PTB MITTEILUNGEN 2
FACHJOURNAL DER PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT 2012

Jahre genau
1887 – 2012

PTR/PTB: 125 Jahre metrologische Forschung

PTB MITTEILUNGEN
FACHJOURNAL DER PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT

125 Jahre genau 1887–2012

Fachorgan für Wirtschaft und Wissenschaft
Amts- und Mitteilungsblatt der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Braunschweig und Berlin

122. Jahrgang, Heft 2, Juni 2012

Inhalt

PTR/PTB: 125 Jahre metrologische Forschung

Chronologie 1887–2012 6–61

- *Ernst O. Göbel:* Vorwort 3
- *Wolfgang Buck:* Die Intention 4
- *Helmut Rechenberg:* Helmholtz und die Gründerjahre 8
- *Jörg Hollandt:* Der Schwarze Körper und die Quantisierung der Welt 12
- *Robert Wynands:* Das Kuratorium 16
- *Wolfgang Buck:* Neue Physik und neue Struktur 20
- *Dieter Hoffmann:* Der Fall Einstein 22
- *Wolfgang Buck:* Die „Verschmelzung“ von RMG und PTR 26
- *Dieter Hoffmann:* Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt im Dritten Reich 30
- *Dieter Hoffmann:* PTR, PTA und DAMG: die Nachkriegszeit 34
- *Peter Ulbig, Roman Schwartz:* Das gesetzliche Messwesen und die OIML 38
- *Wolfgang Schmid:* Europäische Metrologie 46
- *Dieter Kind:* Die Wiedervereinigung der Metrologie in Deutschland 50
- *Roman Schwartz, Harald Bosse:* Die PTB – metrologischer Dienstleister und Partner für Industrie, Wissenschaft und Gesellschaft 56
- *Ernst O. Göbel, Jens Simon:* Die PTB im 21. Jahrhundert 62

Autoren 66
Bildnachweise 67
Literatur 68

Internationale Zusammenarbeit

- *Zhao Kegong, Liu Xinmin* und *Konrad Herrmann:* 33 Jahre chinesisch-deutsche Zusammenarbeit 69

Recht und Technik

- Prüfungen der staatlich anerkannten Prüfstellen für Messgeräte für Elektrizität, Gas, Wasser und Wärme im Jahr 2011 73

Amtliche Bekanntmachungen (eigenes Inhaltsverzeichnis) 75

Titelbild:

Hermann von Helmholtz setzt sich persönlich zusammen mit Werner von Siemens und anderen für die Gründung der PTR ein und wird von 1888 bis 1894 ihr erster Präsident.

Impressum

Die PTB-Mitteilungen sind metrologisches Fachjournal und amtliches Mitteilungsblatt der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. Als Fachjournal veröffentlichen die PTB-Mitteilungen wissenschaftliche Fachaufsätze zu metrologischen Themen aus den Arbeitsgebieten der PTB. Als amtliches Mitteilungsblatt steht die Zeitschrift in einer langen Tradition, die bis zu den Anfängen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (gegründet 1887) zurückreicht. Die PTB-Mitteilungen veröffentlichen in ihrer Rubrik „Amtliche Bekanntmachungen" unter anderem die aktuellen Geräte-Prüfungen und -Zulassungen aus den Gebieten des Eich-, Prüfstellen- und Gesundheitswesens, des Strahlenschutzes und der Sicherheitstechnik.

Verlag
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Bürgermeister-Smidt-Str. 74–76,
27568 Bremerhaven
Postfach 10 11 10, 27511 Bremerhaven
Internet: www.nw-verlag.de
E-Mail: info@nw-verlag.de

Herausgeber
Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB),
Braunschweig und Berlin
Postanschrift:
Postfach 33 45, 38023 Braunschweig
Lieferanschrift:
Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Redaktion/Layout
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, PTB
Dr. Dr. Jens Simon (verantwortlich)
Dr. Wolfgang Buck
Imke Frischmuth
Gisela Link
Telefon: (05 31) 592-82 02
Telefax: (05 31) 592-30 08
E-Mail: gisela.link@ptb.de

Leser- und Abonnement-Service
Karin Drewes
Telefon: (04 71) 9 45 44-61
Telefax: (04 71) 9 45 44-88
E-Mail: vertrieb@nw-verlag.de

Anzeigenservice
Karin Drewes
Telefon: (04 71) 9 45 44-21
Telefax: (04 71) 9 45 44-77
E-Mail: info@nw-verlag.de

Erscheinungsweise und Bezugspreise
Die PTB-Mitteilungen erscheinen viermal jährlich. Das Jahresabonnement kostet 55,00 Euro, das Einzelheft 16 Euro, jeweils zzgl. Versandkosten. Bezug über den Buchhandel oder den Verlag. Abbestellungen müssen spätestens drei Monate vor Ende eines Kalenderjahres schriftlich beim Verlag erfolgen.

© Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven, 2012

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fällt insbesondere die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf CD-ROM und in allen anderen elektronischen Datenträgern.

Printed in Germany ISSN 0030-834X

Vorwort

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) haben stets die Vollendung eines Vierteljahrhunderts als Jubiläumsjahr aufgefasst und entsprechend gewürdigt. So soll es auch mit dem jetzt bevorstehenden 125. Geburtstag der PTR/PTB sein, und das vorliegende Heft der PTB-Mitteilungen leistet dazu einen Beitrag. Von den angesprochenen Jubiläen ist es ein besonderes. Erstmals nach Ende des 2. Weltkrieges kann sich die PTB wieder vollständig vereint präsentieren: zwar an zwei Standorten in Braunschweig und Berlin, aber nach innen und außen als Einheit, dem hoheitlichen Auftrag verpflichtet, durch eigene Forschung und Entwicklung und darauf aufbauende Dienstleistungen für die Einheitlichkeit des Messwesens in Deutschland und dessen stete Weiterentwicklung verantwortlich zu sorgen.

Die PTB heute versteht sich somit durchaus noch im Geiste der Gründungsväter der PTR, Werner von Siemens und Hermann von Helmholtz, auf deren hartnäckiges Betreiben und unterstützt durch hochrangige Vertreter aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft der Deutsche Reichstag am 28. März 1887 erstmals einen Jahresetat für die Physikalisch-Technische Reichsanstalt beschloss. Damit war der Grundstock gelegt für die erste deutsche Großforschungseinrichtung mit beeindruckender Erfolgsgeschichte im ausgehenden 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Die Blütezeit der Reichsanstalt in den ersten Jahrzehnten ist mit den Namen bedeutender Wissenschaftler als Mitarbeiter der PTR und aktiver Mitglieder des Kuratoriums verknüpft, wie z. B. Wilhelm (Willy) Wien, Friedrich Kohlrausch, Walter Nernst, Emil Warburg, Walter Bothe, Albert Einstein und Max Planck, um nur einige zu nennen. Mit der Eingliederung der Reichsanstalt für Maß und Gewicht im Jahre 1923 besaß die PTR dann ein Aufgabenprofil, wie es auch für die heutige PTB noch besteht.

Die Übernahme der Regierungsgewalt durch die Nationalsozialisten im Jahre 1933 bedeutete das Ende der Blütezeit der PTR, und am Ende des 2. Weltkrieges war die PTR faktisch zerschlagen und über alle Lande außerhalb Berlins zerstreut. Dem ungebrochenen Idealismus mehrerer ehemaliger Mitarbeiter der PTR, dem selbstlosen Einsatz einiger Wissenschaftler außerhalb der PTR – hier muss an erster Stelle Max von Laue genannt werden – und der wohlwollenden Unterstützung der britischen Militärregierung ist es zu verdanken, dass Teile der alten Reichsanstalt schon 1947 in Braunschweig ihre Arbeit wieder aufnehmen konnten, wenn auch unter schwierigsten Bedingungen. Noch vor Gründung der Bundesrepublik Deutschland 1949 entstand daraus zunächst die Physikalisch-Technische Anstalt des Vereinigten Wirtschaftsgebiets (PTA), die 1950 schließlich die Bezeichnung Physikalisch-Technische Bundesanstalt erhielt.

Weitere Meilensteine hin zur heutigen PTB, über die in diesem Heft auch auszugsweise berichtet wird, waren 1953 die Vereinigung der PTB mit der in Berlin wieder erstandenen Rest-PTR und deren Eingliederung in die PTB als Institut Berlin, die in der Folge der Wiedervereinigung Deutschlands 1989 vollzogene Übernahme des Standortes des aufgelösten Amtes für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung (ASMW) der ehemaligen DDR in Berlin-Friedrichshagen und schließlich 10 Jahre später die Konsolidierung auf die beiden Standorte in Braunschweig und Berlin-Charlottenburg.

Im Ergebnis ist die PTB nach dieser wechselvollen Geschichte heute 125 Jahre jung, ein hochgeachtetes Mitglied der internationalen Metrologie und optimal vorbereitet auf die Herausforderungen der nächsten Jahre. Wenn die Rahmenbedingungen es erlauben, werden die guten Wünsche, die man einem Jubilar zu solchen Anlässen ausspricht – davon bin überzeugt – sich auch erfüllen.

Prof. Dr. Ernst O. Göbel
Präsident der PTB von 1995 bis 2011

Die Intention

Wolfgang Buck

Um eine Einrichtung auf den Weg zu bringen, deren Umfang und Bedeutung, über die 125 Jahre ihrer Geschichte gemittelt, stets zugenommen hat, bedarf es vieler fähiger Köpfe und günstiger Rahmenbedingungen. Damit in kritischen Zeiten die Entwicklung aber nicht abbricht, braucht es Persönlichkeiten, die von ihrer Mission selbst überzeugt sind und die andere dafür begeistern können. Davon genügen manchmal wenige, aber man benötigt sie genau dann, wenn die Umstände es erfordern.

Die Geburt einer Institution ist – wie sonst auch – bereits solch eine kritische Phase. Ist die Entstehung der deutschen Metrologie für Länge und Gewicht nicht ohne den Berliner Astronomen Wilhelm Foerster zu denken, so gäbe es die Physikalisch-Technische Reichsanstalt nicht ohne den Naturforscher und Unternehmer Werner von Siemens. Er lieferte mit seinen Denkschriften die auch für die Politik einsichtige Begründung für deren dringende Notwendigkeit, die andere wie Hermann von Helmholtz inhaltlich ausgefüllt haben. Er offerierte dem Deutschen Reich sein privates Gelände und aus einer Erbschaft die teilweise Finanzierung der Baukosten, als die Politik sich in ihren diversen Zuständigkeiten verfangen hatte. Und er hatte eine Vision davon, was Deutschland brauchte, um zu den prosperierenden Industrienationen England und Frankreich aufzuschließen.

Werner Siemens – Anfang der Achtzigerjahre des 19. Jahrhunderts noch nicht geadelt – ist tief beeindruckt von den Fortschritten der Naturwissenschaft. „Die naturwissenschaftliche Forschung bildet immer den sicheren Boden des technischen Fortschritts, und die Industrie eines Landes wird niemals eine internationale leitende Stellung erwerben und sich erhalten können, wenn dasselbe nicht gleichzeitig an der Spitze des naturwissenschaftlichen Fortschritts steht“, schreibt er in seinem Votum vom April 1883, das der Denkschrift zur „Begründung eines Instituts für die experimentelle Förderung der exakten Naturforschung und der Präzisionstechnik“ an die preußische Regierung vom 16. Juni dieses Jahres angehängt ist. Sein Glaube an die Wirksamkeit der Naturforschung geht noch weiter, als dass sie nur Basis für den technischen Fortschritt wäre. Der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte bekennt er 1886 in einem Vortrag seinen Idealismus, dass „das immer tiefer die ganze menschliche Gesellschaft durchdringende Licht der Wissenschaften den erniedrigenden Aberglauben und den zerstörenden Fanatismus, diese größten Feinde der Menschheit, in wirksamer Weise bekämpft, so können wir mit stolzer Freude an dem Aufbau des

Zeitalters der Naturwissenschaften weiterarbeiten, in der sicheren Zuversicht, dass es die Menschheit moralischen und materiellen Zuständen zuführen werde, die besser sind, als sie je waren und heute noch sind.“

Werner Siemens ist nicht nur als Forscher und Erfinder von den Naturwissenschaften überzeugt, als Industrieller will er die gewonnenen Erkenntnisse auch technisch umsetzen und kommerziell verwerten – zum Wohle der aufstrebenden Industrie- und Exportnation Deutschland. Dazu benötigt er in der „vorwettbewerblichen“ Phase, wenn „die Bearbeitung privatwirtschaftlich nicht rentabel ist, indem sie bei großen Schwierigkeiten und Kosten keinerlei unmittelbaren finanziellen Erfolg und keinerlei unmittelbare Steigerung der Leistungsfähigkeit in Aussicht stellt“, die Unterstützung einer staatlichen wissenschaftlich-technischen Einrichtung – so ebenfalls dargelegt in der Denkschrift von 1883. Für ihn und andere Unternehmer der in Deutschland schnell wachsenden Elektroindustrie sind „fundamentale elektrische Maasbestimmungen dringend erforderlich“, etwas, wofür die für die Metrologie zuständige Kaiserliche Normaleichungs-Kommission nicht eingerichtet ist.

In einer weiteren Denkschrift vom 20. März 1884, in der er schließlich dem Kaiser seinen „Beitrag von ca. ½ Million Mark“ anbietet, weil sein Plan der Gründung der PTR „auf diesem Wege (Anm.: begrenzt auf Preußen) nicht in dem (notwendigen) Umfange durchgeführt werden

Bild oben:
Werner von Siemens, 1887; Zeichnung von Ismael Gentz

Bild rechts:
Initialen der PTR

könne“, führt er schließlich nationale Argumente an, für die der Adressat empfänglich ist: „Dem Reiche würden aus einer naturwissenschaftlichen Arbeitsstätte, wie sie geplant ist, sowohl materielle wie ideelle Vortheile von großem Gewichte erwachsen. Bei dem jetzt so lebhaft geführten Konkurrenzkampfe der Völker hat *das* Land ein entschiedenes Übergewicht, welches neue Bahnen zuerst betritt und die auf dieselben zu gründenden Industriezweige zuerst ausbildet. Fast ohne Ausnahme sind es naturwissenschaftliche Entdeckungen, oft sehr unscheinbarer Art, welche solche neuen Bahnen eröffnen und wichtige Industriezweige neu erschaffen oder beleben. … Darum darf der wissenschaftliche Fortschritt nicht von materiellen Interessen abhängig gemacht werden.“

Die Intention von Werner Siemens und seinen Mitstreitern zielt auf eine staatlich finanzierte außeruniversitäre Großforschungseinrichtung – die erste ihrer Art in Deutschland, die sowohl der von materiellen Interessen freien Grundlagenforschung verpflichtet ist als auch die Industrie bei aktuellen Problemen u. a. mit „Maasbestimmungen“ und Prüfungen unterstützt. So tritt die Physikalisch-Technische Reichsanstalt am 28. März 1887 mit der Verabschiedung des Etats 1887/1888 des Reichsamts des Inneren ins Leben, der Grundintention entsprechend gegliedert in eine Physikalische und eine Technische Abteilung. „Der Gedanke schien gut zu sein, denn heute gibt es viele außeruniversitäre Forschungseinrichtungen“, so Bundeskanzlerin Merkel 2007 anerkennend, von denen sich 2001 eine ganze Reihe unter dem Namen des Mitinitiators und ersten Präsidenten der PTR, Hermann von Helmholtz, zusammengeschlossen haben. Die PTR mit ihrem Aufgabenspektrum und in ihrer Folge die PTB sind allerdings einmalig geblieben und ihr Auftrag, zwar vielfach erweitert und präzisiert, aber immer orientiert an der Siemens’schen Vision, ist heute im Grundgesetz verankert.

Die Intention dieses Heftes

Auch dieses Heft der PTB-Mitteilungen verfolgt eine Intention, nämlich die in den vergangenen 125 Jahren der Geschichte und noch heute wirksamen Siemens’schen Absichten hinter den dargestellten Fakten durchscheinen zu lassen. Es sollte keine weitere Geschichte von PTR und PTB geschrieben werden, weil dazu bereits eine Reihe von Monografien von kompetenten Autoren erschienen ist, die zur Lektüre wärmstens empfohlen wird (siehe S. 68).

