



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

Mit Metrologie
in die Zukunft

Herausforderung Digitalisierung



Herausforderung Digitalisierung

vernetzt – flexibel – effizient – intelligent – transparent – disruptiv

Wir befinden uns inmitten einer digitalen Revolution. In Haushalten, Handel und Industrie – überall entstehen neue Möglichkeiten durch digitalen Datenverkehr. Das „Internet der Dinge“ treibt diese Entwicklung rasend schnell voran: Maschinen tauschen Informationen über digitale Schnittstellen direkt miteinander aus. Ganze Produktionsabläufe sind bereits vollständig vernetzt oder haben digitale Zwillinge in der Cloud – Stichwort Industrie 4.0. Auch Messgeräte sind teilweise untrennbar mit digitaler Technik und automatisierter Datenverarbeitung verzahnt.

Dieser Umbruch fordert das ausgeklügelte System der Qualitätsinfrastruktur, bestehend aus Metrologie, Akkreditierung, Konformitätsbewertung, Normen & Standards und Marktüberwachung, in hohem Maße heraus. Um auch weiterhin die Sicherheit von und das Vertrauen in Messwerte garantieren zu können, hat die PTB unter dem Dach einer umfassenden Digitalisierungsstrategie alle dazu notwendigen Instrumente gebündelt – von digitalen Kalibrierzertifikaten und virtuellen Messgeräten über intelligentes Forschungsdatenmanagement bis zu digital unterstützten Prüf- und Zulassungsprozessen. Damit soll das Qualitätsversprechen der deutschen Wirtschaft auch in einer digitalisierten Welt weiterhin gelten.

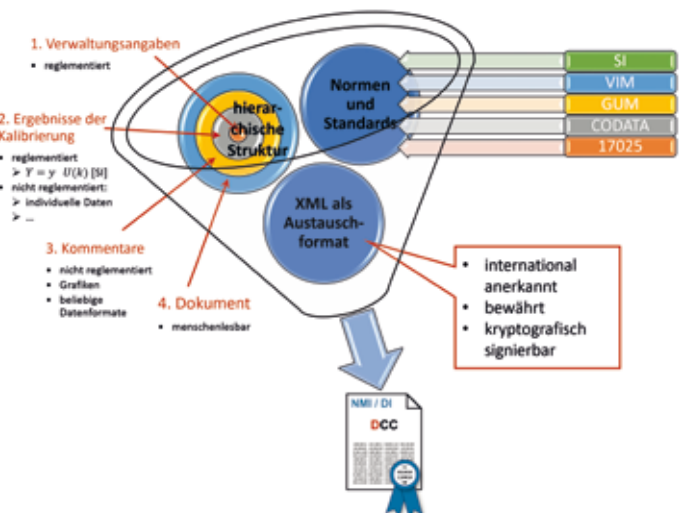
Kernziel 1: Die PTB will auch in einer digitalisierten Welt die Einheitlichkeit im Messwesen sicherstellen

Die Qualitätsinfrastruktur (QI) in Deutschland ist ein wesentlicher Garant des wirtschaftlichen Erfolgs. Sie basiert auf dem Zusammenspiel von Metrologie, Standardisierung, Akkreditierung, Konformitätsbewertung und Marktüberwachung. Dabei spielt die PTB eine ganz wesentliche Rolle. Zu ihren gesetzlichen Kernaufgaben gehört die Sicherstellung der Einheitlichkeit des Messwesens nach dem Einheiten- und Zeitgesetz. Die PTB garantiert, dass Messrichtigkeit, Messbeständigkeit und Prüfbarkeit sichergestellt sind, und unterstützt die internationale Harmonisierung in diesen Bereichen stark. Um diese Ziele auch in einer digitalisierten Welt erreichen zu können, entwickelt die PTB Anwendungen wie digitale Kalibrierzertifikate, erforscht im Kompetenzzentrum „Metrologie für virtuelle Messgeräte“ (VirtMet) die Vergleichbarkeit von realen und virtuellen Messungen und arbeitet an objektiven Bewertungsmethoden für maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz.

