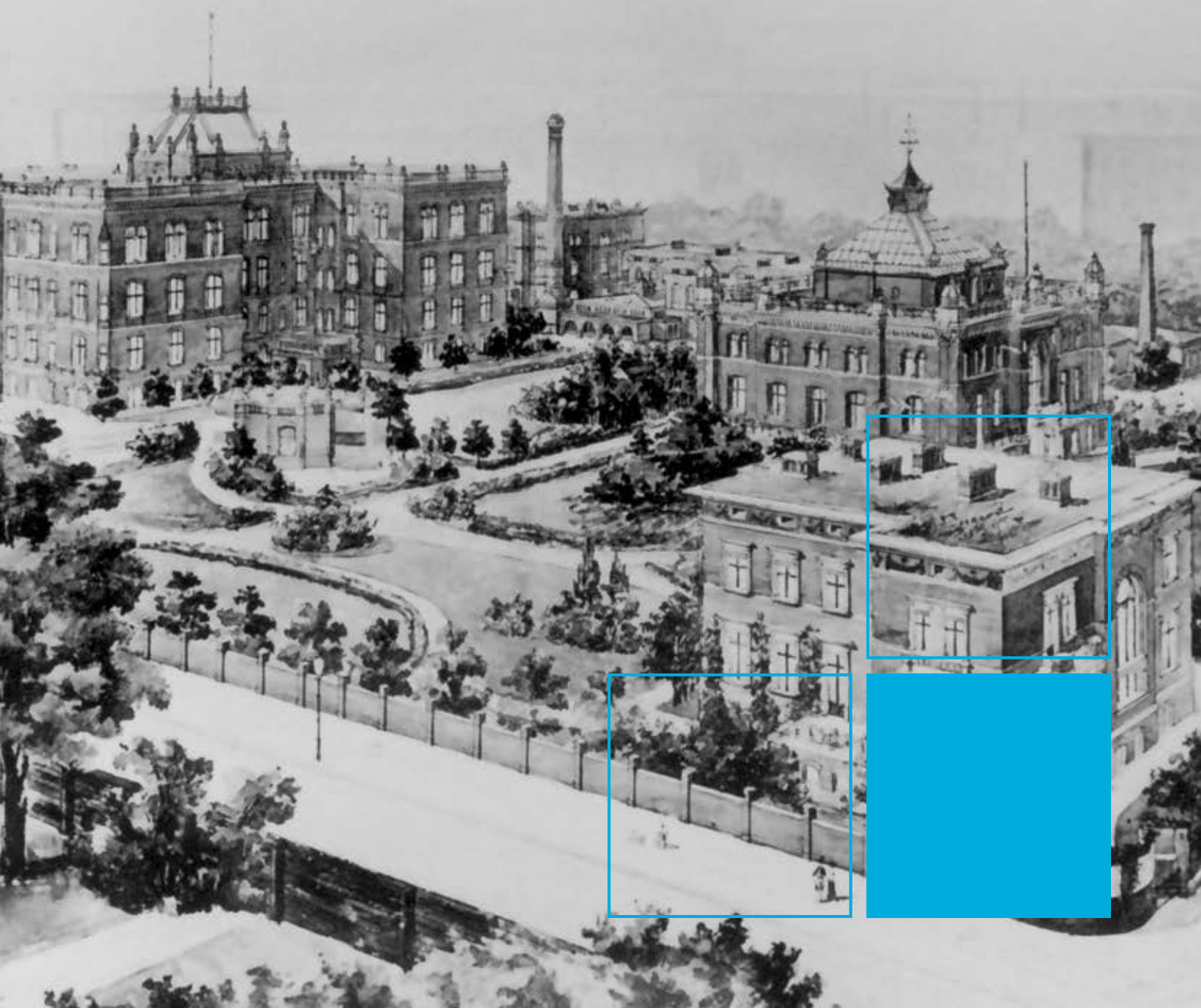




Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut

PTR und PTB: Geschichte einer Institution



PTR und PTB: Geschichte einer Institution

Seit 1887 hat genaues Messen eine institutionelle Heimat in Deutschland. Als am 28. März 1887 der erste Etat der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR), der Vorgängerin der PTB, bewilligt wurde, war dies die Geburtsstunde der ersten staatlichen Großforschungseinrichtung und der Beginn einer Erfolgsgeschichte, die noch längst nicht zu Ende erzählt ist.

