



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Jahresbericht 2023

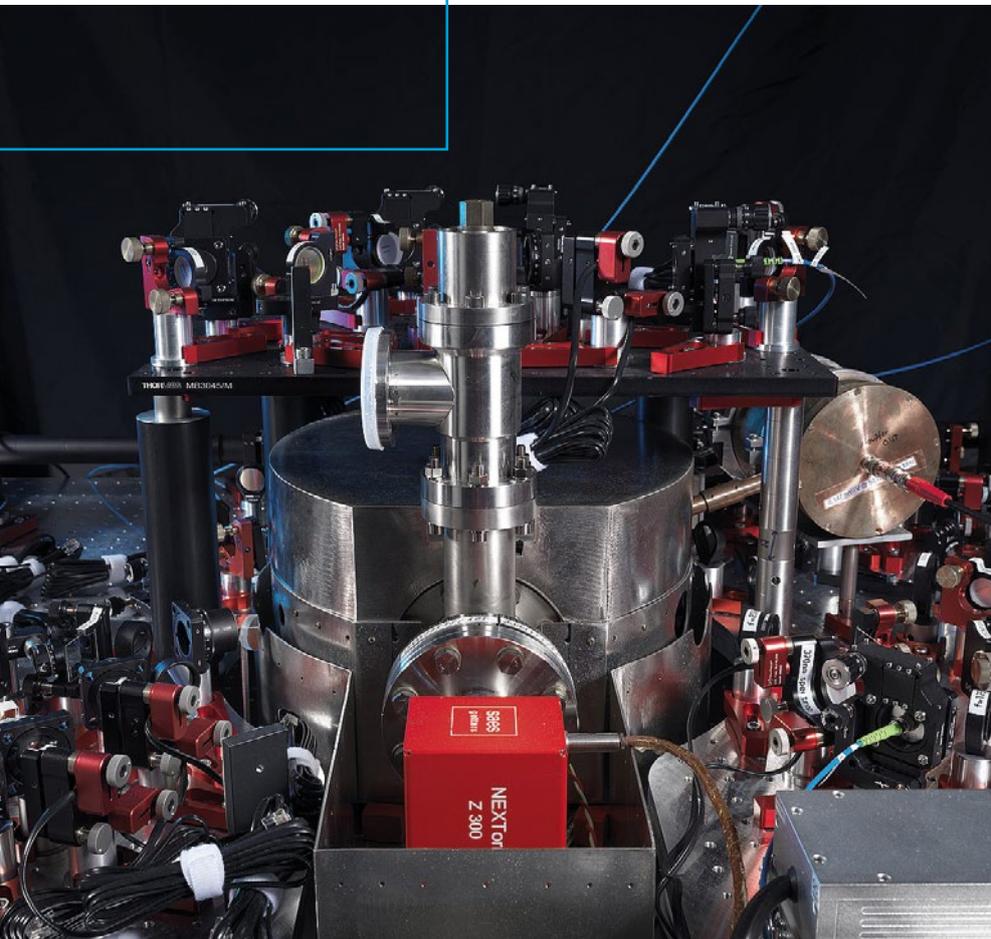


Titelseite

Die PTB und weitere zwölf europäische Einrichtungen haben sich zum Verbundprojekt Quantum Technology Courses for Industry (QTIndu) im Rahmen der EU-Initiative Digital Europe zusammengeschlossen. Die Ziele des Projekts: Eine zentrale Anlaufstelle für quantentechnologische Fortbildungen schaffen, bedarfsgerechte Weiterbildungsformate entwickeln und gleichzeitig eine enge Verbindung zur Industrie sicherstellen. Zu den Maßnahmen gehören auch Präsenzkurse, die direkt im PTB-Labor an realen Quantentechnologie-Systemen stattfinden. (Foto: Jan Hosan/TU Braunschweig)

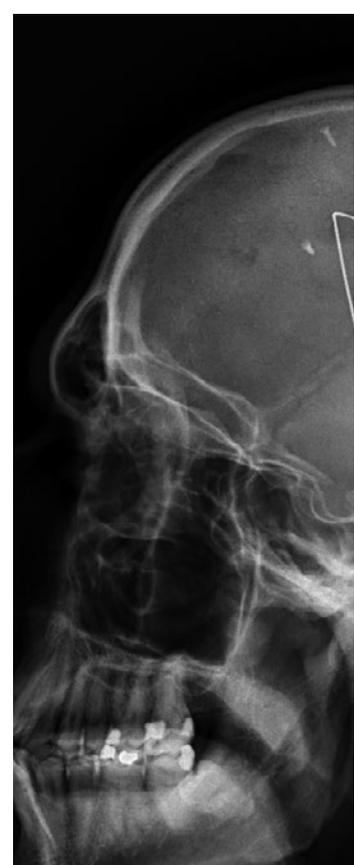
Jahresbericht 2023





Inhaltsverzeichnis

<u>Vorwort</u>	<u>4</u>
<u>Chronik</u>	<u>6</u>
<u>Nachrichten</u>	<u>14</u>
<u>Zahlen und Fakten</u>	<u>30</u>
<u>Organisation</u>	<u>40</u>





Das Jahr 2023 war für die PTB alles andere als ein Jahr wie andere zuvor. Die aus der Haushaltslage resultierenden gesetzlichen Stelleneinsparungen, die Konsolidierung unseres Finanzhaushalts sowie die gestiegenen Betriebskosten haben uns so stark wie selten zuvor herausgefordert. Es ist umso bemerkenswerter, dass die Mitarbeitenden durch ihren Einsatz exzellente Leistungen und Erfolge für die Metrologie im Allgemeinen und die PTB im Besonderen erarbeitet haben.

Das Jahr 2023 war weltweit das bis dato wärmste Jahr seit Beginn der Klimateaufzeichnungen. Um verlässliche Aussagen und Entscheidungen für ein sinnvolles Handeln zum Schutz unseres Umwelt-Ökosystems treffen zu können, brauchen wir genaue, zuverlässige und weltweit vergleichbare Messverfahren und Daten. Wie auch im Vorjahr leistete die PTB nicht nur weltweit wichtige Beiträge, um Energiewende, Wärmewende und Klimaschutz mit Qualität und Tempo voranzubringen und die dringend benötigten Lösungen für die Metrologie von morgen zu erarbeiten.

Durch die gestärkten abteilungsübergreifenden Innovationscluster forscht die PTB in den hochaktuellen Themenfeldern Energie und Mobilität, Medizin und Gesundheit, Digitalisierung und Quantentechnologie an weltweit vorderster Front, entwickelt darin innovative Dienstleistungen und geht effektive Wege im zugehörigen, sich entwickelnden gesetzlichen Messwesen, die auch in der Politik gesehen werden.

Ein besonderes Highlight war in diesem Zusammenhang im Juni die Eröffnung der Erweiterung unseres Kompetenzzentrums für Windenergie durch Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck. Mit der dort realisierten weltweit größten Anlage können erstmals die enormen Drehmomente, die insbesondere bei Offshore Windenergieanlagen auftreten, mit höchster Genauigkeit zuverlässig gemessen und in ihrer Qualität geprüft werden. Für die Windindustrie ist dieses Angebot der PTB international einmalig.

Dies zeigt eindrucksvoll: Die Energiewende braucht Metrologie in jeder Hinsicht. Daher war es nur folgerichtig, dass unsere Forschung und unsere Dienstleistungen im Bereich Mess- und Sicherheitstechnik für Wasserstoff in eine umfassende Wasserstoff-Strategie mündeten. Genauso überzeugend führte die PTB die weltweite Grundlagenforschung an: bei Atomuhren und Quantensensoren, in der Nanotechnologie und neuen Materialien, in der biochemischen Analyse und in der Medizin. Und dies in vielen Fällen mit verlässlichen universitären Partnern in der Region.

Die PTB entwickelte im letzten Jahr erneut neue, verlässliche Prüfverfahren zu fast allen Transformations-technologien für die Industrie, von Wasserstoff über E-Ladesäulen bis zu Wärmepumpen, von Quantencomputern bis zu automatisiert fahrenden Fahrzeuge. Zu diesen Erfolgen trägt unsere hervorragende internationale Vernetzung, insbesondere die Europäischen Partnerschaften für Metrologie, nicht unerheblich bei. Deshalb ist es von außerordentlicher Bedeutung, solche Strukturen in die Zukunft zu tragen.

Unser Ziel, etablierte Strukturen und Prozesse der Qualitätssicherung zu digitalisieren, um die Produkte der deutschen Wirtschaft auch in der digitalen Welt mit dem Gütesiegel „Made in Germany“ auszeichnen zu können, trug im Jahr 2023 viele Früchte. Die Entwicklung, Einführung und internationale Verbreitung des Digitalen Kalibrierscheins (DCC) und dessen Kombination mit dem Digitalen Akkreditierungssymbol sowie die Vernetzung mit allen Partnern zu einer digitalen Qualitätsinfrastruktur sind Meilensteine, die die PTB als moderne, agile

Behörde ausweisen – inklusive der vollständigen Digitalisierung interner Prozesse sowie aller externen Services.

Mit zunehmender Digitalisierung wird deutlich, dass wir nicht nur einzelne Größen präzise messen und bewerten dürfen, sondern komplexe Messsysteme und Netzwerke von Sensoren verstehen und charakterisieren müssen. Hierfür steht das im Jahr 2023 von uns neu gegründete sechste Innovationscluster Systemische Metrologie. Es entwickelt gemeinsam mit den Abteilungen innovative Lösungen für die Messtechnik von Systemen, um vernetzte Prozesse umfassend zu überwachen und zu steuern. So werden Vertrauen, Verlässlichkeit und Sicherheit in smarte Energienetze, automatisiertes Fahren oder medizinische KI-Anwendungen entstehen können. Auf lange Sicht wird dies den Weg für verlässliche digitale Zwillinge von komplexen Messsystemen, für sichere Mensch-Maschine Interaktionen und maschinelles Lernen in der Industrie oder für die Verteilung von Messgrößen in komplexen Strom- oder Gasnetzwerken bereiten.

So war das Jahr 2023 für uns reich an weltweit wichtigen Erkenntnissen in Forschung und Entwicklung, waren wir höchst erfolgreich in der Bereitstellung von innovativen Dienstleistungen und zugleich federführend bei neuen Wegen im gesetzlichen Messwesen. Wir demonstrieren damit unsere Verantwortung für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft und zeigen deutlich, wie unabdingbar zuverlässige metrologische Herangehensweisen sind, um die großen Herausforderungen unserer krisengeschüttelten Zeit zu bewältigen.

Viele der Entwicklungen im Inneren der PTB haben uns in diesem Jahr ebenfalls herausgefordert. Die gesetzlichen Einsparzwänge machten eine Aufgabeninventur, eine nachfolgende Aufgabenkritik und deren Umsetzung in Stellenabgaben notwendig, die uns allen schwergefallen ist. Dabei ist es uns aus meiner Sicht gelungen, schnell angemessene Lösungen zu finden und die damit verbundenen, oft nicht einfachen Schritte in einer gemeinsamen Anstrengung mit Transparenz und Partizipation umzusetzen.

Die Beschäftigtenbefragung hat Ende des Jahres jedoch gezeigt, dass sich alle in der PTB einig sind: Die PTB ist in ihren wichtigen Aufgaben, von der Rolle in der Spitzenforschung über die Bedeutung der Dienstleistungen bis zur internationalen Vernetzung, vom Onboarding über die Angebote für Gesundheit und Karriere bis zur Arbeitszeitgestaltung, sehr gut aufgestellt. Auch die Kollegialität und der Teamgeist sowie die Empathie und Leidenschaft für alle Belange der PTB hatten in dieser Krisenzeit Bestand.

Ein solches Ergebnis ist unter den schwierigen Rahmenbedingungen des Jahres 2023 nicht selbstverständlich, und es macht das Engagement aller Mitarbeitenden für unsere PTB in besonderer Weise sichtbar. So habe ich viele Momente der Zuversicht erlebt, die in neue, kreative Wege im Umgang mit der angespannten Lage mündeten. Für diese positive Grundhaltung bin ich besonders dankbar. All dies hat dazu beigetragen, dass wir auf ein bemerkenswertes Jahr mit vielen beeindruckenden Ergebnissen zurückblicken können. Es ist uns gemeinsam gelungen, die Krisen und Veränderungen in diesem Jahr als Chance zur eigenbestimmten Gestaltung unserer Zukunft in der PTB zu verstehen und sie in eine Möglichkeit zu verbesserten Organisationsstrukturen und optimierten Prozessen zu verwandeln.

Diese besondere Resilienz lässt mich mit großer Zuversicht auf das kommende Jahr schauen. Wir werden mit Genauigkeit, Objektivität und Leidenschaft in und für die Metrologie diesen Weg der Veränderung umsichtig weitergehen, die anstehenden sozio-technologischen Transformationsprozesse in Deutschland und weltweit weiter mit unserer hohen Kompetenz unterstützen und damit kontinuierlich dafür sorgen, dass die PTB als Spitzeneinrichtung in der Metrologie und als moderner, attraktiver Arbeitgeber in der Region die Welt von morgen verlässlich mitgestalten wird.



Prof. Dr. Cornelia Denz
Präsidentin der PTB



Chronik

<u>12. Februar</u>	<u>Frauen in der Wissenschaft</u>
<u>17. April</u>	<u>Hannover Messe: Verbraucherschutz an der Ladesäule</u>
<u>4. Mai</u>	<u>IHK-Preis für digitalen Kalibrierschein</u>
<u>20. Mai</u>	<u>Weltmetrologietag für gesunde Nahrung</u>
<u>23. Mai</u>	<u>Die PTB zeigt Flagge für Vielfalt</u>
<u>7. Juni</u>	<u>Besuch von Wissenschaftsminister Falko Mohrs</u>
<u>8. Juni</u>	<u>Robert Habeck eröffnet Weltneuheit für Windenergiebranche</u>
<u>17. Juni</u>	<u>Lange Nacht der Wissenschaften in Berlin</u>
<u>19. August</u>	<u>Tag der offenen Tür im BMWK</u>
<u>25. August</u>	<u>Talent-Tagung in Boston</u>
<u>7. September</u>	<u>Tag der Ausbildung in der PTB</u>
<u>15. September</u>	<u>Einweihung der Kita-Erweiterung</u>
<u>September</u>	<u>25 Jahre Bessy II – Happy birthday!</u>
<u>30. November</u>	<u>Parlamentarischer Abend Mobilität</u>
<u>2023</u>	<u>60 Jahre Technische Zusammenarbeit</u>



12. Februar 2023

Frauen in der Wissenschaft

Die PTB setzt sich als Arbeitgeberin für die gezielte Förderung von Frauen ein. Ziel ist es, die Sichtbarkeit von Frauen in Führungspositionen zu erhöhen und deren Vernetzung zu fördern. Anlässlich des Internationalen Tages für Frauen und Mädchen in der Wissenschaft lud PTB-Präsidentin Cornelia Denz zum Frauen-Netzwerktreffen ein. In zwangloser Atmosphäre bot es Gelegenheit zu Erfahrungsaustausch und Diskussion.



Foto: PTB

17. April 2023

Hannover Messe: Verbraucherschutz an der Ladesäule

Wer sein Elektrofahrzeug an einer E-Ladesäule lädt, möchte der Messung und Abrechnung vertrauen können. Auf der Hannover Messe präsentierte die PTB ein mobiles Messsystem für E-Ladesäulen, das sie für diesen Zweck entwickelt hat. Es wird zwischen Ladesäule und E-Auto angeschlossen und kann an jedem beliebigen Ort Ladevorgänge prüfen – nicht nur im Labor.



Bild: PTB

4. Mai 2023

IHK-Preis für digitalen Kalibrierschein

Das in der PTB entwickelte digitale Kalibrierzertifikat (Digital Calibration Certificate, DCC) ist ein wichtiger Baustein für die Industrie 4.0. Seit 2023 ist es da und einsatzbereit – mit vielen Vorteilen für Unternehmen. Mit dem digitalen Kalibrierzertifikat übernimmt die PTB eine weltweite Vorreiterrolle im Bereich der Standardisierung. Das war der IHK Braunschweig einen Sonderpreis im Bereich Technologietransfer wert.



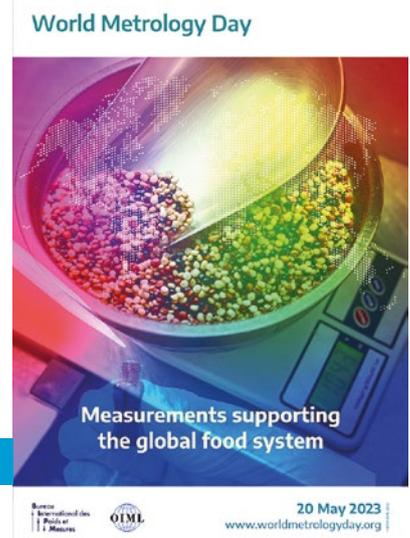
Foto: Andreas Rudolph

20. Mai 2023

Weltmetrologietag für gesunde Nahrung

Als eines der weltweit führenden Metrologieinstitute feiert die PTB jährlich am 20. Mai den Weltmetrologietag. Er erinnert an die Bedeutung der Messtechnik für ein gutes und sicheres Leben und stand in diesem Jahr unter dem Motto „Messungen für Nahrungsmittel weltweit“. Denn genaue und verlässliche Messungen sorgen für Sicherheit und Qualität.

Quelle: BIPM



23. Mai 2023

Die PTB zeigt Flagge für Vielfalt

„Leben. Lebt Vielfalt, wo ihr arbeitet!“ Unter diesem Motto stand der Deutsche Diversitätstag, den die PTB an ihren Standorten in Braunschweig, Berlin-Charlottenburg und -Adlershof feierte. Er erinnert an die Selbstverpflichtung, ein Arbeitsumfeld zu schaffen, in dem alle unabhängig von Geschlecht, Nationalität, ethnischer Herkunft, Religion und Weltanschauung, Behinderung, Alter, sexueller Orientierung und Identität frei von Vorurteilen miteinander arbeiten.



7. Juni 2023

Besuch von Wissenschaftsminister Falko Mohrs

Von der Quantentechnologie bis zur Energiewende: Niedersachsens Wissenschaftsminister Falko Mohrs lernte bei einem Besuch das „Land des Messens“ kennen: Im Gespräch mit dem PTB-Präsidium und beim Laborbesuch konnte er erfahren, wie Technologie, die in der PTB ursprünglich für optische Atomuhren entwickelt wurde, heute der quantentechnologischen Forschung und Entwicklung zugutekommt und welchen entscheidenden Beitrag die Messtechnik für die Energiewende leisten kann.


[Zurück zum Inhaltsverzeichnis](#)
[Zurück zum Anfang dieses Kapitels](#)

19. August 2023

Tag der offenen Tür im BMWK

Beim Tag der offenen Tür im Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz präsentierte die PTB das mobile Messlabor ELVIS, mit dem sich E-Ladesäulen auf Herz und Nieren prüfen lassen. ELVIS kann feststellen, ob an der Ladesäule wirklich der Strom bezahlt wird, der auch im E-Auto ankommt – unabhängig davon, wo die Ladesäule installiert ist. Die Überprüfung bereits installierter Ladesäulen war bisher so nicht möglich.