Digitale Kalibrierzertifikate

Im industriellen Messwesen unterstützt die PTB das Kalibrierwesen bei der Entwicklung maschinenlesbarer digitaler Zertifikate mit entsprechender Infrastruktur für die gegenseitige Anerkennung der Gültigkeit. Ein Beispiel hierfür ist das digitale Kalibrierzertifikat, welches die Kalibrierinformation in einer für Computer verständlichen Struktur enthält und mit einem digitalen Siegel gesichert werden kann. So können diese Informationen direkt in digitalen Systemen ausgelesen und automatisiert weiterverwendet werden. Neben der Nutzung für digitale Kalibrierzertifikate ist diese Vorgehensweise auch übertragbar auf beliebige andere metrologische Dokumente wie beispiels-

weise maschinenlesbare Konformitätsbescheinigungen oder digitale Prüfberichte. Über geeignete Softwareschnittstellen wird die in diesen Dokumenten enthaltene Information weltweit nutzbar.



Grundlegender Ansatz für ein digitales Kalibrierzertifikat

Das Kompetenzzentrum „Metrologie für virtuelle Messgeräte“

Im Zuge der Digitalisierung nimmt die Bedeutung von mathematisch-physikalischen Simulationen und computerbasierten Experimenten rasant zu. Wenn mit solchen Simulationen reale Messeinrichtungen und Messungen nachempfunden werden, so kann man dies als virtuelles Messgerät bezeichnen. Aufgabe der Metrologie ist hier die Sicherung von Vertrauen in Simulationsergebnisse, wenn diese in derselben Weise wie reale Messungen verwendet werden sollen. Aus diesem Grund hat die PTB das Kompetenzzentrum „Metrologie für virtuelle Messgeräte“ (VirtMet) eingerichtet. Hier betreibt sie interdisziplinäre Forschung und bündelt Expertise, um sowohl konkrete

virtuelle Messverfahren zu entwickeln als auch übergeordnete Fragestellungen zu bearbeiten, etwa folgende: Wie stellt man die Vergleichbarkeit von virtuellen und realen Messungen her? Welche Standards für Schnittstellen, Metadaten und Datenformate sind notwendig? Und wie können virtuelle Experimente für komplexe Messsysteme mit Methoden des maschinellen Lernens behandelt werden?

Maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz

Durch den digitalen Wandel entstehen kontinuierlich neue Produkte und Prozesse, welche die bewährten Maßnahmen zur Qualitätssicherung an ihre Grenzen bringen. Besonders deutlich wird das an komplexen Produkten, die nach dem Inverkehrbringen ihren Zustand dynamisch verändern. Damit sie zuverlässig sind, müssten sie während ihres Lebenszyklus mehrfach, teils kontinuierlich geprüft werden. Dafür gibt es noch keine praktikablen Lösungen.

Ein Beispiel hierfür sind Anwendungen des maschinellen Lernens (als eine Art von künstlicher Intelligenz – KI) in der Medizintechnik. Obwohl zurzeit zahlreiche innovative Medizinprodukte mit hohem Softwareanteil entwickelt werden, gelingt nur einem Bruchteil der Sprung in den Gesundheitsmarkt. Ein wesentlicher Grund dafür ist der Mangel an strukturierten Prozessen und einer Qualitätsinfrastruktur zur objektiven, belastbaren und reproduzierbaren Validierung von KI-Technologien.

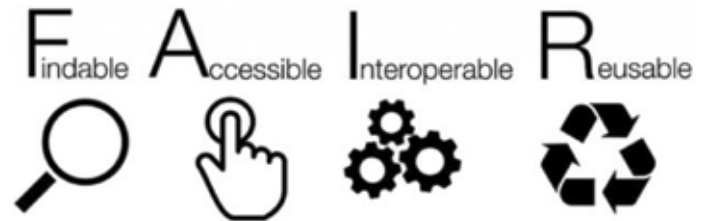
Die PTB arbeitet daran, für den Einsatz maschinellen Lernens objektive Bewertungsmethoden für die Qualität von Algorithmen festzulegen, gemeinsam mit medizinischen Experten Verfahren für die Bereitstellung von Referenzdaten zu entwickeln sowie an Normen und Standards für quantifizierbare und prüfbare Kriterien für die Datenqualität mitzuwirken.

Beispielsweise trainieren Forschende der PTB ein künstliches neuronales Netz darauf, die Qualität einzelner Mammografiebilder einzuschätzen. Eine große Hilfe ist dabei eine von der PTB entwickelte virtuelle Mammografie, die zu einer riesigen Datenbank an Bildern mit jeweils genau bekannten Eigenschaften geführt hat. In diesem Zusammenhang beteiligt sich die PTB auch an der Entwicklung und Etablierung einer digitalen Qualitätsplattform, mit der KI-basierte Lösungen validiert werden können. Die Plattform soll nachvollziehbare Kriterien zur Bestimmung der Datenqualität liefern und gewährleisten, dass die Evaluation durch den Computer objektiv und sicher vor Manipulation ist.

