



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Jahresbericht 2021

Annual Report 2021



Hermann von Helmholtz

Im Jahr 2021 jährte sich der Geburtstag von Hermann von Helmholtz zum 200. Mal. Helmholtz hat, als Naturforscher und Universalgelehrter seiner Zeit, tiefe Spuren in der Wissenschaftsgeschichte hinterlassen – innerhalb der Medizin und Physiologie sowie in der Physik und Metrologie. Besondere Bedeutung besitzt Helmholtz für die Physikalisch-Technische Reichsanstalt: als ihr Gründungsvater und als ihr erster Präsident. Der runde Geburtstag im vergangenen Jahr war Anlass für zahlreiche Veranstaltungen und Aktionen in Berlin, u. a. für das Helmholtz-Symposium am 17. September 2021 im Institut Berlin der PTB.

Hermann von Helmholtz

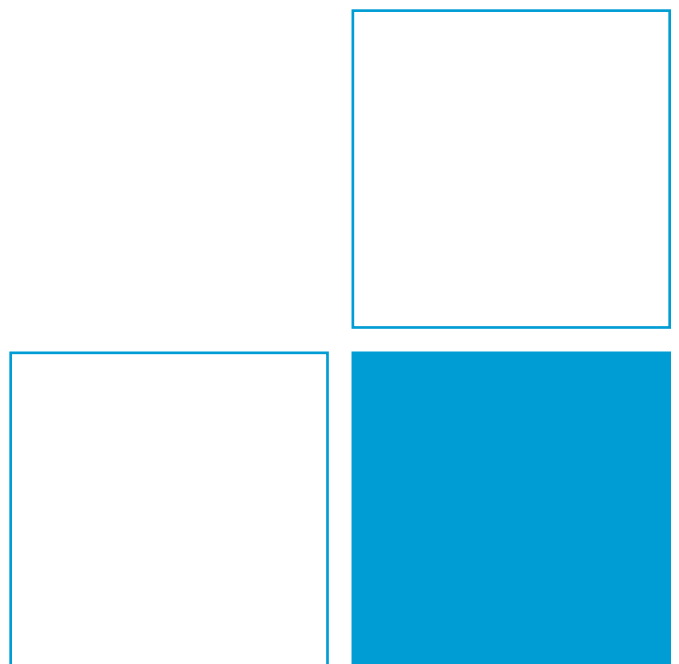
The year 2021 marked the 200th anniversary of Hermann von Helmholtz's birth. As a natural scientist and polymath of his time, Helmholtz left deep traces in the history of science – within medicine and physiology as well as in physics and metrology. Helmholtz also played an important role in the history of the Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Imperial Physical Technical Institute): He was both its founding father and its first president. His special anniversary last year was the reason for numerous events and activities in Berlin, including the Helmholtz Symposium on 17 September 2021 that was held at PTB's Berlin Institute.



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Jahresbericht 2021

Annual Report 2021



Inhaltsverzeichnis / Contents

Vorwort / Foreword	5
Chronik / Chronicle	9
Nachrichten des Jahres / News of the Year	17
Quantentechnologie / Quantum Technology	18
Quantencomputer – mit gefangenen Ionen oder supraleitend / Quantum computers – with trapped ions or superconducting	19
Konstanz von Naturkonstanten in Raum und Zeit untermauert / Stability of natural constants in space and time confirmed	20
Digitale Transformation weltweit: vom SI zum digitalen Zertifikat / Digital transformation around the world: from the SI to the digital certificate	21
PTB-Strategie zur künstlichen Intelligenz in der Medizin / PTB's strategy for artificial intelligence in medicine	22
300 Millionen Euro für die europäische Metrologieforschung / 300 million euros for European metrology research	23
Metrologienetzwerk „Advanced Manufacturing“ wird von der PTB koordiniert / PTB to coordinate metrology network supporting advanced manufacturing	24
Europäische Kooperation für die Metrologie des Strahlenschutzes / European cooperation in metrology for radiation protection	25
Wasserstofftechnologie: Kooperation mit Salzgitter Flachstahl / Hydrogen technology: Collaboration with Salzgitter Flachstahl	26
Warum altern Lithium-Schwefel-Batterien? / What causes the aging in lithium-sulfur batteries?	27
Nanopartikel-Messsystem für die Corona-Impfstoffforschung / Nanoparticle measuring system for coronavirus vaccine research	28
Pandemiebekämpfung: Arbeitsgruppe zur Qualitätssicherung von Testverfahren / Fighting the pandemic: Working group on the quality assurance of testing procedures	29
Startschuss für Partikelzählung im Abgas / Green light for exhaust gas particle counting in German PTIs	30
Schnelle Gehirnsignale erstmals nichtinvasiv gemessen / First noninvasive measurement of fast brain signals	31
Ein „Upgrade“ für Ghanas Metrologie-Infrastruktur / “Upgrading” Ghana's metrology infrastructure	32

Veröffentlichungen und Vorträge / Publications and lectures	33
Ausgewählte Publikationen / Selected publications	34
Menschen / People	43
Sitzung des Kuratoriums der PTB / Meeting of PTB's Kuratorium (Advisory Board)	44
Neu in leitender Funktion / Newly appointed to management posts	47
Preise und Auszeichnungen / Prizes and awards	52
Ausbildung / Vocational training at PTB	62
Akademische Abschlüsse / Academic degrees	65
Zahlen und Fakten / Figures and Facts	75
Personal / Staff	76
Haushalt / Budget	78
Projektpartner der PTB / PTB's project partners	80
Normung / Standardization	81
Qualitätsmanagement / Quality management	82
Technologietransfer / Technology transfer	84
Besucherinnen und Besucher / Visitors	86
Umwelt / Environment	87
Organigramm / Organization Chart	88

Vorwort

Mit Genauigkeit, Objektivität und Leidenschaft in der Metrologie ein wenig dazu beizutragen, die Welt zu gestalten, in der wir leben wollen – das und nicht weniger ist unser Anspruch!

Der Kompass durch unsere Leitwerte ist wichtiger denn je! Dies zeigt uns dieses Jahr voller Herausforderungen. Ein Konjunkturprogramm nie dagewesenen Ausmaßes, verursacht durch ein Coronavirus, das sich immer wieder neu erfindet. Die immer drängendere Notwendigkeit, den Klimawandel zu stoppen und die Energieversorgung neu aufzustellen. Und das in einer Zeit zunehmender internationaler Spannungen, in einer Epoche, die geprägt ist durch vollständig neue, disruptive, digitale und vernetzte Produkte, die alte Geschäftsmodelle und sicher geglaubte Wahrheiten überrollen!

Metrologisch gesicherte, rückgeführte und somit international vergleichbare wissenschaftliche Daten, Fakten und Erkenntnisse sind mehr denn je die Grundlage dafür, diese Herausforderungen zu meistern. Verlässliche „goldene“ Datensätze sowie kontrolliert getestete und trainierte, robuste und nachvollziehbare Algorithmen der „künstlichen Intelligenz“ (KI) sind die Voraussetzung dafür, die Qualität vernetzter Produkte nach europäischen Wertestandards zu garantieren. Autonome Fahrzeuge, Smart Homes, Smart Cities oder personalisierte Medizin, die oft auf Hunderten, ja Tausenden von Sensordaten beruhen, werden nur dann im Markt erfolgreich sein, wenn sie sicher und von der Gesellschaft akzeptiert sind.

Das „Geschäftsmodell“ der PTB, die Qualität von Messverfahren und Messwerten zu garantieren und zu sichern, ist heute, genau 135 Jahre nach Gründung der Reichsanstalt, aktueller und lebendiger denn je! Das gilt für einzelne Messgrößen und deren Einheiten, die wir nicht selten mit weltweit führender Präzision und Genauigkeit realisieren, ebenso wie in Zukunft für vernetzte Sensoren und deren Daten – für die systemische Metrologie. Die anwesenden und zugeschalteten Gäste unseres Symposiums anlässlich des 200. Geburtstages von Hermann von Helmholtz, unter dem Motto „Helmholtz und die Metrologie – gestern, heute, morgen“ konnten sich genau davon eindrucklich überzeugen.

Foreword

Helping to shape the world we want to live in a little through accuracy, objectivity and passion in metrology. That is what we aspire to – and nothing less!

Using PTB's philosophy as a compass is now more important than ever! This year full of challenges has shown us that. A stimulus package on an unheard-of scale due to a coronavirus that is constantly evolving. The ever more urgent need to stop climate change and restructure our sources of energy. And all of that during an era of increasing international tension, in an age that is characterized by completely new, disruptive, digital and networked products which are steamrolling old business models and what we thought were fixed truths!

Metrologically verified, traceable – and thus internationally comparable – scientific data, facts and findings are the basis for meeting these challenges now more than ever. Reliable “golden” data and artificial intelligence (AI) algorithms that have been trained and tested under controlled conditions and are robust and transparent are required in order to ensure the quality of networked products according to European standards. Autonomous vehicles, smart homes, smart cities or personalized medicine, which are often based on hundreds if not thousands of sets of sensor data, can only achieve market success if they are secure and accepted by society.

PTB's “business model” of ensuring the quality of measurement procedures and measurement values is currently – exactly 135 years after the founding of the Imperial Physical Technical Institute (PTR) – more relevant and exciting than ever! That goes for individual measurands and their units (which we often realize with leading worldwide precision and accuracy) as well as for the future of networked sensors and their data: systems metrology. The guests of our Symposium to commemorate the 200th birthday of Hermann von Helmholtz called “Helmholtz and Metrology – Yesterday, Today, Tomorrow” who attended both in person and virtually were impressively convinced of exactly this.

And you, of course, are all shaping tomorrow's world of metrology in all kinds of ways – for society, industry and science.

Und ja, Sie alle gestalten die Welt der Metrologie von morgen in all ihren Facetten – für Gesellschaft, Industrie und Wissenschaft.

So ist es uns auch in diesem Jahr wieder gelungen, intern alle Corona-Infektionen zu verfolgen – herzlichen Dank an den Krisenstab und an die nimmermüde Hotline. Es ist uns dank Ihrer aller Umsicht und Mitarbeit wieder gelungen, unsere Aufgaben auch unter Corona-Bedingungen zu erfüllen und dabei unser aller Sicherheit weitestgehend zu gewährleisten. Arbeiten im Homeoffice ist tagtägliche Routine geworden – danke an unsere IT – und wird uns auch nach Corona neue Möglichkeiten eröffnen, wenn wir sie verantwortungsvoll nutzen – danke an die Verwaltung und den Personalrat!

Gleichzeitig bringen uns neue metrologische Verfahren an die Weltspitze bei der quantitativen Vermessung der Viruslast in Seren – nicht nur für Corona, sondern für viele Virusinfektionen eine entscheidende Größe für die Therapie. Das ist nur ein Beispiel aus der Metrologie für die Gesundheit.

Das gleiche gilt für die Bestimmung gigantischer Drehmomente oder die Vermessung von Getrieben in Windenergieanlagen im neuen Kompetenzzentrum für Windenergie, für die Effizienz einzelner Photovoltaikzellen bis hin zu vollständigen Anlagen im gerade entstehenden Zentrum. Es gilt für Wärme-, Wasser-, Gasmengen- und Temperaturmessungen, für Form- und Reflexionsmessungen von Spiegeln oder für die Bestimmung von Radioaktivität, um nur einige zu nennen. Und es gilt für die Charakterisierung möglicher Störungen durch Windenergieanlagen, etwa an Drehfunkfeuern der Flugsicherung oder über Infraschallbelastung bei Anwohnern. Beispiele aus der Metrologie für Umwelt, Klima und Energie.

Neue Herausforderungen erfordern neue organisatorische Strukturen. Ihr Engagement in den Lenkungs-kreisen koordiniert und synchronisiert unsere Aktivitäten zu den Themen Energie, Umwelt und Klima, Gesundheit, Quantentechnologie und Digitalisierung. Und das äußerst erfolgreich, oft mit großer Sichtbarkeit – besten Dank an alle Koordinatoren.

So z. B. in den Quantentechnologien. Mit großem Erfolg engagiert sich hier unser Quantentechnologie-Kompetenzzentrum, unterstützt mit 25 Mio. € aus dem

We were again able to trace all corona infections of our employees at PTB this year – a warm thanks to the corona crisis management team and the tireless hotline! Due to the caution and cooperation of all, we were again able to fulfill our tasks despite pandemic conditions and to ensure our safety as much as possible while doing so. Working from home has become a daily routine – thank you, IT team – and will continue to present new opportunities even after the COVID-19 pandemic is over if we use it responsibly – thank you, Administrative Services and Local Staff Council.

At the same time, new metrological procedures have put us in the lead for the quantitative detection of viral loads in serums – this is not only important for the coronavirus, but also a decisive factor for therapy for many viral infections. That is just one example of our work in metrology for health.

We are also world leaders in determining gigantic torques or measuring drives in wind turbines at the new Competence Center for Wind Energy, the efficiency of single photovoltaic cells or even complete facilities at the recently founded center. That is also the case for heat, water, gas volume and temperature measurements, for shape and reflection measurements of mirrors or for determining radioactivity – to name but a few. This top position also applies for the characterization of disturbances of air navigation systems at airports or the infrasound exposure of local residents through wind power plants. Those are examples of metrology for the environment, the climate and energy.

New organizational structures are needed to meet new challenges. Your participation in steering groups coordinates and synchronizes our activities on the topics of energy, the environment and climate, health, quantum technologies and digitalization – and quite successfully and often with great visibility, might I add. Thank you, all coordinators!

We are also on the cutting edge when it comes to quantum technologies: Our Quantum Technology Competence Center, funded with 25 million euros from the stimulus package, is successfully engaged in calibration, standardization and training (among other fields) as well as providing support for start-ups. We deliver and characterize ion traps – the key technology for building quantum computers – together with our partners at Quantum Valley Lower Saxony.

Konjunkturpaket, unter anderem in der Kalibrierung, Standardisierung und Ausbildung sowie bei der Unterstützung von Start-ups. Wir liefern und charakterisieren Ionenfallen, die Schlüsseltechnologie für den Bau eines Quantencomputers, zusammen mit unseren Partnern im Quantum Valley Lower Saxony.

Oder in der Digitalisierung, wo mit agilen Methoden die Arbeiten im neuen Fachbereich „Metrologie für die digitale Transformation“ koordiniert werden. Hier setzt unsere KI-Strategie für die Metrologie weltweit Standards. Zwei Juniorprofessuren und zehn neue Mitarbeitende, unterstützt mit 15 Mio. € aus dem Konjunkturpaket, entwickeln metrologische Konzepte für KI. „QI-Digital“, die gemeinsame Anstrengung mit BAM, DIN und DAkkS, unsere Dienstleistungen in die digitale Welt zu transformieren, macht große Fortschritte. Unsere Aktivitäten zum Digitalen Kalibrierschein (DCC) gehen schnell voran, sind international führend und werden flankiert von Aktivitäten am CIPM unter PTB-Führung zu international vereinbarten Metadatenformaten.

Strukturell noch weiter in die Zukunft gedacht, in vielerlei Hinsicht in völliger Übereinstimmung mit den Zielen zu einer neuen Verwaltung im Koalitionsvertrag, ist unser Vorschlag zur Gründung eines „Innovationszentrums für systemische Metrologie“ (IZSM). Hier sind wir zum einen im intensiven Gespräch mit der neuen Leitung des BMWK, zum anderen schreiten wir jedoch auch schon voran: Drei neu eingestellte Mitarbeitende koordinieren erfolgreich die Themenfelder „Stadt der Zukunft“, „Mobilität“ und „Digitale Medizin“ unter der Leitung der Geschäftsführung des nun gegründeten Vereins, IZSM e. V. – vielen Dank dafür!

Und ja, neue Herausforderungen erfordern eine funktionierende Infrastruktur. Hier leistet die Abteilung Q Gigantisches, wovon man sich leicht bei einem Gang über unser Gelände überzeugen kann.

Richtungsweisend sind nicht nur Themen und Strukturen, sondern nicht zuletzt auch Personalentscheidungen. Hier freut es mich ganz besonders, dass es dem Kuratorium gelungen ist, frühzeitig meine Nachfolgerin zu identifizieren und mit dem BMWK abzustimmen. Mit Prof. Dr. Cornelia Denz übernimmt eine exzellente Wissenschaftlerin und zugleich auch PTB-Kennerin (u. a. durch ihre langjährige Kuratoriumstätigkeit) das Präsidentenamt. Ich bin sicher, die Zukunft der PTB liegt bei ihr in den besten Händen, und

And then there is also digitalization, where work is being coordinated using agile methods at the new “Metrology for Digital Transformation” department. Our AI strategy is setting worldwide standards for metrology. Two junior professorships and ten new staff members, funded with 15 million euros from the stimulus package, are developing metrological concepts for AI. “QI-Digital”, the joint effort with BAM, DIN and DAkkS to transform our services for the digital world, are making great strides. Our activities related digital calibration certificates (DCC) are progressing rapidly, are leading internationally and are being flanked by activities at CIPM regarding internationally agreed metadata formats under PTB’s leadership.

Our suggestion to found an “Innovation Center for Systems Metrology” (IZSM), in many ways completely overlapping with a modernization of administration included in the coalition agreement, is another topic reserved for the future. For the center, we are in intensive discussions with the new management of the BMWK on the one hand. On the other hand, we are already taking steps: Three new staff members are successfully coordinating the topics “city of the future”, “mobility” and “digital medicine” under the leadership of the directors of the newly founded IZSM e.V. association – thank you for that!

Of course, new challenges require functioning infrastructure. Our Division Q is achieving gigantic things, as one can see when walking around our campus.

Topics and structures are not the only things that are setting our future course. Personnel decisions are also important. I am especially happy that the Kuratorium was able to find my successor and receive approval from the BMWK. With Prof. Dr. Cornelia Denz, an excellent scientist and a PTB insider at the same time (thanks to her many years in the Kuratorium and other functions) will be taking over the presidency. I am convinced that PTB’s future will be in the best hands and wish her great success for this challenging, but also very pleasant task.

Finally, at the end of my term of office, I would like to thank everyone who made PTB what it was, is and will continue to be: an excellent research institution, a reliable service provider for industry and society, a guarantor of objective and trustworthy measurements.

I wish to express special thanks to the members of the Presidential Board, each of the vice presidents during

ich wünsche ihr viel Erfolg bei dieser herausfordernden, aber auch sehr schönen Aufgabe.

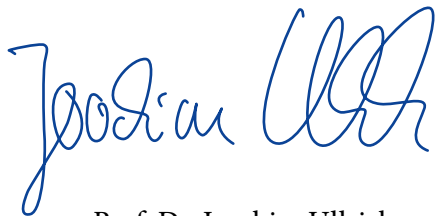
Und am Ende meiner Amtszeit bedanke ich mich bei Ihnen allen, die Sie die PTB zu dem machen, was sie war, ist und auch weiterhin sein wird: eine exzellente Forschungsinstitution, ein zuverlässiger Dienstleister für die Wirtschaft und Gesellschaft, ein Garant für objektive und vertrauenswürdige Messungen.

Mein Dank gilt ganz besonders den Mitgliedern des Präsidiums, den jeweiligen Vizepräsidenten, der Leitung sowie allen Mitarbeitenden des Präsidialen Stabs und nicht zuletzt den Sekretariaten. Ihr Engagement in der „P-Etage“, die gegenseitige Hilfsbereitschaft und Ihre immer gute Laune, auch bei hoher Arbeitsbelastung, hat die Arbeit an der PTB zu einer tagtäglichen Freude gemacht.

Es war mir ein Privileg, mit Ihnen allen zusammenarbeiten zu dürfen – und dabei meinen Teil dazu beizutragen, die PTB für die Herausforderungen der Zukunft gut aufzustellen.

my term of office, the head as well as all of the staff members of the Presidential Staff and, last but not least, of the secretariats. Your commitment on the “P floor”, your willingness to help each other and always being in good spirits – even while working under high pressure – made working at PTB a pleasure every day.

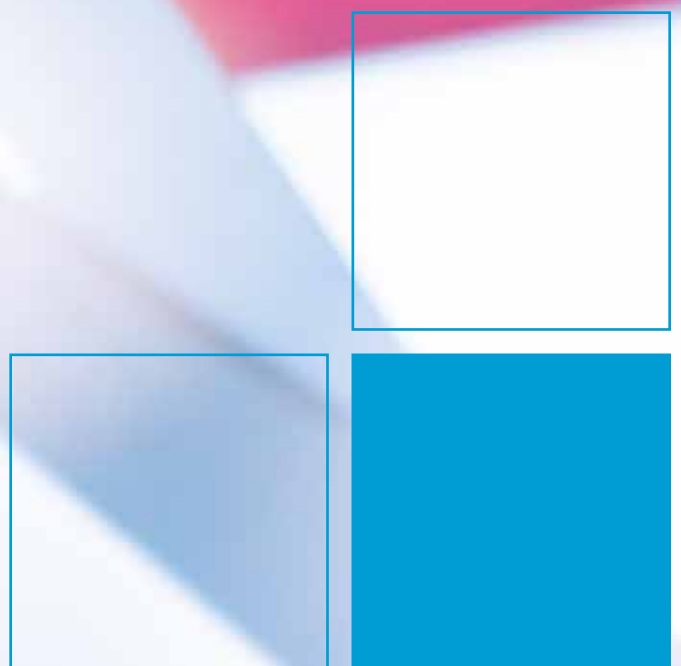
I feel very privileged to have been able to work with all of you and to have contributed to preparing PTB well for the challenges of tomorrow while doing so.



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

Chronik

Chronicle



QI-Digital: Podiumsdiskussion auf der Hannover Messe

Die Digitalisierung fordert das ausgeklügelte System der Qualitätsinfrastruktur in hohem Maße heraus. In dem langfristig angelegten Kooperationsvorhaben „Qualitätsinfrastruktur Digital (QI-Digital)“ entwickeln die wesentlichen Akteure – dazu gehören BAM, DAkkS, DIN, DKE und PTB – eine QI, die internationale Maßstäbe für die Qualitätssicherung im 21. Jahrhundert setzt. In einer Live-Session auf der Hannover Messe haben die Leitungen der Partner die wichtigsten Handlungsfelder und erste Lösungsansätze diskutiert.

QI-Digital: Panel discussion at the Hannover Messe

The digital transformation is a major challenge to the sophisticated system that is quality infrastructure (QI). In the long-term cooperation project on “Quality Infrastructure Digital (QI-Digital)”, the key stakeholders – including BAM, DAkkS, DIN, DKE and PTB – are developing QI which is setting international standards for quality assurance in the 21st century. During a live session at the Hannover Messe (Hannover trade fair), the heads of the partners discussed the most pressing areas of activity and the first possible solutions.



April 2021

Digitaler Zukunftstag

Im April hatten Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, einen digitalen Blick hinter die Kulissen der PTB zu werfen. Unter der Webadresse www.zukunftstag.ptb.de bot die PTB nicht nur Videos zu Ausbildungsberufen an, sondern öffnete auch verschiedene Chat-Kanäle, in denen Ausbilderinnen und Ausbilder sowie viele Azubis „live“ zum Gespräch zur Verfügung standen. Das war eine gute Gelegenheit, Fragen zur Ausbildung aus erster Hand beantwortet zu bekommen.

Girls' Day/Boys' Day goes digital

In April, PTB gave secondary school students the opportunity to look behind the scenes of its work – and it did this digitally. For one thing, PTB showed videos on vocational training positions at www.zukunftstag.ptb.de. It also opened various chat channels, where trainers and a large number of apprentices were available for “live” conversations. This was a good chance for the young people's questions about vocational training at PTB to be answered directly.



April 2021

Veranstaltungen / Events

14.4.2021

QI-Digital-Podium auf Hannover Messe
QI-Digital panel at the Hannover Messe
(Hannover trade fair)

22.4.2021

Digitaler Zukunftstag
Digital Girls' and Boys' Day

11.5.2021

BMBF: 16 Mio Euro für MIQRO
Federal Ministry for Education and Research
(BMBF): 16 million euros for MIQRO

30 Jahre Untertagelaboratorium UDO

UDO, das Untertagelaboratorium der PTB, feierte 2021 seinen 30-jährigen Geburtstag. Nach einem Umzug im Jahr 2011 befindet es sich heute in einem Salzbergwerk nahe dem niedersächsischen Helmstedt und bietet dort in 430 Metern Tiefe beste Bedingungen für die Bestimmung der Eigenschaften von Dosimetern und Spektrometern. UDO bietet einen der weltweit niedrigsten Strahlungspegel in einem Messraum überhaupt.

Underground laboratory UDO turns 30

UDO, PTB's underground laboratory, celebrated its 30th birthday in 2021. After moving in 2011, it is now located in a salt mine near the town of Helmstedt in Lower Saxony, where – at a depth of 430 meters – it has optimum conditions for determining the properties of dosimeters and spectrometers. UDO's measurement facilities provide one of the lowest radiation levels to be found anywhere in the world.



Mai 2021

Eine Präsidentin für die PTB

Ab 1. Mai 2022 wird die Physikerin Prof. Dr. Cornelia Denz von der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster die PTB leiten. Damit wird sie in der 135-jährigen Geschichte der PTB die erste Frau an der Spitze des nationalen Metrologieinstituts Deutschlands sein. Prof. Denz erhielt ihre Berufung vom damaligen Bundesminister für Wirtschaft und Energie, Peter Altmaier. Das Ministerium folgt mit dieser Berufung dem einstimmigen Vorschlag einer prominent besetzten Findungskommission.

Female president for PTB

Prof. Dr. Cornelia Denz, a physicist from the University of Münster, will become the new President of PTB on 1 May 2022. This means she will be the first woman to head Germany's national metrology institute in PTB's 135-year history. Prof. Denz was appointed to this position by Peter Altmaier, Germany's former Federal Minister for Economic Affairs and Energy. With this appointment, the ministry followed the unanimous proposal of a search committee which was made up of prominent individuals.



Juni 2021

20.5.2021

Weltmetrologietag
World Metrology Day:
"Measurement for Health"

25.5.2021

30 Jahre PTB-Untertagelaboratorium UDO
PTB's underground laboratory UDO turns 30

4.6.2021

Prof. Dr. Cornelia Denz zur Präsidentin berufen
Prof. Dr. Cornelia Denz appointed President of PTB

Jörn Stenger wird EURAMET-Vorsitzender

Er tritt sein Amt in einer Zeit des Zusammenwachsens an und will diese Entwicklung weiter stärken: Dr. Jörn Stenger ist seit dem 9. Juni Vorsitzender von EURAMET, der Vereinigung der europäischen Metrologieinstitute. Stenger, der in der PTB das Amt des Mitglieds des Präsidiums bekleidet, war bereits in der EURAMET-Generalversammlung 2020 in das Amt gewählt worden, das er schließlich im Juni 2021 antrat. Seine Amtszeit als EURAMET-Chairperson dauert bis 2024.

Jörn Stenger is EURAMET's new Chairperson

He is taking up this position at a time when things are growing together, and he wants to intensify this development even more: Dr. Jörn Stenger has been the Chairperson of EURAMET, the association of European metrology institutes, since 9 June 2021. Dr. Stenger, who is a member of PTB's Presidential Board, was elected to this position during EURAMET's General Assembly in 2020. His position as EURAMET's Chairperson began in June 2021, and it will last until 2024.



Juni 2021

Vereinsgründung des IZSM e. V.

Der nächste Schritt in Richtung eines Innovationszentrums für Systemische Metrologie (IZSM) ist getan: Am 8. Juni gründete das Präsidium der PTB gemeinsam mit neun weiteren Mitarbeitenden den IZSM e. V. und wählte Prof. Dr. Tobias Schächter, Dr. Anna Cypionka und Susanne Wiemann als Gründungsgeschäftsführung. Aufgabe der neuen Geschäftsführung ist es nun, eine Geschäftsordnung zu erarbeiten, Netzwerke zu knüpfen und Pilotprojekte für systemische Metrologie auf den Weg zu bringen.

IZSM e. V. – a new registered association is founded

The next step toward setting up an Innovation Center for Systems Metrology (IZSM) has been taken: On 8 June 2021, PTB's Presidential Board along with nine other staff members founded the IZSM e. V. and elected Prof. Dr. Tobias Schächter, Dr. Anna Cypionka and Susanne Wiemann to be its founding directors. These new directors are now tasked with drawing up the association's rules of procedure, building networks and initiating pilot projects in systems metrology.



Juni 2021

8.6.2021

Vereinsgründung des Innovationszentrums für Systemische Metrologie (IZSM)
Founding of Innovation Center for Systems Metrology (IZSM) association

9.6.2021

Jörn Stenger wird EURAMET-Vorsitzender
Jörn Stenger is EURAMET's new Chairperson

Juni 2021

Neue Zielvereinbarung mit dem BMWi
New "Agreement on Objectives" made with the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi)

Neue Zielvereinbarung mit dem BMWi

Die PTB und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) haben eine Zielvereinbarung für die Jahre 2021 bis 2025 getroffen. Zu den Zielen gehören die stetige Weiterentwicklung und der Ausbau des gesetzlichen, industriellen und internationalen Messwesens sowie neue Forschung in den Bereichen der Digitalisierung, Quantentechnologie, Medizin, Energie und Umwelt. Anhand von Indikatoren soll geprüft werden, ob diese Ziele auch erreicht werden. Das BMWi und die PTB schließen seit 1999 regelmäßig Zielvereinbarungen ab, um den allgemeinen Rahmen der Zusammenarbeit und Aufgabenverteilung zu setzen. Basierend darauf nimmt die PTB ihre fachspezifischen Aufgaben eigenverantwortlich wahr.

New “Agreement on Objectives” made with the BMWi

PTB and Germany’s Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) have come to an “Agreement on Objectives” covering the years from 2021 until 2025. The goals of this agreement include PTB’s continuous further development and strengthening legal, industrial and international metrology in addition to new research in the fields of digitalization, quantum technologies, medicine, energy and the environment. Indicators will be used to see whether these goals have been reached. The BMWi and PTB have made regular agreements on PTB’s objectives since 1999 so that the general scope of their joint cooperation can be set along with the assignment of tasks. PTB then goes on to base its highly specialized tasks on these agreements, and it performs them on its own authority.

Juni 2021

30 Jahre metrologische Zusammenarbeit mit Osteuropa

COOMET, die Vereinigung osteuropäischer Metrologieinstitute, feierte im Juni ihr 30-jähriges Jubiläum. Die PTB ist vom ersten Jahr an COOMET-Mitglied und hat sich im Laufe der Jahre als Bindeglied zwischen COOMET und EURAMET, der Vereinigung der europäischen Metrologieinstitute, engagiert. Während der Sitzung der Generalversammlung am 15. Juni wurde Dr. Frank Lienesch, Leiter der PTB-Abteilung *Gesetzliche und internationale Metrologie*, zum neuen COOMET-Vizepräsidenten gewählt.