Im Vordergrund werden Ereignisse und Ergebnisse längs der Zeitachse aufgereiht dargestellt, um dem Leser ein Gefühl der Turbulenz oder der Stagnation mancher Epochen zu vermitteln. Angereichert wird diese Aufzählung durch biografische Notizen der handelnden Personen, weil – wie überall – Institutionen von den sie tragenden und gestaltenden Individuen leben. Alle diese Informationen sind der Lesbarkeit wegen sehr knapp gehalten, um die Leser zu eigenständigem Literaturstudium zu animieren. Verfasst wurden diese „Textschnipsel“ von vielen Kollegen aus allen Bereichen der PTB, denen ich an dieser Stelle herzlich für ihre Unterstützung danken möchte.

Der Erläuterung einzelner besonders gewichtiger Schritte und Entwicklungen sind Doppelseiten gewidmet, die den Fortgang der Zeitachse unterbrechen. Hier haben Kollegen aus der Wissenschaftsgeschichte und aus wichtigen Aufgabenbereichen der PTB – auch ihnen sei herzlich gedankt – Hintergründe und Entwicklungslinien dargestellt und analysiert. Das beginnt mit der Persönlichkeit des ersten Präsidenten und „Reichskanzlers der Wissenschaft“ Hermann von Helmholtz, gefolgt von einem Bericht über den spektakulärsten Erfolg der Experimentierkunst der PTR: die präzise Bestimmung des Spektrums der Strahlung des Schwarzen Körpers. Sie hat Max Planck zu seiner Strahlungsformel und damit zur Quantentheorie geführt. Anlass war der Bedarf eines präziseren Lichtstärkenormals zur Entscheidung für die wirtschaftlichere Energie für die Berliner Straßenbeleuchtung: Elektrizität oder Gas.

Das Kuratorium, damals wie heute besetzt mit wichtigen Vertretern aus Wissenschaft und Wirtschaft, ist von Anfang an ein prägendes Element für die Kursbestimmung der Anstalt und die Vertretung ihrer Anliegen gegenüber Politik und Öffentlichkeit. Präsident Warburg setzte die PTR durch die Hinwendung zur Neuen Physik, durch neue Geldquellen und durch eine neue Abteilungsstruktur noch vor dem Ersten Weltkrieg auf eine bis heute tragende Zukunftsschiene. Unter Präsident Nernst konnte die klassische Metrologie von Maß und Gewicht eingegliedert werden. Die Zeit des Nationalsozialismus und des 2. Weltkriegs waren gekennzeichnet durch einen allgemeinen Niedergang der Wissenschaft in Deutschland, dem sich auch die PTR nicht entziehen konnte.

Die Stunde Null danach erzwang – ebenfalls durch die politische Situation – eine getrennte Entwicklung in beiden deutschen Nachkriegsstaaten. Das Engagement beider Systeme u. a. beim gesetzlichen Messwesen brachte auf dem Umweg über internationale Organisationen wie die OIML erste Kontakte zustande. Die deutsche Wiedervereinigung ermöglichte die gemeinsame Neuausrichtung der Metrologie auf die Zukunft, was besonders am Berliner Standort im Osten wie im Westen Konsequenzen hatte. Die Antwort der nationalen Metrologieinstitute auf die zunehmende Integration Europas hat der PTB viele Chancen, aber auch neue Verantwortung beschert. Auch innerhalb Deutschlands ist die aktuelle Bedeutung der Metrologie und der PTB als wissenschaftsbasierte Dienstleisterin gewachsen und in mittlerweile zwei Evaluationen glänzend bestätigt. Das Heft endet mit einer Bestandsaufnahme und der sich heute bietenden Vision für die nächsten Dekaden. Diese zeigen, dass die 125-jährige Intention von Werner von Siemens die Zukunft auch heute noch kraftvoll gestalten hilft. ■

1872 – Schellbach-Denkschrift

Die nach dem Mathematiker Karl-Heinrich Schellbach benannte Denkschrift vom 30. Juli „Über die Gründung eines Museums für exakte Wissenschaften“ gilt als das erste Dokument, das die Errichtung einer staatlichen Einrichtung für die Präzisionsmechanik zur Verbesserung der technischen Voraussetzungen für naturwissenschaftliche Forschung zum Ziel hat. Das an den Kronprinzen und späteren Kaiser Friedrich III. gerichtete Papier trägt u. a. auch die Unterschriften von Hermann Helmholtz, Emil du Bois-Reymond und Wilhelm Foerster. Es wird von der Preußischen Akademie der Wissenschaften abgelehnt.

1873 – Denkschrift von Wilhelm Foerster

Nach dem Misserfolg der Schellbach-Denkschrift reicht Wilhelm Foerster am 27. Oktober eine weitgehend identische Denkschrift beim Chef der Preußischen Landestriangulation ein. Er verlagert den Schwerpunkt der Begründung vom allgemeinen Nutzen für Kultur und Verbreitung der exakten Wissenschaften zu praktischen Anwendungen wie dem Vermessungswesen. Generalfeldmarschall Helmuth von Moltke übernimmt Foersters Argumente in seine „Vorschläge zur Hebung der wissenschaftlichen Mechanik und Instrumentenkunde“ vom 25. April 1874.

1883 – Denkschrift für ein preußisches physikalisch-mechanisches Institut

Nach langen politischen Diskussionen setzen Helmuth von Moltke und der preußische Kultusminister Gustav von Gosler eine neue Kommission ein, die in einer „Denkschrift betreffend die Begründung eines Instituts für die experimentelle Förderung der exakten Naturforschung und der Präzisionstechnik (Physikalisch-mechanisches Institut)“ vom 16. Juni ein Institut fordert, das naturwissenschaftliche und technische Forschungen in der Optik, Elektrizität, Mechanik, Metallurgie usw. ausführt und zugleich als Versuchs- und Prüfstation für physikalische Instrumente, Materialien und Produkte dient. Mitglieder der Kommission waren u. a. Foerster, Helmholtz und Siemens, der durchgesetzt hatte, dass „die Wissenschaft den höheren Gesichtspunkt bilden müsse“ im Vergleich zur Präzisions-Mechanik.

1884 – Denkschrift zur Errichtung einer „physikalisch-technischen Reichsanstalt“

Am 20. März bietet Werner Siemens in einer weiteren Denkschrift nunmehr dem Deutschen Reich „eine Schenkung von einer halben Million Mark in Grundwerth oder Kapital … zur Begründung eines Laboratoriums, welches wissenschaftlichen Fundamentaluntersuchungen gewidmet sein sollte“, an. Hermann von Helmholtz arbeitet die „Aufgaben der ersten (wissenschaftlichen) Abtheilung der physikalisch-technischen Reichsanstalt“ aus, Wilhelm Foerster die „Aufgaben der zweiten (technischen) Abtheilung …“.

1872

1884 – Werner von Siemens – Schlüsselpersönlichkeit für die PTR

Werner Siemens (1816–1892) studiert bis 1838 an der Berliner Artillerie- und Ingenieurschule, wird ein international erfolgreicher Unternehmer und Erfinder und leistet mit seiner Firma Siemens & Halske Pionierarbeit beim Bau von Telegrafenleitungen und der Verlegung von Überseekabeln. Obwohl Siemens stets versucht, physikalische Erkenntnisse gesellschaftlich nutzbar zu machen, fühlt er sich stark zur „reinen Physik“ hingezogen und führt eigene physikalische Experimente durch. Er entwickelt den Dynamo, setzt die Elektrizität als erster zur Stadtbeleuchtung in Berlin und für den Antrieb von Lokomotiven, Aufzügen und Bussen ein. 1888 wird er geadelt. Ohne seinen persönlichen und finanziellen Einsatz wäre die PTR damals nicht entstanden.

1884 – Siemens formuliert die Aufgaben der zukünftigen Reichsanstalt

Im November legt Werner Siemens einen detaillierten Plan über die künftigen Aufgaben der PTR vor. Für die wissenschaftliche Abteilung sieht er diese 1. in der Lösung „von wissenschaftlichen Fundamentalbestimmungen“, einschließlich der Wiederholung älterer Ergebnisse mit verbesserten Mitteln; 2. in der experimentellen Bestimmung ungelöster Fragen; 3. in „experimentellen Forschungsarbeiten zur Erweiterung unserer Naturkenntnisse.“ Die technische Abteilung soll auf folgenden Gebieten tätig werden: 1. Materialprüfung und Bestimmung von Konstanten; 2. Präzisionsmechanik; 3. Optik; 4. Thermometrie; 5. Elektrotechnik.

1887 – Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Am 28. März bewilligt der neu gewählte Reichstag insgesamt 700 432 Mark für Bauten, Ausstattung und Personal der Reichsanstalt. Dieses Datum steht daher für ihre Gründung. Am 1. Oktober nimmt die Physikalische Abteilung im Privatlaboratorium von Johannes Pernet, am 17. Oktober die Technische Abteilung in Räumen der Technischen Hochschule Charlottenburg die Arbeit auf.

1887 – Das Kuratorium unterstützt die PTR von Anfang an

Das erste Kuratorium der PTR besteht aus 24 Vertretern von Regierung, Wissenschaft und Industrie. Zu seinen Pflichten gehören die Prüfung des jährlichen Präsidentenberichtes, die Beratung von Arbeitsprogramm und Etat sowie die Genehmigung von Anstellungen.

1888 – Arbeitsgebiet „Photometrie“

Angeregt durch den Deutschen Verein der Gas- und Wasserfachmänner übernimmt die PTR die Aufgabe der Schaffung eines international akzeptierten Lichtstärke-Normals höchstmöglicher Genauigkeit sowie der Entwicklung wesentlich leistungsfähigerer visueller Photometer für die Bestimmung der Lichtstärke von Lampen u. a. zur Beurteilung der Straßenbeleuchtung.

1889 – Lummer-Brodhun-Würfel

Otto Lummer und Eugen Brodhun entwickeln in der PTR auf Basis des sogenannten Lummer-Brodhun-Würfels ein visuelles Photometer. Damit kann die Gleichheit der Lichtstärke zweier Lichtquellen mit dem Auge sehr genau eingestellt werden, was zusammen mit definierten Abschwächungsmethoden und einem entsprechenden Normal die Entwicklung einer Lichtstärkeskala erlaubt.

1890 – Feußner-Kompensator

Karl Feußner erfindet den Gleichspannungs-Kompensationsapparat, mit dem sich Stromstärken durch Rückführung auf Spannung und Widerstand mit hoher Genauigkeit messen lassen. Darüber hinaus kann der Feußner-Kompensator auch für Spannungs- und Widerstandsmessungen selbst eingesetzt werden.

1890 – Hefner-Kerze

Nach Untersuchungen der PTR stellt die „Hefner-Kerze“, eine Amylacetatlampe, ein primäres Normal für die Lichtstärkeeinheit mit immer gleichen Eigenschaften und einer Unsicherheit von 1,5 % dar. Diese Lampe wird in Deutschland, Österreich und in den skandinavischen Ländern von 1896 bis 1941 ein staatlich anerkanntes Normal.

1891

1888 – Hermann von Helmholtz wird erster Präsident der PTR

Hermann Helmholtz (1821–1894) studiert Medizin in Berlin und promoviert 1842 in Anatomie. Nach physiologischen Lehrtätigkeiten in Königsberg, Bonn und Heidelberg wird er 1871 Nachfolger von Gustav Magnus als Ordinarius für Physik in Berlin. Er ist einer der kreativsten und produktivsten Physiologen und Physiker des 19. Jahrhunderts. Berühmt wird er durch seine bahnbrechenden Arbeiten zum Gesichts- und Hörsinn sowie durch die Erfindung des Augenspiegels und akustischer Resonatoren, später durch seine Abhandlung zur „Erhaltung der Kraft“, der Energieerhaltung. 1883 wird er geadelt. Helmholtz setzt sich persönlich zusammen mit Werner von Siemens und anderen für die Gründung der PTR ein und wird von 1888 bis 1894 ihr erster Präsident.

1891 – Farbenlehre von Helmholtz

Selbst als Präsident der PTR arbeitet Hermann von Helmholtz wissenschaftlich an seiner Drei-Komponenten-Farbtheorie mit den Gesetzen der additiven und subtraktiven Farbmischung. Seine drei Variablen Farbton, Sättigung und Helligkeit zur Charakterisierung von Farbe werden auch heute noch verwandt.

Helmholtz und die Gründerjahre

Helmut Rechenberg

Im 19. Jahrhundert begann die systematische Industrialisierung Europas und darüber hinaus, für die die Dampfmaschine und der Telegraph charakteristische Symbole setzten. Gleichzeitig wurden die klassischen Naturwissenschaften Physik, Chemie und Atomlehre vollendet, ein systematisches System von Grundeinheiten, das Gauß-Weber'sche CGS(Zentimeter-Gramm-Sekunde)-System unter Einschluss der elektrischen und magnetischen Größen eingeführt und für industrielle ebenso wie andere gesellschaftspolitische, auch militärische Interessen verwendet.

Bald nach der Gründung des neuen Deutschen Reiches schickte Karl-Heinrich Schellbach, Mathematikprofessor an der Berliner Kriegsakademie, beraten durch herausragende Kollegen aus den Naturwissenschaften (namentlich Emil du Bois-Reymond, Wilhelm Foerster, Hermann Helmholtz und Carl Adolf Paalzow) seinem früheren Schüler, dem Kronprinzen Friedrich Wilhelm, am 30. Juli 1872 eine Denkschrift. Diese „Schellbach-Denkschrift" forderte zunächst eine Sammlung solcher Instrumente, die „eine wissenschaftliche Bedeutung erlangt haben", dazu Werkzeugmaschinen, welche „zur Herstellung von Präzisions-Apparaten dienen". Die „Hauptzwecke dieser reich ausgestatteten jedermann zugänglichen Sammlung" würden u. a. sein: „1. Gelehrte und Laien durch Anschauung der Apparate und ihrer wesentlichen Funktionen in Kenntnis von dem Standpunkte und dem Fortschritte der Wissenschaft zu setzen. 2. Den Mechanikern für ihre Arbeiten die Muster zu liefern …" und „3. Die Apparate und Werkzeug-Maschinen solchen Personen, welche die nötigen Garantien bieten, zu überlassen." Ausgaben von 20 000 Reichstalern seien erforderlich. Die Verwaltung des Instituts und ihr Anschaffungsplan sollten durch ein „Kuratorium, bestehend aus Vertretern der exakten Wissenschaften und ihrer Lehre" kontrolliert werden. Kronprinz Friedrich Wilhelm reichte diese Denkschrift im September 1872 an den zuständigen preußischen Minister weiter, der sie von der Akademie der Wissenschaften überprüfen ließ. Von dort wurde sie jedoch abgelehnt. Obwohl sich Wilhelm Foerster daraufhin an den Chef des Generalstabes, Helmuth von Moltke, wandte und diesen für das Vorhaben gewann, lehnte das Preußische Abgeordnetenhaus endgültig ab.

Nach zehnjähriger Unterbrechung nahmen sich Hermann Helmholtz und Werner Siemens der Sache erneut an und verfassten im Sommer 1883 die „Denkschrift betreffend die Begründung eines Instituts für die experimentelle Förderung der exakten Naturwissenschaften und der Präzisionstechnik (Physikalisch-mechanisches Institut)". Dazu wollte Siemens auch ein Grundstück nahe der Technischen Hochschule Charlottenburg schenken und auch die Kosten des „Aufbaus der benötigten Gebäude" aus dem Erbe seines Bruders William bezahlen. Die Annahme dieser Schenkung wurde schließlich im März 1887 vom Reichstag, gegen den Einspruch Bayerns, beschlossen. Renommierte Persönlichkeiten der Wissenschaft wie der Optiker Ernst Abbe und der Mediziner Rudolf Virchow hatten sich dafür eingesetzt.

In das Kuratorium wurden 24 Fachleute aus Universitäten und Industrie berufen. Die eigentlichen Väter der Reichsanstalt, Helmholtz und Siemens, entwarfen deren Struktur: eine „Physikalische Abteilung" und eine „Technische Abteilung". Der 1883 in den erblichen Adelsstand erhobene Helmholtz wurde 1888 ihr erster Präsident und übernahm den weiteren Aufbau der Anstalt.