Kernziel 2: Die PTB beteiligt sich an der nachhaltigen Nutzbarkeit von Forschungsergebnissen und Daten

Eine datengetriebene Forschung und Wirtschaft sind nur umsetzbar, wenn verlässliche Daten zugänglich und nachhaltig verwendbar sind. Entsprechend verlangen Forschungsförderer

in zunehmendem Maße, dass die Forschungsergebnisse sachgerecht dokumentiert, langfristig archiviert und möglichst kostenfrei öffentlich zugänglich gemacht werden. Diese Anforderungen an das Datenmanagement werden mit dem Akronym *FAIR Data* zusammengefasst: Daten sollten auffindbar (*Findable*), zugänglich (*Accessible*), interoperabel (*Interoperable*) und nachnutzbar (*Reusable*) sein.



Grundbausteine des Forschungsdatenmanagements

Forschungsdatenmanagement

Ein PTB-Ziel lautet: datenbasierte Forschung und Entwicklung mit gesicherter Qualität und Reproduzierbarkeit. Aus diesem Grund beschäftigt sich die PTB unter anderem mit einem umfassenden Konzept für das Forschungsdatenmanagement. Im Rahmen individueller Beratungen erhalten Forschende in der PTB auf Wunsch Informationen zu allen mit dem Forschungsdatenmanagement verbundenen Aufgaben: Erstellung von Datenmanagementplänen, Dokumentation der Arbeitsschritte, Datenaufbewahrung und -veröffentlichung, Auswahl von Datei- und Metadatenformaten.

Nationale Forschungsdateninfrastruktur

Um die nachhaltige Nutzbarkeit von Forschungsergebnissen nicht nur innerhalb der eigenen Einrichtung, sondern auch zwischen Forschungspartnern und der Industrie zu fördern, engagiert die PTB sich stark innerhalb des Vorhabens „Nationale Forschungsdateninfrastruktur“ (NFDI). Sie soll die Datenbestände von Wissenschaft und Forschung systematisch erschließen, nachhaltig sichern und zugänglich machen sowie international vernetzen.

Kernziel 3: Die PTB entwickelt ganzheitliche Konzepte für die Behandlung von Messgeräten und Messdaten

Neue Messgeräte enthalten häufig verteilte, teilweise virtualisierte Komponenten und nutzen Dienste aus der Cloud. Doch in regulierten Bereichen sind die Hürden in Bezug auf Zulassung und Konformitätsbewertung hoch, wenn Messgeräte solche moderne Kommunikations- und Informationstechniken beinhalten. Hersteller sehen dadurch zunehmend ein Innovationshemmnis und befürchten langfristige Wettbewerbsnachteile. Daher sind in einer digital vernetzten Wirtschaft und Industrie ganzheitliche Konzepte für den Umgang mit Messdaten und die Vernetzung von Messgeräten notwendig. Das schließt auch

ein, dass diese Konzepte den Anforderungen des gesetzlichen und industriellen Messwesens genügen müssen. Bisher sind diese beiden Bereiche in ihrer metrologischen Behandlung weitestgehend getrennt, da sie verschiedenen rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen unterliegen. Im Zuge der digitalen Transformation verschwimmen diese Grenzen jedoch zusehends.

Die PTB kann hier durch die Entwicklung rechtskonformer Referenzarchitekturen unterstützen. Im Mittelpunkt stehen digitale Schnittstellen und Interoperabilität über Anwendungsbereiche hinweg. Insbesondere Architekturen für die rechtskonforme Trennung der Messgerätesoftware in einen gesetzlich relevanten und einen freien Anteil ermöglichen den Herstellern die Entwicklung neuer innovativer Angebote, regelmäßiger Software-Updates und individueller Kundenanpassungen, ohne den Zulassungsprozess erneut durchlaufen zu müssen.