Foto: PTB

25. August 2023

Talent-Tagung in Boston

Auf der GAIN23 in Boston, einer Tagung für deutsche Forschende in den USA, knüpften PTB-Präsidentin Cornelia Denz und Personalchefin Barbara Tafel eifrig Kontakte mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und warben für den Wissenschaftsstandort Braunschweig. Die Tagung bestand aus Paneldiskussionen, Workshops und Vorträgen zur internationalen Wissenschaftslandschaft und zu Karrieremöglichkeiten in Deutschland.



Foto: Privat

7. September 2023

Tag der Ausbildung in der PTB

Zu Beginn der Ausbildung erstmal nur die Werkstatt ausfeigen? Das gab es in der PTB nie. Am Tag der Ausbildung konnten sich zahlreiche Ausbildungssuchende von der Vielfalt und Qualität einer Ausbildung in der PTB überzeugen. Dazu gehören geschulte Ausbilde-

rinnen und Ausbilder, die immer ein offenes Ohr für ihre Azubis haben, sowie ausgeklügelte Lehrinhalte und eine große Portion Praxisorientierung. Das alles trägt dazu bei, dass PTB-Azubis bei den Abschlussprüfungen fast immer zu den Besten ihres Jahrganges gehören.



Foto: PTB

15. September 2023

Einweihung der Kita-Erweiterung

Die von der Johanniter-Unfall-Hilfe e. V. getragene Kindertagesstätte auf dem Gelände der PTB in Braunschweig können seit dem Herbst 2023 bis zu 80 Kinder besuchen – doppelt so viele wie bisher –, und ihre Ausstattung lässt keine Wünsche offen: ein großer Sportraum, ein Snoozle- und ein Wahrnehmungsraum bieten beste Bedingungen. Zahlreiche Kinder stammen von Mitarbeitenden der PTB, die den Eltern die Vereinbarkeit von Familie und Beruf erleichtern will.

September 2023

25 Jahre BESSY II – Happy birthday!

Die vom Helmholtz-Zentrum Berlin betriebene Synchrotron-Strahlungsquelle BESSY II in Berlin-Adlershof hat eine 25jährige Erfolgsgeschichte hinter sich und mit dem geplanten BESSY III eine strahlende Zukunft vor sich. Das dort von der PTB betriebene Labor hat sich zu einem europäischen Zentrum für Metrologie mit Synchrotronstrahlung entwickelt, das von Kooperationspartnern weltweit genutzt wird – von Routinekalibrierungen bis zu metrologieorientierter Forschung.



Foto: PTB

30. November 2023

Parlamentarischer Abend Mobilität

Wie könnte die Mobilität der Zukunft aussehen und welcher Beitrag dazu könnte „Made in Braunschweig“ sein? Zur Beantwortung dieser Frage lud die Stadt Braunschweig zum Parlamentarischen Abend nach Berlin ein. Rund 150 Gäste aus Bundes-, Landes- und Kommunalpolitik, aus Wissenschaft und Wirtschaft kamen zum intensiven Gedankenaustausch. Die PTB präsentierte das Forschungsfahrzeug MOPAS sowie das mobile Labor ELVIS, mit dem E-Ladesäulen direkt vor Ort messtechnisch überprüft werden können.



Foto: Braunschweig Zukunft GmbH/Fionn Große

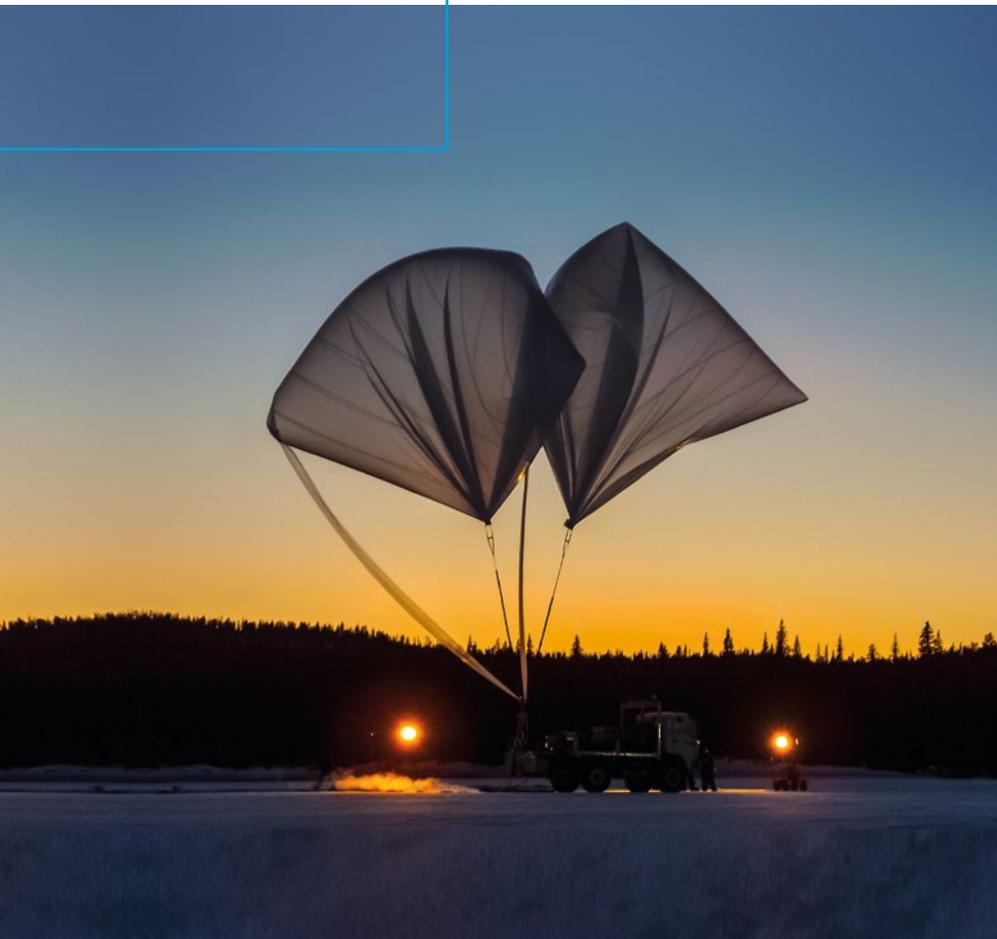
2023

60 Jahre Technische Zusammenarbeit – Die PTB als Partnerin für nachhaltige Entwicklung

Seit 60 Jahren unterstützt die PTB Entwicklungs- und Schwellenländer beim Aufbau ihrer nationalen Qualitätsinfrastruktur mit verlässlicher Messtechnik. Dafür berät sie politische Entscheidungstragende, Institutionen der Qualitätsinfrastruktur sowie kleine und mittlere Unternehmen. Im Jahr 2022 hat sie dies in mehr als 90 Ländern getan, finanziert vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung mit etwa 24 Millionen Euro.



Foto: PTB/Ralf Bäcker



Nachrichten

<u>Energie</u>	<u>16</u>
<u>Umwelt und Klima</u>	<u>19</u>
<u>Gesundheit</u>	<u>21</u>
<u>Digitalisierung</u>	<u>23</u>
<u>Quantentechnologie</u>	<u>25</u>
<u>Systemische Metrologie</u>	<u>28</u>



Energie



Mit der Energiewende hat Deutschland sich das Ziel gesetzt, innerhalb weniger Jahrzehnte ein grundlegend neues, nachhaltiges, dezentrales Energiesystem zu schaffen, das nahezu ohne CO₂-Emissionen auskommt. Die PTB wird alle hierfür notwendigen Schritte messtechnisch unterstützen oder gar erst ermöglichen – von der Energieerzeugung über Transport und Speicherung bis zum Verbrauch. Denn verlässliche Messungen sind die Voraussetzung für Sicherheit, Effizienz und Verbraucherschutz.

Windenergie: Weltgrößte Drehmomentmessmaschine geht an den Start



Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck signiert die neue Drehmomentmessmaschine. (Foto: PTB)

Der Ausbau der Windkraft kann nur mit immer größeren Windenergieanlagen erfolgreich sein. Damit müssen auch die Maschinen mithalten, die diese Anlagen in ihrer Qualität prüfen. Und so nahm Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck in der PTB die weltweit größte Maschine in Betrieb, mit der erstmals die enormen Drehmomente, die in großen Windenergieanlagen auftreten, genau gemessen werden können. Diese einzigartige Drehmomentnormalmeseinrichtung ist ein wesentlicher Bestandteil des Kompetenzzentrums für Windenergie der PTB. Dort lassen sich alle technischen Parameter exakt messen, die für den sicheren und effizienten Betrieb von Windenergieanlagen nötig sind – von der Geometrie der verbauten Großbauteile über die hochgenaue Bestimmung der Windgeschwindigkeiten am Standort der Windenergieanlage bis hin zu den Drehmomenten, die an den Rotorblättern angreifen. Die Windenergiebranche wird erheblich von diesen Dienstleistungen der PTB für die Qualität „Made in Germany“ profitieren.

Effektive Leistungsmessung von Solarmodulen

Im Kompetenzzentrum Photovoltaik-Metrologie der PTB wurde ein neuer und weltweit einzigartiger Messplatz aufgebaut. Hier lässt sich die Leistung von Solarmodulen unter Standardtestbedingungen deutlich genauer bestimmen als mit bisherigen Methoden. Kernstück ist ein 9000 kg schwerer und neun Meter hoher Solarmodultubus, in dessen Inneren Solarmodule zur Überprüfung ihres Wirkungsgrades installiert werden. Der Tubus kann auf Schienen nach draußen gefahren und zur Sonne ausgerichtet werden. Auf diese Weise



Mit der Frontseite zur Sonne hin ausgerichteter Solarmodultubus während einer Messung. (Foto: PTB)

kombiniert die Anlage die Vorteile verschiedener bisheriger Labor- und Freifeldmessverfahren.

Der Messplatz trägt dazu bei, dass die PTB die weltweit geringste Messunsicherheit für Solarmodule anbieten

kann, sodass sich die Investitionssicherheit entlang der Wertschöpfungskette der Photovoltaik verbessert. Zum Hintergrund: Jedes Prozent Messunsicherheit entspricht einem finanziellen Gegenwert von rund einer Milliarde Euro.

Haushalts-Gaszähler für Wasserstoff geeignet

Für eine sichere Energieversorgung und mehr Klimaschutz soll in Zukunft auch Wasserstoff ins Erdgasnetz eingespeist werden. Doch sind die bisher zur Erdgasmengenmessung eingesetzten Balgzähler auch für Wasserstoff geeignet? In aller Kürze: Es sieht gut aus. Um die Umstellung der öffentlichen Gasversorgung auf Wasserstoff vorzubereiten, war die PTB im Rahmen eines Forschungsprojektes des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches der Frage nachgegangen, ob die im Haushaltssektor in hohen Stückzahlen eingesetzten Balgzähler geeignet sind, um Wasserstoff-Methan-Gemische und reinen Wasserstoff entsprechend den rechtlichen Vorgaben messrichtig zu erfassen. Dass sich die geprüften fabrikneuen Zähler eignen, ist eine gute Nachricht, denn andernfalls wären hohe Kosten und zeitliche Verzögerungen unumgänglich gewesen.



Foto: Dan Race/Adobe Stock

Synthetische Kraftstoffe für klimaneutrales Fliegen



Foto: Thomas Söllner/Adobe Stock

Der Flugverkehr soll klimafreundlicher werden. Während sich für Regional- und Kurzstreckenflüge elektrische Antriebssysteme durchsetzen könnten, sucht man für Langstreckenflüge unter anderem nach synthetischen Kraftstoffen – sogenannten eFuels –, um eine effizientere und nachhaltigere Luftfahrt zu erreichen.

Im Fokus der PTB-Forschung stehen verschiedene Flüssigkraftstoffe und ihr Verbrennungsverhalten im Rahmen eines sehr sauberen Verbrennungskonzepts, nämlich der mageren, vorverdampften und vorgemischten LPP-Verbrennung (engl.: lean-prevaporized-premixed). Bisher haben sich Propanol- und Butanol-Isomere als die vielversprechendsten LPP-Kraftstoffe herausgestellt. In einem weiteren Forschungsschritt sollen diese eFuels miteinander vermischt und unter Beigabe von Wasserstoff untersucht werden.

An den Forschungen sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der PTB, der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig im Rahmen des DFG-Exzellenzclusters „Sustainable and Energy-Efficient Aviation“ im Teilprojekt „Synthetic Fuel Combustion for Aviation Application“ beteiligt.

Saubere Energie: Messtechnikprofis aus aller Welt zu Gast in der PTB

Mehr als 50 führende Energiemessexperten und -expertinnen aus 15 Ländern trafen sich zur ICME 2023, der „International Conference on Measurements of Energy“ in der PTB. Ziel der Konferenz war es, Fachwissen aus Forschung, Anwendung, Messtechnik und Industrie an einem Ort zu versammeln, Erfahrungen und Ideen auszutauschen und einen Fahrplan für die Zusammenarbeit bei wichtigen energierelevanten Themen zu formulieren – beispielsweise in den Bereichen Energiewende, Photovoltaik, Wasserstoffmetrologie und nachhaltige Flugtreibstoffe.

Im Rahmen der Konferenz traf sich auch das Netzwerk „WIMER – Women in Metrology and Energy Research“, um über die Rolle von Frauen in der Metrologie- und Energieforschung, über geschlechtsspezifische Vorur-



Blick in die Diskussionsrunde von „WIMER – Women in Metrology and Energy Research“. (Foto: PTB)

teile, die Bedeutung von Mentorenschaft und Netzwerken sowie die Vorteile eines unterstützenden Arbeitsumfelds zu diskutieren.

Verbesserung der Energieeffizienz für Lateinamerika



Häuserwand in Uruguay. Klimaanlage sind häufig genutzte Elektrogeräte in Lateinamerika. Die PTB unterstützt den energieeffizienten Einsatz der Geräte und die Kennzeichnung mit dem Energielabel in den MERCOSUR-Ländern. (Foto: Maria Elena Zuniga)

Die PTB unterstützt die Länder Argentinien, Brasilien, Paraguay und Uruguay bei dem energieeffizienteren Einsatz von Haushaltsgeräten und deren Kennzeich-

nung durch ein Energielabel. Dafür haben PTB-Fachleute nicht nur zwei Leitfäden verfasst, die den Behörden international empfehlenswerte Praktiken für die Erarbeitung gesetzlicher Vorschriften zur Marktüberwachung an die Hand geben, sondern auch in allen anderen Bereichen der Qualitätsinfrastruktur mitgewirkt: Sie begleiteten die Entwicklung diverser technischer Normen, unterstützten Prüf- und Kalibrierlaboratorien auf ihrem Weg zur Akkreditierung und ermöglichten Produktzertifizierungs- sowie Akkreditierungsstellen, ihre Expertise im Bereich Energieeffizienz auf- und auszubauen.

Bereits seit über 15 Jahren führt die PTB Projekte der technischen Zusammenarbeit mit den Ländern des Gemeinsamen Marktes Südamerikas (Mercado Común del Sur, MERCOSUR) durch, um die Zusammenarbeit zwischen den Institutionen der Qualitätsinfrastruktur untereinander und mit den zuständigen Ministerien zu stärken.

Umwelt und Klima



Verlässliche Aussagen über den Zustand der Umwelt oder Modellierungen des Klimawandels sind nur auf Basis zuverlässiger und langfristiger Messungen möglich – zu Lande, zu Wasser, in der Luft und aus dem All. Aufgabe der PTB ist es, die nötigen Referenzverfahren und -standards zur Verfügung zu stellen, damit diese Messwerte weltweit vergleichbar und aussagekräftig werden.

Den Treibhauseffekt genau messen

Die von der Atmosphäre in Richtung der Erde emittierte Infrarot-Strahlung wird weltweit von zahlreichen Messstationen kontinuierlich gemessen. Sie ist ein Maß für die Stärke des Treibhauseffektes. Diese Messungen werden typischerweise mit speziellen Infrarot-Detektoren, sogenannten Pyrgeometern, durchgeführt. Sie müssen exakt kalibriert sein, damit ihre Messungen vergleichbar sind und sie belegbare Aussagen über den Treibhauseffekt ermöglichen.

Zu diesem Zweck hat die PTB gemeinsam mit dem Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos/World Radiation Center einen neuen Referenz-Schwarzkörper, den sogenannten Hemispherical Blackbody, entwickelt. Mit ihm konnte die bereits etablierte Rückführung – also die Kalibrierung von Pyrgeometern – unabhängig validiert werden, was für verlässlichere Ergebnisse bei der Messung des Treibhauseffektes sorgt.

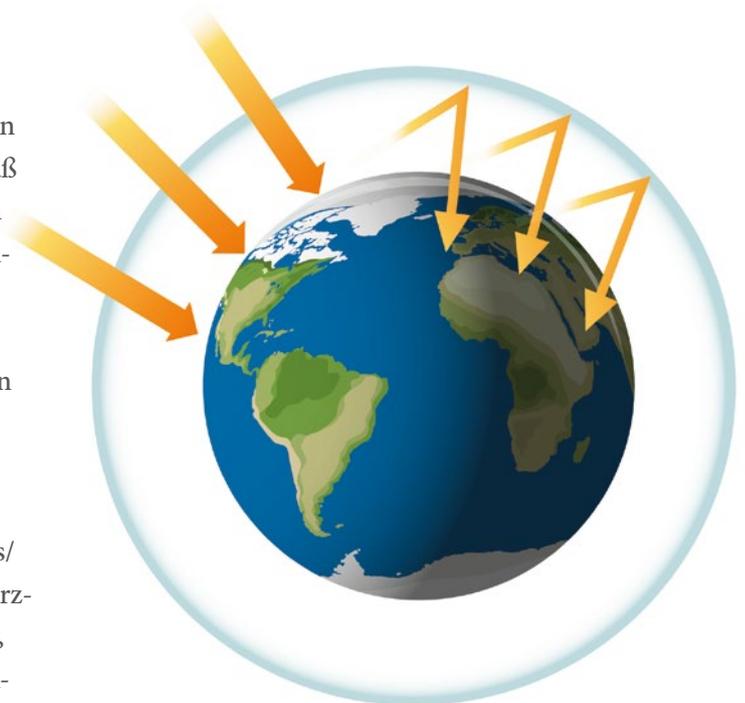


Abb.: blueringmedia /Adobe Stock

„Extra dry“ – Gasfeuchtemessung in Industrie und Klimaforschung

Die Messung sehr niedriger (Spuren-)Feuchtegehalte in unterschiedlichsten Gasen spielt in der Klimaforschung und bei industriellen Prozessen eine große Rolle. So ist gasförmiges Wasser in der Atmosphäre beispielsweise der bestimmende Faktor für den natürlichen Treibhauseffekt. Und viele industrielle Prozesse benötigen für konstante Produktqualität sehr geringe Gasfeuchten mit hoher Stabilität. Um sehr niedrige

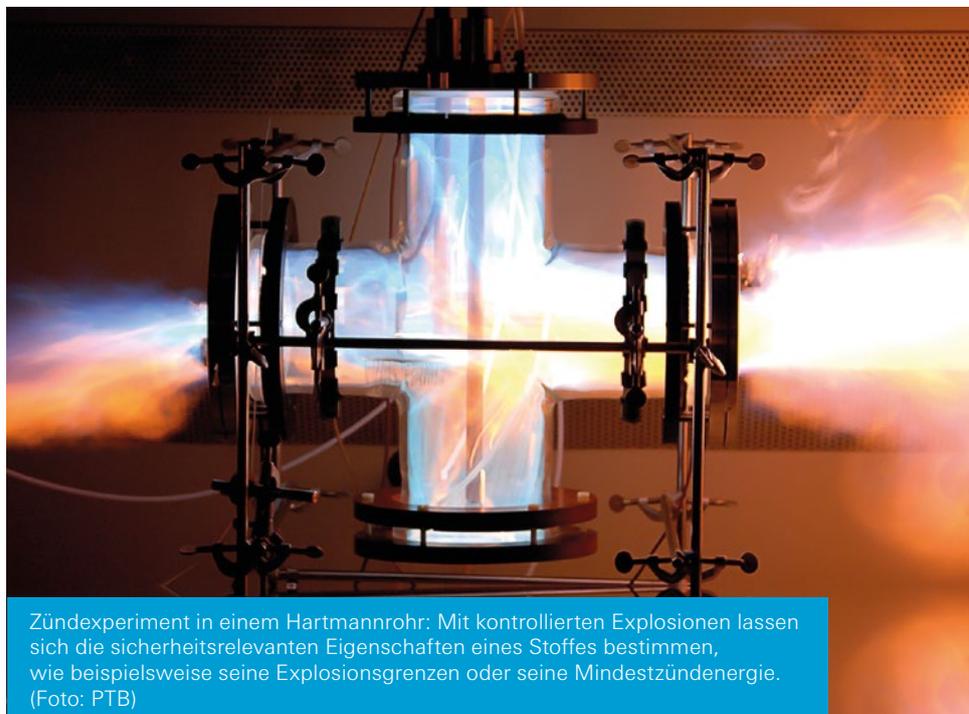
Gasfeuchten zu quantifizieren, werden hochempfindliche Analysatoren und Kalibriereinrichtungen benötigt. Die PTB hat speziell für den Spurenfeuchtebereich einen optischen Gassensor entwickelt. Er basiert auf kommerziellen, robusten und kostengünstigen Diodenlasern und Detektoren aus der Telekommunikationsindustrie. Das Gerät ist hochgenau und erfordert keine vorherige Kalibrierung mit Referenzgasen.