30 years of metrological cooperation with Eastern Europe

COOMET, the association of Eastern European metrology institutes, celebrated its 30th anniversary in June. PTB has been a member of COOMET since its first year, and it has actively served as a connecting link between COOMET and EURAMET, the association of European metrology institutes, for many years. Dr. Frank Lienesch, Head of PTB’s *Legal and International Metrology Division*, was elected as the new Vice-President of COOMET during the general assembly session on 15 June 2021.



Juni 2021

15.6.2021

30 Jahre metrologische Zusammenarbeit mit Osteuropa: 30-jähriges Jubiläum von COOMET
Three decades of metrological cooperation with Eastern Europe: COOMET turns 30

Juli 2021

Berlin feiert Helmholtz' 200. Geburtstag
Berlin celebrates Helmholtz's 200th birthday

30.8.2021

Niedersachsens Wissenschaftsminister Björn Thümler besucht die PTB
Lower Saxony's Minister of Science, Björn Thümler, visits PTB

Berlin feiert Helmholtz' 200. Geburtstag

Unter dem Titel „Wissensstadt Berlin 2021“ feierte die Hauptstadt mit einer Vielzahl von Veranstaltungen die 200. Geburtstage von Rudolf Virchow und Hermann von Helmholtz – zweier bedeutender Forscher, die ihre Spuren auch in der Wissenschaftsgeschichte Berlins hinterlassen haben. Die PTB war gleich mehrfach mit öffentlichen Vorträgen und Aktionen an diesem besonderen Aktionsjahr beteiligt. Helmholtz war Mitbegründer, erster Präsident und bedeutender Wissenschaftler der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, der Vorgängerinstitution der PTB.

Berlin celebrates Helmholtz's 200th birthday

Germany's capital city, Berlin, commemorated the 200th birthdays of Rudolf Virchow and Hermann von Helmholtz with a wide range of events this year. These two eminent researchers, who have both left their mark on the history of science in Berlin, were celebrated in an initiative called "Knowledge City Berlin 2021" (*Wissensstadt Berlin 2021*). PTB was involved throughout this special year as its staff gave talks that were available to the general public, and it helped to organize several events. Hermann von Helmholtz was one of the co-founders, the first president and one of the leading scientists of the Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Imperial Physical Technical Institute), as PTB's forerunner was called.



WISSENSSTADT
BERLIN 2021

Juli 2021

Minister Björn Thümler zu Besuch in der PTB

Bis 2025 wollen niedersächsische Forschende einen 50-Qubit-Quantencomputer realisieren. Aus diesem Grund besuchte der niedersächsische Wissenschaftsminister Björn Thümler die PTB in Braunschweig. Mit von der Partie waren Journalisten und die Präsidentin der TU Braunschweig Prof. Dr. Angela Ittel. Eingeladen hatte das Bündnis Quantum Valley Lower Saxony (QVLS), um die wichtigsten niedersächsischen Quantentechnik-Laboratorien sowie beteiligte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vorzustellen.

Minister Björn Thümler visits PTB

The year 2025 is the date that researchers in Lower Saxony have set for realizing a 50-qubit quantum computer. And that was the reason for Lower Saxony's Minister of Science, Björn Thümler, to visit PTB in Braunschweig. The President of the TU Braunschweig, Prof. Dr. Angela Ittel, was also present, along with a number of journalists. They were invited by the Quantum Valley Lower Saxony (QVLS), as this association wanted to introduce them to this part of Germany's most important quantum technology labs along with the scientists who work there.



August 2021

3.9.2021

PTB-Vizepräsident Dr. Frank Härtig wird
Präsident der IMEKO

PTB's Vice President, Dr. Frank Härtig,
becomes president of IMEKO

16.9.2021

Gründung EMN Radiation Protection
Founding of the European Metrology
Network (EMN) for Radiation Protection

19.9.2021

Helmholtz-Symposium in Berlin
Helmholtz Symposium in Berlin

Frank Härtig wird Präsident der IMEKO

Dr.-Ing. Prof. h. c. Frank Härtig, Vizepräsident der PTB, hat die Präsidentschaft der Internationalen Messtechnischen Konföderation (IMEKO) übernommen. In den kommenden drei Jahren steht er an der Spitze dieses nichtstaatlichen Zusammenschlusses, dessen 42 Mitgliedsorganisationen sich mit der weltweiten Weiterentwicklung von Messtechnik befassen. Seine Ernennung fand im Rahmen des – diesmal digitalen – IMEKO-Weltkongresses 2021 statt.

Frank Härtig becomes President of IMEKO

Dr.-Ing. Prof. h. c. Frank Härtig, Vice President of PTB, has assumed the presidency of the International Measurement Confederation (IMEKO). Over the next three years, he will spearhead this non-governmental federation of 42 member organizations concerned with the worldwide advancement of measurement technology. Dr. Härtig was appointed to his new post during the 2021 IMEKO World Congress, which – due to the COVID-19 pandemic – had to be held digitally this time.



September 2021

Helmholtz-Symposium in Berlin

Anlässlich des 200. Geburtstags von Hermann von Helmholtz fand ein Symposium mit prominenter Besetzung am Berliner Gründungsstandort der PTB statt. Vorträge hielten die Nobelpreisträger Klaus von Klitzing und Stefan Hell sowie Nathalie von Siemens und PTB-Präsident Prof. Dr. Joachim Ullrich. Das Symposium schlug einen großen Spannungsbogen von der Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt durch Helmholtz und Siemens bis zur Metrologie für die Welt von morgen. Per Livestream ließ sich das Symposium auch im Internet verfolgen.

Helmholtz Symposium in Berlin

In honor of Hermann von Helmholtz's 200th birthday, PTB held a symposium that was attended by many prominent guests at the site where it was founded in Berlin. Lectures were given by the Nobel Prize winners Klaus von Klitzing and Stefan Hell, along with Natalie von Siemens and PTB's President Joachim Ullrich. The symposium outlined the grand narrative arc linking the foundation of the Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) by Helmholtz and Siemens to the metrology of the world of tomorrow. It was also possible to livestream the symposium on the Internet.

September 2021

25.10.2021

Vertragsverlängerung Zeitaussendung
Time dissemination contract extended

1.12.2021

BMBF: 44,5 Millionen Euro für ATIQ
Federal Ministry for Education and Research
(BMBF): 44.5 million euros for ATIQ

14.12.2021

Verleihung des Werner-von-Siemens-Ringes
an Prof. Dr. Jens Frahm
Werner von Siemens Ring awarded to
Prof. Dr. Jens Frahm

Leitbild und Werte der PTB

Genauigkeit, Objektivität und Leidenschaft – im Rahmen eines neuen Kommunikationskonzeptes hat die PTB ihre Werte und ein Leitbild formuliert, die 2021 präsentiert wurden. Doch wie kommuniziert die PTB diese Werte nach innen und außen? Hier wurden und werden auch weiterhin Maßnahmen entwickelt, die die Kernbotschaften der PTB im Alltag verankern sollen. Dazu gehören beispielsweise Postkarten, Poster, Videos und ein jährlicher PTB-weiter Wertetag für alle Mitarbeitenden sowie Hilfestellungen für Führungskräfte.

PTB's philosophy and values

Accuracy, objectivity and passion – PTB formulated its values and its philosophy within the scope of a new communication concept that was presented in 2021. But how does PTB communicate these values both internally and externally? It does this by continuing to develop measures that will anchor PTB's core messages to everyday life. These measures include postcards, posters and videos as well as an annual PTB-wide Values Day for all members of staff and support for PTB's managers.

2021

1.1.2022

150 Jahre metrisches System in Deutschland
The metric system in Germany turns 150

Nachrichten des Jahres

News of the Year



Quantentechnologie

2,5 Millionen Euro für Grundlagenforschung

Prof. Dr. Piet O. Schmidt hat den mit 2,5 Millionen Euro dotierten ERC Advanced Grant der EU für ein fünfjähriges Projekt erhalten, das sich mithilfe optischer Uhren fundamentalen Fragen nähern will: Ist unsere Beschreibung der Natur vollständig? Was ist dunkle Materie? Ändern sich Naturkonstanten mit der Zeit oder dem Ort?

Theoretische Vorhersagen bescheinigen optischen Uhren, bei denen hochgeladene Ionen mithilfe von Quantentechniken kontrolliert und über Laserspektroskopie gemessen werden, eine 20-fach größere Empfindlichkeit gegenüber Effekten „neuer Physik“ im Vergleich zu bisherigen Uhren. Dieselben Quantenlogik-Methoden werden auch im „Quantum Valley Lower Saxony“ (QVLS) eingesetzt, um einen 50-Qubit-Quantencomputer aufzubauen.

Quantum Technology

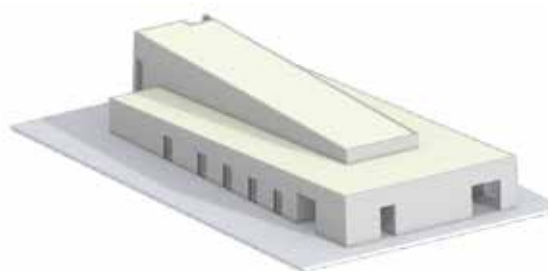
2.5 million euros for fundamental research

Prof. Dr. Piet O. Schmidt has received a 2.5 million euro ERC Advanced Grant from the EU for a five-year project that will seek to use optical clocks to shed light on some fundamental questions: Is our description of nature complete? What is dark matter? Do natural constants vary with time or location?

Theoretical predictions attest that optical clocks based on highly charged ions, which are controlled by quantum techniques and measured by laser spectroscopy, will have a sensitivity to “new physics” effects that is 20 times greater than that of previous clocks. The same quantum logic techniques are being used by the Quantum Valley Lower Saxony (QVLS) project to build a 50-qubit quantum computer.

Verstärkung des Quantentechnologie-Kompetenzzentrums

Im Jahr 2021 hat die PTB das bereits vorhandene Team ihres neu gegründeten Quantentechnologie-Kompetenzzentrums (QTZ) mit sechs weiteren Stellen ausgestattet. Das QTZ unterstützt – zusammen mit Partnern aus der Industrie – gezielt die Überführung unterschiedlicher Quantentechnologien in die Anwendung mit wirtschaftlichem Potenzial. Es fungiert als zentraler Ansprechpartner für die Industrie an der Schnittstelle zwischen wissenschaftlicher Forschung und anwendungsbezogener Entwicklung.



Das im Aufbau befindliche Quantentechnologie-Kompetenzzentrum (QTZ) in der PTB soll eine wichtige Basis für industrielle Entwicklungen schaffen. Im Bild die Skizze des geplanten Neubaus am Braunschweiger Standort.

Still under construction, the Quantum Technology Competence Center (QTZ) at PTB will serve as an important base for industrial developments. Pictured here is the new building as planned for the Braunschweig site.

Strengthening the Quantum Technology Competence Center

In 2021, PTB expanded the existing team at its newly founded Quantum Technology Competence Center (QTZ) by adding six more posts. Together with partners from industry, the QTZ supports the targeted transfer of various quantum technologies to economically viable applications. It acts as a central contact for industry at the interface between scientific research and application-related development.

Quantencomputer – mit gefangenen Ionen oder supraleitend

Quantencomputer sollen Probleme lösen, für die selbst die modernsten Supercomputer von heute nicht leistungsfähig genug sind. Ihre Entwicklung läuft weltweit auf Hochtouren. Hierbei stellen gefangene Ionen und Supraleiter zur Realisierung der Quantenbits die vielversprechendsten Technologieplattformen dar. Die PTB arbeitet dabei intensiv an der Ionenfallen-technologie. Für das Verbundprojekt MIQRO, in dem die Projektpartner einen zukunftsweisenden Quantencomputer basierend auf Hochfrequenz-gesteuerten Ionen entwickeln, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Jahr 2021 eine Förderung von 15,8 Millionen Euro bewilligt. Darüber hinaus ist die PTB bereits Gründungsmitglied des Forschungsbündnisses Quantum Valley Lower Saxony (QVLS), das mit insgesamt 25 Millionen Euro vom Land Nieder-

sachsen und der Volkswagenstiftung unterstützt wird und bis 2025 einen Quantencomputer für Deutschland entwickeln will.

Neben diesem Ansatz arbeitet die PTB auch an der Metrologie für supraleitende Quantencomputer. Im Fokus mehrerer nationaler und internationaler Forschungsprojekte steht insbesondere die Ansteuer- und Ausleseelektronik der Quantenbits sowie neuartige Messtechnik, mit der die Leistung von Mikrowellensignalen direkt in situ in den supraleitenden Bauelementen detektiert werden kann. Ziel ist es, Kalibrierangebote für die Kernkomponenten von supraleitender Quantencomputern zu entwickeln, die sich an die deutsche und europäische Industrie richten.



Herstellung von Ionenfallen-Quantenprozessoren in der PTB. Im Bild: Dr. Amado Bautista-Salvador von der Arbeitsgruppe *Quantum Engineering mit gespeicherten Ionen* des QUEST-Instituts.

Fabrication of ion trap quantum processors at PTB. Pictured here: Dr. Amado Bautista-Salvador of the QUEST Institute's *Trapped-Ion Quantum Engineering* research group.

Quantum computers – with trapped ions or superconducting

Quantum computers are expected to solve problems that are beyond the capabilities of even today's most advanced supercomputers. Around the world, the development of quantum computers is in full swing. The two most promising technology platforms for realizing the quantum bits are trapped ions and superconducting circuits. PTB is placing intense efforts into the trapped ion technology. In 2021, the German Federal Ministry of Education and Research approved a 15.8 million euro support grant for MIQRO, a joint project whose members are developing a groundbreaking quantum computer based on high-frequency-controlled ions. PTB is also a founding member of Quantum Valley Lower Saxony (QVLS), a research alliance which aims to develop a quantum computer for Germany by 2025 with the support of the state of

Lower Saxony and the Volkswagen Foundation, who together are providing a total of 25 million euros in funding.

At the same time, PTB is also working on the metrology relating to superconducting quantum computers. A number of national and international research projects are focusing in particular on the control and readout electronics of quantum bits and on novel measuring technologies that can be used to detect the power of microwave signals directly in situ in the superconducting devices. The goal here is to develop calibration services for the core components of superconducting quantum computers and offer these services to German and European manufacturers.

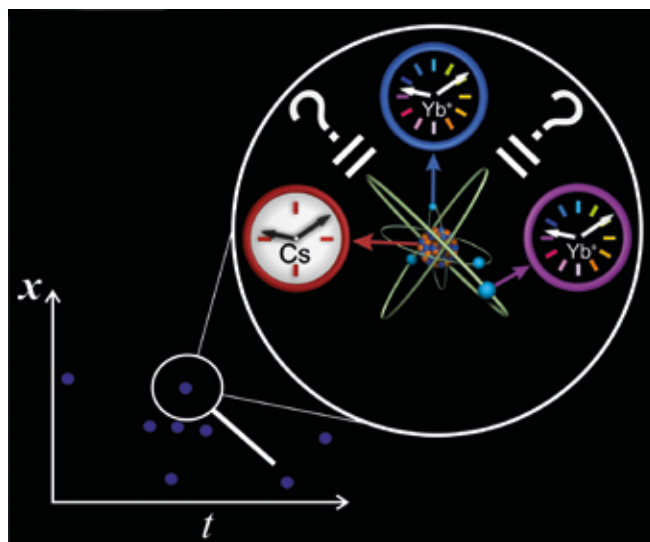
Konstanz von Naturkonstanten in Raum und Zeit untermauert

Eine Naturkonstante sollte immer den gleichen Wert besitzen, unabhängig davon, zu welcher Zeit oder an welchem Ort sie bestimmt wird. Auch Einsteins Relativitätstheorie nutzt diese grundlegende Annahme, die als lokale Positionsinvarianz (LPI) bekannt ist. In der PTB wurde die Gültigkeit der LPI nun mit einem deutlich verbesserten experimentellen Test untermauert. Motiviert wurden die Untersuchungen durch moderne Stringtheorien, welche LPI-Verletzungen (zum Beispiel zeitliche Variationen von Naturkonstanten) vorher-sagen. Auf der Suche nach experimentellen Anzeichen solch „neuer Physik“ nutzten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der PTB den Vergleich ihrer hochgenauen Atomuhren und konnten die Genauigkeit der Ergebnisse früherer Tests der LPI bis zu 20-fach verbessern.

Vergleiche zwischen Ytterbium- und Cäsium-Atomuhren an verschiedenen Orten (x) und zu verschiedenen Zeiten (t) untermauern die Konstanz von Naturkonstanten.

Comparisons between ytterbium and caesium atomic clocks in different places (x) and at different times (t) have confirmed the stability of natural constants.

Verwendet wurden Atomuhren, deren Referenzfrequenzen unterschiedliche Abhängigkeiten von den Werten ausgewählter Naturkonstanten haben. Ein kombinierter Vergleich zwischen optischen Ytterbium-Uhren und klassischen Cäsium-Uhren erlaubt eine Suche nach Veränderungen der Feinstrukturkonstanten α und des Massenverhältnisses von Elektron und Proton. Die Übereinstimmung der hochgenauen Atomuhren über einen Zeitraum von mehreren Jahren hat gezeigt, dass Änderungen im Wert von α pro Jahr höchstens ab der 21. Nachkommastelle auftreten können.



Stability of natural constants in space and time confirmed

A natural constant should always have the same value, regardless of when or where it has been determined. And Einstein's theory of relativity exploits this fundamental assumption too, which is known as local position invariance (LPI). Scientists from PTB have now confirmed the validity of LPI by means of a clearly improved experimental test. These investigations were motivated by modern string theories that predict LPI violations (e.g., temporal variations of natural constants). While trying to find experimental evidence of this new concept of physics, the scientists from PTB used the comparison of their highly accurate atomic clocks and were able to improve the results of earlier tests of LPI by up to a factor of 20.

They used atomic clocks whose reference frequencies have different dependencies on the values of selected natural constants. A combined comparison between optical clocks based on the ytterbium ion and conventional caesium clocks allows a search for changes in the fine-structure constant α and in the ratios of the masses of an electron and a proton. The agreement of the highly accurate atomic clocks over a period of several years has shown that changes in the value of α over one year may only occur from the 21st decimal place on.

Digitale Transformation weltweit: vom SI zum digitalen Zertifikat

Damit Qualität und Verlässlichkeit auch in einer digitalisierten Welt gelten, arbeitet die PTB mit, auf deutscher, europäischer und globaler Ebene eine digitale Qualitätsinfrastruktur zu entwickeln.

Dazu gehören international akzeptierte Datenformate, die die digitale Rückführung auf das Internationale Einheitensystem (SI) ermöglichen. Aus diesem Grund hat das Internationale Komitee für Maß und Gewicht (CIPM) im Jahr 2021 führende Organisationen zu einem Workshop eingeladen. Mit mehr als 600 Teilnehmenden wurden Fragen rund um Maßeinheiten in metrologisch rückführbaren Daten erörtert, die durch sogenannte FAIR-Prinzipien (auffindbare, zugängliche, interoperable und nachnutzbare Daten) für Menschen und Maschinen verständlich werden. Ziel ist eine baldige

gemeinsame Erklärung der Internationalen Qualitätsinfrastruktur und eine Resolution der 102 Staaten unter der Meterkonvention.

Mit den Herausforderungen bei der Etablierung digitaler Prozesse und Zertifikate im gesetzlichen Messwesen befassten sich Vertreter zahlreicher internationaler Organisationen auf einem Workshop der Internationalen Organisation für das gesetzliche Messwesen (OIML). Die PTB präsentierte dort die European Metrology Cloud, eine eigens entwickelte digitale Plattform, die die europaweit harmonisierten Verfahren zur Konformitätsprüfung und Marktüberwachung in einem Gesamtsystem vereinen und den Zugriff auf digitale Zertifikate vereinfachen soll.



Foto: Shutterstock

Photo: Shutterstock

Digital transformation around the world: from the SI to the digital certificate

To ensure that high standards of quality and reliability also apply in a digitalized world, PTB is helping to develop a digital quality infrastructure at the German, European and global levels.

This includes the development of internationally accepted data formats that enable digital traceability to the International System of Units (SI). With this aim in mind, the International Committee for Weights and Measures (CIPM) invited leading organizations to a workshop in 2021. Here, over 600 attendees discussed the issues surrounding measurement units in metrological traceable data and the application of FAIR principles (findable, accessible, interoperable and reusable) to make this data understandable for both humans and machines. The aim is to soon achieve a joint declaration

from international quality infrastructure organizations and a resolution of the 102 member states of the Metre Convention.

The challenges associated with the establishment of digital processes and certificates in legal metrology were dealt with by representatives of numerous international organizations at a workshop hosted by the International Organization of Legal Metrology (OIML). At this meeting, PTB presented the European Metrology Cloud, a digital platform developed by PTB that seeks to integrate the harmonized EU-wide procedures for conformity assessment and market surveillance into a single overarching system and to simplify access to digital certificates.

PTB-Strategie zur künstlichen Intelligenz in der Medizin

Im Zuge der Digitalisierung beschleunigt sich auch die Entwicklung digitaler Produkte und Dienstleistungen, die künstliche Intelligenz (KI) verwenden, enorm. Für viele medizinische Herausforderungen könnten KI-Verfahren die Lösung sein: Beispielsweise werden in bildgebenden Verfahren große Mengen von Daten generiert, die durch Ärzte nicht zu bewältigen sind, von einem Algorithmus aber in Sekunden ausgewertet werden können. So hoch der Nutzen für die Patienten und das wirtschaftliche Potenzial auch sind – mit den wachsenden Einsatzbereichen steigt auch die Notwendigkeit für klare Regeln und eine Berücksichtigung in der Qualitätsinfrastruktur. Die PTB hat den gesetzlichen Auftrag, die Einheitlichkeit des Messwesens in der Heilkunde sicherzustellen, und hat

deshalb hierfür Leitlinien in einem Strategiepapier „Metrologie für KI in der Medizin“ formuliert.

Die Forschungsaktivitäten der PTB betreffen dabei nicht die Entwicklung neuer KI-Methoden, sondern von Metriken und Verfahren zur quantifizierbaren Bewertung wesentlicher Qualitätsaspekte von KI-Methoden: Erklärbarkeit, Generalisierbarkeit und Unsicherheit. Hinzu kommt die Entwicklung und Bereitstellung validierter Referenzdatensätze, mit der die Grundlage für verbindliche rechtliche Anforderungen an Trainings- und Testdaten für KI-Systeme sowie die vertrauliche Behandlung personenbezogener Daten geschaffen werden soll.



Spannungsfeld beim Einsatz künstlicher Intelligenz in der Medizin. Die Qualitätsaspekte (links) sind Grundvoraussetzung für die Zulassung zur Nutzung in den verschiedenen Anwendungen (rechts).

Illustration of the complex interrelationships when using artificial intelligence in medicine. The quality aspects (left) are the prerequisite for obtaining the approval for using them in the different application areas (right).

PTB's strategy for artificial intelligence in medicine

The development of digital products and services that use artificial intelligence (AI) has greatly accelerated since the start of the digital transformation. AI techniques could be the solution to many medical challenges: For example, imaging procedures generate large volumes of data which are unmanageable for physicians whereas an algorithm can assess them within seconds. But however high the benefits for patients and the economic potential may be – as application areas of AI are growing, the need for clear rules and consideration in quality infrastructure is also rising. PTB has the legal mandate to ensure the uniformity of metrology in medical science and has

therefore drawn up guidelines in a strategy paper titled “Metrology for AI in Medicine”.

PTB's research activities are not aimed at developing new AI methods, but at new metrics and procedures to assess important quality aspects of AI methods in a quantifiable manner. These aspects include: explainability, generalizability and uncertainty. Other aspects consist in developing and providing validated reference data sets to form the basis of binding legal requirements concerning training and test data for AI systems, along with the confidentiality of personal data.

300 Millionen Euro für die europäische Metrologieforschung

Durch gemeinsame Forschung und die Bündelung aller Kompetenzen lassen sich Herausforderungen am besten meistern. Aus dieser Erkenntnis heraus arbeiten die Metrologieinstitute unter dem Dach des europäischen Verbandes EURAMET e. V. schon seit Jahren eng zusammen – vor allem mithilfe europäisch kofinanzierter Forschungsprogramme. Nach Zustimmung durch das Europäische Parlament und den Rat stellt die EU nun für die kommenden sieben Jahre 300 Millionen Euro in einem neuen Metrologie-Forschungsprogramm, der „Europäischen Partnerschaft für Metrologie“, zur Verfügung. Die Mitgliedsstaaten tragen noch einmal mindestens dieselbe Summe bei. EURAMET e. V. implementiert das Programm und

hat bereits einen Aufruf gestartet, sodass ausgewählte Projekte Mitte 2022 beginnen können. Als nationales Metrologieinstitut wird die PTB maßgeblich an den meisten der Forschungsprojekte beteiligt sein.

Ein Schwerpunkt liegt darin, metrologische Lösungen in den Bereichen Green Deal, Digitalisierung und Gesundheit zu entwickeln und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie zu unterstützen. Dazu gehört auch eine erstklassige Messinfrastruktur. Dies kann nur gelingen, wenn neue Konzepte und innovative Produkte metrologisch begleitet und abgesichert werden und notwendige Normen und Vorschriften für Sicherheit und Einheitlichkeit sorgen.



Die europäischen Metrologieinstitute arbeiten unter dem Dach von EURAMET e. V. eng zusammen. (Abbildung: Shutterstock)

The European metrology institutes cooperate closely under the umbrella of EURAMET e.V.. (Figure: Shutterstock)

300 million euros for European metrology research

Challenges can be mastered best by joint research and a clustering of competences. On this basis, metrology institutes have been joining forces under the umbrella of EURAMET e.V., the European association of national metrology institutes, for many years. Research programs which are co-financed at the European level have been central to providing aid here. Following approval by the European Parliament and the European Council, the EU will provide 300 million euros for a new metrology research program – the “European Partnership on Metrology” – over the next seven years. And the member states will contribute at least the same amount. EURAMET e.V. is implementing

the program and has already launched a call so that selected projects can start as of mid-2022. PTB will be significantly involved in most of the research projects.

One focus will be on developing metrological solutions in the areas of the Green Deal, digitalization and health, ensuring that the competitiveness of European industry is supported. This also includes a first-class measurement infrastructure. We can only be successful if we accompany and safeguard new concepts and innovative products on a metrological basis and if the required standards and regulations will ensure safety and uniformity.

Metrologienetzwerk „Advanced Manufacturing“ wird von der PTB koordiniert

Der Produktionssektor ist das Rückgrat der europäischen Industrie, mit rund 2 Millionen Unternehmen und mehr als 30 Millionen Arbeitsplätzen. Um hier zukunftsfähig zu bleiben und zentrale Herausforderungen wie Digitalisierung und Nachhaltigkeit zu meistern, fördert die EU die Forschung zu fortschrittlichen Produktionsverfahren. Besser bekannt unter dem englischen Namen „Advanced Manufacturing“, gehören dazu so unterschiedliche Dinge wie die Verwendung neuer Materialien, der 3D- und 4D-Druck, die Robotik, die künstliche Intelligenz oder Hochleistungscomputer. Überall ganz entscheidend mit dabei: messtechnische Fragestellungen. Denn ohne innovative und rückgeführte Messgeräte und anerkannte Standards lässt sich keine Produktqualität entsprechend den festgelegten Spezifikationen garantieren – eine unbedingt notwendige Voraussetzung für die Realisierung komplexer Fertigungsketten.

Fortschrittliche Fertigungsmethoden greifen die Möglichkeiten der Digitalisierung für die Sicherung der Produktqualität in flexiblen Fertigungsinfrastrukturen auf. (Abbildung: Adobe Stock / metamoworks)

Advanced manufacturing methods make use of the potentials of the digital transformation to ensure product quality in flexible manufacturing infrastructures. (Picture credits: Adobe Stock / metamoworks)

Um die metrologischen Kapazitäten zu bündeln und zu fördern, hat EURAMET, die Vereinigung der europäischen Metrologieinstitute, ein Europäisches Metrologienetzwerk (EMN) mit dem Titel „Advanced Manufacturing“ gegründet. Koordiniert wird es von der PTB. Das neue EMN für Advanced Manufacturing ist eines von neun Metrologienetzwerken, die EURAMET in den letzten drei Jahren auf die Beine gestellt hat. Sie analysieren und koordinieren auf ihrem jeweiligen Gebiet den europäischen und globalen Metrologiebedarf und bündeln Fachwissen, um die vorhandenen Ressourcen besser zu nutzen.



PTB to coordinate metrology network supporting advanced manufacturing

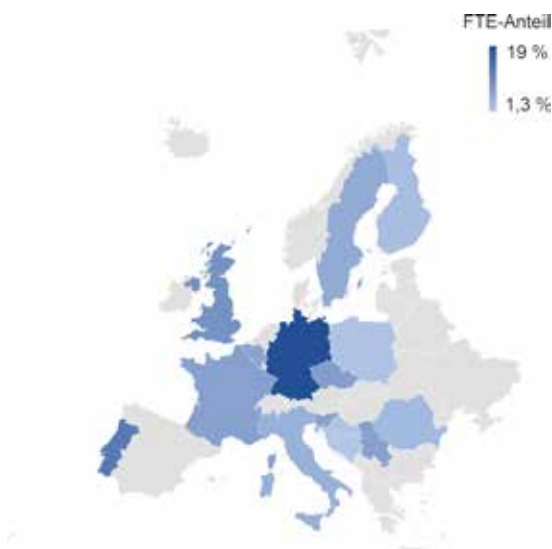
The production sector is the backbone of Europe's industry with about 2 million companies and more than 30 million people working in this area. To keep this sector fit for the future and to master challenges such as the digital transformation and sustainability, the EU is supporting research on advanced manufacturing. A variety of elements such as the use of new materials, 3D and 4D printing, robotics, artificial intelligence and high-performance computers are included in advanced manufacturing. And metrological issues play a crucial role in this context, too. Without innovative and traceable measuring instruments and acknowledged standards, product quality cannot be guaranteed according to defined specifications. This, however, is an absolute

prerequisite for realizing complex manufacturing chains. The European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) has therefore founded the European Metrology Network (EMN) for Advanced Manufacturing to pool and promote metrological capacities. This EMN is coordinated by PTB. The new EMN for Advanced Manufacturing is one out of nine metrology networks that EURAMET has set up over the past three years. They are tasked with analyzing and coordinating the metrological needs in their respective fields at European and global levels, and they pool expert knowledge to use the available resources more effectively.