Der 1821 in Potsdam geborene Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz war einer der prägenden Naturwissenschaftler seiner Zeit. Der Physikerkollege James Clerk Maxwell nannte ihn gar einen „intellektuellen Riesen". Nach dem Studium am „Medizinisch-chirurgischen Institut"

Bild diese Seite: Helmholtz-Denkmal von E. Herter, 1899, im Ehrenhof der Humboldt-Universität zu Berlin

Bild Seite 9: Entwurfszeichnung der PTR in Charlottenburg, entstanden zwischen 1884 und 1887

in Berlin diente er als Chirurg und Militärarzt an der Berliner Charité und in Potsdam. Er promovierte 1842 neben Emil du Bois-Reymond und Rudolf Virchow beim großen Physiologen Johannes Müller an der Berliner Universität, schloss sich 1845 wie der Ingenieur Werner Siemens der eben gegründeten Physikalischen Gesellschaft zu Berlin an, wo er am 25. Juni 1847 in seinem Vortrag über die „Erhaltung der Kraft“ die allgemeine Formulierung des Energiesatzes vorstellte. Nach einer Lehrstelle für Anatomie an der Berliner Akademie wurde er als Extraordinarius für Physiologie an die Königsberger Universität berufen und stieg dort schon 1850 zum Ordinarius und 1854 zum Dekan der medizinischen Fakultät auf. Unterstützt von seiner ersten Frau Olga von Velten, entstanden dort Pionierarbeiten über die Signalfortpflanzung bei der Nervenleitung. Außerdem erfand er den Augenspiegel und das Ophthalmometer zur Messung der Hornhautkrümmung. 1855 nahm er einen Lehrstuhl für Physiologie und Anatomie in Bonn an, zog aber bereits 1858 weiter nach Heidelberg. Das „Handbuch für physiologische Optik“ und die „Lehre von den Tonempfindungen“ mit physikalisch-anatomischen Studien über das menschliche Ohr und das Hören schrieb er während dieser Zeit. In Heidelberg starb Ende 1859 Olga Helmholtz. Einige Monate später heiratete Helmholtz seine zweite Frau, Anna von Mohl. Auf Reisen nach Großbritannien ab Sommer 1853 lernte er berühmte Physiker kennen, namentlich den Engländer Michael Faraday („den gegenwärtig ersten Physiker Europas“). 1855 traf er den Schotten William Thomson in Deutschland, den er auch später häufig besuchte. 1871 wurde er nach dem Tode von Gustav Magnus dessen Nachfolger als Ordinarius für Physik an der Berliner Universität, nachdem er sich vorher durch wichtige Arbeiten über die Hydrodynamik und die Elektrodynamik als Physiker eingeführt hatte. Mit seinem Freund du Bois-Reymond baute er zwei benachbarte Institute für Physik bzw. Physiologie auf und richtete sie ein. Helmholtz begann nun eine erfolgreiche Laufbahn als Physiker in Zusammenarbeit mit Gästen wie Ludwig Boltzmann und Albert Abraham Michelson und Schülern wie Heinrich Hertz.

Dem Förderer Siemens wurde gelegentlich vorgeworfen, dass er die geplante Physikalisch-Technische Reichsanstalt vollständig auf seinen Freund Hermann von Helmholtz zugeschnitten habe. Bereits im Mai 1889 konnte von den auf dem Siemens-Gelände errichteten Gebäuden das Wohnhaus der Familie Helmholtz bezogen werden. Es entwickelte sich bald zum Mittelpunkt einer illustren Gesellschaft, die vom Kronprinzenpaar über viele Kollegen und Künstler bis zu den leitenden Mitarbeitern der Reichsanstalt reichte. Unter letzteren seien Otto Lummer und Friedrich Kurlbaum besonders erwähnt, die dem Optischen

Laboratorium der PTR vorstanden, sowie ihr Assistent und Helmholtz-Schüler Wilhelm (Willy) Wien.

Zu Helmholtz’ Zeiten beschäftigte die Reichsanstalt 65 Personen, darunter mehr als ein Dutzend Physiker, und hatte ein Budget von 263 000 Mark. Der Präsident bezog ein Gehalt von 24 000 Mark, für das ihn der Staat allerdings auch verpflichtete, Vorlesungen von ein- bis dreistündiger Dauer über theoretische Physik an der Universität zu halten. In seiner Gedächtnisrede auf den alten Freund im Juli 1895 in der Berliner Akademie kommentierte Emil du Bois-Reymond die hohe Gehaltseinstufung mit den Worten, „dass der Präsident eines so umfangreichen, vielfach gegliederten, zum Teil den Charakter einer Unterrichtsanstalt, zum Teil den einer Fabrik tragenden Institutes mit einem Personal von 50 Beamten, eine gewaltige Menge von täglich sich erneuernden Verwaltungsgeschäften zu erledigen hat, welche … durch ihre Neuheit und Fremdartigkeit ihn vielmehr erst recht belasteten.“

1897 konnte sein Nachfolger Friedrich Kohlrausch endlich auch die weiteren geplanten Gebäude der PTR in Betrieb nehmen: für die Physikalische Abteilung neben dem bereits existierenden Präsidentenwohnhaus das Observatorium, einen Verwaltungsbau und das Magnethaus und für die Technische Abteilung deren Hauptgebäude, ein Laboratoriumsgebäude, das Maschinenhaus, das Kesselhaus, das Lufthäuschen und das Wohnhaus des Direktors.

Da Hermann von Helmholtz 1894 kurz nach seinem 73. Geburtstag starb, konnte er die großen wissenschaftlichen Erfolge seiner Anstalt, für die er mit seinen Vorstellungen die Grundlagen gelegt hatte, nicht mehr erleben.

Der Ostpreuße Willy Wien trat nach mathematischen Studien an den Universitäten Göttingen und Berlin im Wintersemester 1883/84 ins Laboratorium von Hermann von Helmholtz an der Berliner Universität ein, in das er nach einem Auswärtssemester in Heidelberg zurückkehrte. Dort promovierte er 1886 mit einer optischen Arbeit. 1890 wurde er Mitarbeiter der PTR und wandte sich mit thermodynamischen und elektrodynamischen Methoden dem Gebiet der Wärmestrahlung zu. Mit Otto Lummer schlug er 1895 die Realisierung eines Schwarzen Strahlers in Form eines auf konstante Temperatur geheizten Hohlraums vor. Die Messungen Lummers mit den Helmholtz-Schülern Ernst Pringsheim, Ferdinand Kurlbaum und Heinrich Rubens führten schließlich ein Jahr später zum Wien’schen Strahlungsgesetz, das Max Planck, Ordinarius für Theoretische Physik an der Berliner Universität, 1899 herleiten konnte. Anschließend gefundene Abweichungen, die Rubens und Kurlbaum in Messungen bei hohen Temperaturen und großen Wellenlängen feststellten, führten Planck schließlich zu einer Verbesserung der Wien’schen Gleichung durch Einführung von Strahlungsquanten. Sein Vortrag darüber am 14. Dezember 1900 in der Versammlung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft gilt gemeinhin als Aufbruch in eine neue Ära der Physik. ■

1891 – Observatorium

Das im Zentrum des PTR-Geländes gelegene Observatorium ist für die Präzisionsmessungen der Physikalischen Abteilung maßgeschneidert. Auf eine 2 m dicke Betonplatte gegründet und mit aussteifenden, sehr massiven Gewölben versehen, bietet es beste Voraussetzungen für die Unterdrückung mechanischer Schwingungen. Ein Isolierkellergewölbe, ausgeklügelte Luftführung und die Anordnung der hochwertigsten Messräume im fensterlosen Zentrum des Gebäudes sorgen für außerordentliche Temperaturkonstanz. Beides, Schwingungsisolation und Temperaturkonstanz, bilden die unverzichtbare Basis für jede Form der Präzision.

1892 – Feußner und Lindeck entwickeln das Manganin

Der von Karl Feußner und Stephan Lindeck in Zusammenarbeit mit der Isabellenhütte Dillenburg entwickelte Werkstoff Manganin vereinigt einen hohen spezifischen Widerstand und einen geringen Temperaturkoeffizienten mit einer sehr guten Langzeit-Stabilität sowie geringer Thermospannung gegen Kupfer. Manganin ist der am häufigsten eingesetzte Widerstandswerkstoff.

1892 – Loewenherz-Gewinde wird Norm

Das von Leopold Loewenherz 1889 vorgestellte Feinmechanikergewinde ist ursprünglich ein Spitzgewinde. Es wird nunmehr in der abgeflachten Form als Normgewinde anerkannt und ist in der optischen Industrie vierzig Jahre lang als Loewenherz-Gewinde in Gebrauch, bevor es durch das metrische Gewinde DIN 13 ersetzt wird.

1893 – Wien'sches Verschiebungsgesetz

Aufbauend auf thermodynamischen Überlegungen erzielt Wilhelm Wien mit dem von ihm formulierten Verschiebungsgesetz einen wichtigen Erfolg bei der Beschreibung der Wärmestrahlung eines Schwarzen Körpers. Das Gesetz beschreibt exakt die Verschiebung des Maximums der Strahlungsemission eines Schwarzen Körpers mit zunehmender Temperatur zu kürzeren Wellenlängen.

1895 – Kohlrausch verfasst sein „Lehrbuch der praktischen Physik"

Friedrich Kohlrausch gibt sein bis heute in 24 Auflagen erschienenes „Lehrbuch der praktischen Physik" im Verlag B. G. Teubner heraus, das Anfänger in die praktische experimentelle Arbeit einführen und Fachleute bei der Lösung praktischer Probleme ihrer Forschung unterstützen soll.

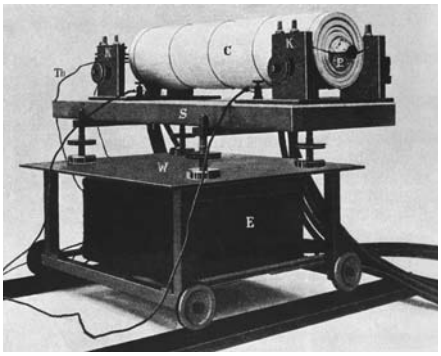
1895 – Radiometrie

Die Radiometrie als die Wissenschaft von der quantitativen Messung elektromagnetischer Strahlung und ihrer Anwendung wird zu einem wichtigen Arbeitsgebiet an der Reichsanstalt. Sie ermöglicht z. B. genaue Messungen der Wärmestrahlung Schwarzer Körper und auch die physiologische Bewertung von sichtbarem Licht (siehe Arbeitsgebiet „Photometrie", S. 7).

1891

1891 – Wilhelm Foerster wird Präsident des CIPM

Wilhelm Foerster (1832–1921) studiert Mathematik, Physik, Kunstgeschichte und später Astronomie in Berlin und Bonn. Von 1865 bis 1904 ist er Direktor der Berliner Sternwarte. 1869 wird er Direktor der neu gegründeten und von ihm geprägten Normal-Eichungs-Kommission des Norddeutschen Bundes und anschließend des Deutschen Reichs. Wilhelm Foerster erweist sich auch an anderer Stelle als erfolgreicher Verhandlungsführer und Organisator. Er trägt u. a. entscheidend zum Zustandekommen der Pariser Meterkonvention 1875 bei und leitet von 1891 bis 1920 das Internationale Komitee für Maß und Gewicht (CIPM). Außerdem ist er ab 1873 maßgeblich an allen Vorgesprächen zur Gründung der PTR beteiligt. In diesem Zusammenhang ist er Initiator verschiedener Denkschriften und von 1887 bis 1921 Kurator der PTR.



1895 – Lummer und Wien entwickeln erste Hohlraumstrahler

Aufbauend auf einer Idee von Gustav Kirchhoff (1860) entwickeln Otto Lummer und Willy Wien erste Hohlraumstrahler zur praktischen Erzeugung der Wärmestrahlung Schwarzer Körper.

1896 – Schönrock verbessert die Zuckeranalytik

In der PTR werden zur Unterstützung der Industrie die Grundlagen für quantitative Zuckerprüfungen mit Hilfe der Polarimetrie gelegt. Dazu entwickelt Otto Schönrock neue Saccharimeter zur Messung der optischen Aktivität von Zuckerlösungen und untersucht die Eigenschaften von Normalzuckerlösungen und Quarzplattennormalen.

1896 – Wien'sches Strahlungsgesetz

Wilhelm Wien formuliert ein Strahlungsgesetz, von dem man für einige Jahre glaubt, dass es die Wärmestrahlung eines Schwarzen Körpers exakt beschreibt, bis Präzisionsmessungen von Otto Lummer und Ernst Pringsheim (1899) sowie von Ferdinand Kurlbaum und Heinrich Rubens (1900) deutliche Abweichungen bei hohen Temperaturen und großen Wellenlängen zeigen.

1897 – Hauptgebäude (später Werner-von-Siemens-Bau)

Für die Aufgaben der II. Abteilung, der Technischen, wird gegenüber dem Observatorium das vierstöckige, U-förmige Hauptgebäude errichtet.

1898 – Orlich erstellt Selbstinduktivitätsnormale

Ernst Orlich stellt die ersten Selbstinduktivitätsnormale nach der Methode von Max Wien her und entwickelt umfangreiche Berechnungen für Induktivitäts- und Kapazitätsnormale, die im Vieweg Verlag veröffentlicht werden. Die Arbeiten werden später von Erich Giebe und Gustav Zickner fortgeführt.

1899 – Abweichungen vom Wien'schen Strahlungsgesetz

Otto Lummer und Ernst Pringsheim messen an einem elektrisch geheizten Hohlraumstrahler bei Temperaturen bis 1600 °C und Wellenlängen bis zu 6 µm Abweichungen der emittierten Wärmestrahlung vom Wien'schen Strahlungsgesetz im Bereich hoher Temperaturen und großer Wellenlängen. Die Messungen werden bis 18 µm ausgedehnt. Die Abweichungen nehmen zu.

1900 – Gumlich untersucht Transformatorbleche

Ernst Gumlich entdeckt, dass siliziumhaltiges Eisen einen erhöhten elektrischen Widerstand und damit geringere Wirbelstromverluste aufweist. Der Elektromaschinenbau greift diese Entwicklung auf und macht Gumlichs Entdeckung zu einem der wesentlichen technischen und wirtschaftlichen Impulse, die von der PTR ausgehen.

1900

1895 – Friedrich Kohlrausch wird Präsident der PTR

Friedrich Kohlrausch (1840–1910) studiert Physik in Erlangen und Göttingen. Ab 1870 ist er nacheinander ordentlicher Professor in Zürich, Darmstadt, Würzburg und Straßburg. Kohlrausch gilt als einer der meisterhaftesten Messtechniker des 19. Jahrhunderts und als einer der Mitbegründer der physikalischen Chemie. Er ist Autor des 1870 als „Leitfaden der Praktischen Physik" erschienenen ersten Lehrbuchs zur Experimentalphysik, das er zum Lehrbuch für Generationen erweiterte. Er ist Kurator der PTR von der ersten Stunde bis 1910 und von 1895 bis 1905 ihr Präsident.

1898 – Gesetz betreffend die elektrischen Maßeinheiten

Die PTR erhält durch das am 1. Juni von Kaiser Wilhelm II. unterzeichnete Gesetz betreffend die elektrischen Einheiten ihre erste gesetzliche Aufgabe. Sie soll die im Gesetz definierten elektrischen Einheiten darstellen und bewahren und Messgeräte für elektrische Größen prüfen.

Der Schwarze Körper und die Quantisierung der Welt

Jörg Hollandt

Bei einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkts emittiert jeder Körper elektromagnetische Strahlung, die als Wärmestrahlung bezeichnet wird. Bereits 1860 erkannte Gustav Kirchhoff, dass für einen Körper, der alle einfallende Strahlung vollständig absorbiert (Absorptionsgrad $\alpha = 1$), das Spektrum der emittierten Wärmestrahlung unabhängig von Form und Material des Körpers und nur noch eine Funktion von Wellenlänge und Temperatur ist [1]. Ein solcher ausgezeichneter Körper wird seit Kirchhoff als Schwarzer Körper bezeichnet.

Auf der Grundlage des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik folgerte Kirchhoff, dass im thermischen Gleichgewicht für dieselbe Temperatur, Wellenlänge und Richtung der gerichtete spektrale Absorptionsgrad gleich dem gerichteten spektralen Emissionsgrad ist. Der spektrale Emissionsgrad beschreibt die Fähigkeit eines Körpers, Wärmestrahlung zu emittieren. Für einen Schwarzen Körper ist der spektrale Emissionsgrad somit gleich eins für alle Wellenlängen, und kein Körper gleicher Temperatur kann mehr Wärmestrahlung aussenden als ein Schwarzer Körper.

Nach dieser wichtigen Entdeckung von Gustav Kirchhoff wurde die Suche nach einer analytischen Beschreibung des Wärmestrahlungsspektrums des Schwarzen Körpers zu der prominentesten Herausforderung der theoretischen Physik gegen Ende des 19. Jahrhunderts.