Start eines Stratosphären-Forschungsballons in Kiruna, Schweden. Mit an Bord: ein optischer Gassensor zur Bestimmung von Wasserdampf und Methan. (Foto: V. Ebert, PTB, 2023)

Kühlung in Zeiten des Klimawandels

Die PTB stellt den Sprecher einer neuen Forschungsgruppe „Explosionsgefahren von Kältemitteln mit geringem Treibhauspotenzial“. Nach dem Verbot klimaschädlicher Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und der schrittweisen Reduzierung ihrer noch immer schädlichen Ersatzstoffe wollen die Forschenden eine neue Generation von natürlichen und synthetischen Kühlmitteln mit geringem Treibhauspotenzial untersuchen. Dabei spielen auch die Sicherheitstechnik und der Explosionsschutz eine erhebliche Rolle. Ziel ist es, ein grundlegendes Verständnis von Zündung und anschließender Flammenausbreitung zu gewinnen, um die Sicherheit von treibhausgasarmen Kältemitteln der nächsten Generation fundiert bewerten zu können. Die Forschungsgruppe ist eine von insgesamt 13, die die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im März 2023 eingere-



Zündexperiment in einem Hartmannrohr: Mit kontrollierten Explosionen lassen sich die sicherheitsrelevanten Eigenschaften eines Stoffes bestimmen, wie beispielsweise seine Explosionsgrenzen oder seine Mindestzündenergie. (Foto: PTB)

richtet hat. Die Gruppen erhalten insgesamt rund 48,6 Millionen Euro und werden maximal zweimal vier Jahre gefördert.

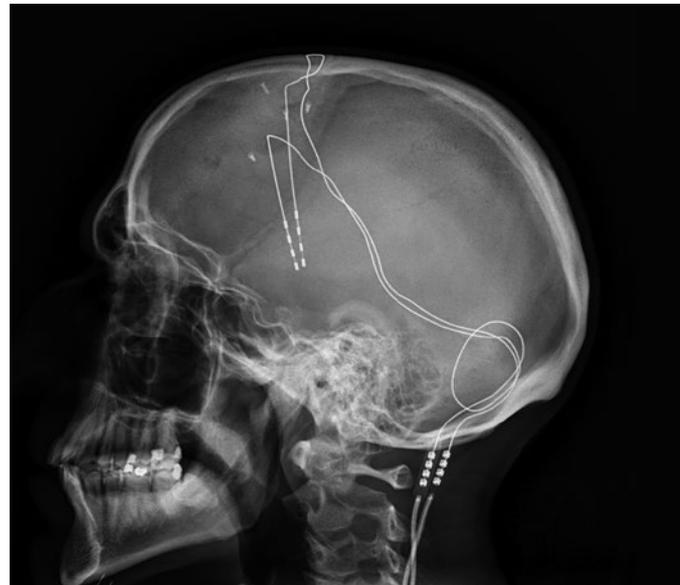
Gesundheit



Die Erfolge der modernen Medizin wären ohne hochkomplexe Diagnose- und Therapieverfahren nicht möglich. Damit lassen sich auch Therapien immer individueller auf die einzelnen Patientinnen oder Patienten zuschneiden. Für all dies ist die Metrologie unverzichtbar, denn sie macht Dinge quantifizierbar und damit objektiv vergleichbar. Die PTB ist in dem interdisziplinären Feld der medizinischen Messungen intensiv eingebunden und liefert genaue, vergleichbare Messdaten und die passenden Standards.

Trotz Implantat: scharfe MRT-Bilder bei größtmöglicher Sicherheit

Die drahtlose Kommunikation zwischen aktiven Implantaten und Magnetresonanztomografen könnte in Zukunft die Überhitzung von Gewebe verhindern. Das ist das Ergebnis des von der PTB koordinierten europäischen Metrologie-Forschungsprojekts STandardization for Safe Implant Scanning in MRI (STASIS), in dem sich Forschende mit der Sicherheit von Implantaten beim Einsatz von Magnetresonanz-Bildgebung befassen. Metallische Implantate im Körper stellen bei der Magnetresonanztomografie ein Sicherheitsrisiko dar, da die Wechselwirkung des leitfähigen Implantats mit den starken elektromagnetischen Feldern des Tomografen zu einer gefährlichen Gewebeerwärmung führen kann. Nun konnte die PTB zeigen, dass „smarte“ Implantate direkt mit dem MR-Scanner kommunizieren könnten, der dann seinerseits die elektromagnetische Welle an das Implantat anpasst, um Überhitzung zu vermeiden. Dies könnte Millionen von Patientinnen und Patienten helfen und die Arbeit des Krankenhauspersonals erheblich vereinfachen.



Ein sogenannter Hirnschrittmacher ist ein Beispiel für ein aktives Implantat, das bei einem MRT-Scan zu gefährlichen Erwärmungen führt.
(Quelle: Jmarchn/Wikimedia commons)

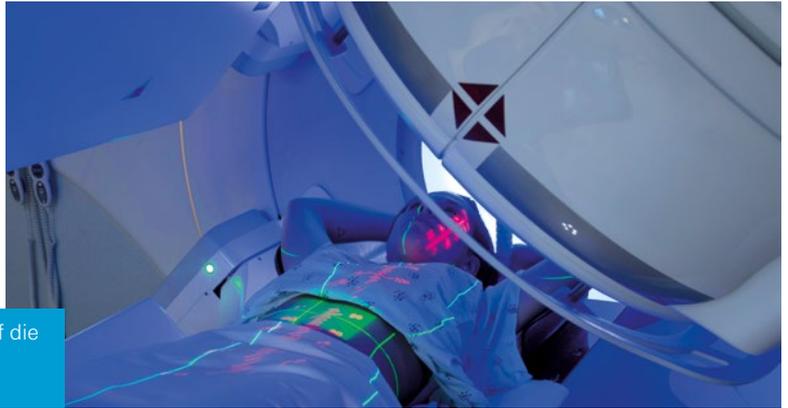
KI vereinfacht die Strahlentherapie-Planung

Je genauer die Bestrahlungsplanung ist, desto besser lässt sich die Dosis ermitteln, die einen Tumor möglichst effektiv bekämpft. In diese Planung gehen diverse Messungen ein und die Anforderungen an diese Messungen und an die Dosimetriesysteme steigen mit der Einführung moderner, hochkomplexer Therapietechniken. Die PTB hat eine neue Methode entwickelt, die auf der Basis neuronaler Netze funktioniert und dabei hilft,

schnell und genau die nötige Dosis zu bestimmen. Sie hat das Potenzial, routinemäßig in Kliniken eingesetzt werden zu können.

Die Methode eignet sich besonders für die stereotaktische Bestrahlung, eine hochpräzise strahlentherapeutische Methode, um kleine Tumore oder Metastasen hocheffektiv zu behandeln. Mit ihr können hohe Ein-

zeldosen gezielt appliziert und Risikoorgane maximal geschont werden. Doch die neuronalen Netze sind auch mit anderen Bestrahlungs- und Messsystemen anwendbar. Den Kliniken könnten somit vortrainierte Modelle neuronaler Netze bereitgestellt werden.



Bei der Bestrahlungstherapie kommt es entscheidend auf die passende Dosis an.
(Foto: Mark Kostich/Adobe Stock)

Mit Xenon auf der Suche nach Biomarkern



Foto: Gorodenkoff/Adobe Stock

Der Nachweis von Biomarkern, also bestimmten Proteinen oder Zellen, die auf Krankheiten hindeuten, nimmt in der biomedizinischen Forschung sowie der klinischen Versorgung eine immer wichtigere Rolle

Neueste Sequenzierungsverfahren vergleichbar machen

Der Bedarf an standardisierten und verlässlichen neuen Methoden der Gensequenzierung ist sehr groß. Das betrachtet die PTB als Auftrag, intensiv an diesen Methoden weiterzuarbeiten. Der Begriff „neueste Sequenzierungsverfahren“ (Next Generation Sequencing, NGS) steht für eine Technologie der

ein. Ein intensiv verfolgter Ansatz ist der Einsatz von Magnetresonanz (MR) mithilfe von hyperpolarisiertem Xenon. Auf diese Weise lassen sich kleinste Mengen an Biomarkern nachweisen.

Forschende der PTB haben das Verfahren weiterentwickelt, sodass erstmals exakte quantitative Aussagen möglich werden. Dazu wird kein Referenzmaterial benötigt, und das Messverfahren läuft auf jedem Messgerät gleich ab. Es ist somit referenzprobenfrei und plattformunabhängig. Die Innovation soll zum quantitativen Nachweis von Biomarkern in der diagnostischen und therapeutischen Verfahrensentwicklung eingesetzt werden. Die Arbeiten werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung durch die Maßnahme VIP+ gefördert und haben zu einer Patentanmeldung geführt.



Foto: IuchschenF/Adobe Stock

Nukleinsäureanalyse, mit der Pathogene durch die gleichzeitige Sequenzierung von mehreren hundert Millionen Fragmenten von Nukleinsäuresequenzen nachgewiesen werden können. Diese Hochdurchsatz- oder Parallelsequenzierungstechnologien haben

völlig neue Dimensionen in der Nukleinsäureanalyse eröffnet. Für die PTB, die bereits Referenzmessverfahren für einige Erreger, wie z. B. das humane Cytomegalievirus (hCMV), entwickelt hat, eröffnet sich hier ein sehr wichtiges neues Arbeitsfeld.

Digitalisierung



Produkte mit dem Gütesiegel „Made in Germany“ stehen für höchste Qualität und Zuverlässigkeit. Grund dafür ist die in Deutschland etablierte Infrastruktur, mit der Qualitätsanforderungen an Produkte sichergestellt werden. Zurzeit verändert die Digitalisierung Produkte sowie Produktions- und Wirtschaftsprozesse jedoch massiv. Damit entstehen für die Qualitätsinfrastruktur sowohl neue Herausforderungen als auch Chancen, effektiver und effizienter zu werden. Ziel der PTB ist es, etablierte Strukturen und Prozesse der Qualitätssicherung zu digitalisieren, um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft langfristig zu sichern.

Zuverlässige KI-Software in der Produktion

Künstliche Intelligenz (KI) hält Einzug in die Fertigung, etwa wenn Menschen mit Robotern interagieren. Im Rahmen eines EU-Projektes prüft die PTB innovative KI-basierte Ansätze in Robotik und Sensorik im Fertigungsbereich, damit diese schneller zur Marktreife gelangen. In dem gemeinschaftlichen Forschungsprojekt ist die PTB das einzige Metrologieinstitut. Sie bringt beispielsweise ihre Kompetenz rund um digitale Zwillinge ein und will ihre Expertise bei der Prüfung von Auswertesoftware nutzen und auf KI-Methoden erweitern. Ziel ist es, Qualitätsstandards für vernetzte Daten und KI auf messbare Größen zurückzuführen und so das Vertrauen in KI-Systeme zu stärken. Der



Name des Projektes lautet TEF-AI-MATTERS (TEF: Testing and Experimentation Facilities). An ihm sind 25 Institutionen aus acht Ländern beteiligt, um KI-basierte Software- und Hardwarelösungen und -produkte, einschließlich Roboter, in realen Umgebungen zu testen.

Erfolgreiche Pilotphase des digitalen Kalibrierzertifikats mit digitalem Akkreditierungssymbol

Schnell, einfach und nützlich – so bewerteten Pilotkunden die Anwendung des digitalen Kalibrierzertifikats (DCC) der PTB im Zusammenspiel mit dem digitalen Akkreditierungssymbol der DAkkS nach mehreren Testmonaten. DAkkS und PTB haben mit der Pilotierung dieser beiden Schlüsseltechnologien wichtige Weichen für die digitale Zukunft gestellt und beschreiten damit auch im globalen Maßstab mögliche Wege in der Branche. Durch die Integration des Akkreditierungssymbols in das digitale Kalibrierzertifikat werden erstmals alle von akkreditierten Kalibrierlaboren herausgegebenen relevanten Informationen vollumfänglich maschinenlesbar und mani-



Foto: PTB

pulationssicher bereitgestellt. Auf dieser Basis lassen sich zukünftig Produktionsprozesse und deren Qualitätssicherung automatisieren – die Effizienz steigt und Kosten sinken. Akkreditierte Stellen können die eAttestation seit dem 30. März 2024 beantragen und die Anwendungen in die Praxis überführen.

Vertrauen in virtuelle Durchflussmessgeräte



Die Strömungsentwicklung im Rohr und die strömungsmechanischen Kalibrierfaktoren des Geräts werden auf Grundlage einer „virtuellen Messung“ modelliert. (Abb.: PTB)

Virtuelle Messgeräte und digitale Zwillinge sind Simulationsmodelle, die physische Systeme in einer virtuellen Umgebung genau nachbilden. Mithilfe dieser Si-

mulationen lässt sich dann beispielsweise schnell und kostengünstig ermitteln, wie sich Produktionsprozesse oder Maschinen optimieren lassen oder wo es wann zu Verschleißerscheinungen kommen wird. Doch wie verlässlich sind virtuelle Messungen? Im PTB-eigenen Kompetenzzentrum VirtMet wurde ein Verfahren zur Berechnung der Simulationsunsicherheit eines virtuellen Ultraschall-Durchflussmessers entwickelt. Das Verfahren ermöglicht es, experimentelle Messungen gänzlich durch virtuelle Messungen zu ersetzen. Die Methodik ist nicht nur auf Durchflussmessungen beschränkt, sondern kann auf andere Fachgebiete der Metrologie übertragen werden, um hier das Vertrauen in virtuelle Messgeräte zu erhöhen.

Damit Deutschland an der Spitze bleibt – Die internationale Qualitätsinfrastruktur (QI) traf sich in Berlin

Etwa 500 Teilnehmende, 30 Ausstellende sowie Vortragende aus acht Nationen – das zweitägige QI-Digital Forum im Oktober in Berlin war ein voller Erfolg. Vorträge, Diskussionen und Ausstellungen fanden unter dem Motto „Digitale Zertifikate, Normen, Pro-

duktpässe & Co. – Gemeinsam für die Qualität der Zukunft“ statt. Die PTB und ihre Partnerorganisationen innerhalb der Initiative QI-Digital präsentierten unter anderem das Pilotprojekt eAttestation, eine Kombination des in der PTB entwickelten Digitalen

Kalibrierscheins (DCC) mit dem Digitalen Akkreditierungssymbol.

Der Tenor aller Akteure lautete: In Deutschland bleibt die QI ein „Hidden Champion“ – sie funktioniert erstklassig und im Alltag nahezu unbemerkt. Allerdings führe die analoge Kompetenz nicht automatisch zur digitalen. Wichtig sei, die international gerade entstehenden Strukturen der digitalen QI entscheidend



Foto: QI-Digital

zu prägen, um den zukünftigen globalen papierlosen Handel mitzugestalten.

DIN SPEC zu erklärbarer KI veröffentlicht



Künstliche Intelligenz, meist in Form neuronaler Netze, wird bereits häufig eingesetzt, um Empfehlungen für menschliche Entscheiderinnen und Entscheider auszusprechen oder die Entscheidungen gleich selbst zu treffen. Doch aufgrund welcher Kriterien eine bestimmte Entscheidung getroffen wird, bleibt für Nutzerinnen und Nutzer oft undurchschaubar. Dem Bedürfnis entsprechend, KI erklärbar zu machen, ist eine erste Vornorm zu erklärbarer KI veröffentlicht

worden. Da erklärbare KI noch ein sehr junges Themengebiet ist, in dem manches noch nicht eindeutig definiert ist, empfiehlt die Vornorm keine konkreten Methoden für bestimmte Anwendungszwecke, sondern schlägt ein abstraktes Prozessmodell vor, das zu guter Erklärbarkeit führen soll. Mit einer DIN SPEC kann in kurzer Zeit ein Standard erstellt werden, mit dem eine bis dahin noch nicht standardisierte Technologie beschrieben werden kann. Nicht selten ist sie Grundlage einer späteren Norm.

Quantentechnologie



Die Quantentechnologie ist in den vergangenen Jahren zu einem wichtigen Themenschwerpunkt innerhalb der PTB geworden. Hier engagieren sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gleich auf drei Feldern: Sie treiben nicht nur mit ihrer Forschung die Entwicklung neuer Technologien voran, sondern transferieren dieses Wissen mithilfe des Quantentechnologie-Kompetenzzentrums auch in die Wirtschaft, wo sie vor allem mittelständische Unternehmen und Start-ups mit Knowhow unterstützen. Und schließlich wirkt die PTB auf internationaler Ebene an der Standardisierung im Bereich der Quantentechnologie mit.

Europaweites Netzwerk für Quantentechnologie-Fortbildung

Das im Januar 2023 gestartete Verbundprojekt QTIndu will Quantentechnologie-Knowhow an Industrie und Entscheidungstragende vermitteln. Denn obwohl

Quantentechnologien völlig neue Anwendungen in zahlreichen Industriesektoren ermöglichen, fehlen oft Fachkräfte, um das enorme Potenzial zu erkennen und

in die Praxis umzusetzen. Dreizehn europäische Einrichtungen haben sich deshalb zum Verbundprojekt Quantum Technology Courses for Industry (QTIndu) im Rahmen der EU-Initiative Digital Europe zusammengeschlossen. Zu ihnen gehört auch die PTB. Die Projektbeteiligten wollen eine zentrale Anlaufstelle für quantentechnologische Fortbildungen schaffen, bedarfsgerechte Weiterbildungsformate entwickeln und gleichzeitig eine enge Verbindung zur Industrie sicherstellen. Zu den Maßnahmen gehören auch Präsenzkurse, die direkt im PTB-Labor an realen Quantentechnologie-Systemen stattfinden.

