaluation der PTB durch den Wissenschaftsrat, verbunden mit der Gratulation an die PTB zu „diesem hervorragenden Ergebnis“. Weiter heißt es: „Der Wissenschaftsrat lobt sowohl die Wahrnehmung der gesetzlichen Kernaufgaben, die Forschungstätigkeiten und Dienstleistungen der PTB sowie die für beide Aspekte nötigen Strategie- und Planungsprozesse.“ Die Grundlage für dieses erfolgreiche Arbeiten sieht der Wissenschaftsrat in der „sehr hohen Motivation und Begeisterung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für ihre Arbeit“. Hierfür möchte ich mich bei allen PTBisten sehr herzlich bedanken, Sie können alle stolz sein auf Ihre Leistungen!

Daneben spricht der Wissenschaftsrat zukünftige Herausforderungen an, insbesondere im Bereich Digitalisierung. „Aufgrund der zentralen Rolle der PTB im Messwesen wird die PTB auch bei der digitalen Transformation von Wirtschaft, Industrie und Gesellschaft eine Schlüsselrolle spielen.“ Diese Rolle der Metrologie in der Digitalisierung wurde in einer großangelegten PTB-Studie, beruhend auf Gesprächen mit allen relevanten Partnern und Besuchen am NIST und NPL, gezielt herausgearbeitet und fand international höchste Beachtung. Hier ist personelle Hinterlegung notwendig. Inzwischen wurden eine Stabsstelle sowie eine Projektlenkungsgruppe zur Koordinierung aller Aktivitäten in diesem Bereich eingerichtet, und es wurden strategisch wichtige Arbeiten in verschiedenen Fachbereichen verstärkt sowie zwei Juniorprofessuren zu innovativen Themen – „Referenzarchitekturen“ und „Maschinelles Lernen“ – an der TU Berlin als Teil des „Einstein-Zentrums“ in Berlin ausgeschrieben. Eine Vielzahl von strategisch wichtigen Initiativen konnte gestartet werden, vom „digitalen Kalibrierschein“ über die Etablierung von Projektgruppen zur „Kundenplattform“ und „Softwareplattformen für kollaboratives Arbeiten“ bis hin zu der Erarbeitung der Grundlagen einer „European Metrology Cloud“.

Foreword

“The German Council of Science and Humanities confirms the leading worldwide position of PTB, its excellent execution of tasks and great economic relevance”. That was the Federal Minister for Economic Affairs and Energy, Brigitte Zypries’s, comment in February on the final report of the evaluation of PTB by the German Council of Science and Humanities, combined with congratulations to PTB on the occasion of “this excellent result.” The report goes on to say: “The German Council of Science and Humanities praises both the execution of the legal core tasks, the research activities and services of PTB and also the necessary strategy and planning processes required for both aspects.” The German Council of Science and Humanities identified “the very high motivation and enthusiasm of the employees for their work” as the basis for this successful work. I’d like to greatly thank all PTB employees for that. You should all be proud of your achievements!

In addition, the German Council of Science and Humanities has addressed future challenges, especially in the area of digitalization. “Due to the central role of PTB in metrology, PTB will also play a key role in the digital transformation of the economy, industry and society.” This role of metrology in digitalization was specifically identified through a largescale PTB study, based on talks with all of the relevant partners and visits to NIST and NPL, and received the highest international attention. Human resources are necessary for this. In the meantime, a staff office and also a project steering group for the coordination of all activities in this area were established, strategically important work in different departments was reinforced, and two junior professorships for innovative topics – “reference architecture” and “machine learning” – were announced at the TU Berlin as a part of the Einstein Center in Berlin. It was possible to start a number of strategically important initiatives, from “the digital calibration certificate” to the establishment of project groups for a “customer platform” and “software platforms for collaborative work” up to the preparation of the basis of a “European metrology cloud”.

Die digitale Transformation des gesetzlichen Messwesens kann nur gelingen, wenn die inneren Prozesse digitalisiert sind und PTB-interne und externe IT-Netze und IT-Dienste optimal zusammenarbeiten. In intensiven Gesprächen mit der Gesamtprojektleitung „IT-Konsolidierung des Bundes“ ist es der PTB gelungen, einen sogenannten „Quick Check“ zu vereinbaren mit dem Ziel, möglichst schnell und verbindlich den nicht konsolidierungsfähigen Anteil unserer Fach-IT zu ermitteln. Wir rechnen damit, dass weniger als 10 % unserer IT-Systeme durch konsolidierte IT-Dienste zentral abgebildet werden können. Dementsprechend sollten über 90 % unserer IT-Aktivitäten unter der direkten Verantwortung der PTB bleiben. Weiterhin sind wir sowohl im Forschungsdatenmanagement, wo erste Leitlinien formuliert wurden, als auch bezüglich der Digitalisierung von Verwaltungsprozessen mittels der E-Akte auf gutem Weg. Ich möchte alle PTBisten bitten, aktiv mitzugestalten – die PTB will und kann auch hier eine Vorreiterstellung einnehmen!

Aktuelle Herausforderungen im gesetzlichen Messwesen betreffen neben der wirtschaftlich bedeutenden Holz- und Holzfeuchtevermessung sowie der zeitlich ambitionierten Verabschiedung der Richtlinien für Ladesäulen zur E-Mobilität insbesondere die Umsetzung des Messstellenbetriebsgesetzes. Hier ist die PTB als eine der verantwortlichen Stellen stark in die Erarbeitung der technischen Richtlinie und in die Konformitätsbewertung von Smart Meter Gateways eingebunden. Darüber hinaus gibt es seit September 2017 eine neue Abgasrichtlinie mit sehr ambitionierten messtechnischen und zeitlichen Vorgaben. Sie hat umfangreiche Anpassungen der PTB-Aktivitäten im Bereich Abgasmetrologie zur Folge, die nur durch zusätzliches Personal geschultert werden können. Nicht nur die Absenkung der Grenzwerte für CO und Trübung zum 1.1.2019, sondern insbesondere auch die erstmalige Einführung von Partikelanzahl-grenzwerten für die AU bei Kfz mit Dieselmotor zum 1.1.2021 stellen große Herausforderungen dar, die ohne die umfangreichen, meist drittmittelfinanzierten Vorarbeiten der PTB nicht zu stemmen wären. Hier zeigt sich einmal mehr die entscheidende Bedeutung von weitsichtiger Vorlauftforschung für die Erfüllung unserer Aufgaben.

Die große Wertschätzung der PTB im Bereich des gesetzlichen Messwesens, nicht zuletzt auf internationaler Bühne, zeigt sich in der Wahl unseres Vizeprä-

The digital transformation of legal metrology can only be achieved if the inner processes are digitalized and if PTB's internal and external IT networks and services work together in an optimal manner. During intensive talks with the overall project management of the “Federal IT consolidation” project, PTB was able to achieve an agreement for a so-called “quick check” with the intention of identifying the share of our IT Department that cannot be consolidated as quickly and reliably as possible. We estimate that less than 10 % of our IT systems can be centrally handled through consolidated IT services. Accordingly, over 90 % of our IT activity needs to remain the direct responsibility of PTB. Furthermore, we are well on our way in terms of research data management – for which the first guidelines were formulated – and also in terms of the digitalization of administrative processes using “e-files”. I would like to request all PTB employees to actively participate – PTB wishes to and can take on a pioneering role!

The current challenges in legal metrology concern the economically important measurement of wood and wood moisture as well as the timely and ambitious adoption of the guidelines for charging stations for e-mobility and especially concern the implementation of the German law on metering point operation (*Messstellenbetriebsgesetz*). PTB is strongly involved here as one of the responsible bodies for the planning of the respective technical guideline and the conformity assessment of smart meter gateways. Beyond that, there has been a new directive for exhaust fumes of vehicles with very ambitious metrological and time-critical requirements since September 2017. This has resulted in an overarching adaption of PTB activities in the area of metrology for emissions which can only be offered with additional personnel. Not only the reduction of the limits for CO and smoke opacity by 1 January 2019, but also particularly the first introduction of particle limits for emissions tests for diesel car motors by 1 January 2021 present great challenges which could not be managed by PTB without comprehensive and foresighted planning, often financed by third parties. This shows once again how important farsighted, preparatory research is for the fulfillment of our tasks.

The great respect for PTB in the area of legal metrology, not least at an international level, is demonstrated by the election of our Vice President, Hon. Prof. Dr. Schwartz, as the future President of the International Committee for Legal Metrology (CIML).

sidenten, Hon.-Prof. Dr. Schwartz, zum zukünftigen Präsidenten des Internationalen Komitees für das gesetzliche Messwesen, CIML.

Die Revision des Internationalen Systems der Einheiten geht mit großen Schritten voran. Nach intensiven Diskussionen, insbesondere in dem von der PTB geleiteten Konsultativkomitee für Einheiten, CCU, und darauf folgend auch im Internationalen Komitee der Meterkonvention, CIPM, stand die klare Empfehlung für eine Revision durch die Generalkonferenz 2018. Die PTB hat entscheidend dazu beigetragen, insbesondere zur Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums im Rahmen der Avogadro-Kooperation sowie zur Boltzmann-Konstanten. Die beiden experimentellen Methoden sind an anderen nationalen Metrologieinstituten nicht etabliert, ihre erfolgreiche Anwendung war aber gerade deswegen absolute Voraussetzung für die Revision. Nun wird es darum gehen, auf der Basis des revidierten SI innovative Methoden auf breiter Front voranzutreiben, wie z. B. die Rauschthermometrie, die Strommessung durch Zählen einzelner Elektronen oder eine den industriellen Anforderungen entsprechende Wattwaage.

Die Umsetzung des Masterplans für die Liegenschaften in Braunschweig und Berlin geht zügig, wenn auch nicht ganz mit der erwarteten Geschwindigkeit voran. Meilensteine waren der erste Spatenstich für den Forschungsbau für Temperatur und Supraleitung (Walther-Meißner-Bau), das Richtfest für den Anbau an das Willy-Wien-Laboratorium an der „Metrology Light Source“ (MLS) in Berlin-Adlershof sowie die Fertigstellung des Euler-Baus I als erster Teil des neuen „Windenergiezentrums“. Mit Hochdruck wird unter anderem an der Umsetzung der Vorhaben „Euler-Bau II“, „Einstein-Bau II“ für die Optik sowie an der Erweiterung der Laborfläche für Abgasmessungen gearbeitet.

Auch andere wichtige Zukunftsfelder, wie die Metrologie für Biochemie, für die Energiewende oder Nanometrologie, werden weiter vorangetrieben. Insbesondere gilt dies für das Thema Quantentechnologie, das von der EU über die nächsten zehn Jahre mit 1 Mrd. € gefördert wird. Ein Workshop zu dem Thema, ausgerichtet vom BMWi und der PTB, mit Industrieunternehmen führte zum Vorschlag zur Schaffung eines Kompetenzzentrums an der PTB. In der gleichen Thematik wurde ein Vorantrag zur Exzellenzinitiative positiv begutachtet, der gemeinsam von der Leibniz

The revision of the International System of Units is making great strides. After intense discussions, especially in the Consultative Committee for Units (CCU) chaired by PTB and, following that, also in the International Committee of the Metre Convention (CIPM), a clear recommendation for a revision by the General Conference in 2018 was made. PTB played a decisive role, especially in the determination of Planck's constant within the scope of the Avogadro cooperation project and also for the Boltzmann constant. Both experimental methods are not established at other national metrology institutes; however, their successful application was an absolute prerequisite for the revision especially because of this. It will now be a matter of carrying on innovative methods on a wide front based on the revised SI, such as noise thermometry, current measurement by counting single electrons, or a watt balance which meets industrial requirements.

The implementation of the master plan for the Braunschweig and Berlin sites is coming along quickly, even if not as quickly as expected. The groundbreaking for the research building for temperature and superconductivity (the Walther Meißner Building), the topping-out ceremony of the Willy Wien Laboratory at the Metrology Light Source (MLS) in Berlin-Adlershof and the completion of Euler Building I as the first part of the new “Wind Energy Center” were milestones. Workers are pressing ahead to realize the planned Euler Building II, Einstein Building II for optics and additional laboratory space for emissions measurements.

Other fields which will be important in the future such as metrology for biochemistry, metrology for the energy transition or nanometrology are continually being developed. This especially applies to the topic of quantum technology which will be funded with 1 billion euros by the EU over the next ten years. A workshop on this topic with industrial enterprises, hosted by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) and PTB, led to the suggestion of creating a competence center at PTB. On the same topic, a preliminary application for the excellence initiative, which was jointly submitted by the Leibniz University of Hanover and the TU Berlin with metrology and PTB as the decisive link, received a positive pre-assessment. Here, an internationally unsurpassed strategic and structural competence triangle of “quantum-nano-metrology” is planned.

Universität Hannover und der TU Berlin mit der Metrologie und der PTB als entscheidendem Bindeglied eingereicht wurde. Hier soll ein strategisch-strukturelles Kompetenzdreieck Quanten-Nano-Metrologie entstehen, das auch international seinesgleichen sucht.

Erstmals fand an der PTB ein „Mitarbeitertag“ statt – auch in anderen Unternehmen eher eine Seltenheit, wie der Wirtschaftspsychologe Prof. Florian Becker als Gastredner in seinem Vortrag mit dem Thema „You’ve got the power“ betonte. Unter dem Motto „einmischen und mitgestalten“ diskutierten die PTBisten an verschiedenen Themeninseln und machten konkrete Verbesserungsvorschläge. Aufgrund des von allen Anwesenden attestierten großen Erfolgs der Veranstaltung soll es auch im nächsten Jahr einen Mitarbeitertag geben, der somit unser Portfolio zur Entwicklung der Führungskultur an der PTB maßgeblich erweitert.

Erneut war die PTB bei der Einwerbung von Projekten im Rahmen des europäischen Metrologie-Forschungsprogramms EMPIR außerordentlich erfolgreich. Die europaweite, länderübergreifende koordinierte Forschung ist für die Aufgabenerfüllung der PTB in innovativen Feldern auch in Zukunft von höchster Bedeutung, und dementsprechend stark hat sich die PTB in die Diskussion der Struktur eines Nachfolgeprogrammes eingebracht. Nach einem Brainstorming-Meeting der Präsidenten aller europäischen Metrologieinstitute Anfang des Jahres im Institut Berlin der PTB wurde der nachhaltige Aufbau von europäischen Netzwerkstrukturen zu strategisch wichtigen Themen in der Metrologie, wie in der Chemie oder der Digitalisierung, als besonders wichtiges Element eines Folgeprogramms identifiziert.

Der Aufbau einer funktionierenden Qualitätsinfrastruktur (QI) mit dem Eckpfeiler Metrologie ist das Markenzeichen des Fachbereiches *Internationale Zusammenarbeit* der PTB, der den Begriff der QI weltweit mitetabliert hat. Der PTB-Fachbereich war Mitorganisator sogenannter „Side-Events“ zur QI beim sechsten Review der „Global Trade Initiative“ der Welthandelsorganisation in Genf, auf der 23. UN-Klimakonferenz in Bonn sowie zum „Jahr der QI in Afrika“, Letzteres im Rahmen der Feierlichkeiten zum 70-jährigen Bestehen des südafrikanischen Metrologieinstituts. Gerade in Afrika, das Deutschland zu einem der Schwerpunkte seiner G20-Präsidentschaft gemacht hat, engagiert sich die PTB schon seit vielen

For the first time, an “Employees’ Day” took place at PTB. The business psychologist and guest speaker Prof. Florian Becker emphasized during his lecture entitled “You’ve got the power” that this type of event was usually a rarity at other institutions. Following the motto “Getting actively involved”, the PTB employees discussed topics at various tables and made concrete suggestions for improvements. Due to the great success of the event (as expressed by all the participants), an “Employees’ Day” is also planned for next year, greatly adding to our portfolio of activities to develop our leadership culture at PTB.

PTB was recently extraordinarily successful in the acquisition of projects within the scope of the European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR). The Europe-wide, transnationally coordinated research will also be highly important for the fulfillment of PTB’s tasks in innovative fields and, because of this, PTB immensely contributed to the discussions on the structure of a successor program. Following a brainstorming meeting of the presidents of all of the European metrology institutes at the beginning of the year at the Berlin Institute, the sustainable establishment of European network structures for strategically important metrological topics (such as in chemistry or digitalization) were identified as an especially important element of the successor program.

Setting up a functional quality infrastructure (QI) with metrology as a cornerstone is the trademark of the *International Cooperation* department at PTB, which has helped establish the term QI worldwide. The PTB department co-organized so-called “side events” for QI at the 6th Global Review of Aid for Trade of the World Trade Organization in Geneva, at the 23rd UN Climate Change Conference in Bonn and for the “African Year of Quality Infrastructure”, for the latter during the festivities for the 70th anniversary of the National Metrology Institute of South Africa. Especially in Africa, which Germany has made one of the focus points of its G20 presidency, PTB has been successfully dedicated to this field for many years. Most importantly, PTB is establishing overarching structures such as the regional metrology organization AFRIMETS and the Pan African Quality Infrastructure (PAQI) forum.

Not only due to its increasing significance and the related increase in staff of the *International Cooperation, Information Technology and Technical Infrastructure* Departments, the former Division Q,

Jahren erfolgreich. Insbesondere unterstützt sie auch den Aufbau übergeordneter Strukturen, etwa der regionalen Metrologie-Organisation AFRIMETS oder des Pan African Quality Infrastructure (PAQI) Forum.

Nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden Bedeutung und des damit verbundenen personellen Aufwuchses der Fachbereiche *Internationale Zusammenarbeit*, *Informationstechnologien* und *Technische Infrastruktur* wurde aus der ehemaligen Abteilung *Querschnittsdienste* heraus die neue Abteilung 9 *Gesetzliche und internationale Metrologie* gegründet. Die PTB wird so ihre Schlagkraft und Effizienz sowohl in der gesetzlichen und internationalen Metrologie als auch in der Informationstechnologie und in der Bereitstellung einer zunehmend komplexer werdenden technischen Infrastruktur deutlich erhöhen können.

Wieder werden Sie in diesem Bericht eine große Zahl weiterer Highlights finden, wie die Eröffnung eines DFG-Gerätezentrums „Metrologie für ultraniedrige Magnetfelder“ basierend auf den in diesem Bereich weltweit einzigartigen Messeinrichtungen und Kompetenzen der PTB, die Feiern zu „40 Jahre Deutscher Kalibrierdienst“, den ersten Digitalen Zwilling in der Wägetechnik, die genaueste Untersuchung der Wechselwirkung von Windenergieanlagen mit Navigations- und Radaranlagen und vieles mehr.

Ich bedanke mich herzlich bei allen PTBisten für ihre engagierte, zuverlässige, kompetente und verantwortungsvolle Arbeit in allen Bereichen. Das vertrauensvolle Miteinander, die Übernahme von Verantwortung auf jeder Ebene, Hilfsbereitschaft nach innen und nach außen, Kundenorientiertheit und Flexibilität sind nicht nur der Schlüssel zum Erfolg, sondern auch – und vielleicht noch wichtiger – die Grundlage einer erfüllten täglichen Arbeit ganz im Sinne des Mottos unseres Mitarbeitertages: „You’ve got the power“!

Scientific-technical Cross-sectional Tasks was divided into Division Q, *Cross-sectional Services* and the new Division 9, *Legal and International Metrology*. PTB will now be able to not only increase its impact and efficiency in both legal and international metrology but also in the areas of information technology and providing an increasingly complex technical infrastructure.

As always, you will find a great number of highlights in this report such as the grand opening of a DFG Core Facility for the “Metrology of ultra-low magnetic fields” based on the unique worldwide measurement and competence of PTB in this field, the festivities for the 40th anniversary of the German Calibration Service, the first digital twin in weighing technology, the most precise study on the interaction of wind energy systems with navigational and radar facilities and much more.

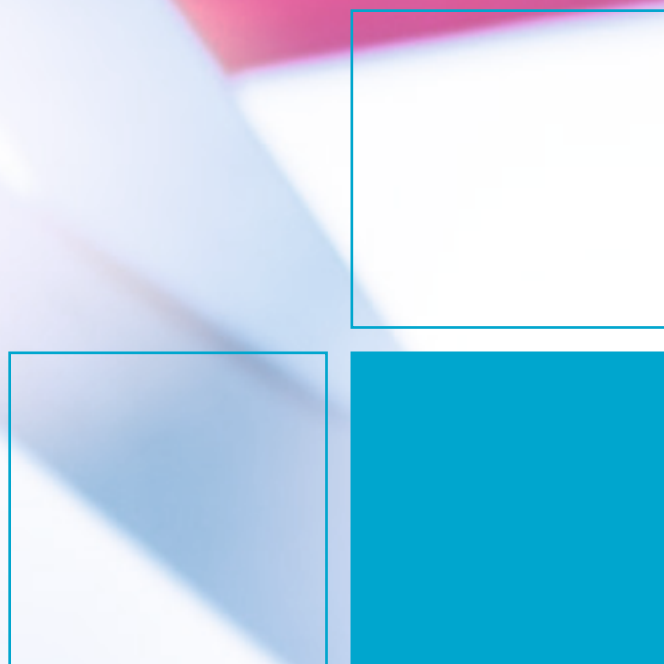
I would like to extend my heartfelt thanks to all PTB employees for their committed, reliable, competent and responsible work in all areas. The respectful treatment of others, the acceptance of responsibility at all levels, an eagerness to help inside and outside PTB, the orientation towards customers and flexibility are not only the key to success but also – and possibly more importantly – the basis of satisfying daily work and are completely in line with the motto of our Employees’ Day: “You’ve got the power”!



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

Chronik

Chronicle



Gerätezentrum lädt externe Nutzer ein

Die PTB öffnet in Berlin-Charlottenburg ihre weltweit einmaligen biomedizinischen Messeinrichtungen für externe Wissenschaftler. Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), bietet das neue Gerätezentrum „Metrologie für ultraniedrige Magnetfelder“ Forschern aus Universitäten, internationalen Metrologieinstituten und Unternehmen Zugang zu exklusivem Know-how und weltweit einzigartiger Ausstattung mit Instrumenten zur Messung extrem kleiner Magnetfelder.

Core Facility opens for external users

PTB in Berlin-Charlottenburg opens its doors for external users to use the only type of biomedical measuring equipment of its kind in the world. Funded by the *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG), the new Core Facility “Metrology of Ultra-Low Magnetic Fields” allows external scientists from universities, from international metrology institutes and from companies to access its exclusive know-how and its unique range of instruments for the measurement of extremely low magnetic fields.



01.05.2017

Exzellente Noten für die PTB

Der Wissenschaftsrat hat die PTB evaluiert und als exzellent bewertet. Das Ergebnis übertrifft sogar die bereits hervorragende Bewertung der ersten Evaluation aus dem Jahr 2008. In der am 2. Mai veröffentlichten Stellungnahme lobt der Wissenschaftsrat die Wahrnehmung der gesetzlichen Kernaufgaben, die Forschungstätigkeiten und Dienstleistungen der PTB sowie die für beide Aspekte nötigen Strategie- und Planungsprozesse.

PTB's rating of excellence

The German Council of Science and Humanities has evaluated PTB and awarded it an excellent rating. The results even go above and beyond the previous outstanding rating from the first evaluation in 2008. In the report, which was published on 2 May, the Council praised PTB's performance of its legal core tasks, research activities and services as well as its strategy and planning processes that are necessary for the aspects above.



02.05.2017

2017

17.01.2017

NMI/DI Directors' Workshop on Coordination in European Metrology, Berlin

24.–27.01.2017

PTB-Delegation und PTB-Präsident zu Besuch im NIST, USA
A delegation of PTB and the President of PTB visit NIST, USA

31.01.2017

Deutsch-Schwedisches Technologieforum, Stockholm
Opening of the German-Swedish Tech Forum, Stockholm

40 Jahre Deutscher Kalibrierdienst

Gemeinsam mit Vertretern akkreditierter Kalibrierlaboratorien und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie feierte die PTB das 40-jährige Jubiläum des Deutschen Kalibrierdienstes DKD. Er wurde 1977 gegründet und ermöglichte damals erstmals Laboratorien, Kalibrierungen für die Industrie durchzuführen, deren wachsender Bedarf durch die PTB allein nicht mehr zu decken war. Bis heute spielen dabei die Fachausschüsse eine entscheidende Rolle, in denen mit Beteiligung der PTB-Fachlaboratorien messtechnische Erfahrungen ausgetauscht und Richtlinien für die Arbeit im Laboratorium erarbeitet werden.