Die Metrology Cloud

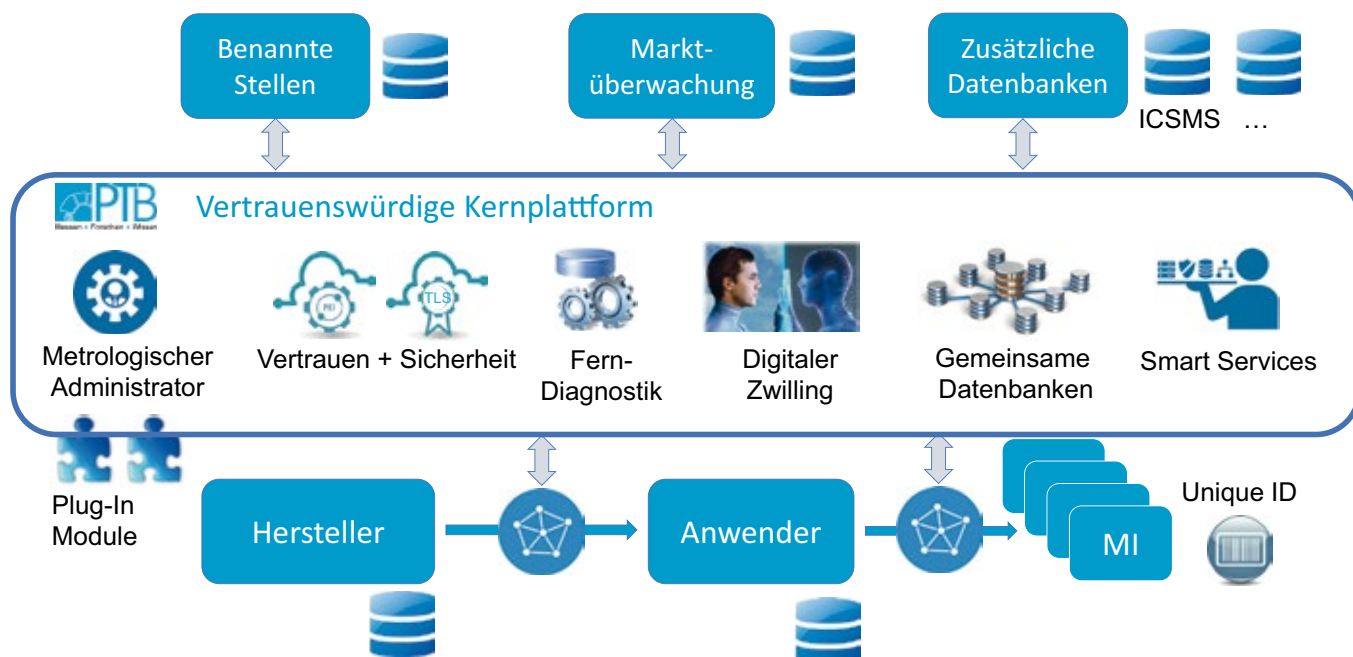
Die PTB hat ein Pilotprojekt zum Aufbau einer umfassenden digitalen Infrastruktur initiiert, die bereits existierende, aber noch unverbundene Architekturen und Datenbanken zusammenführen soll: die *Metrology Cloud*. Durch diese digitale Qualitätsinfrastruktur kann die digitale Ertüchtigung des gesetzlichen Messwesens gelingen: Die *Metrology Cloud* soll die Anknüpfung bereits bestehender Dateninfrastrukturen ermöglichen und allen Interessierten (Konformitätsbewertungsstellen, Marktaufsicht, Herstellern und Verwendern im gesetzlichen Messwesen) einen differenzierten und sicheren Zugriff erlauben. Sie bietet damit die Grundlage für neue Konzepte zur Koordinierung, Konzentrierung, Vereinfachung, Harmonisierung und Qualitätssicherung von metrologischen Dienstleistungen. Das Ziel ist es, beginnend mit einem vertrauenswürdigen Kern dieser digitalen Infrastruktur bei der

PTB, die *Metrology Cloud* schrittweise zu einer *European Metrology Cloud* auszubauen.

Die *Metrology Cloud* als zentraler Zugriffspunkt für die Daten ist eine Voraussetzung für den effizienten Einsatz moderner Big-Data-Analyseverfahren, wie sie außerhalb des gesetzlich geregelten Bereichs des Messwesens bereits eingesetzt werden. Zum Beispiel basieren die dort entwickelten Konzepte zur vorausschauenden Wartung (engl.: *predictive maintenance*) darauf, dass durch kontinuierlich verfügbare Daten Prognosen für zukünftige Entwicklungen möglich werden. Ziel ist es, Maschinen und Anlagen proaktiv zu warten und Störungen vorherzusagen, bevor es zu Auswirkungen oder Ausfällen kommt. Mithilfe dieses Konzepts ließe sich prinzipiell auch das Mess-, Eich- und Kalibrierwesen effizienter gestalten.