Von Ellen und Füßen zum Meter – die Vorgeschichte

Körpergrößen von Herrschern – gerne die Elle oder der Fuß – waren früher beliebte Maße, auf deren Grundlage Handel getrieben wurde. Mitte des 18. Jahrhunderts existierten alleine auf dem Gebiet des späteren Deutschen Reiches mehr als vierzig unterschiedliche Ellen mit Längen zwischen 40 cm und 80 cm – ein echtes Hindernis für den Warenaustausch. Mit der Französischen Revolution kam dann der Umbruch auch für die Maßeinheiten: Der Urmeter und das Urkilogramm wurden geboren. Es dauerte allerdings noch bis 1875, bis sich die damals wichtigsten Industriestaaten auf einen internationalen Vertrag, die Meterkonvention, einigten. Ab diesem Zeitpunkt galten erstmals einheitliche Maße für alle.

Inmitten der äußerst dynamischen industriellen Entwicklung im 19. Jahrhundert schlossen sich 1872 einige preußische Naturwissenschaftler zusammen, um die Präzisionsmesstechnik im Land weiter voranzutreiben – im Interesse von Wissenschaft, Handel und Militär. In ihrer sogenannten Schellbach-Denkschrift forderten sie zu diesem Zwecke die Einrichtung eines eigenen Staatsinstituts. Zu den Unterstützern gehörten unter anderem der spätere PTR-Präsident Hermann Helmholtz und der Mathematiker und Physiker Wilhelm Foerster, der später entscheidend zum Zustandekommen der Pariser Meterkonvention beitragen sollte, Kurator der PTR wurde und fast 30 Jahre lang das Internationale Komitee für Maß und Gewicht (CIPM) leitete. Doch vorerst erteilt Preußen ihren Forderungen eine Absage.

Werner von Siemens, Hermann von Helmholtz und die Gründerjahre

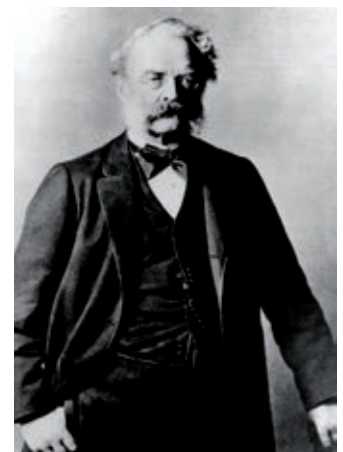
Der Industrielle Werner von Siemens und der Wissenschaftler Hermann von Helmholtz gelten als Gründerväter der PTR. Insbesondere ihrer Vision und ihrem hartnäckigen Engagement ist es zu verdanken, dass der Deutsche Reichstag am 28. März 1887 schließlich doch einen ersten Jahresetat für die damit neu gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) beschließt. Damit ist der Grundstock gelegt für die erste staatlich finanzierte außeruniversitäre Großforschungseinrichtung, die sowohl der von materiellen Interessen freien Grundlagenforschung verpflichtet ist als auch die Industrie bei aktuellen Problemen unterstützt.

Werner Siemens – Anfang der Achtzigerjahre des 19. Jahrhunderts noch nicht geadelt – ist tief beeindruckt von den Fortschritten der Naturwissenschaft und setzt die gewonnenen Erkenntnisse industriell um, zum Wohle der aufstrebenden Industrie- und Exportnation Deutschland. Er liefert mit seinen Denkschriften die auch für die Politik einsichtige Begründung für die dringende Notwendigkeit einer PTR und überlässt dem Deutschen Reich dafür ein privates Gelände in Berlin-Charlottenburg.