German Calibration Service (DKD) turns 40

Together with representatives of the accredited calibration laboratories and the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, PTB was celebrating the 40th anniversary of the German Calibration Service (DKD). It was founded in 1977, and back then, allowed laboratories to conduct calibrations for industry for the first time in order to meet the growing need that PTB could no longer adequately keep up with. Until today, the DKD technical committees play a vital role, where – together with the specialist laboratories of PTB – metrological experience is exchanged and guidelines for laboratory work are drawn up.

19.05.2017

Bundesverdienstkreuz für PTB-Präsident Joachim Ullrich

Der Präsident der PTB erhielt als weltweit renommierter Forscher und Wissenschaftsmanager das Bundesverdienstkreuz 1. Klasse der Bundesrepublik Deutschland. Damit werden nicht nur seine wissenschaftlichen Leistungen geehrt, sondern auch sein großes Talent, Wissenschaftler verschiedener Disziplinen zu einen und gemeinsam zum Erfolg zu führen. Die feierliche Übergabe erfolgte durch Braunschweigs Oberbürgermeister Ulrich Markurth.

PTB President Joachim Ullrich awarded Federal Cross of Merit, Class 1

The PTB President, a world renowned researcher and scientific manager, was awarded with the Federal Cross of Merit, Class 1 from the Federal Republic of Germany. This award not only honors his scientific achievements but also his great talent for unifying different disciplines and leading them to success together. Braunschweig's Mayor Ulrich Markurth presented the award at a festive ceremony.



24.05.2017

01.03.2017

Dreh des neuen Imagefilms des Helmholtz Fonds e. V.
Filming of the new corporate image movie of the Helmholtz Fonds e.V.

22.–23.03.2017

30th CCEM Meeting / Workshop, Paris

11.–12.05.2017

Kuratoriumstagung
Meeting of the Kuratorium (Advisory Board)

Honorarprofessur für Roman Schwartz

Der Vizepräsident der PTB wurde zum Honorarprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt. Mit der Verleihung des Ehrentitels würdigt die Hochschule das langjährige Engagement des international anerkannten Physikers auf dem Lehrgebiet „Grundlagen der Metrologie – Messen mechanischer Größen“ an der Fakultät Maschinenbau.

Honorary professor title for Roman Schwartz

PTB's Vice President was named honorary professor of the Leibniz University of Hanover. By awarding the honorary title, the university recognizes the internationally renowned physicist's long-term commitment to teaching "Introduction to metrology – measuring mechanical quantities" at the Faculty of Mechanical Engineering.

12.06.2017

Forschungsneubau für Temperatur und Supraleitung

Mit einem offiziellen ersten Spatenstich beging die PTB am 12. Juli den symbolischen Bauauftakt für ein hochspezialisiertes Forschungsgebäude. Der neue Walther-Meißner-Bau in Berlin-Charlottenburg wird Labor-, Mess- und Reinräume für höchstgenaue Messungen der Temperatur und für Forschungsarbeiten rund um supraleitende Sensorik bieten. Für diese High-Tech-Aufgaben wird das Gebäude mit besonders hochwertiger Bau- und Gebäudetechnik versehen.

New research building for temperature and superconductivity

At the groundbreaking ceremony on 12 July 2017, PTB symbolically celebrated the beginning of the construction of a highly specialized research building. The new "Walther Meißner Building" in Berlin-Charlottenburg will provide laboratory, measurement and clean rooms for highly precise temperature measurements and for research studies related to superconducting sensor technology. In order to meet the needs for these high-tech tasks, the building will be equipped with construction and building technology of especially high quality.



12.07.2017

16.05.2017

Mitgliederversammlung der AG Ressortforschung, Friedrich-Löffler-Institut, Insel Riems
General Assembly of the Working Group on Departmental Research of the Friedrich-Löffler-Institut, Isle of Riems

15.–19.05.2017

Euramet General Assembly, Paris

19.05.2017

Festveranstaltung „40 Jahre DKD“, Braunschweig
Ceremonial event commemorating the 40th anniversary of the German Calibration Service (DKD), Braunschweig

Mit Genauigkeit durch den MetroSommer

Zwölf Studierende nutzten in diesem Jahr die Chance, im Rahmen des MetroSommers zwei Monate Forschung der Spitzenklasse zu erleben. Von der Grundlagenforschung bis zur technischen Zusammenarbeit – je nach Fachrichtung und eigenem Interesse konnten sie „ihr“ Projekt im Rahmen des freiwilligen Forschungspraktikums auswählen. Angeleitet wurden sie von erfahrenen Wissenschaftlern aus den verschiedenen Fachbereichen der PTB.

A summer full of accuracy: MetroSummer

This year, twelve students took advantage of the opportunity to experience two months of cutting-edge research within the scope of the “MetroSummer” program. From fundamental research to technical cooperation – depending on their discipline and personal interests, they were able to choose “their” project in the context of a voluntary research internship. They were hosted by experienced scientists from different departments of PTB.



01.08.2017

International Summer School

Die PTB und die TU Braunschweig luden rund 50 Doktoranden aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften ein, sich während der Internationalen Sommerschule für Metrologie über die Grenzen des Messbaren auszutauschen. Die Woche im Kloster Drübeck (Harz) war gespickt mit hochkarätigen Vorträgen rund um die Themen Energie, Umwelt, Nanoskala und „From Earth to Universe“.

International Summer School

PTB and the TU Braunschweig invited about 50 doctoral candidates from the natural sciences and engineering to discuss the limits of measurement during the International Summer School for Metrology. The week at the Drübeck Monastery (in the Harz Mountains) was full of top-notch lectures on the topics of energy, the environment, nanoscale and “From Earth to Universe”.



08.08.2017

24.05.2017

Bundesverdienstkreuz für Prof. Joachim Ullrich
The President of PTB, Joachim Ullrich, is awarded the Federal Cross of Merit

23.06.2017

PTB-Forum: Mitarbeitende im Gespräch mit dem Präsidenten
PTB Forum: Meeting of employees with the President

04.07.2017

Workshop Quantentechnologie des BMWi, Berlin
Workshop of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), Berlin, on Quantum Technology

Richtfest in Berlin-Adlershof

Das Willy-Wien-Laboratorium in Berlin-Adlershof erhält einen 1400 m² großen Anbau. Er ist mit der „Metrology Light Source“ verbunden, einem Niederenergie-Elektronenspeicherring, der vom Helmholtz-Zentrum Berlin für die PTB betrieben wird. Der Anbau soll später Büros, Laborräume sowie einen Seminarbereich enthalten.

Topping-out ceremony in Berlin-Adlershof

The Willy Wien Laboratory in Berlin-Adlershof gained a 1400 square meter addition. It is connected to the “Metrology Light Source”, a low-energy electron storage ring which is operated by the Helmholtz-Zentrum Berlin for PTB. When completed, the addition will have offices, laboratory rooms and a seminar area.



10.10.2017

Die „Atomsekunde“ wird 50 Jahre alt

Seit dem 13. Oktober 1967 beruht die Basiseinheit der Zeit auf einer Eigenschaft von Cäsiumatomen. Damit ist die Sekunde die erste Einheit im Internationalen Einheitensystem, die auf unveränderlichen Eigenschaften der Natur basiert. In der PTB tickte 1969 die erste selbstgebaute Cäsium-Atomuhr. Heute betreibt die PTB vier primäre Cs-Uhren. Sie können die Zeit mit einer unvorstellbaren Genauigkeit von 16 Stellen hinter dem Komma „machen“ und bilden die Grundlage für die gesetzliche Zeit in Deutschland. Zurzeit wird an einem ganzen Zoo neuer, noch viel genauerer optischer Uhren geforscht.

“Atomic second” turns 50

Since 13 October 1967, the base unit of time has been based on a property of cesium atoms. The second thus became the first unit of the International System of Units to be based on invariable properties of nature. The first PTB-made cesium clock started ticking in 1969. Today, PTB operates four primary Cs clocks. They can “generate” time with an unimaginable precision of 16 digits after the decimal point and are the basis of legal time in Germany. At this time, a whole slew of newer, even more precise optical clocks are the subjects of research.

13.10.2017

05.-07.09.2017

CCU Meeting: Workshop on Fundamental Constants, BIPM, Paris

27.09.2017

10 Jahre Forschungsregion Braunschweig
The “Research Region” of Braunschweig celebrates its 10th anniversary

16.-19.10.2017

106. CIPM Meeting and Director's Meeting, BIPM, Paris

Roman Schwartz wird Präsident der CIML

Die Mitgliedsstaaten der Internationalen Organisation für das Gesetzliche Messwesen (OIML) wählten einen neuen Präsidenten: Prof. Dr. Roman Schwartz, Vizepräsident der PTB, leitet für eine Amtszeit von sechs Jahren das oberste Entscheidungsgremium der OIML – die CIML. Das ist nicht nur eine Anerkennung seiner persönlichen Leistungen, sondern unterstreicht auch den guten Ruf, den die PTB in der internationalen Welt des Messwesens genießt.

Roman Schwartz becomes the President of CIML

The Member States of the International Organization of Legal Metrology (OIML) elected a new president: effective immediately, Honorary Professor Dr. Roman Schwartz, Vice President of PTB, will lead the functional decision-making body of OIML – the CIML – for a six-year term. That is not only a sign of recognition of his personal achievements but also underlines the good reputation that PTB enjoys in the international world of metrology.



24.10.2017

Revolution im Einheitensystem

Das Internationale Komitee für Maß und Gewicht (CIPM) hat die Weichen gestellt und sich für eine Neudefinition von Kilogramm, Kelvin, Ampere und Mol ausgesprochen. Es empfiehlt den Mitgliedsstaaten der Meterkonvention, den physikalischen Einheiten im kommenden Jahr ein besonders festes Fundament verordnen – ein Fundament, das aus festgelegten Werten ausgewählter Naturkonstanten besteht. So wird nicht mehr das veränderliche Urkilogramm in einem Pariser Tresor der Welt sagen, was ein Kilogramm ist, sondern vielmehr die Kombination gewisser Naturkonstanten – darunter das Planck'sche Wirkungsquantum. Die PTB war mit umfangreichen Forschungsvorhaben daran beteiligt, die Werte der relevanten Naturkonstanten exakt festzulegen.

Revolutionizing the System of Units

The International Committee for Weights and Measures (CIPM) has set the course and advocates the redefinition of the kilogram, the kelvin, the ampere and the mole. The committee recommends that the Metre Convention's Member States assign an especially strong foundation to the physical units next year – a foundation based on defined values of selected fundamental constants. The international prototype of the kilogram, which is in a Parisian safe and which is subject to weight variation, will no longer tell the world what a kilogram is, but rather a combination of certain invariable constants (including the Planck constant) will do this. PTB has carried out extensive research projects and has thus contributed to exactly determine the values of the relevant fundamental constants.

26.10.2017

9.11.2017

COP Climate Conference,
PTB Side Event, Bonn

22.11.2017

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

24.11.2017

60-jähriges Jubiläum des INTI und 50 Jahre Zusammen-
arbeit PTB/INTI, Buenos Aires

60th anniversary of INTI and 50 years of cooperation
between PTB and INTI, Buenos Aires

Nachrichten des Jahres

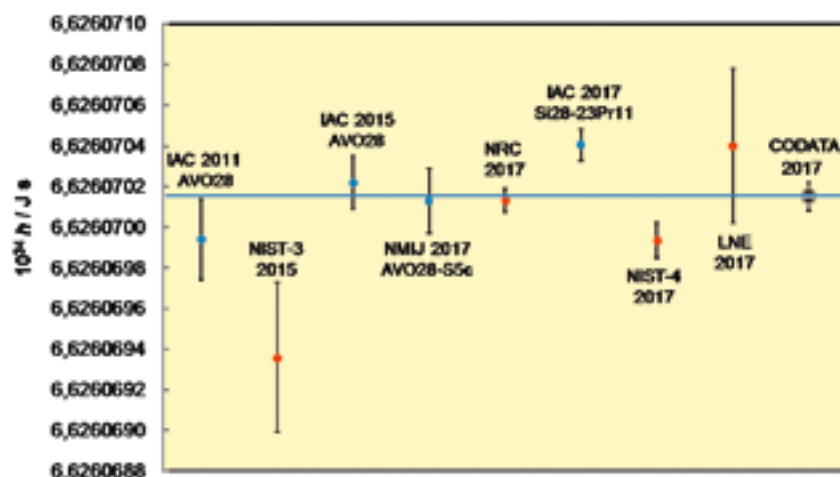
News of the year



Das neue Kilogramm wird über einen gemeinsamen Mittelwert weitergegeben

Die Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) wird voraussichtlich im November 2018 eine Revision des Internationalen Einheitensystems (SI) beschließen, die das SI an moderne Anforderungen anpasst. Die Einheiten sollen sich – soweit möglich – auf physikalische Fundamentalkonstanten beziehen, damit sie über lange Zeit stabil bleiben. Neu definiert werden die Einheiten der Masse, des elektrischen Stroms, der Temperatur und der Stoffmenge: Kilogramm, Ampere, Kelvin und Mol. Das neue SI soll am Weltmetrologietag (20. Mai) des Jahres 2019 in Kraft treten. Bis Massennormale mit einer Rückführung auf die neue Kilogramm-Definition allgemein verfügbar sind, wird es aber noch etwas länger dauern.

Die verschiedenen Messergebnisse der Planck-Konstante, die für die neue Definition des Kilogramms verwendet werden sollen, haben zwar sehr geringe Unsicherheiten, weichen aber noch zu weit voneinander ab (siehe Abbildung). Das Beratende Komitee für Masse und abgeleitete Größen (CCM) hat daher vorgeschlagen, dass die einzelnen Darstellungen des Kilogramms auf einen gemeinsamen Mittelwert, den sogenannten „Consensus Value“, korrigiert werden, bevor die Metrologieinstitute die Masseneinheit weitergeben. Dadurch soll die weltweite Einheitlichkeit der Massebestimmungen bewahrt werden. Zur Festlegung dieses Consensus Value wird ein Schlüsselvergleich durchgeführt werden.



Messergebnisse für die Berechnung des Zahlenwertes der Planck-Konstante h , die in der neuen Kilogramm-Definition verwendet werden soll (blaue Punkte: Avogadro-Methode, rote Punkte: Kibble-Waagen-Methode, letzter Punkt: Mittelwert des CODATA-Ausgleichs). Die Unsicherheitsbalken geben die Standardunsicherheiten an.

Measurement results for the calculation of the numerical value of Planck's constant h which is intended to be used in the new kilogram definition (blue dots: Avogadro method; red dots: Kibble balance method; last dot: average value of the CODATA adjustment). The uncertainty bars indicate the standard uncertainties.

The new kilogram will be disseminated via a consensus value

The General Conference on Weights and Measures (CGPM) is expected to decide on a revision of the International System of Units (SI) in November 2018 in order to adapt the SI to modern requirements. The units will, as far as possible, be based on fundamental constants so that they remain stable over a long period of time. This redefinition will affect: the kilogram as the unit of mass, the volt as the unit of electric current, the kelvin as the unit of temperature, and the mole as the unit of amount of substance. It is planned that the revised SI will come into force on World Metrology Day (May 20) in 2019. However, it will take some time until mass standards that are traceable to the new kilogram definition are widely available.

The different measurement results of Planck's constant which are to be used for the new definition of the kilogram may have small uncertainties, but they still differ too much from each other (Figure). The Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) has therefore recommended that the individual realizations of the kilogram be corrected to a joint average value, the so-called "consensus value", before the metrology institutes start disseminating the unit of mass. This is to ensure that the determination of mass remains uniform throughout the world. A key comparison will be carried out in order to define this consensus value.

Erster Digitaler Zwilling eines Wägestücks

In der PTB wurde erstmals der Digitale Zwilling eines Wägestücks entwickelt. Digitale Zwillinge sind numerische Modelle, die das spezifische Verhalten von realen Objekten beschreiben. In der Metrologie kann mit Digitalen Zwillingen beispielsweise die Bestimmung von Messunsicherheiten verbessert werden, indem die Modellfunktion, die das Verhalten beschreibt, mit einer Monte-Carlo-Simulation kombiniert wird. Aus der Streuung der Eingangsgrößen und Umweltbedingungen wird die Streuung der Messgröße berechnet und daraus deren Messunsicherheit bestimmt. Neben einer exakteren Bestimmung der Messunsicherheit während eines Messvorgangs liefert der Digitale Zwilling auch Prognosen zur Abschätzung der Messunsicherheit bei veränderten Messbedingungen.

Der nun entwickelte Digitale Zwilling berücksichtigt wichtige Einflüsse, die auf die Gewichtskraft des Wägestücks wirken. Großen Einfluss hat der Luftauftrieb, der von den Umweltbedingungen Temperatur, Feuchtigkeit, Druck und CO_2 -Gehalt der Umgebungsluft abhängt. Weiterhin werden Oberflächenschichten, Änderungen der Erdbeschleunigung und zeitabhängige Drifteffekte einbezogen. Für eine möglichst exakte Darstellung des Verhaltens sind im Digitalen Zwilling Kalibrierinformationen in Form eines Digitalen Kalibrierscheins und andere Eigenschaften wie die Bauteilgeometrie hinterlegt. Alle Daten lassen sich über universelle Schnittstellen auslesen.

Wägestück mit zugehörigen Digitalen Zwillingen
Weight with the associated digital twins



First digital twin of a weight

The first-ever digital twin of a weight has been developed at PTB. Digital twins are numerical models that describe the specific behavior of real objects. In metrology, digital twins can be used – for instance – to determine measurement uncertainties more precisely by combining the model function that describes the behavior with a Monte Carlo simulation. From the scattering of the input parameters and of the environmental conditions, the scattering of the measurand is calculated and from this, the measurement uncertainty of the measurand is determined. The digital twin does not only enable a more precise determination of the measurement uncertainty during the measuring operation, but also provides prognoses for the estimation of the measurement uncertainty if the measurement conditions change.

This newly developed digital twin considers important influences which act on the gravitational force of the weight. Air buoyancy has a particularly great influence as it depends on the environmental conditions of temperature, humidity, pressure and on the CO_2 content of the ambient air. In addition, surface layers, changes in acceleration due to gravity, and time-dependent drift effects are taken into account. In order to achieve a realization of the behavior that is as precise as possible, calibration information in the form of a digital calibration certificate and other properties – e.g. the geometry of the component – are stored in the digital twin. All of these data can be retrieved via universal interfaces.

Vor-Ort-Messtechnik für Funksignale

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projektes hat die PTB eine Messtechnik entwickelt, mit der vor Ort die Wechselwirkung von Windenergieanlagen mit Navigations- und Radaranlagen bestimmt werden kann. Denn Windenergieanlagen können Signalstörungen verursachen und den Betrieb bestimmter Anlagen einschränken. Dies gilt für Einrichtungen der Luftraumüberwachung (Radare der Flugsicherung und Luftverteidigung), des Deutschen Wetterdienstes oder der Funknavigation, wie etwa Drehfunkfeuer. Bisher konnten etwaige Änderungen der Funksignale nicht zuverlässig gemessen werden. Durch die Entwicklung einer fliegenden Plattform für die Messung elektromagnetischer Felder im Projekt WERAN ist die PTB nun in der Lage, die Eigenschaften realer Funkübertra-

gungskanäle für alle oben genannten Systeme vor Ort im Luftraum bis zu 500 m Höhe zu bestimmen. Mit den ebenfalls in WERAN entwickelten numerischen Simulationsmethoden können die Wechselwirkungsprozesse berechnet werden. Die Ergebnisse des Projekts erlauben eine fundierte Bewertung etwaiger von Windenergieanlagen verursachter Störungen. Damit wurde eine Basis geschaffen, den Ausbau der Windenergie und die Erfordernisse der Flugsicherung in Einklang zu bringen.

WERAN steht für „Wechselwirkung von Windenergieanlagen mit terrestrischer Navigation/Radar“ und wird gefördert durch das BMWi aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages (FKZ: 0325644A-D).



Fliegende Plattform (Oktokopter) zur Vor-Ort-Messung elektromagnetischer Felder
Flying platform (octocopter) used for the on-site measurement of electromagnetic fields

On-site metrology for high-frequency radio signals

Within the scope of WERAN, a project funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), PTB has developed measurement technology by means of which the interaction between wind energy systems and navigation and radar systems can be determined. The motivation behind this development is that energy systems can cause signal disturbances and limit the operation of certain systems. This applies to facilities used in airspace surveillance (radar systems in air-traffic control and air defense), by the *Deutscher Wetterdienst* (“German Meteorological Service”) and in radio navigation (such as VHF omnidirectional radio ranges). To date, scientists have not been able to measure possible changes in radio signals reliably. Because the WERAN project has developed a flying platform for the measurement of electromagnetic fields, PTB is now able to determine the properties of existing radio

transmission channels on-site in airspace at a height of up to 500 m for all of the systems mentioned above. The numerical simulations that have also been developed in the WERAN project allow the interaction processes to be calculated. The results of WERAN form a sound basis on which to evaluate possible disturbances caused by wind energy systems. In this way, a foundation has been created for harmonizing the expansion of wind energy and the requirements of air-traffic control.

WERAN stands for “interaction between wind turbines and radar/navigation systems” and is funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy based on a decision of the *Bundestag* (Parliament of the Federal Republic of Germany) (Funding Code: 0325644A-D).

Chemsafe – Zugang zu den Kenngrößen des Explosionsschutzes jetzt kostenfrei

Chemsafe ist die Datenbank für sicherheitstechnische Kenngrößen des Explosionsschutzes. Sie enthält zum Beispiel Zündtemperaturen von brennbaren Flüssigkeiten. Solche Kenngrößen dienen als Entscheidungsgrundlage zur Festlegung explosionsgefährdeter Bereiche und der notwendigen Maßnahmen.

Chemsafe ist ein Gemeinschaftsprojekt der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), der PTB und der Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA). Zurzeit enthält die Datenbank bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen von etwa 3000 brennbaren Flüssigkeiten, Gasen und Gemischen.

Seit 2017 wird Chemsafe öffentlich und unentgeltlich über das Internet publiziert, um der Industrie und der Wissenschaft die gezielte Nutzung aktueller und bewerteter Daten zu ermöglichen. Die herausgebenden Bundesanstalten folgen so der Hightech-Strategie der

Bundesregierung, die den Transfer öffentlich finanzierter, wissenschaftlicher Ergebnisse in Produkte und Dienstleistungen zum Nutzen der Gesellschaft fördert. Der Zugang zu diesen Ergebnissen im Internet soll ohne rechtliche oder technische Hürden und ohne Kosten möglich sein (Open Access).

Die in Chemsafe enthaltenen Werte stammen sowohl aus Literatur- und Datenbankrecherchen als auch aus Messungen der spezialisierten Laboratorien der PTB und der BAM. Die Experten der BAM und der PTB tragen die Daten zusammen, prüfen sie auf ihre Verlässlichkeit und nehmen sie in die Datenbank auf.

Chemsafe – Access to the safety characteristics in explosion protection is now available free of charge

Chemsafe is the database for safety characteristics in explosion protection. It contains, for example, the ignition temperatures of flammable liquids. These parameters serve as a decision-making tool for identifying potentially explosive atmospheres and determining the actions to be taken. Chemsafe is a joint project conducted by Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), PTB and the *Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA)*. Chemsafe currently contains the assessed safety parameters and properties for approximately 3000 flammable liquids, gases and mixtures.