Europäische Kooperation für die Metrologie des Strahlenschutzes

Die gesellschaftliche Bedeutung des Strahlenschutzes wächst: Weltweit sind mehr als 23 Millionen Menschen bei der Arbeit zeitweise ionisierender Strahlung ausgesetzt; die natürliche Strahlung ist allgegenwärtig und betrifft alle. Zudem wird das Thema Strahlenschutz immer vielfältiger: Neueste Entwicklungen wie etwa gepulste Strahlung in medizinischen, industriellen oder technischen Anwendungen haben dazu geführt, dass immer häufiger Strahlungsfelder von wachsender Komplexität entstehen. Entsprechend anspruchsvoller wird auch die Metrologie. Sie ist die Grundlage der Qualitätssicherung der eingesetzten Messgeräte zum Schutz von Mensch und Natur. Unter dem Dach von

EURAMET, der Vereinigung der europäischen Metrologieinstitute, ist nun nach dreijähriger Vorarbeit das Europäische Metrologienetzwerk für Strahlenschutz (engl.: EMN for Radiation Protection) ins Leben gerufen worden. Es soll die Kompetenzen in der Metrologie, im Strahlenschutz, in der Industrie und bei anderen Akteuren auf diesem Gebiet bündeln und fördern. Beteiligt sind 17 nationale Metrologieinstitute, zwei nationale Strahlenschutzinstitute und eine europäische Strahlenschutzorganisation. Koordiniert wird es von der PTB.



Länder der Gründungsmitglieder des Europäischen Metrologienetzwerks für Strahlenschutz. Der Farbcode entspricht ihrem jeweiligen Beitrag an personellen Kapazitäten. Insgesamt sind es mehr als 220 Vollzeitbeschäftigte (engl. Full Time Equivalents, kurz FTEs).

Founding member countries of the EMN for Radiation Protection. The color scale indicates the respective contribution in the form of staff capacities. The total number of staff corresponds to more than 220 full-time equivalents (FTEs).

European cooperation in metrology for radiation protection

The societal importance of radiation protection is growing: More than 23 million people around the world are exposed to ionizing radiation sometime during the course of their work. Natural radiation is everywhere and affects everyone. Moreover, radiation protection is becoming ever more intricate and diverse: Given the latest developments, such as pulsed radiation in medical, industrial or technical applications, we are now increasingly dealing with radiation fields of ever greater complexity. To keep pace, the metrology applied in this sector must also move forward, as it is the basis for assuring the quality of the measuring instruments used to protect both humans

and nature. After three years of preliminary work, the European Metrology Network (EMN) for Radiation Protection has been launched under the umbrella of the European Association of National Metrology Institutes (EURAMET). It has been created to pool and deepen the competencies of metrologists, radiation protection experts, industry and other stakeholders in this field. Seventeen national metrology institutes, two national radiation protection institutes and a European radiation protection organization are part of this network. This EMN is coordinated by PTB.

Wasserstofftechnologie: Kooperation mit Salzgitter Flachstahl

Im Rahmen des Klimaschutzes gewinnt Wasserstoff – insbesondere grüner Wasserstoff – zunehmend an Bedeutung. Sowohl in der Energieversorgung als auch der Mobilität und der Industrie lässt sich mit Wasserstoff die Verbrennung fossiler Energieträger deutlich reduzieren. Auch die deutsche Stahlindustrie, die mit ca. 6 % einen signifikanten Anteil an den Treibhausgasemissionen in Deutschland hat, verfolgt eine Umstellung auf eine CO₂-arme und langfristig klimaneutrale Produktion. So betreibt die Salzgitter Flachstahl GmbH schon heute eine Hochtemperatur- und eine PEM (Proton Exchange Membrane)-Elektrolyseanlage im Megawatt-Bereich mit regenerativ erzeugtem Strom zur Herstellung von grünem Wasserstoff. Die PTB wird

im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung ab 2022 in der Anlage eine Messstrecke betreiben. Bei Durchflüssen bis 1000 Kubikmetern gasförmigen Wasserstoffs pro Stunde, unter Normbedingungen und im Druckbereich bis 16 bar, bietet die Messstrecke die Möglichkeit, Messgeräte wirklich praxisnah und im Dauerbetrieb zu testen. Ziel ist, bereits verfügbare Messtechnik auf ihre Eignung und Eigenschaften zu prüfen und Messverfahren weiterzuentwickeln. Dieses Wissen kann über die Stahlproduktion hinaus in alle zukünftigen Einsatzgebiete von Wasserstoff einfließen und helfen, sein Klimaschutzpotenzial in großem Maßstab zu nutzen.

Durch den Einsatz von mit regenerativer Energie erzeugtem Wasserstoff will die Salzgitter Flachstahl GmbH ihre CO₂-Emissionen deutlich senken. Gemeinsam mit der PTB soll eine präzise Mengenmesstechnik für den grünen Wasserstoff entwickelt werden.
(Foto: Salzgitter AG)

Steelmaker *Salzgitter Flachstahl GmbH* wants to significantly cut its carbon emissions by using hydrogen produced with renewable energy. The company is collaborating with PTB to develop precision gas flow metering for green hydrogen.
(Photo: Salzgitter AG)



Hydrogen technology: Collaboration with *Salzgitter Flachstahl*

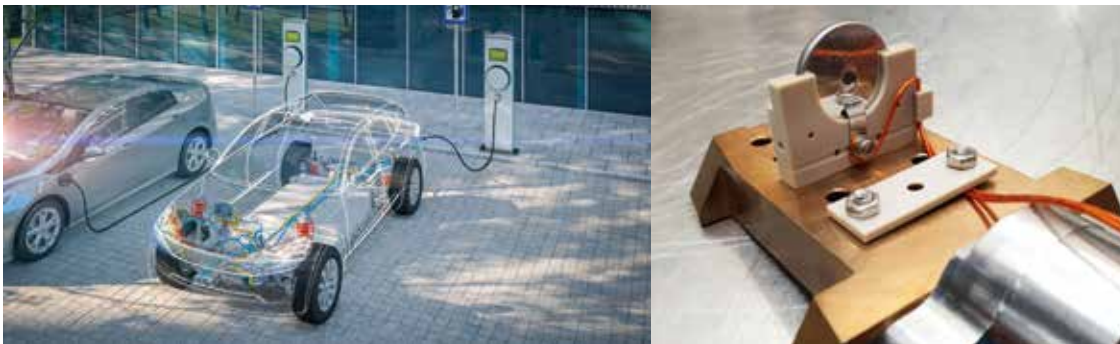
In the battle against climate change, the role of hydrogen – and green hydrogen in particular – is becoming ever more important. Whether for power supply, for transportation or for industry, hydrogen can help us to significantly reduce the amount of fossil fuels we burn. In Germany, the steel industry's share of greenhouse gas emissions is significant, at about 6 %, which is why this sector is also pursuing the transition to low-carbon and sustainably climate-neutral production. Steelmaker *Salzgitter Flachstahl GmbH*, for example, is already producing green hydrogen using a high-temperature electrolyzer and a proton exchange membrane (PEM) electrolyzer in the megawatt range, both run on renewable electricity. As part of a coopera-

tion agreement, PTB will operate a measuring section in the plant starting in 2022. At flow rates of up to 1000 cubic meters of gaseous hydrogen per hour, under standardized conditions, and with pressures up to 16 bar, this measuring section will allow researchers to test instruments in continuous operation in a truly real-world environment. The aim is to assess the capabilities and properties of the measurement technologies already out there and to further develop our measurement techniques. This knowledge can benefit not only the steel industry but all future hydrogen applications as well, and it can help us to harness hydrogen's climate protection potential on a large scale.

Warum altern Lithium-Schwefel-Batterien?

Mit der Elektromobilität nimmt auch die Suche nach Alternativen zu den derzeit verwendeten Lithium-Ionen-Batterien Fahrt auf. Eine der Kandidatinnen heißt Lithium-Schwefel-Batterie. Ihre Vorteile: Schwefel ist preiswert, umweltfreundlich und reichlich vorhanden. Und die theoretische Energiedichte einer solchen Zelle ist signifikant höher als diejenige von Lithium-Ionen-Batterien. Um herauszufinden, warum dieser Typ Batterie noch nicht seine maximal mögliche Kapazität und Lebensdauer erreicht, wurde in der PTB ein Messsystem entwickelt, das die Batterie während des Lade- und Entladevorgangs untersuchen kann. Damit wurde ein möglicher Grund für die unerwünschte Alterung, die zum Kapazitätsverlust führt, ermittelt: kettenförmige Moleküle aus Lithium und Schwefel (die sogenannten Polysulfide), die sich am Minuspol anreichern,

sodass immer weniger Lithium und Schwefel für die Energiespeicherung zur Verfügung steht. Die Entstehung, Bewegung und Anreicherung der Polysulfide konnte mit zwei hochmodernen Analysemethoden mit Röntgenstrahlung der Synchrotronstrahlungsquelle BESSY II in Berlin molekulspezifisch beobachtet und dem jeweiligen Ladezustand zugeordnet werden. Die Messungen lassen den Schluss zu, dass die Entwicklung und Verwendung von polysulfid-undurchlässigen Separatoren in solchen Batterien die Lebensdauer erhöhen können.



Für den Ausbau der Elektromobilität wird intensiv nach neuen Batterielösungen gesucht. In der PTB wurde daher die Alterung von Lithium-Schwefel-Knopfzellen untersucht, die dafür zyklisch ge- und entladen wurden. Die Knopfzelle im rechten Bild befindet sich auf einem Zellhalter, mit dem sie in die Vakuum-Messkammer eingebracht werden kann. (Fotos links: Shutterstock / Foto rechts: PTB)

An intensive search for new battery solutions is underway to support the spread of electromobility. Researchers at PTB examined the aging process of lithium-sulfur coin cells during cycling. The coin cell pictured on the right was secured in a battery holder and then inserted into the ultra-high vacuum chamber to perform the experiments. (Photo left: Shutterstock / Photo right: PTB)

What causes the aging in lithium-sulfur batteries?

As the transformation to electromobility gathers pace, so too does the search for alternatives to the lithium-ion batteries used today. One candidate is the lithium-sulfur battery. Its advantages include the fact that sulfur is inexpensive, environmentally friendly and abundant. Moreover, the theoretical energy density of these cells is considerably higher than that of current lithium-ion batteries. On the other hand, the lithium-sulfur battery is not yet able to reach its maximum potential capacity and lifetime. To find out why, researchers at PTB developed a measuring system that can analyze the battery during charging and discharging. This work revealed one possible reason for the

undesired aging that lowers battery capacity: the formation of chain-like molecules of lithium and sulfur (so-called polysulfides) that accumulate at the negative electrode, steadily reducing the amount of lithium and sulfur available for energy storage. Using two ultramodern techniques based on X-rays produced at the BESSY II synchrotron radiation source in Berlin, the formation, movement and accumulation of these polysulfides were analyzed and linked to the state of charge. The measurement results suggest that the development and use of polysulfide-impermeable separators can increase the lifetime of these batteries.

Nanopartikel-Messsystem für die Corona-Impfstoffforschung

Nanoteilchen sind Tausendsassas. Unter anderem sind sie in der Medizin interessant, um Medikamente oder Impfstoffe gezielt tief in den Körper zu transportieren. Für solche Zwecke muss die Konzentration der winzigen Teilchen möglichst genau bekannt sein. Doch Nanopartikel stellen große Anforderungen an die Messtechnik, die man für die Produktentwicklung, die Kontrolle der Produktionsqualität und nicht zuletzt auch für die Risikobewertung der Produkte braucht. Dafür hat die PTB gemeinsam mit der Firma LUM GmbH in Berlin ein neuartiges, sehr genaues Analysemesssystem entwickelt. Erste Geräte wurden bereits einem weltweiten Pharmakonzern für die Entwicklung eines Corona-Impfstoffes sowie an eine große deutsche Forschungsinstitution übergeben – eine

Erfolgsgeschichte für den Transfer gemeinschaftlicher vorwettbewerblicher Entwicklungen in aktuelle Anwendungen.

Das neue Messsystem wurde im Rahmen eines vom BMWi unterstützten Technologietransferprojekts entwickelt und funktioniert nach dem Prinzip eines Einzelpartikel-Streulichtphotometers: Es misst das Licht, das von jedem einzelnen Nanopartikel in verschiedenste Richtungen gestreut wird. Das System arbeitet sehr schnell und lässt sich für einen sehr breiten Einsatzbereich von Nanoteilchen mit rund 40 nm Größe bis hin zu Mikropartikeln von ca. 10 µm verwenden.

Nanopartikel können in Impfstoffen eingesetzt werden, um Wirkstoffe zu transportieren. Das von der PTB und der LUM GmbH zum Patent angemeldete Analysemesssystem kann diese Partikel genau charakterisieren und auch bei sehr hohen Ausgangskonzentrationen kleinste Größenunterschiede bis in den Nanometerbereich hinein ermitteln. (Abbildung: Adobe Stock /weyo)

Nanoparticles can be used in vaccines to transport active substances. The analytical measurement system for which a patent application has been filed by PTB and LUM GmbH can precisely characterize these particles and determine the smallest size differences down to the nanometer range even at very high initial concentrations. (Picture credits: Adobe Stock /weyo)



Nanoparticle measuring system for coronavirus vaccine research

Nanoparticles are real allrounders. In the field of medicine, for example, one interesting application involves using nanoparticles to deliver drugs deep into the body to precisely where they are needed. For such purposes, it is essential to acquire the most accurate information possible on the concentration of these minute particles. However, nanoparticles place great demands on the measuring technology required in the areas of product development, product quality control and, not least, product risk assessment. With this aim in mind, PTB and the Berlin-based instruments manufacturer LUM GmbH have collaboratively developed a novel type of high-accuracy analytical measuring system. A global pharmaceuticals company was among the first to take delivery of one of these instruments for use in developing a coronavirus vaccine. A major German research institution has also acquired this new system.

These two examples demonstrate how developments from joint pre-competitive research can be successfully transferred to current applications.

This new measuring system was developed within the scope of a technology transfer project supported by the German Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). Its measurement principle is that of a single-particle light scattering photometer, i.e., it measures the light scattered by each single nanoparticle in various directions. It works very quickly, and with a particle size range stretching from nanoparticles of approximately 40 nm to microparticles of around 10 µm can be used in a very wide range of applications.

Pandemiebekämpfung: Arbeitsgruppe zur Qualitätssicherung von Testverfahren

Die PTB hat eine neue Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, um Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der quantitativen Nukleinsäureanalytik zu vertiefen und auszubauen. Im Kampf gegen antimikrobielle Resistenzen, Sepsis (im Rahmen von EMPIR-Projekten) sowie SARS-CoV-2 sollen die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf die metrologische Unterstützung und Qualitätssicherung von Testverfahren zielen und damit unter anderem Verfahren für die Bekämpfung der aktuellen SARS-CoV-2-Pandemie sowie zukünftiger Pandemien vorbereiten und bereitstellen.

Die neue Arbeitsgruppe 8.33 wird ihre Aufgabenschwerpunktartig ausrichten auf

- die Entwicklung von Verfahren zur Bewertung der analytischen Leistungsfähigkeit molekularbiolo-

gischer Tests, insbesondere quantitativer Nukleinsäuretests zum Virusgenomnachweis und anderer Pathogene;

- die Entwicklung entsprechender Referenzmessverfahren;
- die Unterstützung der Entwicklung und Bewertung schnellerer Point-of-Care-Tests (PoC-Tests) und Vergleich ihrer analytischen Leistungsmerkmale mit konventionellen Testmethoden. Als Point-of-Care-Testing wird die dezentrale Labordiagnostik direkt am Krankenbett, in der Notfallambulanz, im Operationssaal oder schon am Unfallort bezeichnet. Dazu zählen auch Selbsttestsysteme wie Corona-Schnelltests.



Schnelltests auf das Coronavirus sind mittlerweile jedem bekannt, doch auch bei zahlreichen anderen molekularbiologischen Tests muss die Qualität der analytischen Leistungsfähigkeit stimmen. (Foto: Shutterstock)

Rapid tests to detect the coronavirus are familiar to everyone by now. The analytic performance of numerous other microbiological tests, however, must also be of high quality. (Photo: Shutterstock)

Fighting the pandemic: Working group on the quality assurance of testing procedures

PTB instituted a new working group to intensify and extend research activities in the field of quantitative nucleic acid analysis. To fight against antimicrobial resistance, sepsis (within the scope of EMPIR projects) as well as SARS-CoV-2, research and development work is conducted with the aim to provide metrological support for the quality assurance of testing procedures and thus, among other things, prepare and provide procedures for the fight against the current as well as against future pandemics.

The tasks of the new working group, 8.33, will primarily focus on

- the development of procedures used to assess the analytical performance of microbiological tests,

especially quantitative nucleic acid tests used to detect virus genomes and other pathogens;

- the development of the respective reference measurement procedures;
- and supporting the development and assessment of rapid point-of-care tests and the comparison of their analytic performance with conventional test methods. "Point-of-care testing" refers to decentralized laboratory diagnostics directly at the bedside, in the emergency room, in the operating room or already at the scene of an accident. Self-testing systems such as COVID-19 rapid tests are also included.

Startschuss für Partikelzählung im Abgas

Für bessere Luft in den Innenstädten und Klimaschutz: Das Zählen von Rußpartikeln soll zukünftig fester Bestandteil der Abgasuntersuchung von Diesel-Pkw sein, denn an der Anzahl der Partikel im Dieselabgas lässt sich erkennen, ob und wie effektiv der Partikelfilter des Wagens noch funktioniert. Um hier eine einheitliche Qualität zu gewährleisten, hat die PTB die messtechnischen Anforderungen an solche Partikelzähler in Kooperation mit den betroffenen Stellen erarbeitet und veröffentlicht: Messgerätehersteller können ihre Geräte nun den PTB-Anforderungen anpassen, Werkstätten dafür sorgen, dass sie rechtzeitig zum 1. Januar 2023 mit diesen Geräten ausgerüstet sind, und europäische Nachbarländer haben eine Blaupause für ver-

gleichbare eigene Lösungen. Die EU könnte daraus gar eine harmonisierte europäische Lösung entwickeln, wie bei der Kfz-Typzulassung.

Partikelmessgeräte gibt es schon länger. Sie werden beispielsweise in der Atmosphärenforschung oder zur Messung von Aerosolen verwendet. Eine metrologische Rückführung der Messergebnisse dieser Geräte erfolgte allerdings häufig nicht. Die Herausforderung bestand nun darin, Anforderungen zu erarbeiten, die Partikelzähler ausreichend genau und zuverlässig machen. Gleichzeitig sollten sie für Werkstätten erschwinglich und deutlich einfacher und robuster sein als bisher.

Die Abgasuntersuchung für Euro 6/IV-Diesel sieht ab dem Jahr 2023 erstmals die Zählung von Partikeln im Dieselabgas vor. Werkstätten müssen sich darauf vorbereiten. (Foto: Matt Boitor / Unsplash)

For the exhaust examination of Euro 6/IV diesel vehicles, counting particles in diesel exhaust gas will become mandatory as of 2023. Vehicle workshops must prepare for this new type of examination. (Photo: Matt Boitor / Unsplash)



Green light for exhaust gas particle counting in German PTIs

Improved air quality in city centers and climate protection – counting soot particles is to become an integral part of the exhaust examination of diesel cars within the scope of mandatory vehicle inspections in Germany (HU/AU). Based on the particle number density in diesel exhaust gas, it is possible to check whether the particle filter of a car is still in working order, and if so, how well it works. To ensure uniform instrument quality, PTB has drawn up and published metrological requirements for the required type certification of such particle counters in cooperation with the bodies concerned. Manufacturers of such exhaust particle counters can now retrofit their instrument prototypes to meet the PTB requirements. Workshop owners offering mandatory, bi-annual vehicle emission tests (AU) can ensure that they are equipped with such instruments before 1 January 2023 – the date on which the requirements will go into force. And in Europe, Germany's neighboring countries

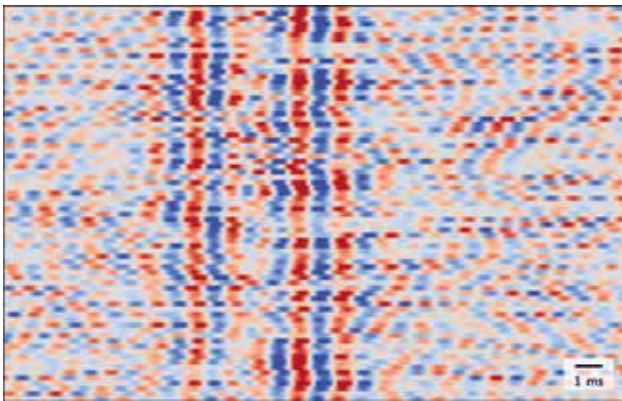
now have a blueprint for developing similar solutions of their own. Based on this blueprint, the EU could even develop a harmonized European vehicle emission test that is similar to the already harmonized type approval of motor vehicles.

Particle measuring instruments have existed for many years. They are used, for instance, in atmospheric research and to measure aerosols. However, the measurement results obtained by means of these instruments are often not metrologically traceable; for workshops, the costs of these highly specialized instruments are much too high for them to be used in PTI scenarios. The challenge PTB faced was to develop requirements that would make particle counters sufficiently accurate and reliable while also allowing such counters to remain affordable for workshops and to be much simpler to use and more robust than former laboratory instruments.

Schnelle Gehirnsignale erstmals nichtinvasiv gemessen

Die Informationsverarbeitung im Gehirn ist einer der komplexesten Prozesse des Körpers; Störungen wirken sich nicht selten als schwerwiegende neurologische Erkrankungen aus. Die Erforschung der Signalweitergabe im Gehirn ist deshalb der Schlüssel zum Verständnis verschiedenster Krankheiten. Das Gehirn verarbeitet Informationen über langsame und schnelle Hirnströme. Um Letztere zu untersuchen, mussten bisher Elektroden in das Gehirn eingeführt werden. Forschende der Charité – Universitätsmedizin Berlin und der PTB haben die schnellen Hirnsignale jetzt erstmals von außen mittels Magnetoenzephalografie (MEG) sichtbar gemacht – und eine erstaunliche Variabilität festgestellt. Dazu verwendeten sie ein besonders empfindliches Magnetfeld-Sensorsystem.

Dass das Instrument tatsächlich in der Lage ist, schnelle Hirnströme magnetisch zu erfassen, zeigte das Forschungsteam am Beispiel der elektrischen Stimulation eines Armnervs bei vier gesunden Probanden. Mithilfe des MEG-Sensors, der unmittelbar über dem zuständigen Hirnareal positioniert wurde, maßen sie schnelle Hirnströme, die als Reaktion darauf entstanden. Trotz konstanter Stimulation veränderte sich die Reizantwort von Reiz zu Reiz. Der Vergleich dieser einzelnen Reizantworten eröffnet der Forschung die Möglichkeit, ein tieferes Verständnis neurologischer Erkrankungen zu gewinnen und Therapien zu verbessern.



Erstmals konnte bei nichtinvasiv gemessenen schnellen Hirnströmen eine deutliche Variabilität von Reiz zu Reiz (Zeilen) gezeigt werden, sowohl in der zeitlichen Abfolge der Aktionspotenziale (Verschiebungen der blauen bzw. roten vertikalen Banden) als auch in ihrer Stärke (Farbintensität). (Abbildung: Charité, Gunnar Waterstraat)

Measuring fast brain currents noninvasively has shown for the first time a clear variability from one stimulus to the next (lines), both in the temporal course of the action potentials (displacement of the blue and/or red vertical bands) and in their intensity (color intensity). (Figure: Charité, Gunnar Waterstraat)

First noninvasive measurement of fast brain signals

Processing information in the brain is one of the most complex operations in the human body. Disruptions in this processing often result in serious neurological diseases. Investigating how signals are transmitted inside the brain is therefore the key to a better understanding of various diseases. Our brains process information via slow and fast brain currents. To examine fast currents, it has, however, been necessary to introduce electrodes into the brain to date. Researchers from the Charité – Universitätsmedizin Berlin (one of Europe's largest university hospitals) and from PTB have now succeeded in making these fast brain signals visible from the outside for the first time through using magnetoencephalography (MEG). They have furthermore observed a surprising variability. For this purpose, they used a particularly sensitive sensor system.

By electrically stimulating an arm nerve in four healthy subjects, the team of researchers showed that the new instrument is indeed able to detect fast brain currents magnetically. The MEG sensor, which was positioned directly above the brain area concerned, measured fast brain currents that were generated following this stimulation. Although the stimulation was always constant, the stimulus response changed from one stimulus to the next. Comparing each of these individual stimulus responses will open up the possibility for researchers to gain a deeper understanding of neurological diseases and to improve treatment.

Ein „Upgrade“ für Ghanas Metrologie-Infrastruktur

Unternehmen in Ghana, die am internationalen Handel teilnehmen möchten oder eine internationale Zertifizierung anstreben, müssen ihre Messgeräte oftmals noch im Ausland kalibrieren lassen. Das ist teuer und sehr zeitaufwendig. Mit dem Ziel, mehr Rückführungen auch innerhalb des eigenen Landes ausführen zu können und das Kalibrierangebot auszuweiten, startete 2021 ein Projekt zur internationalen Zusammenarbeit. Am Kick-off-Workshop nahmen der ghanaische Handelsminister, der deutsche Botschafter in Ghana und der virtuell zugeschaltete Präsident der PTB Prof. Dr. Joachim Ullrich teil. Die PTB unterstützt innerhalb dieses Projektes die strategische Planung der Ghana Standards Authority (GSA): Durch die Ausbildung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die Beschaffung von Messgeräten und die Erarbeitung

eines Geschäftsplans sollen die Kompetenzen für das Mess- und Eichwesen in Ghana weiter ausgebaut werden. Im Fokus steht zurzeit die Auswahl der weiter zu entwickelnden Messgrößen.

Das Projekt stellt die Rückführung von Messungen auf internationale Einheiten sicher und trägt damit zu einer steigenden Produktqualität, zur Stärkung des Handels und des Verbraucherschutzes sowie zu einem verbesserten Investitionsklima bei. Die PTB und Ghana blicken bereits auf 16 Jahre erfolgreiche Zusammenarbeit zurück. In dieser Zeit hat sich Ghana im Bereich der Qualitätsinfrastruktur zu einem Leuchtturm innerhalb Westafrikas entwickelt. Von den hier entwickelten Dienstleistungen profitieren auch andere Länder der Region.

Gewichtssatz mit Hochpräzisionsgewichten, der im Masselabor der Ghana Standards Authority verwendet wird (Foto: GSA / Iso Concepts)

Weight set with high-precision weights which is used at the Ghana Standards Authority's mass laboratory (Photo: GSA / Iso Concepts)



“Upgrading” Ghana’s metrology infrastructure

Companies in Ghana that wish to participate in international trade or that aim to achieve international certification must often send their measuring instruments abroad for calibration, which is both expensive and time-consuming. An international cooperation project launched in 2021 aims to make traceability to national standards possible in Ghana to a larger extent than has been achieved until now and to expand the range of calibration services being offered. The kick-off workshop was attended by the Ghanaian minister of trade and industry and the German ambassador to Ghana; the President of PTB, Prof. Dr. Joachim Ullrich, attended virtually. PTB supports the strategic planning of the Ghana Standards Authority (GSA) within the scope of this project: By training staff, purchasing measuring

instruments and developing a business plan, the competences of the measures and verification system in Ghana are to be expanded further. At this time, the selection of the measurands which are to be developed further is at the focus.

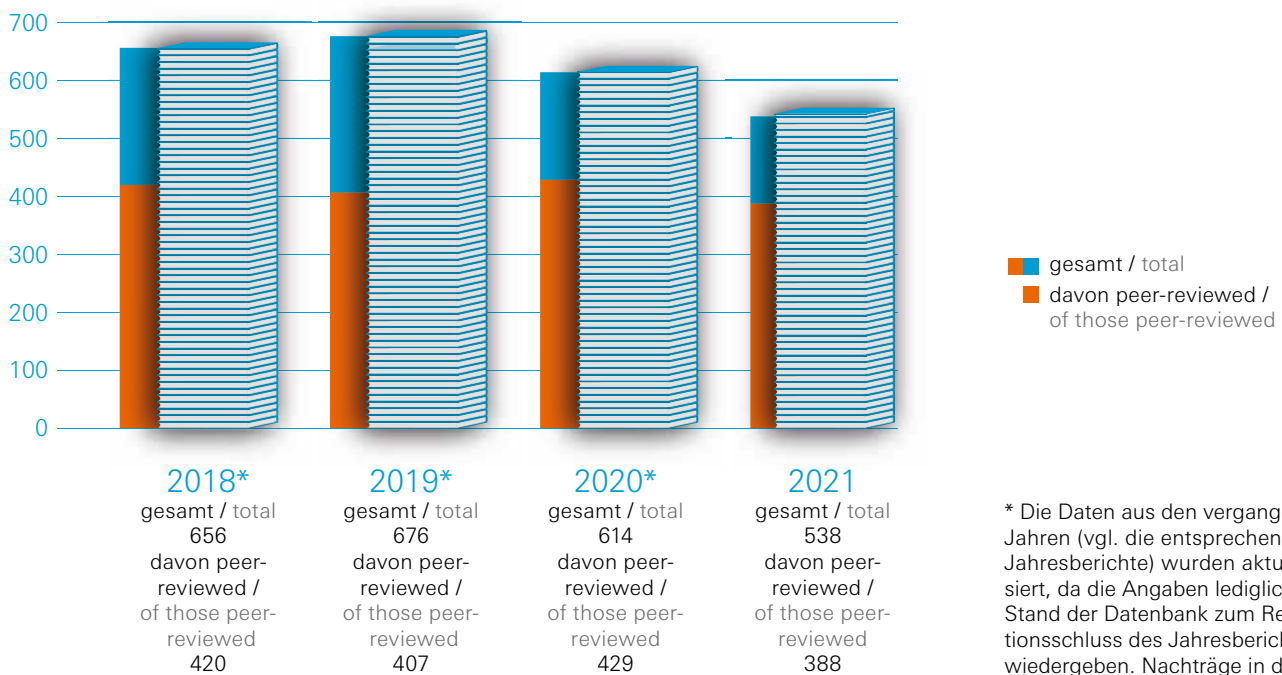
The project ensures the traceability of measurements to the International System of Units and thus contributes to increasing the quality of products, strengthening trade and consumer protection, and improving the climate for investments. PTB and Ghana already share a 16-year history of successful cooperation. During this time, Ghana has become a beacon of quality infrastructure in West Africa. Other countries in the region benefit from the services that were developed here.

Veröffentlichungen und Vorträge / Publications and lectures

Anzahl der Veröffentlichungen von PTB-Mitarbeitenden (in wissenschaftlichen Journalen, Büchern, Tagungsbänden etc.) in den Jahren 2018 bis 2021 (vgl. Datenbank „PTB-Publica“ im Internet) und Anzahl der auswärtigen Vorträge, die PTB-Mitarbeitende in diesen Jahren gehalten haben.

Number of publications by PTB staff members (in scientific journals, books, conference digests, etc.) between 2018 and 2021 (cf. database “PTB-Publica” on the web) and number of lectures held by PTB staff members outside PTB in these years.