Zur selben Zeit ist der 1821 in Potsdam geborene Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz einer der prägenden Naturwissenschaftler seiner Zeit. Der Physikerkollege James Clerk Maxwell nennt ihn gar einen „intellektuellen Riesen“. Als ihr erster Präsident gestaltet er von 1888 bis 1894 den Aufbau der PTR. Die Blütezeit der Reichsanstalt in den ersten Jahrzehnten ist mit den Namen bedeutender Wissenschaftler als Mitarbeiter der PTR und aktive Mitglieder des Kuratoriums verknüpft, wie z. B. Wilhelm (Willy) Wien, Friedrich Kohlrausch, Walther Nernst, Emil Warburg, Walther Bothe, Albert Einstein und Max Planck.



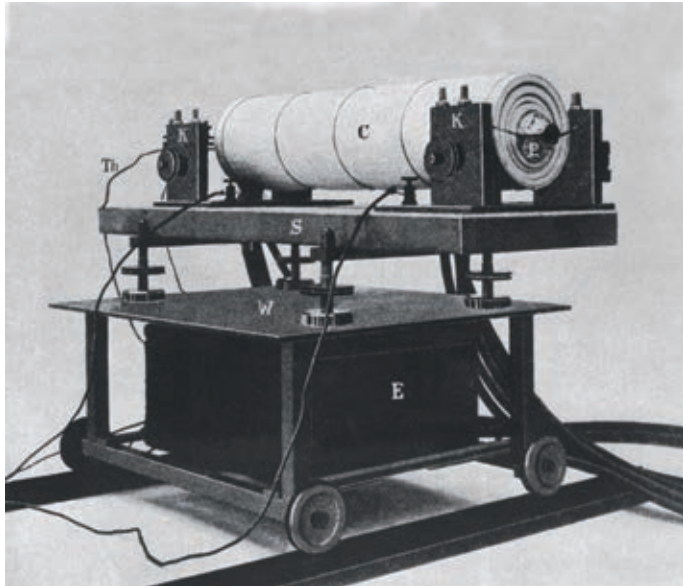
Hermann von Helmholtz



Werner von Siemens

Der Schwarze Strahler und die Geburt der Quantenmechanik

Schon bald nach Gründung der PTR wird die Messung der Strahlung eines Schwarzen Körpers (also eines Objektes, das alles Licht vollständig absorbiert) zu einer wichtigen Aufgabe des PTR-Laboratoriums für Optik. Man braucht ein präziseres Lichtstärkennormal, um entscheiden zu können, welche Energieform für die Berliner Straßenbeleuchtung wirtschaftlicher ist: Elektrizität oder Gas. Die Messungen führen zu einem der spektakulärsten Erfolge der Experimentierkunst der PTR: der exakten Bestimmung des Spektrums der Schwarzkörperstrahlung. Diese Ergebnisse sind so präzise, dass sie Widersprüche im damaligen „klassischen“ Weltbild der Physik aufdecken können. Die Messungen lassen sich nur mit einer neuen Theorie erklären: In einem „Akt der Verzweiflung“, wie er selber es später nennt, „quantisiert“ Max Planck kurzerhand die Wärmestrahlung, zerlegt sie also in Päckchen bestimmter Größe. Dies ist die Geburtsstunde der Quantentheorie. Es dauert noch Jahrzehnte, bis diese „verrückte“ Theorie, die die mikroskopische Welt unter der glatten, makroskopischen Oberfläche als körnig und stufig beschreibt und in der unsere gewöhnliche Logik außer Kraft gesetzt ist, verstanden und akzeptiert wird. Heute ist die Quantenmechanik die beste Beschreibung der Wirklichkeit, die wir haben, und ihre Anwendungen sind aus unserer Hightech-Welt nicht mehr wegzudenken – vom Computerchip über den Laser bis zur Satellitennavigation.