Since 2017, Chemsafe has been available to the public free of charge via the Internet to make it possible for users from industry and science to search for specific

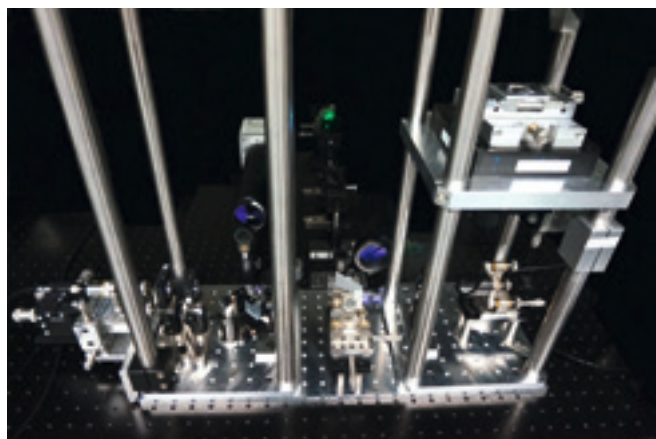


current and validated data. With this approach, the federal agencies publishing these data follow the high-tech strategy of the German Federal Government that supports the transfer of publicly funded scientific results into products and services for the benefit of society. Access to these results shall be possible in the Internet without legal or technical barriers and free of cost (open access).

The values contained in Chemsafe are derived both from literature and database research as well as from measurements conducted by the specialized laboratories of PTB and BAM. The data are gathered, verified with regard to their reliability and entered into the database by experts of the BAM and of PTB.

Einzelphotonenquelle mit rückführbarem Photonenfluss

In der Abteilung *Optik* ist es im Rahmen des europäisch geförderten EMRP-Projektes SIQUTE (Single-photon sources for quantum technologies) erstmals gelungen, die Strahlungsleistung einer Einzelphotonenquelle rückgeführt zu messen [1, 2]. Die Gesamtstrahlungsleistung beträgt dabei weniger als 100 fW (d. h. weniger als 350 000 Photonen pro Sekunde) und liegt damit an der Schwelle optischer Leistungen, die mit herkömmlichen Photodetektoren messbar sind. Derzeit beträgt die Messunsicherheit ca. 4 %. Dies ist ein erster bedeutsamer Schritt in Richtung auf die Realisierung einer Standardstrahlungsquelle basierend auf abzählbaren Photonen.



Einzelphotonenquellen sind heutzutage von großem Interesse für verschiedene quantenbasierte Technologien wie Quantenkommunikation und Quantenschlüsselverteilung, als Komponenten für Quantencomputer und für die Quanten-basierte Metrologie zur Verringerung der Messunsicherheit und zur Erhöhung der Empfindlichkeit von Messprozessen.

Auch für die Radiometrie stellen Einzelphotonenquellen sehr attraktive Strahlungsquellen dar. Zum einen, weil sie aufgrund ihrer zeitlich nacheinander ausgesandten Photonen ideale Quellen für die Kalibrierung von Einzelphotonendetektoren sind. Zum anderen, weil es mit ihnen prinzipiell möglich ist, die Messung der Strahlungsleistung auf das Zählen von Photonen zurückzuführen.

Aufbau der Einzelphotonenquelle
Setup of the single-photon source

Single-photon source with traceable photon flux

In the *Optics* Division, the radiant power of a single-photon source has been traceably measured for the first time within the scope of SIQUTE (Single-photon sources for quantum technologies), an EMRP project funded by the EU [1, 2]. Here, the total radiant power is less than 100 fW (i.e., less than 350 000 photons per second), placing it on the threshold of optical power measurable by means of conventional photodetectors. The current measurement uncertainty is 4 %, which is a significant first step towards the realization of a standard radiation source based on countable photons.

Currently, single-photon sources are of great interest for various quantum-based technologies, such as quantum communication and quantum key distribution, and as components for quantum computers and for quantum-based metrology, which reduces measurement uncertainty and increases the sensitivity of measurement procedures.

For radiometry as well, single-photon sources are highly attractive radiation sources. This is because, on the one hand, they emit photons successively, making them ideal sources for the calibration of single-photon detectors. On the other hand, single-photon sources are attractive because they make it possible (in principle) to trace the measurement of radiant power to the number of photons.

[1] B. Rodiek, M. López, H. Hofer, G. Porrovecchio, M. Šmid, X.-L. Chu, S. Götzinger, V. Sandoghdar, S. Lindner, C. Becher, S. Kück: Experimental realization of an absolute single-photon source based on a single nitrogen vacancy center in a nanodiamond. *Optica* 4, 71 (2017)

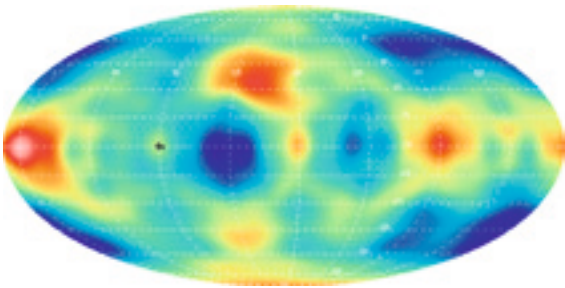
[2] B. Rodiek, M. López, H. Hofer, S. Kück: The absolutely characterized nitrogen-vacancy center based single-photon source – measurement uncertainty of photon flux and angular emission properties. Special edition proceedings paper for the 13th International Conference on New Developments and Applications in Optical Radiometry (NEWRAD 2017), submitted to Journal of Physics: Conference Series (JPCS)

Verringerung der Messunsicherheit am Kugelinterferometer – gestützt auf Simulationen

Unter allen Messungen innerhalb des Avogadro-Projektes hatte die Volumenbestimmung der Silizium-Kugel mittels Kugelinterferometrie bisher den höchsten Unsicherheitsbeitrag. Mithilfe von Simulationen konnte dieser Beitrag nun deutlich gesenkt werden. Die relative Messunsicherheit der Volumenbestimmung mittels Kugelinterferometrie beträgt nun nur noch $4,5 \cdot 10^{-9}$, das ist ein Drittel der bisherigen relativen Messunsicherheit [1].

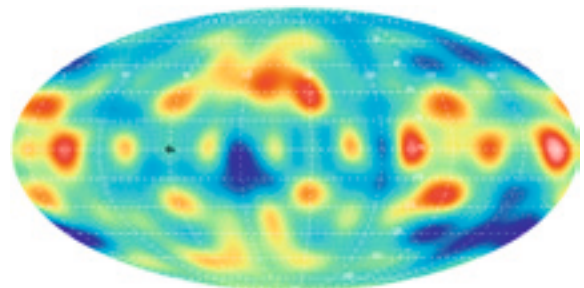
Bisher ließ sich der Beitrag zur Messunsicherheit, der durch Justage- und sogenannte Retrace-Fehler (aufgrund von Topografie-Abweichungen der Kugelober-

fläche) entsteht, nicht exakt beziffern. Zur Quantifizierung dieser Einflüsse wurden der gesamte optische Aufbau des Interferometers in einem Modell (in C++) abgebildet und zehntausende zugehörige Messungen simuliert. Damit ließen sich die Einflüsse der Kugeltopografien auf die Messwerte für das Kugelvolumen untersuchen. Hierzu wurden reale Kugeltopografien verwendet, die aber um bestimmte Faktoren „überhöht“ in das Modell eingefügt wurden, um zu untersuchen, welche Topografieabweichungen entsprechende Abweichungen im Volumen- bzw. mittleren Radienwert erzeugen.



Gemessene Original-Topografie der Si-Kugel AVO28-S5c mit einem Peak-to-Valley(PV)-Radien-Wert von 46,8 nm

Measured original topography of the Si sphere AVO28-S5c with a peak-to-valley(PV) radius value amounting to 46.8 nm



Differenzen von Eingangs- und simulierter Topografie mit einem PV-Wert von 5,4 nm bei einem angenommenen Überhöhungsfaktor von 15 (PV-Wert: 701 nm) sowie einer sich ergebenden Differenz für die Mittelwerte der Radien von nur 0,52 nm

Differences between the input topography and the simulated topography with a PV value of 5.4 nm at a supposed excessive factor of 15 (PV value: 701 nm) and with a difference between the average values of the radii amounting to no more than 0.52 nm

Reduction of the sphere interferometer's measurement uncertainty – based on simulations

Among all measurements that have been carried out within the scope of the Avogadro project, the determination of the volume of the silicon sphere by means of sphere interferometry has so far exhibited the highest uncertainty contribution. This uncertainty contribution has now been considerably reduced by means of simulations. The relative measurement uncertainty of the volume determination by means of sphere interferometry now only amounts to $4.5 \cdot 10^{-9}$; this is a third of the original value [1].

Until now, the uncertainty contribution caused by adjustment errors and so-called “retrace errors” (due to topography deviations of the sphere's surface) could

not be attributed a precise value. In order to quantify these influences, the entire optical setup of the interferometer has been imaged in a model (in C++) and ten thousands of measurements have been simulated. This has allowed the influences of the sphere's topography on the values obtained for the sphere's volume to be investigated. The related software calculations were carried out with real sphere topographies which were, however, “exaggerated” by certain factors and then added to the model in order to find out which topography deviations generated corresponding deviations of the volume value or of the average radius value.

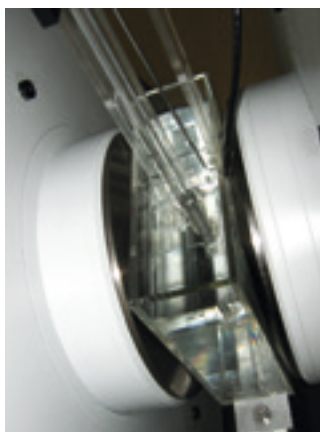
[1] T. Mai, A. Nicolaus: Optical simulation of the new PTB sphere interferometer. Metrologia: 54, 487–493 (2017)

Dosimetrie für die mit Magnetresonanztomografie kombinierte Strahlentherapie

Eine neue Entwicklung in der Strahlentherapie ist die sogenannte MR-geführte Strahlentherapie. Durch sie kann eine Tumorbestrahlung mit hochenergetischer Photonenstrahlung bei gleichzeitiger MR-Bildgebung durchgeführt werden. Der Vorteil ist, dass der hohe Weichgewebekontrast der Magnetresonanztomografie (MRT) die genaue Lokalisation des Tumors während der Bestrahlung ermöglicht. Das Ansprechvermögen von Ionisationskammern, die standardmäßig in der Qualitätssicherung zur Überprüfung der Strahlendosis verwendet werden, ändert sich jedoch in dem für die MR-Bildgebung erforderlichen statischen Magnetfeld. Aus diesem Grund sollen die bewährten Messverfahren zur Dosismessung mit Ionisationskammern für

die Anwendung in der MR-geführten Strahlentherapie (mit Magnetfeld) erweitert werden.

Für die zuverlässige Verwendung von Ionisationskammern im Magnetfeld sind Korrekturfaktoren erforderlich, für deren experimentelle Bestimmung man ein vom Magnetfeld möglichst wenig beeinflusstes Dosimeter benötigt. Derzeit wird die Eignung des auf Alanin/Elektron-Spin-Resonanz (ESR) beruhenden Dosimetriesystems als Sekundärnormal für die Dosimetrie im Magnetfeld untersucht. Dieses soll anschließend benutzt werden, um experimentell die erforderlichen Korrekturfaktoren für Ionisationskammern im Magnetfeld zu bestimmen.



Experimenteller Aufbau zur Untersuchung des Ansprechvermögens von Alanin im Magnetfeld. Links: Elektromagnet Bruker ER073W vor einem Elektronenbeschleuniger. Rechts: Wasserphantom zwischen den Polschuhen des Elektromagneten. Mithilfe des im Wasserphantom befindlichen PMMA-Halters wurden Alaninpellets in 10 cm Wassertiefe bestrahlt.

Experimental setup to investigate the response of alanine in the magnetic field. On the left: Electromagnet Bruker ER073W in front of an electron accelerator. On the right: Water phantom between the pole shoes of the electromagnet. Alanine pellets were irradiated at a water depth of 10 cm by means of the PMMA holder located in the water phantom.

Dosimetry for radiotherapy in combination with MRI

A new development in radiotherapy is so-called MR-guided radiotherapy. By means of this method, a tumor can be irradiated with high-energy photon irradiation and is, at the same time, made visible by means of MR imaging. The advantage of this method is that the high soft-tissue contrast achieved by magnetic resonance imaging (MRI) makes a precise localization of the tumor possible while it is being irradiated. However, in the static magnetic field needed for MR imaging, the response of ionization chambers – which are used by default in quality assurance for checking the radiation dose – changes. Our aim is therefore to extend the well-proven procedures that measure the dose by means of ionization chambers in such a way

that they can be applied in MR-guided radiotherapy (with a magnetic field).

In order to be able to use ionization chambers reliably in a magnetic field, correction factors are required. For the experimental determination of these correction factors, a dosimeter is needed that is influenced as little as possible by the magnetic field. Currently, the dosimetric system that is based on alanine/electron spin resonance (ESR) is being investigated to determine whether it is suitable as a secondary standard for dosimetry in the magnetic field. Thereafter, this system is to be used to experimentally determine the correction factors needed for ionization chambers in the magnetic field.

EUV-Radiometrie für die Halbleiterindustrie

Die Weltmarktführer bei Lithografie-Steppern, ASML in Holland und der deutsche Partner Carl Zeiss SMT für die Projektionsoptiken, haben ihre langjährigen Vereinbarungen mit der PTB zur Charakterisierung von EUV-Reflexionsoptiken mit Synchrotronstrahlung umfangreich verlängert. Im Jahr 2016 hatten beide Unternehmen vereinbart, noch einmal insgesamt fast 1,8 Milliarden Euro zu investieren, um die EUV-Lithografie (EUVL) zur Marktreife zu bringen. Grund ist die fortschreitende Miniaturisierung im Bereich Mikroelektronik. Ließen sich bisher die geforderten Strukturgrößen bei Hochleistungsbauelementen noch mit Strahlung bei einer Wellenlänge von 193 nm lithografisch realisieren, ist der Schritt in das Extrem-UV

(EUV) bei einer Wellenlänge von 13,5 nm jetzt ohne Alternative.

Die PTB-Labore am Elektronenspeicherring BESSY II und an der Metrology Light Source (MLS) in Berlin-Adlershof bieten neben der EUV-Reflektometrie „at wavelength“ an Multilayer-Spiegeln, Kollektoroptyken, Reflexionsmasken sowie Detektionssystemen für EUV-Strahlung auch neue Messtechniken. Dazu zählen die Charakterisierung von Nanostrukturen von EUV-Multilayern und -Reflexionsmasken mithilfe von EUV-Scatterometrie, die orts aufgelöste Reflektometrie im Mikrometerbereich oder zukünftig auch Wellenfrontmessungen zur Charakterisierung von Abbildungsoptiken.



PTB-Seminar zur „VUV und EUV Metrology“ 2017: Alle zwei Jahre treffen sich, jetzt bereits zum vierten Mal, mehr als 100 Teilnehmer für den fachlichen Austausch mit den Kooperationspartnern.

To exchange experiences with the cooperation partners, the PTB Seminar “VUV and EUV Metrology” is now firmly established and regularly has more than 100 participants. This seminar, which is organized every two years, recently took place for the fourth time, from 19–20 October 2017.

EUV radiometry for the semiconductor industry

The global market leader in lithography steppers, ASML in the Netherlands, and the German partner for the lithography optics, Carl Zeiss SMT, have comprehensively extended their long-standing agreements with PTB on the characterization of EUV reflection optics with synchrotron radiation. In 2016, both companies had agreed to invest another total of almost 1.8 billion euros in order to make EUV lithography (EUVL) marketable. The reason for this is the progressing miniaturization in the area of microelectronics. Whereas it had been possible so far to realize the required structural size of high-performance components lithographically by means of radiation at a wavelength of 193 nm, the step towards extreme

UV (EUV) at a wavelength of 13.5 nm is now without alternative.

Besides EUV reflectometry “at wavelength” for multilayer mirrors, collector optics, reflection masks as well as detection systems for EUV radiation, the PTB laboratories at the BESSY II electron storage ring and at the Metrology Light Source (MLS) in Berlin-Adlershof also offer new measurement technologies. These include the characterization of EUV multilayer and reflection mask nanostructures by means of EUV scatterometry, the spatially resolved reflectometry in the micrometer range or, in the future, wavefront measurements for the characterization of imaging optics.

Gerätezentrum für die Messung kleinster Magnetfelder

Seit dem 1. Mai existiert das neue Gerätezentrum „Metrologie für ultra-niedrige Magnetfelder“ auf dem Gelände der PTB in Berlin-Charlottenburg. Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), bietet die PTB damit externen Wissenschaftlern aus Universitäten, internationalen Metrologieinstituten und Unternehmen Zugang zu ihrer Expertise und ihrer weltweit einzigartigen Ausstattung mit Instrumenten zur Messung extrem kleiner Magnetfelder.

Neben mehreren magnetisch geschirmten Kabinen steht auf dem Gelände im Institut Berlin der magnetisch bestgeschirmte Raum (BMSR-2). Mit einem Schirmfaktor von über 10 Millionen, einem Restfeld von weniger als 500 pT und einem Gradienten von 1,2 pT/mm bietet er weltweit einzigartige Bedingungen für höchstauflösende Magnetfeldmessungen. Als Sensoren dienen von der PTB selbst entwickelte SQUID-Magnetometer, die in der Lage sind, Magnetfelder bis hinab zu wenigen Femtotesla zu erfassen.

Core Facility “Metrology of Ultra-Low Magnetic Fields”

Since 1 May 2017, PTB has operated a new Core Facility called “Metrology of Ultra-Low Magnetic Fields” at its site in Berlin-Charlottenburg. Funded by the *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG), PTB allows external scientists from universities, from international metrology institutes and from companies to access its expertise and its range of instruments for the measurement of ultra-low magnetic fields – instruments that are unique throughout the world.

Besides several magnetically shielded rooms, the Berlin Institute of PTB accommodates the best walk-in magnetically shielded room (BMSR-2). With a shielding factor of more than 10 million, a remaining field of less than 500 pT and a gradient of 1.2 pT/mm, this room offers conditions that are unique worldwide for magnetic field measurements with the highest resolution. SQUID magnetometers developed by PTB are used as sensors; they are able to detect magnetic fields down to just a few femtoteslas. With a noise as

Sie gehören mit einem Rauschen bis hinab zu 150 aT/ $\sqrt{\text{Hz}}$ zu den empfindlichsten SQUID-Systemen weltweit.

In der PTB werden mit der entwickelten Messtechnik Themen rund um Biosignalaufnahme, Kernspinpräzession von hyperpolarisierten Edelgasen, Charakterisierung von magnetischen Nanopartikeln und Ultra-Niedrigfeld-Kernmagnetresonanz erforscht.



Messung der Kernspinresonanz im Niedrigfeld in einem magnetischen Abschirmraum

Measurement of low-field nuclear resonance in a magnetically shielded room

low as 150 aT/ $\sqrt{\text{Hz}}$, they are among the most sensitive SQUID systems in the world.

At PTB, the measurement technology developed is used to carry out research on topics related to biosignal detection, the nuclear spin precession of hyperpolarized noble gases, the characterization of magnetic nanoparticles and ultra-low-field nuclear magnetic resonance.

Afrikanisches Jahr der Qualitätsinfrastruktur

Das Jahr 2017 stand für die *Technische Zusammenarbeit* unter dem Motto „Better Quality, Better Life“. Mit diesem Slogan wurde von der Afrikanischen Ministerkonferenz für Handel und Industrie das Afrikanische Jahr der Qualitätsinfrastruktur ausgerufen. Am Erfolg des Themenjahres ist die PTB stark beteiligt. Sie hat ihre Erfahrungen genutzt, um eigenständige QI-Einrichtungen in Afrika zu begleiten und zu fördern, und dazu beigetragen, dass sich diese zu einem panafrikanischen Forum zusammengeschlossen haben. Das Forum dient als direkter Ansprechpartner für die Kommission der Afrikanischen Union in allen Fragen, die mit Qualität verbunden sind.

Vor Ort ist der Film „Quality for Africa – how to trust the invisible“ in Zusammenarbeit mit dem Panafrikanischen Forum für Qualitätsinfrastruktur entstanden. Der Film sucht nach Antworten auf die Frage „Wie können die Menschen auf Qualität vertrauen, wenn sie sie nicht sehen können?“.

Eine Delegation der Weltbank hat im September 2017 die PTB besucht, um die Kooperation mit der PTB im Bereich Förderung von Qualitätsinfrastruktur in Entwicklungs- und Schwellenländern zu vertiefen und gemeinsame Aktivitäten zu diskutieren.



Kann ich darauf vertrauen, dass mein Trinkwasser wirklich sauber ist? Welche Rolle Qualitätsinfrastruktur in dieser Frage spielt, zeigt der Film „Quality for Africa – how to trust the invisible“.

Can I trust that my drinking water is truly safe? The role played by quality infrastructure in this matter can be seen in the film titled “Quality for Africa – how to trust the invisible”.

The African Year of Quality Infrastructure

In the year 2017, the *Technical Cooperation Department's* motto was “Better Quality, Better Life”. Using this slogan, the African Union Ministers of Trade declared the African Year of Quality Infrastructure. PTB was very actively involved in the success of this special year. PTB used its experience to support and promote independent quality infrastructure institutions in Africa and has contributed to these joining together in a pan-African forum. This forum serves as a direct contact for the African Union Commission in all questions related to quality.

The film “Quality for Africa – how to trust the invisible” was made on location in cooperation with the Pan-African Forum for Quality Infrastructure. The film searches for answers to the question: “How can people trust quality if they cannot see it?”

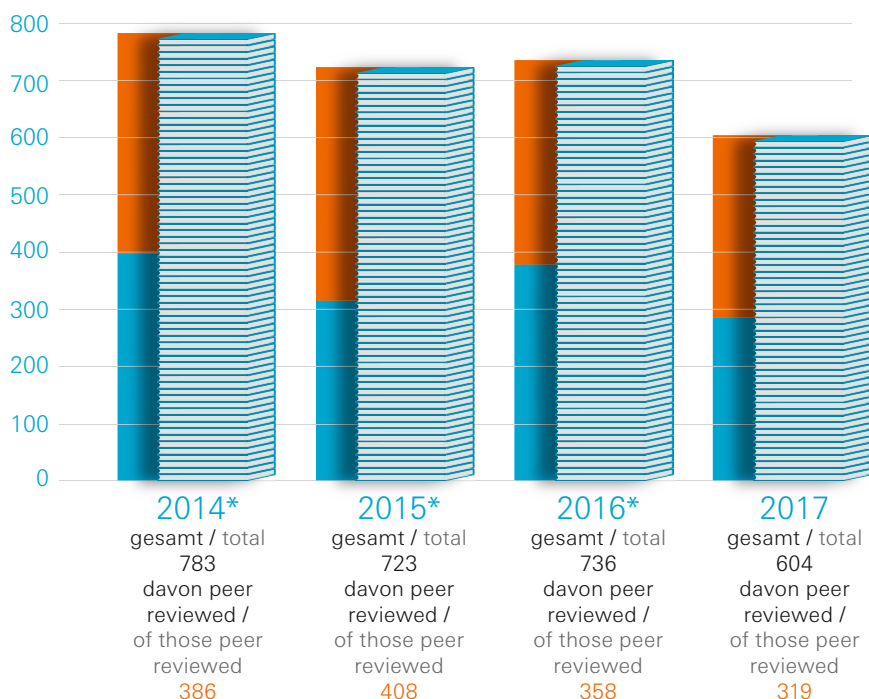
A delegation from the World Bank visited PTB in September 2017 with the goal of expanding cooperation projects with PTB in the area of quality infrastructure promotion in developing countries and countries in transition and discussing common activities.

Veröffentlichungen und Vorträge / Publications and lectures

Anzahl der Veröffentlichungen der PTB-Mitarbeiter/innen (in wissenschaftlichen Journalen, Büchern, Tagungsbänden etc.) in den Jahren 2014 bis 2017 (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 2014 and 2017 (cf. database “PTB-Publica” on the web) and number of lectures held by PTB staff members outside PTB in these years.