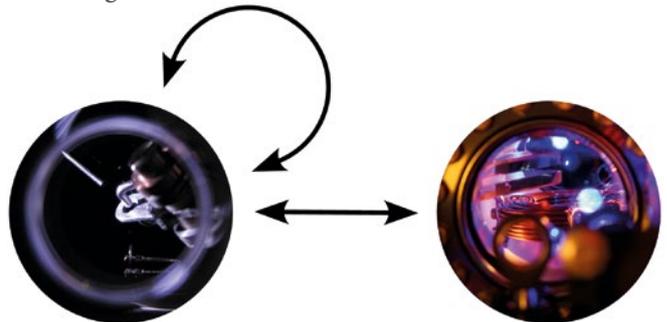


Fachkräfte mit Quantenerfahrung gesucht: Um den hohen Bedarf zu decken, entwickelt der europäische Verbund QTIndu passgenaue Fortbildungsangebote. (Foto: Jan Hosan/TU Braunschweig)

Dunkle Materie bleibt „dunkel“

Kann dunkle Materie mit Photonen wechselwirken und die Atomstruktur beeinflussen? Ein Fall für optische Atomuhren: Zwei verschiedene Typen von ihnen wurden in der PTB im Rahmen des Sonderforschungsbereichs DQ-mat und des Exzellenzclusters QuantumFrontiers verglichen. Es ist die bisher genaueste Suche nach einer Wechselwirkung von ultraleichter dunkler Materie mit Photonen. Bestehende experimentelle Nachweisgrenzen für eine mögliche Kopplung wurden durch die Arbeit um mehr als eine Größenordnung verbessert – über einen weiten Bereich möglicher Massen der dunklen Materie-Teilchen. Deren Beschaffenheit und mögliche Wechselwirkungen konnten damit weiter eingegrenzt werden, auch wenn es weiterhin ein großes Rätsel bleibt,

woraus dunkle Materie besteht und ob es bisher unbekannte Wechselwirkungen mit herkömmlicher Materie gibt.

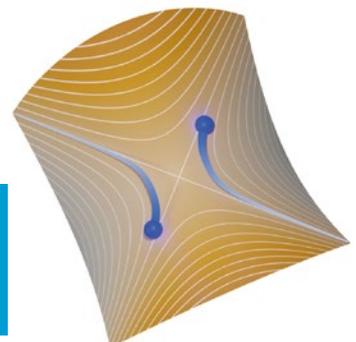


Für die Suche nach dunkler Materie wurden drei Atomuhren verglichen: Zwei davon nutzen ein einzelnes, in einer Ionenfalle gespeichertes Ion (links), und die dritte Atomuhr verwendet ca. 1000 neutrale Atome in einem optischen Gitter (rechts). (Abb.: PTB)

Kontrollierte Kollision zweier Elektronen in einem Halbleiterchip

In nanostrukturierten Schaltungen können sich Elektronen mit hoher Geschwindigkeit auf ballistischen Flugbahnen bewegen. Die Manipulation beziehungsweise Kontrolle einzelner Ladungsträger stellt dabei eine große technologische Herausforderung dar. Mit einem neuen Halbleiter-Bauteil aus der PTB ist es jetzt gelungen, die Flugbahnen zweier Elektronen so aufeinander abzustimmen, dass ein einzelnes Elektron

Simulation der Elektronenflugbahnen nach einer Kollision in einem elektronischen Strahlteiler (Abb.: PTB)

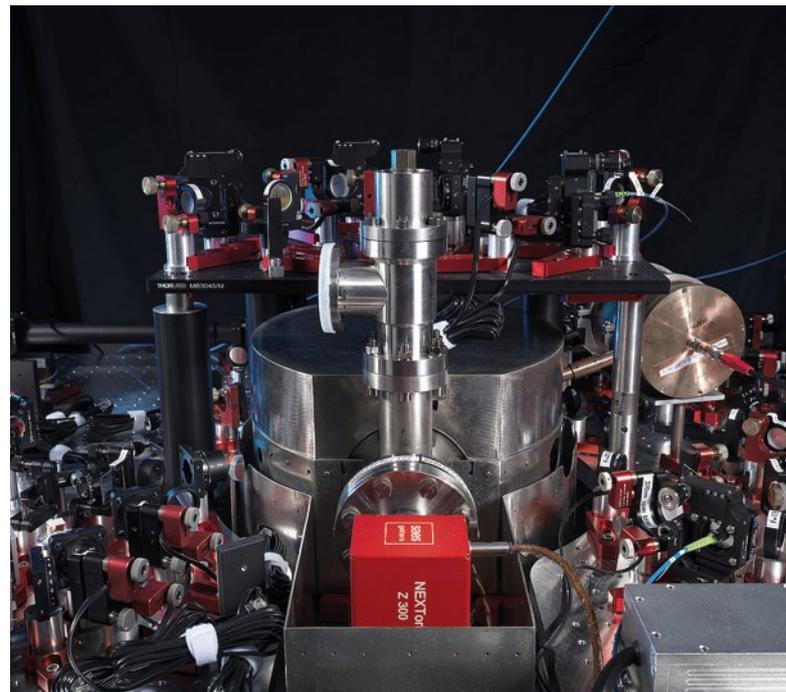


selbst zur Untersuchung eines anderen dienen kann. Obwohl die Elektronen sich nur für einen sehr kurzen Moment begegnen, ließ sich in Zusammenarbeit mit Partneruniversitäten auf diese Weise zeigen, dass einzelne ballistische Elektronen kontrolliert zu einer deutlichen Wechselwirkung gebracht werden können.

Ein einzelnes Ion als Thermometer

Optische Atomuhren gelten als die Atomuhren der Zukunft. Sie „ticken“ bereits, aber noch ist die Einheit Sekunde durch Cäsium-Atomuhren definiert. Bei ihnen werden Cäsium-Atome durch Mikrowellenstrahlung angeregt, die Atome oder Ionen bei optischen Uhren dagegen durch optische Strahlung. Die häufigeren Schwingungen pro Zeiteinheit von Licht im Vergleich zur Mikrowelle erlauben eine Bestimmung der Frequenz dieser Atomuhren mit weit höherer Genauigkeit. Forschenden der PTB ist es gelungen, einen entscheidenden Einflussfaktor auf diese Referenzfrequenz, die Temperatur der Umgebung, genau zu bestimmen. Das neue Verfahren beruht darauf, dass bereits kleinste Frequenzverschiebungen direkt mit der Temperatur korreliert sind. Dazu verglichen die Forscherinnen und Forscher zwei optische Atomuhren miteinander und konnten die Frequenz des Referenzübergangs von Strontium-Ionen mit dreifach höherer Genauigkeit bestimmen. Diese Messung ebnet den Weg zu einer zukünftigen Neudefinition der Sekunde.

Mögliche Anwendungen dieser auf einzelnen ballistischen Elektronen basierenden Technologie sind ultraschnelle elektronische Sensoren oder Schalter sowie die Erzeugung von quantenmechanisch verschränkten elektronischen Zuständen als Träger von Quanteninformationen in Quantencomputern.



Aufbau der optischen Uhr mit Strontium-Ionen: Über Spiegel wird Laserlicht in eine Vakuumkammer geführt, in der es mit gespeicherten Ionen wechselwirkt. Das Ion schwingt dadurch zwischen zwei Zuständen mit einer festen Frequenz, die in geringem Maße von der Temperatur beeinflusst wird. (Foto: PTB)

Erfolgreiches Treffen der europäischen Quanten-Community



Foto: PTB

Mehr als 750 Teilnehmende hat es zu 160 Vorträgen und Podiumsdiskussionen mit mehr als 140 Vortragenden gezogen – denn die Europäische Konferenz für Quantentechnologie (EQTC) in Hannover bot an fünf Tagen viel Spannendes für die europäische Quanten-Community. Zahlreiche Aussteller, wie die PTB, luden dazu ein, ihre Arbeit kennen zu lernen – vom virtuellen Blick in eine Ionenfallen-Anwenderplattform bis zur Erkundung der Gravitationszeitdilatation. Auch unter den Moderierenden und den Vortragenden

fanden sich Quantenfachleute der PTB, die beispielsweise tiefere Einblicke in die Zukunft der Quantenmetrologie gaben. Neugierige konnten außerdem die Forschung der PTB bei thematischen Laborführungen

kennenlernen. Organisiert wurde die Konferenz vom Quantum Flagship der Europäischen Kommission und dem Quantum Valley Lower Saxony (QVLS), in dem die PTB als Gründungsmitglied aktiv ist.

Quantengenerierte „Hoch“-Spannung

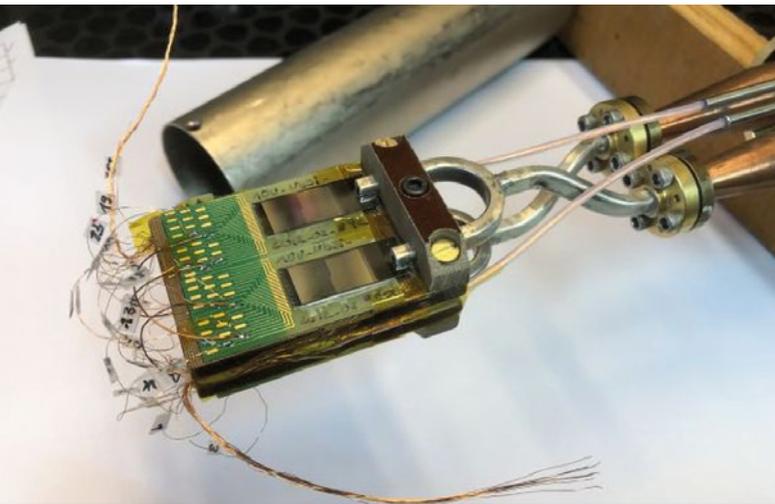


Foto zweier 20-V-Josephson-Serienschaltungen, montiert auf einem Probenhalter. Zwei weitere Arrays sind auf der Unterseite montiert. (Foto: PTB)

Nationale Metrologieinstitute wie die PTB stellen Spannungsquellen von bester Qualität zur Verfügung. Die

PTB verwendet programmierbare Josephson-Spannungsnormale. Dies sind elektrische Quantennormale bestehend aus Serienschaltungen von einigen Tausend Josephson-Kontakten. Sie ermöglichen die Erzeugung von Spannungen von typischerweise bis zu etwa 10 Volt mit fundamentaler Genauigkeit. Nun ist es der PTB gelungen, mit einem Josephson-Spannungsnormal bis zu 80 Volt zu realisieren – dies stellt einen neuen Weltrekord dar. Motiviert wurde diese Entwicklung durch die Anforderungen eines Experiments zur atomphysikalischen Grundlagenforschung des Max-Planck-Instituts für Kernphysik (MPIK) in Heidelberg. Die PTB unterstützt mit ihren Josephson-Spannungsnormalen und darauf basierenden selbst entwickelten Messeinrichtungen auch andere Großforschungseinrichtungen wie das CERN, nationale Metrologieinstitute sowie die Industrie.

Systemische Metrologie



Ob smarte Energienetze, autonomes Fahren oder Künstliche Intelligenz in der Medizin – überall gilt es, nicht nur einzelne Werte zu messen und zu bewerten, sondern komplexe Systeme von Messverfahren und Sensoren zu verstehen und zu charakterisieren. Systemisch und in Zusammenhängen denken – das ist auch die Anforderung an ein Mess- und Prüfwesen, das in Zukunft Vertrauen, Verlässlichkeit und Sicherheit garantieren soll. So wie Urmeter und Urkilogramm als Standards des Messwesens dienen, so sollen auch die Qualitätsstandards für vernetzte Daten und KI auf messbare Größen rückführbar sein. Dieser besonderen Herausforderung stellt sich das im Jahr 2023 gegründete Innovationscluster Systemische Metrologie in der PTB. In dessen Rahmen wollen Forschende innovative Lösungen für die Messtechnik von Systemen entwickeln, die es ermöglichen, vernetzte Systeme und Prozesse umfassend zu überwachen und zu steuern.

Von der KI-Software zu Operationsrobotern

Künstliche Intelligenz (KI) treibt aktuell eine Vielzahl von Innovationen in der Medizin an. Dafür müssen KI-Systeme mit vielen und hochwertigen Daten trainiert werden. Gerade in diesem sensiblen Gebiet stellt sich die kritische Frage: Wann ist ein neues KI-System verlässlich? Im Rahmen eines neuen EU-Projekts wollen die PTB und ihre Partnerorganisationen Qualitätsstandards für vernetzte Daten und KI entwickeln, die auf messbare Größen zurückgeführt werden können. Langfristiges Ziel ist es, die Vertrauenswürdigkeit medizinischer KI-Anwendungen zu stärken, agile Zulassungsprozesse für vertrauenswürdige KI zu etablieren und damit innovative KI-Ansätze schneller zur Marktreife zu bringen. Die Forschungsgruppe ist Teil des überge-



ordneten Forschungsprojekts TEF-Health (TEF steht für Testing and Experimentation Facilities) und wird mit 60 Millionen Euro gefördert. Innerhalb der PTB ist das Projekt Teil ihres innovativen Schwerpunkts systemische Metrologie.

Automatisiertes Fahren und vernetzte Mobilität

Die Hannover Messe und die „Braunschweig Mobility Days“ boten der PTB die Gelegenheit, einem großen Publikum ihre Forschung im Bereich des automatisierten Fahrens vorzustellen. Die neue Technologie verspricht viele Vorteile: zu-



sätzlichen Komfort, mehr Teilhabe, Energieeinsparung und weniger Unfälle. Doch für die gesellschaftliche Akzeptanz des automatisierten Fahrens ist die Verlässlichkeit der jeweiligen Fahrfunktionen entscheidend. Deshalb will die PTB im geplanten Forschungszentrum TI-CAR (Technology and Innovation Center for Automotive Research) neue Messtechnik und Testverfahren entwickeln, um nachzuweisen, bis zu welchem Grad Fahrerassistenzsysteme und automatisierte Fahrfunktionen sicher und verlässlich sind – realitätsnah bei Wind und Wetter. Per VR-Brille ließ sich bei den Veranstaltungen bereits ein Blick in die zukünftige Testeinrichtung werfen.

Im Zusammenspiel bilden die zahlreichen Sensoren in zukünftigen Fahrzeugen komplexe Sensorsysteme, in denen große Mengen an Daten erfasst und verarbeitet werden. Die Verlässlichkeit und Grenzen solcher komplexen Systeme untersucht die PTB mit ihrem Forschungsfahrzeug MOPAS (Mobile Platform for Automotive Sensor Network Testing). Sollen sich automatisierte und vernetzte Mobilitätsformen durchsetzen, müssen die Fahrfunktionen/Fahrzeuge auch unter widrigen Bedingungen wie beispielsweise Nebel, Gegenlicht und Beschädigung funktionieren.



Zahlen und Fakten

<u>Finanzen</u>	<u>32</u>
<u>Menschen</u>	<u>34</u>
<u>Internationales</u>	<u>36</u>
<u>Qualitätsmanagement</u>	<u>37</u>
<u>Transfer</u>	<u>38</u>



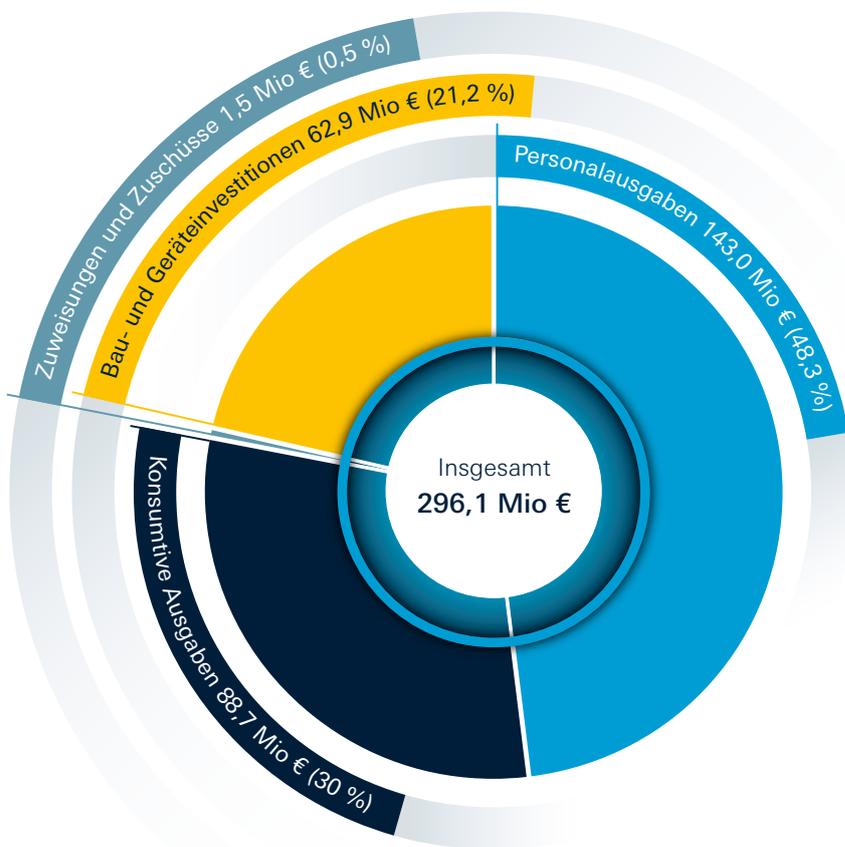
Finanzen

Ausgabenverteilung

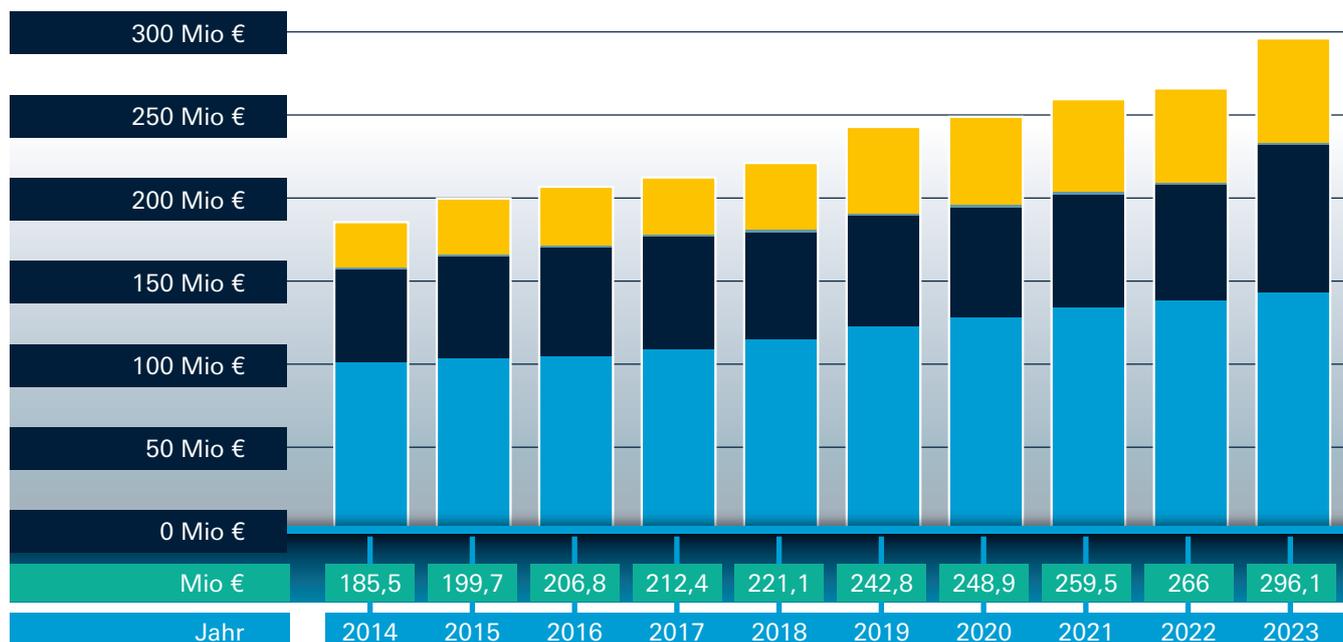
Haushalt 2023: Verteilung der Ausgaben
(in Mio Euro)

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.