Otto Lummer und Willy Wien entwickeln 1895 den ersten Hohlraumstrahler zur praktischen Erzeugung der Wärmestrahlung Schwarzer Körper.

Das Kuratorium

Von Anfang an verfügt die PTR über ein auch aus heutiger Sicht noch modernes Steuerinstrument: das Kuratorium. Es dient sowohl als wissenschaftlicher Beirat, der inhaltliche Fragen und die zukünftige Ausrichtung der PTR diskutiert, als auch als Interessenvertretung für Kunden aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Die Liste der wissenschaftlichen

Angehörigen des Kuratoriums liest sich wie das Who-is-who aus Wissenschaft und Technik: Allein in den ersten zwanzig Jahren wirken Wissenschaftler wie Wilhelm Foerster, Hans Heinrich Landolt, Rudolf Clausius, Friedrich Kohlrausch, Ernst Abbe, August Kundt, Georg Quincke, Emil Warburg und Karl Schwarzschild in diesem Gremium mit. Insgesamt sind bis heute dreizehn Nobelpreisträger im Kuratorium der PTR/PTB vertreten – ein Zeichen für den hohen Stellenwert, den beide Seiten dieser Art der Beratung zuschreiben.



Nobelpreisträgertreffen 1923 in Berlin: Walther Nernst, Albert Einstein, Max Planck, Robert Andrew Millikan und Max von Laue. Bis auf Millikan waren alle über viele Jahre – etwa als Kuratoren – eng mit der PTR verbunden.

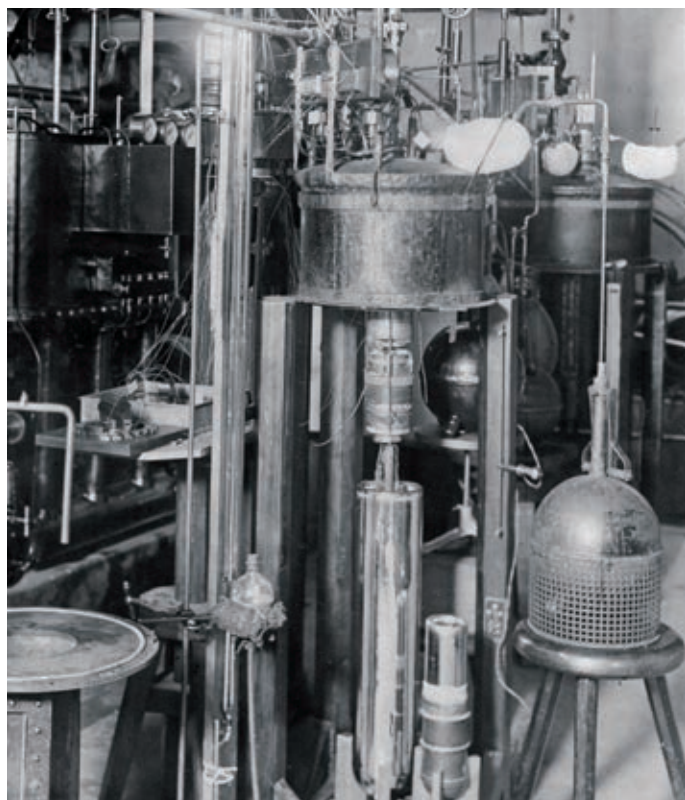
Einer der Nobelpreisträger im Kuratorium (1916–1933) ist Albert Einstein, den PTR-Präsident Emil Warburg nur zu gern an die PTR geholt hätte. Zumindest gelingt es 1914, Einstein als Gastwissenschaftler zu gewinnen und ihm – dem Theoretischen Physiker – in den exzellent ausgestatteten Laboratorien der Reichsanstalt eines der ganz wenigen Experimente seiner Forscherlaufbahn (gemeinsam mit dem jungen Physiker Wander Johannes de Haas) zu ermöglichen: die praktische Überprüfung der Hypothese der Ampere'schen Molekularströme. Eine amüsante Fußnote in der Physikgeschichte ist es, dass die behauptete Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment eine scheinbare ist – denn erst zehn Jahre später wird die Theorie mit der Entdeckung des Elektronenspins neu überdacht, was zu einer Änderung in der Theorie um den Faktor 2 führt.