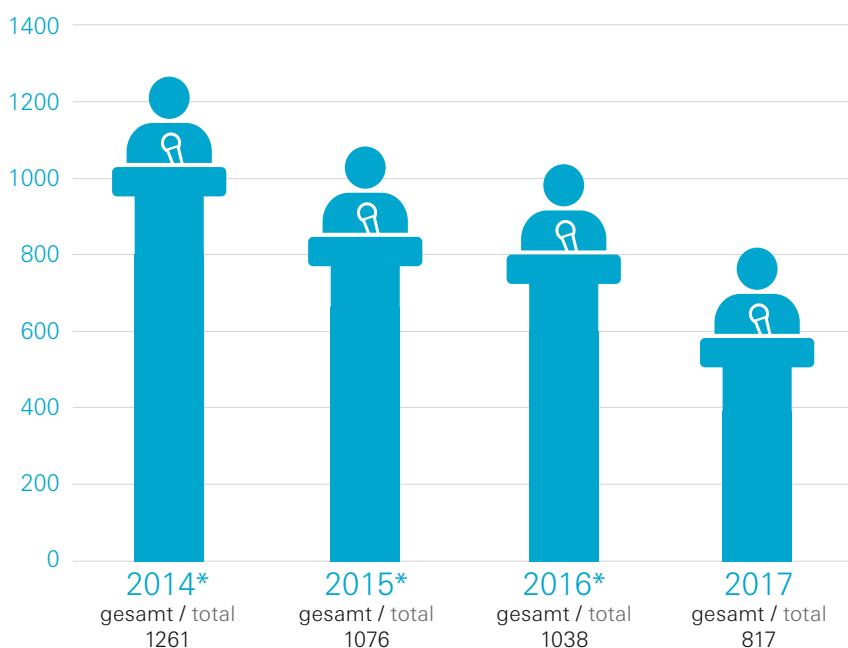
Veröffentlichungen / Publications



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

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

Vorträge / Lectures



Ausgewählte Publikationen /

Selected publications

Themenbereich: Akustik, Ultraschall, Beschleunigung /

Subject area: Acoustics, ultrasound, acceleration

M. Weber, V. Wilkens: **Using a heterodyne vibrometer in combination with pulse excitation for primary calibration of ultrasonic hydrophones in amplitude and phase.** *Metrologia* 54 (2017), 432–444; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa72ba>

Fachbereich 1.6 *Schall*, PTB

Themenbereich: Durchfluss /

Subject area: Fluid flow

N. Furuichi, L. Cordova, T. Lederer, Y. Terao: **Comparison of high temperature and high Reynolds number water flows between PTB and NMIJ.** *Flow Measurement and Instrumentation* 52 (2016), 157–162; <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2016.10.003>

Fachbereich 7.5 *Wärme und Vakuum*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem NMIJ (Japan)

Themenbereich: Elektrizität und Magnetismus /

Subject area: Electricity and magnetism

S. Bauer, R. Behr, T. Hagen, O. Kieler, J. Lee, L. Palafox, J. Schurr: **A novel two-terminal-pair pulse-driven Josephson impedance bridge linking a 10 nF capacitance standard to the quantized Hall resistance.** *Metrologia* 54 (2017), 152; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa5ba8>

Fachbereich 2.6 *Elektrische Quantenmetrologie* in Zusammenarbeit mit dem
Fachbereich 2.4 *Quantenelektronik*, PTB

F. Stein, H. Scherer, T. Gerster, R. Behr, M. Götz, E. Pesel, C. Leicht, N. Ubbelohde, T. Weimann, K. Pierz, H. W. Schumacher, F. Hohls: **Robustness of single-electron pumps at sub-ppm current accuracy level.** *Metrologia* 54 (2017), 1; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/54/1/S1>

Fachbereiche 2.2 *Hochfrequenz und Felder*, 2.6 *Elektrische Quantenmetrologie*,
2.5 *Halbleiterphysik und Magnetismus*, 2.3 *Elektrische Energiemesstechnik* und
2.4 *Quantenelektronik*, alle PTB

Themenbereich: Ionisierende Strahlung /

Subject area: Ionizing radiation

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

Fachbereiche 6.1 *Radioaktivität* und 6.3 *Strahlenschutzdosimetrie*, beide PTB,
in Zusammenarbeit mit dem Laboratoire National Henri Becquerel (Frankreich)

Themenbereich: Länge und dimensionelle Metrologie /

Subject area: Length, dimensional metrology

S. Quabis, M. Schulz, G. Ehret, M. Asar, P. Balling, P. Kren, R. H. Bergmans, A. Küng, A. Lassila, D. Putland, O. Williams, H. Pirée, E. Prieto, M. del Mar Pérez, L. Svedova, Z. Ramotowski, M. Vannoni, F. Hungwe, Y. Kang: **Intercomparison of flatness measurements of an optical flat at apertures of up to 150 mm in diameter.** Metrologia 54 (2017), 85–93; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa535c>

Fachbereich 4.2 *Bild- und Wellenoptik*, PTB, in Zusammenarbeit mit TUBITAK UME (Türkei), CMI (Tschechische Republik), VSL (Niederlande), METAS (Schweiz), VTT MIKES (Finnland), NPL (Vereinigtes Königreich), SMD (Belgien), CEM (Spanien), LATMB (Lettland), GUM (Polen), CNR (Italien), NMISA (Südafrika), NIM (China)

D. Imkamp, J. Berthold, M. Heizmann, K. Kniel, E. Manske, M. Peterek, R. Schmitt, J. Seidler, K.-D. Sommer: **Challenges and trends in manufacturing measurement technology – the “Industrie 4.0” concept.** J. Sens. Syst. 5 (2016), 325–335, <https://doi.org/10.5194/jsss-5-325-2016>

Fachbereich 5.3 *Koordinatenmesstechnik*, PTB, in Zusammenarbeit mit Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fraunhofer IOSB, Technischer Universität Ilmenau, RWTH Aachen und Mahr GmbH

Themenbereich: Masse und abgeleitete Größen /

Subject area: Mass and derived quantities

G. Bartl, P. Becker, B. Beckhoff, H. Bettin, E. Beyer, M. Borys, I. Busch, L. Cibik, G. D’Agostino, E. Darlatt, M. Di Luzio, K. Fujii, H. Fujimoto, K. Fujita, M. Kolbe, M. Krumrey, N. Kuramoto, E. Massa, M. Mecke, S. Mizushima, M. Müller, T. Narukawa, A. Nicolaus, A. Pramann, D. Rauch, O. Rienitz, C. P. Sasso, A. Stopic, R. Stosch, A. Waseda, S. Wundrack, L. Zhang, X. W. Zhang: **A new ^{28}Si single crystal: counting the atoms for the new kilogram definition.** Metrologia 54 (2017), 693–715; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa7820>

Fachbereiche 5.4 *Interferometrie an Maßverkörperungen*, 1.8 *Masse – Darstellung der Einheit*, 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung*, 7.2 *Kryophysik und Spektrometrie*, 5.1 *Oberflächenmesstechnik* (alle PTB) in Zusammenarbeit mit INRIM (Italien), Universität Pavia (Italien), NMIJ (Japan), ANSTO (Australien), IHEP (China)

K. Jousten, J. Hendricks, D. Barker, K. Douglas, S. Eckel, P. Egan, J. Fedchak, J. Fluegge, C. Gaiser, D. A. Olson: **Perspectives for a new realization of the pascal by optical methods.** Metrologia, 54 (2017), 146–161; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa8a4d>

Fachbereiche 7.5 *Wärme und Vakuum*, 7.4 *Temperatur* und 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie*, alle PTB, in Zusammenarbeit mit dem NIST (USA)

M. Müller, B. Beckhoff, E. Beyer, E. Darlatt, R. Fiegauß, G. Ulm, M. Kolbe: **Quantitative surface characterization of silicon spheres by combined XRF and XPS analysis for the determination of the Avogadro constant.** Metrologia 54 (2017), 653–662; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa73c5>

Fachbereiche 5.5 *Wissenschaftlicher Gerätebau*, 7.2 *Kryophysik und Spektrometrie*, 1.8 *Masse – Darstellung der Einheit*, 7.1 *Radiometrie und Synchrotronstrahlung* und 7.5 *Wärme und Vakuum*, alle PTB

S. Baumgarten, H. Kahmann, D. Röske: **Metrological characterization of a 2 kN · m torque standard machine for superposition with axial forces up to 1 MN.** *Metrologia* **53** (2016), 1165–1176; <https://doi.org/10.1088/0026-1394/53/5/1165>

Fachbereich 1.2 *Festkörpermechanik*, PTB

Themenbereich: Metrologie in der Chemie und Stoffeigenschaften /

Subject area: Metrology in chemistry and properties of substances

G. D'Agostino, L. Bergamaschi, M. Di Luzio, J. Noordmann, M. Oddone, O. Rienitz: **The linkup of mono-elemental solutions to the SI using INAA: a measurement procedure and the achievable uncertainty.** *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **309** (2016), 777–786; <https://doi.org/10.1007/s10967-015-4676-2>

Fachbereiche 3.1 *Metrologie in der Chemie* und 6.1 *Radioaktivität*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit INRIM (Italien) und der Universität Pavia (Italien)

B. Buchholz, A. Afchine, A. Klein, C. Schiller, M. Krämer, V. Ebert: **HAI, a new airborne, absolute, twin dual-channel, multi-phase TDLAS-hygrometer: background, design, setup, and first flight data.** *Atmospheric Measurement Techniques* **10** (2017), 35; <https://doi.org/10.5194/amt-10-35-2017>

Fachbereiche 1.3 *Geschwindigkeit* und 3.2 *Gasanalytik und Zustandsverhalten*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg, der Technischen Universität Darmstadt und dem Forschungszentrum Jülich

Themenbereich: Metrologie für die Medizin /

Subject area: Metrology for medicine

M. Reginatto, M. Anton, C. Elster: **Assessment of CT image quality using a Bayesian approach.** *Metrologia* **54** (2017), 74–82; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa735b>

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

J. H. Storm, P. Hömmen, D. Drung, R. Körber: **An ultra-sensitive and wideband magnetometer based on a superconducting quantum interference device.** *Appl. Phys. Lett.* **110** (2017), 072603; <http://doi.org/10.1063/1.4976823>

Fachbereich 8.2 *Biosignale*, PTB

G. Wübbeler, C. Elster: **A large-scale optimization method using a sparse approximation of the Hessian for magnetic resonance fingerprinting.** *SIAM J. Imaging Sci.* **10** (2017), 979–1004; <https://doi.org/10.1137/16M1095032>

Fachbereich 8.4 *Mathematische Modellierung und Datenanalyse*, PTB

Themenbereich: Photometrie und Radiometrie /

Subject area: Photometry and radiometry

I. Müller, R. D. Horansky, J. H. Lehman, S. W. Nam, I. Vayshenker, L. Werner, G. Wuebbeler, M. White: **Verification of calibration methods for determining photon-counting detection efficiency using superconducting nano-wire single photon detectors**. Opt. Express **25** (2017), 21483–21495; <http://doi.org/10.1364/OE.25.021483>

Fachbereiche 7.3 *Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie* und 8.4 *Mathematische Modellierung und Datenanalyse*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit dem NIST (USA)

R. Klein, R. Fliegauf, S. Kroth, W. Paustian, T. Reichel, M. Richter, R. Thornagel: **Source-based calibration of space instruments using calculable synchrotron radiation**. J. Astron. Telesc. Instrum. Syst. **2** (2016), 044002; <http://doi.org/10.1117/1.JATIS.2.4.044002>

Fachbereich 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung*, PTB

B. Rodiek, M. López, H. Hofer, G. Porrovecchio, M. Smid, X.-L. Chu, S. Gotzinger, V. Sandoghdar, S. Lindner, C. Becher, and S. Kück: **Experimental realization of an absolute single-photon source based on a single nitrogen vacancy center in a nanodiamond**. Optica **4** (2017), 71; <https://doi.org/10.1364/OPTICA.4.000071>

Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem CMI (Tschechische Republik), der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, dem Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts und der Universität des Saarlandes

Themenbereich: Thermometrie /

Subject area: Thermometry

C. Gaiser, B. Fellmuth, N. Haft, A. Kuhn, B. Thiele-Krivoi, T. Zandt, J. Fischer, O. Jusko, W. Sabuga: **Final determination of the Boltzmann constant by dielectric-constant gas thermometry**. Metrologia **54** (2017), 280–289; <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aa62e3>

Fachbereiche 7.4 *Temperatur*, 5.3 *Koordinatenmesstechnik*, 3.3 *Thermophysikalische Größen*, alle PTB

M. Wähmer, K. Anhalt, J. Hollandt, R. Klein, R. D. Taubert, R. Thornagel, G. Ulm., V. Gavrilov, I. Grigoryeva, B. Khlevnoy, V. Sapritsky: **Thermodynamic temperature of high-temperature fixed points traceable to blackbody radiation and synchrotron radiation**. Int. J. Thermophys. **38** (2017), 144; <https://doi.org/10.1007/s10765-017-2273-z>

Fachbereiche 7.3 *Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie*, 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung*, 7.5 *Wärme und Vakuum*, alle PTB, in Zusammenarbeit mit dem VNIIOFI (Russland)

Themenbereich: Zeit und Frequenz /

Subject area: Time and frequency

D. G. Matei, T. Legero, S. Häfner, C. Grebing, R. Weyrich, W. Zhang, L. Sonderhouse, J. M. Robinson, J. Ye, F. Riehle and U. Sterr: **1.5 μm lasers with sub 10 mHz linewidth**. Phys. Rev. Lett. **118** (2017), 263202; <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.263202>

Fachbereich 4.3 *Quantenoptik und Längeneinheit*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem JILA/NIST (USA)

Themenbereich: Physikalische Sicherheitstechnik, Explosionsschutz /

Subject area: Physical safety engineering and explosion protection

M. Mitu, E. Brandes: **Influence of pressure, temperature and vessel volume on explosion characteristics of ethanol/air mixtures in closed spherical vessels.** *Fuel* **203** (2017), 460–468; <http://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.04.124>

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

R. Shekhar, L. R. Boeck, C. Uber, U. Gerlach: **Ignition of a hydrogen-air mixture by low voltage electrical contact arcs.** *Combustion and Flame* **186** (2017), 236–246; <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2017.08.006>

Fachbereich 3.6 *Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik*, PTB, in Zusammenarbeit mit der University of Queensland (Australien) und dem California Institute of Technology (USA)

Themenbereich: Nanometrologie /

Subject area: Nanometrology

B. Liu, H. Yan, R. Stosch, B. Wolfram, M. Bröring, A. Bakin, M. Schilling, P. Lemmens: **Modelling plexcitons of periodic gold nanorod arrays with molecular components.** *Nanotechnology* **28** (2017), 195201; <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aa67d8>

Fachbereich 3.1 *Metrologie in der Chemie*, PTB, in Zusammenarbeit mit der TU Braunschweig und dem Harbin Inst. Tech. (China)

G. Dai, K. Hahm, H. Bosse, R. G. Dixon: **Comparison of line width calibration using critical dimension atomic force microscopes between PTB and NIST.** *Meas. Sci. Technol.* **28** (2017), 065010 (12pp); <https://doi.org/10.1088/1361-6501/aa665b>

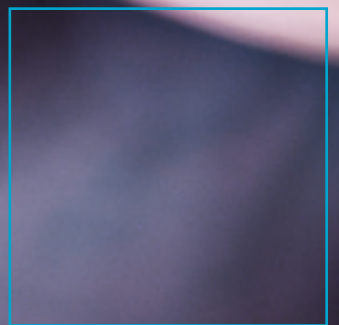
Fachbereiche 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* und 5.1 *Oberflächenmesstechnik*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit dem NIST (USA)

J. Kiethe, D. Kalincev, R. Nigmatullin, T. Schmirander, T. E. Mehlstäubler: **Probing nanofriction and Aubry-type signatures in a finite self-organized system.** *Nature Communications* **8** (2017), 15364; <https://doi.org/10.1038/ncomms15364>

Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) der PTB und der Leibniz Universität Hannover in Zusammenarbeit mit der University of Sydney (Australien) und der University of Oxford (Vereinigtes Königreich)

Menschen

People



Sitzung des Kuratoriums der PTB

Als wichtigstes Beratungsgremium der PTB ist das Kuratorium aus hochrangigen Persönlichkeiten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Behörden zusammengesetzt. Neben dem einen oder anderen Treffen im Laufe des Jahres stellt die jährlich stattfindende Kuratoriumstagung eine wichtige Gelegenheit dar, über aktuelle Entwicklungen und Ziele der PTB zu beraten. In diesem Jahr fand die Kuratoriumstagung am 11. und 12. Mai in Braunschweig statt.

Wie üblich begann das Programm mit Laborbesuchen, gefolgt von Fachvorträgen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. In diesem Jahr trug zunächst Dr. Sven Dörscher zu Vergleichen zwischen optischen Frequenznormalen vor. Anschließend berichtete Dr. Stephan Krenek über eine neue Methode zur Messung des spektralen Emissionsgrades bei mehr als 1000 °C. Zum Abschluss erläuterte Dipl.-Phys. Kerstin Rost in ihrem Vortrag die Messunsicherheitsermittlung mit dem virtuellen Koordinatenmessgerät der PTB. Die Vorträge stießen auf große Resonanz bei den Kuratoren und den Mitarbeitern der PTB. Im Anschluss fanden Gespräche einzelner Kuratoriumsmitglieder in kleinen Gruppen in den Abteilungen statt, bei denen fachspezifische Themen diskutiert wurden.

Bei der eigentlichen Sitzung des Kuratoriums am nächsten Morgen informierte der Präsident des Kuratoriums, MinDirig Stefan Schnorr, Leiter der Abteilung Digital- und Innovationspolitik am BMWi, zunächst über wichtige politische Entwicklungen. Im Anschluss stellte der Präsident der PTB, Professor Dr. Joachim Ullrich, wesentliche Arbeitsergebnisse der PTB des letzten Jahres vor und ging ausführlich auf zukünftige Entwicklungen ein. Hauptsächlich diskutiert wurden auf der Kuratoriumstagung die Empfehlungen des Wissenschaftsrates infolge der jüngsten Evaluation und das Thema Digitalisierung.

Nachdem die Amtszeiten zweier langjähriger Kuratoren aufgrund des Erreichens der Pensionsgrenze ausgelaufen sind, hat das Kuratorium auf Vorschlag des Ergänzungsausschusses einstimmig Prof. Dr. Petra Schwille, Abteilungsleiterin am Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried und Professorin an der LMU München, sowie Dr. Jürgen Kirschner, Geschäftsleiter des Zentralbereichs Forschung und Vorentwicklung bei der Robert Bosch GmbH, als Nachfolger beschlossen.

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

The *Kuratorium*, PTB's most important advisory body, is made up of high-ranking representatives from industry and science and from authorities. In addition to possible necessary meetings throughout the year, the annual meeting of the *Kuratorium* is an important opportunity to discuss the recent developments and goals of PTB. This year, the *Kuratorium* meeting took place on 11–12 May in Braunschweig.

As customary, the program began with visits to the laboratories, followed by expert lectures held by young scientists. This year, Dr. Sven Dörscher was first and presented comparisons between optical frequency standards. Dr. Stephan Krenek then presented a new method for the measurement of spectral emissivity at temperatures higher than 1000 °C. Finally, Dipl.-Phys. Kerstin Rost described the determination of measurement uncertainty using PTB's virtual coordinate measuring machine in her lecture. The lectures enjoyed very positive feedback from the *Kuratorium* members and the employees of PTB. After the lectures, department meetings took place in small groups with individual *Kuratorium* members to discuss specialty-related topics.

At the proper meeting of the *Kuratorium* the next morning, the President of the *Kuratorium*, Stefan Schnorr (*Ministerialdirigent* at the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, BMWi), Director of the Digital and Innovation Policy Department at the BMWi, informed the members of important political developments first. Afterwards, the President of PTB, Professor Dr. Joachim Ullrich, presented the major work results of PTB in the last year and went into detail about future developments. The recommendations of the German Council of Science and Humanities based on the results of the newest evaluation and the topic of digitalization were the main topics of discussion at the *Kuratorium* meeting.

As the terms of office of two long-term *Kuratorium* members ran out due to them reaching retirement age, the *Kuratorium* voted unanimously for Professor Dr. Petra Schwille, department director at the Max Planck Institute of Biochemistry in Martinsried and professor at the LMU Munich, and for Dr. Jürgen Kirschner, managing director of the Center for Research and Advance Engineering of the Robert Bosch GmbH company, as successors.



Teilnehmer der Kuratoriumstagung 2017 / Participants of the 2017 *Kuratorium* meeting

Präsident des Kuratoriums /

President of the *Kuratorium*

MinDirig Stefan Schnorr

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie,
Berlin

Prof. Dr. Olaf Dössel

Institut für Biomedizinische Technik,
Karlsruher Institut für Technologie

Stellvertretender Präsident des Kuratoriums /

Deputy President of the *Kuratorium*

Prof. Dr. Wolfgang Ertmer

Institut für Quantenoptik,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr. Claudia Eckert

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

Prof. Dr. Gisela Anton

Physikalisches Institut IV,
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

Dr. Matthias Fankhänel

BASF SE,
Ludwigshafen

Prof. Dr. Dr. med. Jürgen Debus

Radioonkologie und Strahlentherapie,
Universitätsklinikum Heidelberg

Dr. Hermann Gerlinger

Aalen

Prof. Dr. Cornelia Denz

Institut für Angewandte Physik,
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

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

Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Kowalsky
Institut für Hochfrequenztechnik,
Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr. Gerald Linke
Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.,
Bonn

Dr. Monika Mattern-Klosson
Leybold GmbH,
Köln

Prof. Dr. Jürgen Mlynek
Falling Walls Foundation gGmbH,
Berlin

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

Prof. Dr. Dr. h. c. Roland Sauerbrey
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Prof. Dr. Petra Schwill
Abt. Zelluläre und Molekulare Biophysik,
Max-Planck-Institut für Biochemie,
Martinsried

Dr. Thomas Sesselmann
Dr. Johannes Heidenhain GmbH,
Traunreut

Dr. Nathalie von Siemens
Siemens Stiftung,
München

Ehrenkurator

Honorary Member of the *Kuratorium*

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

Prof. Dr. Martin Winterkorn
Volkswagen AG,
Wolfsburg

Prof. Dr. Ulrike Woggon
Institut für Optik und Atomare Physik,
Technische Universität Berlin

Stand: Dezember 2017 / As of: December 2017

Neu in leitender Funktion

Newly appointed to management posts

Dr. Anna Cypionka

Die Chemikerin und Verwaltungswissenschaftlerin (MPA) leitet seit dem 1. Mai 2017 die *Präsidiale Stabsstelle* (PSt). Der *Präsidiale Stab* unterstützt das Präsidium bei Planung und strategischem Controlling, bei der Koordination von PTB-internen und abteilungsübergreifenden Prozessen sowie bei der Kommunikation und Vertretung nach außen. Sie ist Schnittstelle auf Arbeitsebene zum Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und zentraler Ansprechpartner für Forschungsk Kooperationen. Die Stabsstelle umfasst außerdem die beiden Arbeitsgruppen *Koordination Digitalisierung* und *Zentrales Qualitätsmanagement*.

The chemist and administrative scientist (MPA) has been directing the *Presidential Staff Office* (PSt) since 1 May 2017. The *Presidential Staff* supports the Executive Office in planning and strategic controlling, in the coordination of internal and department-overarching processes at PTB as well as in PTB's external communication and representation. It is the liaison between PTB and the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy and is the central contact person for collaborative research projects. In addition, the Staff Office encompasses the two Working Groups *Coordination Digitalization* and *Central Quality Management*.



Dr. habil. Corinna Kroner

Die Physikerin und Geophysikerin leitet seit dem 1. Dezember 2017 den Fachbereich 1.5 *Flüssigkeiten*. Der Fachbereich bearbeitet die Arbeits- und Forschungsbereiche *Darstellung und Weitergabe des Durchflusses von strömenden Flüssigkeiten* sowie *Darstellung und Weitergabe des Volumens ruhender Flüssigkeiten*. Ein wesentlicher Schwerpunkt liegt auf Zulassungs- und Zertifizierungsaufgaben. Derzeitige Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte liegen auf der Weiterentwicklung und Qualitätssicherung der eigenen Normalmesseinrichtungen und auf dem Aufbau einer Infrastruktur zur realitätsnahen Charakterisierung des Messverhaltens von Wasserzählern und Durchflusssensoren.