Kommunikation metrologischer Daten im „Internet der Dinge“

Das „Internet der Dinge“ beinhaltet die digitale Kommunikation von Daten und darauf basierenden Algorithmen. Dasselbe Prinzip wird in der Industrie 4.0 für eine vernetzte Produktion verwendet. Dafür werden an vielen Stellen Messdaten von Sensoren als Brücke zwischen realer und virtueller Welt eingesetzt. Bei der Entwicklung des digitalen Kalibrierzertifikats legt die PTB daher auch besonderes Augenmerk auf dessen Einsatzfähigkeit in Industrie 4.0 und ähnlichen Kontexten. Darüber hinaus entwickelt die PTB gemeinsam mit einem europäischen Konsortium Datenmodelle und Empfehlungen für die Kommunikation metrologischer Daten im „Internet der Dinge“. Dazu gehört insbesondere die Entwicklung eines Datenmodells „D-SI“ für SI-basierte, maschineninterpretierbare Kommunikation von Mess- und Messgerätedaten. Das Ziel der PTB ist es, das SI als Bindeglied zwischen verschiedenen Systemen zu etablieren, indem für die Maschine die verwen-



Grundbausteine der Metrology Cloud als dezentrale Plattform zur Digitalisierung von Prozessen im gesetzlichen Messwesen

deten Einheiten stets automatisch in die SI-Basiseinheiten übersetzt werden können.

Metrology by design

Die Berücksichtigung eines geeigneten Datenmodells für die Kommunikation der Messdaten, die Anbindung an die *Metrology Cloud* sowie die effiziente Verwendung digitaler Informationen über das Messgerät sollten idealerweise schon bei der Entwicklung berücksichtigt werden; also: *metrology by design*. Mit der frühzeitigen Einbindung von Messgeräteherstellern und Verwendern will die PTB diese Herangehensweise etablieren.

Sichere Daten „Made in Germany“

Das Thema „Daten als Wirtschaftsgut“ nimmt für industrielle Unternehmen einen hohen Stellenwert in der Wertschöpfungskette ein und wird in Zukunft durch die voranschreitende digitale Transformation weiter an Bedeutung gewinnen. Dabei ist die Qualität der gewonnenen Daten und die Belastbarkeit der davon abgeleiteten Schlüsse insbesondere für die Industrie von zentraler Bedeutung. Die verlässliche Feststellung und Sicherung der Datenqualität ist somit die Voraussetzung, um Daten tatsächlich als Wirtschaftsgut erfolgreich einsetzen zu können. Daher kooperiert die PTB in dem BMWi-Leuchtturmprojekt GEMIMEG-II mit einem nationalen Konsortium aus Industrie und Forschung mit dem Ziel, eine sichere, durchgängige, rechtsgemäße und rechtsverträgliche Ende-zu-Ende-Verfügbarkeit von Informationen für die Umsetzung von zuverlässigen, vernetzten Messsystemen zu entwickeln.



Kernziel 4: Die PTB unterstützt den effizienten und sicheren Einsatz digitaler Technologien

Die PTB entwickelt und verwendet digitale Technologien sowohl für ihre eigenen Arbeitsabläufe als auch für die Prozesse in der Qualitätsinfrastruktur. Dabei betrachtet sie die Konzepte *security and privacy by design* als unverzichtbar für die Sicherung von Vertrauen. Das bedeutet, dass bei der Entwicklung von Hard- wie Software bereits von Anfang an sowohl der Datenschutz berücksichtigt als auch darauf geachtet wird, die Systeme so frei von Schwachstellen und so unempfindlich gegen Angriffe wie möglich zu konzipieren. Die einzelnen Bausteine dieser digitalen Umgestaltung sollen sich mittelfristig zu einem einheitlichen Gesamtbild zusammenfügen.