- Personalausgaben
- Konsumtive Ausgaben
- Zuweisungen und Zuschüsse
- Bau- und Geräteinvestitionen

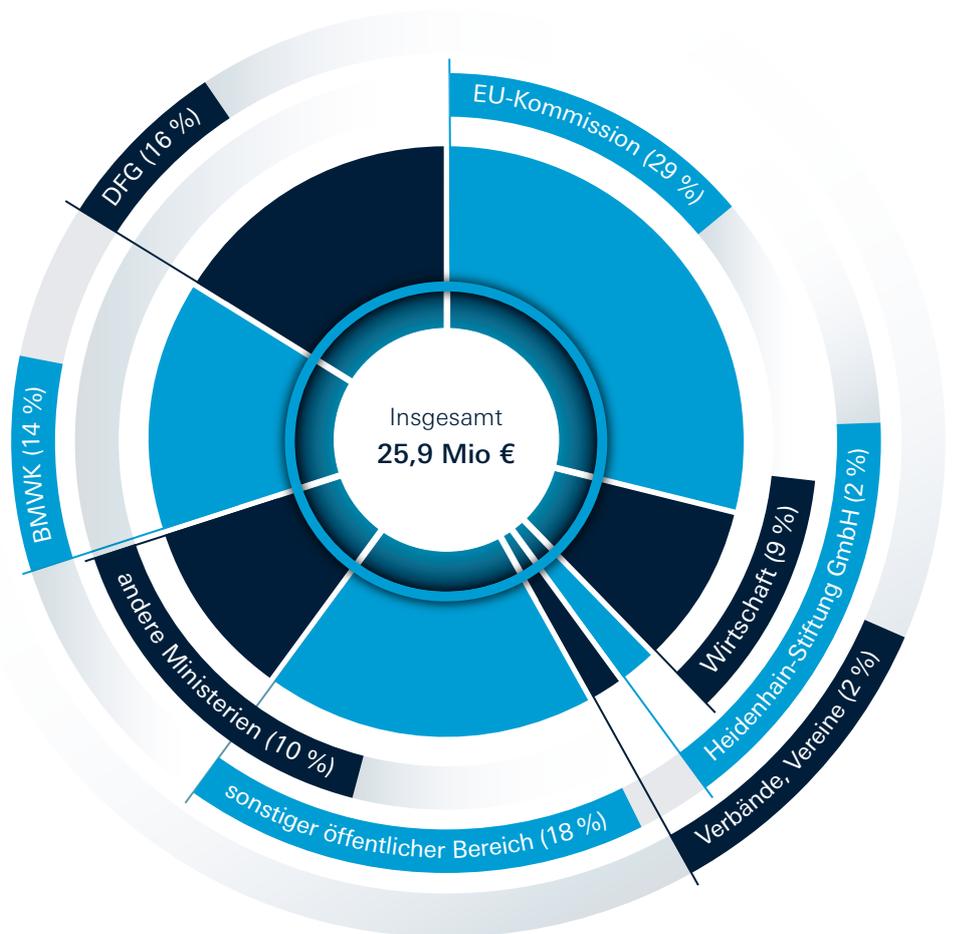


Entwicklung des Haushalts



Drittmittel

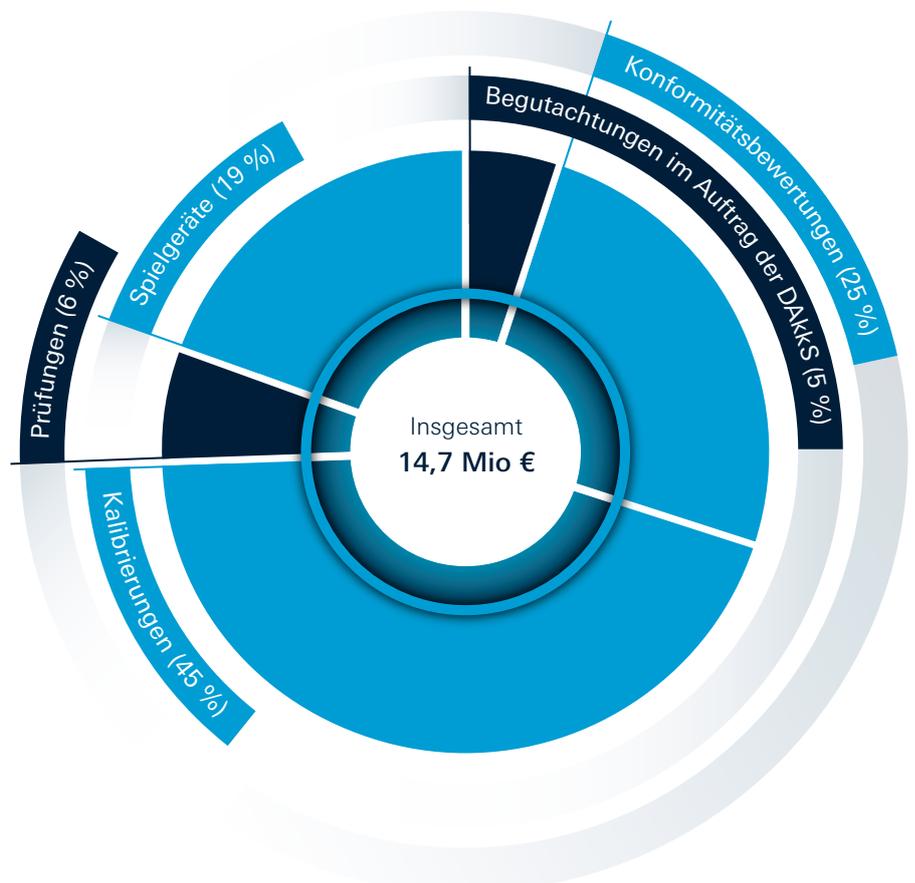
- Die Ausgaben für Forschungsvorhaben aus Drittmitteln summieren sich im Jahr 2023 auf 25,9 Mio. Euro. Die Grafik gibt hierzu die prozentualen Anteile der unterschiedlichen Quellen an.
- Diese Ausgaben verteilen sich auf insgesamt 506 Forschungsvorhaben.
- Speziell mit den Mitteln der Heidenhain-Stiftung GmbH werden drei Nachwuchsgruppen (eine zu Infrarot, zwei zur Digitalisierung im gesetzlichen Messwesen) sowie 2 Promotionsstellen finanziert.



Einnahmenanteile der Dienstleistungsbereiche

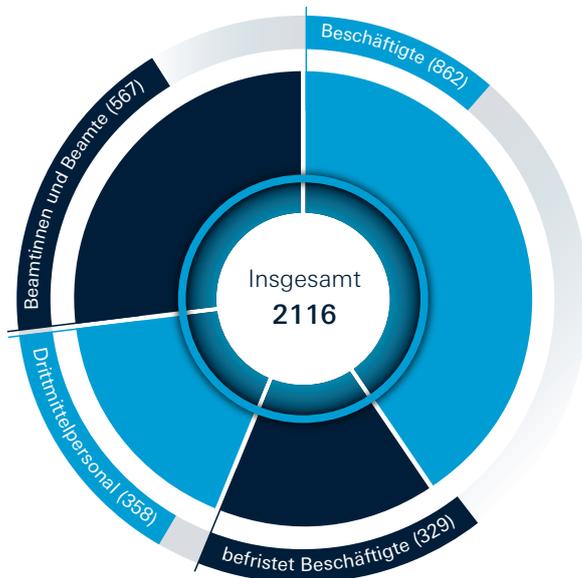
Einnahmenanteile der verschiedenen Dienstleistungsbereiche der PTB im Jahr 2023.

Gesamtforderungen: 14,7 Millionen Euro

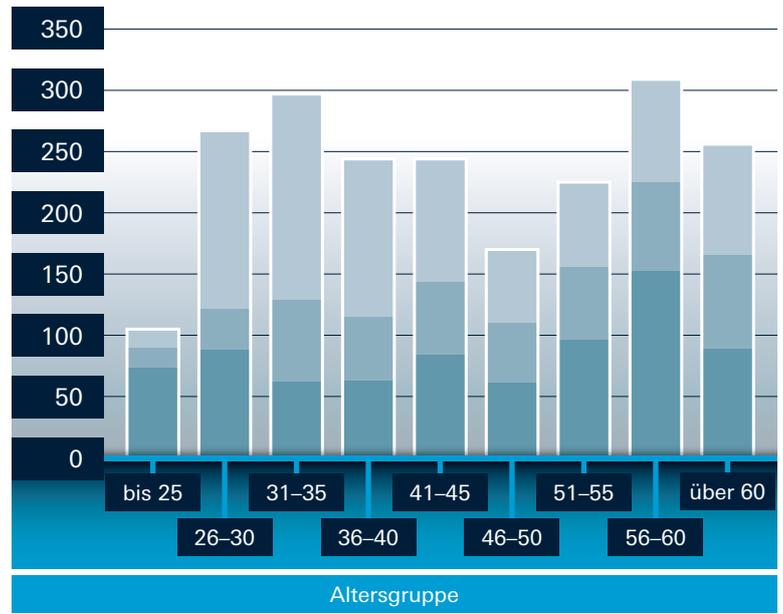


Menschen

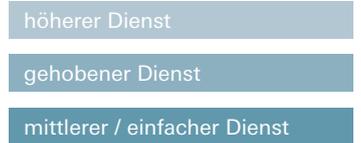
Personal



Die PTB zählte zum 31.12.2023 insgesamt 2116 Mitarbeitende. Der Anteil der Beamtinnen und Beamten lag bei rund 26,7 %, der Anteil aller mit befristeten Verträgen (finanziert aus PTB-Mitteln sowie aus Drittmitteln) bei 32,4 %.

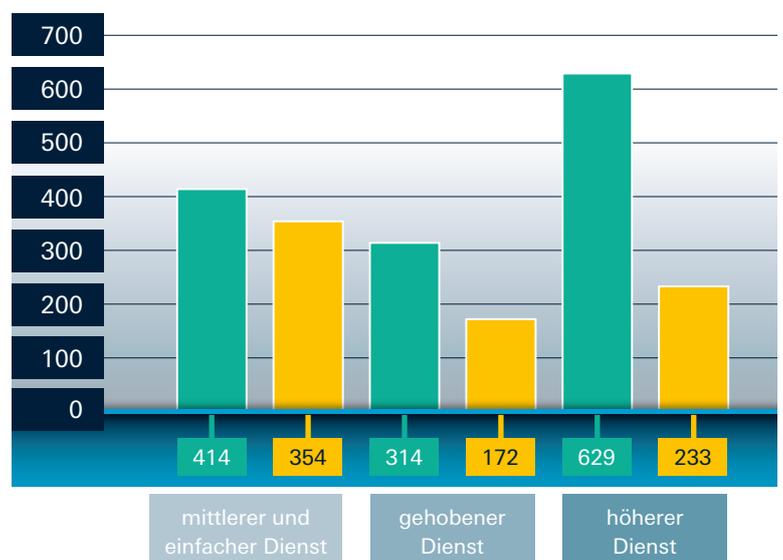


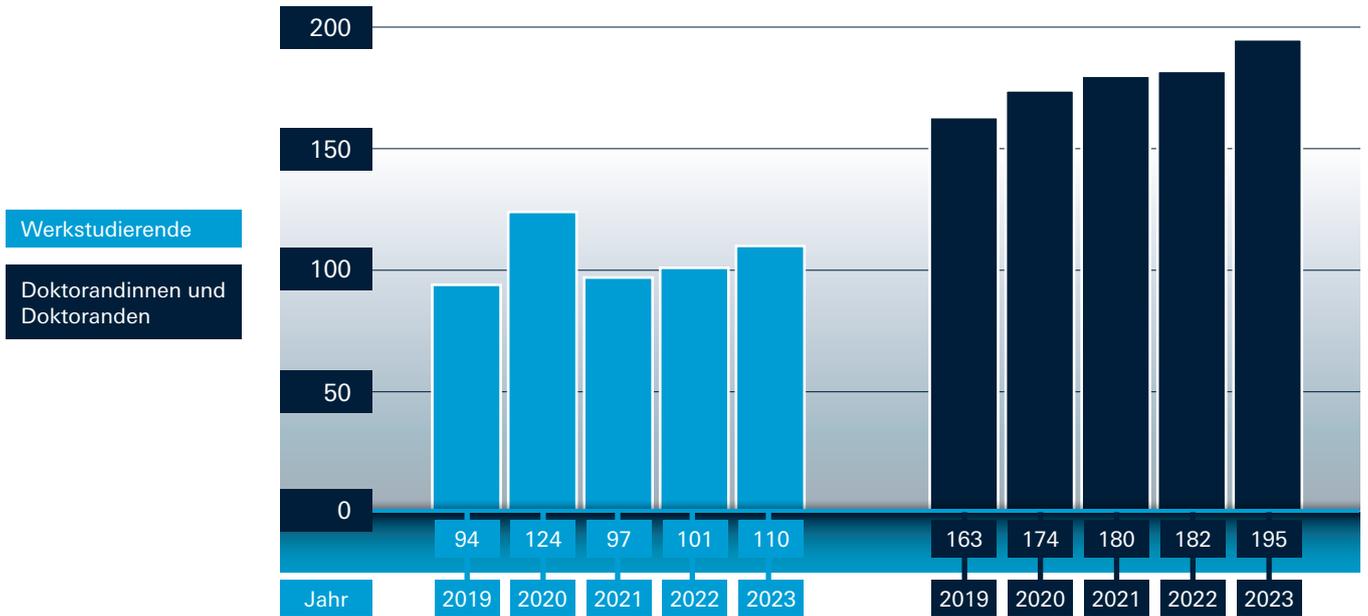
Das Säulendiagramm zeigt die Altersstruktur in den unterschiedlichen Laufbahngruppen.



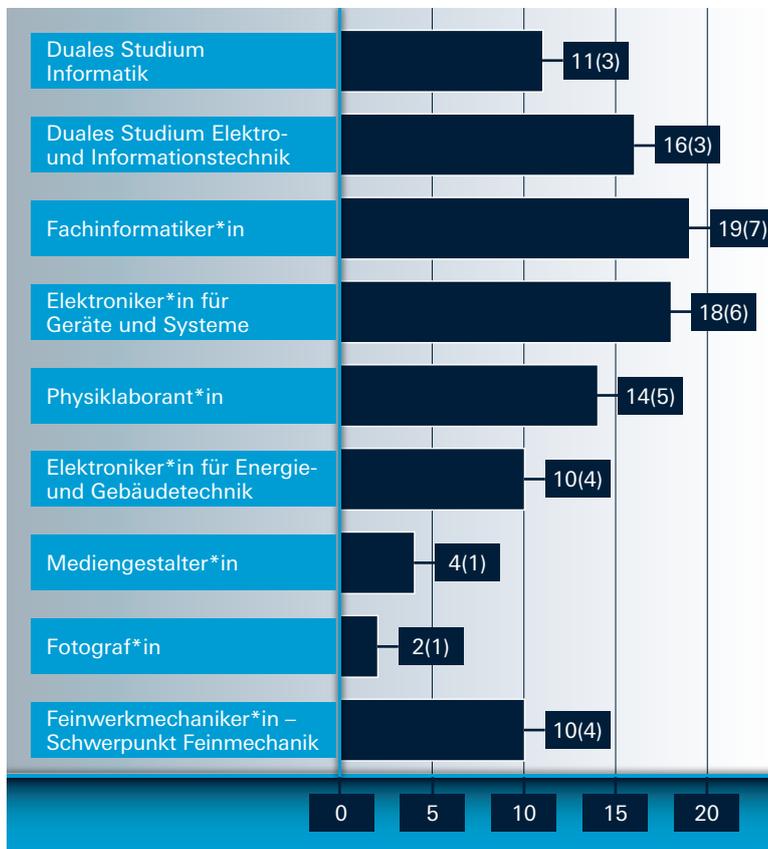
Laufbahn

Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, unterschieden nach Laufbahn und Geschlecht (ohne Auszubildende und Werkstudierende)



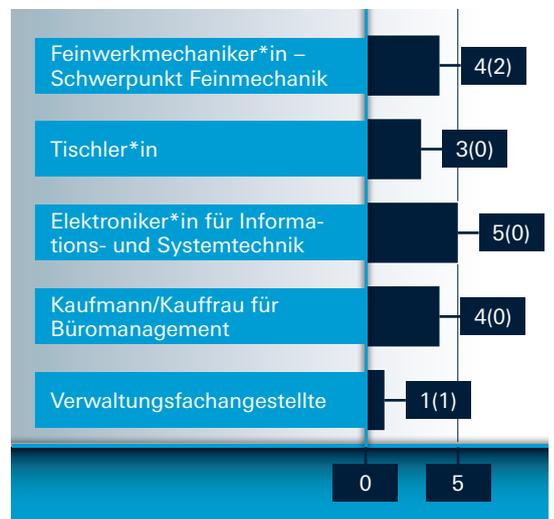


Ausbildung



Insgesamt Braunschweig
104

Die PTB gehört zu den größten Ausbildungsbetrieben in der Region Braunschweig. Gegenwärtig sind 121 Auszubildende bei der PTB – 104 in Braunschweig und 17 in Berlin – angestellt. (In Klammern sind die Neueinstellungen im Berichtsjahr angegeben.) Alle Auszubildenden werden nach der Abschlussprüfung für mindestens ein Jahr in der PTB weiterbeschäftigt.