The physicist and geophysicist has been the Head of Department 1.5, *Liquid Flows*, since 1 December 2017. The department addresses the work and research areas of the *Realization and dissemination of flows from flowing liquids* and the *Realization and dissemination of the volume of resting liquids*. A major focus lies on approval and certification tasks. The current research and development focal points lie on the further development and quality assurance of PTB's standard facilities and on setting up an infrastructure for the near realistic characterization of the measurement behavior of water meters and flow sensors.



Dr.-Ing. Detlev Markus

Der Chemiker und Maschinenbauingenieur leitet seit dem 1. November 2017 den Fachbereich 3.5 *Explosionsschutz in der Energietechnik*. Dieser Fachbereich beschäftigt sich mit der Prüfung und Bewertung explosionsgeschützter Geräte sowie der experimentellen und numerischen Untersuchung von Explosionsvorgängen. Derzeitige Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte liegen in der Analyse und Simulation sicherheitsrelevanter Zünd- und Verbrennungsprozesse, der Gestaltung innovativer explosionsgeschützter Geräte sowie in der Entwicklung von Rückführungsverfahren und Vergleichsmessungen im Explosionsschutz.

The chemist and mechanical engineer has been the Head of Department 3.5, *Explosion Protection in Energy Technology*, since 1 November 2017. This department addresses the testing and assessment of explosion-protected devices and the experimental and numerical investigation of explosion processes. The current research and development focus points lie in the analysis and simulation of safety-related ignition and combustion processes, the design of innovative explosion-proof devices and also in the development of traceability procedures and comparison measurements in explosion protection.



Hon.-Prof. Dr. Stefan Kück

Der Physiker leitet seit dem 1. Dezember 2016 die Abteilung 4 *Optik*. Die Abteilung bearbeitet die Themenbereiche *Länge und dimensionelle Metrologie, Photometrie und Radiometrie* sowie *Zeit und Frequenz*. Drei Basiseinheiten des internationalen Einheitensystems – die der Länge, der Lichtstärke und der Zeit – sind in der Abteilung beheimatet.

The physicist has been the Head of Division 4, *Optics*, since 1 December 2016. The division handles the topics of *Length and dimensional metrology, Photometry and radiometry* as well as *Time and frequency*. Three of the base units of the International System of Units – those of length, of luminous intensity and of time – are dealt with in this division.



Dr. Armin Sperling

Der Physiker leitet seit dem 1. Juli 2017 den Fachbereich 4.1 *Photometrie und Spektroradiometrie*. Die Arbeitsgruppen des Fachbereichs sind nach den Arbeits- und Forschungsbereichen *Spektroradiometrie, Lichtstärkeinheit* und *Photometrie* benannt. Derzeitige Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte liegen in der Verringerung der Messunsicherheiten bei der Rückführung der SI-Einheit Candela, bei der Rückführung und Charakterisierung spektralradiometrischer Messungen sowie bei der Rückführung kamerabasierter photometrischer Messtechnik.

The physicist has been the Head of Department 4.1, *Photometry and Spectroradiometry*, since 1 July 2017. The working groups of this department are named after the work and research areas of *Spectroradiometry, Luminous intensity* and *Photometry*. The current research and development focus points lie on reducing the measurement uncertainties in the traceability of the SI base unit candela, in the traceability and characterization of spectralradiometric measurements as well as in the traceability of camera-based photometric measurement technology.



Dr. Stefan Winter

Der Physiker leitet seit dem 1. September 2017 den Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie*. Die Arbeits- und Forschungsgebiete des Fachbereichs sind *Reflexion und Transmission, Solarzellen* sowie *Laser- und Quantenradiometrie*. Derzeitige Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte liegen in der Rückführung komplexer optischer Materialeigenschaften, in der umfassenden metrologischen Charakterisierung von Solarzellen und -modulen sowie in der Einzelphotonenmetrologie.

The physicist has been the Head of Department 4.5, *Applied Radiometry*, since 1 September 2017. The work and research areas of this department are *Reflection and transmission, Solar cells* as well as *Laser and quantum radiometry*. The current research and development focus points are on the traceability of complex optical material properties, on the extensive metrological characterization of solar cells and solar modules and on single photon metrology.



Dr. Andreas Zimbal

Der Physiker leitet seit dem 15. September 2016 den Fachbereich 6.4 *Neutronenstrahlung*. Der Fachbereich bearbeitet alle Fragen rund um die Metrologie von Neutronenstrahlung in drei wissenschaftlichen Arbeitsgruppen: *Neutronenmetrologie, Neutronenspektrometrie* und *Neutronendosimetrie*. In einer weiteren Arbeitsgruppe (*Ionenbeschleuniger*) ist der Betrieb der PTB-Ionenbeschleunigeranlage PIAF („PTB Ion Accelerator Facility“) angesiedelt, die für die Erzeugung von Neutronenreferenzfeldern benötigt wird. Aktuelle Forschungsschwerpunkte des Fachbereichs sind die Messung von sekundärer Neutronenstrahlung bei der Strahlentherapie an medizinischen Anlagen und die Bestimmung von Referenzwirkungsquerschnitten für die Kern- und Teilchenphysik.

The physicist has been the Head of Department 6.4, *Neutron Radiation*, since 15 September 2016. The department addresses all questions related to the metrology of neutron radiation in three scientific working groups: *Neutron metrology, Neutron spectrometry* and *Neutron dosimetry*. A further working group (*Ion accelerators*) conducts the operation of PTB's Ion Accelerator Facility (PIAF) which is necessary for the generation of neutron reference fields. The current research focus of the department is on the measurement of secondary neutron radiation during radiation therapy at medical facilities and on determining the reference cross sections for nuclear and particle physics.



Dr. habil. Peter Ulbig

Der Chemieingenieur leitet seit dem 1. Oktober 2017 die neugeschaffene Abteilung 9 *Gesetzliche und internationale Metrologie*. Die Abteilung bearbeitet die übergeordneten Aufgaben des gesetzlichen und industriellen Messwesens. Dies umfasst insbesondere die Zusammenarbeit mit den deutschen Eichbehörden und mit akkreditierten Kalibrierlaboratorien

The chemical engineer has been the Head of the newly created Division 9, *Legal and international Metrology*, since 1 October 2017. The division addresses the overarching tasks of legal and industrial metrology. That especially encompasses the cooperation with the German verification authorities and with accredited calibration laboratories – as is the legal



entsprechend dem gesetzlichen Auftrag der PTB mit dem Ziel, für die Einheitlichkeit im Messwesen zu sorgen. Die Abteilung ist der zentrale Ansprechpartner für die Konformitätsbewertung von Messgeräten sowie den Transfer von PTB-Technologien in die Industrie. Darüber hinaus koordiniert sie die internationale Zusammenarbeit im Bereich der Qualitätsinfrastruktur für die Bundesregierung und führt weltweit entsprechende Projekte durch.

Manfred Gahrens

Der Jurist und bisherige Leiter des *Justiziariats* leitet seit dem 1. Dezember 2017 die umbenannte und neu strukturierte Abteilung Q *Querschnittsdienste*. Die Abteilung erbringt, insbesondere im Bereich der technischen Infrastruktur Braunschweig und der Informationstechnologie, verschiedenste Dienstleistungen für die übrigen Organisationseinheiten der PTB.

task of PTB – with the goal of ensuring unity in metrology. This division serves as a central contact for the conformity assessment of measuring instruments and also for the transfer of PTB's technology to industry. Beyond that, the division coordinates international cooperation in the area of quality infrastructure for the federal German government and conducts the corresponding projects worldwide.

The lawyer and previous Head of the *Legal Matters* Section has been the new Head of the renamed and re-structured Division Q, *Cross-sectional Services*, since 1 December 2017. The division performs different services for the other organizational units of PTB, especially in the area of technical infrastructure in Braunschweig and in the area of IT.



Gesche Grüneberg-Damm

Nach dem Architekturstudium und dem 2. Staatsexamen hat Gesche Grüneberg-Damm sich in Führungspositionen in der Bauverwaltung insbesondere für den Bundesbau eingesetzt. Seit ihrem Wechsel zur PTB am 1. November 2016 leitet sie die Gruppe Q.2 *Technische Infrastruktur*. Zu den wichtigsten Zielen der Gruppe gehören die Realisierung der zukunftsweisenden Neubauprojekte des Masterplans, der Ausbau der technischen Infrastruktur zur Erhöhung der Versorgungssicherheit und Energieeffizienz sowie die Modernisierungen im Bestand zur Verbesserung von Messbedingungen und Arbeitssicherheit.

After completing her studies in architecture and 2nd state examination, Gesche Grüneberg-Damm was in leadership positions for the State building authority, with a special focus on the construction of federal buildings. Since her move to PTB on 1 November 2016, she has been the Head of Group Q.2, *Technical Infrastructure*. The most important goals of this group encompass the realization of the future-oriented new building projects of the master plan, the expansion of the technical infrastructure in order to increase supply reliability and energy efficiency, and the modernization of the inventory of existing buildings in order to improve the conditions for measurement and for safety at work.



Barbara Tafel

Die Juristin leitet seit dem 1. Dezember 2017 das *Justiziariat* (Referat Z.13). Das Referat ist zuständig für alle Rechtsangelegenheiten der PTB. Dazu gehören unter anderem der Abschluss von Verträgen, die Prozessvertretung, Dienstleistungen und Patente sowie eine Vielzahl von weiteren rechtlichen Fragestellungen in Zusammenhang mit dem gesetzlichen und satzungsgemäßen Auftrag der PTB.

The lawyer has been the Head of Section Z.13, *Legal Matters* since 1 December 2017. The section is responsible for all legal affairs of PTB. That includes, among other things, the conclusion of contracts, representing PTB in court, inventions and patents as well as numerous further legal questions relating to the legal and statutory task of PTB.



Preise und Auszeichnungen

Prizes and awards

Prof. Dr. Joachim Ullrich

Der PTB-Präsident erhielt das Bundesverdienstkreuz 1. Klasse. Damit würdigt die Bundesrepublik Deutschland seine umfangreichen Tätigkeiten als weltweit renommierter Forscher und Wissenschaftsmanager.

The President of PTB was awarded with the Federal Cross of Merit, Class 1. With this award, the Federal Republic of Germany honored his substantial activities as a world renowned researcher and scientific manager.



Hon.-Prof. Dr. Roman Schwartz



Der Vizepräsident der PTB wurde am 11. Oktober 2017 für eine Amtszeit von sechs Jahren zum Präsidenten des Internationalen Komitees für Gesetzliches Messwesen (CIML) gewählt. Davor war er bereits langjähriger CIML-Vizepräsident gewesen.

Zudem wurde Schwartz zum Honorarprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt. Damit würdigt die Universität sein langjähriges Engagement auf dem Lehrgebiet „Grundlagen der Metrologie – Messen mechanischer Größen“ an der Fakultät Maschinenbau.

PTB's Vice President was elected the President of the International Committee of Legal Metrology (CIML) on 11 October 2017 for a term of six years. Before that, he had already been the Vice President of CIML for many years.

Also in 2017, Roman Schwartz was named honorary professor of the Leibniz Universität Hannover. By awarding the honorary title, the university recognizes the internationally renowned physicist's long-term commitment to teaching "Introduction to metrology – measuring mechanical quantities" at the Faculty of Mechanical Engineering.

Prof. Dr. Manfred Kochsiek

Der ehemalige Vizepräsident der PTB bekam die große Mendelejew-Medaille der russischen Akademie für Metrologie für 50 Jahre hervorragender Arbeit in Lehre, Forschung und internationaler Zusammenarbeit.

The former PTB Vice President received the great Mendeleev Medal. With this award, the Russian Academy of Metrology honored 50 years of excellent work in teaching, research and international cooperation.



Edyta Beyer

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 1.8 *Masse – Darstellung der Einheit* wurde für ihre Veröffentlichung „Surface analysis by XRF and XPS for the Avogadro constant and the realization of the kilogram based on silicon spheres“ zum „Best Young Metrologist of COOMET“ ernannt.

This staff member of Department 1.8, *Mass – Realization of the Unit*, was named “Best Young Metrologist of COOMET” for her publication on “Surface analysis by XRF and XPS for the Avogadro constant and the realization of the kilogram based on silicon spheres”.



Dr. Uwe Arz



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

This staff member of Department 2.2, *High Frequency and Electromagnetic Fields*, received the “Best Oral Paper Award” for his publication “Establishing traceability for on-wafer S-parameter measurements of membrane technology devices up to 110 GHz” at the 90th ARFTG Conference.

Dr.-Ing. Olaf Rienitz, Dr. Janine Noordmann

Der Mitarbeiter und die ehemalige Mitarbeiterin des Fachbereichs 3.1 *Metrologie in der Chemie* (Janine Noordmann arbeitet seit 2016 im Fachbereich 6.1 *Radioaktivität*) bekamen gemeinsam den „CITAC Best Papers Award 2016“ für ihre Veröffentlichung „The linkup of mono-elemental solutions to the SI using INAA: a measurement procedure and the achievable uncertainty“ im „Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry“ (2016).

The staff member and the former staff member of Department 3.1, *Metrology in Chemistry*, (since 2016, Janine Noordmann is working at Department 6.1, *Radioactivity*) were awarded the “CITAC Best Papers Award 2016” for their publication “The linkup of mono-elemental solutions to the SI using INAA: a measurement procedure and the achievable uncertainty” in the “Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry” (2016).

Lisa Zater

Der Mitarbeiterin des Fachbereichs 3.5 *Explosionsschutz in der Energietechnik* erhielt für ihren hochwertigen Vortrag und den besonderen Beitrag auf dem Gebiet der Elektrostatik den „Young Scientist Award“ der Konferenz „Electrostatics 2017“ in Frankfurt am Main.

This staff member of Department 3.5, *Explosion Protection in Energy Technology*, received the “Young Scientist Award” for her valuable lecture and special contribution to the field of electrostatics at the “Electrostatics 2017 Conference” in Frankfurt am Main.





Dr. Udo Gerlach

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 3.6 *Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik* bekam den „IEC 1906 Award 2017“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) für sein Expertenwissen und sein hohes Engagement in der internationalen Normung.

This staff member of Department 3.6, *Intrinsic Safety and Safety of Systems*, received the “IEC 1906 Award 2017” from the International Electrotechnical Commission (IEC) for his specialist knowledge and great commitment to international standardization.

Prof. Dr. Fritz Riehle

Der ehemalige Leiter der Abteilung 4 *Optik* wurde mit dem „EFTF Marcel Ecabert Award“ ausgezeichnet. Damit würdigt die „Société Française des Microtechniques et de Chronométrie“ seine langjährigen und nachhaltigen Errungenschaften in der Entwicklung hochgenauer optischer Atomuhren und deren Auswirkungen auf eine zukünftige Neudefinition der Sekunde.

The former Head of Division 4, *Optics*, received the “EFTF Marcel Ecabert Award” from the “Société Française des Microtechniques et de Chronométrie” for his longtime and enduring achievements in the development of highly precise optical atomic clocks and their influence on a future new definition of the second.



Fabian Wolf

Der Mitarbeiter des *QUEST-Instituts an der PTB* wurde von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für seine Poster-Präsentation zum Thema „Fock states of motion for force detection on a single trapped ion“ mit einem Heraeus-Poster-Preis ausgezeichnet.

The staff member of the *QUEST Institute at PTB* was awarded a “Heraeus Poster Price” of the *Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung* for his poster “Fock states of motion for force detection on a single trapped ion”.

Dr. Martina Wahnschaffe

Die (inzwischen ehemalige) Mitarbeiterin des *QUEST-Instituts an der PTB* bekam für die im Rahmen ihrer Dissertation („Single-ion microwave near-field quantum sensor“) durchgeführten Arbeiten einen Posterpreis des Laboratoriums für Nano- und Quantenengineering der Leibniz Universität Hannover.

The former staff member of the *QUEST Institute at PTB* received a poster prize for the research conducted for her dissertation (“Single-ion microwave near-field quantum sensor”) from the “Laboratory of Nano and Quantum Engineering” at the Leibniz Universität Hannover.





Dr. Harald Bosse

Der Leiter der Abteilung 5 *Fertigungsmesstechnik* wurde am 31. Mai 2017 für den üblichen Zeitraum von zwei Jahren zum Präsidenten von euspen (European Society for Precision Engineering and Nanotechnology) ernannt.

The Head of Division 5, *Precision Engineering*, was named President of euspen (European Society for Precision Engineering and Nanotechnology) on 31 May 2017 for the usual term of two years.

Dr. Vladimir Nesterov, O. Belai, Dr. Daniel Nies, Dr.-Ing. Sebastian Bütetfisch, Michael Müller, Thomas Ahbe, D. Naparty, Radovan Popadic, Helmut Wolff

Die Mitarbeiter der Fachbereiche 5.1 *Oberflächenmesstechnik*, 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* (S. Bütetfisch) und 5.5 *Wissenschaftlicher Gerätebau* (M. Müller) haben gemeinsam mit weiteren Kollegen eine Veröffentlichung mit dem Titel „SI-traceable determination of the spring constant of a soft cantilever using the nanonewton force facility based on electrostatic methods“ in der Zeitschrift „Metrologia“ publiziert, die unter die „Highlights of 2016“ der Zeitschrift aufgenommen wurde.

The staff members of the Departments 5.1, *Surface Metrology*, 5.2, *Dimensional Nanometrology*, (S. Bütetfisch) and 5.5, *Scientific Instrumentation*, (M. Müller) published, together with further colleagues, a paper in the scientific journal “Metrologia” titled “SI-traceable determination of the spring constant of a soft cantilever using the nanonewton force facility based on electrostatic methods”. It was named one of the “Highlights 2016” of the journal.

Dr. Zhi Li, Prabowo Puranto, Dr. Uwe Brand

Die Mitarbeiter des Fachbereichs 5.1 *Oberflächenmesstechnik* erhielten zusammen mit Wissenschaftlern vom Institut für Halbleitertechnik der TU Braunschweig den „Best Poster Award“ der Konferenz „Eurosensors“ in Paris für ihr Poster „Nanomechanical traceable metrology of vertically aligned silicon and germanium nanowires by nanoindentation“.

The staff members of Department 5.1, *Surface Metrology*, received, together with scientists of the “Institute of Semiconductor Technology” at the TU Braunschweig, the “Best Poster Award” for their poster “Nanomechanical traceable metrology of vertically aligned silicon and germanium nanowires by nanoindentation” at the “Eurosensors Conference” in Paris.

Dr.-Ing. Gabor Molnar, Dr.-Ing. Sebastian Bütetfisch, Christian Werner, Dr.-Ing. Rudolf Meeß, Dr.-Ing. Hans-Ulrich Danzebrink, Dr.-Ing. Jens Flügge

Die Mitarbeiter der Fachbereiche 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* und 5.5 *Wissenschaftlicher Gerätebau* (R. Meeß) bekamen den „Best Paper Award“ des “13th International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments” (ISMTII) in Xi’an, China, für ihren Vortrag „Voice coil based actuator with scanning range of 25 mm using built-in interferometric sub-nanometre position feedback“.

The staff members of Departments 5.2, *Dimensional Nanometrology*, and 5.5, *Scientific Instrumentation*, were awarded the “Best Paper Award” of the “13th International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments” (ISMTII) in Xi’an, China, for their lecture “Voice coil based actuator with scanning range of 25 mm using built-in interferometric sub-nanometre position feedback”.

Dr. Arnold Nicolaus, Dr. Guido Bartl

Die beiden Mitarbeiter des Fachbereichs 5.4 *Interferometrie an Maßverkörperungen* veröffentlichten eine Arbeit mit dem Titel „Spherical interferometry for the characterization of precision spheres“ in der Zeitschrift „Surface Topography: Metrology and Properties“. Diese Veröffentlichung wurde zum „STMP’s paper of the year for 2016“ der Zeitschrift erklärt.

The staff members of Department 5.4, *Interferometry on Material Measures*, published a paper titled “Spherical interferometry for the characterization of precision spheres” in the scientific journal “Surface Topography: Metrology and Properties”. It was declared “STMP’s paper of the year 2016” of the journal.

Raya Roshana Gallas

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 6.2 *Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik* erhielt den „Otto-Haxel-Preis“ der Universität Heidelberg für ihre herausragende Masterarbeit mit dem Titel „A novel method for assessment of beam-tissue interactions in helium ion radiotherapy“.

This staff member of Department 6.2, *Dosimetry for Radiation Therapy and Diagnostic Radiology*, was awarded the “Otto Haxel Prize” of Heidelberg University for her excellent master’s paper entitled “A novel method for assessment of beam-tissue interactions in helium ion radiotherapy”.



Dr. Jan Wernecke



bekam den „Ernst-Eckhard-Koch-Preis 2016“ des „Freundeskreises Helmholtz-Zentrum Berlin“ für seine Promotionsarbeit mit dem Titel „When size does matter: Dimensional metrology of nanostructured layers and surfaces using X-rays“ an der Technischen Universität Berlin. Die Arbeit entstand im Fachbereich 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung* am Berliner Elektronenspeicherring BESSY II.

Dr. Jan Wernecke was awarded the “2016 Ernst Eckhard Koch Prize” of the *Freundeskreis Helmholtz-Zentrum* for his doctoral thesis entitled “When size does matter: Dimensional metrology of nanostructured layers and surfaces using X-rays” at the *Technische Universität Berlin*. This paper was developed in Department 7.1 *Radiometry with Synchrotron Radiation* at the BESSY II electron storage ring in Berlin.

Dr. Andreas Steiger, Dr. Ralf Müller

Der Mitarbeiter (A. Steiger) des Fachbereichs 7.3 *Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie* und sein ehemaliger Kollege gewannen für die Entwicklung von Detektoren zur absoluten Leistungsmessung im Terahertz-Spektralbereich zusammen mit der Firma SLT Sensor- und Lasertechnik GmbH in Wildau den Sonderpreis „Junges Unternehmen“ des AMA Verbands für Sensorik und Messtechnik e. V.

The staff member (A. Steiger) of Department 7.3, *Detector Radiometry and Radiation Thermometry*, and his former colleague received the special “Junges Unternehmen” (Young Enterprise) Award from the *AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e. V.* together with the company *SLT Sensor- und Lasertechnik GmbH* in Wildau. The team developed detectors for the absolute radiant power measurement in the terahertz spectral range.

Dr. Robert Großmann

Der (inzwischen ehemalige) Mitarbeiter des Fachbereichs 8.4 *Mathematische Modellierung und Datenanalyse* erhielt den „Carl-Ramsauer-Preis“ der PGzB/DPG, mit dem die beste Doktorarbeit der Berliner Universitäten sowie der Universität Potsdam prämiert wird, für seine in der PTB angefertigte und an der TU Berlin eingereichte und verteidigte Dissertation „On nonequilibrium statistical physics of self-propelled particles – from single-particle transport to emergent macroscopic patterns“.

This former staff member of *Department 8.4, Mathematical Modelling and Data Analysis*, received the “Carl Ramsauer Prize” of the PGzB/DPG, which is awarded to the best dissertation from the universities of Berlin and from the University of Potsdam, for his dissertation which he prepared at PTB and submitted to and defended at the TU Berlin “On nonequilibrium statistical physics of self-propelled particles – from single-particle transport to emergent macroscopic patterns”.



Ausbildung

Ausbildung hat in der PTB Tradition und einen hohen Stellenwert. Im Raum Braunschweig gehört die PTB mit ihren rund 140 Azubis zu den größten Ausbildungsbetrieben (siehe Grafik auf Seite 63). Dabei verändern sich mit den Anforderungen auf dem Arbeitsmarkt auch die Ausbildungsberufe. Beispielsweise wurde der Ausbildungsberuf „Fachinformatiker der Fachrichtung Anwendungsentwicklung“ erstmals im Jahr 2015 angeboten. 2016 kam die Fachrichtung „Systemintegration“ hinzu. Beide ersetzen zukünftig den im Jahr 1997 eingeführten Ausbildungsberuf „IT-System-Elektroniker“, der im Jahr 2019 auslaufen wird. Außerdem bietet die PTB jetzt Informatik auch als duales Studium im Praxisverbund an.