Schon bald nach Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) im Jahr 1887 wurde die Messung der Strahlung Schwarzer Körper zu einer wichtigen Aufgabe des Laboratoriums für Optik, ausgeführt durch die Wissenschaftler Ferdinand Kurlbaum, Otto Lummer, Werner Pringsheim, Heinrich Rubens und Wilhelm Wien.

1892 entwickelten Kurlbaum und Lummer das elektrische Substitutionsradiometer zur quantitativen Messung elektromagnetischer Strahlung, was für die Vermessung der Wärmestrahlung eine unbedingte Voraussetzung war. Auch bei der praktischen Erzeugung der Wärmestrahlung eines Schwarzen Körpers beschritten die PTR-Physiker Wien und Lummer neue Wege, indem sie 1895 isotherme Hohlräume als Strahlungsquellen vorschlugen. Sie griffen damit eine Idee auf, die bereits Kirchhoff geäußert hatte. Nach Kirchhoff sollte die Wärmestrahlung innerhalb eines isothermen Hohlraums exakt der Strahlung eines Schwarzen Körpers entsprechen. Um die Strahlung zu beobachten, muss der Hohlraum allerdings mit einer kleinen Öffnung versehen werden. Solange die Öffnung sehr klein gegen die innere Oberfläche des Hohlraums ist, wird ein Lichtstrahl, der in den Hohlraum fällt, viele Reflektionen an den Wänden des Hohlraums durchlaufen und schließlich vollständig absorbiert werden. Die einzige Strahlung, die den Hohlraum verlässt, ist somit die in dem Hohlraum erzeugte Wärmestrahlung des Schwarzen Körpers.

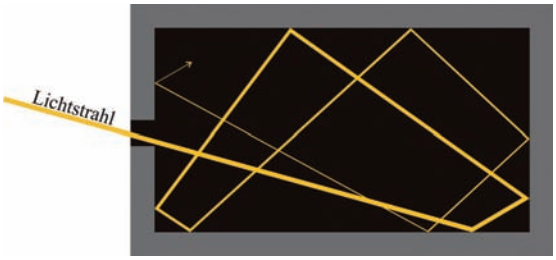


Bild diese Seite: „Vollständige“ Absorption eines Lichtstrahls, der in den Schwarzen Körper fällt.

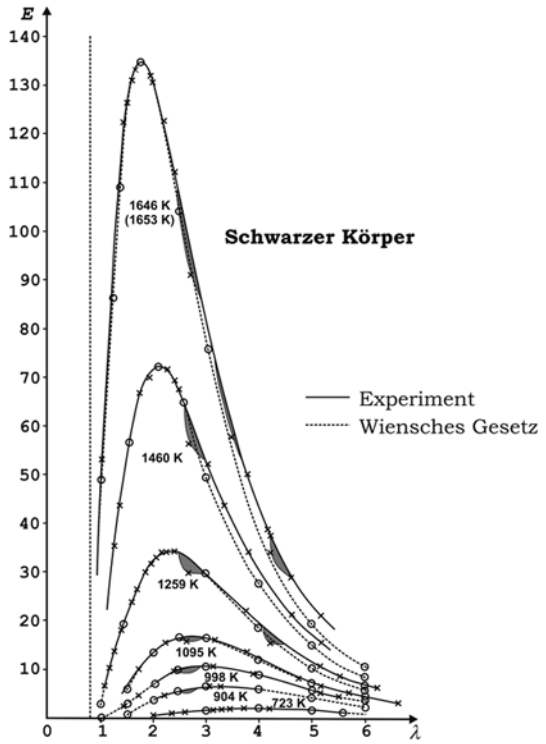
Erste Untersuchungen an solchen Hohlraumstrahlern führten Wien 1896 zur Formulierung des nach ihm benannten Strahlungsgesetzes, von dem man für wenige Jahre glaubte, dass es die Wärmestrahlung richtig beschreiben würde [2]. In den folgenden drei Jahren entwickelten Lummer und Kurlbaum einen elektrisch geheizten Hohlraumstrahler, mit dem sie Temperaturstrahlung bis zu etwa 1600 °C erzeugen konnten. Genaue Messungen von Lummer und Pringsheim mit diesem Strahler zeigten bei höheren Temperaturen und größeren Wellenlängen signifikante Abweichungen zum Wien'schen Strahlungsgesetz [3]. Die gestrichelte Linie in ihrem Diagramm wurde nach dem Wien'schen Strahlungsgesetz berechnet. Die durchgezogene Linie stellt das Ergebnis der Messungen im Spektralbereich von 1 µm bis 6 µm dar, die bei hohen Temperaturen und größer werdender Wellenlänge zunehmend vom Wien'schen Strahlungsgesetz abweichen.

Bild Seite 13 linke Spalte: Spektrum der vom Schwarzen Körper emittierten Wärmestrahlung, 1900 gemessen von Lummer und Pringsheim und verglichen mit dem Wien'schen Strahlungsgesetz

Im Jahre 1900 benutzten Rubens und Kurlbaum die Reststrahlenmethode, um bei noch größeren Wellenlängen nun eindeutig nachzuweisen, dass es mit zunehmender Temperatur immer deutlichere Abweichungen der Messungen vom Wien'schen Strahlungsgesetz gab [4]. Dieses Ergebnis berichtete Rubens persönlich Max Planck, der sich an der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin mit der Theorie Schwarzer Körper befasste. Noch am selben Tag, am 7. Oktober 1900, fand Planck empirisch eine Formulierung des Strahlungsgesetzes für den Schwarzen Körper, die in Übereinstimmung mit allen Messungen der PTR stand. Am 19. Oktober präsentierte er dieses Ergebnis auf einer Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft im Anschluss an einen Vortrag von Kurlbaum [5].

Bild Seite 13 rechte Spalte: Ein moderner Hochtemperatur-Hohlraumstrahler der PTB, mit dem Temperaturen von 3000 °C erreicht werden. Die Temperaturmessung erfolgt optisch durch absolut kalibrierte Strahlungsempfänger.

In den folgenden zwei Monaten gelang Planck eine theoretische Herleitung seiner Gleichung. Dazu übertrug er das 1889 von Heinrich Hertz einge-



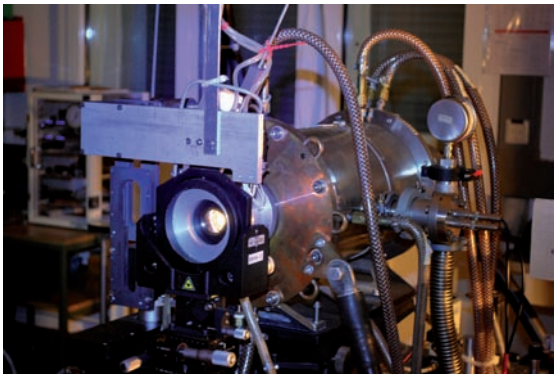
führte Konzept des harmonischen Oszillators zur Beschreibung der Emission und Absorption elektromagnetischer Strahlung auf die Wärmestrahlung des Schwarzen Körpers. In „einem Akt der Verzweiflung“ erlaubte Planck nur bestimmte (diskrete) Energiezustände. Am 14. Dezember 1900 stellte er seine Herleitung des Strahlungsgesetzes auf der Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Berlin vor [6]. Diese Veranstaltung gilt heute als „Geburtsstunde der Quantenmechanik“.

Das so hergeleitete und heute nach ihm benannte Planck'sche Strahlungsgesetz enthält neben der Abhängigkeit der spektralen Strahldichte von Temperatur und Wellenlänge noch drei Naturkonstanten, nämlich die Lichtgeschwindigkeit c, die Boltzmann-Konstante k und das Planck'sche Wirkungsquantum h.

$$L_\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{k\lambda T}\right) - 1}$$

In dieser Formulierung des Planck'schen Strahlungsgesetzes beschreibt L_λ die spektrale Strahldichte des Schwarzen Körpers im Vakuum. Die spektrale Strahldichte mit der Einheit $\mathrm{W \cdot nm^{-1} \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}}$ ist die abgestrahlte spektrale Strahlungsleistung, normiert auf die Fläche des strahlenden Körpers und den Raumwinkel, in den die Abstrahlung erfolgt.

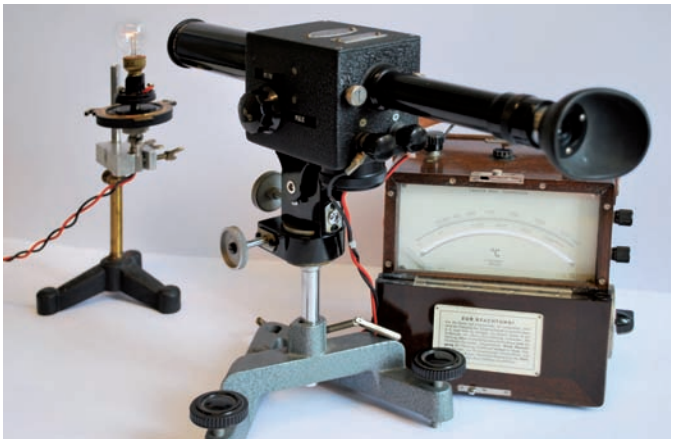
Nachdem nun ein vollständiges theoretisches Verständnis der Wärmestrahlung erreicht worden war, wurde von der PTR die darauf beruhende Temperaturmessung – heute als Strahlungsthermometrie bezeichnet – zu einer präzisen Methode der berührungslosen Temperaturmessung in Wissenschaft und Technik entwickelt. Für nahezu ein Jahrhundert war der von Lummer und Kurlbaum eingeführte Hochtemperatur-Hohlraumstrahler das einzige primäre Strahlungsnormal zur Darstellung und Weitergabe von Temperatur und Strahlung. Erst seit den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts stand mit dem Elektronenspeicherring ein neues, zweites primäres Strahlungsnormal zur Verfügung.



Der Hohlraumstrahler dient noch heute zur Darstellung und Weitergabe der Hochtemperatur-Skala sowie radiometrischer und photometrischer Größen vom ultravioletten bis in den infraroten Spektralbereich. Erst kürzlich wurde in der PTB ein Hohlraumstrahler entwickelt, der es sogar erlaubt, Strahlungsmessungen im äußerst langwelligen Spektralbereich der THz-Strahlung (30 µm bis 1500 µm) durchzuführen. In der PTB kann heute mit Hilfe von Präzisions-Hohlraumstrahlern bei jeder Temperatur im Bereich von – 170 °C bis 3000 °C Schwarzkörperstrahlung erzeugt werden [7]. Dabei werden bei der Kalibrierung von Strahlungsthermometern Standardmessunsicherheiten von 70 mK am Silbererstarrungspunkt (etwa 962 °C) und 700 mK bei 3000 °C erreicht und damit die Messunsicherheitsanforderungen erfüllt, die an die Strahlungsthermometrie als schnelle und berührungslose Temperaturmessung in der modernen Produktionsüberwachung und -steuerung gestellt werden.

Eine neue Herausforderung für die Temperaturmessung auf der Grundlage des Schwarzen Körpers sind heute weltraumgestützte Messungen der Temperatur der Erdoberfläche und der Erdatmosphäre mit sehr hoher Auflösung über lange Zeiträume und große Flächen. Sie dienen zur präzisen Überwachung möglicher Klimaänderungen und liefern wichtige Eingangsdaten für Klimamodellrechnungen. Aber nicht nur in der Erdfernerkundung, sondern auch in der industriellen Prozesssteuerung wird die bildgebende Temperaturmessung immer wichtiger. Das von Kurlbaum noch als einzelner Empfänger eingesetzte Bolometer wird heute lithografisch als Sensorarray mit typisch 12 000 bis 310 000 Einzelbolometern von 25 µm × 25 µm Sensorgröße hergestellt und als eine Schlüsselkomponente in immer preiswertere Thermografiekameras integriert. In der PTB werden daher Messplätze entwickelt und betrieben, die es erlauben, Erdfernerkundungsinstrumentierungen und bildgebende Temperaturmesssysteme unter Bezug auf die Hohlraumstrahlung unter anwendungsnahen Bedingungen zu kalibrieren und so die damit durchgeführten Messungen mit kleiner Messunsicherheit auf die Internationale Temperaturskala rückzuführen. In der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt existiert damit eine ununterbrochene 125-jährige Geschichte zur Arbeit an und mit der Strahlung des Schwarzen Körpers.

[1] *G. Kirchhoff:* Ann. Phys. Chem. **109**, (1860), 275–301
[2] *W. Wien:* Ann. Phys. **294**, (1896) 662–669
[3] *O. Lummer, E. Pringsheim:* VhDPG 2, (1900), 163–180
[4] *H. Rubens, F. Kurlbaum:* Ann. Phys. **309** (1901), (IV,4), 649–666
[5] *M. Planck:* VhDPG 2, (1900), 202–204
[6] *M. Planck:* VhDPG 2, (1900), 237–245
[7] *J. Hollandt, R. Friedrich, B. Gutschwager, D. R. Taubert, J. Hartmann:* High Temperatures – High Pressures **35/36**, (2003/2004), 379–415



1901 – Holborn und Kurlbaum entwickeln Glühfadenpyrometer

Ludwig Holborn und Ferdinand Kurlbaum entwickeln das Glühfadenpyrometer als optisches Strahlungsthermometer zur genauen, berührungslosen Temperaturmessung von hohen Temperaturen. Dieses Prinzip wird auch bei heutigen Messgeräten angewandt.

1900 – Planck'sches Strahlungsgesetz

Max Planck findet auf der Grundlage der Messergebnisse der PTR im Oktober eine exakte Beschreibung der Wärmestrahlung des Schwarzen Körpers. Bis zum Dezember gelingt ihm eine strenge Herleitung des empirisch aufgestellten Strahlungsgesetzes unter der Annahme diskreter Energiepakete bei der Emission und Absorption von Strahlung. Dies gilt als die Geburtsstunde der Quantentheorie.

1902 – Lummer-Gehrcke-Platte

Otto Lummer und Ernst Gehrcke entwickeln in der PTR mit der Lummer-Gehrcke-Platte ein Interferometer höchster Auflösung für den optischen Spektralbereich. Bis zur technologischen Reife höchstreflektierender Spiegel ist die Lummer-Gehrcke-Platte über viele Dekaden eines der höchstauflösenden Instrumente der Interferometrie.

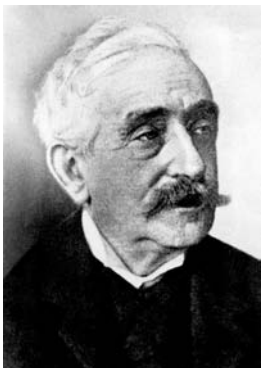
1903 – Hagen und Rubens messen Reflexion und Leitfähigkeit

Ernst Hagen und Heinrich Rubens finden den Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit eines Metalls und seinem Reflexionsvermögen im infraroten Spektralbereich, wo hohe elektrische Leitfähigkeit auch mit einem hohen Reflexionsgrad zusammenfällt. Die Hagen-Rubens'sche Gesetzmäßigkeit gibt einen frühen Hinweis auf die Anwesenheit freier Elektronen in Metallen.

1906 – Gehrcke und Reichenheim entdecken Anodenstrahlen

Ernst Gehrcke und Otto Reichenheim entdecken die Anodenstrahlen als von der Anode einer Gasentladungsröhre emittierte Korpuskularstrahlen (positive Ionen). Es folgen umfangreiche Untersuchungen der Anodenstrahlen, ihrer Geschwindigkeit und des Verhältnisses von Ladung zu Masse sowie spektroskopische Messungen.

1900



1905 – Emil Warburg wird Präsident der PTR

Emil Warburg (1846–1931) studiert zuerst Chemie in Heidelberg und wechselt zur Physik an die Universität Berlin. Nach Professuren in Straßburg und Freiburg erhält er 1894 einen Ruf nach Berlin. 1897 wird er Vorsitzender der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin und anschließend erster Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Ab 1905 übernimmt er die Präsidentschaft der PTR und öffnet sie für die neuen Ansätze der Physik (Relativitätstheorie, Quantentheorie). Er richtet Laboratorien für moderne Forschungsrichtungen ein wie Tieftemperaturphysik, Radioaktivität, Starkstrom und Hochspannung. 1914 ordnet er die Anstalt neu nach fachlichen Gesichtspunkten. 1922 geht er 76-jährig in den Ruhestand und lebt danach in Bayreuth.