„Neue Physik“ und neue Struktur

Anfang des 20. Jahrhunderts wendet sich die PTR unter ihrem damaligen Präsidenten Emil Warburg vermehrt der sogenannten Neuen Physik zu. Dazu zählt man u. a. die gerade erst entdeckten Röntgenstrahlen, die neuen Vorstellungen vom Atombau, Einsteins Spezielle Relativitätstheorie, die Quantenphysik ausgehend vom Schwarzen Strahler und die Eigenschaften des Elektrons. Die Erneuerung der Forschungsinhalte der PTR gelingt vor allem durch herausragende Forscher: Da ist zum Beispiel Hans Geiger, der das erste Radioaktivitätslabor der

PTR aufbaut und es innerhalb kürzester Zeit zu einem wissenschaftlichen Labor von Weltniveau macht. Auch Walther Meißner kann – verzögert durch den Ersten Weltkrieg – im Zuge dieser Neuausrichtung seine großen wissenschaftlichen Erfolge feiern, wie die Verflüssigung von Helium, die Entdeckung der Supraleitfähigkeit einer Reihe von Metallen und etwas später den nach ihm benannten fundamentalen Effekt der Verdrängung des Magnetfelds aus dem Inneren eines Supraleiters.

Die neuen Inhalte gehen einher mit einer neuen Organisationsstruktur: 1914 löst Warburg die beiden existierenden Abteilungen („Physikalische“ und „Technische“) auf und gliedert die PTR in einer neuen Struktur in fachlich unterschiedene Abteilungen für Optik, Elektrizität und Wärme, die jede eine rein wissenschaftliche und eine für technische Prüfungen zuständige Unterabteilung besitzen. Als 1923 die Reichsanstalt für Maß und Gewicht vor allem aus finanziellen Gründen in der PTR aufgeht, entsteht dadurch eine zusätzliche Abteilung, deren Aufgabe die Längen-, Gewichts- und Volumenmessung sind – einhergehend mit vielen Verpflichtungen im Eichwesen. Mit diesem Schritt erhält die PTR ein einmaliges Aufgabenprofil, das die Aufgaben einer modernen Forschungseinrichtung und einer Behörde kombiniert: Sie soll durch eigene Forschung und Entwicklung und darauf aufbauende Dienstleistungen für die Einheitlichkeit des Messwesens und dessen stete Weiterentwicklung sorgen, um Bürgern, Wirtschaft und Wissenschaft zu dienen. Ein Profil, dem die PTB auch heute noch verpflichtet ist.



Mit seiner selbstkonzipierten Verflüssigungsanlage gelingt es Walther Meißner 1925 zum ersten Mal in Deutschland, 200 cm³ flüssiges Helium herzustellen. Als Kühlmittel ist es unerlässlich in der Tieftemperaturphysik, z. B. zur Untersuchung der Supraleitung.