Insgesamt Berlin
17

Internationales

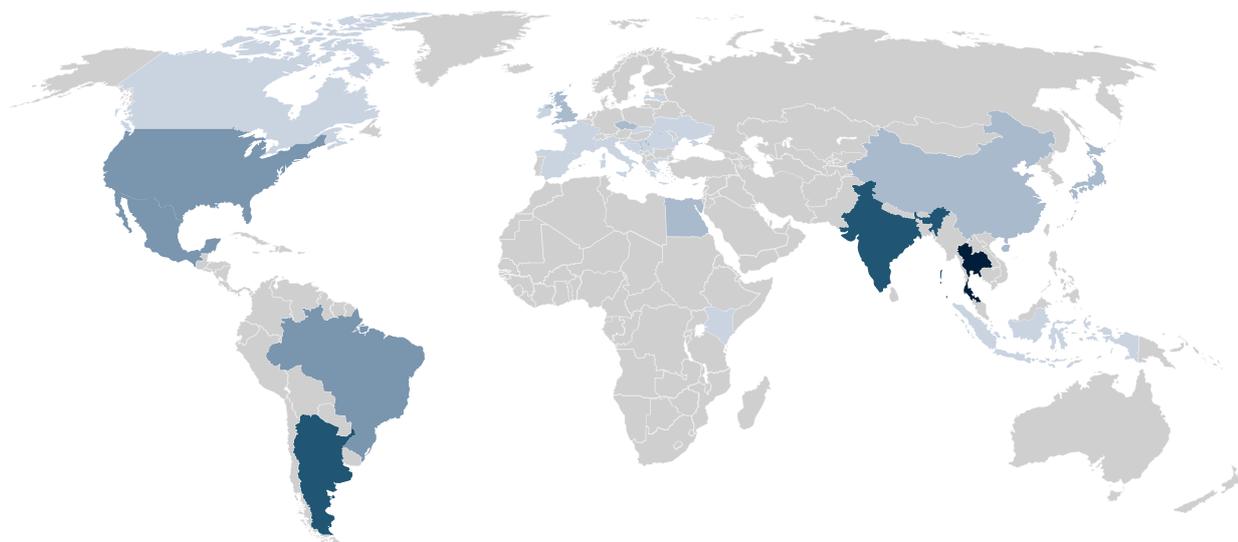
Internationale Zusammenarbeit



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 und die Europäische Union finanzieren die Projekte.

* Die bilaterale Entwicklungszusammenarbeit wird bei Regierungsverhandlungen zwischen dem Geber- und dem Empfängerland vereinbart. In regionalen oder überregionalen Vorhaben der Entwicklungszusammenarbeit arbeitet die PTB gemeinsam mit überstaatlichen Zusammenschlüssen und Organisationen, z. B. mit der African Union.

Gastwissenschaftsprogramm



Im Jahre 2023 kamen 48 internationale Gäste aus 26 Ländern zu Forschungsaufenthalten in die PTB. Ein Besuch dauert im Durchschnitt etwa 2 bis 3 Monate und kann sowohl durch den PTB-eigenen Gastwissenschaftsfonds als auch durch externe Mittel (z. B. EMPIR, BMZ, DFG) finanziert werden. Neben der Unterstützung durch das Personalreferat und die fachlichen

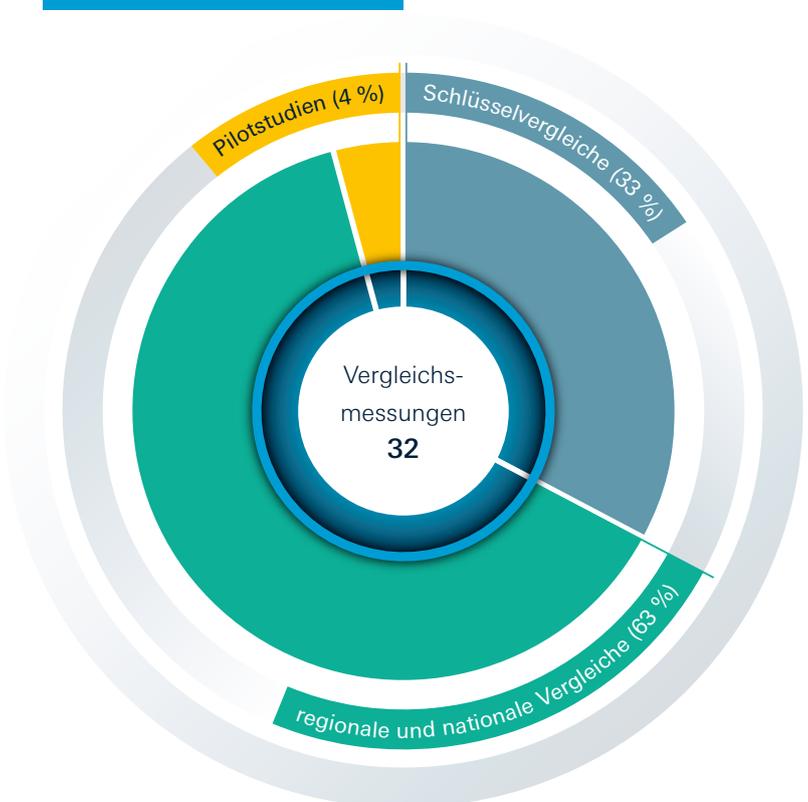
Kontakte aus den Laboratorien der PTB wurden die Gäste in diesem Jahr auch von dem neu gegründeten International Office betreut und vernetzt.

Gastaufenthalte von PTB-Mitarbeitenden im Ausland wurden ebenfalls umgesetzt (USA, Frankreich).

Herkunftsland und Anzahl der Gastwissenschaftler*innen 1 5

Qualitätsmanagement

Die PTB hat im Berichtsjahr 32 Vergleichsmessungen abgeschlossen. Es handelte sich um 9 Schlüsselvergleiche, 17 regionale/nationale Vergleiche und 6 Pilotstudien. 72 % der Vergleichsmessungen/Pilotstudien waren von direkter Relevanz für die Kalibrier- und Messmöglichkeiten der PTB im Rahmen des CIPM-MRA². Bei 7 dieser Vergleichsmessungen stellte die PTB das Pilotlabor.



Anerkennung Qualitätsmanagementsystem

Die Selbsterklärung zum Qualitätsmanagement der PTB¹ wurde sowohl durch die Kundinnen und Kunden der metrologischen Leistungen als auch durch internationale Teams von Fachexpertinnen und Fachexperten im Rahmen der Meterkonvention, des IEC-Ex-Systems sowie im Auftrag des nationalen Gesetzgebers bewertet und anerkannt. Dabei hat das Qualitätsmanagement der PTB sich auch in diesem Jahr 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) Partnerinstitutionen dieses Abkommens. Sie vertreten rund 1400 Kalibrier- und Messmöglichkeiten und schaffen somit die Basis der nationalen metrologischen Rückführung. Im April 2023 erfolgte die jährliche Evaluierung des deutschen metrologischen Systems durch das technische EURAMET-Komitee für Qualität (EURAMET TC-Q) auf der Basis der Jahresberichte zum Qualitätsmanagement. Dabei haben die deutschen Institute unter Leitung der PTB erneut nachgewiesen, dass die Anforderungen an das QM-System auf Basis der ISO/IEC 17025 und im Bereich der Chemie zusätzlich der ISO 17034 vollständig erfüllt wurden.

Unterstützt wird die gegenseitige Vertrauensbildung durch Begutachtungen („Peer Reviews“) bei Vor-Ort-Besuchen. Entsprechende Reviews führten Fachleute des nationalen Metrologieinstitutes Österreichs (BEV) sowie der Schweiz (METAS) im Bereich „Dosimetrie“ bzw. „Längen- und Winkelteilungen“ 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 (Nichtselbsttätige Waagen) nach dem deutschen Mess- und Eichgesetz (MessEG). Im Ergebnis wurde der bestehende EU-Notifizierungsumfang³ bestätigt.

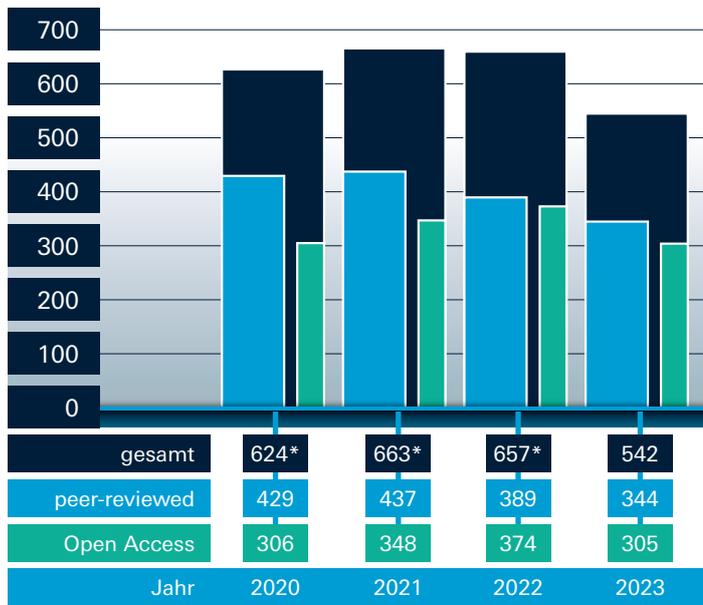
¹ <https://www.ptb.de/cms/ptb/dokumente-der-ptb/selbsterklaerung-zum-qm.html>

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

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

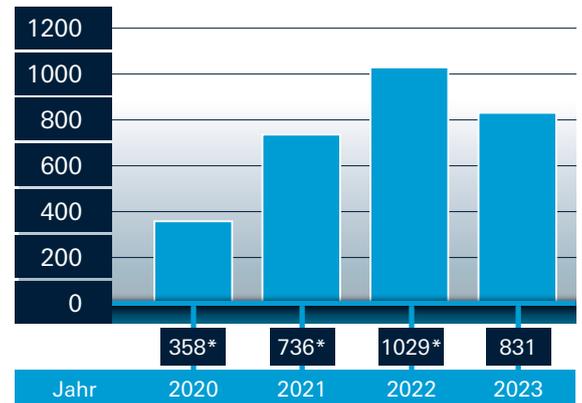
Transfer

Veröffentlichungen



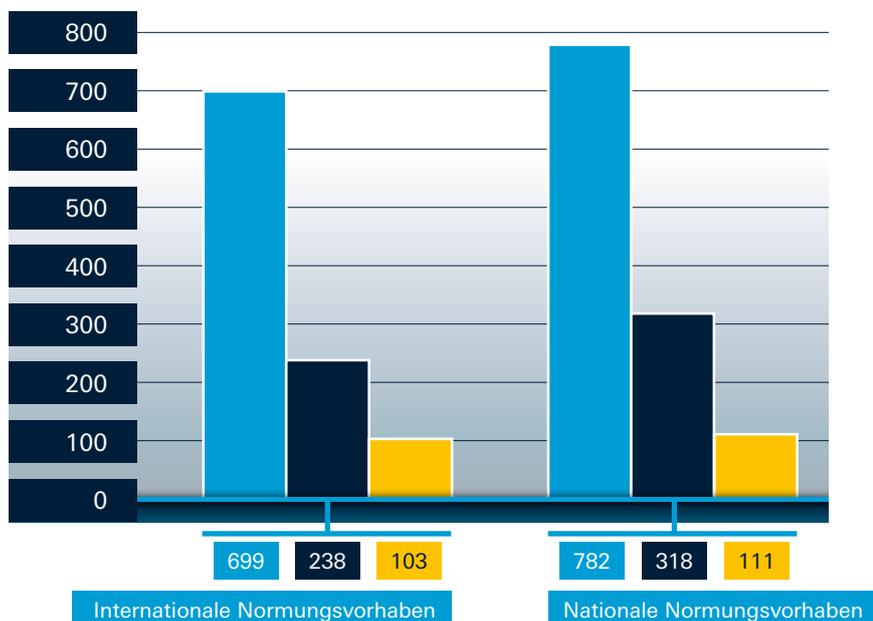
Anzahl der Veröffentlichungen von PTB-Mitarbeitenden (in wissenschaftlichen Journalen, Büchern, Tagungsbänden etc.) in den Jahren 2020 bis 2023 (vgl. Datenbank „PTB-Publica“ im Internet) und Anzahl der auswärtigen Vorträge, die PTB-Mitarbeitende in diesen Jahren gehalten haben.

Vorträge



* 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 Erhöhung der ursprünglich genannten Zahlen.

Gremien / Normung



Nationale Normungsvorhaben

Die PTB engagierte sich im Jahr 2023 in 782 nationalen Gremien, darunter 318 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 111-mal die Leitung inne.

Internationale Normungsvorhaben

Die PTB engagierte sich im Jahr 2023 in 699 internationalen Gremien, darunter 238 Normungsgremien. Insgesamt hat sie dabei 103-mal die Leitung inne.

Technologietransfer

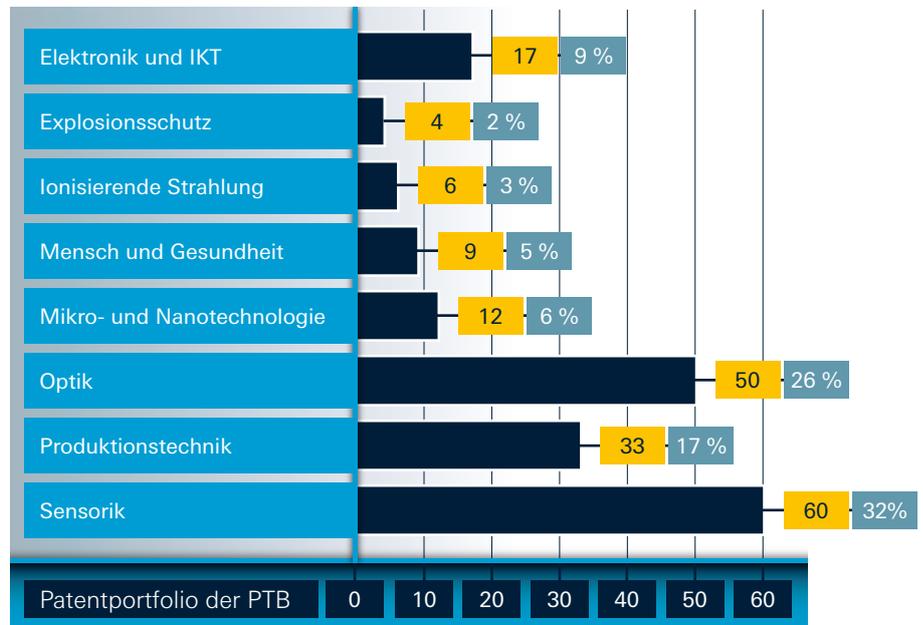
Absolute Kennzahlen für Erfindungen und Lizenzen

Erfindungen 2023	22
Patentanmeldungen 2023	10
Aktive Patentvorgänge*	155
Aktive Lizenzverträge	96
zusätzliche Einmallizenzen**	134

*Anmeldungen und erteilte Patente der letzten 20 Jahre

**Software u. a.

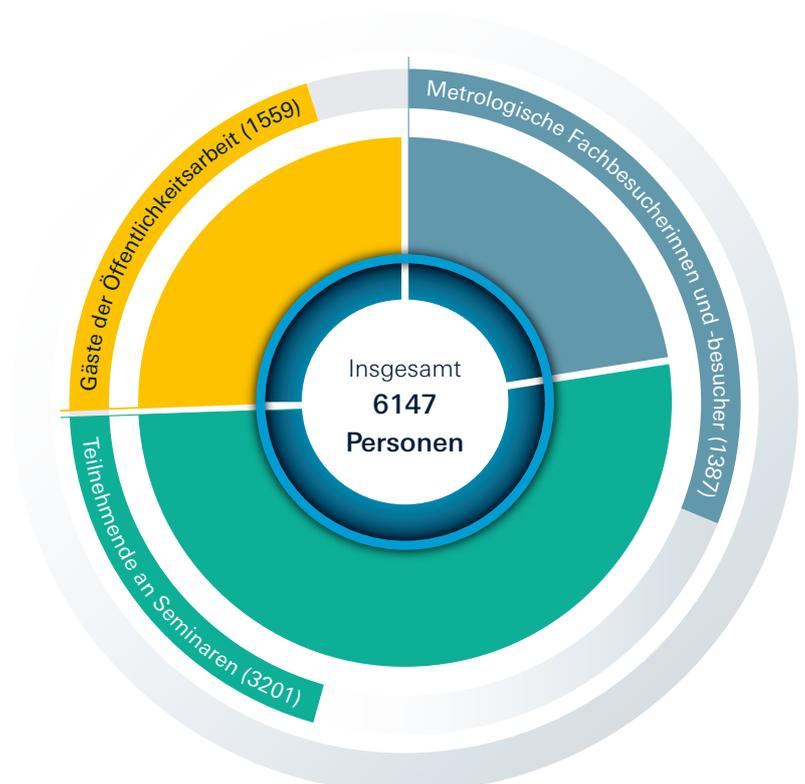
Portfolio der lizenzierbaren PTB-Patente und -Technologien



Gelistet werden beworbene Technologien und nicht beworbene Gemeinschaftserfindungen inkl. zweifacher Branchenzuordnung einzelner Technologien (www.technologietransfer.ptb.de).

Seminare, Workshops, Besucherdienst

Insgesamt 6147 Gäste haben die PTB im vergangenen Jahr besucht, um an einem Seminar oder Workshop teilzunehmen, um individuell verabredete Fachgespräche zu führen oder um bei einer der angebotenen Laborführungen für die allgemeine Öffentlichkeit teilzunehmen.





Organisation

<u>Neu in leitender Funktion</u>	<u>42</u>
<u>Preise und Auszeichnungen</u>	<u>44</u>
<u>Ausbildung und duales Studium</u>	<u>48</u>
<u>Kuratorium</u>	<u>52</u>
<u>Organigramm</u>	<u>54</u>

Neu in leitender Funktion

Dr.-Ing. Julia Hornig

Seit dem 1. Januar 2023 leitet Julia Hornig den Fachbereich 1.4 *Gase*. Die Wirtschaftsingenieurin kam nach ihrem Diplom an der Technischen Universität Braunschweig im Jahr 2008 als Doktorandin in die PTB. Dort entwickelte sie im Fachbereich 3.5 *Explosionsschutz in der Energietechnik* ein neuartiges Schutzkonzept, für das sie 2012 an der Universität Magdeburg promoviert wurde. Ab 2015 durchlief Julia Hornig 28 Monate lang das erste PTB-Trainee-Programm, in dessen Rahmen sie u. a. den Fachbereich IB.T *Technisch-wissenschaftliche Infrastruktur Berlin* unterstützte und im *Präsidialen Stab* den „MetroSommer“ initiierte. Im Anschluss an ihr Traineeprogramm übernahm sie 2017 die Geschäftsführung des *Kompetenzzentrums für Windenergie* (CCW) und trug damit wesentlich zum erfolgreichen Aufbau dieses Zentrums bei. Seit Ende 2019 leitet Julia Hornig zudem die Arbeitsgruppe 1.41 *Strömungsmesstechnik* und vertritt die PTB im EURA-MET TC Flow.



Im Mittelpunkt der Aktivitäten des Fachbereichs Gase steht das Energiesystem – von der genauen Bestimmung der Windgeschwindigkeit bis zur Sicherstellung einer korrekten Gasabrechnung. Seine Expertise bringt der Fachbereich daher auch bei der zentralen Herausforderung der nächsten Jahre ein, die deutsche Energiewende wissenschaftlich-technologisch und mit neuen Dienstleistungen (Stichwort: Wasserstoff) zu unterstützen.