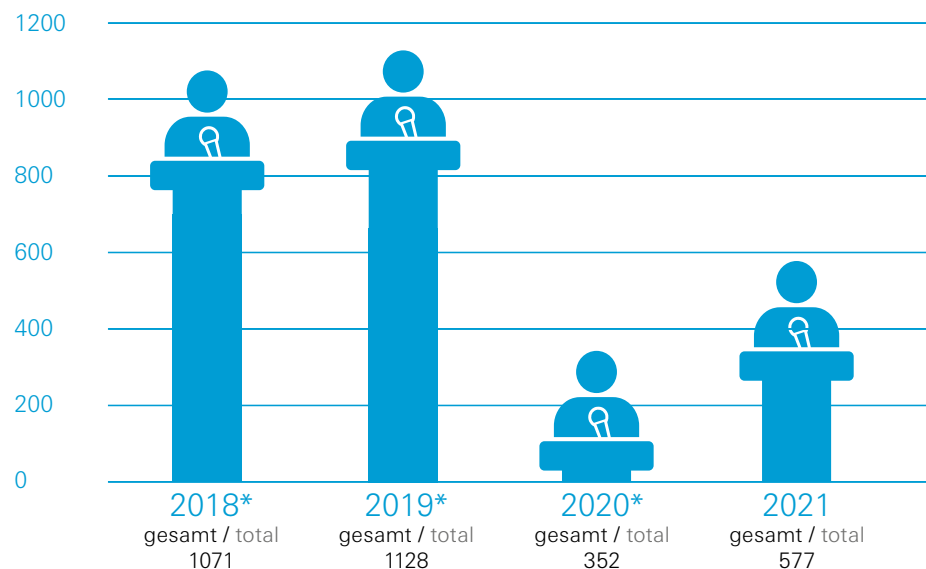
Veröffentlichungen / Publications



* 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

L. Ascone, C. Kling, J. Wiecek, C. Koch, S. Kühn: **A longitudinal, randomized experimental pilot study to investigate the effects of airborne infrasound on human mental health, cognition, and brain structure.** Scientific Reports **11** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82203-6>

Fachbereich 1.6 *Schall*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem UKE Hamburg

M. Liebler, C. Kling, A. Gerlach, C. Koch: **Experimental characterization of high intensity focused airborne ultrasound fields.** The Journal of the Acoustical Society of America **148** (2020); DOI: <https://doi.org/10.1121/10.0001974>

Fachbereich 1.6 *Schall*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Robert Bosch GmbH, Renningen

M. Schmelzer, V. Wittstock, H. Bietz, S. Brezas: **On the influence of the air flow resistivity on the measurement of the dynamic stiffness of underlays for floating floor.** Acta Acustica **5** (2021), DOI: <https://doi.org/10.1051/aacus/2021004>

Fachbereich 1.7 *Akustik und Dynamik*, PTB

B. Seeger, T. Bruns: **Primary calibration of mechanical sensors with digital output for dynamic applications.** ACTA IMEKO **10** (2021); DOI: https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v10i3.1075

Fachbereich 1.7 *Akustik und Dynamik*, PTB

Themenbereich: Durchfluss /

Subject area: Fluid flow

J. van der Grinten, B. Mickan, H. Riezebos, D. van Putten: **Gas flow traceability for non-conventional and renewable gases.** 39th International North Sea Flow Measurement Workshop, Tonsberg, Norway, 26–29 October 2021

Fachbereich 1.4 *Gase*, PTB, in Zusammenarbeit mit DNV Netherlands B.V.

H. Warnecke, C. Kroner, D. Schumann, J. Tränckner: **Generation, validation and application of dynamic load profiles in flow measurement using cavitating Herschel-Venturi nozzles.** Flow Measurement and Instrumentation **82** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2021.102068>

Fachbereich 1.5 *Flüssigkeiten*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Universität Rostock

Themenbereich: Masse und abgeleitete Größen /

Subject area: Mass and derived quantities

K. Lehrmann, R. Tutsch, F. Härtig: **Simulated measurement-uncertainty determination for mass-standard calibration via transfer artefacts.** Measurement: Sensors **18**, (2021); DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100090>

Fachbereich 1.1 *Masse*, PTB, in Zusammenarbeit mit der TU Braunschweig

C. Rothleitner: **Ultra-weak gravitational field detected.** *Nature* **591**, 209–210 (2021); DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-00591-1>

Fachbereich 1.1 *Masse*, PTB

O. Slanina, R. Wynands: **Measurement uncertainty of a measurement system for dynamic pressure in the kbar regime.** *Meas. Sci. Technol.* **32**, 075010 (2021); DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/abe47e>

Fachbereich 1.3 *Geschwindigkeit*, PTB

Themenbereich: Digitalisierung /

Subject area: Digital Transformation

W. Heeren, B. Müller, G. Miele, T. Mustapää, D. Hutzschenreuter, C. Brown, O. Baer: **SmartCom – Key findings for digitalisation in metrology.** 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT 2021, S. 364–369; DOI: <https://doi.org/10.1109/MetroInd4.0IoT51437.2021.9488450>

Fachbereiche 1.2 *Festkörpermechanik* und 9.4 *Metrologie für die digitale Transformation*, beide PTB, in Zusammenarbeit der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, University of Cassino and Southern Lazio (Italien), Aalto University School of Engineering (Finnland)

Themenbereich: Elektrizität /

Subject area: Electricity

D. Reifert, M. Kokainis, A. Ambainis, V. Kashcheyevs, N. Ubbelohde: **A random-walk benchmark for single-electron circuits.** *Nature Communications* **12** (2021), S. 1–7; DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20554-w>

Fachbereich 2.5 *Halbleiterphysik und Magnetismus*, PTB, in Zusammenarbeit mit der University of Latvia

R. Behr, L. Palafox: **An AC quantum voltmeter for frequencies up to 100 kHz using sub-sampling.** *Metrologia* **58** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1088/1681-7575/abe453>

Fachbereich 2.6 *Elektrische Quantenmetrologie*, PTB

Themenbereich: Metrologie in der Chemie /

Subject area: Metrology in chemistry

R. J. C. Brown, P. J. Brewer, A. Pramann, O. Rienitz, B. Güttler: **Redefinition of the mole in the revised International System of Units and the ongoing importance of metrology for accurate chemical measurements.** *Analytical Chemistry* **93** (2021), 12147–12155; DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c02776>

Fachbereich 3.1 *Allgemeine und Anorganische Chemie*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem National Physical Laboratory (NPL), U.K.

C. Brauckmann, A. Pramann, O. Rienitz, A. Schulze, P. Phukphatthanachai, J. Vogl: **Combining isotope dilution and standard additional elemental analysis in complex samples**. *Molecules* **26** (9) (2021); DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26092649>

Fachbereiche 3.2 *Biochemie* und 3.1 *Allgemeine und Anorganische Chemie*, beide PTB, in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) und dem National Institute of Metrology (NIMT), Thailand

A. Valera-Medina, F. Amer-Hatem, A. K. Azad, I. C. Dedoussi, M. De Joannon, R.X. Fernandes, P. Glarborg, H. Hashemi, X. He, S. Mashruk, J. McGowan, C. Mounaim-Rouselle, A. Ortiz-Prado, A. Ortiz-Valera, I. Rossetti, B. Shu, M. Yehia, H. Xiao, M. Costa: **Review on ammonia as a potential fuel: from synthesis to economics**. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.0c03685>

Fachbereich 3.3 *Physikalische Chemie*, PTB

T. Delahaye, R. Armante, N. A. Scott, N. Jacquinet-Husson, A. Chédin, L. Crépeau, C. Crevoisier, V. Douet, A. Perrin, A. Barbe, V. Boudon, A. Campargue, L. H. Coudert, V. Ebert, J.-M. Flaud, R. R. Gamache, D. Jacquemart, A. Jolly, F. Kwabia Tchana, A. Kyuberis, Gang Li, O. M. Lyulin, L. Manceron, S. Mikhailenko, N. Moazzen-Ahmadi, H. S. P. Müller, O. V. Naumenko, A. Nikitin, V. I. Perevalov, C. Richard, E. Starikova, S. A. Tashkun, V. G. Tyuterev, J. Vander Auwera, B. Vispoel, A. Yachmenev, S. Yurchenko: **The 2020 edition of the GEISA spectroscopic database**. *Journal of Molecular Spectroscopy* **380** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jms.2021.111510>

Fachbereich 3.4 *Analytische Chemie der Gasphase*, PTB; in Zusammenarbeit mit Université Paris-Saclay, Université Pierre et Marie Curie France, Université de Reims-Champagne-Ardenne, CNRS-Univ. Bourgogne Franche-Comté, Univ. Grenoble Alpes, Université Paris-Est Créteil, Sorbonne Université (alle Frankreich), University College London (UK), University of Massachusetts Lowell (USA), Russian Academy of Sciences, Tomsk State University (beide Russland), Université Libre de Bruxelles, University of Namur, Royal Belgian Institute for Space Aeronomy (alle Belgien), Universität zu Köln, Technische Universität Darmstadt, Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Universität Hamburg (alle Deutschland), University of Groningen (Niederlande), University of Calgary (Canada)

H. Grohne, S. Pratzler, V. Ebert: **PTB-Anforderungen: Partikelzähler**. DOI: <https://doi.org/10.7795/510.20210623>

Fachbereich 3.4 *Analytische Chemie der Gasphase*, PTB, in Zusammenarbeit mit der nationalen Arbeitsgruppe zur Einführung der Partikelanzahlmesstechnik in der deutschen Abgas-/ Hauptuntersuchung (AUPNag)

Themenbereich: Physikalische Sicherheitstechnik, Explosionsschutz /

Subject area: Physical safety engineering and explosion protection

R. Sadanandan, J. Brunzendorf, M. Paul, H. Grosshans, D. Markus: **An experimental investigation of scalar mixing and flame structure of a partially premixed flame**. *Combustion, Science and Technology* (2020) 1–17; DOI: <https://doi.org/10.1080/00102202.2020.1802589>

Fachbereich 3.5 *Explosionsschutz in der Energietechnik*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem Indian Institute of Space Science and Technology (IIST)

C. Uber, S. Franke, B. Barbu, M. Hilbert, F. Berger, D. Uhrlandt, F. Lienesch: **Correlation between the electrical power of a slow contact break discharge and the ignition of an H₂/air mixture.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries **74** (2022), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104620>

Fachbereich 3.6 *Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Technische Universität Ilmenau und dem Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

M. Mitu, S. Zakel, E. Brandes, W. Hirsch: **Ignition temperature of combustible liquids in mixtures of air with nitrous oxide.** Fire and Materials (2021) 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1002/fam.2999>

Fachbereich 3.7 *Grundlagen des Explosionsschutzes*, PTB, in Zusammenarbeit mit der Rumänischen Akademie in Bukarest

C. Uber, S. Franke, M. Hilbert, D. Uhrlandt, F. Lienesch: **Untersuchung des Übergangs von elektrischen Kontaktöffnungsentladungen zur Flammfront eines H₂-Luft-Gemisches.** tm - Technisches Messen **88** Heft 10; DOI: <https://doi.org/10.1515/tme-2021-0040>

Fachbereich 3.6 *Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik*, PTB, in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

Themenbereich: Zeit und Frequenz /

Subject area: Time and frequency

R. Lange, N. Huntemann, J. M. Rahm, C. Sanner, H. Shao, B. Lipphardt, C. Tamm, S. Weyers, E. Peik: **Improved limits for violations of local position invariance from atomic clock comparison.** Physical Review Letters **126** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.011102>

Fachbereich 4.4 *Zeit und Frequenz*

S. Dörscher, N. Huntemann, R. Schwarz, R. Lange, E. Benkler, B. Lipphardt, U. Sterr, E. Peik, C. Lisdat: **Optical frequency ratio of a ¹⁷¹Yb⁺ single-ion clock and a ⁸⁷Sr lattice clock.** Metrologia **58** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1088/1681-7575/abc86f>

Fachbereich 4.3 *Quantenoptik und Längeneinheit*

D. Kalincev, L. S. Dreissen, A. Kulosa, C.-H. Yeh, H. A. Fürst, T. E. Mehlstäubler: **Motional heating of spatially extended ion crystals.** Quantum Science and Technology **6** (3); DOI: <https://doi.org/10.1088/2058-9565/abee99>

Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) in Zusammenarbeit mit der Leibniz Universität Hannover

V. I. Yudin, A. V. Taichenachev, M. Yu. Basalae, O. N. Prudnikov, H. A. Fürst, T. E. Mehlstäubler, S. N. Bagayev: **Combined atomic clock with blackbody-radiation-shift-induced instability below 10⁻¹⁹ under natural environment conditions.** New Journal of Physics **23** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1088/1367-2630/abe160>

Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) in Zusammenarbeit mit der Leibniz Universität Hannover und der Universität Novosibirsk (Russland)

T. Nordmann, A. Didier, M. Doležal, P. Balling, T. Burgermeister, T. E. Mehlstäubler: **Sub-kelvin temperature management in ion traps for optical clocks**. Review of Scientific Instruments **91** (2020); DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0024693>

Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) in Zusammenarbeit mit der Leibniz Universität Hannover und dem Nationalen Tschechischen Metrologieinstitut (CMI)

Themenbereich: Länge, Dimensionelle Metrologie /

Subject area: Length, dimensional metrology

G. Dai, Z. Jiao, L. Xiang, B. Seeger, T. Weimann, W. Xie, R. Tutsch: **A novel material measure for characterising two-dimensional instrument transfer functions of areal surface topography measuring instruments**.

Surface Topography: Metrology and Properties, **8** (2020), 4; DOI: <https://doi.org/10.1088/2051-672X/abc9d2>

Fachbereiche 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie*: 3D-Nanometrologie und 2.4 *Quantenelektronik*: Nanostrukturierung (beide PTB) in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Braunschweig und Carl Zeiss SMT GmbH

R. Schödel, M. Fischedick: **Proposed extension of double-ended gauge block interferometers for measuring spheres**. Measurement Science and Technology, **32** (2021), 8; DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/abfe35>

Fachbereich 5.4 *Interferometrie an Maßverkörperungen* (PTB)

Themenbereich: Nanometrologie /

Subject area: Nanometrology

L. Daul, L. Koenders, I. Busch, T. Jin: **Influence of geometric properties of capacitive sensors on slope error and nonlinearity of displacement measurements**. Sensors **21** (2021), 13; DOI: <https://doi.org/10.3390/s21134270>

Fachbereich 5.1 *Oberflächenmesstechnik*: Schichtdicke und kristalline Normale (PTB) in Zusammenarbeit mit University of Shanghai for Science and Technology (USST)

G. Dai, X. Hu, J. Hering, M. Eifler, J. Seewig, G. von Freymann: **Define and measure the dimensional accuracy of two-photon laser lithography based on its instrument transfer function**. JPhys Photonics **3** (2021), 3;

DOI: <https://doi.org/10.1088/2515-7647/abfaa7>

Fachbereich 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie*: 3D-Nanometrologie (PTB) in Zusammenarbeit mit Opti-Cal GmbH, Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics ITWM (beide Kaiserslautern) und der TU Kaiserslautern

A. Andriele, P. Hönigke, G. Gwalt, P.-I. Schneider, Y. Kayser, F. Siewert, V. Soltwisch: **Shape- and element-sensitive reconstruction of periodic nanostructures with grazing incidence X-ray fluorescence**. Analysis and Machine Learning, Nanomaterials **11** (2021), 7; DOI: <https://doi.org/10.3390/nano11071647>

Fachbereiche 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung* und 7.2 *Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung* (beide PTB) in Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB), der JCMwave GmbH und dem Zuse Institute (alle Berlin)

Themenbereich: Metrologie für die Medizin /

Subject area: Metrology for medicine

S. Pajtner, M. Nachbar, R.-P. Kapsch, D. Thorwarth: **Influence of beam quality on reference dosimetry correction factors in magnetic resonance guided radiation therapy.** Physics and Imaging in Radiation Oncology **16** (2020), 95–98; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phro.2020.10.005>

Fachbereich 6.2 *Dosimetrie für Strahlenschutz und Röntgendiagnostik* (PTB) in Zusammenarbeit mit UKT Tübingen

G. Waterstraat, R. Körber, J.-H. Storm, G. Curio: **Non-invasive neuromagnetic single-trial analysis of human neocortical population spikes.** PNAS **118** (2021), 11; DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2017401118>

Fachbereich 8.2 *Biosignale* (PTB) in Zusammenarbeit mit der Charité – Universitätsmedizin Berlin

S. Falak, R. Macdonald, E. J. Busby, D. M. O’Sullivan, M. Milavec, A. Plauth, M. Kammel, H. Zeichhardt, H.-P. Grunert, A. Kummrow, J. F. Huggett: **An assessment of the reproducibility of reverse transcription digital PCR quantification of HIV-1.** Methods **190** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2021.03.006>

Fachbereich 8.3 *Biomedizinische Optik* (PTB)

Themenbereich: Ionisierende Strahlung /

Subject area: Ionizing radiation

A. Röttger, S. Röttger, F. Mertes, V. Morosh: **New metrology for radon at the environmental level.** Measurement Science and Technology **32** (2021), 12; DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ac298d>

Fachbereiche 6.1 *Radioaktivität* und 6.3 *Strahlenschutzdosimetrie* (beide PTB) in Zusammenarbeit mit der Universitat Politècnica de Catalunya und University of Córdoba (beide Spanien), National Institute for NBC Protection (Tschechien), European Commission, Joint Research Centre (Italien), Australian Nuclear Science and Technology Organisation (Australien), INESC TEC (Portugal), Horia Hulubei National Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering (Rumänien), NPL und University of Edinburgh (beide Vereinigtes Königreich), Université Paris-Saclay (Frankreich)

Themenbereich: Photometrie und Radiometrie /

Subject area: Photometry and radiometry

H. Georgieva, M. López, H. Hofer, N. Kanold, A. Kaganskiy, S. Rodt, S. Reitzenstein, S. Kück: **Absolute calibration of a single-photon avalanche detector using a bright triggered single-photon source based on an InGaAs quantum dot.** Optics Express **29** (2021), 15; DOI: <https://doi.org/10.1364/OE.430680>

Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie* (PTB) in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Berlin

M. Spidell, J. Lehman, M. Lopez, H. Lecher, S. Kück, D. Bhattacharjee, Y. Lecoeuche, R. Savage: **A bilateral comparison of NIST and PTB laser power standards for scale realization confidence by gravitational wave observatories.** *Metrologia* **58** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ac1e03>

Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie* (PTB) in Zusammenarbeit mit NIST (USA) und LIGO Hanford Observatory (Vereinigtes Königreich)

X. Deng, A. Chao, J. Feikes, A. Hoehl, W. Huang, R. Klein, A. Kruschinski, J. Li, A. Matveenko, Y. Petenev, M. Ries, C. Tang, L. Yan: **Experimental demonstration of the mechanism of steady-state microbunching.** *Nature* **590** (2021), 576–579; DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03203-0>

Fachbereiche 7.1 *Radiometrie mit Synchrotronstrahlung* und 7.2 *Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung* (beide PTB) in Zusammenarbeit mit Tsinghua University (China) und dem Helmholtz-Zentrum Berlin

M. Schmidt, I. H. Grothe, S. Neumeier, L. Bremer, M. von Helversen, W. Zent, B. Melcher, J. Beyer, C. Schneider, S. Höfling, J. Wiersig, S. Reitzenstein: **Bimodal behavior of microlasers investigated with a two-channel photon-number-resolving transition-edge sensor system.** *Phys. Rev. Research* **3** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.3.013263>

Fachbereich 7.6 *Kryosensorik* (PTB) in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Berlin, der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, der Universität Würzburg und der Universität Oldenburg

Themenbereich: Thermometrie /

Subject area: Thermometry

R. Hellmann, C. Gaiser, B. Fellmuth, T. Vasylytsova, E. Bich: **Thermophysical properties of low-density neon gas from highly accurate first-principles calculations and dielectric-constant gas thermometry measurements.** *J. Chem. Phys.* **154** (2021), 164304. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0047999>

Fachbereich 7.4 *Temperatur* (PTB) in Zusammenarbeit mit der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg, der Hochschule Wismar und der Universität Rostock

Themenbereich Mathematik und metrologische Informationstechnik

Subject area: Mathematics and metrological information technology

M. Moni, W. Melo Jr., D. Peters, R. Machado: **When measurements meet blockchain: on behalf of an Inter-NMI network.** *Sensors* **21** (2021), 5; DOI: <https://doi.org/10.3390/s21051564>

Fachbereich 8.5 *Metrologische Informationstechnik* (PTB) in Zusammenarbeit mit INMETRO (Brasilien)

Themenbereich: QUEST /

Subject area: QUEST

J. M. Cornejo, J. Mielke, T. Meiners, D. Nitzschke, M. Schulte, M. J. Borchert, M. Niemann, A. Bautista-Salvador, R. Lehnert, K. Hammerer, S. Ulmer, C. Ospelkaus: **Quantum logic inspired techniques for spacetime-symmetry tests with (anti-)protons**. New Journal of Physics **23** (2021); DOI: <https://doi.org/10.1088/1367-2630/ac136e>

*Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) in Zusammenarbeit mit RIKEN (Japan),
Leibniz Universität Hannover, Indiana University (USA)*

M. Bohman, V. Grunhofer, C. Smorra, M. Wiesinger, C. Will, M. J. Borchert, J. A. Devlin, S. Erlewein, M. Fleck, S. Gavranovic, J. Harrington, B. Latacz, A. Mooser, D. Popper, E. Wursten, K. Blaum, Y. Matsuda, C. Ospelkaus, W. Quint, J. Walz, S. Ulmer: **Sympathetic cooling of a trapped proton mediated by an LC circuit**. Nature **596** (2021) 514–518; DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03784-w>

*Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) in Zusammenarbeit mit RIKEN (Japan),
MPIK Heidelberg, GSI Darmstadt, Leibniz Universität Hannover, University of Tokyo (Japan),
Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Helmholtz Institut Mainz*

J. A. Devlin, M. J. Borchert, S. Erlewein, M. Fleck, J. A. Harrington, B. Latacz, J. Warncke, E. Wursten, M. A. Bohman, A. H. Mooser, C. Smorra, M. Wiesinger, C. Will, K. Blaum, Y. Matsuda, C. Ospelkaus, W. Quint, J. Walz, Y. Yamazaki, S. Ulmer: **Constraints on the coupling between axionlike dark matter and photons using an antiproton superconducting tuned detection circuit in a cryogenic Penning trap**. Phys. Rev. Lett. **126** (2021) 041301; DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.041301>

*Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) in Zusammenarbeit mit RIKEN (Japan),
MPIK Heidelberg, GSI Darmstadt, Leibniz Universität Hannover, University of Tokyo (Japan),
Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Helmholtz Institut Mainz*

J. Kiethe, L. Timm, H. Landa, D. Kalincev, G. Morigi, T. E. Mehlstäubler: **Finite-temperature spectrum at the symmetry-breaking linear to zigzag transition**. Phys. Rev. B **103** (2021), 104106; DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.103.104106>

*Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) in Zusammenarbeit mit der
Leibniz Universität Hannover und der Universität Saarbrücken*

U. Tanaka, M. Nakamura, K. Hayasaka, A. Bautista-Salvador, C. Ospelkaus, T. E. Mehlstäubler: **Creation of double-well potentials in a surface-electrode trap towards a nanofriction model emulator**. Quantum Science and Technology **6** (2021), 2; DOI: <https://doi.org/10.1088/2058-9565/abe51a>

*Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) in Zusammenarbeit mit der
Leibniz Universität Hannover und der Universität Osaka (Japan)*

T. Dubielzig, S. Halama, H. Hahn, G. Zarantonello, M. Niemann, A. Bautista-Salvador, C. Ospelkaus: **Ultra-low-vibration closed-cycle cryogenic surface-electrode ion trap apparatus**. Review of Scientific Instruments **92** (2021), 043201; DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0024423>

*Institut für experimentelle Quantenmetrologie (QUEST) in Zusammenarbeit mit der
Leibniz Universität Hannover*

Menschen

People



Tagung des Kuratoriums der PTB

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

Aufgrund der Pandemie konnte sich das Kuratorium auch dieses Jahr wieder nicht persönlich treffen. Die Kuratoriumstagung am 22. und 23. April wurde erneut virtuell durchgeführt. Diesmal kamen der Präsident des Kuratoriums Stefan Schnorr und der stellvertretende Vorsitzende Prof. Dr. Wolfgang Ertmer persönlich ins Institut Berlin der PTB, um von dort aus gemeinsam mit dem PTB-Präsidium die Sitzungen zu leiten. Alle anderen Mitglieder waren online zu Gesprächen und Sitzungen eingeladen.

Zum ersten Mal wurden die Laborführungen am ersten Tag der Veranstaltung online durchgeführt. Die virtuellen Besichtigungen wurden mit viel technischem Aufwand und Liebe zum Detail von den Mitarbeitenden am Institut Berlin vorbereitet und mehrmals geprobt. So lief am entscheidenden Tag alles einwandfrei, und die Mitglieder des Kuratoriums konnten auch aus der Ferne einen sehr guten Eindruck von den Arbeiten der PTB gewinnen.

Auch das wissenschaftliche Kolloquium wurde diesmal online durchgeführt. Vorgetragen haben Prof. Dr. Stefanie Kroker (4.01) zur Nachwuchsgruppe *Metrologie für funktionale Nanosysteme*, Stephan Passon, (Fachbereich 2.3 *Elektrische Energiemesstechnik*) zum Thema „Metrologie für den Netzausbau zur Energiewende“ und Dr. Anita Przyklenk (Fachbereich 5.3 *Koordinatenmesstechnik*) zum Thema „Verifikation einer ganzheitlichen Kalibrierstrategie für wendelförmige Maschinenelemente am Beispiel von Gewinden“.

In der Online-Sitzung des Kuratoriums am zweiten Tag stellte der PTB-Präsident Prof. Dr. Joachim Ullrich wichtige Entwicklungen und Erfolge des vergangenen Jahres vor. Unter anderem ging er ausführlich auf die Erfolge und geplanten Aktivitäten in den fünf Lenkungs-kreisen der PTB ein. Diese abteilungsübergreifenden Gremien zu den Themen Digitalisierung, Quantentechnologie, Medizin, Energie sowie Umwelt/Klima wurden vor zwei bzw. drei Jahren gegründet. Außer-

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

The *Kuratorium*, PTB's most important advisory body, is composed of high-ranking representatives of industry, science, and the Federal (Bund) Government and state (Land) governments of Germany. It usually convenes once per year to address the current developments and aims of PTB and to make recommendations on important topics.

Due to the ongoing pandemic, the *Kuratorium* was once again unable to meet in person this year. Its annual meeting on 22 and 23 April 2020 took place virtually as it had done the year before. This time Stefan Schnorr, the president of the *Kuratorium*, and the deputy president, Prof. Dr. Wolfgang Ertmer, were present on-site at PTB's Berlin Institute. They chaired the meeting from there along with the Presidential Board of PTB. All other members were invited to attend the discussions and meetings online.

The laboratory tours on day one of the meeting were carried out online for the first time. The staff at the Berlin Institute prepared the virtual visits and rehearsed them several times with much effort going into the technical preparations and a lot of attention being paid to detail. Everything went perfectly on the big day, and the members of the *Kuratorium* were also able to get a very good impression of PTB's work from a distance.

The scientific colloquium was also carried out online this year. Presentations were given by Prof. Dr. Stefanie Kroker (4.01) on the *Metrology for Functional Nanosystems* junior research group, Stephan Passon, (Department 2.3 *Electrical Energy Measuring Techniques*) on the subject of “Metrology for the expansion of the grid for the energy transition”, and Dr. Anita Przyklenk (Department 5.3 *Coordinate Metrology*) on the “Verification of a holistic calibration strategy for helical machine elements based on the example of screw threads”.

On the second day of the *Kuratorium's* online meeting, PTB President Prof. Dr. Joachim Ullrich presented important developments and successful events from the past year. He went into detail about a number of things including the successes and planned activities in PTB's five steering groups. These cross-divisional bodies focusing on digitalization, quantum technology, medicine, energy, and the environment/climate were set up either two or three years ago. Apart from that, Dr. Anna Cypionka (Presidential Staff Office) and Prof.

dem berichteten Dr. Anna Cypionka (*Präsidentiale Stabsstelle*) und Prof. Dr. Tobias Schäffter (Leiter der Abteilung 8 *Medizinphysik und metrologische Informationstechnik*) über den aktuellen Stand zur Umsetzung des „Innovationszentrums für Systemische Metrologie“ sowie Dr. Jörn Stenger (*Mitglied des Präsidiums* der PTB) über die neuesten Entwicklungen in der europäischen Metrologie.

Das Kuratorium beschloss einstimmig, Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza (Karlsruher Institut für Technologie) und Dr. Peter Körte (Siemens AG) in das Kuratorium aufzunehmen. Prof. Dr. Dr. Debus wurde wiederberufen. Im Jahr 2021 sind Prof. Dr. Claudia Eckert und Dr. Jan Mrosik aus dem Kuratorium ausgeschieden.

Präsident des Kuratoriums /

President of the *Kuratorium*

MinDirig Stefan Schnorr

Bundesministerium für Wirtschaft und Klima, Berlin

Stellvertretender Präsident des Kuratoriums /

Deputy President of the *Kuratorium*

Prof. Dr. Wolfgang Ertmer

Institut für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik,
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. Christine Ahrend

Technische Universität Berlin

Dr. Jürgen Barwich

Neustadt/Weinstraße

Dr. Reinhard Baumfalk

Sartorius AG, Göttingen

Prof. Dr. Dr. med. Jürgen Debus

Radioonkologie und Strahlentherapie,
Universitätsklinikum Heidelberg

Prof. Dr. Cornelia Denz

Institut für Angewandte Physik,
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Prof. Dr. Olaf Dössel

Institut für Biomedizinische Technik,
Karlsruher Institut für Technologie

Dr. Tobias Schäffter (Head of Division 8 *Medical Physics and Metrological Information Technology*) gave reports updating the *Kuratorium* about the implementation of the “Innovation Center for Systems Metrology”, and Dr. Jörn Stenger (member of PTB’s Presidential Board) spoke about the latest developments in European metrology.

PTB’s *Kuratorium* voted unanimously to accept Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza (Karlsruhe Institute of Technology) and Dr. Peter Körte (Siemens AG) as new members. Prof. Dr. Dr. Debus was reappointed to the *Kuratorium*, and Prof. Dr. Claudia Eckert and Dr. Jan Mrosik left the *Kuratorium* in 2021.