Aufgrund der demografischen Entwicklung ist die Zahl der Bewerber stark zurückgegangen. Daher wurde die Bewerbersuche verstärkt: Die PTB nimmt an zahlreichen Ausbildungsmessen teil (vocatium, parentum, BONA SZ, IdeenExpo, Messen der Agentur für Arbeit, Messe der Ostfalia), empfängt Lehrer- und Schülergruppen und besucht Schulen, um dort zu beraten. Dazu kommen Berufsfindungspraktika, die Berufsorientierung Braunschweig und der jährliche Zukunftstag.

Über die gute Zusammenarbeit mit der Handwerkskammer konnten zwei Flüchtlinge ihre Ausbildung zum Elektroniker für Geräte und Systeme aufnehmen. In Absprache mit der Agentur für Arbeit wurde ihnen ermöglicht, statt der obligatorischen Einstellungstests ihre Eignung in einem mehrwöchigen Praktikum zu beweisen. Auch die Inklusion spielt eine Rolle. In Zusammenarbeit mit der IHK konnte ein Rollstuhlfahrer in den Ausbildungsberuf Fachinformatiker, Fachrichtung Anwendungsentwicklung, integriert werden. Die sehr gute Zusammenarbeit mit TU Braunschweig, Hochschule Ostfalia, Fraunhofer IST und Technikakademie Braunschweig tragen erheblich zu einer Optimierung der Ausbildungen im MINT-Bereich bei.

Vocational training at PTB

Vocational training has a long tradition and is highly valued at PTB. With about 140 apprentices, PTB is one of the largest vocational training providers in the Braunschweig area (see graphic on page 63). Just like the demands of the employment market, apprenticed professions also change over time. For instance, “Qualified IT specialists in the field of application development” were first trained in 2015. In 2016, the specialty field of “system integration” was added. Both apprenticeships will replace the apprenticed profession “IT-system electronics technician” which was introduced in 1997 and which will be discontinued in 2019. In addition, PTB now offers dual studies in computer science as an integrated degree program.

Due to demographic development, the number of applicants has greatly decreased. That is the reason why the search for applicants was intensified: PTB participates in numerous career fairs (vocatium, parentum, BONA SZ, IdeenExpo, employment agency fairs, the career fair of Ostfalia University of Applied Sciences), welcomes groups of teachers and students and visits schools in order to advise prospective applicants. In addition to that, there are job-finding training courses and vocational orientation (Berufsorientierung Braunschweig) and the annual “Future Day”.

Two refugees were able to begin their apprenticeships as “Electronics technicians for equipment and systems” through the excellent cooperation with the Chamber of Crafts. In consultation with the Employment Office, it was made possible for them to prove their suitability during a multi-week internship instead of taking the obligatory recruitment test. Also, the inclusion of disabled persons plays an important role. In cooperation with the Chamber of Industry and Commerce (IHK), it was possible to integrate a student in a wheelchair into the apprenticed profession of “IT specialist in the field of application development”. The excellent cooperation with the TU Braunschweig, the Ostfalia University of Applied Sciences, the Fraunhofer Institute and the *Technikakademie Braunschweig* greatly contribute to the optimization of the vocational training in MINT fields.

Prämien und Ehrungen

Der Helmholtz-Fonds e. V. zahlte im Jahr 2017 Prämien in einer Höhe von insgesamt 5400 Euro für gute bis sehr gute Prüfungsleistungen an die 24 besten Prüfungsabsolventen. Der Schnitt der Ausbildungsabschlüsse liegt bei 2,8, der Schnitt der Bachelor-Arbeiten bei 1,0.

Prizes and awards

In 2017, the Helmholtz-Fonds e.V. (Helmholtz Fund) paid a bonus of 5400 euros in total for “good” to “very good” examination results to the 24 best examinees. The average grade in the exams was 2.8 for vocational graduates and 1.0 for bachelor theses.



Ehrung der Berufsbesten am 22. September 2017 in der IHK Braunschweig (von links: Helmut Streiff, Präsident der IHK Braunschweig; Roger Ehlbeck, verantwortlicher Ausbilder für Mediengestaltung, sowie die Prüfungsabsolventen Jannes Langemann, Hanno Remmer und Andreas Schramm)

Award ceremony for the best graduates on 22 September 2017 at the Chamber of Commerce (IHK) in Braunschweig (from left to right: Helmut Streiff, President of the IHK Braunschweig, Roger Ehlbeck, instructor responsible for media design, and professional graduates Jannes Langemann, Hanno Remmer and Andreas Schramm)

Ehrung der besten Absolventen der PTB Braunschweig und Berlin am 23. Februar 2017 im BMWi (von links: Parlamentarische Staatssekretärin Iris Gleicke, Ausbilder Axel Eggstein, Physiklaborantin Sabine Brzoska, Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik Liam Potts, Ausbilder Frank Peters, Bachelor of Engineering David Ulm, Ausbilder Thomas Drostel, IT-System-Elektroniker Robert Werra, Ausbildungsleiter Bernd Weihe, Feinwerkmechaniker Josia Marvin Wittke und Ausbilder Christoph Burchert)

Award ceremony for the best graduates of PTB Braunschweig and Berlin on 23 February 2017 at the BMWi (from left to right: Parliamentary State Secretary Iris Gleicke, instructor Axel Eggstein, physics laboratory assistant Sabine Brzoska, electronics technician for energy and building technology Liam Potts, instructor Frank Peters, Bachelor of Engineering David Ulm, instructor Thomas Drostel, IT-system electronics technician Robert Werra, Director of Vocational Training Bernd Weihe, precision mechanic Josia Marvin Wittke and instructor Christoph Burchert)



Akademische Abschlüsse / Academic degrees

Habilitation / Habilitation

Name / Name	Institut / Institute	Universität / University	Thema / Subject
Tanja Mehlstäubler	QUEST	U Hannover	Präzisionsmessungen an Ionen Coulomb Kristallen – von Atom- uhren zu Symmetrien der Natur

Promotionen / Doctoral degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Sebastian Baumgarten	Festkörpermechanik (1.2)	TU Braunschweig	Mehrkomponentenkalibriereinrichtung für die Superposition von Kraft und Drehmoment
Michael Wagner	Festkörpermechanik (1.2)	TU Braunschweig	Strukturelle und Methodische Untersu- chung von Kraftaufnehmer-Systemen
Oliver Kieler	Quantenelektronik (2.4)	TU Ilmenau	Pulsgetriebenes AC-Josephson-Span- nungsnormale – Josephson Arbitrary Waveform Synthesizer
Friederike Stein	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	U Hannover	Charakterisierung und Optimierung von Halbleiter-Einzelelektronenpumpen
Mattias Kruskopf	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	TU Braunschweig	Epitaxial graphene on SiC for quantum resistance metrology
Christian Bernd Schmidt	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	U Hannover	Time-resolved investigation of ultrafast magneto-photocurrents in GaAs
Julia Gleitzmann	Metrologie in der Chemie (3.1)	TU Braunschweig	Development of primary measurement procedures for the determination of Cu-containing proteins with clinical relevance
Alexander Klein	Gasanalytik und Zustandsverhalten (3.2)	TU Ilmenau	Fasergekoppelte In-situ-Laserhygrometer auf Basis der direkten Absorptions- und Wellenlängenmodulations-Spektroskopie für minimale Messstrecken

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Viktor Werwein	Gasanalytik und Zustandsverhalten (3.2)	TU Braunschweig	Hochgenaue, FTIR-basierte und metrologische Bestimmung von Linienstärke, luft- bzw. selbstinduzierter Druckverbreiterung und Druckverschiebung im 2,26 µm-Band von $^{14}\text{N}_2^{16}\text{O}$ für die Atmosphärendiagnostik
Salama Ahmed Desoky	Thermophysikalische Größen (3.3)	TU Braunschweig	Development of pressure multipliers for pressure measurement up to 1.6 GPa
Thomas Meye	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	U Magdeburg	Untersuchungen zu Gasedetonationen in Kapillaren für die Mikroreaktionstechnik
Sören Laubach	Bild- und Wellenoptik (4.2)	U Kassel	Formmessung an Präzisionsbauteilen mit einem dynamisch nachgeführten interferometrischen Zeilensensor
Evgenij Pachomov	Quantenoptik und Längeneinheit (4.3)	U Hannover	One and two-color photoassociation spectroscopy of ultracold ^{40}Ca
Julia Leute	Zeit und Frequenz (4.4)	U Hannover	Characterization and evaluation of GPS PPP techniques for optical clock comparison
Anna-Greta Pasche	QUEST	U Hannover	$^9\text{Be}^+$ ion qubit control using an optical frequency comb
Johannes Rahm	Strahlenwirkung (6.5)	U Göttingen	Measurement of the stopping power of water for carbon ions in the energy range of 1 MeV–6 MeV using the inverted Dopplershift attenuation method
Marvin Weyland	Strahlenwirkung (6.5)	U Heidelberg	Atomic excitation and molecular dissociation by low energy electron collisions
Mingjie Wang	Strahlenwirkung (6.5)	TU Braunschweig	Aufbau und Durchführung eines Experiments zur Messung der Wirkungsquerschnitte für Ionisierung von Biomolekülen durch leichte Ionen
Raul Garcia Diez	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	TU Berlin	Characterization of nanoparticles by continuous contrast variation in small-angle X-ray scattering
Anton Haase	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	TU Berlin	Multimethod metrology of multilayer mirrors using EUV and X-ray radiation

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Lars Büniger	Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie (7.3)	TU Berlin	Einsatz eines Superkontinuum-Lasers zur Charakterisierung von Detektoren im VIS- und NIR-Spektralbereich für die ab- solutradiometrische Temperaturmessung
Jonas Johannes Steinbock	Wärme und Vakuum (7.5)	TU Berlin	Aufbau und Validierung eines laserop- tischen Normal-Durchfluss-Messgeräts für die metrologische Rückführung einer Hochtemperatur-Prüfanlage
André Kühne	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	U Magdeburg	Parallel transmission in MRI: Electro- magnetic considerations and advances in signal chain hardware
Norbert Löwa	Biosignale (8.2)	TU Berlin	Entwicklung neuer Kopplungsverfahren zur Charakterisierung von magnetischen Nanopartikeln basierend auf der Mes- sung der nichtlinearen magnetischen Wechselfeld-Suszeptibilität
Maik Liebl	Biosignale (8.2)	TU Ilmenau	Quantitative Bildgebung magnetischer Nanopartikel mittels magnetrelaxomet- rischer Tomographie für biomedizinische Anwendungen
Christian Knopke	Biosignale (8.2)	TU Berlin	Construction and initialization of a tem- perature dependent magnetorelaxometry measurement system for the quantitative detection of magnetic nanoparticles in biological samples
Robert Großmann	Mathematische Modellie- rung und Datenanalyse (8.4)	TU Berlin	On nonequilibrium statistical physics of self-propelled particles – from single-par- ticle transport to emergent macroscopic patterns
Daniel Peters	Metrologische Informationstechnik (8.5)	TU Berlin	A secure system architecture for measur- ing instruments under legal control

Diplom / Master's degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Lingxiang Li	Elektrische Energiesmesstechnik (2.3)	Metrologische Systembewertung einer DC-Schnellla- desäule

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Stephan Passon	Elektrische Energietechnik (2.3)	Experimentelle Untersuchungen eines breitbandigen ohmsch-kapazitiven Teilers zur Messung von Gleichspannungen bis 600 kV
Taras Holoyad	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	Optimierung eines VNA-FMR Teststandes
Felix Runge	Gasanalytik und Zustandsverhalten (3.2)	Aufbau eines Versuchsstandes zur Erzeugung und Untersuchung von Nanopartikeln im Größenbereich unter 30 nm
Vaibhav Patel	Thermophysikalische Größen (3.3)	Experimentelle Untersuchungen und Bestimmungen der Reaktionsgeschwindigkeit in der Selbstzündung von wasserstoffangereicherten Erdgasgemischen
Guy Cedrick Kue Mouoffo	Physikalische Chemie (3.4)	Programmierung und Test der DRT-Methode zur Charakterisierung von elektrochemischen Impedanzspektren von Li-Ionenbatteriezellen
Lisa Zater	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Neuentwicklung und Bewertung von Streifenelektroden zur Messung des Oberflächenwiderstands nach IEC 60079-32-2
Ersan Ates	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Re-design of an assembly containing reference calibration circuits to be used for spark test apparatus designed according to IEC 60079-11
Luis Toro	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Investigation of flame development after ignition by low energy electrical discharges with OH-LIF
Hui Jin	Explosionsschutz in der Sensorik und Messtechnik (3.6)	Entwicklung eines Batteriemodells auf Systemebene zur elektrischen und thermischen Simulation von Fahrzyklen
Fushi Yang	Explosionsschutz in der Sensorik und Messtechnik (3.6)	Aufbau eines Batteriemanagementsystems und Entwicklung einer Steuerungssoftware für Lithium-Ionen-Batterien für Laborversuche
Xinjun Liu	Explosionsschutz in der Sensorik und Messtechnik (3.6)	Untersuchung der Magnetverluste am Beispiel einer permanentmagneterregten Synchronmaschine mit Anlaufkäfig
Stefan Henkel	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Einfluss eines erhöhten Sauerstoffgehalts in explosionsfähigen Gemischen auf das Verhalten von Flammendurchschlagsicherungen
Florian Baumann	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Personengefährdung in elektrostatischen Applikationsanlagen, eine Untersuchung und Bewertung zur Vermeidung von Herzkammerflimmern

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Johannes Bautsch	Bild- und Wellenoptik (4.2)	Shearing-Interferometer mit kohärenter Multiquellenbeleuchtung zur Formmessung von optischen Oberflächen
Waldemar Unrau	Bild- und Wellenoptik (4.2)	Charakterisierung eines Messplatzes zur Kalibrierung von Wellenfrontsensoren
Shashi Bhushan	Angewandte Radiometrie (4.5)	Development and characterization of a multi-channel irradiance detector for uniformity determination of sun simulators
Matthias Borchert	QUEST	Developments for the high precision measurement of the antiproton magnetic moment
Thorben Schmirander	QUEST	Modelling and Measuring Nanofriction in Ion Coulomb Crystals
Mariia Stepanova	QUEST	Setup of a logic laser for Ca^+
Katharina Bauer	Oberflächenmesstechnik (5.1)	Herstellung und Optimierung eines lateralen Auflösungsnormalen für die Rastersondenmikroskopie auf Basis selbstorganisierter Palladiumcluster auf der Si(111)-7x7 Rekonstruktion
Jan Thiesler	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Development, manufacture and testing of a novel cantilever for complex three dimensional nanometrology
Laura Doll	Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik (6.2)	Charakterisierung eines hochauflösenden Ionisationskammer-Arrays in klinischen Kohlenstoff- und Protonenstrahlen
Michael Paulsen	Kryophysik und Spektrometrie (7.2)	Development of a SQUID setup for the measurement of magnetic quadrupoles
Sebastian König	Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie (7.3)	Realisierung eines in seiner Strahlungstemperatur homogenen großflächigen Strahlers über einen Temperaturbereich von 30 °C bis 500 °C
Felix Heitmann	Wärme und Vakuum (7.5)	Höchstpräzise Positionierung für die Laser-Doppler-Anemometrie mittels Hexapoden
Eva Al-Dabbagh	Biosignale (8.2)	Hoch-sensitives SQUID-Messsystem für Anwendungen mit gepulsten Magnetfeldern
Ilona Grzyb	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	Influence of fluid properties on natural convection in storage tanks

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
David Sander	Metrologische Informationstechnik (8.5)	Netzwerkgebundene Absicherung von Mess-Applikationen auf nicht vertrauenswürdigen Android-Geräten
Artem Yurchenko	Metrologische Informationstechnik (8.5)	Einsatz und Erweiterung der homomorphen Kryptographie für das sichere Cloud Computing

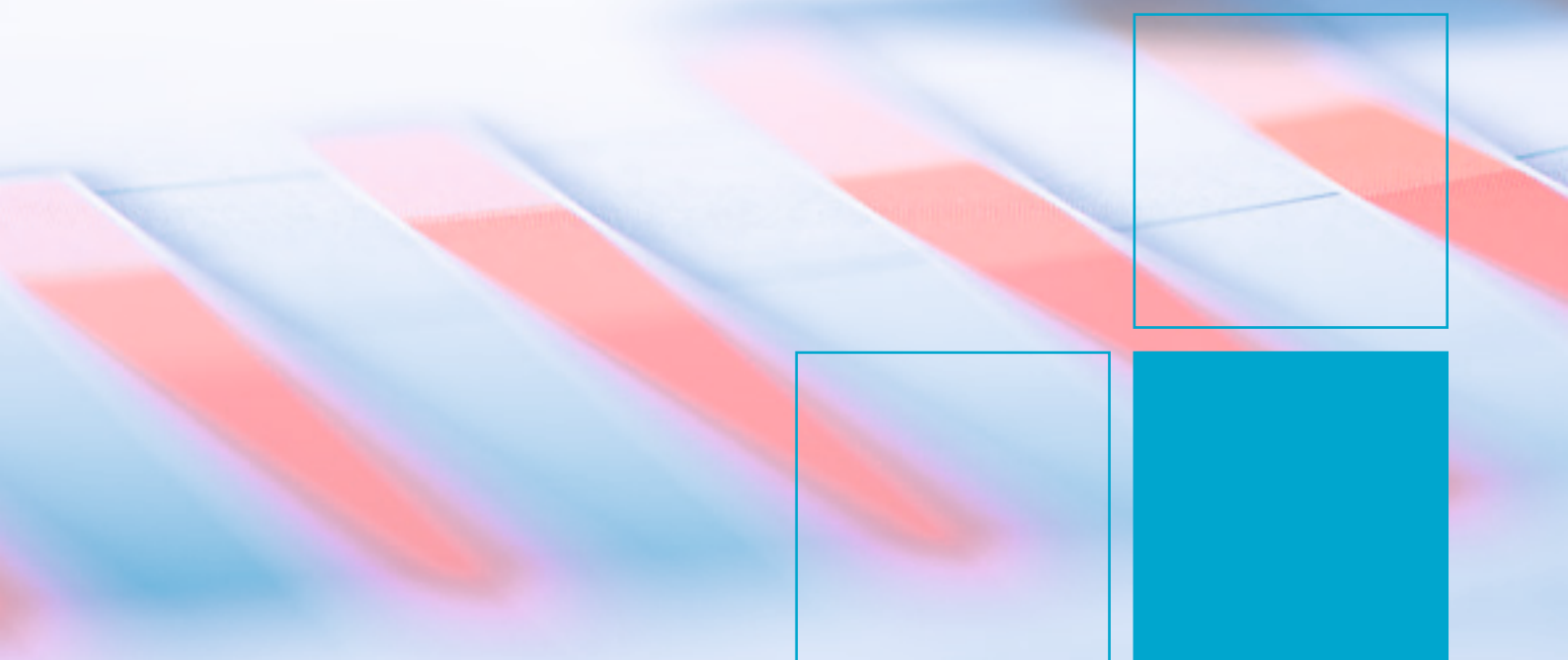
Bachelor / Bachelor's degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Christof Pötsch	Festkörpermechanik (1.2)	Automatisierung einer 20 N Kraft-Normalmesseinrichtung
Marvin Rust	Schall (1.6)	Untersuchungen zur Richtcharakteristik von MEMS- und Messmikrofonen
Bettina Kegler	Masse – Darstellung der Einheit (1.8)	Röntgenspektroskopische Messungen an Siliciumkugeln im Avogadroprojekt
Jiayan Dong	Elektrische Energiemesstechnik (2.3)	Aufbau einer Phantomleistungsquelle zur Emulation von Blindleistungskomponenten in elektrischen Netzen
Yeying Chen	Elektrische Energiemesstechnik (2.3)	Entwicklung einer ratiometrischen Wandlermesseinrichtung „ESM IV“ für Spannungswandler
Shi Wu	Elektrische Energiemesstechnik (2.3)	Prototypische Entwicklung und Aufbau eines In-Kabel-Leistungsmesssystems „InKaMs“ zur metrologischen Charakterisierung von Ladevorgängen an Stromverkaufsautomaten, Teil 1
Dirk Ritzi	Elektrische Energiemesstechnik (2.3)	Prototypische Weiterentwicklung und Aufbau eines In-Kabel-Leistungsmesssystems „InKaMs“ zur metrologischen Charakterisierung von Ladevorgängen an Stromverkaufsautomaten, Teil 2
Laura Kallenbach	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	Weiterentwicklung eines Kernresonanzmagnetometers nach dem Verfahren der Freien Präzession unter Einsatz eines PXI-Systems
Esra Sümeyye Aydin	Physikalische Chemie (3.4)	Metrologische Charakterisierung von Referenzlösungen für Leitfähigkeitsmessungen von Elektrolytlösungen für Li-Ionen-Batteriezellen im negativen Temperaturbereich

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Michael Sproß	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Untersuchung von Einflussparametern auf die Materialbeanspruchung druckfest gekapselter Gehäuse
Tugba Bargriacik	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Entwurf und Dokumentation einer Messeinrichtung für explosionsgeschützte Geräte mit optischen Strahlungsquellen
Harun Kanbur	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Entwicklung von Prüfmustern für das Programm „Pressurized Enclosure“
Carolin Ladda	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Messtechnische Charakterisierung der berührungslosen Messung elektrostatischer Aufladung mittels Feldmühlen
Cosimo Steinwender	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Bestimmung der Zündtemperatur von explosionsfähigen Brennstoff/Stickstoff/Sauerstoff-Gemischen an heißen Oberflächen
Jonathan Morgner	QUEST	Multi-layer microfabricated structures for scalable quantum information processing with trapped ions
Marvin Wenzel	Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik (6.2)	Entwicklung und Inbetriebnahme eines Steuerungs- und Sicherheitsmoduls für eine messtechnische Röntgenanlage