PD Dr. Christian Lisdat

Christian Lisdat ist seit dem 1. Juli 2023 Leiter des Fachbereichs 4.3 *Quantenoptik und Längeneinheit*. Er studierte an der Universität Hannover Physik, wo er auch anschließend promovierte. Nach einem einjährigen Post-Doc-Aufenthalt in Frankreich arbeitete Christian Lisdat ab 2002 in einem gemeinsamen DFG-Projekt des Fachbereichs 4.3 und der Universität Hannover an der PTB. Von 2003 bis 2007 forschte er außerdem an einem eigenen Experiment an der Leibniz Universität Hannover. Seine wissenschaftlichen Arbeiten nutzte er 2007 zur Habilitation, ebenfalls in Hannover. Seit 2007 ist Christian Lisdat in der PTB beschäftigt und entwickelt optische Gitteruhren. 2011 wurde er für ein Jahr zum *Präsidialen Stab* abgeordnet, seit 2013 leitet er die Arbeitsgruppe 4.32 *Optische Gitteruhren*.



Der Fachbereich 4.3 ist für die Realisierung und Weitergabe der Längeneinheit Meter verantwortlich und widmet sich intensiv der Anwendung quantenoptischer Methoden für Präzisionsmessungen. Insbesondere entwickelt der Fachbereich Laser höchster Frequenzstabilität, die beispielsweise zur Abfrage in optischen Uhren dienen. Der Fachbereich betreibt und untersucht außerdem optische Frequenzkämme, die dem phasenkohärenten Vergleich von Frequenzen im optischen

und im Mikrowellenbereich dienen und damit einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung optischer Uhren liefern. Der Fachbereich forscht an optischen Gitteruhren und entwickelt diese auch für Anwendungen außerhalb von spezialisierten Laboren. Für den Vergleich mit optischen Uhren außerhalb der PTB werden im Fachbereich Glasfaser-basierte Links zur Frequenzübertragung betrieben, die die PTB mit Partnerinstitutionen in Frankreich, Italien und Großbritannien verbinden.

Dr. Dieter Sibold

Der Physiker Dr. Dieter Sibold leitet seit dem 1. Januar 2023 die Stabsstelle Q.01 *Sicherheit*. Dieter Sibold trat 1993 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die Informationstechnologie in die PTB ein. Er leitete dort das Referat *Zeitverteilung via Internet*. Seit dem 1. Januar 2020 nimmt er die Aufgabe des *Informationssicherheitsbeauftragten* der PTB wahr.

Die Stabsstelle Q.01 kümmert sich um die Belange der Informationssicherheit und des Datenschutzes. Als *Informationssicherheitsbeauftragter* berät und unterstützt Dieter Sibold das Präsidium in allen Fragen der Informationssicherheit. Er vertritt die PTB im ressortübergreifenden IT-Sicherheitsmanagementteam des BMWK.



Cécile Charvieux

Cécile Charvieux ist seit dem 1. Oktober 2023 Leiterin des Referats Q.12 *Sprachendienst*. Ihren Weg in die PTB fand sie im Juni 2005 – ein knappes Jahr nach ihrem Abschluss als Diplom-Dolmetscherin mit den Sprachen Deutsch, Französisch und Englisch an der Fachhochschule Köln – zunächst als Elternzeitvertretung. Sie übersetzt seitdem in sechs verschiedene Richtungen für die PTB und dolmetscht gelegentlich speziell für die Internationale Zusammenarbeit. Zu ihren Aufgaben als Referatsleiterin gehört auch, die Auflösung des Sprachendienstes zum Ende des Jahres 2025 mit großem Verantwortungsbewusstsein zu organisieren und ihre derzeit noch sieben Mitarbeitenden zudem bei der Übernahme neuer Aufgaben innerhalb der PTB zu unterstützen.



Preise und Auszeichnungen

Hon.-Prof. Dr. Roman Schwartz

Der ehemalige *Vizepräsident* der PTB und seit 2017 Präsident des „International Committee of Legal Metrology“ (CIML) wurde auf der 58. CIML-Sitzung in Chiang-Mai, Thailand, am Ende seiner sechsjährigen Amtszeit mit der OIML-Ehrenmitgliedschaft sowie – in Anerkennung seiner langjährigen Verdienste um die OIML – mit der OIML-Medaille geehrt.

Dr. Siegfried Hackel, Dr.-Ing. Shanna Schönhals, Dr.-Ing. Lutz Doering, Benjamin Gloger

Am 4. Mai 2023 wurden Dr. Siegfried Hackel (1.01 *Digitalisierung in der Abteilung 1*), Dr.-Ing. Shanna Schönhals, Dr.-Ing. Lutz Doering und Benjamin Gloger (alle drei Fachbereich 1.2 *Festkörpermechanik*) mit dem Sonderpreis für Technologietransfer der IHK Braunschweig ausgezeichnet. Sie erhielten den Preis für ihren Beitrag zur Entwicklung und Verbreitung des Digitalen Kalibrierscheins (digitalen Kalibrierzertifikats, DCC). Mit dem digitalen Kalibrierzertifikat übernimmt die PTB eine weltweite Vorreiterrolle im Bereich der Standardisierung und trägt maßgeblich zum nationalen bzw. internationalen Transfer von metrologischer Kompetenz in die Industrie bei.

Dr. Rainer Kramer

Der am 1. Juli 2023 in den Ruhestand getretene ehemalige Mitarbeiter des Fachbereichs 1.4 *Gase* wurde

auf der 58. CIML-Sitzung in Chiang-Mai, Thailand, in Anerkennung seiner Leistungen als langjähriges Mitglied des technischen Komitees TC 8/SC 7 „Gas Metering“ sowie für seine Arbeit in der WELMEC-Arbeitsgruppe 11 „Utility meters“ mit einem „OIML Letter of Appreciation“ geehrt.

Dr. Uwe Arz

Der Wissenschaftler im Fachbereich 2.2 *Hochfrequenz und Felder* wurde bei der 100. ARFTG-Konferenz Ende Januar 2023 zum ARFTG Life Member ernannt. Die Verleihung der ARFTG Life Membership ist eine Anerkennung für bedeutende Beiträge zur Mikrowellenmesstechnik über einen längeren Zeitraum hinweg. Die ARFTG (Automatic RF Techniques Group) fördert als Non-Profit-Organisation seit 1972 Forschung zu allen Themen der Hochfrequenz-Messtechnik, insbesondere der Netzwerkanalyse.

Dr.-Ing. Thomas Gerster

Der Wissenschaftler im Fachbereich 2.5 *Halbleiterphysik und Magnetismus* und inzwischen auch zusätzlich im *Quantentechnologie-Kompetenzzentrum* der PTB hat für seine Promotionsarbeit „Entwicklung und Validierung von Einzelelektronenpumpen auf Basis von GaAs/AlGaAs-Quantenpunkten für ein Quantenstromnormal“ den Quantum Futur Award des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) erhalten. In der Kategorie Promotionsarbeiten belegte er den zweiten Platz.

Dr. Dinesh Kumar Patel

Der Wissenschaftler im Fachbereich 2.6 *Elektrische Quantenmetrologie* erhielt den „Early Career Program Award“ der Fachkonferenz „Conference on Precision Electromagnetic Measurements“ (CPEM) 2022 in Wellington (Neuseeland) als Auszeichnung für die Ergebnisse seiner jungen Wissenschaftlerkarriere.

Malte Schuchard

Der Studierende der TU Braunschweig hat für seine Masterarbeit, die er auch an der PTB im Fachbereich 3.4 *Analytische Chemie der Gasphase* durchführte, den VDI Luft- und Raumfahrtpreis erhalten. Malte Schuchard hat 2022 sein Masterstudium im Bereich Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau an der TU Braunschweig erfolgreich abgeschlossen. Der VDI Luft- und Raumfahrtpreis wurde ihm im Rahmen des Forschungstags des Niedersächsischen Forschungszentrums für Luftfahrt (NFL) am 16. November 2023 verliehen. Malte Schuchard hat inzwischen eine Promotionsarbeit am Institut für Fahrzeugtechnik der TU Braunschweig begonnen.

Maatje Hilmer

Maatje Hilmer (Fachbereich 4.1 *Photometrie und Spektroradiometrie*) wurde bei der IHKN-Landesbesten-Ehrung 2023 in Papenburg als eine der besten Auszubildenden aus dem Bezirk IHK Braunschweig mit der besten Leistung als Physikalaborantin im Land Niedersachsen geehrt.

Jinglin Fu

Bei der Summer School der B-IGSM unter dem Motto „Precision – From Lab to Application“ wurde der Preis für das beste Poster an Jinglin Fu (Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie*) für sein Poster „Towards ac-

curate characterization of optical diffuse transmission“ verliehen.

Franziska Hirt

Bei der Summer School der B-IGSM unter dem Motto „Precision – From Lab to Application“ erreichte Franziska Hirt (Fachbereich 4.5 *Angewandte Radiometrie*) mit ihrem Poster „The dibenzoterrylene-C60 composite structure as a possible new single-photon source – growth and optical analysis“ den zweiten Platz.

Celina Hellmich

Die Doktorandin im Fachbereich 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* erreichte mit ihrem Poster „Development of manufacturing processes for coordinate-based 3D micro-standards“ auf der B-IGSM-Sommerschule 2022 im Kloster Drübeck den zweiten Platz im Posterswettbewerb.

Dr. Gaoliang Dai,

Xiukun Hu,

Johannes Degenhardt

Für ihre Veröffentlichung „Bottom-up approach for traceable calibration of tip geometry of stylus profilometer“ in der Zeitschrift „Surface Topography: Metrology and Properties“ wurden die drei Forschenden des Fachbereichs 5.2 *Dimensionelle Nanometrologie* mit dem „IOP Paper of the Year 2022“ ausgezeichnet.

Dr. Frank Keller,

Dr. Martin Stein

Der aktuelle und der ehemalige Mitarbeiter des Fachbereichs 5.3 *Koordinatenmesstechnik* (Martin Stein ist

heute einer der beiden Leitenden des *Präsidialen Stabs*) haben für ihre Veröffentlichung „A reduced self-calibrating method for rotary table error motions“ in der Zeitschrift *Measurement Science and Technology* den „Outstanding Paper Award for 2023“ in der Kategorie *Precision measurement* erhalten.

Dr. Oliver Hupe

Der Leiter des Fachbereichs 6.3 *Strahlenschutzdosimetrie* und bisherige Schatzmeister der *European Radiation Dosimetry Group* wurde auf dem diesjährigen *Annual Meeting* von *EURADOS* zum *Vice-Chair* gewählt.

Dr. Karl Jousten

Der Leiter des Fachbereichs 7.5 *Wärme und Vakuum* hat für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der *Vakuum-Wissenschaften* den *Rudolf-Jaekel-Preis 2023* der *Deutschen Vakuum-Gesellschaft* erhalten. Ausgezeichnet wurden seine grundlegenden Arbeiten sowohl für verbesserte *Ionisationsvakuummeter* als *TransfERNormale* als auch für *Kalibriersysteme* für *Partialdrücke* und *Ausgasraten*.

Außerdem wurde *Karl Jousten* vom *Internationalen Büro für Maß und Gewicht (BIPM)* für seine langjährige Tätigkeit in *Beratenden Komitees (CCM)* mit einem „*Certificate of Appreciation*“ ausgezeichnet. *Jousten* leitete ab 2005 die *CCM WG „Low and very low Pressures“* und von 2014 bis 2023 die *CCM WG „Pressure and Vacuum“*.

Dr. Dietmar Drung,

Dr. Marco Kraus,

Dr. Christian Krause

IOP Publishing hat die Veröffentlichung „*Calibration of the dual-mode auto-calibrating resistance thermometer*“

with few-parts-per-million uncertainty“ (*Meas. Sci. Technol.*) der Mitarbeiter in den Fachbereichen 2.6 *Elektrische Quantenmetrologie* (Kraus) und 7.6 *Kryosensorik* (Drung, Krause) mit dem *Outstanding Paper Award 2022* im Bereich *Präzisionsmessung* ausgezeichnet. Das bereits patentierte *DART (Dual-mode Auto-calibrating Resistance Thermometer)* erlaubt sowohl die primäre Messung der *thermodynamischen Temperatur* als auch die Verwendung als *Widerstandsthermometer*.

Jana Zhang

Jana Zhang wurde für ihre Masterarbeit „*Respiratory motion-corrected T1 mapping of the abdomen*“ mit dem *Schnieder-Preis JUNGE MACHERIN* der *Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech)* ausgezeichnet. Damit wird ihre herausragende wissenschaftliche Leistung und auch ihr hohes soziales Engagement gewürdigt. *Jana Zhang* studierte an der *TU Berlin*, ihre Arbeit wurde in der *PTB* von *Dr. Kirsten Kerkering* im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* betreut.

Dr. Christoph S. Aigner

Der Wissenschaftler im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* erhielt den *International Erwin L. Hahn Institute Award 2022* in der Kategorie *Body* für seine Veröffentlichung „*Calibration-free pTx of the human heart at 7T via 3D universal pulses*“. Der mit 2500 Euro dotierte *Preis des Essener Instituts* wird in den Kategorien *Body* und *Brain* verliehen für Arbeiten, die „*einen innovativen Ansatz mit wissenschaftlicher Exzellenz, internationaler Sichtbarkeit und einem substanziellen Beitrag zum Forschungsgebiet verbinden*“.

Duote Chen

Die Masterandin im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* wurde für ihre Examensarbeit „*Inves-*

tigation of a transfer-learning approach for neural networks-based artefacts reduction in cardiac cine MRI“ mit dem zweiten Platz beim Tiburtius-Preis 2022 ausgezeichnet. Duote Chen hat an der Beuth Hochschule für Technik studiert und ihre Masterarbeit in der PTB verfasst.

Alice Carré

Die Masterandin im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* wurde für ihre Abschlussarbeit „Accuracy and reproducibility of MR Fingerprinting for different sampling schemes“ mit dem Exzellenzpreis 2023 für die besten Absolvierenden der von der Deutsch-Französischen Hochschule (DFH) geförderten integrierten bi- und trinationalen Studiengänge ausgezeichnet. Alice Carré hat am Karlsruhe Institute of Technology studiert und ihre Masterarbeit in der PTB verfasst.

Dr. Patrick Schünke

Der Wissenschaftler im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* wurde bei der diesjährigen Konferenz der „International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM)“ mit dem „Best Open Source Tool Award“ der Study Group „Quantitative MR“ ausgezeichnet. Er hat zusammen mit Forschenden mehrerer anderer Institutionen eine Software zur Steigerung der Kompatibilität und Reproduzierbarkeit von „Chemical Exchange Saturation Transfer (CEST) MRT“ entwickelt und diese auf GitHub frei zugänglich zur Verfügung gestellt.

Berk Silemek

Der Doktorand im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* wurde auf der diesjährigen Jahrestagung der International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) in Toronto, Kanada, von der Study Group MRI Safety mit dem Preis für den besten Beitrag des Jahres in diesem Fachgebiet

ausgezeichnet. Er erhielt die Ehrung für seine Arbeit „A geometrical approach to rapidly evaluate and optimize pTx transmission vectors for imaging and RF safety of implants“. Nach 2021 ist dies bereits das zweite Mal, dass Berk Silemek den ersten Platz in dieser Kategorie belegte.

Johannes Petzold

Der Doktorand im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* wurde von der Study Group „MRI Safety“ der „International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM)“ im Wettbewerb für den besten Beitrag des Jahres in diesem Fachgebiet mit dem dritten Platz ausgezeichnet. Er erhielt die Ehrung auf der Jahrestagung der Gesellschaft in Toronto, Kanada, für seine Arbeit zum Thema „Experimental and numerical calibration procedure for RF safety evaluation of implant-embedded sensors“.

Natalie Schön

Die Doktorandin im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* belegte den dritten Platz des Gorter-Awards bei der diesjährigen Jahrestagung der deutschen Sektion der ISMRM. Der Gorter-Award zeichnet jährlich die aktuell besten Veröffentlichungen junger Forschender aus dem Bereich der Magnetresonanz-Bildgebung in Medizin oder Naturwissenschaft aus. Natalie Schön wurde für ihre Veröffentlichung zum Thema „Atemaufgelöste Körpermodelle in elektromagnetischen Feldsimulationen eines 7-T-Transceiver-Körperarrays“ ausgezeichnet.

Simone Hufnagel

Die Doktorandin im Fachbereich 8.1 *Biomedizinische Magnetresonanz* wurde beim diesjährigen Treffen der Deutschen Sektion der „International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM)“ mit dem Preis für den besten Vortrag ausgezeichnet. In ihrem

Vortrag stellte Simone Hufnagel eine Methode zur Bestimmung von 3D-quantitativen Parameterkarten des Herzens vor. Dieses Verfahren liefert wichtige diagnostische Information über den Muskel des gesamten Herzens; somit wird sichergestellt, dass selbst kleine pathologische Veränderungen erfasst werden können.

Dr. Marko Esche

Der Wissenschaftler im Fachbereich 8.5 *Metrologische Informationstechnik* wurde auf der 58. CIML-Tagung in Thailand von der OIML mit einem „Letter of Appreciation“ geehrt. Die OIML würdigte damit seine herausragenden Leistungen als verantwortlicher Sekre-

tär des OIML TC 5/SC 2 und Convener des OIML TC 5/SC 2/p 4 „Revision of OIML D 31: General requirements for software-controlled measuring instruments“, eines wichtigen OIML-Dokuments, das als weithin anerkannte Vorlage für Softwareanforderungen für alle OIML-Empfehlungen dient.

Dr. Frank Lienesch

Der Leiter der Abteilung 9 *Gesetzliche und internationale Metrologie* hat in der OIML (Internationale Organisation für Gesetzliches Messwesen) den deutschen Vorsitz im „International Committee of Legal Metrology“ (CIML) von Dr. Roman Schwartz übernommen.

Ausbildung und duales Studium

Im Jahr 2023 befanden sich bis zu 126 junge Menschen in einer der elf Ausbildungen oder einem der beiden dualen Studiengänge in der PTB, davon 17 Auszubildende in Berlin.

Im Jahr 2023 konnte in der Ausbildung wieder durchgängig in Präsenz gearbeitet und somit auch gelehrt und gelernt werden. Dies ist ein Vorteil, der gerade der praxisnahen Ausbildung zugutekommt, die die PTB als Ausbildungsbetrieb auszeichnet und sich in den Abschlussergebnissen widerspiegelt.

Dem Einstellungsjahr 2023 hatten wir im letzten Jahresbericht optimistischer entgegengesehen, was sich dann bestätigt hat. Im August bzw. September begannen 38 neue Auszubildende mit ihrer Berufsausbildung, und auch in diesem Jahr sind die Bewerbungszahlen positiv zu bewerten.

Auffällig herausfordernd sind stetig sinkende mathematische Grundkenntnisse, die von den Auszubildenden aus ihren schulischen Laufbahnen mitgebracht

werden. Dies erfordert die Einführung vorbereitender Maßnahmen zum Beginn der Ausbildung. Nur so können die notwendigen Kenntnisse aufgebaut werden, um die komplexen Aufgabenstellungen der jeweiligen Berufsbilder bewältigen zu können.

Im Jahr 2023 erreichten 42 Auszubildende und Studierende ihre Berufsabschlüsse. Mit einem Notendurchschnitt von 1,8 konnte das Ergebnis aus dem letzten Jahr nochmal deutlich verbessert werden.

Über ausgezeichnete Abschlüsse konnten sich in diesem Jahr sieben Auszubildende und sechs Studierende freuen. So war die Ausbildung der PTB bei den verschiedenen Veranstaltungen zu Ehren der besten Absolventinnen und Absolventen jeweils gut vertreten.

Die Qualität der Ausbildung in der PTB spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Studien- und Bachelorarbeiten wider, denn im Jahr 2023 konnten abermals sechs Absolvierende ihre Bachelorarbeit mit der Note 1 ablegen.