Tanja Gönner

Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit, Eschborn

Dr. Petra Gowik

Bundesamt für Verbraucherschutz und
Lebensmittelsicherheit, Berlin

Prof. Dr. Sibylle Günter

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 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

Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln

Dr. Anja Kessler

Referenzinstitut für Bioanalytik, Bonn

Prof. Dr. Wolfgang Ketterle

Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, USA

Dr. Jürgen Kirschner
Wimsheim

[Ehrenkurator /](#)

Honorary Member of the *Kuratorium*

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Klaus von Klitzing
Max-Planck-Institut für Festkörperforschung,
Stuttgart

Dr. Peter Körte
Siemens AG, München

Prof. Dr. Gisela Lanza
Karlsruher Institut für Technologie

Prof. Dr. Jürgen Mlynek
Institut für Physik, Humboldt-Universität Berlin

Dr. Inge Paulini
Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter

Chiara Pedersoli
OHG Systems AG, Bremen

Dr. Jochen Peter
Carl Zeiss AG, Oberkochen

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

Hartmut Rauen
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau,
Frankfurt

Peter Riedel
Rohde & Schwarz GmbH, München

Prof. Dr. Heike Riel
IBM, Rüschlikon, Schweiz

Prof. Dr. Petra Schwill
Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried

Dr. Thomas Sesselmann
Diadur SE, Traunreut

Dr. Nathalie von Siemens
Schwielowsee, Potsdam

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



Die Teilnehmenden bei der weitgehend virtuellen Kuratoriumstagung 2021

The members of the 2021 *Kuratorium* meeting which took place largely virtually

Stand: Dezember 2021 / As of: December 2021

Neu in leitender Funktion

Newly appointed to management posts

Dr.-Ing. Martin Thedens

Seit dem 1. Juli leitet Martin Thedens den Fachbereich 3.6 *Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik*. Der PTB-Werdegang im Themenbereich „Explosionsschutz“ von Thedens begann 1995 als Doktorand zum Thema der Zündschutzart „Eigensicherheit“. Weitere Stationen waren die Fachbereiche 3.5 *Explosionsschutz in der Energietechnik* als Leiter der damaligen Arbeitsgruppe *Druckfeste Kapselung* und 3.7 *Grundlagen des Explosionsschutzes* als Leiter der großen Arbeitsgruppe *Physikalische Zündvorgänge*. Martin Thedens leitet seit dem 1. August auch den Sektor *Explosionsschutz und Schussgeräte* der Konformitätsbewertungsstelle der PTB. Er ist zudem Chair des IEC TC 31 „Equipment for explosive atmospheres“ und 1. Vorsitzender des VDE-Bezirksvereins Braunschweig. Die Themen des Fachbereiches 3.6 *Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik* sind unter anderem die Zündschutzart „Eigensicherheit“, elektrische Entladungen, thermische Bewertungsgrundlagen, explosionsschutzgedrehte elektrische Maschinen und die Überwachung von Herstellern explosionsgeschützter Geräte.

Martin Thedens has headed Department 3.6 *Explosion Protection in Sensor Technology and Instrumentation* since 1 July 2021. His career in the field of explosion protection at PTB began in 1995 with his PhD on the type of protection “intrinsic safety”. After that, he worked in Department 3.5 *Explosion Protection in Energy Technology*, where he was the Head of the former Working Group *Flameproof Enclosures*, and he also led the large Working Group *Physical Ignition Processes* in Department 3.7 *Fundamentals of Explosion Protection*. Martin Thedens has furthermore been the Head of the *Explosion Protection and Shooting Devices* Sector of PTB’s Conformity Assessment Body since 1 August 2021. He is also Chair of the IEC TC 31 on “Equipment for explosive atmospheres” and First Chairperson of the Braunschweig branch of the Association for Electrical, Electronic & Information Technologies (VDE). Department 3.6 *Explosion Protection in Sensor Technology and Instrumentation* focuses on various topics including the type of protection “intrinsic safety”, electrical discharges, thermal assessment criteria, explosion-protected rotating electric machines and monitoring the manufacturers of explosion-protected equipment.



Dr.-Ing. Gerd Ehret

Der Ingenieur und Physiker ist seit dem 1. November Leiter des Fachbereichs 4.2 *Bild- und Wellenoptik*. Gerd Ehret studierte an der Universität Ulm Physik und promovierte anschließend an der Leibniz Universität in Hannover im Maschinenbau. 2004 wechselte er in den Fachbereich 4.2 der PTB und war zunächst in unterschiedlichen Arbeitsgruppen als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Im Rahmen einer Abordnung arbeitete er 2014 für ein Jahr als Referent am BMWi. Seit 2016 leitet er die Arbeitsgruppe *Ebenheitsmetro-*

This engineer and physicist has been the Head of Department 4.2 *Imaging and Wave Optics* since 1 November 2021. Gerd Ehret studied physics at Ulm University and received his doctorate in mechanical engineering from Leibniz University Hannover. In 2004 he joined Department 4.2 at PTB, where he was initially employed in various working groups as a research scientist. He was seconded to Germany’s Federal Ministry for Economic Affairs and Energy in 2014 and worked there as an official advisor for one year. Since 2016 he



logie. Dr. Ehret ist seit mehr als 20 Jahren auf verschiedenen Gebieten der optischen Metrologie tätig, hat erfolgreich Projekte eingeworben und Promotionen betreut. Zusammen mit anderen PTB-Forschenden ist er Dozent für die Vorlesung „Messdatenauswertung und Messdatenanalyse“ an der TU Braunschweig. Der Fachbereich 4.2 *Bild- und Wellenoptik* führt Forschung und Dienstleistungen auf folgenden Gebieten durch: Messung der Form optisch glatter Oberflächen, Charakterisierung optischer Komponenten und optischer Wellenfronten sowie Messung von Größe und Form mikroskopischer Oberflächenstrukturen. Darüber hinaus wird mit größtmöglicher Genauigkeit der Gitterparameter hochreiner und nahezu perfekter Silizium-Kristalle gemessen. Neue mögliche Aufgabengebiete liegen im Bereich der Nanometrologie, der künstlichen Intelligenz und der Mobilität.

has headed the *Flatness Metrology* Working Group. Dr. Ehret has been active in various fields of optical metrology for more than 20 years; he has successfully acquired projects and supervised doctoral students. Along with some of his PTB colleagues, he is a lecturer on “Measurement data evaluation and measurement data analysis” at the Technische Universität Braunschweig. Department 4.2 *Imaging and Wave Optics* carries out research and services in the following areas: measuring the form of optically smooth surfaces, characterizing optical components and optical wavefronts as well as measuring the size and shape of microscopic surface structures. In addition, the lattice parameters of highly pure and almost perfect silicon crystals are measured with the highest possible accuracy. Nanometrology, artificial intelligence and mobility are possible new areas of activity in this department.

Prof. Dr. Peter Krüger

Seit dem 15. November leitet Peter Krüger den Fachbereich 8.2 *Biosignale*. Nach Studium und Promotion in Berlin und Heidelberg sowie Postdoc in Paris kommt er nach fast 15 Jahren in Großbritannien zurück nach Berlin an die PTB. In England war Peter Krüger als Professor an den Universitäten Nottingham und Sussex mit dem dortigen Quantentechnologie-Programm beschäftigt, mit dem Forschungsschwerpunkt Quantensensorik und Magnetometrie. Am Fachbereich 8.2 *Biosignale* werden kleinste Magnetfelder präzise vermessen. Neben der Entwicklung von Messverfahren, -umgebungen und -instrumenten sind Anwendungen in der biomedizinischen Bildgebung, aber auch in anderen Bereichen von der Grundlagenforschung bis zu industriellen Anwendungen von Bedeutung.

Peter Krüger has headed Department 8.2 *Biosignals* since 15 November. After studying and gaining his doctorate in Berlin and Heidelberg as well as completing his postdoc in Paris, he has now returned to Berlin, where he has joined PTB following almost 15 years in Great Britain. While he was in the United Kingdom, Peter Krüger held the post of professor at the Universities of Nottingham and Sussex, focusing on quantum sensors and magnetometry in the quantum technology programs there. Department 8.2 *Biosignals* is tasked with precisely measuring extremely small magnetic fields. This department places much importance on the development of measurement procedures, measurement environments and measuring instruments, as well as on applications in biomedical imaging and in other fields ranging from fundamental research to industrial applications.



Dr.-Ing. Frank Lienesch

Seit dem 1. Januar leitet Frank Lienesch die Abteilung 9 *Gesetzliche und internationale Metrologie*. Lienesch kam

Since 1 January 2021, Frank Lienesch has been the Head of Division 9 *Legal and International Metrology*. Dr. Lienesch

nach seinem Elektrotechnik-Studium in Braunschweig und Valencia (1988 bis 1993) im Jahr 1994 in die PTB. Nach seiner Promotion zum Thema „Elektrischer Durchschlag brennbarer Gase ...“ im Jahr 1999 übernahm er von 2003 bis 2016 die Leitung der Arbeitsgruppe *Explosionsgeschützte Antriebssysteme* und von 2016 bis 2020 die des Fachbereichs *Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik* sowie des Bereichs *Konformitätsbewertung für den Explosionsschutz* in der PTB. Darüber hinaus vertritt er die Interessen der PTB in verschiedenen internationalen Organisationen wie OIML, COOMET, IEC/IECEX, Europäischer und UNECE WP.6. Die Abteilung 9 *Gesetzliche und internationale Metrologie* bearbeitet die übergeordneten Aufgaben des gesetzlichen und industriellen Messwesens. Dies umfasst insbesondere die Zusammenarbeit mit den deutschen Eichbehörden, aber auch mit akkreditierten Kalibrierlaboratorien. Darüber hinaus koordiniert sie die internationale Zusammenarbeit im Bereich der Qualitätsinfrastruktur für die Bundesregierung. Ein zusätzlicher Fokus ist die Unterstützung der PTB-Aktivitäten bei der Digitalisierung ihrer metrologischen Dienstleistungen und der Quantentechnologie.

Dr. Nicolas Spethmann

Nicolas Spethmann ist der Leiter des *Quantentechnologie-Kompetenzzentrums* (QTZ). Er promovierte in Bonn und verbrachte danach einige Jahre an der University of California in Berkeley und an der TU Kaiserslautern. 2017 kam er an die PTB, wo er zunächst in der Quantenlogik-Spektroskopie-Gruppe bei QUEST tätig war. Der rote Faden seiner wissenschaftlichen Arbeit ist die Nutzung experimenteller Quantensysteme (zunächst aus kalten Atomen, später Ionen) für empfindliche Messungen, oft am Quantenlimit. Ab 2019 ist Nicolas Spethmann Koordinator für die Quantentechnologie an der PTB (2019 bis 2021 im *Präsidialen Stab*) und für den Aufbau des Quantentechnologie-Kompetenzzentrums verantwortlich. Seit dem Juli 2021 ist das QTZ

started working at PTB in 1994 after studying electrical engineering in Braunschweig and Valencia (1988 to 1993). After completing his doctorate on “The electrical breakdown of flammable gases ...” in 1999, he headed the *Explosion-protected Electrical Driving Systems* Working Group from 2003 to 2016 and then led the *Explosion Protection in Sensor Technology and Instrumentation* Department as well as the field of *Conformity Assessment for Explosion Protection* at PTB from 2016 to 2020. In addition to this, he represents PTB’s interests at various international organizations such as OIML, COOMET and IEC/IECEX, along with European working parties and UNECE WP.6. Division 9 *Legal and International Metrology* addresses the overarching tasks of legal and industrial metrology. That especially encompasses the cooperation with the German verification authorities but also with accredited calibration laboratories. Beyond that, the division coordinates international cooperation in the area of quality infrastructure for the federal German government. Another focal point is supporting PTB’s activities relating to the digitalization of its metrological services and quantum technology.



Nicolas Spethmann is the Head of the *Quantum Technology Competence Center* (QTZ). He gained his doctorate in Bonn and then spent several years at the University of California in Berkeley and the TU Kaiserslautern. He joined PTB in 2017 and initially worked in the Quantum Logic Spectroscopy Group at QUEST. The common thread running through his scientific work has been the use of experimental quantum systems (first from cold atoms, later ions) for sensitive measurements, often at the quantum limit. Since 2019 Nicolas Spethmann has been the Quantum Technology Coordinator at PTB. He was also in PTB’s *Presidential Staff Office* from 2019 to 2021 and was in charge of setting up the QTZ. Since July 2021, the QTZ has been designated as a

als Stabsstelle in Abteilung 9 eine eigene Organisationseinheit. Mit dem QTZ bietet die PTB ihren Partnern in Industrie und Wissenschaft eine Schnittstelle für den Zugang zu Quantentechnologie-Expertise und -Infrastruktur. Das Ziel ist es, die Entwicklung von Quantentechnologie mit ökonomischem Potenzial zu unterstützen.

Carl Felix Wolff

Seit dem 24. Mai leitet Carl Felix Wolff das Referat 9.34 *Nordafrika und Naher Osten* kommissarisch während der Elternzeit von Janin Fischer. Wolff arbeitet bereits seit 2007 als Projektkoordinator der *Internationalen Zusammenarbeit* in der PTB. Zunächst leitete er Projekte in Lateinamerika und in der Karibik, bevor er seit 2017 ins Referat 9.34 wechselte, wo er sowohl im Nahen Osten als auch in den Maghreb-Ländern tätig war. Das Referat 9.34 *Nordafrika und Naher Osten* konzipiert und implementiert Vorhaben der technischen Entwicklungszusammenarbeit in den Ländern Marokko, Tunesien, Algerien, Mauretanien, Jordanien, Libanon, Ägypten und in den Palästinensischen Gebieten. Ziel der Zusammenarbeit ist die Förderung der Qualitätsinfrastruktur der Partnerländer gemäß international anerkannter Standards im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). Thematisch stehen dabei erneuerbare Energien, Wirtschaftsentwicklung, Handelsförderung und Verbraucherschutz sowie Trinkwasserversorgung im Fokus.

staff unit, and it is now an official organizational unit within Division 9. Operating the QTZ means that PTB offers its partners in industry and science an interface providing access to expertise in quantum technology and infrastructure. The aim is to support the development of quantum technologies which are suited for economically viable applications.

Since 24 May 2021, Carl Felix Wolff has headed Section 9.34 *North Africa and the Middle East* for a limited period of time while Janin Fischer is on parental leave. Carl Wolff has been a project coordinator in PTB's *International Cooperation Group* since 2007. He initially managed projects in Latin America and the Caribbean before changing to Section 9.34 in 2017, where he was active in the Middle East as well as in the Maghreb countries. Section 9.34 *North Africa and the Middle East* plans and implements technical development cooperation projects in Morocco, Tunisia, Algeria, Mauritania, Jordan, Lebanon, Egypt and in the Palestinian territories. The cooperation work aims to promote the establishment of a quality infrastructure system in PTB's partner states in line with internationally recognized standards on behalf of Germany's Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ). Renewable energies, economic development, the promotion of trade and consumer protection in addition to the supply of drinking water are the focus of the work performed in this section.



Dr. Sascha Eichstädt

Seit dem 1. September leitet Sascha Eichstädt den neu gegründeten Fachbereich 9.4 *Metrologie für die digitale Transformation*. Der Mathematiker und Theoretische Physiker kam nach dem Studium der Mathematik an der Humboldt-Universität Berlin im Jahr 2008 als Doktorand in die PTB. Dort forschte und arbeitete er im Fachbereich 8.4 an mathematischen und statisti-

Since 1 September 2021, Sascha Eichstädt has been the Head of the newly founded Department 9.4, *Metrology for Digital Transformation*. After studying mathematics at the Humboldt-Universität zu Berlin, Sascha Eichstädt, a mathematician and theoretical physicist, joined PTB as a PhD student in 2008. He conducted research here at PTB and worked on



schen Methoden für die Bestimmung von Messunsicherheiten für zeitabhängige, also dynamische, Messgrößen. Im Jahr 2017 wechselte Sascha Eichstädt in den *Präsidenten Stab* der PTB, wo er erst die Ausarbeitung einer Digitalisierungsstrategie und später die Arbeitsgruppe *Koordination Digitalisierung* leitete. Außerdem war er bis Ende 2021 Koordinator des Lenkungs-kreises *Digitalisierung* (LK-D). Der neu gegründete Fachbereich 9.4 *Metrologie für die digitale Transformation* ist aus der Arbeitsgruppe *Koordination Digitalisierung* hervorgegangen. Die wesentlichen Aufgaben dieses Fachbereichs sind die Identifikation und die agile Umsetzung von Projekten zur digitalen Transformation in der Metrologie sowie die Forschung im Bereich Daten, Algorithmen und Sensornetzwerke. Die Besonderheit des Fachbereichs 9.4 liegt dabei in seiner agilen Arbeitsweise und den damit einhergehenden hierarchielosen Strukturen innerhalb des Fachbereichs.

Christian Engler

Der Master of Engineering Christian Engler leitet seit dem 1. Oktober das Referat Q.22 *Technischer Dienst Braunschweig*. Zuvor hat sich Engler langjährige Erfahrungen im Bereich der Gebäudetechnik in einem Ingenieurbüro sowie im kommunalen Gebäudemanagement erworben. Das Referat Q.22 ist für die Organisation von Betrieb, Wartung und Instandhaltung von technischen Anlagen und Gebäuden zuständig. Weiterhin wird die strategische Entwicklung des Standorts Braunschweig in Bezug auf den Masterplan sowie die energetische Verbesserung von technischen Anlagen und Gebäuden bearbeitet. Auch die Wahrnehmung von Projektsteuerungsaufgaben sowie die Etablierung und Weiterentwicklung von Baustandards gehören zum Aufgabengebiet. In vielen Bereichen kooperiert das Referat mit dem Referat Q.24 *Bauorganisation*. Aufgrund des breitgefächerten Aufgabengebiets arbeitet das Referat Q.22 gemeinschaftlich mit den Nutzern zusammen und vertritt die Interessen der PTB gegenüber externen Beteiligten.

mathematical and statistical methods for the determination of measurement uncertainties for time-dependent, i.e. dynamic, measurands in Department 8.4. In 2017 he was appointed to PTB's *Presidential Staff Office*, where he first managed the elaboration of a digitalization strategy and then headed the *Coordination Digitalization* Working Group. Until the end of 2021, he was also the Coordinator of the *Steering Group for Digital Transformation* (LK-D). Department 9.4, *Metrology for Digital Transformation*, was preceded by the *Coordination Digitalization* Working Group. The most important tasks of this department are the identification and then the agile implementation of projects for the digital transformation in metrology as well as research in the fields of data, algorithms and sensor networks. What is special about Department 9.4 is its agile way of working along with the associated non-hierarchical structures found there.

Christian Engler, who has a Master's degree in engineering, has been the Head of Section Q.22 *Technical Service Braunschweig* since 1 October 2021. Prior to that, Christian Engler gained many years of experience in the field of building services technology while working at an engineering company as well as in municipal building management. Section Q.22 is responsible for the organization of the operation, servicing and maintenance of PTB's technical facilities and buildings. It also deals with the strategic development of the Braunschweig site in relation to a master building plan as well as the energy-efficient improvement of the technical facilities and buildings. Performing project management tasks along with establishing and further developing building standards are also included in the work in this section. Q.22 works jointly with Section Q.24 *Building Organization* in a large number of areas. Due to the wide range of its tasks, Section Q.22 works in close cooperation with its users, and it represents PTB's interests when external participants are involved.



Preise und Auszeichnungen

Prizes and awards

Dr.-Ing. Prof. h. c. Frank Härtig

Der Vizepräsident der PTB hat am 3. September die Präsidentschaft der International Measurement Confederation (IMEKO) übernommen. In den kommenden drei Jahren steht er an der Spitze dieses nicht-staatlichen Zusammenschlusses, dessen 42 Mitgliedsorganisationen sich mit der weltweiten Weiterentwicklung von Messtechnik befassen. Seine Ernennung fand im Rahmen des – diesmal digitalen – IMEKO-Weltkongresses 2021 statt. Und Frank Härtig erhielt eine Auszeichnung: Für seine substanziellen Beiträge zur internationalen Metrologie wurde er vom Institute of Measurement and Control mit der Ludwik Finkelstein Medaille 2021 ausgezeichnet.

Dr. Frank Härtig, Vice President of PTB, assumed the presidency of the International Measurement Confederation (IMEKO) on 3 September 2021. Over the next three years, he will spearhead this non-governmental federation of 42 member organizations concerned with the worldwide advancement of measurement technology. He was appointed during the IMEKO World Congress 2021 which had to be held digitally this time due to the COVID-19 pandemic. Furthermore, Frank Härtig was awarded the 2021 Ludwik Finkelstein Medal by the Institute of Measurement and Control for his substantial contributions to international metrology.



Dr. Jörn Stenger



Das Mitglied des Präsidiums der PTB ist neuer Vorsitzender von EURAMET, der Vereinigung der europäischen Metrologieinstitute. Er war bereits in der EURAMET-Generalversammlung 2020 in das Amt gewählt worden, das er jetzt antritt. Seine Amtszeit als EURAMET-Chairperson dauert bis 2024.

Dr. Jörn Stenger, a Member of the Presidential Board, is the new Chairperson of EURAMET, the association of European metrology institutes. He was elected to this position, which he is now taking on, during EURAMET's General Assembly in 2020. His term of office as EURAMET's Chairperson will last until 2024.

Katharina Lehrmann

Für ihren Beitrag zum Thema „Simulated measurement-uncertainty determination for mass-standard calibration via transfer artefacts“ auf dem IMEKO XXIII World Congress 2021 im Bereich des TC21 (Mathematical Tools for Measurements) erhielt Katharina Lehrmann aus dem Fachbereich 1.1 Masse den „Young Excellent Paper Award“.

Katharina Lehrmann from Department 1.1 Mass received the IMEKO “Young Excellent Paper Award” in the technical discipline of TC21 (Mathematical Tools for Measurements) at the IMEKO XXIII World Congress 2021 for her contribution on the topic of “Simulated measurement-uncertainty determination for mass-standard calibration via transfer artefacts”.



Jan Henry Loewe

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 1.2 *Festkörpermechanik* erhielt am 14. Oktober den Otto-Bennemann-Preis 2021 für seinen ausgezeichneten Fachhochschulabschluss (Abschlussnote 1,2) und sein herausragendes soziales Engagement.

Jan Henry Loewe, a staff member from Department 1.2 *Solid Mechanics*, received the “Otto Bennemann Prize 2021” on 14 October 2021. He was bestowed with the award for his excellent *Fachhochschulabschluss* (German qualification for entrance to a university of applied sciences) (grade: 1.2) and his outstanding social commitment.



Dr.-Ing Volker Wittstock

Die TU Braunschweig hat den Wissenschaftler im Fachbereich 1.7 *Akustik und Dynamik* am 9. November zum Honorarprofessor ernannt. Damit würdigt die TU seine langjährige und engagierte Tätigkeit als Lehrbeauftragter im Bereich der Akustik.

The TU Braunschweig named Dr. Wittstock, a scientist from Department 1.7 *Acoustics and Dynamics*, an honorary professor on 9 November 2021 in recognition of his many years of commitment as a lecturer on the subject of acoustics.

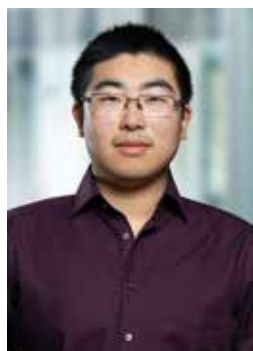
Dr.-Ing. Gia Ngoc Phung

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 2.2 *Hochfrequenz und Felder* wurde auf der Kleinheubacher Tagung 2021 in Miltenberg mit dem Young Scientist Award ausgezeichnet.

Dr. Gia Ngoc Phung, a staff member of Department 2.2 *High Frequency and Electromagnetic Fields*, received the “Young Scientist Award” at the *Kleinheubacher Tagung* 2021 in Miltenberg.



Zunhao Wang



Der Mitarbeiter des Fachbereichs 3.1 *Allgemeine und Anorganische Chemie* hat bei der B-IGSM Summer School 2021 eine Auszeichnung für das beste Poster erhalten. Das Poster trägt den Titel „Towards single molecule detection: Surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) of biological markers on DNA nanobreadboards“.

Zunhao Wang, a staff member of Department 3.1 *General and Inorganic Chemistry*, received an award for the best poster at the B-IGSM Summer School 2021. The poster is entitled “Towards single molecule detection: Surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) of biological markers on DNA nanobreadboards”.

Solmaz Nadiri

Auf der 4. Tagung der Fuels Joint Research Group am 10. und 11. Juni in Dresden-Radebeul hat die Mitarbeiterin des Fachbereichs 3.3 *Physikalische Chemie* den 2. Posterpreis erhalten.

Solmaz Nadiri, a staff member of Department 3.3 *Physical Chemistry*, was awarded 2nd place for her poster at the 4th meeting of the Fuels Joint Research Group on 10–11 June in Dresden-Radebeul.



Xiaoyu He

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 3.3 *Physikalische Chemie* hat auf der 4. Tagung der Fuels Joint Research Group am 10. und 11. Juni in Dresden-Radebeul den 3. Posterpreis bekommen.

Xiaoyu He, a staff member of Department 3.3 *Physical Chemistry*, was awarded 3rd place for his poster at the 4th meeting of the Fuels Joint Research Group on 10–11 June in Dresden-Radebeul.

Prof. Dr. Ravi Fernandes, Dr. Bo Shu, Xiaoyu He (mit Co-Autoren) (with co-authors)

Die Veröffentlichung „A review on ammonia as a potential fuel: from synthesis to economics“ der drei Mitarbeiter des Fachbereichs 3.3 *Physikalische Chemie* in der Zeitschrift *Energy & Fuel ACS* ist als Editor's Choice ausgezeichnet worden.

The publication “A review on ammonia as a potential fuel: from synthesis to economics”, submitted by these three staff members of Department 3.3 *Physical Chemistry*, was named the “Editor's Choice” by the journal *Energy & Fuel ACS*.

Regina Klüß



Auf dem 56. CIML Meeting wurde die Mitarbeiterin des Fachbereichs 3.4 *Analytische Chemie der Gasphase* mit einem Letter of Appreciation für ihre Arbeit als Co-Convenor im OIML TC17/ SC7 ausgezeichnet. Durch ihren engagierten und federführenden Einsatz konnte die OIML R 126 erfolgreich überarbeitet werden, wobei innovative und wegweisende Lösungen für langdiskutierte Fragestellungen gefunden wurden.

Regina Klüß, a staff member of 3.4 *Analytic Chemistry of the Gas Phase*, was awarded a “Letter of Appreciation” for her work as a co-convenor in OIML TC17/ SC7. Thanks to her commitment and leadership service, it was possible to successfully revise OIML R 126 while finding innovative and pioneering solutions to problems which had been in discussion for many years.

Dr. Lena Ruwe

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 3.7 *Grundlagen des Explosionsschutzes* wurde von der Deutschen Section des Combustion Institute, Pittsburgh (e. V.) mit dem

Dr. Lena Ruwe, a staff member of Department 3.7 *Fundamentals of Explosion Protection*, received the Jürgen Warnatz Prize from the German Section of the



Jürgen Warnatz-Preis für ihre Leistungen auf dem Gebiet der Verbrennung, insbesondere zur experimentellen Untersuchung von Verbrennungsvorgängen, ausgezeichnet.

Combustion Institute, Pittsburgh (e.V.) for her achievements in the field of combustion and especially for the experimental investigation of combustion processes.

Tim Käseberg

Der Doktorand im Fachbereich 4.2 *Bild- und Wellenoptik* hat auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) den Preis für das beste Poster für seinen Beitrag „Einzelstrukturcharakterisierung mittels abbildender Müller-Matrix-Ellipsometrie“ erhalten.

Tim Käseberg, a doctoral candidate of Department 4.2 *Imaging and Wave Optics*, won the best poster price for his contribution “Imaging Mueller matrix ellipsometry for characterization of individual nanostructures” at the annual meeting of the *Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik* (DGaO – the German Branch of the European Optical Society).



Dr. Uwe Sterr



Die Stellung der PTB im Bereich Zeit und Frequenz wurde 2020 weltweit mit der Verleihung des European Frequency and Time Awards an den Mitarbeiter des Fachbereichs 4.3 *Quantenoptik und Längeneinheit* gewürdigt. Uwe Sterr erhielt den Preis „für seine außergewöhnliche Pionierarbeit bei der Entwicklung der heute stabilsten Laser für optische Uhren und deren Anwendungen auf der Erde und im Weltraum“. Er ist nach 1997, 2007, 2016 und 2018 schon der fünfte Preisträger aus der PTB.

PTB's leading position in the field of time and frequency received worldwide recognition when Dr. Uwe Sterr, a staff member of Department 4.3 *Quantum Optics and Unit of Length*, received the “European Frequency and Time Award” in 2020. Uwe Sterr received the prize “in recognition of his seminal inventions, developments and use of ultrastable lasers for optical frequency standards, highest resolution spectroscopy and multiple other applications in space and on ground”. He joins four prizewinners from PTB who won in previous years (1997, 2007, 2016 and 2018).

Dr. Ekkehard Peik

Der Leiter des Fachbereichs 4.4 *Zeit und Frequenz* wurde mit dem I. I. Rabi Award 2021 ausgezeichnet. Damit würdigt die IEEE Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control Society seine Beiträge zur Entwicklung optischer Uhren mit gespeicherten Ionen für modernste Metrologie und Tests in der Grundlagenphysik. Der 1983 ins Leben gerufene I. I. Rabi Award

Dr. Ekkehard Peik, Head of Department 4.4 *Time and Frequency*, received the “I. I. Rabi Award 2021” from the IEEE Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control Society in recognition of his significant contributions to the development of optical clocks, including those using trapped ions, for state-of-the-art metrology and tests of fundamental physics. The I. I. Rabi Award,



wird jährlich vom IEEE verliehen, um herausragende Beiträge in den Bereichen atomare und molekulare Frequenznormale sowie Zeitübertragung und -verbreitung zu würdigen.

established in 1983, is awarded annually by the IEEE to recognize outstanding contributions related to the fields of atomic and molecular frequency standards, and time transmission and dissemination.

Martin Steinel

Der Doktorand im Fachbereich 4.4 *Zeit und Frequenz* hat auf der internationalen Konferenz EFTF-IFCS 2021 mit seinem Beitrag „Sympathetic sideband cooling of $^{171}\text{Yb}^+$ ions using $^{88}\text{Sr}^+$ ancillary ions and frequency measurement of the $^{88}\text{Sr}^+$ clock transition at 674 nm“ den Student Poster Competition-Preis in der Gruppe Optische Uhren gewonnen.

Martin Steinel, a doctoral candidate in Department 4.4 *Time and Frequency*, won the student poster competition in the optical clocks group at the international EFTF-IFCS 2021 conference with his presentation entitled “Sympathetic sideband cooling of $^{171}\text{Yb}^+$ ions using $^{88}\text{Sr}^+$ ancillary ions and frequency measurement of the $^{88}\text{Sr}^+$ clock transition at 674 nm”.



Prof. Dr. Piet Schmidt



Der Leiter des *QUEST-Instituts an der PTB* hat einen ERC Advanced Grant erhalten. Damit fördert der Europäische Forschungsrat (ERC) ein Projekt zur erstmaligen Realisierung optischer Uhren, bei denen hochgeladene Ionen mithilfe von Quantentechniken kontrolliert und über Laserspektroskopie gemessen werden. Das Projekt mit einer Laufzeit von fünf Jahren wird vom ERC mit 2,5 Millionen Euro gefördert. Außerdem ist Schmidt zum Fellow of the American Physical Society (APS) ernannt worden. Damit würdigt die APS seine Leistungen bei der Entwicklung der Quantenlogikspektroskopie und deren Anwendung für Hochpräzisionsmessungen optischer Übergänge in Atomen, Molekülen und hochgeladenen Ionen.