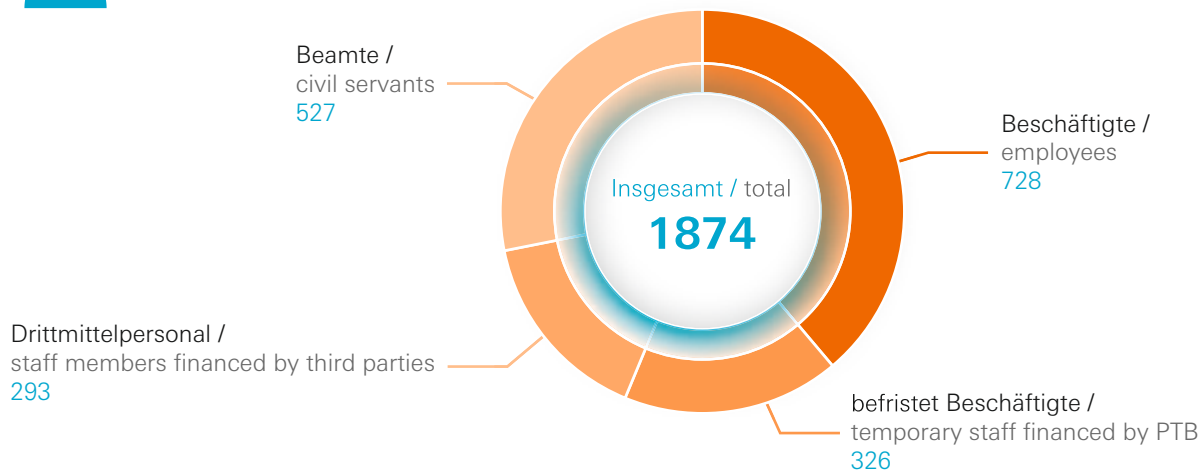
Zahlen und Fakten

Facts and figures





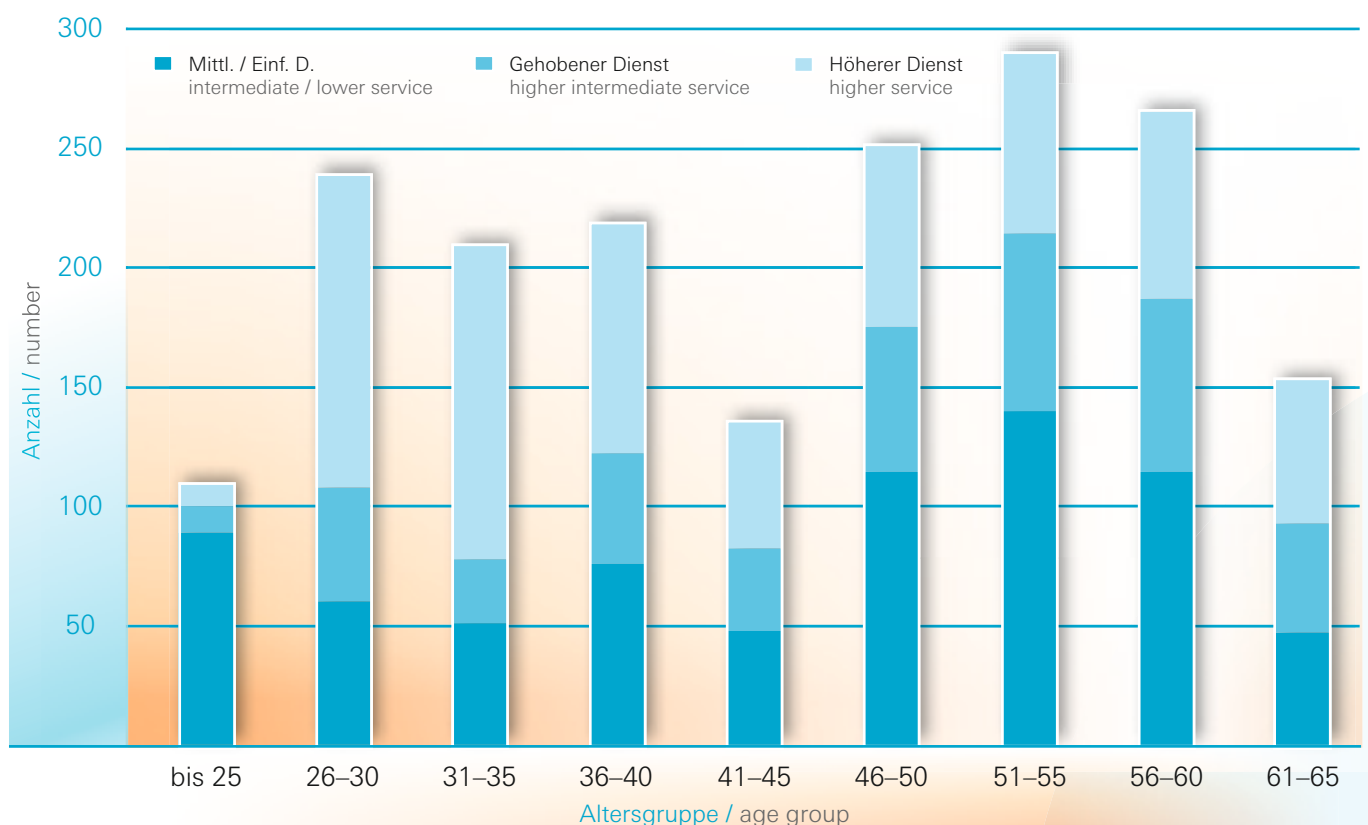
Personal / Staff



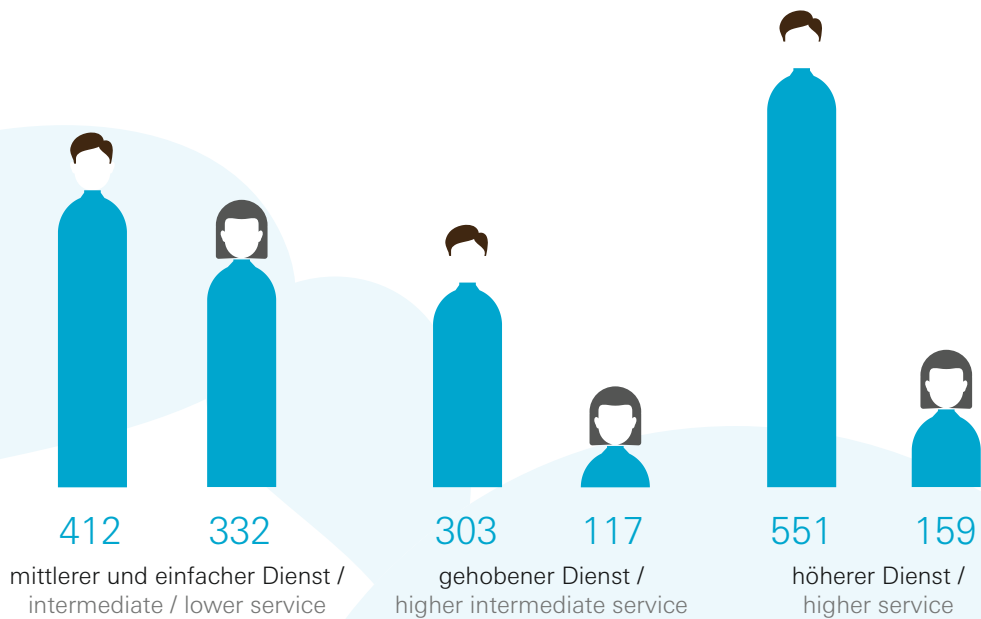
Die PTB zählte zum 31.12.2017 insgesamt 1874 Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen. Der Anteil der Beamten lag bei rund 28 %, der Anteil aller mit befristeten Verträgen (finanziert aus PTB-Mitteln sowie aus Drittmitteln) bei 33 %. Das Säulendiagramm zeigt die Altersstruktur in den unterschiedlichen Laufbahngruppen. Weiterhin waren im letzten Jahr 102 Werkstudenten und 136 Auszubildende in der PTB beschäftigt.

At 31.12.2017, PTB employed a total of 1874 members of staff. Civil servants made up around 28 % of all employees, while those with temporary contracts (financed with PTB funds as well as with third-party funds) made up around 34 % of all employees. The bar chart is showing the age structure of staff, distinguished by civil service groups. Furthermore, 102 student employees and 136 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



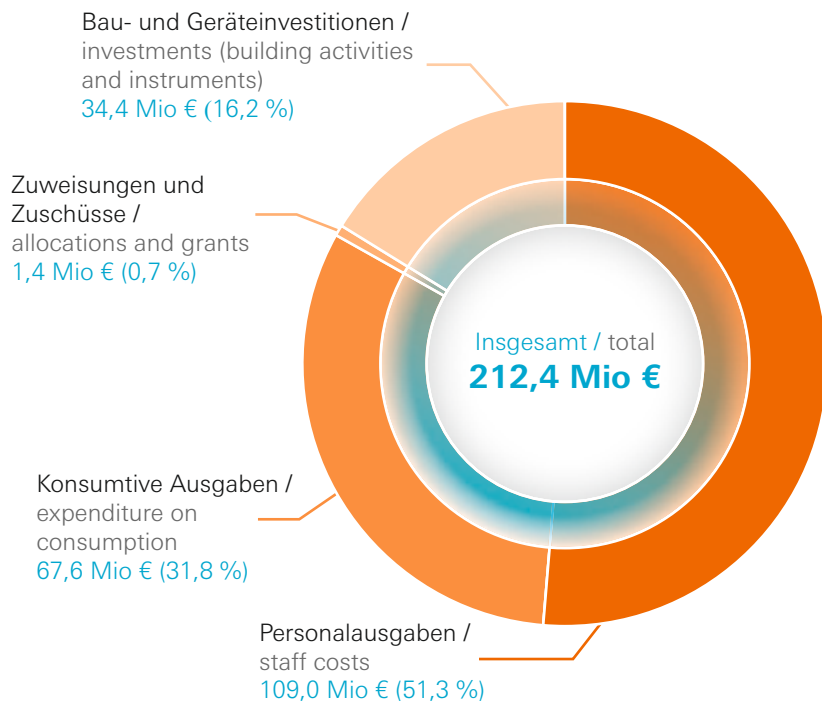
Die PTB gehört zu den größten Ausbildungsbetrieben in der Region Braunschweig. Gegenwärtig sind 136 Auszubildende bei der PTB angestellt. (In Klammern sind die Neueinstellungen im Berichtsjahr angegeben.) Alle Auszubildende werden nach der Abschlussprüfung für mindestens ein Jahr in der PTB weiterbeschäftigt.

PTB is among the most important institutions in the region of Braunschweig which provide training. 136 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

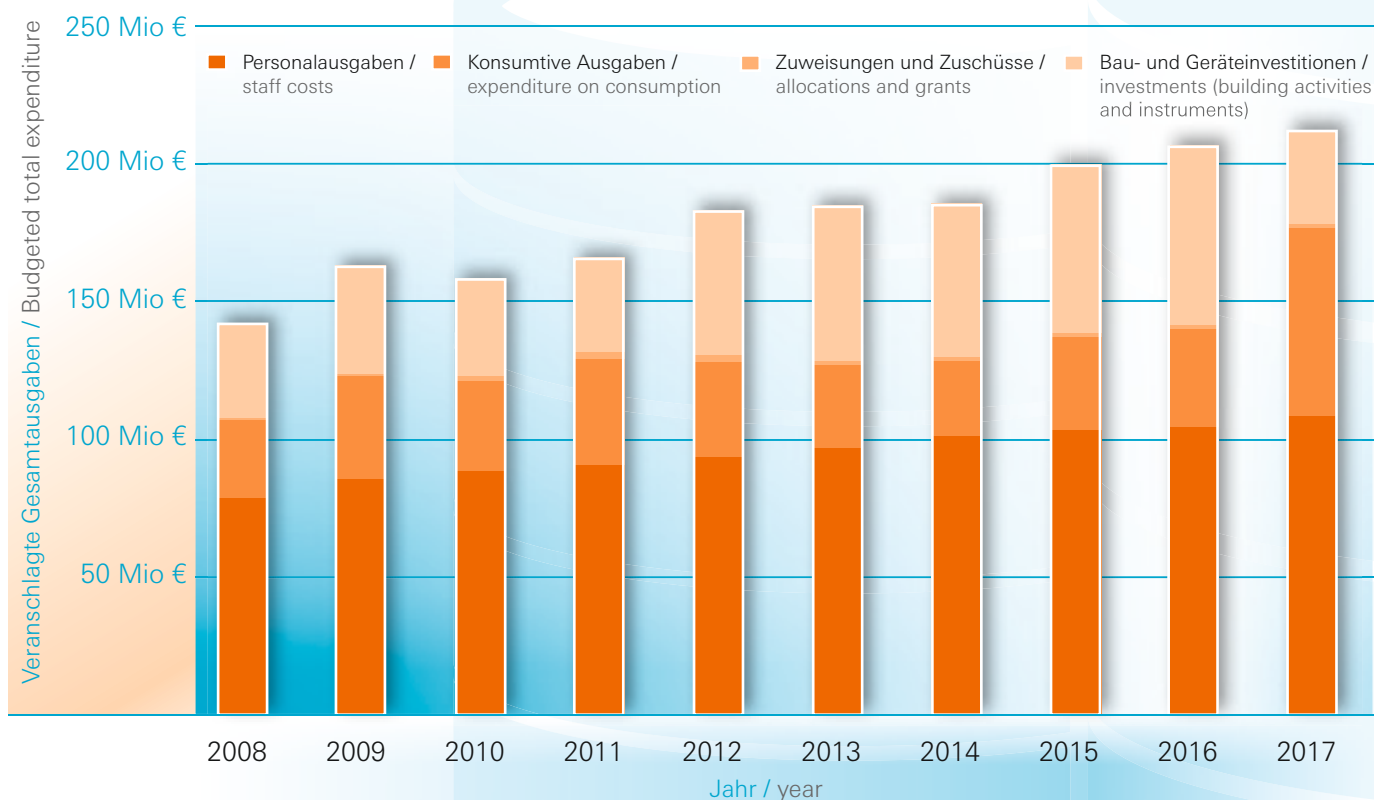
Ausgabenverteilung / Breakdown of expenditure



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 BI_{MA} (Bundesimmobilienagentur) enthalten.

The chart shows the break-down 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 *Bundesimmobilienagentur* are included in the PTB budget, too.

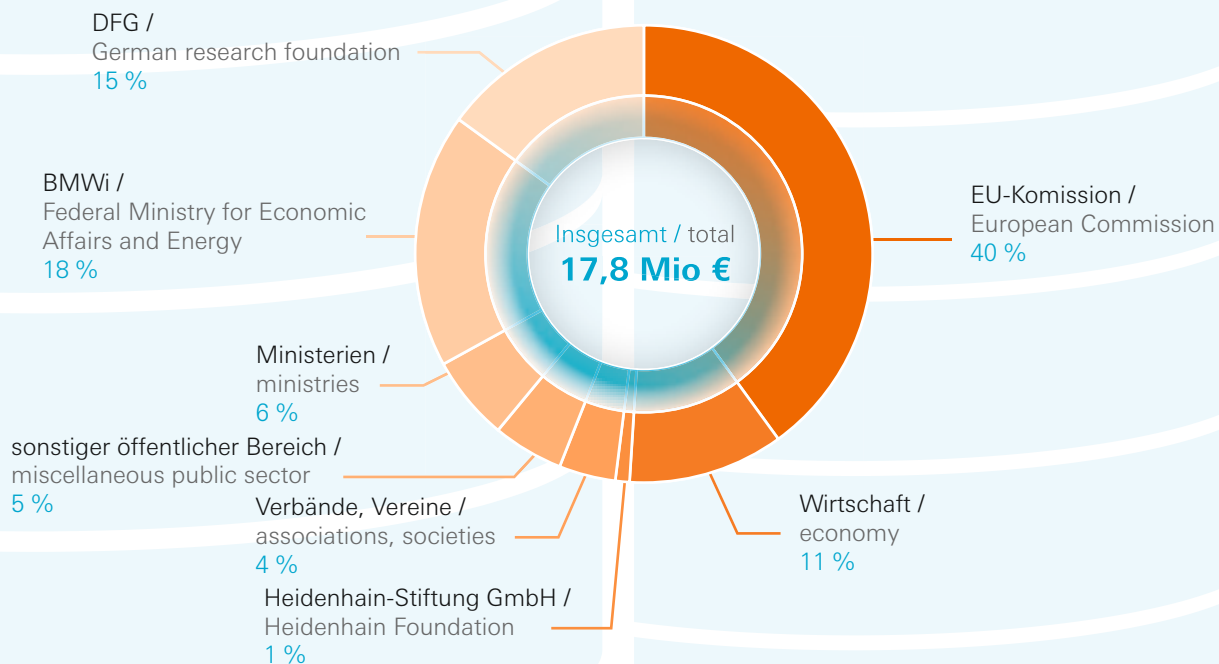
Entwicklung des Haushalts / Budget development



Drittmittel: Forschungsprojekte / Third-party funds: research projects

Insgesamt wurden im Berichtsjahr 35,8 Mio. Euro für 622 Drittmittelprojekte (Forschungsvorhaben und Projekte der Technischen Zusammenarbeit) verwendet (davon 2,8 Mio. Euro für 110 Projekte in Berlin). Die Drittmittel für Forschungsvorhaben summieren sich 2017 auf 17,8 Mio. Euro. Die Grafik gibt die prozentualen Anteile der unterschiedlichen Quellen an. Speziell mit den Mitteln der Heidenhain-Stiftung GmbH wird eine Nachwuchsgruppe auf dem Gebiet der Nanometrologie finanziert.

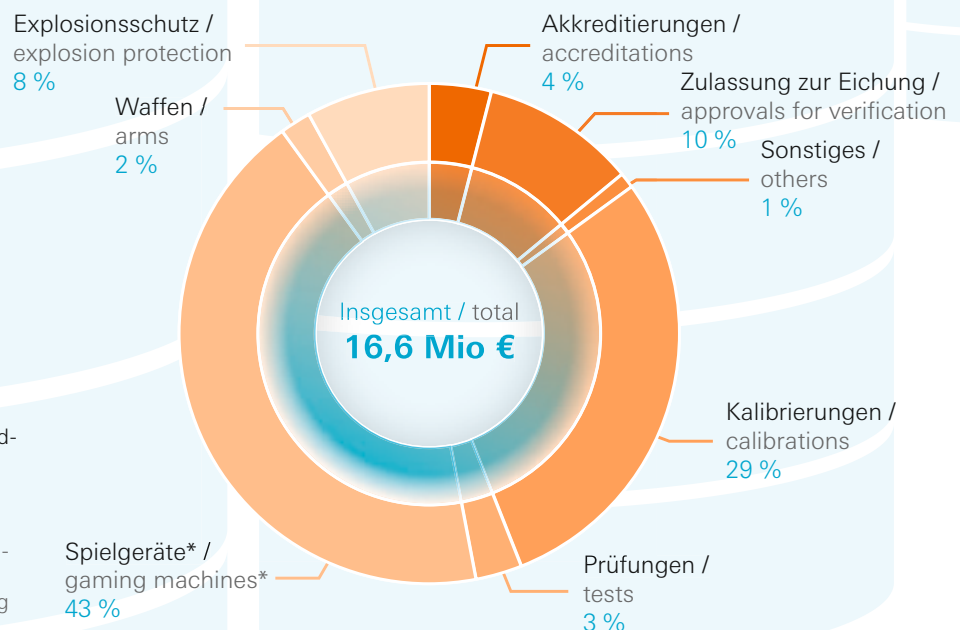
In the year under review, a total of 35.8 million euros were used for 622 third-party projects (research projects and technical cooperation projects), 2.8 million euros of these for 110 projects in Berlin. In 2017, the third-party funds for research projects added up to a total of 17.8 million euros. The chart shows the contributions (in percent) from the different sources. A group of junior nanometrology researchers receives special funding from the Heidenhain Foundation (Heidenhain-Stiftung GmbH).



Einnahmenanteile der Dienstleistungsbereiche / Income shares of the service centers

Einnahmenanteile der verschiedenen Dienstleistungsbereiche der PTB im Jahr 2017. Gesamtforderungen: 16,6 Millionen Euro.

Income distribution of 2017 among the various service sectors of PTB. Total receivables: 16.6 million euros.



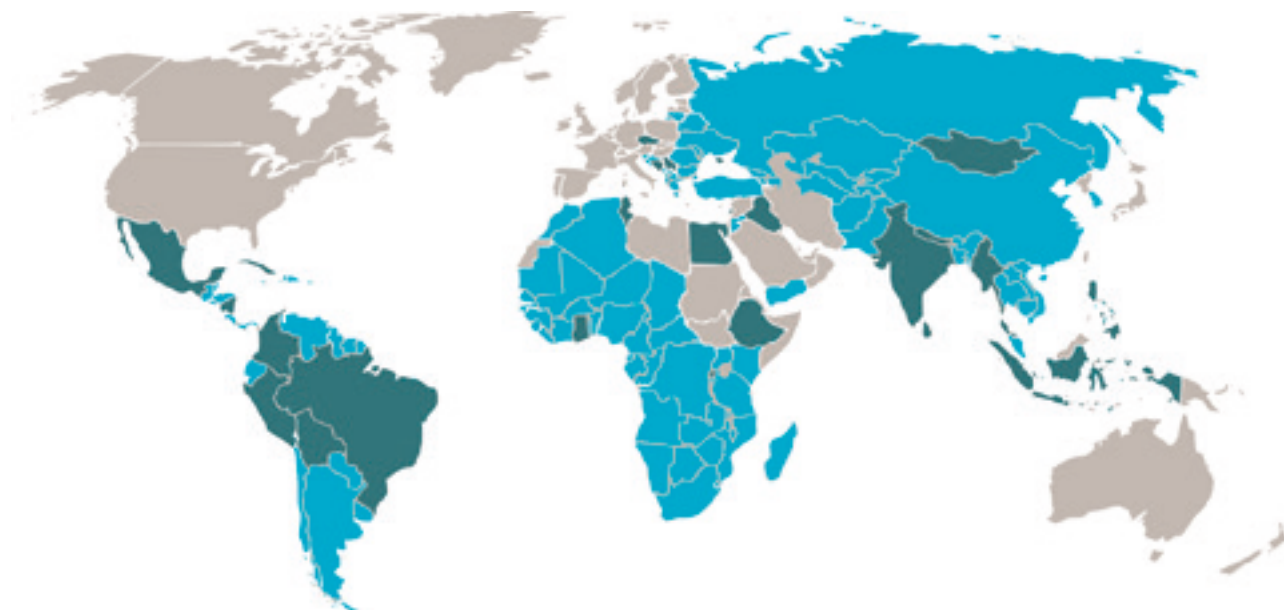
*Die mit der Novellierung der Spielverordnung einhergehende Marktbereinigung führt zu einer erhöhten Nachfrage der Spielgeräteindustrie.

*Market consolidation due to the amendment of the Gambling Ordinance leads to an increased demand on the gambling equipment industry.



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 *Technische Zusammenarbeit* (ab 1.9.2017 *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.

The quality infrastructure projects of PTB's *Technical Cooperation* Department (since 1.9.2017 *International Cooperation*) 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).

Volumen 2017

20,8 Mio €

Funding volume 2017

€ 20.8 million



Normung / Standardization

nationale Gremien /
national bodies

660

internationale Gremien /
international bodies

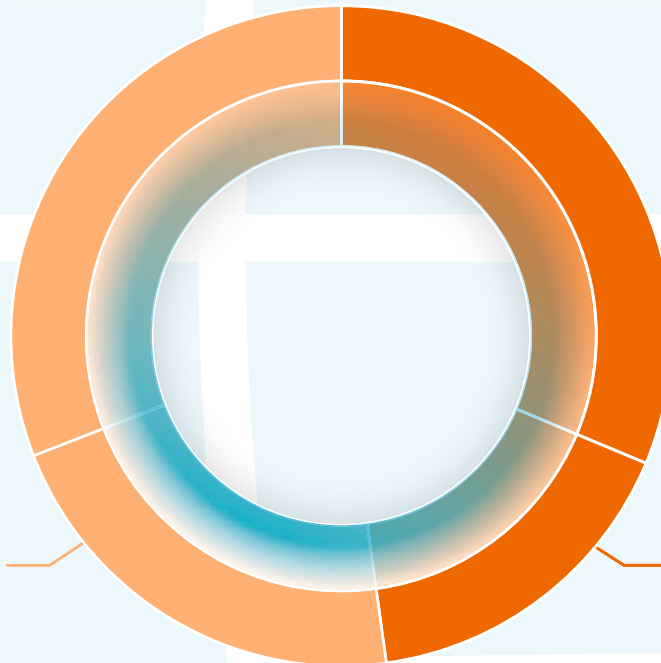
605

davon Normung /
thereof standardization

269

davon Normung /
thereof standardization

209



Nationale Normungsvorhaben / National standardization projects

Die PTB engagierte sich im Jahr 2017 in 660 nationalen Gremien, darunter in 269 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 98-mal die Leitung inne.

PTB participates in 660 national bodies, among these 269 in the field of standardization. PTB heads a total of 98 of these bodies.

Internationale Normungsvorhaben / International standardization projects

Die PTB engagierte sich im Jahr 2017 in 605 internationalen Gremien, darunter in 209 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 98-mal die Leitung inne.

PTB participates in 605 international bodies, among these 209 in the field of standardization. PTB heads a total of 98 of these bodies.