Mit der Note „sehr gut“ ausgelernt



Stefan Müller

Elektroniker für Geräte und Systeme



Sven-Frederik Staschel

Elektroniker für Geräte und Systeme



Maatje Hilmer

Physiklaborantin

Landessiegerin



Jana Klatt

Elektronikerin für Geräte und Systeme



Stina Marie Poppendorf

Elektronikerin für Geräte und Systeme



Vivien Fähnrich

Elektronikerin für Geräte und Systeme



Torben Brüggemann

Mediengestalter

Ehrung durch die IHK



vorne von links nach rechts: Elektronikerin für Geräte und Systeme Jana Klatt, Mediengestalter Torben Brüggemann, Elektroniker für Geräte und Systeme Sven-Frederik Staschel, Präsident der IHK Tobias Hoffmann

hinten von links nach rechts: Ausbilder Axel Eggstein, Ausbilderin Stephanie Rubrecht, Physiklaborantin Maatje Hilmer, Elektronikerin für Geräte und Systeme Stina Marie Poppendorf, Elektronikerin für Geräte und Systeme Vivien Fähnrich (Foto: IHK Braunschweig)

Ehrung im BMWK in Berlin

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Frau Marleen Walter

Herr Torben Brüggemann

Frau Maatje Hilmer

Herr Svea Koglin



von links nach rechts: Staatssekretärin im BMWK Anja Hayduk, Bachelor of Engineering – Elektro- und Informationstechnik im Praxisverbund Marleen Walter, Physikalaborantin Maatje Hilmer, Elektroniker für Geräte und Systeme Sven-Frederik Staschel und Kaufmann für Büromanagement Leon May (Foto: BMWK)

Ehrung der Landesbesten aus dem Bezirk der IHK Braunschweig in Papenburg



von links nach rechts: Dr. Bernhard Brons (Präsident IHK Niedersachsen), Luca Nitsche (Chem Metall GmbH), Maatje Hilmer (PTB Braunschweig), Patricia Kaak (MAN Truck & Bus SE), Liudmila Seidel (Volkswagen AG), Svea Koglin (TU Braunschweig) und Max-Martin Deinhard (Hauptgeschäftsführer IHK für Ostfriesland und Papenburg). (Foto: IHK)

Bachelor mit der Note 1



Tom Lehrke

Bachelor of Science
Informatik im
Praxisverbund



Simon Sikorski

Bachelor of Science
Informatik im
Praxisverbund



Marleen Walter

Bachelor of Engineering
Elektro- u. Informations-
technik im Praxisverbund



Jan Blohm

Bachelor of Engineering
Elektro- u. Informations-
technik im Praxisverbund



Lia Benedix

Bachelor of Engineering
Elektro- u. Informations-
technik im Praxisverbund



Robin Luca Abraham

Bachelor of Engineering
Elektro- u. Informations-
technik im Praxisverbund

Kuratoriumstagung 2023

Die jährliche Tagung des *Kuratoriums* als wichtigstes Beratungsgremium der PTB fand am 11. und 12. Mai 2023 in Braunschweig statt. In der seit vielen Jahren bewährten Weise begann die Veranstaltung am ersten Tag mit ihrem wissenschaftlichen Beiprogramm: Bei Laborführungen sowie einem Kolloquium mit drei Vorträgen von Nachwuchsforschenden bekamen die Kuratorinnen und Kuratoren vertiefte Einblicke in die fachlichen Arbeiten der PTB. Die anschließenden Fachgespräche wurden erstmals nicht in den Abteilungen ausgerichtet, sondern orientierten sich an den Themen der sechs Innovationscluster. Am Abend lud das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) zu einem gemeinsamen Essen in Braunschweigs Innenstadt ein. Dabei wurden die Gespräche in angenehmer Atmosphäre fortgeführt und durch launige Tischreden ergänzt.

Am zweiten Tag fand die eigentliche Sitzung des *Kuratoriums* unter der Leitung seiner Präsidentin, Dr. Daniela Brönstrup (Leiterin der Abteilung VI im BMWK), statt. Anschließend gab PTB-Präsidentin Prof. Dr. Cornelia Denz in ihrem Vortrag einen Überblick über die Entwicklungen des vergangenen Jahres in den Bereichen Forschung, metrologische Dienstleistungen und Verwaltungsthemen. In der folgenden Aussprache machte das *Kuratorium* deutlich, dass es die PTB insbesondere in ihrem Vorhaben unterstützt, wissenschaftliche Beiräte entlang der Querschnittsthemen der Innovationscluster einzurichten. Diese Beiräte sollen die Arbeit des *Kuratoriums* durch eine vertiefte fachliche Beratung ergänzen. Bis zur Kuratoriumssitzung 2024 sollen zunächst drei Beiräte für die Bereiche Energie, Umwelt und Klimaschutz sowie Systemische Metrologie eingerichtet werden.



Die Teilnehmenden der Kuratoriumstagung 2023. (Foto: PTB)

Das *Kuratorium* beschloss einstimmig, drei Personen neu zu berufen: Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Stefan Hell (Max-Planck-Institut für Multidisziplinäre Naturwissenschaften, Göttingen), Dr. Axel Kaschner (Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Zentralbereich Forschung und Voraufwicklung: Advanced Technologies) sowie Dr.-Ing. E. h. Peter Leibinger (TRUMPF SE + Co. KG, Ditzingen, Aufsichtsratsvorsitzender). Die Amtszeiten von Dr. Reinhard Baumfalk (ehem. Sartorius AG, Göttingen), Dr. Petra Gowik (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Berlin), Prof. Dr. Wolfgang Ketterle (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA), Dr. Inge Paulini (Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter) sowie Prof. Dr. Heike Riel (IBM, Rüschlikon, Schweiz) wurden verlängert.

Aus dem *Kuratorium* ausgeschieden sind Tanja Gönner (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ, Eschborn) und Alexandra Gutzmer (Landesamt für Mess- und Eichwesen Berlin-Brandenburg, Kleinmachnow).

Präsidentin des Kuratoriums

MinDir'in Dr. Daniela Brönstrup
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz,
Berlin

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

Dr. Jürgen Barwich
Neustadt/Weinstraße

Dr. Reinhard Baumfalk
Emerson Aventics GmbH, Laatzen

Prof. Dr. Dr. Jürgen Debus
Universitätsklinikum Heidelberg

Dr. Petra Gowik
Bundesamt für Verbraucherschutz und
Lebensmittelsicherheit, Berlin

Prof. Dr. Sibylle Günter
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Stefan W. Hell
Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie,
Göttingen

Dr. Axel Kaschner
Robert Bosch GmbH, Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Köln

Dr. Anja Kessler
Referenzinstitut für Bioanalytik, Bonn

Prof. Dr. Wolfgang Ketterle
Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, USA

Dr. Peter Körte
Siemens AG, München

Prof. Dr. Gisela Lanza
Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe

Dr.-Ing. e. h. Peter Leibinger
Trumpf SE + Co. KG, Ditzingen

Stellvertretender Präsident des Kuratoriums

Dr. Georg Schütte
VolkswagenStiftung, Hannover

Prof. Dr. Friederike Otto
Imperial College London

Dr. Inge Paulini
Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter

Chiara Pedersoli
OHB Systems AG, Bremen

Dr. Jochen Peter
Carl Zeiss AG, Oberkochen

Hartmut Rauen
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.,
Frankfurt

Prof. Dr. Bernd Rech
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und
Energie GmbH, Berlin

Peter Riedel
Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, München

Prof. Dr. Heike Riel
IBM, Rüschlikon, Schweiz

Prof. Dr. Meinhard Schilling
Technische Universität Braunschweig

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

Dr. Thomas Sesselmann
Diadur SE, Traunreut

Dr. Nathalie von Siemens
Schwielowsee

Prof. Dr.-Ing. Philipp Slusallek
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche
Intelligenz, Saarbrücken

Prof. Dr. Ulrike Woggon
Technische Universität Berlin

Ehrenkurator

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Theodor W. Hänsch
Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching,
und Ludwig-Maximilians-Universität, München

Ehrenkurator

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

Organigramm

Präsidium

Präsidentin
Prof. Dr. C. Denz

Vizepräsident
Dr. Prof. h.c. F. Härtig

Mitglied des Präsidiums
Dr. A. Röttger

Abt. 1 Mechanik und Akustik	Abt. 2 Elektrizität	Abt. 3 Chemische Physik und Explosionsschutz	Abt. 4 Optik	Abt. 5 Fertigungsmesstechnik	Abt. 6 Ionisierende Strahlung
Dr. T. Schrader	Hon.-Prof. Dr. U. Siegner	Dr. B. Güttler	Hon.-Prof. Dr. S. Kück	Dr. H. Bosse	Dr. J. Stenger
FB 1.1 - Masse Dr. D. Knopf	FB 2.1 - Gleichstrom und Niederfrequenz Dr. R. Judaschke	FB 3.1 - Allgemeine und Anorganische Chemie Dr. R. Stosch	FB 4.1 - Photometrie und Spektroradiometrie Dr. A. Sperling	FB 5.1 - Oberflächenmesstechnik Dr. U. Brand	FB 6.1 - Radioaktivität Dr. D. Arnold
FB 1.2 - Festkörpermechanik Dr. R. Kumme	FB 2.2 - Hochfrequenz und Felder Dr. T. Kleine-Ostmann	FB 3.2 - Biochemie Prof. Dr. G. O'Connor	FB 4.2 - Bild- und Wellenoptik Dr. G. Ehret	FB 5.2 - Dimensionelle Nanometrologie Dr. J. Flügge	FB 6.2 - Dosimetrie für Strahlentherapie und Röntgendiagnostik Dr. U. Ankerhold
FB 1.3 - Geschwindigkeit Dr. R. Wynands	FB 2.3 - Elektrische Energietechnik Dr. E. Mohns	FB 3.3 - Physikalische Chemie Prof. Dr. R. Fernandes	FB 4.3 - Quantenoptik und Längeneinheit Dr. C. Lisdat	FB 5.3 - Koordinatenmesstechnik Dr. K. Kniel	FB 6.3 - Strahlenschutzdosimetrie Dr. O. Hupe
FB 1.4 - Gase Dr. J. Hornig	FB 2.4 - Quantenelektronik Dr. M. Bieler	FB 3.4 - Analytische Chemie der Gasphase Prof. Dr. V. Ebert	FB 4.4 - Zeit und Frequenz Dr. E. Peik	FB 5.4 - Interferometrie an Maßverkörperungen Dr. R. Schödel	FB 6.4 - Neutronenstrahlung Dr. A. Zimbal
FB 1.5 - Flüssigkeiten Dr. C. Kroner	FB 2.5 - Halbleiterphysik und Magnetismus Dr. H. W. Schumacher	FB 3.5 - Explosionsschutz in der Energietechnik Dr. D. Markus	FB 4.5 - Angewandte Radiometrie Dr. S. Winter	FB 5.5 - Wissenschaftlicher Gerätebau Dr. F. Löffler	Ref. 6.71 - Betrieblicher Strahlenschutz Dr. R. Simmer
FB 1.6 - Schall Dr. C. Koch	FB 2.6 - Elektrische Quantenmetrologie Dr. H. Scherer	FB 3.6 - Explosions- geschützte Sensorik und Messtechnik Dr. M. Thedens			
FB 1.7 - Akustik und Dynamik Dr. T. Bruns		FB 3.7 - Grundlagen des Explosionsschutzes Dr. M. Beyer			
NWG 1.02 - Infraschall Dr. S. Jacob			Institut QUEST Experimentelle Quantenmetrologie Prof. Dr. P. Schmidt	Institut FPM Fundamentale Physik für Metrologie Prof. Dr. A. Surzhykov	
			FG QUEST 1 - Quantenlogik- Spektroskopie Prof. Dr. P. Schmidt		
			FG QUEST 2 - Quantenuhren und komplexe Systeme Prof. Dr. T. Mehlstäubler		
			FG QUEST 3 - Quantum Engineering mit gespeicherten Ionen Prof. Dr. C. Ospelkaus		

Interessenvertretungen und Beauftragte

Gesamtpersonalrat	M. Johannes
Örtlicher Personalrat Braunschweig	S. Lerche
Örtlicher Personalrat Berlin	I. Holfelder
Gleichstellungsbeauftragte	B. Behrens
Gesamtvertretung der Schwerbehinderten	B. Wedekind
Vertretung der Schwerbehinderten Braunschweig	B. Wedekind
Vertretung der Schwerbehinderten Berlin	C. Aßmann
Datenschutzbeauftragte	L. Kreßmann
Informationssicherheitsbeauftragter	Dr. D. Sibold

Ausschüsse

Forschungsprogramme	A-FP	Dr. A. Röttger
Intern. Zusammenarbeit	A-IZ	Dr. F. Lienesch
Investitionen	A-IV	Dr. Prof. h.c. F. Härtig
IT-Infrastruktur	A-IT	Dr. M. Gutbrod
Metrologische Dienstl.	A-MD	Dr. Prof. h.c. F. Härtig
Personal	A-PE	Dr. F. Löffler
Qualitätsmanagement	A-QM	Dr. K. Stoll-Malke

Stand: Dezember 2023

Präsidentialer Stab Dr. M. Stein	Präsidentiale Stabsstelle für Kommunikation Dr. J. Tesch	Leitung des Instituts Berlin und Vertretung der Präsidentin in Berlin Prof. Dr. T. Schäffter	
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Dr. Dr. J. Simon	Konformitätsbewertungsstelle Dr. Prof. h.c. F. Härtig	Qualitätsmanagement Dr. K. Stoll-Malke	Interne Revision S. Eichelmann

Abt. 7 Temperatur und Synchrotronstrahlung Prof. Dr. M. Richter	Abt. 8 Medizinphysik und metrologische Informationstechnik Prof. Dr. T. Schäffter	Abt. 9 Gesetzliche und internationale Metrologie Dr. F. Lienesch	Abt. Q Querschnittsdienste M. Gahrens	Abt. Z Verwaltungsdienste S. Wiemann
FB 7.1 - Radiometrie mit Synchrotronstrahlung Dr. F. Scholze	FB 8.1 - Biomedizinische Magnetresonanz Dr. B. Ittermann	StS QTZ - Quantentechnologie - Kompetenzzentrum Dr. N. Spethmann	StS Q.01 - Sicherheit Dr. D. Sibold	Ref. Z.11 - Haushalt und Beschaffung M. Wasmuß
FB 7.2 - Röntgenmesstechnik mit Synchrotronstrahlung Dr. M. Krumrey	FB 8.2 - Biosignale Prof. Dr. P. Krüger	Ref. 9.11 - Industrielles Messwesen Dr. W. Schmid	Ref. Q.11 - Wissenschaftliche Bibliotheken Dr. J. Meier	Ref. Z.12 - Personal B. Tafel
FB 7.3 - Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie Dr. C. Monte	FB 8.3 - Biomedizinische Optik Prof. Dr. R. Macdonald	International Office L. Seehausen	Ref. Q.12 - Sprachendienst C. Charvieux	Ref. Z.13 - Justizariat R. Gassel
FB 7.4 - Temperatur Dr. S. Rudtsch**	FB 8.4 - Mathematische Modellierung und Datenanalyse Prof. Dr. M. Bär	DKD - Deutscher Kalibrierdienst Dr. M. Czaske	G Q.2 - Technische Infrastruktur G. Grüneberg-Damm	Ref. Z.14 - Organisation und Controlling Dr. J. Jaspers
FB 7.5 - Wärme und Vakuum Dr. K. Jousten	FB 8.5 - Metrologische Informationstechnik Dr. F. Thiel	FB 9.2 - Gesetzliches Messwesen und Konformitätsbewertung Dr. D. Ratschko	Ref. Q.21 - Arbeits- und Objektschutz M. Frühauf	Ref. Z.15 - Verwaltung Berlin M. Jachmann
FB 7.6 - Kryosensorik Dr. J. Beyer	FB IB.T - Technisch wissenschaftliche Infrastruktur Berlin Dr. F. Melchert	G 9.3 - Internationale Zusammenarbeit Dr. M. Stoldt	Ref. Q.22 - Technischer Dienst Braunschweig C. Engler	Ref. Z.16 - Innerer Dienst A. Grote
	NWG 8.44 - Maschinelles Lernen und Unsicherheit Prof. Dr. S. Haufe	Ref. 9.31 - Europa und GUS C. Weigelt	Ref. Q.23 - Werkfeuerwehr M. Voigt	Ref. Z.17 - Ausbildung B. Weihe
		Ref. 9.32 - Asien U. Miesner	Ref. Q.24 - Bauorganisation P. Schulz	Ref. Z.18 - Betriebliche Fachanwendungen M. Battikh
		Ref. 9.33 - Lateinamerika und Karibik U. Seiler	G Q.4 - Informationstechnologie Dr. M. Gutbrod	
		Ref. 9.34 - Nordafrika und Naher Osten J. Fischer	Ref. Q.41 - Metrologienetze R. Werra	
		Ref. 9.35 - Subsahara-Afrika Dr. B. Siegmund	Ref. Q.42 - Zeitverteilung mittels IP G. Vauti	
		FB 9.4 - Metrologie für die digitale Transformation Dr. S. Eichstädt	Ref. Q.43 - Veranstaltungs-IT *Dr. M. Gutbrod	
			Ref. Q.44 - Unterstützung Fach-IT K. Hube	
			Ref. Q.45 - Hochleistungsrechnen Dr. D. Lübbert	

Erläuterungen

Abt.	Abteilung
FB	Fachbereich
FG	Forschungsgruppe
G	Gruppe
IC	Innovationscluster
NWG	Nachwuchsgruppe
Ref.	Referat
StS	Stabsstelle

* wahrgenommen durch

** Dr. Steffen Rudtsch ist am 20. Januar 2024 verstorben.

Innovationscluster

Digitalisierung	IC-D	Dr. Prof. h.c. F. Härtig
Energie	IC-E	Dr. A. Röttger
Gesundheit	IC-G	Dr. A. Röttger
Quantentechnologie	IC-Q	Prof. Dr. C. Denz
Systemische Metrologie	IC-S	Prof. Dr. C. Denz
Umwelt und Klima	IC-U	Dr. A. Röttger

Dieser Jahresbericht ist – mitsamt einigen Anhängen – vollständig online auf den Webseiten der PTB zu finden:

<https://www.ptb.de/cms/presseaktuelles/zeitschriften-magazine/ptb-jahresbericht.html>

Die dort publizierten Online-Dokumente:

- **Der hier vorliegende Institutsbericht** (als E-Paper und als pdf)
- **Ausgewählte Publikationen** des Jahres 2023 aus den Themenbereichen der PTB (pdf)
- **Akademische Abschlüsse** im Jahr 2023: Promotionen, Bachelor- und Masterarbeiten
- **Lehrtätigkeiten von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der PTB** im Jahr 2023 (Excel-Datei)
- **Verbrauchszahlen** an Ressourcen (Strom, Wärme, Gas, Wasser, Stickstoff, Helium) und Abfälle
- **Links zu Datenbanken** (u. a. PTB-Publica, Gremienarbeit, Patent- und Technologieangebote)



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, April 2024

Anschriften der PTB

Standort Braunschweig:
Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

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

E-Mail: info@ptb.de
www.ptb.de

Druck: Quedlinburg DRUCK GmbH
Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

ISSN 0340-4366