Die PTR im Dritten Reich

Mit der Nazi-Herrschaft beginnt auch für die PTR ein dunkles Kapitel. Der überzeugte Nationalsozialist und Protagonist einer „Deutschen Physik“ Johannes Stark wird gegen den einhelligen Rat aller Fachleute in das Präsidentenamt eingesetzt. In seinem Bestreben, auch in der Reichsanstalt das „Führerprinzip“ durchzusetzen, löst Stark 1935 das Kuratorium auf und schreibt sich selbst alle Kompetenzen über die Ausrichtung der PTR zu. Jüdische Mitarbeiter und Kritiker der NSDAP, wie z. B. Max von Laue, werden entlassen. Albert Einstein, Kuratoriumsmitglied und seit Jahren mit der PTR eng verbunden, sieht sich bereits 1933 zur Immigration gezwungen – anders als von Laue wird er nach Ende des II. Weltkrieges keinen Kontakt mehr zur PTR/PTB aufnehmen. Unter Stark stellt die PTR zahlreiche Forschungsrichtungen ein, da die antisemitische Ideologie Zweige der als „jüdisch“ apostrophierten modernen Physik – wie die Quantentheorie oder die Relativitätstheorie – schroff ablehnt. Stattdessen werden Themen aufgegriffen, die dem Dritten Reich bei seiner militärischen Aufrüstung dienlich und potenziell kriegswichtig erscheinen. So gründet Stark ein Akustik-Labor und betont dessen militärisch wichtige Aufgaben. Diese Militarisierungstendenzen verstärken sich auch unter Starks Nachfolger, Abraham Esau, einem Experten auf dem Gebiet der Hochfrequenzphysik, dessen Präsidentschaft nahezu vollständig in die Zeit des II. Weltkrieges fällt und der die PTR noch stärker auf militärtechnische Themen ausrichtet. Die Bombenangriffe auf Berlin erzwingen die Verlegung mehrerer Abteilungen an andere Orte in Deutschland, etwa ins thüringische Weida. 1945 ist die Reichsanstalt faktisch zerschlagen und über alle Lande außerhalb Berlins zerstreut.



Der Krieg hat große Schäden am Hauptgebäude der PTR in Berlin hinterlassen.

Die PTB: Neugründung in Braunschweig

Dem Idealismus mehrerer ehemaliger Mitarbeiter der PTR, dem selbstlosen Einsatz einiger Wissenschaftler außerhalb der PTR und der wohlwollenden Unterstützung der britischen Militärregierung ist es zu verdanken, dass Teile der alten Reichsanstalt schon 1947 ihre Arbeit wieder aufnehmen

können, wenn auch unter schwierigsten Bedingungen. Von entscheidender Bedeutung ist Max von Laue, ehemals Berater der PTR für Theoretische Physik, der bereits während seiner Internierung in Farm Hall erste Ideen für die Neugründung der PTR entwickelt. Ihm gelingt es, die britischen Besatzungsbehörden zu überzeugen, die ehemalige Luftfahrtforschungsanstalt Völkenrode bei Braunschweig für einen Neuaufbau der PTR zur Verfügung zu stellen. Als Vortrupp siedelt die Akustik-Abteilung im Januar 1947 von Göttingen nach Braunschweig über. Als im Sommer 1948 Wilhelm Kösters, der langjährige Direktor der Abteilung 1 und damalige Leiter der Berliner Rest-PTR, zum ersten Präsidenten ernannt wird, kommen auch zahlreiche ehemalige Mitarbeiter der PTR aus Berlin, Weida und Heidelberg nach Braunschweig, sodass der Aufbau der Anstalt einen nachhaltigen Impuls erhält. 1948 arbeiten dadurch bereits wieder 38 Wissenschaftler, 47 Techniker und 20 Arbeiter am Standort Braunschweig-Völkenrode.



Der Physiker Max von Laue ist langjähriger Berater der PTR und maßgeblich an ihrer Neugründung nach Ende des Zweiten Weltkrieges beteiligt.

Zwei Jahre später erhält die Einrichtung ihre neue Bezeichnung Physikalisch-Technische Bundesanstalt und untersteht ab diesem Zeitpunkt der Regierung der noch jungen Bundesrepublik Deutschland. Da am historischen Standort Berlin-Charlottenburg die komplizierte politische Lage den Aufbau verzögert, wird das „Institut Berlin“, so der neue Name der wiederhergestellten Gebäude und Laboratorien in Berlin, erst 1953 als Teil der neuen PTB aufgenommen.