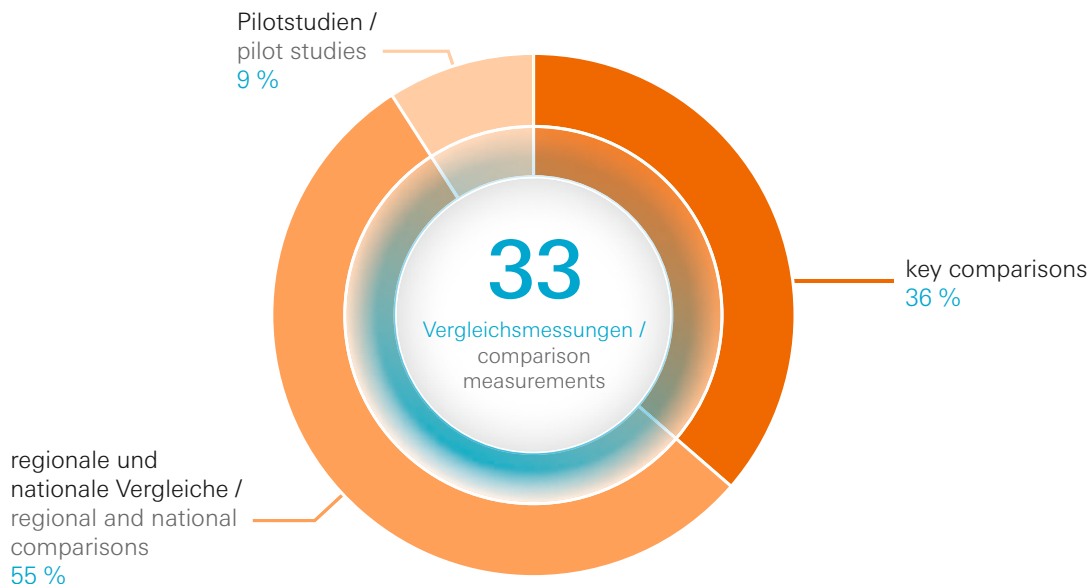
Qualitätsmanagement /
Quality management

Internationale Vergleichsmessungen

Die PTB hat im Berichtsjahr 33 Vergleichsmessungen abgeschlossen. Es handelte sich um 12 Schlüsselvergleiche, 18 regionale/nationale Vergleiche und 3 Pilotstudien. 76 % der Vergleichsmessungen waren von direkter Relevanz für die Kalibrier- und Messmöglichkeiten der PTB im Rahmen des CIPM-MRA. Bei 13 dieser Vergleichsmessungen stellte die PTB das Pilotlabor.

International comparison measurements

In the year under report, PTB took part in 33 comparison measurements, namely 12 key comparisons, 18 regional/national comparisons and 3 pilot studies. 76 % of the comparison measurements were of direct relevance to the calibration and measurement capabilities of PTB within the scope of the CIPM MRA. PTB participated in 13 comparison measurements as a pilot lab.



Erfolgreiche Re-Evaluierung des Qualitätsmanagements der PTB durch EURAMET im Rahmen des CIPM-MRA

Seit Unterzeichnung des multilateralen Abkommens des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht (CIPM-MRA) 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) geschätzte Partner dieses Abkommens dar. Zur gegenseitigen Vertrauensbildung müssen alle Partner den dauerhaften und wirksamen Betrieb des Qualitätsmanagementsystems nachweisen.

Successful re-evaluation of PTB's quality management by EURAMET within the scope of the CIPM-MRA

Since the signing of the Mutual Recognition Arrangement of the International Committee for Weights and Measures (CIPM-MRA) in October 1999, PTB, as the national metrology institute, and the designated institutes for special chemistry tasks (the Federal Institute for Materials Research and Testing, the Federal Environment Agency and the Federal Ministry of Consumer Protection and Food Safety) have been acknowledged and valued partners of this arrangement. In order to build mutual trust, all partners must provide evidence of the permanent and effective operation of a quality management system (QMS). After conducting

Nach einem international vereinbarten Review-Verfahren erfolgt eine entsprechende jährliche Überprüfung. Alle fünf Jahre ist eine vollständige Evaluierung des QM-Systems gefordert.

Die Re-Evaluierung der deutschen metrologischen Laboratorien wurde im April 2017 im Rahmen der 12. EURAMET-TC-Quality-Sitzung in Dublin durchgeführt. Dabei haben die deutschen Institute unter Leitung der PTB erneut nachgewiesen, dass die Anforderungen an das QM-System auf Basis der ISO/IEC 17 025 und im Bereich der Chemie zusätzlich des ISO Guide 34 vollständig erfüllt wurden. Voraussetzung dieser Bestätigung durch EURAMET waren ein gemeinsamer Bericht zur QM-Entwicklung im Zeitraum 2012–2016 sowie die Jahresberichte der Institute. Abschluss dieses Verfahrens bildete eine mündliche Präsentation. In einer ausführlichen Diskussion wurden Aspekte der Weiterentwicklung der QM-Systeme erörtert und im Ergebnis das Vertrauen in das vorgestellte deutsche Metrologiesystem ausgesprochen.

Die erfolgreiche Evaluierung durch EURAMET ist Voraussetzung für die uneingeschränkte weltweite Anerkennung von Ergebnisberichten der PTB und der designierten Institute zu rund 1600 Kalibrier- und Messmöglichkeiten als Basis der messtechnischen Rückführung.

Revision der ISO/IEC 17 025

Seit Beginn des Jahres 2015 wird die Norm ISO/IEC 17 025 „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“ einer grundsätzlichen Überarbeitung unterzogen. Die PTB hat ihre Position als nationales Metrologieinstitut im Sinne des Einheiten- und Zeitgesetzes sowie unter Berücksichtigung des multilateralen Abkommens des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht (CIPM-MRA) insbesondere zur messtechnischen Rückführung in die nationale und internationale Normungsebene eingebracht. Im Ergebnis entstand ein erklärender Anhang zur Norm, der die Kalibrier- und Prüflaboratorien künftig im metrologiebezogenen Qualitätsmanagement unterstützen wird. Der Abschlussentwurf der neuen ISO/IEC 17 025 wurde im August 2017 veröffentlicht.

an an international agreed review process, the annual assessment takes place. Every five years, a comprehensive evaluation of the QMS is required.

A re-evaluation of the German metrological laboratories was conducted within the scope of the 12th EURAMET TC Quality meeting in 2017 in Dublin. During the meeting, the German institutes, under PTB's leadership, again provided proof of completely meeting the requirements for a quality management system on the basis of ISO/IEC 17 025 and, in the field of chemistry, also of ISO Guide 34. A precondition for this certification by EURAMET was a joint report on quality management development during the period of 2012–2016 and also the annual reports from the institutes. The procedure was concluded by an oral presentation. Aspects of further development of the quality management systems were presented at an in-depth discussion. As a result, the faith in the German metrology system presented on this occasion was testified to.

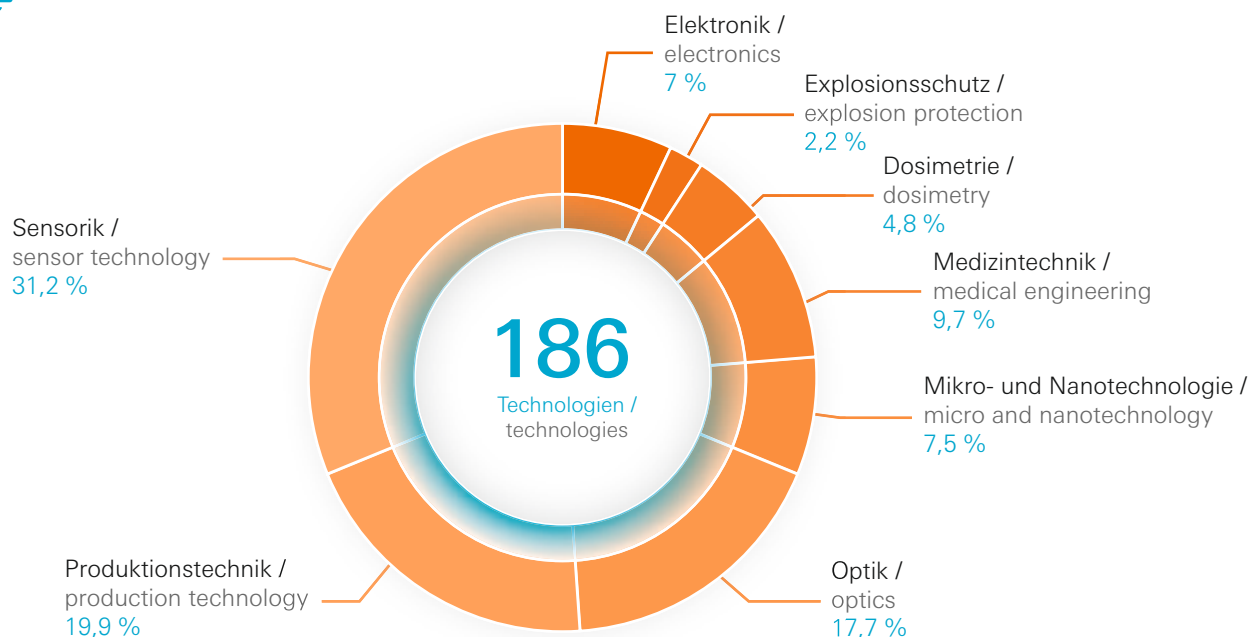
The successful evaluation through EURAMET is the precondition for the unlimited worldwide recognition of the result reports from PTB and from the designated institutes on more than 1600 calibration and measuring capabilities as a basis of metrological traceability.

Revision of ISO/IEC 17 025

Since the beginning of 2015, the ISO/IEC 17 025 standard “General requirements for the competence of testing and calibration laboratories” has been undergoing comprehensive revision. PTB, in its position as a national metrology institute in accordance with the Units and Time Act and within the scope of the Mutual Recognition Agreement of the International Committee for Weights and Measures (CIPM-MRA) has been actively involved in these standardization activities both at the national and at the international level and has contributed its expert knowledge to this revision, specifically in the field of metrological traceability. As a result, an explanatory appendix to the standard was drawn up. This appendix will, in the future, support the calibration and testing laboratories in metrology-related quality management. The final draft of the new ISO/IEC 17 025 was published in August 2017.



Technologietransfer / Technology transfer



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 2017 / Inventions 2017	24
Patentanmeldungen 2017 / Patents 2017	17
Aktive Patentvorgänge* / Active patent applications*	158
Lizenzen und Verkäufe / Licenses and sales	88
Zusätzliche Einzellizenzen, insbesondere Software / Additional individual licenses, especially software	103

Relative Kennzahlen / relative indicators

Erteilungsgrad der Patentanmeldungen / Percentage of granted patents applications	84 %
Lizenzierungsgrad der aktiven Patentvorgänge / Licensing stage of active patents	55 %
Anteil KMU** an Lizenzverträgen / Fraction of SME** of all licensing contracts	62 %

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

**KMU = Kleine und Mittlere Unternehmen / SME = Small and medium-sized enterprises

PTB-Patente für Energiewende und Prozesstechnik

Wirtschaftlich verwertbare Ideen aus der Forschung werden in der PTB zielgerichtet in die deutsche Wirtschaft transferiert, um aus ihnen Produkte, Verfahren und Technologien entstehen zu lassen. Um diesen Weg strategisch zu begleiten, werden in der PTB in allen Anwendungsfeldern diese Technologien zum Patent angemeldet, um die Handlungsfelder für einen Wirtschaftspartner nach nationalem oder internationalem Recht zu sichern. In der Wirtschaft gilt das Management dieser Patentportfolios schon lange als gutes strategisches Vorgehen. Die PTB verfügt mit ihren rund 158 Patenten über attraktive Patentportfolios, von denen mehr als die Hälfte lizenziert sind.

Ein Teilaspekt der Energiewende sind verbesserte Isolationseigenschaften von Dämmstoffen oder Kontaktmaterialien in der Bauphysik. Aber auch für alle Arten industrieller Prozesse, im Automobilbau, der Luft- und Raumfahrt, der Energiegewinnung, der Keramik- und Glasindustrie sind sehr präzise Informationen über das thermische Verhalten der verwendeten Materialien von größter Wichtigkeit.

Über mehr als ein Jahrzehnt hat die PTB ein Patentportfolio zur schnellen und mobilen Messung der thermischen Leitfähigkeit aufgebaut. Das mittelständische Unternehmen Linseis erkannte das Potenzial der Technologie früh, lizenzierte das Portfolio im Jahr 2010 und überführte das Wissen der PTB in die eigenen Produkte. Mit dem Jahr 2016 hat das Verfahren laut Meinung des Geschäftsführers des KMU „eine hohe Marktängigkeit erreicht. Es setzt sich weltweit durch“.

Das PTB-Patentportfolio ist besonders für mobile Anwendungen zur Messung flüssiger Medien, von Schüttgütern, Gelen oder Pasten geeignet, für die lange Zeit keine befriedigende technische Lösung existierte. Das Patentportfolio aus sieben Patenten der PTB stellt Variationen der TransientHotBridge (THB) dar, bei der ein elektrischer Leistungsimpuls einen Leiter erwärmt. Mittels verschiedener, leicht wechselbarer und in die Anregungsquelle integrierter Sensoren können Wärmeleitfähigkeit, Temperaturleitfähigkeit oder spezifische Wärme bestimmt werden. Reihenmessungen in schneller Abfolge mit einem hohen Probendurchsatz sind möglich. Das Umsatzpotenzial der THB ist trotz eines guten Markterfolges noch lange nicht ausgeschöpft und das Produktportfolio wird sukzessive ausgebaut.

PTB patents for the energy transition and process technology

Economically exploitable ideas stemming from research are purposefully transferred to the German economy by PTB in order to promote the development of new products, procedures and technologies. In order to support this process strategically, patent applications are filed in all fields of measurement technologies so that the business activities of an economic partner are protected by national or international law. For a long time now, patent management has been considered a good business practice in private industry. PTB has about 158 patents at its disposal which are compiled in attractive portfolios, half of which are licensed.

Improved thermal properties of insulating or contact materials are one crucial aspect of the German “energy transition” (*Energiewende*), e.g. in building physics. However, very precise information on the thermal properties of the applied materials is also of great importance for many industrial processes: for the automotive industry, the aerospace industry, for energy production and for the ceramics and glass industries. Over the course of more than a decade, PTB has set up a portfolio of patents for the fast and mobile measurement of thermal conductivity. Linseis, a medium-sized company, recognized the technology’s potential early on, licensed the portfolio in 2010 and transferred PTB’s knowledge to its own products. According to the company’s managing director, in the year 2016 the procedure “achieved high marketability and is catching on worldwide”.

PTB’s portfolio of patents is especially suited for mobile applications for the measurement of liquid mediums, bulk products, gels or pastes for which, for a long time, no satisfactory technological solution existed. The portfolio, which consists of seven PTB patents, encompasses variations of the Transient Hot Bridge (THB) where an electric output impulse heats a conductor. Using different, easily interchangeable sensors, which have been integrated into the excitation source, thermal conductivity, thermal diffusivity or specific heat can be determined. It is now possible to conduct serial measurements in rapid succession and with a high sample output. Despite its success on the market, THB’s potential to generate revenue has not been exhausted by far and the product portfolio will continue to be expanded.



Besucher /
Visitors

14 325

Zahl der Besucher im Jahr 2017 /
Number of visitors in 2017

Offensichtlich ist die PTB eine Reise wert. Denn auch im Jahr 2017 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 oder beim allgemeinen Besuchsprogramm der Öffentlichkeitsarbeit in Braunschweig (im Jahr 2017: 86 Besuchergruppen). Insgesamt wurden 14 325 Besucher gezählt.

The numbers don't lie – PTB is worth a visit! In 2017, 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 and to visitors within the scope of public relations (visits by the general public) in Braunschweig (in 2017: 86 groups). A total of 14 325 visitors were recorded.

Verbrauchszahlen / Consumption figures

... in Braunschweig		2015	2016	2017
Ressourcen / resources				
elektrische Energie / electrical energy	MWh	27 600	27 700	25 200
Wärme / heat	MWh	21 600	20 300	22 300
Gas / gas	m ³	27 100	19 100	21 370
Wasser / water	m ³	79 700	117 000	75 000
Abfälle / waste produced				
hausmüllähnlich / general	t	90	110	87
recycelt / recycled	t	203	205	192
zur Beseitigung / hazardous	t	56	61	32
Entsorgungskosten (ca.) / waste disposal costs (approx.)	EUR	110 300	100 200	112 700
...in Berlin				
Ressourcen / resources				
elektrische Energie / electrical energy	MWh	8540	8380	8510
Gas / gas	m ³	11 280	10 860	33 470
Wasser / water	m ³	52 500	57 500	49 390
Helium, flüssig / helium, liquid	l	47 900	38 800	43 400
Stickstoff, flüssig / nitrogen, liquid	l	52 280	38 200	40 200
Abfälle / waste produced				
hausmüllähnlich / general+	t	47	47	47
recycelt / recycled	t	53	65	46
zur Beseitigung / hazardous	t	9	13	9
Entsorgungskosten (ca.) / waste disposal costs (approx.)	EUR	8 200	11 300	7 540

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. T. Kleine-Ostmann	Dr. Dr. J. Simon

Abt. 1 - Mechanik und Akustik	Abt. 2 - Elektrizität	Abt. 3 - Chemische Physik und Explosionsschutz	Abt. 4 - Optik	Abt. 5 - Fertigungs- messtechnik
Prof. h.c. Dr. F. Härtig	Dr. U. Siegner	Dr. B. Güttler	Hon.-Prof. Dr. S. Kück	Dr. H. Bosse
FB 1.1 - Masse - Weitergabe der Einheit	FB 2.1 - Gleichstrom und Niederfrequenz	FB 3.1 - Metrologie in der Chemie	FB 4.1 - Photometrie und Spektroradiometrie	FB 5.1 - Oberflächenmess- technik
Dr. D. Knopf	Dr. J. Melcher	Dr. R. Stosch	Dr. A. Sperling	Dr. L. Koenders
FB 1.2 - Festkörpermechanik	FB 2.2 - Hochfrequenz und Felder	FB 3.2 - Gasanalytik und Zustandsverhalten	FB 4.2 - Bild- und Wellenoptik	FB 5.2 - Dimensionelle Nanometrologie
Dr. R. Kumme	Dr. T. Schrader	Prof. Dr. V. Ebert	Dr. E. Buhr	Dr. J. Flügge
FB 1.3 - Geschwindigkeit	FB 2.3 - Elektrische Energiemesstechnik	FB 3.3 - Thermophysikalische Größen	FB 4.3 - Quantenoptik und Längeneinheit	FB 5.3 - Koordinatenmess- technik
Dr. R. Wynands	Dr. M. Kahmann	Prof. Dr. R. Fernandes	Dr. H. Schnatz	Dr. K. Kniel
FB 1.4 - Gase	FB 2.4 - Quantenelektronik	FB 3.4 - Physikalische Chemie	FB 4.4 - Zeit und Frequenz	FB 5.4 - Interferometrie an Maßverkörperungen
Dr. H. Többen	Dr. A. Zorin	*Dr. B. Güttler	Dr. E. Peik	Dr. R. Schödel
FB 1.5 - Flüssigkeiten	FB 2.5 - Halbleiterphysik und Magnetismus	FB 3.5 - Explosionsschutz in der Energietechnik	FB 4.5 - Angewandte Radiometrie	FB 5.5 - Wissenschaftlicher Gerätebau
Dr. C. Kroner	Dr. H. W. Schumacher	Dr. D. Markus	Dr. S. Winter	Dr. F. Löffler
FB 1.6 - Schall	FB 2.6 - Elektrische Quantenmetrologie	FB 3.6 - Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik	Nachwuchsgruppe 4.01 - Metrologie für funktionale Nanosysteme	
Dr. C. Koch	Dr. F. J. Ahlers	Dr. F. Lienesch	Dr. S. Kroker	
FB 1.7 - Akustik und Dynamik		FB 3.7 - Grundlagen des Explosionsschutzes		
Dr. T. Bruns		Dr. M. Beyer		
FB 1.8 - Masse - Darstellung der Einheit				
Dr. H. Bettin				

QUEST
Institut an der PTB

Prof. Dr. P. Schmidt

FPM
Fundamentale Physik
für Metrologie

Prof. Dr. A. Surzhykov

Gesamtpersonalrat
S. Brandes

Örtlicher Personalrat Braunschweig
W. Krien

Örtlicher Personalrat Berlin
R. Thomas

Gleichstellungsbeauftragte
B. Behrens

Gesamtvertretung der Schwerbehinderten
R. Lütge

Vertretung der Schwerbehinderten Braunschweig
R. Lütge

Vertretung der Schwerbehinderten Berlin
C. Alßmann

Ausschüsse

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



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

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

Stand: 1. Dezember 2017

Abt. 6 - Ionisierende Strahlung	Abt. 7 - Temperatur und Synchrotronstrahlung	Abt. 8 - Medizinphysik und metrologische Informationstechnik	Abt. 9 - Gesetzliche und internationale Metrologie	Abt. Q – Querschnittsdienste	Abt. Z - Verwaltungsdienste
*Dr. J. Stenger	Dr. G. Ulm	Prof. Dr. T. Schäffter	Dr. P. Ulbig	M. Gahrens	C. Tampier
FB 6.1 - Radioaktivität	FB 7.1 - Radiometrie mit Synchrotronstrahlung	FB 8.1 - Biomedizinische Magnetresonanz	Ref 9.11 - Industrielles Messwesen	StS Q.01 - Sicherheit	Ref Z.11 - Haushalt und Beschaffung
Dr. D. Arnold	Prof. Dr. M. Richter	Dr. B. Ittermann	*Dr. P. Ulbig	*M. Gahrens	M. Wasmuß
FB 6.2 - Dosimetrie für Strahlentherapie u. Röntgendiagnostik	FB 7.2 - Kryophysik und Spektrometrie	FB 8.2 - Biosignale	DKD – Deutscher Kalibrierdienst Dr. P. Ulbig Dr. M. Czaske	Ref Q.11 - Wissenschaftliche Bibliotheken	Ref Z.12 - Personal
Dr. U. Ankerhold	Dr. T. Schurig	Dr. L. Trahms		Dr. J. Meier	S. Wiemann
FB 6.3 - Strahlenschutz- dosimetrie	FB 7.3 - Detektorradiometrie u. Strahlungsthermometrie	FB 8.3 - Biomedizinische Optik	FB 9.2 - Gesetzliches Messwesen und Konformitätsbewertung	Ref Q.12 - Sprachendienst	Ref Z.13 - Justizariat
Dr. A. Röttger	Dr. J. Hollandt	Prof. Dr. R. Macdonald	Dr. D. Ratschko	U. Baier-Blott	B. Tafel
FB 6.4 - Neutronenstrahlung	FB 7.4 - Temperatur	FB 8.4 - Mathema- tische Modellierung und Datenanalyse	FB 9.3 - Internationale Zusammenarbeit	G Q.2 - Technische Infrastruktur G. Grüneberg-Damm	Ref Z.14 - Organisation und Controlling
Dr. A. Zimbal	Dr. J. Fischer	Prof. Dr. M. Bär	Dr. M. Stoldt		Dr. J. Jaspers
FB 6.5 - Strahlenwirkung	FB 7.5 - Wärme und Vakuum	FB 8.5 - Metrologische Informationstechnik		Ref Q.21 - Arbeits- und Objektschutz M. Frühauf	Ref Z.15 - Verwaltung Berlin
Dr. H. Rabus	*Dr. G. Ulm	Dr. F. Thiel		Ref Q.22 - Technischer Dienst Braunschweig B. Staab	A. Lubinus
Ref 6.71 - Betrieblicher Strahlenschutz	FB IB.T - Technisch- wissenschaftliche Infrastruktur Berlin			Ref Q.23 - Werkfeuerwehr D. Schulze	Ref Z.16 - Innerer Dienst
Dr. R. Simmer	Dr. F. Melchert			G Q.4 - Informations- technologie *Dr. P. Ulbig	A. Grote
				Ref Q.41 - Metrologienetze Dr. M. Gutbrod	Ref Z.17 - Ausbildung
				Ref Q.42 - Zeitverteilung mittels IP Dr. D. Sibold	B. Weihe
				Ref. Q.43 - Veranstaltungs-IT *Dr. P. Ulbig	Ref Z.18 - Betriebliche Fachanwendungen
				Ref. Q.44 - Unterstützung Fach-IT K. Hube	M. Battikh
				Ref. Q.45 - Hochleistungsrechnen Dr. K. H. F. Oppitz	

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 2018

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: Fischer Druck, Peine
Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

ISSN 0340-4366