1911 – Physik-Nobelpreis für Willy Wien

Wilhelm „Willy" Wien (1864–1928) studiert Physik in Göttingen und Berlin. Vorher schon im Labor von Hermann von Helmholtz, ist er ab 1889 als dessen Assistent an der PTR tätig. Hier beschäftigt er sich vor allem mit den Gesetzmäßigkeiten der Wärmestrahlung. Gemeinsam mit seinen Kollegen gelingt ihm die Realisierung

1911 – Erste Solvay-Konferenz

Die Solvay-Konferenzen sollen den wissenschaftlichen Austausch zwischen den wichtigsten Physikern auf höchstem Niveau fördern. Auf der ersten dieser Art mit dem Thema „Theorie der Strahlung und Quanten“ ist die PTR durch Präsident Emil Warburg und durch Heinrich Rubens vertreten.

1906 – Warburg bestätigt das Planck'sche Strahlungsgesetz

Emil Warburg und seine Mitarbeiter verbessern die Strahlungsmessung am Schwarzen Körper und bestimmen so die Naturkonstanten im Planck'schen Strahlungsgesetz genauer. Ziel dabei ist auch die Schaffung eines internationalen Lichtnormals auf der Grundlage des Schwarzen Körpers.

1906 – Beginn der Photochemie

Die experimentellen Arbeiten von Emil Warburg über Energietransformation bei Gasreaktionen bestätigen die Quantentheorie sowie grundlegende Arbeiten von Albert Einstein und Johannes Stark. Sie begründen (nach Einstein) überhaupt erst die quantitative Photochemie.

1911 – Entdeckung der Supraleitung

Nachdem 1908 Heike Kamerlingh-Onnes, Direktor des Tieftemperaturlaboratoriums der Universität Leiden, die erste Verflüssigung von Helium gelang, entdeckt er zusammen mit seinem Kollegen Gilles Holst, dass der elektrische Widerstand von Quecksilber unterhalb von 4,2 K sprunghaft auf einen unmessbar kleinen Wert abnimmt. Diesem neuen Zustand der Materie gibt man den Namen Supraleitung. Supraleitende Schaltungen sind inzwischen für elektrische und magnetische Präzisionsmessungen unverzichtbar.

1913 – Geiger-Müller-Zählrohr

Hans Geiger entwickelt das erste gasgefüllte Zählrohr zum Nachweis einzelner Strahlungsquanten. Mit dem Prinzip der Gasverstärkung durch Stoßionisation können die durch die primären Ionisationsprozesse erzeugten einzelnen Elektronen nachgewiesen werden. Aus diesem Spitzenzähler entsteht 1928 in Zusammenarbeit mit Walther Müller das nach beiden benannte Geiger-Müller-Zählrohr, ein weltweit etabliertes Messinstrument der Radioaktivitätsforschung.

1913

eines quasi perfekten Schwarzen Strahlers. Er findet das nach ihm benannte Wien'sche Verschiebungsgesetz und sein Strahlungsgesetz. 1911 erhält er dafür den Nobelpreis für Physik. 1896 geht er nach Aachen und wird 1899 Professor in Gießen. Ein Jahr später wird er Nachfolger von Wilhelm Conrad Röntgen in Würzburg und ab 1919 Professor in München.

1913 – Hans Geiger baut das Labor für Radioaktivität auf

Johannes Wilhelm („Hans“) Geiger (1882–1945) studiert Physik in Erlangen und München. Danach geht er nach Manchester und wird Assistent von Ernest Rutherford. Ab 1912 Mitarbeiter der PTR, richtet er dort ein Laboratorium für Radioaktivität ein und beginnt mit zwei weiteren Mitarbeitern die Prüfung von Radium-, Mesothorium- und Radiothoriumpräparaten für medizinische Zwecke. Im Jahr darauf wird er Leiter dieser wachsenden Arbeitsgruppe im Optischen Laboratorium. In kurzer Zeit baut er seinen Bereich zu einem wissenschaftlichen Zentrum für Radioaktivität von Weltniveau aus und gewinnt fähige Kollegen wie Walther Meißner, Walther Bothe und James Chadwick. 1925 geht er als Professor nach Kiel, 1929 nach Tübingen und 1936 an die TH Berlin. Während des 2. Weltkriegs arbeitet er anfänglich im Uranprojekt mit.

Das Kuratorium

Robert Wynands

Von Anbeginn, genauer seit dem 6. August 1887, besaß die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ein auch aus heutiger Sicht modernes Steuerungsinstrument: das Kuratorium. Es erfüllt damals wie heute einerseits die Funktion eines wissenschaftlichen Beirates, andererseits die einer Interessenvertretung der Kunden aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Seine Aufgabe ist es, gleichermaßen die PTR/PTB selbst sowie auch das Aufsicht führende Ministerium (damals das Reichsamt des Inneren, heute das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) in allen Fragen zu beraten, die die Anstalt betreffen. Insbesondere bei wichtigen strategischen Entscheidungen kann das Kuratorium mit seiner breit gestreuten Expertise wichtige Hilfestellungen und Ratschläge geben.

In der PTR hatte das Kuratorium darüber hinaus Funktionen, die es heute bei der PTB nicht mehr erfüllt, nämlich den Etat der PTR für das nächste Jahr vorzuschlagen sowie Personaleinstellungen und Besuche von Gastwissenschaftlern zu genehmigen. Aber auch wissenschaftliche Diskussionen kamen nicht zu kurz. So findet sich in der Niederschrift der Kuratoriumssitzung von 1926 eine Passage, in der sich der Kurator Albert Einstein im Zuge der Diskussion des Tätigkeitsberichtes der PTR zur Supraleitung äußert: „Von besonderem Interesse ist die Frage, ob die Berührungsstelle zwischen zwei Supraleitern auch supraleitend wird.“ Soweit wir wissen, wurde diese Fragestellung damals nicht weiter verfolgt, sondern erst in den Sechzigerjahren wieder aufgegriffen. Unter dem Namen Josephson-Kontakt wurde die durch eine dünne, nicht supraleitende Isolierschicht getrennte Berührungsstelle zweier Supraleiter berühmt und dient heute u. a. zur praktischen Realisierung des Volt – der Einheit der elektrischen Spannung – mit einer relativen Unsicherheit von weniger als 10^{-10}.

Tabelle:
Nobelpreisträger im Kuratorium der PTR/PTB

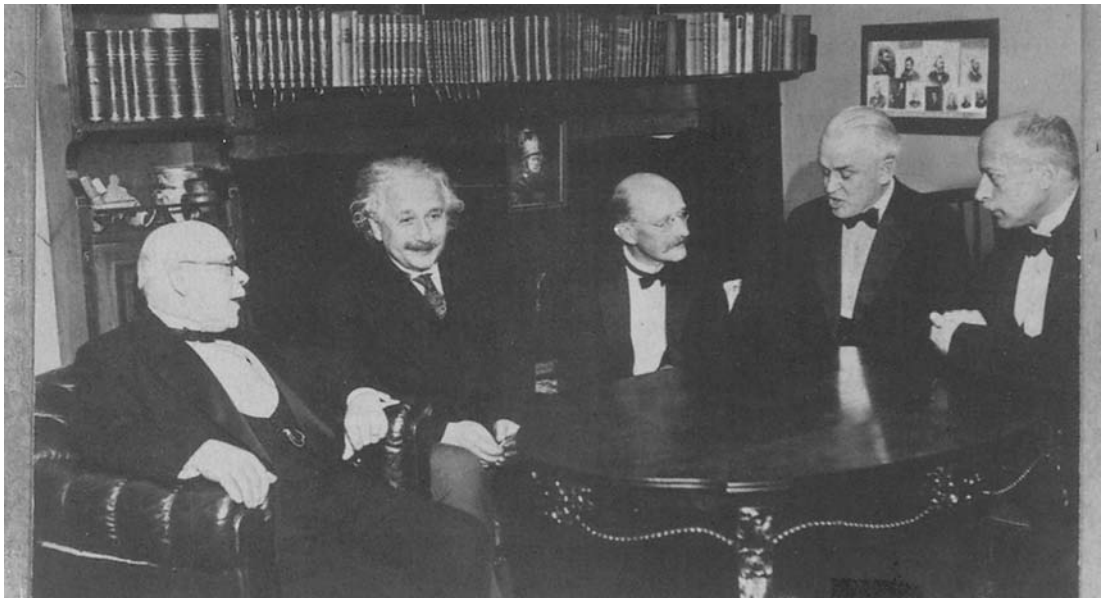
Kurator	Nobelpreis	im Kuratorium von – bis
Wilhelm Conrad Röntgen	Physik 1901	1897 – 1920
Philipp Lenard	Physik 1905	1926 – 1929
Wilhelm Wien	Physik 1911	1912 – 1928
Max von Laue	Physik 1914	1949 – 1960
Max Planck	Physik 1918	1908 – 1935
Fritz Haber	Chemie 1918	1920 – 1935
Walther Nernst	Chemie 1920	1895 – 1935
Albert Einstein	Physik 1921	1916 – 1933
James Franck	Physik 1925	1928 – 1935
Gustav Hertz	Physik 1925	1930 – 1935
Walther Bothe	Physik 1954	1953 – 1957
Klaus von Klitzing	Physik 1985	1989 –
Theodor W. Hänsch	Physik 2005	1999 –

Die Liste der wissenschaftlichen Angehörigen des Kuratoriums liest sich wie das Who-is-who der Wissenschaft und Technik: Allein in den ersten zwanzig Jahren wirkten 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 waren bzw. 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.

Die letzte Kuratoriumssitzung der alten PTR fand 1933 statt. Anfang 1935 wurde auf Betreiben des damaligen Präsidenten der PTR, Johannes Stark, das Kuratorium aufgelöst und seine Aufgaben – dem Führerprinzip der Nationalsozia-

Bild rechte Seite:
Das PTB-Kuratorium 2011 vor dem Vieweg-Bau in Braunschweig

Bild unten:
Nobelpreisträgertreffen 1923 in Berlin: Nernst, Einstein, Planck, Millikan, von Laue. Bis auf Millikan waren alle über viele Jahre – etwa als Kuratoren – eng mit der PTR verbunden.



listen folgend – dem Präsidenten zugeschlagen. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde Ende der Vierzigerjahre die Physikalisch-Technische Anstalt neu aufgesetzt. Von Anfang an bekam sie wieder ein Kuratorium. Diesem gehörten erneut Personen mit klangvollen Namen an, darunter auch Max von Laue, der sich für die Wiedergründung der Anstalt persönlich sehr eingesetzt hatte und auch schon der alten PTR viele Jahre als „Theoretischer Berater" verbunden gewesen war.

Heute besteht das Kuratorium der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt aus ca. 25 herausragenden Persönlichkeiten, etwa zu gleichen Teilen aus der Wissenschaft und aus der Wirtschaft. Die Wertschätzung und Bedeutung, die der Arbeit der PTB zugemessen werden, wird auch daran

erkennbar, dass die deutsche Wirtschaft aktuell mit dem Vorstandsvorsitzenden der Volkswagen AG sowie weiteren Vertretern aus den Führungsetagen großer und kleiner Unternehmen ebenso hochrangig vertreten ist wie die Wissenschaft zum Beispiel mit zwei Nobelpreisträgern und dem Präsidenten der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren.

Jährlich trifft sich das Kuratorium zu einer zweitägigen Sitzung in der PTB sowohl in Braunschweig als auch in Berlin, um sich bei Laborbesuchen, einem wissenschaftlichen Kolloquium sowie Einzelgesprächen mit den Abteilungen ein unmittelbares Bild von der Arbeit der PTB zu machen. Außerdem nimmt das Kuratorium den Bericht des Präsidenten der PTB über das vergangene Jahr entgegen und diskutiert darüber. Das Kuratorium liefert auf dieser jährlichen Sitzung und in vielfältigen Einzelkontakten über das Jahr hinweg wichtige Impulse für die weitere Ausrichtung der PTB an den Interessen der deutschen Wirtschaft und Wissenschaft. Dies gilt insbesondere für die Planung großer Bau- oder Geräteinvestitionen wie z. B. des Willy-Wien-Laboratoriums mit der Metrology Light Source in Berlin-Adlershof, einer auf die Bedürfnisse der Metrologie, insbesondere der Radiometrie, zugeschnittenen Synchrotronstrahlungsquelle.

Die Kuratorinnen und Kuratoren der PTB werden für jeweils fünf Jahre berufen, wobei erneute Berufungen möglich sind. Anders als in den frühen Jahren gibt es keine de-facto-Quoten nach Fachgebieten, auch wenn bei Neuberufungen natürlich auf eine gute Abdeckung des gesamten Themen- und Kundenspektrums der PTB geachtet wird. Um mögliche neue Kuratoren und Kuratorinnen zu identifizieren, hat das Kuratorium den „Ausschuss zur Ergänzung des Kuratoriums" eingesetzt. Er tagt am Rande der jährlichen Kuratoriumstagung, berät über Verlängerungen der Amtszeit aktiver Kuratoren und schlägt dem Ministerium neue Kandidatinnen und Kandidaten vor.

Eine weitere wichtige Aufgabe des Kuratoriums ist die Suche nach geeigneten Kandidaten und Kandidatinnen für das Präsidentenamt. Hierzu wird der Ergänzungsausschuss, erweitert um ausgewählte weitere Personen, tätig. Er verschafft sich eine Übersicht über geeignete Persönlichkeiten im Hinblick darauf, dass das Präsidentenamt der PTR/PTB sowohl breites Verständnis der Wissenschaft einerseits – nachgewiesen unter anderem durch herausragende eigene wissenschaftliche Leistungen – als auch ausgeprägte Managementfähigkeiten andererseits verlangt. Aus diesen Personen wird eine ausgewählt, die dem gesamten Kuratorium vorgestellt und bei dessen Zustimmung dem Bundesminister für Wirtschaft und Technologie zur Ernennung vorgeschlagen wird. Sowohl das Kooptationsverfahren bei der Neuberufung von Kuratoriumsmitgliedern als auch das Verfahren zur Findung eines neuen Präsidenten haben sich über die Jahre sehr bewährt.

Insgesamt zeigt sich im Rückblick auf die ersten 125 Jahre der Physikalisch-Technischen Reichs- bzw. Bundesanstalt, dass sich das Gremium „Kuratorium" als höchst nützlich erwiesen und sehr erfolgreich für die Belange der Anstalt gewirkt hat. Es dient nicht nur als wissenschaftlicher Beirat und als ein Instrument zur Einbringung der Interessen der deutschen Wirtschaft und der deutschen Verbraucher, sondern wirkt auch in Richtung Ministerium als Ansprechpartner und Berater in den Fragen, die die PTB und die Rahmenbedingungen ihrer Arbeit betreffen. Diese Rolle hat auch der Wissenschaftsrat in seiner Stellungnahme zur PTB aus dem Jahre 2008 herausgestellt [Wissenschaftsrat, Stellungnahme zur Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB), Braunschweig und Berlin, Drs. 8477-08, Rostock, Mai 2008]. Das Erfolgsmodell Kuratorium stößt gleichermaßen bei Besuchern aus ausländischen nationalen Metrologieinstituten und Ministerien auf großes Interesse, sodass festgestellt werden kann, dass nicht nur die Einrichtung eines nationalen Metrologie(forschungs)institutes selbst – wie damals die PTR – weltweit als Vorbild diente und dient, sondern auch ihr Beratungsgremium Kuratorium. ■

1913 – Störungsfreies magnetisches Labor in Potsdam

Nach der Jahrhundertwende haben die elektromagnetischen Störungen auf dem PTR-Gelände in Charlottenburg ein solches Ausmaß erreicht, dass hochempfindliche magnetische Messungen nicht mehr durchgeführt werden können. Abhilfe schafft ein neues magnetisches Laboratorium auf dem Telegrafenberg in Potsdam.

1913 – Walther Meißner beginnt Tieftemperatur-Experimente

Seit 1908 im Laboratorium für Wärme der PTR beschäftigt, wird Walther Meißner, Doktorand von Max Planck, von Präsident Warburg mit dem Bau einer Tieftemperaturanlage beauftragt, die die Untersuchung der Eigenschaften von flüssigem Wasserstoff und anderer Materialien bei diesen sehr tiefen Temperaturen ermöglichen soll.

1913 – Helmholtz-Fonds e. V.

PTR-Kuratoren gründen den Helmholtz-Fonds zur Förderung physikalisch-technischer Präzisionsmessungen. Es sollen Geldmittel aus privaten Quellen beschafft werden, die das hohe Ansehen, das die Anstalt im In- und Ausland genießt, festigen und vermehren.

1914 – Starkstrom-Gebäude – heute Emil-Warburg-Bau

Die rasante Entwicklung der Starkstromtechnik erfordert den Bau eines entsprechenden Gebäudes mit einem Maschinensaal von 30 m Länge, 15 m Breite und 10 m Höhe, an den sich auf zwei Seiten ein dreistöckiges Laboratoriumsgebäude anschließt.