Einer dieser Bausteine ist die elektronische Akte, kurz E-Akte, ein zentrales elektronisches Dokumentenmanagementsystem, in dem alle Schriftstücke der PTB komfortabel abgelegt und gefunden werden und dass das räumlich flexible, gemeinsame Arbeiten unterstützt. Bevor die E-Akte PTB-weit eingesetzt wird, haben einige Arbeitsbereiche sie im Rahmen einer Pilotphase praktisch eingesetzt, auf Herz und Nieren geprüft und für PTB-Zwecke optimiert. Die Herausforderungen bei der Einführung der E-Akte in der PTB sind unter anderem:

- Große Datenmengen werden in Nicht-Office-Formaten gespeichert.
- Sensible Herstellerdaten müssen vor unberechtigtem Zugriff geschützt werden.
- Im Rahmen von Forschungsk Kooperationen muss Partnern Zugang zu gemeinsamen Dokumenten gewährt werden.

Ein weiterer digitaler Baustein auf dem Weg zu effizienter und sicherer Kundenorientierung in der PTB ist das Kundenportal *E-Services*. Mit diesem Service soll eine webbasierte Auftragsdatenverarbeitung eingerichtet werden, die eng mit dem E-Akte-System der PTB verknüpft ist. Das Kundenportal wird die zentrale digitale Anlaufstelle für Kunden aus dem Bereich der Konformitätsbewertung und Kalibrierungen sein und den einfachen Upload von Informationen sowie die Auftragsverwaltung gewährleisten. Dazu gehört am Ende auch die Bereitstellung digitaler Zertifikate mit Sicherheitsmerkmalen, wie bereits am Beispiel des digitalen Kalibrierscheins unter Kernziel 1 beschrieben. Mit dem Start der Pilotphase wird Anfang 2021 gerechnet.

Kernziel 5: Die PTB fördert die aktive Teilhabe aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an der Digitalisierung

Eine digitale Transformation kann nur gelingen, wenn keiner zurückgelassen und wenn digitale Innovationen gefördert werden. Dazu erarbeitet die PTB unter anderem Formate für die aktive Unterstützung digitaler Pioniere in den eigenen Reihen und bietet breit gefächerte Schulungs- und Lernangebote für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an. Dazu gehören beispielsweise

- vielfältige Seminare, Schulungen und Lernangebote
- Förderung von Angeboten zur Mitgestaltung und Mitwirkung
- ein regelmäßig stattfindender Thementag „Digitaler Arbeitsplatz“ als Forum für Information und Austausch

Koordinator des Lenkungskreises Digitalisierung

Dr. Sascha Eichstädt
Präsidentialer Stab
Telefon: (0531) 592-2008
E-Mail: sascha.eichstaedt@ptb.de

Mitglieder / fachliche Ansprechpartner

Dr.-Ing. Prof. h. c. Frank Härtig (Lenkungskreis-Vorsitz)
Vizepräsident
Telefon: (0531) 592-2001
E-Mail: frank.haertig@ptb.de

Dr. Thorsten Schrader
Leiter der Abteilung 1 | Mechanik und Akustik
Telefon: (0531) 592-1010
E-Mail: thorsten.schrader@ptb.de

Hon.-Prof. Dr. Stefan Kück
Leiter der Abteilung 4 | Optik
Telefon: (0531) 592-4010
E-Mail: stefan.kueck@ptb.de

Dr. Harald Bosse
Leiter der Abteilung 5 | Fertigungsmesstechnik
Telefon: (0531) 592-5010
E-Mail: harald.bosse@ptb.de

Prof. Dr. Tobias Schäffter
Leiter der Abteilung 8 | Medizinphysik und
metrologische Informationstechnik
Telefon: (030) 3481-7343
E-Mail: tobias.schaeffter@ptb.de

Dr. Frank Lienesch
Leiter der Abteilung 9 | Gesetzliche und internationale Metrologie
Telefon: (0531) 592-3600
E-Mail: frank.lienesch@ptb.de

Manfred Gahrens
Leiter der Abteilung Q | Querschnittsdienste
Telefon: (0531) 592-8010
E-Mail: manfred.gahrens@ptb.de

Die Inhalte dieses Infoblattes und weitere Informationen finden Sie
im Internet unter www.ptb.de > Forschung & Entwicklung >
Mit Metrologie in die Zukunft > Herausforderung Digitalisierung



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Telefon: (0531) 592-3006
E-Mail: presse@ptb.de
www.ptb.de

Stand: 11/2020



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

Foto Titelseite: ©Sergey Nivens. Adobestock