Dr. Piet O. Schmidt, Head of the *QUEST Institute at PTB*, has received an ERC Advanced Grant. With this grant, the European Research Council (ERC) is supporting a project for the first-time realization of optical clocks which use quantum techniques to control highly charged ions and measure them by laser spectroscopy. The project will run for five years and is being supported with 2.5 million euros in funding from the ERC. Furthermore, Piet Schmidt was appointed as a “Fellow of the American Physical Society” (APS) in recognition of his achievements in the development of quantum logic spectroscopy techniques and their application in high-precision measurements of optical transitions in atoms, molecules and highly charged ions.

Dr. Peter Micke

Der ehemalige Postdoktorand am *QUEST-Institut an der PTB* (jetzt CERN, BASE collaboration) hat den SAMOP-Dissertationspreis der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) für seine Doktorarbeit mit dem Titel „Quantum logic spectroscopy of highly charged ions“ bekommen.

Dr. Peter Micke, a former post-doc at the *QUEST Institute at PTB* (now at CERN, BASE collaboration), won the SAMOP dissertation prize of the German Physical Society (DPG) for his doctoral thesis entitled “Quantum logic spectroscopy of highly charged ions”.



Dr. Simone Callegari



Der Mitarbeiter des *QUEST-Instituts an der PTB* ist zusammen mit elf anderen ehemaligen CERN-Mitarbeitenden zum „CERN Alumni Champion 2021“ ernannt worden. Damit werden seine wissenschaftlichen Beiträge innerhalb der Forschergruppe und seine Blogbeiträge im „High Energy Network“ des CERN gewürdigt.

Dr. Simone Callegari, a staff member of the *Quest Institute at PTB*, was named “CERN Alumni Champion” 2021 together with eleven former employees of CERN. He was selected to honor his scientific contributions within the research group and his blog articles for the High-Energy Network of CERN.

Mutaib Zackaria

Der wissenschaftliche Mitarbeiter und Doktorand im Fachbereich 5.1 *Oberflächenmesstechnik* hat den ersten Preis des internationalen COOMET-Wettbewerbs für junge Metrologinnen und Metrologen (IX International Competition „The Best Young Metrologist of COOMET“) gewonnen, der am 20./21. April virtuell stattfand. Sein Bericht und die Präsentation seiner Arbeit zu einem automatisierten Ansatz zur Durchführung von Rockwell-Härteprüfungen überzeugten das renommierte wissenschaftliche Komitee des Wettbewerbs, das sich aus Vertretern internationaler (BIPM, BIML) und regionaler (COOMET, AFRIMETS, EURAMET, SIM) Metrologieorganisationen zusammensetzte.

Mutaib Zackaria, a scientific staff member and doctoral candidate in Department 5.1 *Surface Metrology*, won first prize as the “Best Young Metrologist of COOMET” at the IX International Competition which took place virtually on 20–21 April 2021. His report and the presentation of his work on an automated approach for the performance of Rockwell hardness measurements convinced the renowned scientific committee of the competition which had representatives from international (BIPM, BIML) and regional (COOMET, AFRIMETS, EURAMET, SIM) metrology organizations in its ranks.



Dr. Gaoliang Dai, Ziyang Jiao, Benedikt Seeger, Dr. Thomas Weimann

Die Veröffentlichung der Mitarbeiter in den Fachbereichen 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* (Dai, Jiao), 2.4 *Quantenelektronik* (Weimann) sowie 1.7 *Akustik und Dynamik* (Seeger) mit dem Titel „A novel material measure for characterising two-dimensional instrument transfer functions of areal surface topography measuring instruments“ ist von der Zeitschrift *Surface Topography, Metrology and Properties* (STMP) zum „Paper of the Year“ erklärt worden. Die Auszeichnung würdigt die Entwicklung, Charakterisierung und Anwendung eines neu entwickelten Normals zur Bestimmung der 2D-Übertragungsfunktionen von flächenhaften optischen Topografiemessgeräten.

The publication by these staff members from three different departments of PTB, i.e. Department 5.2 *Dimensional Nanometrology* (Dai, Jiao), 2.4 *Quantum Electronics* (Weimann) and 1.7 *Acoustics and Dynamics* (Seeger), entitled “A novel material measure for characterising two-dimensional instrument transfer functions of areal surface topography measuring instruments” was declared “Paper of the Year” by the journal *Surface Topography, Metrology and Properties* (STMP). This award recognizes the development, characterization and application of a newly developed material measure for the characterization of 2D transfer functions of areal surface topography measuring instruments.

Dr. Gaoliang Dai, Kai Hahm

Die beiden Mitarbeiter im Fachbereich 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* haben für ihre Veröffentlichung mit dem Titel „Accurate tip characterization in critical dimension atomic force microscopy“ den „Measurement Science and Technology Outstanding Paper Award for 2020“ der Fachzeitschrift „Measurement Science and Technology“ erhalten. Die Auszeichnung würdigt den Fortschritt bei der hochpräzisen Rasterkraftmikroskop-Spitzencharakterisierung unter Verwendung von Einkristall-Silizium-Linienstrukturen, die in der hochauflösenden Transmissions-Elektronenmikroskopie als Referenz abgebildet werden.

These two staff members of Department 5.2 *Dimensional Nanometrology* were awarded the “Measurement Science and Technology Outstanding Paper Award 2020” of the journal *Measurement Science and Technology* for their publication entitled “Accurate tip characterization in critical dimension atomic force microscopy”. This award honors the advancement in high-precision atomic force microscope tip characterization with the aid of single-crystal silicon line structures which can be imaged using a high-resolution transmission electron microscope as a reference.



Anni Röse

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 5.4 *Interferometrie an Maßverkörperungen* wurde vom Arbeitskreis Chancengleichheit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) in der KW 15/2021 als DPG-Physikerin der Woche vorgestellt.

Anni Röse, a staff member of Department 5.4 *Interferometry on Material Measures*, was featured as the “DPG physicist of the week” by the Working Group on Equal Opportunities of the German Physical Society (DPG) in the 15th calendar week of 2021.

Kerstin Heinecke

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 6.2 *Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik* hat den Posterpreis auf der 3. Jahrestagung der Deutschen Sektion der ISMRM e. V. vom 9. bis zum 10. September in Zürich gewonnen.

Kerstin Heinecke, a staff member of Department 6.2 *Dosimetry for Radiation Therapy and Diagnostic Radiology*, won the poster prize at the 3rd annual meeting of the German chapter of the ISMRM from 9–10 September 2021 in Zurich.



Alexandra Bourguoin

Die Mitarbeiterin des Fachbereichs 6.2 *Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik* hat den CIRMS Junior Investigator Award 2021 gewonnen.

Alexandra Bourguoin, a staff member of Department 6.2 *Dosimetry for Radiation Therapy and Diagnostic Radiology*, won the CIRMS Junior Investigator Award 2021.

Dr. Stefan Pojtinger

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 6.2 *Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgen-diagnostik* hat den 3rd Prize der „Young Investigator Session 2020“ beim „Virtual 8th MR in RT Symposium“ gewonnen.

Dr. Stefan Pojtinger, a staff member of Department 6.2 *Dosimetry for Radiation Therapy and Diagnostic Radiology*, won 3rd prize at the Young Investigator Session 2020 at the Virtual 8th MR in RT Symposium.



Prof. Dr. Mathias Richter



Der Leiter der Abteilung 7 *Temperatur und Synchrotronstrahlung* ist in den Vorstandsrat der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) gewählt worden. Dieses „Parlament“ der wissenschaftlichen Fachgesellschaft trifft vor allem wichtige strategische Entscheidungen.

Dr. Mathias Richter, Head of Division 7 *Temperature and Synchrotron Radiation*, was elected to the council of the German Physical Society (DPG). Above all, this “parliament” of the scientific society makes strategic decisions.

Elena Kononogova

Die Doktorandin im Fachbereich 7.3 *Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie* hat beim „21. Symposium on Thermophysical Properties“ in Boulder mit ihrem Poster „Development, simulation and realization of a nearly Lambertian surface for the FIR range“ den Preis für das beste Poster gewonnen.

Elena Kononogova, a doctoral candidate in Department 7.3 *Detector Radiometry and Radiation Thermometry*, won the prize for the best poster at the 21st Symposium on Thermophysical Properties in Boulder (USA) for her poster “Development, simulation and realization of a nearly Lambertian surface for the FIR range”.



Dr. Stephan Mieke



Auf der 56. Tagung der CIML erhielt Stephan Mieke, Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz*, die OIML-Medaille 2021, die höchste Auszeichnung der International Organization of Legal Metrology (OIML). Der Preis wird in Anerkennung des herausragenden Beitrags einer Person zur Entwicklung des gesetzlichen Messwesens verliehen. OIML-Präsident Prof. Dr. Roman Schwartz hob bei der Preisverleihung nicht nur Miekies langjähriges Streben nach korrekten

Dr. Stephan Mieke from Department 8.1 *Biomedical Magnetic Resonance* received the 2021 OIML Medal, the highest award of the International Organization of Legal Metrology (OIML) at the 56th CIML Meeting. The prize is awarded in recognition of the outstanding contribution of an individual to the advancement of legal metrology. Prof. Dr. Roman Schwartz, the president of OIML, emphasized not only Dr. Mieke’s long-term pursuit of correct measurements in the context of medical

Messungen im Bereich der Medizinprodukte hervor, sondern auch sein unermüdliches Engagement als internationaler Berater, Vortragender und Ausbilder in diesem Bereich.

devices but also his tireless commitment as an international advisor, lecturer and trainer in this field.

Dr.-Ing. Kirsten Miriam Kerkering



Für ihre ausgezeichnete Dissertation mit dem Titel „Multiparametric cardiac magnetic resonance imaging with motion compensation“ wurde Kirsten Miriam Kerkering (Fachbereiche 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* und 6.2 *Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik*) mit dem Manfred-Hirschvogel-Preis 2021 ausgezeichnet. Vergeben wird die mit 5000 Euro dotierte Auszeichnung von der Frank-Hirschvogel-Stiftung, die damit jährlich an allen TU9-Universitäten die jeweils beste Promotion im Bereich Maschinenwesen ehrt. Überreicht wurde der Preis im Rahmen einer Online-Veranstaltung am 19. November 2021.

Dr. Kirsten Miriam Kerkering from Department 8.1 *Biomedical Magnetic Resonance* and Department 6.2 *Dosimetry for Radiation Therapy and Diagnostic Radiology* received the Manfred Hirschvogel Prize 2021 for her outstanding dissertation entitled “Multiparametric cardiac magnetic resonance imaging with motion compensation”. The prize, which is endowed with €5,000, is awarded every year by the Frank Hirschvogel Foundation to the best dissertation at each of the leading nine technical universities in Germany in the field of mechanical engineering. The prize was presented during an online event on 19 November 2021.

Lara Hoffmann

Die Doktorandin in den Fachbereichen 8.4 *Mathematische Modellierung und Datenanalyse* und 4.2 *Bild- und Wellenoptik* hat auf der „Sensors and Measurement Science International Conference“ (SMSI 2021) den zweiten Preis beim Best Paper Award für ihren Vortrag und „Short Paper“ zum Thema „Ensemble Learning for Computational Optical Form Measurement“ erhalten.

Lara Hoffmann, a doctoral candidate in Department 8.4 *Mathematic Modelling and Data Analysis* and Department 4.2 *Imaging and Wave Optics*, received the second place Best Paper Award for her lecture and “short paper” on the topic of “Ensemble learning for computational optical form measurement” at the Sensors and Measurement Science International Conference (SMSI 2021).



Dr. Frank Lienesch

Der Leiter der Abteilung 9 *Gesetzliche und internationale Metrologie* ist neuer Vizepräsident von COOMET (Euro-Asian Cooperation of National Metrology Institutions), der Vereinigung osteuropäischer Metrologieinstitute. Auf der Jubi-

Dr. Frank Lienesch, Head of Division 9 *Legal and International Metrology*, is the new vice president of COOMET (Euro-Asian Cooperation of National Metrology Institutions). He was elected to the position for three years at the celebratory

läumssitzung zum 30-jährigen Bestehen von COOMET wurde er für drei Jahre in das Amt gewählt.

session to mark the 30th anniversary of COOMET.

Dr. Daniel Hutzschenreuter

Der Mitarbeiter des Fachbereichs 9.4 *Metrologie für die digitale Transformation* hat auf dem IMEKO World Congress 2021 den Young Excellent Presentation Award erhalten.

Dr. Daniel Hutzschenreuter, a staff member of Department 9.4 *Metrology for Digital Transformation*, received the “Young Excellent Presentation Award” at the IMEKO World Congress 2021.



Ausbildung

Berufliche Bildung

Im Jahr 2021 befanden sich bis zu 136 junge Menschen in einer der 10 Ausbildungen oder einem der beiden dualen Studiengänge der PTB, 119 davon in Braunschweig.

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

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

Im zweiten Jahr der COVID-19-Pandemie lagen die Probleme nicht mehr auf der technischen Seite des schulischen oder betrieblichen Fernunterrichts. Gerade die jungen Menschen haben die Onlineveranstaltungen einfach satt und wollen wieder unter Menschen sein, um altersgerechte Erfahrungen sammeln zu können. Messen, die vor der Pandemie sehr gut besucht wurden, werden online nur sehr verhalten angenommen.

Den Schülerinnen und Schülern sowie den Auszubildenden fehlen durch die lange Zeit des Alleinseins soziale Kompetenzen, die sie vor Corona unbemerkt und ganz nebenbei im alltäglichen Umgang mit Gleichaltrigen erwarben. Bei vielen jungen Menschen äußert sich dieser Verlust durch eine merkliche Unsicherheit im Umgang mit fremden Menschen. Unsere dualen Studierenden im 3. Semester haben durch Online-Vorlesungen und kameraüberwachte Klausuren die Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften bis Oktober 2021 noch nie von innen gesehen und somit das Leben in ihrer Hochschule nach über einem Jahr noch immer nicht kennengelernt.

In diesem Jahr wurden weniger Azubis als im letzten Jahr eingestellt. Der Grund liegt in den Räumlichkeiten,

Vocational training at PTB

Professional Education

In 2021, up to 136 young people – 119 of which were in Braunschweig – were enrolled in one of the 10 apprenticeships or in one of the two dual study courses of PTB.

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

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

During the second year of the COVID-19 pandemic, the challenge was no longer facing problems with the technical equipment we needed to carry out online training, but rather that young people, in particular, were simply fed up with online events and longed to be with other people again to gain age-appropriate life experience. Trade fairs which attracted many visitors before the pandemic only drew a small number of online viewers.

Due to the long period of time spent alone, the students and apprentices lack social skills that they normally would have acquired (practically unnoticed) in interactions with their peers before the pandemic. This missed opportunity is apparent in the obvious insecurity of many young people in situations with strangers. Our 3rd semester dual degree students had never been inside the walls of the Ostfalia University of Applied Sciences until October 2021 because lectures were all online and exams were monitored by cameras, meaning that they still had not become familiar with life at their university more than one year later.

Fewer apprentices were hired this year than last year. The problem was that the available spaces did not have enough room to allow for social distancing. Not least because of the apprentices’ enthusiasm for vaccina-

die sonst keine an die Situation angepassten Abstände zuließen. Nicht zuletzt durch die Impffreudigkeit unserer Auszubildenden sehen wir optimistisch in die Zukunft und beabsichtigen für das Einstellungsjahr 2022 wieder alle Ausbildungsplätze zu besetzen, soweit uns das trotz der demografischen Lage und der Studierfreudigkeit der Schulabgänger möglich ist. Das heißt jedoch nicht, dass die PTB für die beiden dualen Studiengänge einen ungebremsen Zulauf hat. Da der Bedarf an Informatikerinnen und Informatikern mit akademischer Laufbahn wesentlich stärker zunimmt als die Anzahl derer, die diesen Studiengang einschlagen, ist die Besetzung dieser Studienplätze ebenfalls eine große Herausforderung. Um den Bedarf trotzdem decken zu können, geht die PTB neue Wege: Sie ermöglicht leistungsstarken Auszubildenden im Ausbildungsberuf „Fachinformatiker/in der Fachrichtung Anwendungsentwicklung“ einen Wechsel zum dualen Studium oder ein duales Studium im Anschluss an die IHK-Ausbildung.

Trotz aller negativen Einflüsse der Pandemie konnte sich die PTB auch in diesem Jahr wieder über viele überdurchschnittliche und auch herausragende Abschlüsse freuen.

Die 40 Absolventinnen und Absolventen der PTB Braunschweig und Berlin haben im Schnitt mit der Note 2,3 ausgelernt. Wie auch im letzten Jahr war zehnmal die Abschlussnote „sehr gut“ vertreten, und zwei Landessieger stellt die PTB auch wieder.

Für ihre Leistungen wurden in diesem Jahr keine Absolventinnen und Absolventen im sonst üblichen Rahmen geehrt, was ihren Auszubildenden sehr leidtut.

tions, we are optimistic about the future and plan to fill all apprenticeship positions in the 2022 beginning class to the degree that it will be possible despite of the demographic situation and the popularity of university studies for school graduates. However, that does not mean that there is a run on both of PTB's dual degree programs. As the demand for computer scientists with a university path is growing higher than the number of people who are choosing this course of studies, finding candidates to fill these places at the university is also a great challenge. In order to still provide the specialists of tomorrow, PTB is moving in new directions: It is allowing top apprentices in the apprenticed profession of "IT specialist in the field of application development" to change to a dual degree program or to pursue a dual degree program after receiving their vocational training degree from the Chamber of Industry and Commerce.

Despite all of the negative effects of the pandemic, PTB was once again pleased with the numerous above average and excellent final examinations.

The 40 graduates of PTB Braunschweig and Berlin completed their degrees with an average mark of 2.3. Like last year, ten graduates earned a "very good" final mark, and two federal state winners were also from PTB.

The trainers are very sorry that it was not possible this year to honor the achievements of the graduates with the usual ceremonies.

Mit der Note „sehr gut“ ausgelernt / Graduates with a "very good" mark



Marleen Strömich

Elektronikerin für Geräte und Systeme

Electronics technician for equipment and systems



Robin Luca Abraham

Elektroniker für Geräte und Systeme

Electronics technician for equipment and systems



Max Bunde

Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik

Electronics technician for energy and building technology



Raoul Denecke

Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik

Electronics technician for energy and building technology



Johannes Benedict

Physiklaborant
Physics laboratory
assistant



Marvin Lee Krause

Feinwerkmechaniker
Precision mechanic



Jan Blom

Elektroniker für Geräte und Systeme
Electronics technician for
equipment and systems

Kammer- und Landessieger /

Chamber of Industry and Commerce and federal state winners



Johannes Benedict

Landessieger
Physiklaborant
Federal state winner
Physics laboratory assistant



Marvin Lee Krause

Landessieger
Feinwerkmechaniker
Federal state winner
Precision mechanic

Bachelor / Bachelor

Ob Studien- oder Bachelorarbeit – die Kolloquien der angehenden Bachelors sind durch ihre hohe Qualität sehr beliebt und wurden auch in diesem Jahr wieder alle mit der Note 1,0 honoriert. Allerdings konnte man ihnen wegen der Pandemie nur online beiwohnen.

No matter whether the topic was a student research paper or a bachelor's thesis, the colloquia for students working toward bachelor's degrees are very popular due to their high quality and all received a 1.0 mark this year as well. Unfortunately, attendance was all virtual due to the pandemic.

Bachelor mit der Note 1,0 / Bachelor students who received a mark of 1.0



Johanna Lengsfeld

Bachelor of Engineering
Elektro- u. Informationstechnik im Praxisverbund
Bachelor of Engineering
Electrical Engineering and Information
Technology as an Integrated Degree Program



Melina Strüp

Bachelor of Engineering
Elektro- u. Informationstechnik im Praxisverbund
Bachelor of Engineering
Electrical Engineering and Information
Technology as an Integrated Degree Program



Jonas Leon Klobß

Bachelor of Engineering
Elektro- u. Informationstechnik im Praxisverbund
Bachelor of Engineering
Electrical Engineering and Information
Technology as an Integrated Degree Program

Akademische Abschlüsse / Academic degrees

Promotionen / Doctoral degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Stephan Passon	Elektrische Energietechnik (2.3)	TU Braunschweig	HVDC mit überlagerten Impulsspannungen
Lars Freise	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	U Hannover	Einzelelektronenschaltungen mit ballistischen heißen Elektronen
Marco Kraus	Elektrische Quantenmetrologie (2.6)	TU Braunschweig	Ein quantenbasiertes Rauschspannungsnormal für die primäre Rauschthermometrie
Lukas Flierl	Allgemeine und Anorganische Chemie (3.1)	TU Braunschweig	Contributions to the measurement of absolute isotope ratios of carbon dioxide by the gravimetric mixture approach
Sarah Schmidt	Allgemeine und Anorganische Chemie (3.1)	TU Braunschweig	Entwicklung eines Referenzverfahrens zur Quantifizierung von Hämoglobin mittels oberflächenverstärkter Raman-Spektroskopie an Immunoassays
Ahmed Hashad	Physikalische Chemie (3.3)	TU Braunschweig	Investigation of non-rotating piston gauges as primary and secondary standards for the intermediate vacuum-pressure range from 0 to 15 kPa
Melissa Schenker	Bild- und Wellenoptik (4.2)	TU Braunschweig	Entwicklung und modellbasierte Fehleranalyse einer Referenzanlage zur Messung der Modulationstransferfunktion von Objektiven
Johannes Bautsch	Bild- und Wellenoptik (4.2)	TU Braunschweig	Hochgenaue orts- und winkelaufgelöste Kalibrierung von Wellenfrontsensoren
Richard Lange	Zeit und Frequenz (4.4)	U Hannover	High-precision frequency comparisons and searches for New Physics with Yb ⁺ optical clocks
Kristof Teichel	Zeit und Frequenz (4.4)	U Erlangen	Design and analysis of security measures for clock synchronization protocols
Jan Kiethe	QUEST	U Hannover	Atomic friction and symmetry-breaking transitions in ion coulomb systems

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Matthias Borchert	QUEST	U Hannover	Challenging the standard model by high precision comparisons of the fundamental properties of antiprotons and protons
Teresa Meiners	QUEST	U Hannover	Characterisation of an experiment for sympathetic cooling and coupling of ions in a cryogenic Penning trap
Linus Krieg	Fertigungsmesstechnik (5)	TU Braunschweig	Elektrische Charakterisierung hybrider PEDOT/ ZnO- und PEDOT/GaN-Strukturen hergestellt mittels oxidativer chemischer Gasphasendeposition
Liang Yu	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Harbin Institute of Technology, China	Three degree-of-freedom ultra-precision laser interferometry based on single beam interferogram
Eva Kuhn	Interferometrie an Maßverkörperungen (5.4)	TU Braunschweig	Weiterentwicklung von Kugelinterferometer 2 und Wellenfrontaberration an Siliziumkugeln
Kim Marina Holm	Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik (6.2)	U Heidelberg	Absorbed dose to water measurements in the SOBP of a clinical carbon-ion beam using water calorimetry
Stefan Pojtinger	Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik (6.2)	U Tübingen	Dosimetry of ionizing radiation in magnetic fields
Florian Heimbach	Strahlenschutzdosimetrie (6.3)	U München	Investigation of the feasibility of a DNA-based radiosensitive device
Analía Fernández Herrero	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	TU Berlin	Systematic analysis of the impact of line-edge roughness on the X-ray scattering pattern
Felix Fehres	Temperatur (7.4)	U Hannover	Schallgeschwindigkeitsmessungen in Seewasser bei hohen Drücken
Christian Günz	Temperatur (7.4)	U Bochum	Combined dielectric-constant gas thermometry and expansion experiments – virial coefficients of argon
Andreas Weissenbrunner	Wärme und Vakuum (7.5)	TU Berlin	Simulation based uncertainty analysis of flow rate prediction

Name / Name	Fachbereich / Department	Universität / University	Thema / Subject
Martin Straka	Wärme und Vakuum (7.5)	TU Berlin	Vergleich realer und synthetisch generierter Strömungszustände in Rohrleitungen mittels numerischer und laseroptischer Verfahren
Marco Schmidt	Kryosensorik (7.6)	TU Berlin	Untersuchungen an Quantenpunkt-basierten nanophotonischen Strukturen mittels photonenzahlauflösender Detektoren
Johannes Mayer	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	TU Berlin	Imaging vulnerable coronary plaques using 3D motion-corrected simultaneous PET/MR
Clarissa Wink	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	TU Berlin	4D flow imaging with 2D spatially selective excitation
Tianhao Liu	Biosignale (8.2)	Harbin Institute of Technology, China	Research on realization and application of μ T-level magnetic fields of high homogeneity inside magnetically shielded rooms
Peter Hömmen	Biosignale (8.2)	TU Ilmenau	Realization of current density imaging using ultra-low-field MRI
Andreas Weissenbrunner	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	TU Berlin	Simulation-based uncertainty analysis of flow rate prediction
Selma Metzner	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	TU Berlin	Bayesian data analysis for magnetic resonance fingerprinting
Manuel Marschall	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	TU Berlin	Explicit and adaptive Bayesian inversion in hierarchical tensor format

Master / Master's degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Alex Schmidt	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	Magnetische Messungen mit NV-Zentren in Diamant
Qi Wang	Physikalische Chemie (3.3)	Investigation on the ignition properties of propanol and butanol isomers under fuel lean conditions
Rosa Shahnazari Najafabadi	Physikalische Chemie (3.3) / Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Untersuchungen zu Einflussgrößen bei der Messung von Explosionsdrücken mittels piezoelektrischer Drucksensoren (nach IEC 60079-1)
Nestor Munoz	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Numerical modeling of explosion regions of flammable substances/inert gas/oxidant mixtures, using the calculated adiabatic flame temperature method
Viswa Sunkavalli	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Investigation of the temperature field after an electrical discharge in air via background oriented schlieren
Manideep Manchikatla	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Simulation and evaluation of the flame propagation when igniting hydrogen-air mixture inside a flame-proof enclosure
Jacqueline Horstmann	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Aufbau eines Messplatzes zur hochauflösenden optischen Untersuchung von turbulenten reaktiven Strömungen
Rebecca Diethelm	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Laserinduzierte Fluoreszenzspektroskopie an Kohlenwasserstoffen
Yang Sun	Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Entwurf und Aufbau einer Messvorrichtung zur Bestimmung der Eisenverluste weichmagnetischer Materialien bei hohen Frequenzen mit einer universellen digitalen Rückkopplung
Song Zihang	Explosionsgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Measurement of eddy current losses in permanent magnets of permanent magnet synchronous machines during operation
Olalekan Abimbola	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Determination lower explosion points of mixtures at non-atmospheric conditions

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Armin Zörkler	Bild- und Wellenoptik (4.2)	Messung des Roll-, Nick- und Gierwinkels mit einer interferenzbasierten Beleuchtung
Niklas Kuhrmeyer	Zeit und Frequenz (4.4)	Weglängenstabilisierung zur Übertragung hochstabiler optischer Signale mit SDR-Techniken
Malte Brinkmann	QUEST	Design und Fabrikation skalierbarer Ionenfallen für neuartige Anwendungen der Quantenmetrologie
Frederik Jacobs	QUEST	Axiale Laserkühlung und Detektion für eine kryogene Penningfallenapparatur
Markus Duwe	QUEST	Optimization and characterization of single- and multi-qubit gates for an ion trap quantum processor
Simon Roßmann	QUEST	Raman-Lasersystem zur Kontrolle von Beryllium-Ionen in kryogenen Paul-Fallen
Julian Pick	QUEST	140 GHz Raman laser system for quantum control in Penning traps
Wilson Ombati Nyang'au	Fertigungsmesstechnik (5)	Microcantilever-based measurement of mass and magnetic moment of liquidborne magnetic micro- and nanoparticles
Qiang Zhang	Oberflächenmesstechnik (5.1)	Investigation of the mechanical properties of single crystalline silicon through nanoindentation with a Berkovich indenter
Cao Minqian	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Analysis of measurement uncertainty in calibration of 3D nano standards by Met. LR-AFM
Lanting Xiang	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Optimierung des Fertigungsverfahrens zur Herstellung von Bezugsnormen zur quantitativen Charakterisierung flächenhaft messender Oberflächenmesstechnik
Yuqi Zhang	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Further development of a signal acquisition and processing system for a low-noise 3D-AFM using the FPGA technique
Bing Wang	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Parallel GPU processing of interference microscopic signals for fast three-dimensional (3D) nanometrology

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Ziyang Jiao	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Untersuchung der Störgrößen und ihrer Fortpflanzung bei der Charakterisierung der 2D Instrument Transfer Function von flächig messenden Oberflächenmessgeräten
Stephan Scher	Koordinatenmesstechnik (5.3)	Entwicklung einer Manipulationseinheit für kleine Kugeln für die experimentelle Anwendung in der Kugelinterferometrie
Ramesh Vantaku	Interferometrie an Maßverkörperungen (5.4)	Investigating phase shift and roughness on gauge blocks using a Newton's rings method
Müseref Tas	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	Inbetriebnahme und Charakterisierung eines abbildenden Detektionssystems für die EUV-Reflektometrie
Alina Krivoi	Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung (7.2)	Elektrochemische Charakterisierung von Lithium-Schwefel-Batterien im Hinblick auf Röntgenspektroskopie an neuartigem Kathodenmaterial
Arnold Kruschinski	Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung (7.2)	Ein Detektionsschema für Strahlung auf der Fundamentalmode für das Steady-State-Microbunching Proof-of-Principle-Experiment an der Metrology Light Source
Konstantin Wenzel	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Development, evaluation and implementation of passive B0 field shimming techniques for magnetic resonance imaging
Duote Chen	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Investigation of a transfer-learning approach for neural networks-based artefacts reduction in cardiac cine MRI
Kerstin Heinecke	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Simultaneous mapping of B0, B1 and T1 for the correction of CEST-MRI contrast
Jessica Michalska	Biomedizinische Optik (8.3)	Untersuchung und Bewertung von Methoden zum Nachweis von SARS-CoV-2
Hunain Farook	Biomedizinische Optik (8.3)	Schichtauflösung bei cw NIRS-Messungen an der Kleintiere
Florian Webner	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	Numerical simulation of slug flow in horizontal pipes and comparison with slug frequency prediction methods from literature

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Jina Phaosricharoen	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	Simulation von Strömungsvorgängen zur Modellierung von Durchflussexperimenten in der Magnetresonanztomografie
Jacopo Zurbuch	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	Large-scale Bayesian linear regression with application to MR imaging
Paul Hagemann	Mathematische Modellierung und Datenanalyse (8.4)	Stabilizing invertible neural networks using mixture models