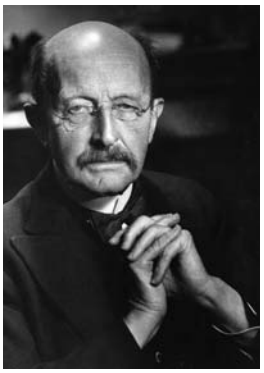
1914 – Neue Organisationsstruktur

Präsident Emil Warburg löst die bisherige Zweiteilung der PTR in eine Physikalische und eine Technische Abteilung auf und schafft drei neue Abteilungen für Optik, Elektrizität und Wärme. Ziel ist die Förderung der internen Zusammenarbeit zwischen Forschung und Prüfaufgaben in den jeweiligen Fachrichtungen.

1913

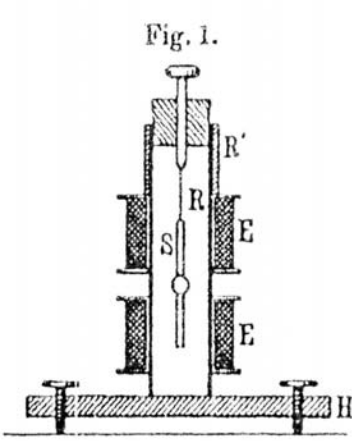
1914 – Physik-Nobelpreis für Max von Laue

Max von Laue (1879–1960) studiert in Straßburg, Göttingen, München und Berlin Physik. Er promoviert und habilitiert sich bei Max Planck. 1912 entdeckt er die Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallen und erhält dafür den Nobelpreis für Physik. Er schreibt eines der ersten Lehrbücher über die Spezielle und die Allgemeine Relativitätstheorie und verhilft ihr damit zum Durchbruch. Ab 1919 kommt er im Austausch mit Max Born als Professor an die Universität und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Berlin und wird Berater der PTR. 1943 wird er von den Nationalsozialisten wegen seiner kritischen Haltung zwangsemeritiert. Nach dem Krieg ist er an der Neuordnung des deutschen Wissenschaftsbetriebs maßgeblich beteiligt, u. a. an der Neugründung der PTB in Braunschweig. Von 1949 an ist er Kurator der PTB und für sie insgesamt von ähnlicher Bedeutung wie Foerster, Helmholtz oder Siemens für die PTR.



1918 – Physik-Nobelpreis für Max Planck

Max Planck (1858–1947) studiert in München und Berlin Physik. Im Herbst 1900 präsentiert er sein in enger Zusammenarbeit mit den Experimentatoren der PTR abgeleitetes Strahlungsgesetz, für dessen strenge Ableitung er die Strahlungsenergie als quantisiert beschreiben muss. Dafür erhält er den Nobelpreis.



1915 – Einstein-de Haas-Effekt

Einstein, der große theoretische Physiker, entwickelt in der PTR zusammen mit Wander Johannes de Haas das einzig bekannte Experiment seiner wissenschaftlichen Laufbahn. Es soll die Hypothese der Ampere'schen Molekularströme bestätigen. Als Probe dient ein Eisenstäbchen, das innerhalb zweier Spulen senkrecht und drehbar aufgehängt ist. Man beobachtet die Rotationsschwingung des Stäbchens als Folge seiner Ummagnetisierung durch Stromstöße in den Spulen.

1915 – Mechanisches Wärmeäquivalent

In einem klassischen Mischungskalorimeter, das 50 kg Wasser enthält, wird durch elektrische Heizung Wärme freigesetzt. Die mit Hilfe von Widerstandsthermometern gemessene Temperaturerhöhung ergibt die Wärme-Energie in Kalorien, die der elektrischen Energie in Joule entspricht. Damit ist das „Wärmeäquivalent" bestimmt als (4,1842 ± 0,0008) J_{int}(PTR)/cal 15°.

1917 – Wilhelm Kösters leitet das Längenmesslaboratorium

Wilhelm Kösters wird Leiter des Längenmesslaboratoriums der PTR. Im Mittelpunkt seiner wissenschaftlichen Arbeiten steht von Anfang an die Untersuchung des Potenzials einer Wellenlängendefinition für die Basiseinheit Meter sowie die Verwendung von kombinierbaren, mit Interferenzmethoden kalibrierten Endmaßen für die industrielle Messtechnik.

1920 – Schering-Brücke

Harald Schering entwickelt in der PTR eine Brücken-Methode zur Messung von Kapazität und Verlustwinkel bei hohen Wechselspannungen. Damit gelingt es erstmalig, die dielektrischen Verluste von Isolierstoffen zu untersuchen und mit dieser Kenntnis bessere Isoliermaterialien zu entwickeln.

1920 – Gehrcke und Lau messen die Feinstruktur des H_2-Spektrums

Ernst Gehrcke und Ernst Lau messen in der PTR mit dem Lummer-Gehrcke-Interferometer die Feinstruktur des Wasserstoffspektrums. Mit ihren spektroskopischen Arbeiten tragen sie zur Klärung des Atombaus und zur Akzeptanz der Quantenmechanik bei.

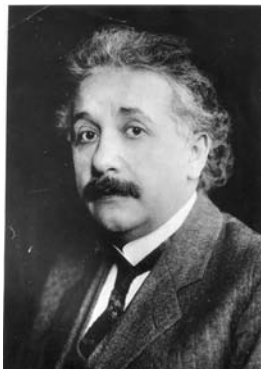
1921 – Chemie-Nobelpreis von 1920 für Walther Nernst

Walther Nernst erhält den Nobelpreis für Chemie als Anerkennung für seine thermochemischen Arbeiten, unter denen sein Wärmetheorem eine herausragende Bedeutung hat. Der Preis wird ein Jahr später verliehen, weil 1920 keiner der Nominierten die Nobel-Kriterien erfüllt hatte.

1921

Neben seinen intensiven Forschungen wird Max Planck zum vielbeschäftigten Wissenschaftsorganisator und ist von 1908 bis 1935 ein engagierter Kurator der PTR, der sich vehement für die Intensivierung der Forschung einsetzt. Sein Grundsatz lautet: „Die Besetzung der ersten Stellen der Reichsanstalt muss dem Grundsatz folgen: Den besten Mann, den es gibt."

1921 – Physik-Nobelpreis für Albert Einstein



Albert Einstein (1879–1955) studiert am Polytechnikum Zürich Physik und Mathematik. 1905 veröffentlicht er seine epochalen Werke zum photoelektrischen Effekt, zur Brown'schen Molekularbewegung, zur quantentheoretischen Erklärung der spezifischen Wärme fester Körper sowie die Spezielle Relativitätstheorie, die das Weltbild der klassischen Physik massiv verändern. Nach Dozentur in Zürich, Professur in Prag und wieder in Zürich kommt er 1914 u. a. auch auf Betreiben des PTR-Präsidenten Emil Warburg nach Berlin und vollendet die Allgemeine Relativitätstheorie. Albert Einstein wird Gastwissenschaftler in der PTR und bis zu seiner Emigration 1933 in die USA engagierter Kurator. Er erhält den Nobelpreis für Physik für seine Erklärung des Photoeffekts. Einstein gilt als bedeutendster Physiker des 20. Jahrhunderts.

Neue Physik und neue Struktur

Wolfgang Buck

Es ist nichts Außergewöhnliches, dass mit der Zeit Inhalte zur Routine werden und Strukturen verkrusten. Wer dann seine Spitzenstellung behaupten will, muss die Herausforderungen der Zeit aktiv annehmen, wo nötig, Strukturen anpassen und die richtigen Personen dafür auswählen. Dabei geht es nicht nur um organisatorische Effizienz, sondern auch um die Eröffnung von Spielräumen für neue Fragestellungen und um die Erfüllung von Übernahme- und Karrierehoffnungen von Mitarbeitern.

Am Ende der Amtszeit von Präsident Kohlrausch, der 1905 krankheitshalber in den Ruhestand ging, war eine solche Situation eingetreten. Die PTR war nach knapp zwanzig Jahren national etabliert und weltweit hoch angesehen. Sie war geradezu ein Symbol für die innovative Führung Deutschlands in Naturwissenschaft und Technik. Andere Staaten wie Großbritannien und die USA hatten wegen der sichtbaren Vorteile für die heimische Industrie die PTR kopiert und vergleichbare Institute ins Leben gerufen (1900 das NPL und 1901 das NBS, heute NIST), die sich zu ernstzunehmenden Konkurrenten entwickelten. Im Inneren konnte man feststellen, dass sich unter Kohlrausch eine gewisse mentale Trägheit breit machte mit festgelegten wissenschaftlich-technischen Problemstellungen, eingespielten Arbeitsabläufen und einem in die Jahre gekommenen Führungspersonal. Durch finanzielle Zwänge und rapide wachsende Prüfungszahlen blieb der Physikalischen Abteilung kaum Luft zur Bearbeitung grundsätzlicher Fragestellungen.

Der Kuratoriumsvorsitzende Theodor Lewald hatte unter diesen Vorzeichen keine leichte Aufgabe, einen geeigneten Nachfolger für Friedrich Kohlrausch zu finden, insbesondere nachdem sein Wunschkandidat Wilhelm Conrad Röntgen abgesagt hatte. So sollte dieser Nachfolger doch Erfahrungen im Auf- und Ausbau eines physikalischen Laboratoriums mitbringen, von der Wichtigkeit der Beschäftigung mit der reinen Wissenschaft überzeugt sein, um diese im Sinne von Siemens und Helmholtz zu stärken, und hervorragende organisatorische Fähigkeiten sowie solche im Umgang mit den Mitarbeitern besitzen. Dazu sollte er mit Wissenschaft und Industrie vernetzt sein, aber ohne den Ruf der Neutralität und Unabhängigkeit der Anstalt zu gefährden.

Lewald fand einen solchen Kandidaten ganz in der Nähe, den seit 1895 an die Berliner Universität berufenen Ordinarius für Experimentalphysik, der auch Mitglied der Akademie der Wissenschaften und insbesondere langjähriges Mitglied des Kuratoriums der PTR war: den 58-jährigen Emil Warburg.

Warburg versuchte mit engagierter Unterstützung des Kuratoriums wiederholt den finanziellen Rahmen der PTR zu erweitern, um Apparaturen und Mitarbeiter für neue Forschungsrichtungen und eine konkurrenzfähige Bezahlung der Beschäftigten finanzieren zu können. Er gab nicht auf – trotz der einigermaßen zynischen Antwort des Ministeriums: „Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt hat bisher eine durchaus günstige Entwicklung genommen. Ihre Leistungen erfreuen sich allgemeiner Anerkennung und Wertschätzung. Ich trage daher Bedenken, in die Einstellung von Mitteln zur Gewährung von Besoldungszuschüssen für die Heranziehung und Erhaltung ausgezeichneter Gelehrter einzuwilligen.“ Immerhin erhielt die PTR schließlich die Mittel für ein neues Starkstrom-Laboratorium für die Technische Abteilung, den heutigen Emil-Warburg-Bau, und ein abgeschirmtes Laboratorium für empfindliche magnetische Untersuchungen auf dem Telegraphenberg in Potsdam, weil die sich enorm entwickelnde deutsche Elektroindustrie diese Einrichtungen benötigte.

Durch die Regierung permanent unterfinanziert, konnten Geldquellen für mehr wissenschaftliche Forschung

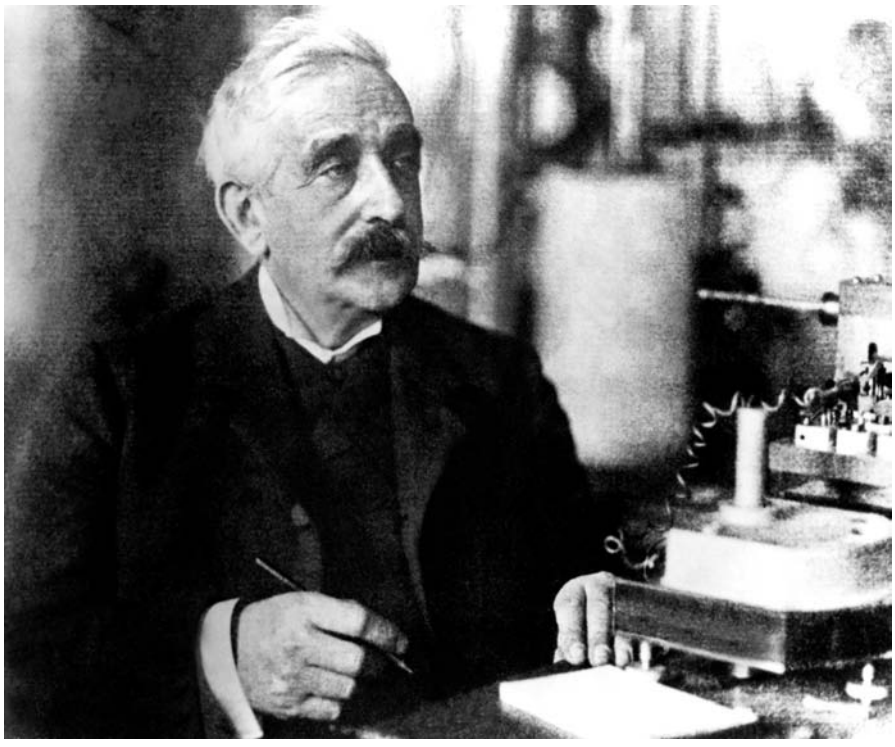


Bild unten: Emil Warburg im Laboratorium, ca. 1920

nur außerhalb von öffentlichen Haushalten gesucht werden. Dies gelang 1912 anlässlich des 25-jährigen Bestehens der PTR durch die Einrichtung des „Helmholtz-Fonds für wissenschaftliche Forschung“, den große und kleine Firmen sowie Privatpersonen mit Kapitaleinlagen von 260 000 Mark speisten. Das jährliche Zinseinkommen von 10 000 Mark sollte zur Finanzierung ausgezeichneter Wissenschaftler, für Studien- und Konferenzreisen und zur Beschaffung teurer Geräte verwendet werden. Ein Jahr danach richteten Emil Rathenau und der Aufsichtsrat der AEG die „Emil-Rathenau-Stiftung“ mit einem Vermögen von 100 000 Mark an AEG-Wertpapieren mit den gleichen Zielen ein, allerdings eingeschränkt auf die Gebiete Elektrizität und Magnetismus.

Neben den knappen Haushaltsmitteln konnten diese neuartigen Geldquellen genutzt werden, um sich verstärkt an neue Forschungsgebiete aus der so genannten Neuen Physik zu wagen. Dazu zählte man u. a. die neu entdeckten Röntgenstrahlen, die neuen Vorstellungen vom Atombau nach Rutherford und Bohr, Einsteins Spezielle Relativitätstheorie, die Quantenphysik ausgehend vom Schwarzen Strahler und die Eigenschaften des Elektrons.

Die Erneuerung der Forschungsinhalte der PTR und damit ihre Rückkehr an die Spitze der Grundlagenforschung gelangen durch zwei herausragende Forscherpersönlichkeiten: Hans Geiger und Walther Meißner.

Radioaktivität war das neue Werkzeug, um den Atombau und erste Eigenschaften des Atomkerns zu studieren. Frankreich und England waren die Hochburgen in dieser Disziplin, mit denen Deutschland gleichziehen wollte. So war es ein glücklicher Umstand, dass Hans Geiger, der seit 1907 bei Rutherford in Manchester zahlreiche Detektoren für die Zählung von α-Teilchen entwickelt hatte, wieder nach Deutschland zurück wollte. Warburg schaffte es, dem Pfälzer die Universität Tübingen auszureden und von den besseren Möglichkeiten an der PTR zu überzeugen. So baute Geiger ab 1912 innerhalb des optischen Laboratoriums der Physikalischen Abteilung in kurzer Zeit ein Laboratorium für Radioaktivität auf. Maßeinheiten für radioaktive Strahlung zu definieren und entsprechende Standards herzustellen war dringend erforderlich für die rasant zunehmende Anwendung von strahlenden Präparaten in der Medizin und somit Geigers Hauptaufgabe. In der verbleibenden Zeit durfte er eigenen Forschungen nachgehen, die u. a. den Geigerzähler hervorbrachten und in die Entwicklung der Koinzidenz-Methode zusammen mit Walther Bothe mündeten, für die dieser 1954 den Nobelpreis bekam. Mit seinem Team, zu dem zeitweise auch Walther Meißner und als Gast James Chadwick, der spätere Entdecker des Neutrons, gehörten, hatte Geiger in sehr kurzer Zeit ein wissenschaftliches Zentrum von Weltniveau aufgebaut.