Wachstumsphase und Wiedervereinigung

Die junge PTB in Braunschweig und Berlin erlebt – synchron zur jungen Bundesrepublik – ein rasantes Wachstum. Mit dem Bruttosozialprodukt steigt auch der Haushalt der PTB, die Zahl der Beschäftigten wächst kontinuierlich, die Wissenschaft erobert stetig neues metrologisches Terrain und die metrologischen Dienstleistungen, vor allem die Ka-

librierungen für die deutsche Industrie, werden immer zahlreicher. Dies führt Mitte der 70er Jahre zur Gründung des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD). Privatwirtschaftliche Laboratorien, von der PTB akkreditiert, können nun selbstständig Kalibrierungen für die Industrie ausführen, während sich die PTB auf anspruchsvollere Messaufgaben beschränken kann. 1990 wird die PTB auf einen Schlag größer: Als Folge der politischen Wiedervereinigung Deutschlands kommt es auch zu einer „metrologischen Wiedervereinigung“. Nachdem das „Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung“ der ehemaligen DDR aufgelöst ist, übernimmt die PTB den Standort Berlin-Friedrichshagen als zusätzliche Außenstelle (die in den Folgejahren allerdings aus wirtschaftlichen Gründen schrittweise aufgegeben wird), einen Großteil der messtechnischen Aufgaben des ASMW und über 400 Mitarbeiter. Nach diesem starken, einmaligen Personalzuwachs muss die PTB dem politischen Willen folgen und in den Folgejahren (und bis heute) ihren Personalbestand kontinuierlich kürzen. Ungeachtet dessen nehmen die Aufgaben der PTB weiter zu – und dies nicht nur im nationalen Rahmen, in dem die PTB mit ihrer metrologischen Kompetenz (formal festgeschrieben im Einheiten- und Zeitgesetz) die zentrale Position innehat. Die PTB wirkt weit über die nationalen Grenzen hinaus, vernetzt sich immer enger mit ihren europäischen Partnern (bis hin zur Aufstellung eines gemeinsamen Metrologieforschungsprogramms) und spielt eine tragende Rolle in der globalen Metrologie. Heute gehört die PTB zu den größten nationalen Metrologieinstituten weltweit und trägt maßgeblich dazu bei, den Anspruch eines weltweit einheitlichen Messwesens zu verwirklichen.



Zusammentreffen bei der Einhundertjahrfeier der PTB in Braunschweig: Bundespräsident Richard von Weizsäcker, PTB-Präsident Dieter Kind und ASMW-Präsident Helmut Lilie (v. li.)