Bachelor / Bachelor's degrees

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Jonas Kloß	Masse (1.1)	Validierung der Implementierung eines Josephson-Spannungs-normals in die Spannungsmessung der Planck-Waage
Melina Strüp	Schall (1.6)	Untersuchung der binauralen Lautheitssummation von tieffrequentem Schall – Einfluss auf Hörschwellen und Lautheitsvergleich
Perdania Pebri Ratu Fitria	Hochfrequenz und Felder (2.2)	Aufbau und Programmierung eines Messplatzes für Hochfrequenzleistung
Tristan Büthe	Hochfrequenz und Felder (2.2)	Erarbeitung eines Messaufbaus zur Darstellung und Kalibrierung eines künstlichen Radarrückstreuquerschnitts auf fliegenden Plattformen
Lin Li	Elektrische Energietechnik (2.3)	Calibration of SV-based energy meter
Jiaying Guo	Elektrische Energietechnik (2.3)	Realisierung eines 8/20-Stoßstromgenerators
Frederic Kouamegni	Quantenelektronik (2.4)	Optimierung der Hochfrequenz-Eigenschaften eines Parametrischen Wanderwellenverstärkers mit CST Studio Suite 3D-EM-Simulation

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Johanna Lengsfeld	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	Entwicklung einer Temperaturregelung für ein wassergekühltes 200-mT-Magnetfeldnormal
Nora Bahrami	Halbleiterphysik und Magnetismus (2.5)	Vergleich zweier Lichtquellen für optische Detektion magnetischer Resonanz an Stickstoff-Fehlstellen-Zentren in Nanodiamanten
Simon Riedel	Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik (3.6)	Thermische Modellierung eines isoperibolen Batterie- kalorimeters
Lara Kuhr	Allgemeine und Anorganische Chemie (3.1)	Oberflächenverstärkte Infrarotabsorptionsspektroskopie zur sensitiven Quantifizierung von Gasmolekülen
Mohammad Imam Malik	Allgemeine und Anorganische Chemie (3.1)	Verwendung eines neuen primären Referenzspektrometers zur Messung von 18650-Zellen: Softwareentwicklung und Messunsicherheit
Alejandro García Laguna	Physikalische Chemie (3.3)	Investigation on the ignition delay time of butanol fuels for aviation application
Markus Kleinecke	Analytische Chemie der Gasphase (3.4)	Konzeptstudie für den Aufbau einer Test-Facility für die Charakterisierung von NO _x -Sensoren – Metrologische Rückführung auf NO ₂ -Standards im Rahmen des PTB-Beitrages im Projekt „MesSBAR“
Tianchen Pan	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Einfluss der Befestigungsmethoden von Thermoelementen bei der Temperaturmessung
Karl Schulz	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Überprüfung und thermische Charakterisierung von Klemmenkästen im Explosionsschutz
Eckhardt Felix	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Experimentelle Spannungsanalyse an druckfesten Kapselungen
Lirim Mehdii	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Entwicklung eines Prüfmusters für das Ringvergleichsprogramm „Small Component Temperature“ zur Bestimmung von Oberflächentemperaturen nach IEC 60079-0
Yunyu Chen	Explosionsschutz in der Energietechnik (3.5)	Untersuchung der Einflussfaktoren bei der Prüfung kleiner Bauteile

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Nico Bode	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Messunsicherheitsbestimmung der beim Laden und Entladen einer Lithium-Ionen-Zelle auftretenden Joule-Wärme und Reaktionswärme
Daniel-Lukas Riedel	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Charakterisierung von Lithium-Ionen-Batteriemodulen zur Beurteilung für eine mögliche Second-Life-Anwendung
Cedric Jackmann	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Charakterisierung von Lithium-Ionen-Zellen unter Einwirkung mechanischer Belastung
Sönke Niemann	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Echtzeitsimulation der Zündfähigkeit eines explosionsfähigen Gasgemisches für den semi-empirischen Konformitätstest von eigensicheren elektrischen Geräten
Zihao Wang	Explosionssgeschützte Sensorik und Messtechnik (3.6)	Entwicklung eines LabVIEW-Programms und SPS-Funktionsbausteine zur Justierung der Messketten für die Analogsignale
Katharina Ditler	Grundlagen des Explosionsschutzes (3.7)	Entwicklung eines Algorithmus für die Auswertung von Messwerten zur Ermittlung von Kenngrößen des Explosionsschutzes mittels Python
Andreas Csarmann	Photometrie und Spektroradiometrie (4.1)	Characterisation of stray light in luminance imaging devices
Xiang Chen	Photometrie und Spektroradiometrie (4.1)	Optimierung und Erweiterung einer Software zur Erkennung von Photogrammetrie-Marken
Elizaveta Surzhikova	QUEST	Autonome Steuerung einer optischen Atomuhr mit Zustandserkennung und -korrektur
Morten Drees	QUEST	Realisierung eines miniaturisierten Hochleistungs-Diodenlasersystems bei 626 nm für die Quanteninformationsverarbeitung mit $^9\text{Be}^+$ -Qubits
Felix Springer	QUEST	Storage Register Design for an Ion Trap Quantum Processor
Jannik Hertzberg	QUEST	Hochstabiles Quantisierungsfeld für $^9\text{Be}^+$ -Qubits in einer kryogenen Ionenfallenapparatur
Kostantyn Vasylenko	QUEST	Konstruktion einer Apparatur zur Realisierung eines Multi-Register-Ionenfallen-Quantencomputers

Name / Name	Fachbereich / Department	Thema / Subject
Matthias Neuwirth	Dimensionelle Nanometrologie (5.2)	Machine Learning für die Bestimmung der fraktalen Dimension von Ruß
Lena Heinrich	Interferometrie an Maßverkörperungen (5.4)	Strategien zur Sub-Apertur-Abtastung kleiner Kugeln beim Einsatz in einem abbildenden Kugelinterferometer
Jöran Palm	Interferometrie an Maßverkörperungen (5.4)	Entwicklung eines morphologischen Kastens zur Adaption eines Laserscanners für die Messung großer Objekte
Johannes Huisman	Wissenschaftlicher Gerätebau (5.5)	Adjustment units for an interferometer for absolute geodetic lengths
Jonas Koll	Strahlenschutzdosimetrie (6.3)	Entwicklung, Aufbau und Charakterisierung eines Photodioden-Messsystems zur zeitaufgelösten Messung von gepulster und kontinuierlicher Röntgenstrahlung
Felix Lehner	Strahlenschutzdosimetrie (6.3)	Analyse- und Berechnungsverfahren zur Auswertung eines pixelierten Detektors mit einem Gleitschatten-Filter
Barbara Vinatzer	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	Optimierung der Betriebsparameter und Messstrategien eines Optischen Nahfeldmikroskops
Oleg Cornelsen	Radiometrie mit Synchrotronstrahlung (7.1)	Routenminimierung bei der Erfassung mehrdimensionaler Daten am Nahfeldmikroskop für die Nutzbarmachung von Compressed Sensing
Ole Oggesen	Biomedizinische Magnetresonanz (8.1)	Evaluation and implementation of a signal chain for low-field magnetic resonance imaging
Lam G. Tran	Biosignale (8.2)	Bestimmung der Konzentrationsbereiche für funktionelles Magnetic Particle Imaging
Philipp Kyri	Biosignale (8.2)	Entwicklung einer Einheit für die temperaturabhängige Aufzeichnung von MPI-Systemfunktionen mit einem Positionierroboter
Arlind Krasniqi	Biosignale (8.2)	Design und Datenmodell eines Probendokumentationssystems (Managementsystems) für die Qualitätskontrolle bei der Charakterisierung magnetischer Nanopartikel

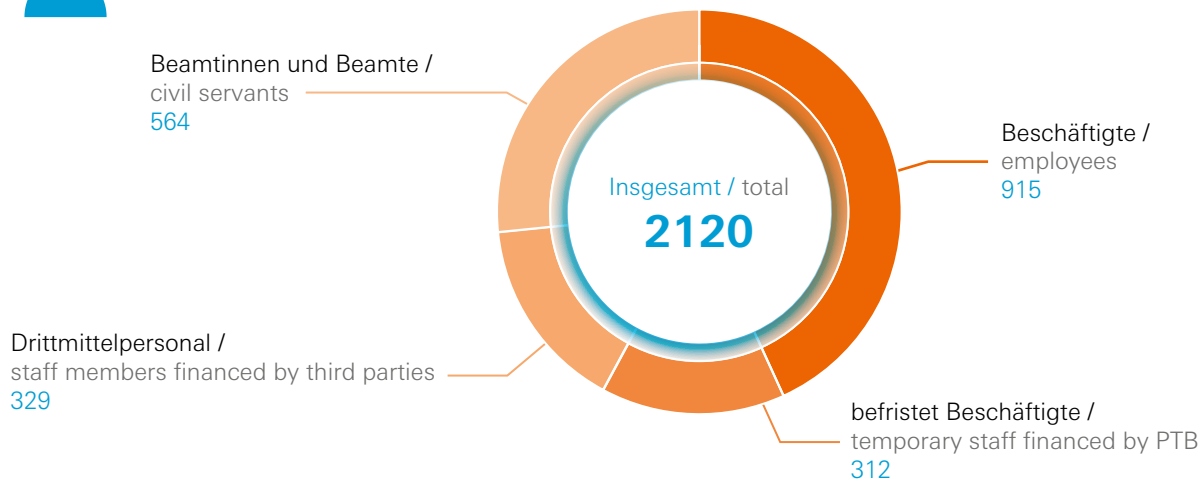
Zahlen und Fakten

Figures and Facts





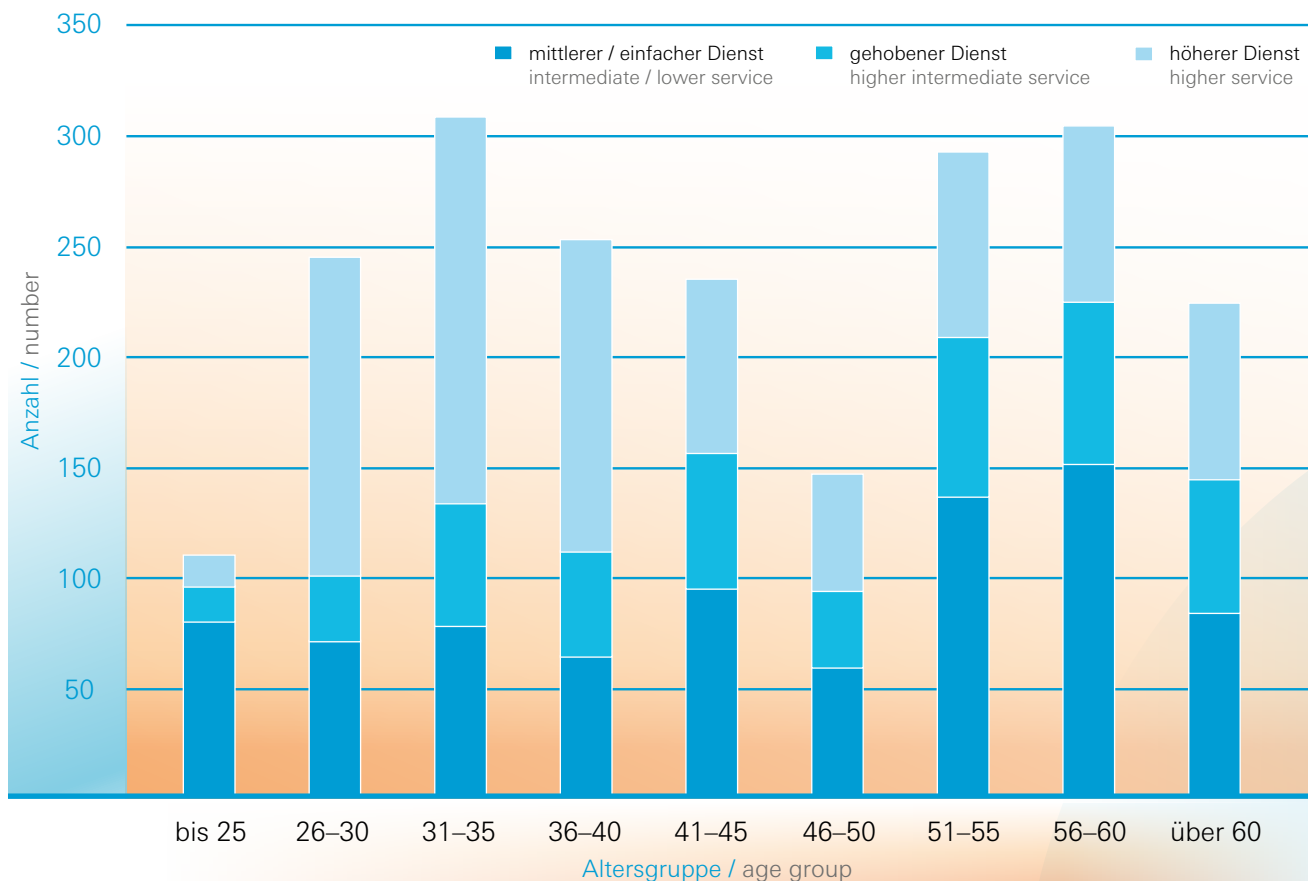
Personal / Staff



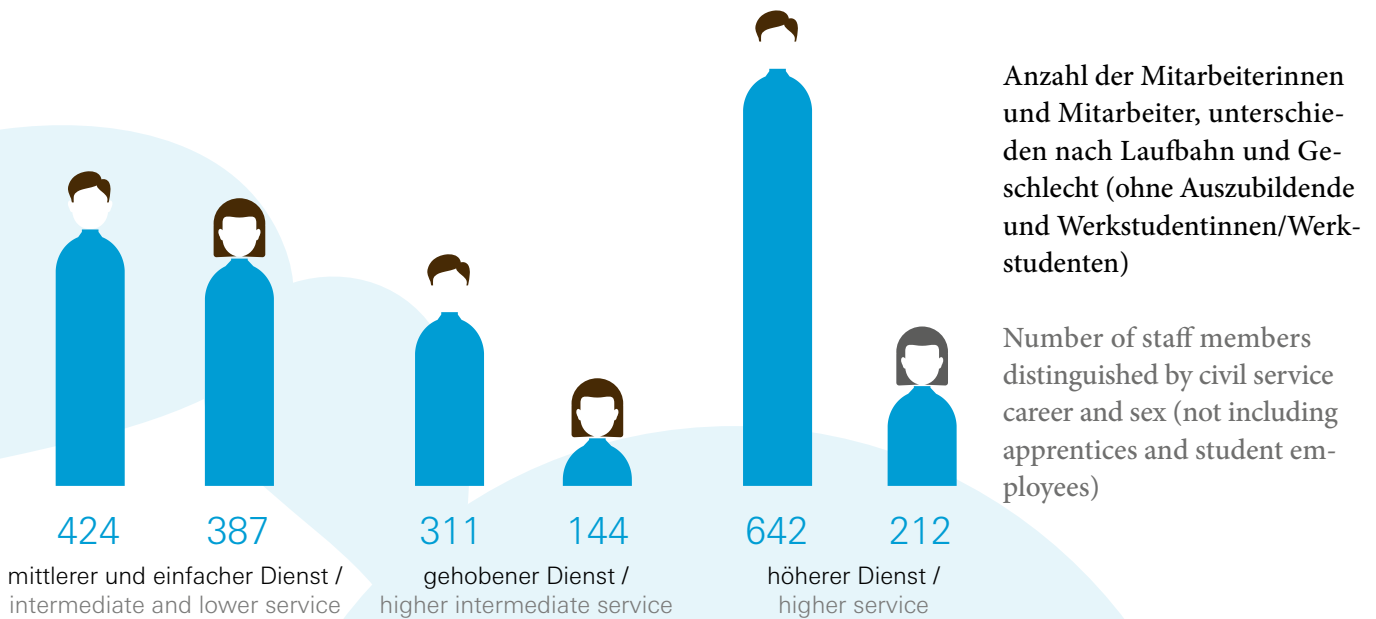
Die PTB zählte zum 31.12.2021 insgesamt 2120 Mitarbeitende. Der Anteil der Beamtinnen und Beamten lag bei rund 26,4 %, der Anteil aller mit befristeten Verträgen (finanziert aus PTB-Mitteln sowie aus Drittmitteln) bei 30 %. Das Säulendiagramm zeigt die Altersstruktur in den unterschiedlichen Laufbahngruppen. Weiterhin waren im letzten Jahr 108 Werkstudentinnen und -studenten und 136 Auszubildende in der PTB beschäftigt.

At 31.12.2021, PTB employed a total of 2120 members of staff. Civil servants made up around 26,4 % of all employees, while those with temporary contracts (financed with PTB funds as well as with third-party funds) made up around 30 % of all employees. The bar chart is showing the age structure of staff, distinguished by civil service groups. Furthermore, 108 student employees and 136 apprentices were employed last year.

Altersstruktur / Age structure



Laufbahn / Civil service career



Ausbildung / Training

■ Braunschweig ■ Berlin

11 (2)

Duales Studium Informatik / dual studies in computer sciences

19 (4)

Duales Studium Elektro- und Informationstechnik / dual studies in electrical and information technology

19 (7)

Fachinformatiker/in / qualified IT specialists

25 (6)

Elektroniker/in für Geräte und Systeme / electronics technicians for equipment and systems

19 (5)

Physiklaborant/in / laboratory technicians, physics

7 (3)

Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik / electronics technicians for energy and building technology

4 (1)

Mediengestalter/in / media designers

1 (1)

Fotograf/in / photographers

13 (3)

Feinwerkmechaniker/in – Schwerpunkt Feinmechanik / precision instrument makers – specialty: precision mechanics

4 (2)

Tischler/in / joiners

5 (0)

Elektroniker/in für Informations- und Systemtechnik / electronics technicians for information and systems technology

5 (2)

Kaufmann/frau für Büromanagement / office management assistants

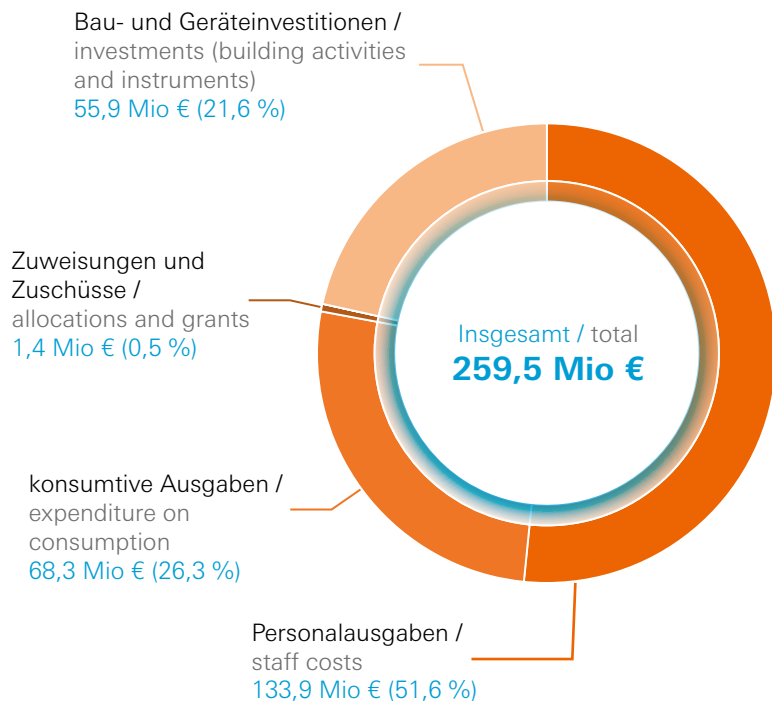
Die PTB gehört zu den größten Ausbildungsbetrieben in der Region Braunschweig. Gegenwärtig sind 136 Auszubildende bei der PTB angestellt. (In Klammern sind die Neueinstellungen im Berichtsjahr angegeben.) Alle Auszubildende werden nach der Abschlussprüfung für mindestens ein Jahr in der PTB weiterbeschäftigt.

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

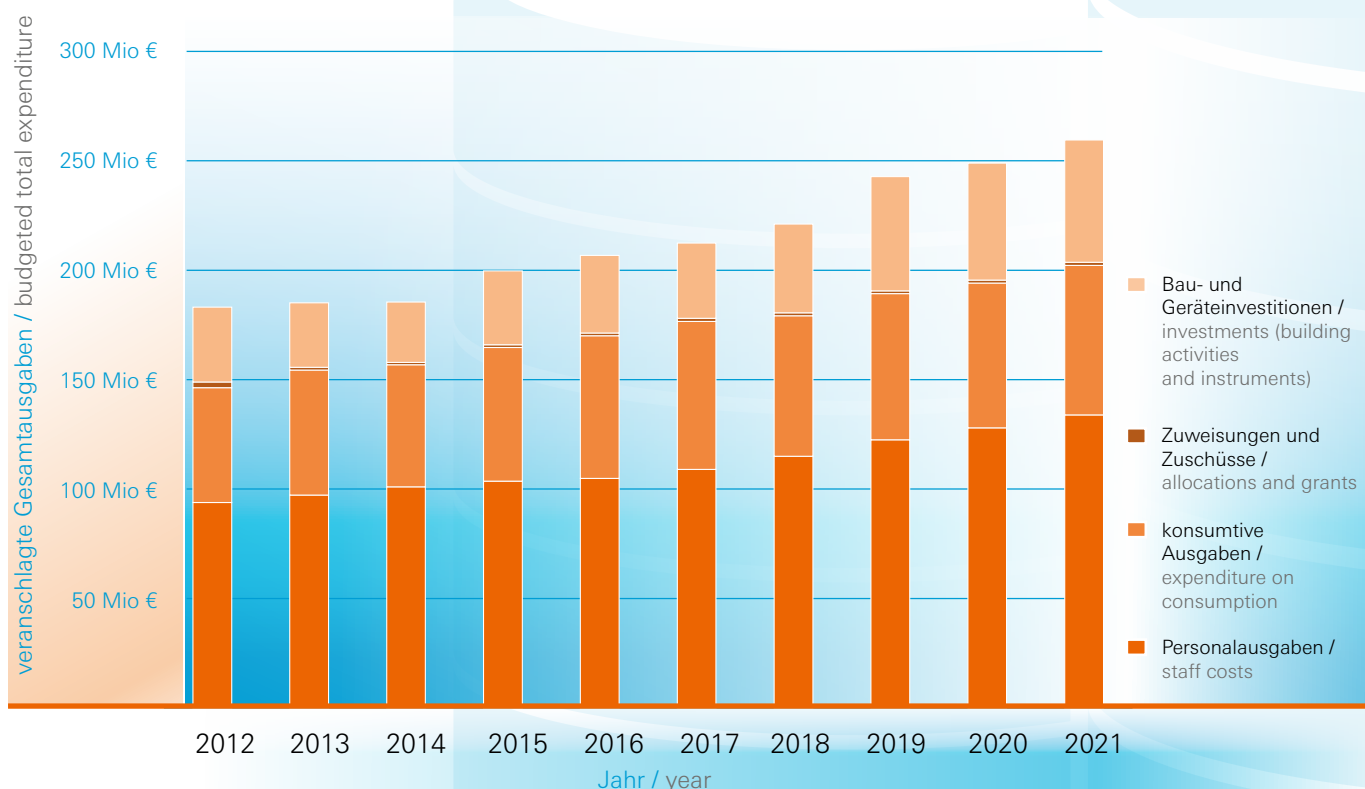
Ausgabenverteilung / Breakdown of expenditure



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 BImA (Bundesanstalt für Immobilienaufgaben) enthalten.

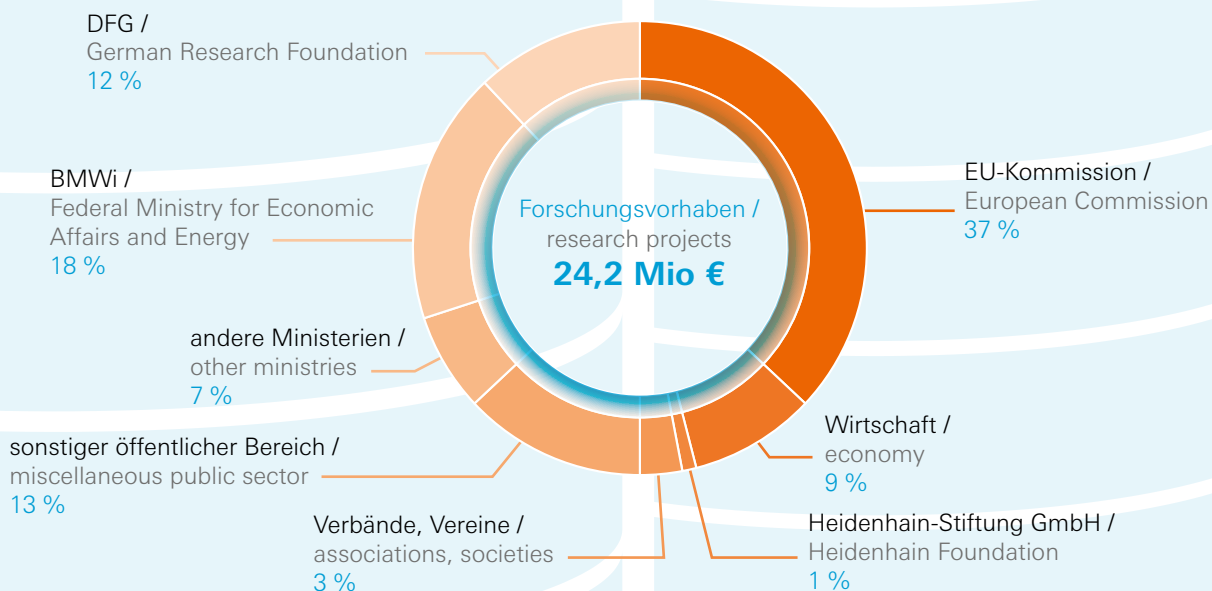
The chart shows the breakdown of the expenditure (in million euros) in the year under review. Bar chart at the bottom: Development of the total expenditure of the PTB budget in the past ten years. Since 2012, the rental payments to the Bundesanstalt für Immobilienaufgaben are included in the PTB budget,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

Entwicklung des Haushalts / Budget development

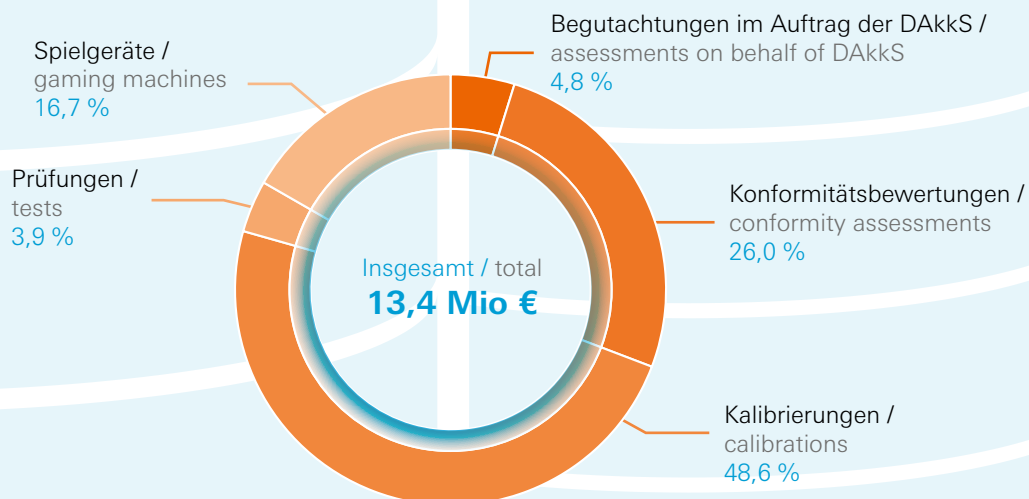


Drittmittel / Third-party funds

- Die Ausgaben für Forschungsvorhaben aus Drittmitteln summieren sich im Jahr 2021 auf 24,2 Mio. Euro. Die Grafik gibt hierzu die prozentualen Anteile der unterschiedlichen Quellen an.
- Für Projekte der Internationalen Zusammenarbeit wurden 14,3 Mio. Euro verwendet.
- Insgesamt ergeben sich im Berichtsjahr 38,5 Mio. Euro für 666 Drittmittelprojekte (Forschungsvorhaben und Projekte der Internationalen Zusammenarbeit).
- Speziell mit den Mitteln der Heidenhain-Stiftung GmbH werden drei Nachwuchsgruppen finanziert (eine zur Nanometrologie, zwei zur Digitalisierung im gesetzlichen Messwesen).
- In 2021, the expenditure for research projects from third-party funds added up to a total of 24.2 million euros. The chart shows the percentage shares of the different sources.
- For projects of PTB's *International Cooperation Group*, 14.3 million euros were used.
- In total, 38.5 million euros were used for 666 third-party projects (research projects and projects of PTB's *International Cooperation Group*).
- Three groups of junior researchers (one concerns nanometrology and the others digitalization in the field of legal metrology) receive special funding from the Heidenhain Foundation (Heidenhain-Stiftung GmbH).



Einnahmenanteile der Dienstleistungsbereiche / Income distribution of the service sectors



Einnahmenanteile der verschiedenen Dienstleistungsbereiche der PTB im Jahr 2021. Gesamtforderungen: 13,4 Millionen Euro.

Income distribution of 2021 among the various service sectors of PTB. Total receivables: 13.4 million euros.



Projektpartner der PTB /
PTB's project partners

Internationale Zusammenarbeit / International cooperation



regional

bilateral

mehr als 90 Länder / more than 90 countries

Die Qualitätsinfrastruktur-Projekte der Gruppe 9.3 *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. Das Personal und die Expertinnen und Experten der Gruppe 9.3 beraten Regierungen und Ministerien, Institutionen der Qualitätsinfrastruktur sowie kleine und mittlere Unternehmen.

Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) und die Europäische Union finanzieren die Projekte.

Volumen

14,3 Mio €

The quality infrastructure projects of PTB's Group 9.3 *International Cooperation* help improve the situation in developing countries and countries in transition. More than 90 countries and regions 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 Group 9.3 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) and the European Union.

Funding volume

€ 14.3 million



Normung / Standardization

nationale Gremien /
national bodies

741 ■

davon Normung /
thereof: standardization

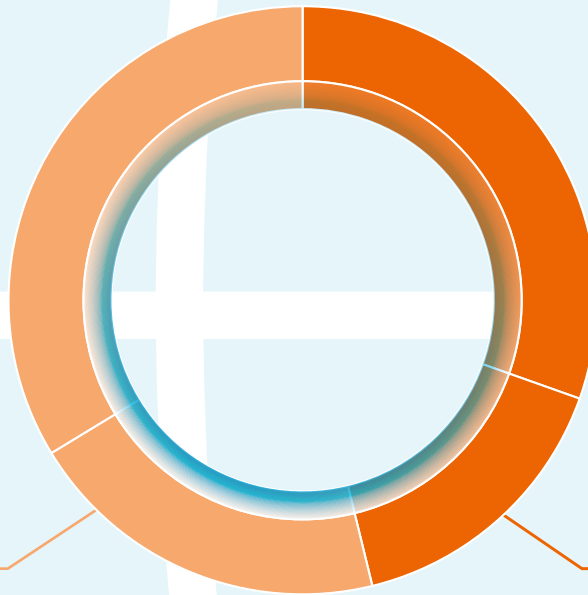
277

internationale Gremien /
international bodies

■ **636**

davon Normung /
thereof: standardization

217



Nationale Normungsvorhaben / National standardization projects

Die PTB engagierte sich im Jahr 2021 in 741 nationalen Gremien, darunter 277 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 109-mal die Leitung inne.