Das Tieftemperaturverhalten von Gasen war seit der Verflüssigung von Helium durch Kammerlingh Onnes 1908 in Leiden ein wichtiges Untersuchungsobjekt, um u. a. die Eigenschaften des Gasthermometers, das die thermodynamische Temperatur anzeigen sollte, besser zu verstehen. Bei Festkörpern war 1911 ebenfalls in Leiden ein neuer Zustand der Materie, die Supraleitung, gefunden worden. Thermometrie und Grundlagenphysik sprachen also gleichermaßen dafür, dass sich die Reichsanstalt dieses Themas annehmen sollte. Walther Meißner, der 1907 bei Max Planck an der Berliner Universität promoviert hatte, gehörte ebenfalls zu der jungen Garde, mit der Warburg in hochaktuelle Physik einsteigen wollte. Er wurde 1908 in das Wärmelaboratorium eingestellt und erwies sich bald als einer der führenden Forscher in der Tieftemperaturphysik. 1913 betraute ihn Warburg mit dem Aufbau einer Tieftemperaturanlage, die die Untersuchung der Eigenschaften von flüssigem Wasserstoff ermöglichen sollte. Zu den von Meißner neu begonnenen Arbeiten gehörten Untersuchungen der elektrischen und der thermischen Leitfähigkeit von Metallen zwischen 20 K und 373 K. Der Erste Weltkrieg machte einen Strich durch viele dieser Forschungsvorhaben. So konnte Meißner erst viel später seine großen wissenschaftlichen Erfolge feiern wie die Verflüssigung von Helium 1925, die Entdeckung der Supraleitfähigkeit einer Reihe von Metallen, darunter um 1928 von Niob, dem „Arbeitspferd“ für supraleitende Schaltungen bis heute, und 1933 den nach ihm benannten fundamentalen Effekt der Verdrängung des Magnetfelds aus dem Inneren eines Supraleiters.

Neben der hier nur beispielhaft dargestellten Hinwendung zur Neuen Physik musste sich Warburg einem weiteren Problem stellen, das bis heute der PTB bewegt, nämlich dem Binnenverhältnis zwischen Grundlagenforschung und Weitergabe der physikalischen Einheiten an Industrie, Wissenschaft und Gesellschaft durch Kalibrierungen und Gerätezulassungen. Es hatten sich in beiden Abteilungen der PTR Parallel-Laboratorien entwickelt, so z. B. je ein Laboratorium für Elektrizität, je eines für Wärme und je eines für Optik.

Ernst Hagen, der Direktor der Technischen Abteilung, wies auf ein durch die ausschließliche Prüftätigkeit in seiner Abteilung verursachtes Rekrutierungsproblem hin: „Ohne Beigabe der wissenschaftlichen Arbeit würde es für die Abteilung II unmöglich sein, geeignete Beamte an sich zu fesseln.“ Hier klingt ein unterschwellig gefühlter Prestigeverlust gegenüber den forschenden Kollegen an.

Warburg löste daher nach mehrjährigen Diskussionen im Kuratorium die beiden bisherigen Abteilungen auf und gliederte die PTR in einer neuen Struktur in fachlich unterschiedene Abteilungen für Optik, Elektrizität und Wärme, die jede eine rein wissenschaftliche und eine für Prüfungen zuständige Unterabteilung erhielten. Jede Abteilung bekam ihren eigenen Direktor, der für die Verbindung von Wissenschaft und Technik zu sorgen hatte. Der Präsident behielt die übergeordnete Autorität über alle Abteilungen und die direkte Zuständigkeit für das Präzisionsmechanische Laboratorium, das Chemische Laboratorium, die Werkstatt und das störungsfreie Magnetische Laboratorium in Potsdam.Wäre diese Struktur nicht zwei Monate nach Ausbruch des Ersten Weltkrieges in Kraft gesetzt worden, sie hätte sich sofort positiv auswirken können. Ihr Prinzip bewirkt bis heute einen fairen Ausgleichs zwischen Forschern und Prüfern in derselben Einheit und erleichtert den sinnvollen Aufgaben- und Erfahrungsaustausch. Die PTB hat dieses Prinzip für die internationale Evaluation von 2002 in den Terms of Reference festgeschrieben.

Der erneute Aufbruch an die metrologische Spitze nach der ersten Etablierungsphase war gelungen durch neue Geldquellen, neue relevante physikalische Themen, neue hervorragende Mitarbeiter, neue zukunftsweisende Strukturen – und durch den neuen, richtig ausgewählten Präsidenten. ■

Der Fall Einstein

Dieter Hoffmann

„Warburg wollte mich an die Reichsanstalt balancieren", liest man in einem Brief Albert Einsteins vom Juni 1912. Allerdings wurde aus diesen ersten Plänen, Einstein nach Berlin zu holen, nichts. Verantwortlich dafür war wohl, dass Einstein die angebotene Position eines „Haustheoretikers" der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) nicht sehr attraktiv fand, hatte er doch gerade einen Ruf als gut besoldeter ordentlicher Professor der theoretischen Physik am Schweizer Renommierinstitut, der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, angenommen.

Mit Emil Warburg, dem Präsidenten der Berliner Reichsanstalt, war Einstein im Jahr zuvor auf der Solvay-Konferenz in Brüssel bekannt geworden, wo sich die führenden zeitgenössischen Physiker mit aktuellen Fragen des Fachgebiets und insbesondere mit dem Quantenproblem beschäftigt hatten. Beide werden allein schon deshalb füreinander Interesse gezeigt haben, weil Warburg mit grundlegenden Arbeiten zum photochemischen Energieumsatz als erster das von Einstein begründete photochemische Grundgesetz experimentell bestätigt hatte. Auch sonst war Warburg in seiner Amtszeit darum bemüht, die Forschung der PTR für die moderne Physik und nicht zuletzt für quantenphysikalische Fragestellungen zu öffnen. Bestandteil dieses Konzepts war, den 33-jährigen Einstein an die Reichsanstalt zu „balancieren" – so wie er auch andere zukunftsträchtige junge Physiker – z. B. Walther Bothe, Hans Geiger oder Walther Meißner – an die PTR geholt hatte.

Mit dem Scheitern von Warburgs Bemühungen waren aber seine Pläne keinesfalls ad acta gelegt. Schon im folgenden Jahr zeigte eine konzertierte Aktion der Berliner Physiker Erfolg, und es gelang, Einstein mit einem attraktiven Angebot nach Berlin zu locken. Er wurde hauptamtliches Mitglied der Berliner Akademie, und man bot ihm gleichzeitig die Leitung eines Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik an. „Als bezahltes Genie" – wie er ironisch einmal seine Berliner Stellung bezeichnet hatte – siedelte er im Frühjahr 1914 nach Berlin über. Zu seinen ersten wissenschaftlichen Aktivitäten an der Spree gehörte es, auf Einladung seines Förderers Emil Warburg als Gastwissenschaftler an der Reichsanstalt zu arbeiten. Einstein war damals nicht nur mit der endgültigen Ausgestaltung und Formulierung der Allgemeinen Relativitätstheorie befasst, sondern ihn beschäftigte auch die experimentelle Bestätigung eines beinahe hundertjährigen Problems – der Nachweis der vom französischen Physiker André-Marie Ampère postulierten Molekularströme als Ursache des Magnetismus. Ein experimenteller Nachweis der Hypothese war bisher nicht gelungen, und Einstein selbst hatte dazu schon in seiner Berner Zeit gemeinsam mit Freunden wenig erfolgreiche Experimente angestellt.

Bild unten:
André-Marie Ampère (1775–1836), Mathematiker und Physiker, 1825 von Ambroise Tardieu

Bild rechts:
Albert Einstein (1921)

In Berlin kam er nun auf diese Untersuchungen zurück und hoffte, in den exzellent ausgestatteten Laboratorien der Reichsanstalt und mit der wissenschaftlichen bzw. messtechnischen Kompetenz ihrer Mitarbeiter jene Voraussetzungen zu finden, die für entsprechende Präzisionsuntersuchungen nötig waren. Zusammen mit dem holländischen Physiker Wander Johannes de Haas, der seit Anfang 1914 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Reichsanstalt und zudem ein talentierter Forscher auf dem Gebiet des Magnetismus war, führte er im Winter 1914/15 die entsprechenden Experimente durch.

Die Grundidee der Einstein-de-Haas'schen Versuche besteht in der Annahme, dass das magnetische Moment eines Kreisstroms dem mechanischen Drehimpuls der den Kreisstrom bildenden Elektronen proportional ist. Wird nun ein zylindrischer Stab aus Weicheisen an einem dünnen Quarzfaden in eine Spule gehängt und dessen magnetisches Moment durch eine periodische Magnetisierung der Spule geändert, so muss der Eisenstab wegen des Drehimpulserhaltungssatzes dadurch zu mechanischen Drehschwingungen angeregt werden. So einfach der grundsätzliche Versuchsaufbau erscheint, so diffizil war die experimentelle Ausführung, und es erforderte einige Kunstgriffe, um den erwarteten Effekt von der Vielzahl der Störeinflüsse zu trennen.

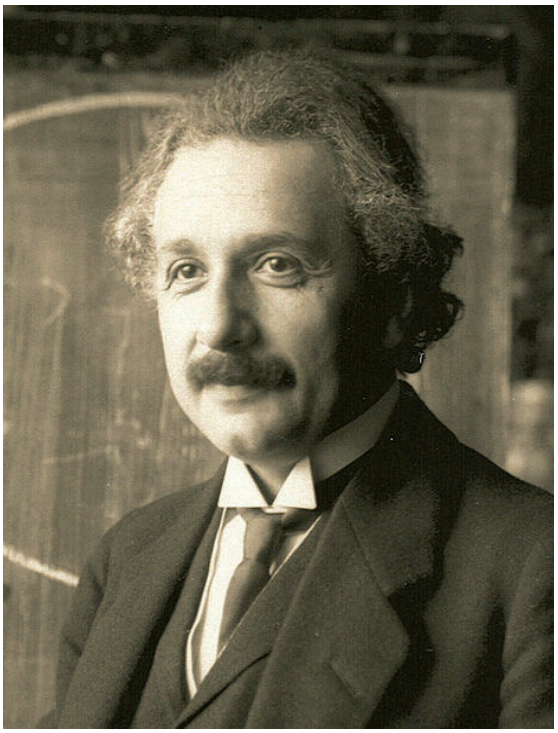
In diesem Sinne schrieb Einstein seinem Freund Michele Besso im Februar 1915: „Ein wundervolles Experiment, schade, dass Du's nicht siehst. Und wie heimtückisch die Natur ist, wenn man ihr

experimentell beikommen will. Ich bekomme in meinen alten Tagen noch eine Leidenschaft für das Experiment."

Über ihre erfolgreichen Versuche berichtete Einstein bereits am 19. Februar 1915 im Kolloquium der Physikalischen Gesellschaft, und weitere Vorträge folgten zu diesem Thema in den nächsten Monaten. Allerdings zeigte sich schon bald, dass das Experiment zwar prinzipiell gelungen, doch die Bestimmung der gyromagnetischen Konstante, des Verhältnises aus der Änderung des Drehimpulses und der Magnetisierung, viel zu ungenau war. Man war bei der behaupteten Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment wohl mehr einem theoretischen Vorurteil gefolgt als den gemessenen Daten. Die richtige Erklärung ließ sich erst mit der Entdeckung des Elektronenspins im Jahre 1925 geben, der bekanntlich für den Ferromagnetismus maßgebend ist. Dennoch kommt Einstein und de Haas das Verdienst der ersten (qualitativen) Bestätigung der Ampère'schen Molekularstromhypothese zu.

Diese Gastrolle sollte aber nicht die einzige Beziehung Einsteins zur Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bleiben. Im Dezember 1916 wird er „mittels allerhöchsten Erlasses" durch Kaiser Wilhelm II. zum Mitglied des Kuratoriums der Reichsanstalt ernannt. Der Berufungsvorschlag für den Kaiser stellt Einsteins herausragende wissenschaftliche Verdienste heraus: „In der Tat ist er zweifellos einer der scharfsinnigsten und originellsten unter den lebenden theoretischen Physikern; die von ihm in bahnbrechenden Arbeiten entwickelten Theorien dienen zahlreichen Experimentatoren des In- und Auslandes als Grundlagen und Leitsätze ihrer Forschungen. Auch als Experimentator hat er sich betätigt und insbesondere an der Reichsanstalt vor kurzem in einer höchst wichtigen Arbeit einen experimentellen Beweis für die Existenz der Ampère'schen Molekularströme in Magneten geliefert. Er interessiert sich auch für praktische Fragen, so dass man sich von seiner Mitwirkung an den Arbeiten der Reichsanstalt besonders viel versprechen kann."

Das Kuratorium tagte einmal jährlich im Frühjahr, sodass die Aufsichtsfunktion über die Tätigkeit der Reichsanstalt natürlich nur eine sehr allgemeine sein konnte. An den meist dreitägigen Kuratoriumssitzungen hat sich Einstein relativ regelmäßig beteiligt – erst gegen Ende seiner Berliner Wirkungszeit lässt sich auch hier eine Abkühlung seines Interesses und Engagements feststellen. Seine beiden letzten Kuratoriumssitzungen sind für das Jahr 1927 bzw. 1930 protokolliert, wobei er 1930 wohl nur noch stiller Zuhörer der Beratungen war – zumindest hielt das Protokoll keine Diskussionsbemerkungen von ihm fest. In den Anfangsjahren war dies anders. Einstein beteiligte sich in dieser Zeit häufig und pointiert an den Aussprachen des Kuratoriums. Dabei wurde deutlich, dass er nicht nur theoretischer Physiker par excellence war, sondern in vielfältiger Weise mit konkreten Hinweisen auf die experimentellen Arbeiten der Reichsanstalt Einfluss zu nehmen versuchte. Darüber hinaus bezog er zu wissenschaftspolitischen und -organisatorischen Fragen Stellung – beispielsweise zum Recht der PTR-Mitarbeiter, Patente zu nehmen.



Im Jahr 1921/22 scheint Einstein sogar nochmals de facto wissenschaftlicher Gast der Anstalt gewesen zu sein. Obwohl dazu in den offiziellen Dokumenten konkrete Belege fehlen, liefert sein Briefwechsel entsprechende Hinweise. Im Sommer 1921 hatte sich Einstein „ein sehr interessantes und simples Experiment über die Natur der Lichtemission ausgedacht", mit dem er in die damals hochaktuelle Diskussion über den Welle- bzw. Teilchencharakter des Lichts klärend eingreifen wollte. Zur Ausführung des diffizilen Experiments, das den Charakter der Lichtemission an Kanalstrahlteilchen untersuchen sollte, versicherte er sich wieder der ausgewiesenen Kompetenz und der ausgezeichneten apparativen Möglichkeiten der Reichsanstalt. Diesmal waren seine kongenialen Partner Hans Geiger und Walther Bothe vom Laboratorium für Radioaktivität, mit deren „vorzüglicher Mitarbeit" schon bald das Experiment realisiert werden konnte. Es war für ihn – wie er in einem Brief an Max Born bekennt – „mein stärkstes wissenschaftliches Erlebnis seit Jahren".

Allerdings hielt der Optimismus nicht allzu lange an, denn schon wenige Wochen später musste er bekennen: „Auch ich habe vor einiger Zeit einen monumentalen Bock geschossen (Experiment über Lichtemission mit Kanalstrahlen). Aber man muss sich trösten. Gegen das Böcke-Schießen hilft nur der Tod."

Als Anfang 1933 die Nationalsozialisten die Macht in Deutschland übernahmen und Einstein in die Emigration zwangen, brach auch seine Beziehung zur Reichsanstalt ab. Im April verfügte das für die PTR zuständige Reichsministeriums des Inneren, ihn aus der Liste der Kuratoriumsmitglieder zu streichen, da er „zu der nationalen Erneuerung Deutschlands in einer Weise Stellung genommen hat, die seine weitere Zugehörigkeit in dem Kuratorium der Physikalisch-Techn. Reichsanstalt unmöglich macht."