Ausgewählte wissenschaftliche Ergebnisse

- 1895 Erste Hohlraumstrahler werden von Otto Lummer und Willy Wien entwickelt.
- 1896 Willy Wien formuliert ein Strahlungsgesetz für den Schwarzen Körper (Physik-Nobelpreis für Wien: 1911).
- 1899 Otto Lummer und Ernst Pringsheim stellen experimentell Abweichungen vom Wien'schen Strahlungsgesetz fest.
- 1900 Max Planck findet auf der Grundlage der PTR-Messungen eine exakte Beschreibung der Wärmestrahlung des Schwarzen Körpers (Nobelpreis für Planck: 1918).
- 1913 Hans Geiger baut das Labor für Radioaktivität auf und entwickelt ein Zählrohr zum Nachweis einzelner Strahlungsquanten.
- 1913 Walther Meißner beginnt Tieftemperatur-Experimente und untersucht die Eigenschaften von flüssigem Wasserstoff und anderen Materialien.
- 1915 Albert Einstein entwickelt zusammen mit Wander Johannes de Haas ein Experiment (das einzige seiner Laufbahn als Theoretischer Physiker) zur Überprüfung der Ampère'schen Molekularstromhypothese.
- 1920 Harald Schering entwickelt eine Brücken-Methode zur Messung von Kapazität und Verlustwinkel bei hohen Wechselspannungen (Schering-Brücke).
- 1920 Ernst Gehrcke und Ernst Lau messen die Feinstruktur des H_2 -Spektrums.
- 1924 Walther Bothe und Hans Geiger entwickeln die Koinzidenzmessmethode und weisen nach, dass es sich beim Compton-Effekt um die Streuung eines Photons an einem Elektron handelt (Physik-Nobelpreis für Bothe, 1954).
- 1925 Walther Meißner gelingt in seinem Kältelaboratorium die Verflüssigung von Helium.
- 1925 Ida Tacke und Walther Noddack gelingt der Nachweis eines bisher unentdeckten Elementes (Ordnungszahl 75, Rhenium) im Periodensystem.
- 1928 Wilhelm Kösters führt Normallampen für die interferentielle Längenmessung von Endmaßen ein.
- 1929 Walther Bothe und Werner Kolhörster weisen nach, dass es sich bei der kosmischen Strahlung um relativistische geladene Teilchen handelt.
- 1932 Adolf Scheibe und Udo Adelsberger entwickeln die erste Quarzuhr in Deutschland.
- 1932 Walther Meißner und Robert Ochsenfeld entdecken die vollständige Verdrängung des magnetischen Flusses aus dem Inneren eines Supraleiters (Meißner-Ochsenfeld-Effekt).
- 1951 Ernst Engelhard entwickelt eine Kryptonlampe, mit der eine Wellenlänge sehr präzise reproduziert werden kann.
- 1957 Die Einheit Ohm wird auf grundlegend neue Weise (auf der Basis einer berechenbaren Induktivität) bestimmt.
- 1959 Die offizielle Aussendung von Zeitzeichen und Normalfrequenz über den Sender DCF77 in Mainflingen beginnt.
- 1967 Der Forschungs- und Messreaktor (FMRB) geht in Betrieb.
- 1969 Die erste Caesium-Atomuhr CS1 der PTB tickt.
- 1972 Erster einheitlicher Wert für die Josephson-Konstante (gemessen in der PTB und ihren Schwesterinstituten in den USA, Großbritannien und Australien) wird festgelegt.
- 1980 Der Quanten-Hall-Effekt erweist sich als geeignet zur Reproduzierung der Einheit Ohm.
- 1984 Der Elektronenspeicherring BESSY I wird primäres Strahlungsnormal.
- 1986 Die zweite CS-Atomuhr der PTB CS2 geht als genaueste Uhr ihrer Zeit in Betrieb.
- 1987 Erstmalige Messung biomagnetischer Signale aus dem Hirnstamm.
- 1987 Erzeugung der Spannungseinheit Volt gelingt mit einer Reihenschaltung von 1400 Josephson-Tunnelementen.
- 1990 Die strahlungsthermometrischen Messungen der PTB schaffen die Grundlage für den Hochtemperaturbereich der Internationalen Temperaturskala (ITS-90).
- 1993 Ein erstes metrologisches Rastertunnelmikroskop wird realisiert.
- 1995 Die weltweit erste phasenkohärente Messung einer optischen Frequenz durch direkten Vergleich mit einer Caesium-Atomuhr wird durchgeführt.
- 1996 Als erste Institution in Deutschland nimmt die PTB einen 3-Tesla-Ganzkörper-Magnetresonanztomografen in Betrieb.
- 2000 Die Caesiumfontänenuhr CSF1 der PTB trägt zur Realisierung der internationalen Atomzeit bei.
- 2006 Das weltweit erste programmierbare 10-Volt-Josephson-Spannungsnormalelement in SINIS-Technologie zur direkten Rückführung elektrischer Wechselstromgrößen auf Naturkonstanten wird fertiggestellt.
- 2010 Neuer Wert für die Avogadro-Konstante aus ^{28}Si ist ein Meilenstein auf dem Weg zur Neudefinition des Kilogramms auf der Basis von Naturkonstanten.



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Bundesallee 100
38116 Braunschweig
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Telefon: (0531) 592-3006
E-Mail: presse@ptb.de
www.ptb.de

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