In 2021, PTB participated in 741 national bodies, among these 277 in the field of standardization. PTB heads a total of 109 of these bodies.

Internationale Normungsvorhaben / International standardization projects

Die PTB engagierte sich im Jahr 2021 in 636 internationalen Gremien, darunter 217 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 99-mal die Leitung inne.

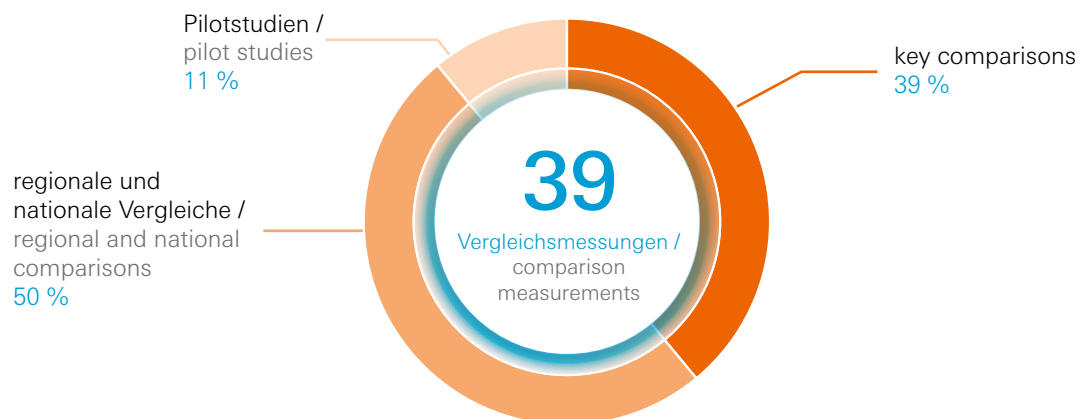
In 2021, PTB participated in 636 international bodies, among these 217 in the field of standardization. PTB heads a total of 99 of these bodies.



Qualitätsmanagement /
Quality management

Internationale Vergleichsmessungen

Die PTB hat im Berichtsjahr 39 Vergleichsmessungen abgeschlossen. Es handelte sich um 16 Schlüsselvergleiche, 4 Pilotstudien und 19 regionale/nationale Vergleiche. 72 % der Vergleichsmessungen und Pilotstudien waren von direkter Relevanz für die Kalibrier- und Messmöglichkeiten der PTB im Rahmen des CIPM-MRA². Bei 10 dieser Vergleichsmessungen nahm die PTB als Pilotlabor teil.



Anerkennung des Qualitätsmanagementsystems

Die Selbsterklärung zum Qualitätsmanagement der PTB¹ wurde sowohl durch die Nutzerinnen und Nutzer der metrologischen Leistungen also auch durch internationale Teams von Fachexpertinnen und Fachexperten im Rahmen der Meterkonvention, des IEC-Ex-Systems sowie des nationalen Gesetzgebers bewertet und anerkannt. Dabei hat das Qualitätsmanagement der PTB sich auch unter den besonderen Herausforderungen der COVID-19-Pandemie bewährt und den Rahmen für die kontinuierliche Bereitstellung des Leistungsangebotes gemäß der geltenden Qualitätsstandards abgesichert.

Seit Unterzeichnung des multilateralen Abkommens des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht (CIPM-MRA²) im Oktober 1999 sind die PTB als nationales Metrologieinstitut sowie die für spezielle Aufgaben in der Chemie designierten Institute (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Umweltbundesamt und Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) Partner dieses Abkommens. Sie vertreten rund 1600 Kalibrier- und Messmöglichkeiten und schaf-

International comparison measurements

In the year under report, PTB took part in 39 comparison measurements, namely 16 key comparisons, 4 pilot studies and 19 regional/national comparisons. 72 % of the comparison measurements and pilot studies were of direct relevance to the calibration and measurement capabilities of PTB within the scope of the CIPM MRA². PTB participated in 10 comparison measurements as a pilot lab.

Approval of the quality management system

PTB's self-declaration on quality management¹ was assessed and approved by the users and customers of PTB's metrological services, by international expert teams within the scope of the Metre Convention and of the IEC Ex System as well as by the national legislator. It turned out that PTB's quality management has proven to be successful even faced with the unusual challenges of the COVID-19 pandemic and has secured the framework for a continuous provision of PTB's range of services according to the currently valid quality standards.

Since the signing of the Mutual Recognition Arrangement of the International Committee for Weights and Measures (CIPM-MRA²) in October 1999, PTB, as the national metrology institute, and the designated institutes for special chemistry tasks (the *BAM Federal Institute for Materials Research and Testing*, the *Federal Environment Agency* and the *Federal Ministry of Consumer Protection and Food Safety*) have been partners to this arrangement. They cover approximately 1,600 calibration and measurement capabilities and thus form the

fen somit die Basis der nationalen metrologischen Rückführung. Im April 2021 erfolgte die diesjährige erneute Anerkennung für das deutsche metrologische System durch das technische EURAMET-Komitee für Qualität (EURAMET TC-Q). Basis des erreichten gegenseitigen Vertrauens bilden dabei die Offenlegung der internen QM-Prozesse, die entsprechend den Anforderungen der ISO/IEC 17025 organisiert sind. Im Bereich der Referenzmaterialien in der Chemie finden zusätzlich die Anforderungen der ISO 17034 Anwendung. Es wurde der erfolgreiche Abschluss der Umsetzung der Maßnahmen zur Anpassung an die revidierte ISO/IEC 17025 von 2017 bestätigt. Unterstützt wird die gegenseitige Vertrauensbildung durch Begutachtungen („Peer Reviews“) mit Vor-Ort-Besuchen. Entsprechende Reviews führten Fachexperten des nationalen Metrologieinstitutes Österreichs (BEV) sowie der Schweiz (METAS) im Bereich „Widerstandskalibrierungen – Hochohmwiderstände“ bzw. „Kalibrierungen von Normal-Platinwiderstandsthermometern“ im Rahmen des EURAMET-Projektes 1083 in zwei Fachbereichen der PTB durch. Darüber hinaus konnte ein hoher Grad an Übereinstimmung der nationalen Normale mit denen anderer Länder durch die erfolgreiche Teilnahme an Schlüsselvergleichen, die im Rahmen der Meterkonvention stattfanden, bestätigt werden.

Zur Unterstützung der Tätigkeit der PTB als Konformitätsbewertungsstelle (0102) erfolgten zusätzlich „Peer Reviews“ im Rahmen der BEV-METAS-PTB-Vereinbarung zum Nachweis des QM-Systems im Sinne der ISO/IEC 17065/ ISO/IEC 17025 im Zusammenhang mit der Umsetzung der europäischen Richtlinien RL 2014/32/EU (Messgeräte-Richtlinie) sowie RL 2014/31/EU (Nicht-selbsttätige Waagen) nach dem deutschen Mess- und Eichgesetz (MessEG). Im Ergebnis wurde der bestehende EU-Notifizierungsumfang³ bestätigt.

Weiterentwicklung des QM-Systems

Die in das QM-System der PTB integrierten Regeln zur guten wissenschaftlichen Praxis⁴ wurden an die ergänzten Vorgaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Sinne des DFG-Kodex vom September 2019 angepasst und verbindlich eingeführt. Die DFG hat im Juni 2021 nach Prüfung der PTB-QM-Dokumente die erfolgreiche Umsetzung des DFG-Kodex bestätigt.

basis of national metrological traceability. In April 2021, the German metrological system was again approved by the EURAMET Technical Committee for Quality (EURAMET TC-Q). The disclosure of the internal QM processes organized in accordance with the ISO/IEC 17025 regulations form the basis for the mutual trust which has been achieved. In the field of reference materials in chemistry, the requirements of ISO 17034 are applied in addition. It was confirmed that the measures taken to adapt to the revised ISO/IEC 17025 of 2017 have been implemented and successfully completed. The mutual confidence-building is being supported by peer reviews, including on-site visits. Experts from the national metrology institute of Austria (BEV) as well as of the national metrology institute of Switzerland (METAS) carried out the respective reviews in the fields of “resistance calibrations – high-value resistance calibrations” or “standards for calibrations of platinum resistance thermometers” within the scope of the EURAMET project 1083 in two of PTB’s departments. Furthermore, it was confirmed that the national standards of PTB agreed to a high degree with those of other countries. This was the result of a successful participation in key comparisons which took place within the scope of the Metre Convention.

To support PTB’s activity as a conformity assessment body (0102), “peer reviews” were also carried out within the scope of the BEV-METAS-PTB agreement. The aim of these “peer reviews” was to confirm that the QM system is in compliance with ISO/IEC 17065 / ISO/IEC 17025 in connection with the implementation of the European Directive 2014/32/EU (measuring instruments) as well as European Directive 2014/13/EU (non-automatic weighing instruments) according to the German Measures and Verification Act (MessEG). As a result, the existing scope of notifications³ in the EU was confirmed.

Further development of the QM system

The Rules for Good Scientific Practice⁴, which are integrated in PTB’s QM system, were adapted to the supplemented guidelines of the *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG) within the meaning of the DFG’s Code of Conduct of September 2019 and were bindingly introduced. After reviewing PTB’s QM documents, the DFG confirmed PTB’s successful implementation of the DFG Code in 2021.

¹ <https://www.ptb.de/cms/ptb/dokumente-der-ptb/selbsterklaerung-zum-qm.html>
<https://www.ptb.de/cms/en/ptb/ptb-institutional-documents/self-declaration-on-qm.html>

² <https://www.bipm.org/en/cipm-mra/cipm-mra-documents>

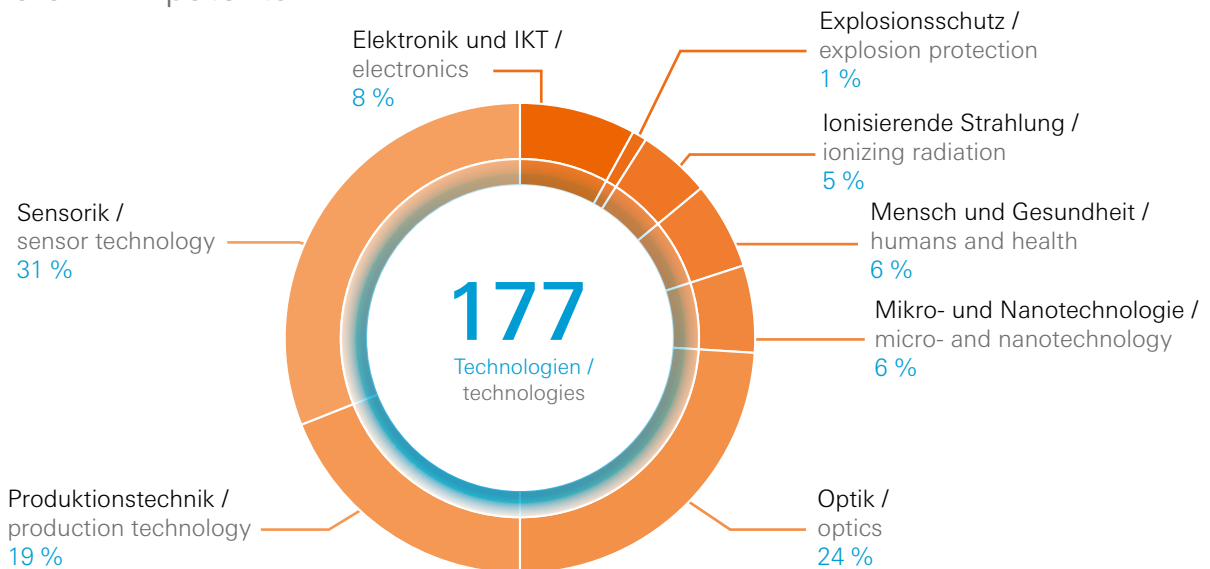
³ <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando>

⁴ https://www.ptb.de/de/org/pst/pst2/data/qmva16_A7.pdf
https://www.ptb.de/en/org/pst/pst2/data/qmva16_A7_e.pdf



Technologietransfer / Technology transfer

Patentportfolio der PTB Portfolio of PTB patents



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

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

Erfindungen 2021 / Inventions 2021	16
Patentanmeldungen 2021 / Patents 2021	8
aktive Patentvorgänge* / active patent applications*	151
Lizenzverträge akkumuliert / accumulated license agreements	85
zusätzliche Einzellizenzen** / additional individual licenses**	131

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

**beispielsweise Software / for example: software

TransMeT fördert metrologische Innovationen

Innovative Technologien erzeugen in der Industrie weitreichende Potenziale und ebnen den Weg für neue Produkte oder gar neue Wirtschaftszweige, wie z. B. im Bereich von künstlicher Intelligenz oder der Quantentechnologie. Die PTB unterstützt daher in gezielten vorwettbewerblichen Projekten die deutsche Wirtschaft, um neue Lösungen für messtechnische Probleme entstehen zu lassen. In vielfältigen Projekten mit Unternehmen werden neue Ansätze weiterverfolgt und Grundlagen für beachtliche Innovationen gelegt.

TransMeT fosters metrological innovations

Innovative technologies offer huge potentials in industry and can pave the way for the development of new products or even new lines of business, such as in the fields of artificial intelligence or quantum technology. This is why PTB supports German industry by working in targeted, pre-competition phase projects aimed at finding new solutions to metrological problems. In collaboration with private enterprise, a wide range of projects are pursuing new approaches and laying the groundwork for remarkable innovations.

Eine sehr erfolgreiche Maßnahme bildet hierbei „TransMeT“ (Transfer metrologischer Technologien), ein Förderprogramm zur gezielten Unterstützung des Technologietransfers in kleine und mittlere Unternehmen (KMU). In den Projekten, die in einem kompetitiven Verfahren ausgewählt werden und eine Laufzeit von bis zu drei Jahren haben können, wird vorwettbewerbliche Forschung und Entwicklung zwischen der PTB und externen Partnern gefördert. Durch den Transfer von Know-how der PTB an KMUs wird diesen Unternehmen im Rahmen der Zusammenarbeit die Gelegenheit geboten, ihre metrologische Kompetenz zu steigern. In der Folge können in den Unternehmensportfolios oftmals neue Produkte und Dienstleistungen etabliert werden. Dies stärkt ihre Wettbewerbsfähigkeit und ermöglicht die Realisierung von Innovationen, bei denen das Entwicklungsrisiko für die KMUs selbst häufig zu hoch wäre.

Der Erfolg dieses im Jahre 2015 gestarteten Programms zeigt sich in mittlerweile über 25 abgeschlossenen Projekten. Aus den Projekten resultierten 27 Verwertungsaktivitäten, sodass die Industriepartner ihr Portfolio erweitern und neue Produkte und Dienstleistungen erfolgreich am Markt platzieren konnten. Parallel dazu wurden die Projektergebnisse, im Rahmen des wissenschaftlichen Wissenstransfers, in 110 Veröffentlichungen, Vorträgen auf Konferenzen und Ausstellungen auf Messen präsentiert.

Beispielhaft für den Erfolg gemeinschaftlicher vorwettbewerblicher Forschung und Entwicklung ist ein Kooperationsprojekt mit der Firma LUM GmbH. Gefördert durch das BMWi im Rahmen des TransMeT-Vorläuferprogramms MNPQ, wurde ein neuartiges Analysesystem zur Bestimmung der Konzentration und Größenverteilung von Nanopartikeln entwickelt. Das Messgerät detektiert das von den Nanopartikeln gestreute Licht in Abhängigkeit von der Raumrichtung und ermittelt die Partikelgrößenverteilung und die Partikelkonzentration von Nano- und Mikropartikeln in Suspensionen und Emulsionen deutlich genauer als herkömmliche Messverfahren. Erste Geräte wurden bereits einem weltweit operierenden Pharmakonzern für die Entwicklung eines Corona-Impfstoffes sowie an eine große deutsche Forschungsinstitution verkauft.

Zahlreiche weitere aktuelle Beispiele zu TransMeT-Projekten können Sie in den Abteilungsberichten dieses Jahres entdecken. Exemplarisch sei auf Abteilung 5 *Fertigungsmesstechnik* mit dem Schwerpunkt Technologietransfer verwiesen.

One very successful scheme is known as TransMeT (for *Transfer of Metrological Technologies*), which is a promotional program aimed at directly supporting the transfer of technology to small and medium-sized enterprises (SMEs). The projects, which are selected in a competitive process and may run for up to three years, support pre-competitive research and development performed in collaboration between PTB and external partners. The transfer of PTB's knowledge and expertise to SMEs provides these companies with the opportunity to hone their metrological skills within the scope of the cooperation program. These companies are then often able to add new products and services to their portfolios. This boosts their competitiveness and allows them to achieve innovations whose development would in many cases have been too risky for an SME acting alone.

The success of this program since its launch in 2015 can be seen in the 25 projects that have been completed since then. These projects have resulted in 27 activities aimed at utilizing the knowledge obtained from the projects and have allowed the industry partners to expand their portfolios and successfully place new products and services on the market. In addition, the project outcomes were presented in 110 publications, conference talks and fair exhibitions as part of academic knowledge transfer activities.

A cooperation project with the LUM GmbH company illustrates how successful such collaborative pre-competition research and development can be. Sponsored by the German Ministry for Economic Affairs under TransMeT's predecessor program, MNPQ, this project developed a novel analysis system for determining the concentration and size distribution of nanoparticles. This device is able to measure the intensity of the light scattered by the nanoparticles in different directions simultaneously. It then uses this information to compute the size distribution and concentration of nano- and microparticles in suspensions and emulsions with an accuracy much greater than is possible using conventional measurement procedures. A global pharmaceuticals company was among the first to purchase one of these instruments for use in developing a coronavirus vaccine. A major German research institution has also acquired this new system.

You can learn about many more examples of current TransMeT projects by reading this year's department reports. Department 5 (*Precision Engineering*), for example, focuses particularly on the topic of technology transfer.



Besucherinnen und Besucher / Visitors

738

Zahl der Besucherinnen und
Besucher im Jahr 2021 /
Number of visitors in 2021

Unter Corona-Bedingungen galten im letzten Jahr weiterhin massive Einschränkungen für metrologische Fachbesucherinnen und -besucher, Teilnehmende an Seminaren und interessierte Besuchergruppen. In der Konsequenz musste die PTB ihren allgemeinen Besucherdienst einstellen, wurden nahezu alle größeren Veranstaltungen und Events abgesagt und verlagerten sich die meisten, wenn nicht alle persönlichen Kontakte in den virtuellen Raum. Dies spiegelt sich in der Anzahl der Besucherinnen und Besucher wider: Die Gesamtzahl lag im Jahr 2021 bei lediglich ca. 5 % der sonst üblichen Zahlen.

For visiting metrology specialists, seminar participants and interested visitor groups, last year meant more major restrictions as the corona conditions continued to apply. This also meant that PTB had to discontinue its visitor services as almost all larger activities and events were canceled and most – if not all – personal contact was transferred to the virtual realm. This is reflected in the number of visitors: The total number of visitors in 2021 was thus only about 5 % of the usual numbers in “normal years”.

Verbrauchszahlen / Consumption figures

... in Braunschweig		2019	2020	2021
Ressourcen / resources				
elektrische Energie / electrical energy	MWh	28 200	28 013	28 550
Wärme / heat	MWh	21 800	21 386	25 400
Gas / gas	m ³	15 491	12 417	12 400
Wasser / water	m ³	105 000	95 900	113 000
Helium, flüssig / helium, liquid	l	31 000	34 428	32 986
Stickstoff, flüssig / nitrogen, liquid	kg	343 714	419 235	286 607

Abfälle / waste produced		2021	
Abfallmenge gesamt / total amount of waste	t	308	Anteil gefährlicher Abfall / hazardous waste 49
Anteil Abfall zur Verwertung / waste for recycling	t	273	davon Wertstoffe / recyclables 122 davon ungefährlicher Abfall / harmless 124 davon gefährlicher Abfall / hazardous waste 27
Anteil Abfall zur Beseitigung / waste for disposal	t	35	davon ungefährlicher Abfall / harmless 13 davon gefährlicher Abfall / hazardous waste 22
Entsorgungskosten gesamt / total disposal costs	EUR	70 014	davon für gefährlichen Abfall / hazardous waste 15 848

...in Berlin		2019	2020	2021
Ressourcen / resources				
elektrische Energie / electrical energy	MWh	8890	8720	9415
Gas / gas	m ³	8575	9788	6141
Wasser / water	m ³	34 100	43 650	35 712
Helium, flüssig / helium, liquid	l	48 000	45 000	34 400
Stickstoff, flüssig / nitrogen, liquid	kg	28 000	30 000	23 500

Abfälle / waste produced		2021	
Abfallmenge gesamt / total amount of waste	t	108,1	Anteil gefährlicher Abfall / hazardous waste 6,7
Anteil Abfall zur Verwertung / waste for recycling	t	60,6	davon Wertstoffe / recyclables 20,1 davon ungefährlicher Abfall / harmless 34,4 davon gefährlicher Abfall / hazardous waste 6,1
Anteil Abfall zur Beseitigung / waste for disposal	t	47,5	davon ungefährlicher Abfall / harmless 46,8 davon gefährlicher Abfall / hazardous waste 0,7
Entsorgungskosten gesamt / total disposal costs	EUR	16 590	

Organigramm / Organization Chart

Präsidium			Präsidialer Stab	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Präsident	Vizepräsident	Mitglied des Präsidiums		
Prof. Dr. J. Ullrich	Dr. Prof. h.c. F. Härtig	Dr. J. Stenger	Dr. A. Cypionka	Dr. Dr. J. Simon

Abt. 1 - Mechanik und Akustik	Abt. 2 - Elektrizität	Abt. 3 - Chemische Physik und Explosionsschutz	Abt. 4 - Optik	Abt. 5 - Fertigungsmesstechnik
Dr. T. Schrader	Hon.-Prof. Dr. U. Siegner	Dr. B. Güttler	Hon.-Prof. Dr. S. Kück	Dr. H. Bosse
FB 1.1 - Masse	FB 2.1 - Gleichstrom und Niederfrequenz	FB 3.1 - Allgemeine und Anorganische Chemie	FB 4.1 - Photometrie und Spektroradiometrie	FB 5.1 - Oberflächenmesstechnik
Dr. D. Knopf	Dr. R. Judaschke	Dr. R. Stosch	Dr. A. Sperling	Dr. U. Brand
FB 1.2 - Festkörpermechanik	FB 2.2 - Hochfrequenz und Felder	FB 3.2 - Biochemie	FB 4.2 - Bild- und Wellenoptik	FB 5.2 - Dimensionelle Nanometrologie
Dr. R. Kümme	Dr. T. Kleine-Ostmann	Prof. Dr. G. O'Connor	Dr. G. Ehret	Dr. J. Flüge
FB 1.3 - Geschwindigkeit	FB 2.3 - Elektrische Energiemesstechnik	FB 3.3 - Physikalische Chemie	FB 4.3 - Quantenoptik und Längeneinheit	FB 5.3 - Koordinatenmesstechnik
Dr. R. Wynands	Dr. E. Mohns	Prof. Dr. R. Fernandes	Dr. H. Schnatz	Dr. K. Kniel
FB 1.4 - Gase	FB 2.4 - Quantenelektronik	FB 3.4 - Analytische Chemie der Gasphase	FB 4.4 - Zeit und Frequenz	FB 5.4 - Interferometrie an Maßverkörperungen
Dr. H. Többen	Dr. M. Bieler	Prof. Dr. V. Ebert	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 - Explosionsschutz Sensorik und Messtechnik	Nachwuchsgruppe 4.01 - Metrologie für funktionale Nanosysteme	
Dr. C. Koch	Dr. H. Scherer	Dr. M. Thedens	Dr. S. Kroker	
FB 1.7 - Akustik und Dynamik		FB 3.7 - Grundlagen des Explosionsschutzes	Nachwuchsgruppe 4.02 - Quantentechnologien	
Dr. T. Bruns		Dr. M. Beyer	Dr. A. W. Schell	

Gesamtpersonalrat
S. Lerche

Örtlicher Personalrat Braunschweig
W. Krien

Örtlicher Personalrat Berlin
I. Holfelder

Gleichstellungsbeauftragte
B. Behrens

Gesamtvertretung der Schwerbehinderten
R. Lütge

Vertretung der Schwerbehinderten Braunschweig
R. Lütge

Vertretung der Schwerbehinderten Berlin
C. Aßmann

Datenschutzbeauftragter
J. Rethmeier

Informationssicherheitsbeauftragter
Dr. D. Sibold

QUEST
Institut an der PTB
Prof. Dr. P. Schmidt

FG 2
Quantenuhren und komplexe Systeme
Prof. Dr. T. Mehlstäubler

FPM
Fundamentale Physik für Metrologie
Prof. Dr. A. Surzhykov

Ausschüsse

Personal	A-PE	Dr. Löffler
Investitionen	A-IV	Dr. Prof. h.c. F. Härtig
IT-Infrastruktur	A-IT	Dr. Gutbrod
Metrologische Dienstleistungen	A-MD	Dr. Prof. h.c. F. Härtig
Internationale Zusammenarbeit	A-IZ	Dr. Stenger
Qualitätsmanagement	A-QM	Dr. Stoll-Malke
Forschungsprogramme	A-FP	Dr. Stenger



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Konformitäts- bewertungsstelle	Leiter des Instituts Berlin und Vertreter des Präsidenten in Berlin	Qualitätsmanager	Interne Revision
Dr. Prof. h.c. F. Härtig	Prof. Dr. T. Schäffter	Dr. K. Stoll-Malke	S. Eichelmann

Stand: 1. Dezember 2021

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. A. Röttger	Prof. Dr. M. Richter	Prof. Dr. T. Schäffter	Dr. F. Lienesch	M. Gahrens	S. Wiemann
FB 6.1 - Radioaktivität	FB 7.1 - Radiometrie mit Synchrotronstrahlung	FB 8.1 - Biomedizinische Magnetresonanz	StS QTZ - Quantentechnologie - Kompetenzzentrum	StS Q.01 - Sicherheit	Ref Z.11 - Haushalt und Beschaffung
Dr. D. Arnold	Dr. F. Scholze	Dr. B. Ittermann	Dr. N. Spethmann	*M. Gahrens	M. Wasmuß
FB 6.2 - Dosimetrie für Strahlentherapie u. Röntgendiagnostik	FB 7.2 - Röntgen- messtechnik mit Synchrotronstrahlung	FB 8.2 - Biosignale	Ref 9.11 - Industrielles Messwesen	Ref Q.11 - Wissenschaftliche Bibliotheken	Ref Z.12 - Personal
Dr. U. Ankerhold	Dr. M. Krumrey	Prof. Dr. P. Krüger	Dr. M. Wolf	Dr. J. Meier	B. Tafel
FB 6.3 - Strahlenschutz- dosimetrie	FB 7.3 - Detektorradiometrie u. Strahlungsthermometrie	FB 8.3 - Biomedizinische Optik	DKD - Deutscher Kalibrierdienst	Ref Q.12 - Sprachendienst	Ref Z.13 - Justizariat
Dr. O. Hupe	Dr. J. Hollandt	Prof. Dr. R. Macdonald	Dr. M. Wolf Dr. M. Czakke	U. Baier-Blott	R. Gassel
FB 6.4 - Neutronenstrahlung	FB 7.4 - Temperatur	FB 8.4 - Mathema- tische Modellierung und Datenanalyse	FB 9.2 - Gesetzliches Messwesen und Konformitätsbewertung	G Q.2 - Technische Infrastruktur G. Grüneberg-Damm	Ref Z.14 - Organisation und Controlling
Dr. A. Zimbal	Dr. S. Rudtsch	Prof. Dr. M. Bär	Dr. D. Ratschko	Ref Q.21 - Arbeits- und Objektschutz M. Frühauf	Dr. J. Jaspers
Ref 6.71 - Betrieblicher Strahlenschutz	FB 7.5 - Wärme und Vakuum	FB 8.5 - Metrologische Informationstechnik	G 9.3 - Internationale Zusammenarbeit Dr. M. Stoldt	Ref Q.22 - Technischer Dienst Braunschweig C. Engler	Ref Z.15 - Verwaltung Berlin
Dr. R. Simmer	Dr. K. Jousten	Dr. F. Thiel	Ref 9.31 - Europa und GUS C. Weigelt	Ref Q.23 - Werkfeuerwehr M. Voigt	M. Jachmann
	FB 7.6 - Kryosensorik	FB IB.T - Technisch- wissenschaftliche Infrastruktur Berlin	Ref 9.32 - Asien U. Miesner	Ref Q.24 - Bauorganisation P. Schulz	Ref Z.16 - Innerer Dienst
	Dr. J. Beyer	Dr. F. Melchert	Ref 9.33 - Lateinamerika und Karibik U. Seiler	G Q.4 - Informations- technologie Dr. M. Gutbrod	A. Grote
			Ref 9.34 - Nordafrika und Naher Osten C. F. Wolff	Ref Q.41 - Metrologienetze T. Duden	Ref Z.17 - Ausbildung
			Ref 9.35 - Subsahara-Afrika Dr. B. Siegmund	Ref Q.42 - Zeitverteilung mittels IP G. Vauti	B. Weihe
			FB 9.4 - Metrologie für die digitale Transformation	Ref. Q.43 - Veranstaltungs-IT *Dr. M. Gutbrod	Ref Z.18 - Betriebliche Fachanwendungen
			Dr. S. Eichstädt	Ref. Q.44 - Unterstützung Fach-IT K. Hube	M. Battikh
				Ref. Q.45 - Hochleistungsrechnen Dr. D. Lübbert	

Lenkungsreise

Digitalisierung	LK-D	Dr. Prof. h.c. F. Härtig
Medizin	LK-M	Dr. Stenger
Quantentechnologie	LK-Q	Dr. Stenger
Energie	LK-E	Dr. Stenger
Umwelt und Klima	LK-U	Dr. Stenger

Erläuterung

Abt = Abteilung	FB = Fachbereich	Ref = Referat	FG = Forschungsgruppe
G = Gruppe	StS = Stabsstelle	LK = Lenkungsreis	*wahrgenommen durch



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

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



Impressum

Herausgegeben von der
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
ISNI: 0000 0001 2186 1887
Braunschweig, März 2022

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

Print Service Wehmeyer GmbH
Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

ISSN 0340-4366