Damit endet die Beziehung Einsteins zur Reichsanstalt, die auch nach dem Krieg, als das Institut als Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig neu gegründet wurde, nicht wieder aufgenommen wurde. Mit dem abrupten Ende gehört auch für diese Institution der „Fall Einstein" nicht zu den Ruhmesblättern ihrer insgesamt so erfolgreichen Geschichte. ■

1923 – Vereinigung von PTR und RMG

Angestoßen u. a. durch eine Denkschrift des Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine und des Normenausschusses der deutschen Industrie, die sich über überschneidende Zuständigkeitsbereiche der Reichsanstalt für Maß und Gewicht (RMG) und der PTR beklagt, wird die RMG per Gesetz mit Wirkung vom 1. Oktober in die PTR eingegliedert. Untergebracht ist die RMG im heutigen Wilhelm-Foerster-Bau in der Abbestraße gegenüber dem Hauptgebäude der PTR, dem heutigen Werner-von-Siemens-Bau.

1924 – Bothe und Geiger entwickeln die Koinzidenzmessmethode

Mit der Entwicklung der Koinzidenzmessmethode gelingt Walther Bothe und Hans Geiger der Nachweis, dass es sich beim Compton-Effekt um die Streuung eines Photons an einem Elektron handelt. Damit widerlegen sie die kurz zuvor von Bohr, Kramers und Slater auf der Grundlage des Korrespondenzprinzips formulierte „Quantentheorie der Strahlung", nach der Energie- und Impulserhaltung beim Stoßprozess nur im statistischen Mittel gelten sollte.

1925 – Neue Einheit der Röntgendosis

Auf dem ersten internationalen Kongress für Radiologie stellt Hermann Behnken von der PTR die erste Definition für eine Dosis-Messgröße für Röntgenstrahlung vor. Die Einheit der neuen Messgröße „Röntgenstrahlendosis" wird 1 Röntgen genannt und mit R bezeichnet. Es ist definiert als die Strahlungsmenge, die $2{,}082 \cdot 10^9$ Ionenpaare pro 1 cm^3 trockener Luft (ρ = 1,293 mg/cm^3) erzeugt. Die Einheit Röntgen ist heute nicht mehr zugelassen.

1925 – Die Entdeckung des Elements Rhenium

Im Chemischen Laboratorium suchen Walther Noddack und seine spätere Frau Ida Tacke nach unentdeckten Elementen im Periodensystem unterhalb von Mangan. Mit Unterstützung von Otto Berg von Siemens & Halske gelingt der erste Nachweis des Elementes 75 durch Röntgenspektroskopie. Es erhält den Namen Rhenium nach der Heimat Ida Tackes. Um die Zweifel an dieser Entdeckung zu beseitigen, wird später 1,042 g dieses seltenen Materials in einem aufwendigen Verfahren aus 660 kg Molybdänglanz isoliert.

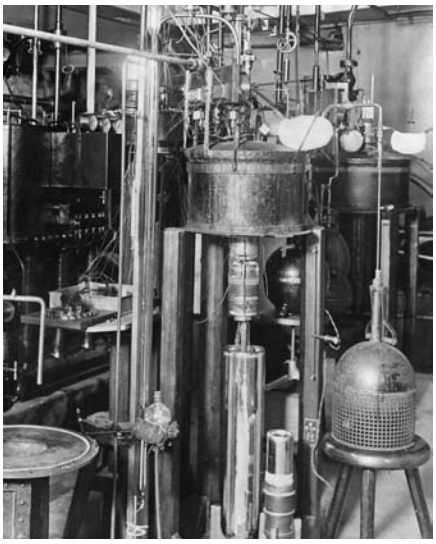
1922

1922 – Walther Nernst wird Präsident der PTR

Walther Nernst (1864–1941) studiert Physik und Chemie in Zürich, Berlin und Graz, promoviert in Würzburg und habilitiert sich in Leipzig. 1894 wird er Ordinarius in Göttingen und 1905 am Physikalisch-chemischen Institut in Berlin. 1891 entwickelt er den Nernst'schen Verteilungssatz, der für die Chromatographie Bedeutung hat. 1896 erfindet er die Nernst-Lampe, die ihm große Einnahmen bringt. 1921 erhält er den Chemie-Nobelpreis für sein Wärmetheorem von 1905, oft auch 3. Hauptsatz der Thermodynamik genannt. Er ist gleichermaßen virtuos als theoretischer Physiker wie als Experimentator. Von 1905 bis 1935 ist er Kurator der PTR. Präsident wird er von 1922 bis 1924 in einer finanziell äußert schwierigen Zeit. Nernst geht aus eigenem Entschluss der Forschung wegen wieder an die Universität. 1933 zieht er sich wegen der politischen Entwicklung auf sein Landgut bei Muskau zurück.

1924 – Friedrich Paschen wird Präsident der PTR

Friedrich Paschen (1865 – 1947) studiert Physik in Berlin und Straßburg. 1901 wird er Professor in Tübingen, das sich durch ihn zum Zentrum spektroskopischer Forschung entwickelt. 1912 entdeckt er zusammen mit Ernst Back die nach ihnen benannte Aufspaltung



1925 – Meißner gelingt die Verflüssigung von Helium

Walther Meißner gelingt es, in der PTR den von ihm konzipierten weltweit dritten Heliumverflüssiger erfolgreich in Betrieb zu nehmen und zum ersten Mal in Deutschland 200 cm^3 flüssiges Helium (Siedetemperatur 4,2 K) herzustellen. Aufgrund der Unterstützung durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft wird das Kältelaboratorium der PTR so etwas wie ein nationales Kältelaboratorium des Deutschen Reichs.

1925 – Max von Laue wird „nebenamtlicher" Berater der PTR

Max von Laue hat schon während seines Studiums Kontakt zur PTR über Otto Lummer und später zu Walther Meißner. Präsident Nernst betreibt mit Unterstützung des Kuratoriums die Einstellung eines theoretischen Physikers zur Stärkung der wissenschaftlichen Arbeiten der PTR. Max von Laue, seit 1919 Ordinarius für Physik an der Berliner Universität, übernimmt diese Aufgabe nebenamtlich und ist einen Tag pro Woche in der PTR.

1926 – Leuchtresonatoren zur Frequenzkontrolle

Erich Giebe und Adolf Scheibe entwickeln „Leuchtresonatoren", bei denen die mechanische Resonanz in Quarzschwingern durch Hochfrequenz angeregt und über die dabei entstehende Leuchterscheinung in einer Neonatmosphäre detektiert wird. Mit einer Reproduzierbarkeit von 10^{-6} werden die Resonatoren zur Frequenzkontrolle abstimmbarer Sender eingesetzt.

1926 – Kösters-Komparator

Ein neuartiger Interferenzkomparator wird zur Längenmessung an Endmaßen bis 1 m eingesetzt. Ein von Wilhelm Kösters patentiertes Doppelprisma erlaubt eine kompakte und luftdichte Bauweise. Mittels einer Vakuumkammer kann die Brechzahl der Luft und damit die Wellenlänge des Lichts deutlich genauer als zuvor bestimmt werden.

1927 – Neue Temperaturskala mit Goldfixpunkt

Die langjährigen Bemühungen der PTR, des britischen National Physical Laboratory (NPL) und des amerikanischen National Bureau of Standards (NBS) werden mit der Verabschiedung der ersten, über einen weiten Temperaturbereich gültigen Internationalen Temperaturskala von Erfolg gekrönt. Für hohe Temperaturen wird das optische Pyrometer als Normalinstrument definiert mit dem Erstarrungspunkt von Gold als Referenzfixpunkt.

1927

der Spektrallinien im starken Magnetfeld. Man kann ihn als den bedeutendsten Spektroskopiker seiner Zeit bezeichnen, der die zuverlässige exakte Messung über alles schätzt. Paschen wird 1924 Präsident der PTR und 1933 durch die Nationalsozialisten in den Ruhestand versetzt. Danach lehrt er an der Berliner Universität.

1925 – Ida Tacke und Walther Noddack

Ida Noddack, geb. Tacke (1896–1978) studiert als eine der ersten Frauen Chemie an der TH Charlottenburg und wird ab 1924 Gastwissenschaftlerin an der PTR. Walther Noddack (1893 – 1960) studiert an der Berliner Universität Chemie, Physik und Mathematik und kommt mit Walter Nernst in die PTR. Dort leitet er später das Chemische und ab 1927 das Photochemische Laboratorium. Die Forschungen der Noddacks richten sich auf die Entdeckung von unbekannten Elementen, damals ein Prestigeprojekt der PTR, aber auch auf Experimente in der Photo- und Geochemie u. a. zur Zusammensetzung von Meteoriten. Ida Noddack vermutet bereits 1934, dass man Urankerne durch Neutronenbeschuss spalten könne. Ab 1935 lehrt Walther Noddack in Freiburg, Straßburg und Bamberg, wohin ihm seine Frau folgt.

Die „Verschmelzung“ von RMG und PTR

Wolfgang Buck

Bismarcks Zitat, wonach die politische Kunst darin besteht, Gottes Schritt durch die Weltgeschichte zu hören, dann zuzuspringen und zu versuchen, einen Zipfel seines Mantels zu fassen, ist sicher zu hoch gegriffen, aber es trifft die Situation der PTR in den Jahren 1922 und 1923 doch ganz gut. Die finanzielle Situation des Deutschen Reiches nahm durch die galoppierende Inflation immer dramatischere Formen an. Die Reparationszahlungen an die Sieger des Ersten Weltkrieges belasteten den Haushalt extrem. So musste auch die neue Reichsregierung unter dem am 16. November 1922 berufenen Reichskanzler Wilhelm Cuno massive Sparmaßnahmen in Angriff nehmen. Eine dieser Maßnahmen war die Vereinfachung der Verwaltung, zu der der Rechnungshofpräsident als Reichssparkommissar Vorschläge machen sollte. Die „Verminderung des planmäßigen und außerplanmäßigen Personals, gegebenenfalls unter Aufhebung entbehrlich werdender Behörden“ war dabei eine zu untersuchende Option.

In dieser Situation legte der Deutsche Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine und der Normenausschuss der deutschen Industrie am 18. November 1922 eine Denkschrift vor, die sich überschneidende Zuständigkeitsbereiche der Reichsanstalt für Maß und Gewicht (RMG) und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Bereich der Längenmessung bemängelte, weil „Lehren an zwei verschiedenen behördlichen Stellen geprüft werden“, die „zum Teil mit verschiedenen Fehlergrenzen arbeiten“. Die Denkschrift zog die Schlussfolgerung, die „Reichsanstalt für Maß und Gewicht und die Physikalisch-Technische Reichsanstalt zu einer Reichsanstalt zu verschmelzen“, weil dies „die größere Wirtschaftlichkeit“ böte, die „nicht ohne grobe Willkür zu trennende Zusammengehörigkeit der meßtechnischen Aufgaben“ verwirklichen und „die das Ansehen der deutschen Reichsanstalten im In- und Auslande schädigenden Mißstände“ beenden würde.

Walther Nernst, Präsident der PTR erst seit dem 1. April 1922, reagierte schnell und sandte am 19. Dezember 1922 seine Stellungnahme an das für die PTR zuständige Reichsministerium des Inneren. Offenbar erkannte er, dass die vom Gesamtumfang des Aufgabenspektrums her gesehen eher marginalen Zuständigkeitsüberschneidungen bei der Prüfung von Lehren bei einer Entscheidung über die Zukunft der beiden Reichsanstalten weniger ins Gewicht fallen würden als die in der prekären Finanzsituation erreichbaren Einsparungen. So signalisierte er Zustimmung zu einer Vereinigung von RMG und PTR: „Es muß andererseits aber unbedingt zugegeben werden, daß jenes Nebeneinanderbestehen einen Luxus bedeutet, der vielleicht jetzt für unser Vaterland nicht mehr angezeigt ist.“ Dabei verwies er nachdrücklich darauf, dass „seitens der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Wünsche nach einer Angliederung der Reichsanstalt für Maß und Gewicht nie geäußert worden sind“. Dann stellte er den Antrag, „zu beschließen, daß, im Sinne obiger Ausführungen, sofort in eine Prüfung der Verschmelzungsmöglichkeiten der beiden Anstalten eingetreten wird“.

Fritz Plato, seit 1912 ständiger Vertreter des nebenamtlichen Direktors der RMG und seit 1920 ihr erster hauptamtlicher Direktor, lehnte am 22. Januar 1923 hingegen die Verschmelzung durch die Widerlegung des Arguments der Industrie ab: „Hiernach liegt auch nicht der geringste Anlaß vor, eine Verschmelzung der beiden Anstalten überhaupt zu erwägen, vielmehr wird den Forderungen der Industrie vollkommen genügt, wenn die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ihre Befugnisse nicht überschreitet und die Überprüfung der Längenmaße der Reichsanstalt für Maß und Gewicht überläßt.“ Außerdem bestritt er die erwarteten Einsparmöglichkeiten. Damit hatte er vielleicht die Sachlage einigermaßen getroffen, die sich inzwischen entwickelnde politische Dynamik aber völlig unterschätzt.

Die von Plato mobilisierten beigeordneten Mitglieder der Vollversammlung der RMG setzten sich zwar für deren Unabhängigkeit ein, formulierten dann aber in richtiger Einschätzung der Situation Bedingungen für ihre Eingliederung. Hauptforderung war, dass „eine besondere Abteilung innerhalb der vereinigten Anstalt geschaffen wird, welche vollkommen selbständig die ihr aus § 19 der Maß- und Gewichtsordnung zufallenden Aufgaben gemäß der für die Reichsanstalt für Maß und Gewicht aufgestellten Geschäftsordnung erledigt“. Außerdem sollte die Verantwortung für die Eichbehörden der Länder und die Zusammenarbeit mit ihnen einschließlich der Vollversammlung fortbestehen und die Zuständigkeit des Kuratoriums angepasst werden.

Nach regem Schriftwechsel und Befassung der Vollversammlung der RMG sowie des Kuratoriums der PTR kam es am 10. Juli 1923 zu einer Kabinettsvorlage des Reichsministers des Inneren im Einvernehmen mit dem für die RMG zuständigen Reichswirtschaftsminister, die mit folgenden Sätzen beginnt: „Die RMG wird selbständige Abteilung der PTR und untersteht einem Direktor. Die Art ihrer Tätigkeit und Zuständigkeit im Rahmen der großen Anstalt bleibt unberührt.“ Letztlich konnte die RMG darin außer ihrer institutionellen

Bild rechts: Walther Nernst, gezeichnet von Walter Roth

Selbständigkeit alle ihre Rechte wahren. Am 20. Juli stimmte die Reichsregierung zu. Am 26. September unterzeichnete der Reichspräsident ein entsprechendes Gesetz, womit die RMG mit Wirkung vom 1. Oktober 1923 in die PTR eingegliedert und die Verschmelzung formal innerhalb weniger als eines Jahres abgeschlossen war. Ob die anstehende Pensionierung von Fritz Plato die Eingliederung der RMG beschleunigt hat, ist nicht bezeugt, im Wege stand sie ihr jedenfalls nicht.

An dieser Stelle scheint eine kurze Rückblende auf die Reichsanstalt für Maß und Gewicht angezeigt, deren Entstehung und Entwicklung erheblich weiter zurückreicht als die der PTR. Ein explizites Gründungsdatum der RMG und ihrer Vorläufer gibt es zwar nicht, aber zwei Entwicklungen wiesen die Richtung: 1806 die „Flurbereinigung“ der deutschen politischen Landschaft durch Napoleon und die in der Folge der Französischen Revolution am Erdumfang orientierte Meterdefinition von 1793.

Am 30. November 1806 wurde in Württemberg die alte „Maas-Ordnung“ von 1557 durch die neue „Maasordnung für die Königlich-Württembergischen Staaten“ abgelöst. Zehn Jahre später gründete Preußen eine eher lockere institutionelle Struktur, die spätere Königlich-Preußische Normal-Eichungs-Commission zu Berlin zur Kalibrierung von Eichnormalen und zur Prüfung von Probemaßen und -gewichten anderer Eichungskommissionen sowie zum Vergleich mit den neufranzösischen Maßen nach dem metrischen System.

Nach der Vereinheitlichung der Maße innerhalb der deutschen Länder wurde die Vereinheitlichung der Maße in ganz Deutschland angestrebt. Denn noch 1860 beschrieb eine von der Bundesversammlung des Deutschen Bundes in Frankfurt eingesetzte Kommission die Zustände sehr plastisch: „In Deutschland kann man vielerwärts nicht 10 oder 20 Meilen weit reisen, ohne anderes Fußmaß, eine andere Elle, ein anderes Feldmaß, Getränk- oder Fruchtmaß anzutreffen. Größen und Namen sind verschieden, in der Einteilung herrscht bunteste, grundsatzloseste Mannigfaltigkeit.“

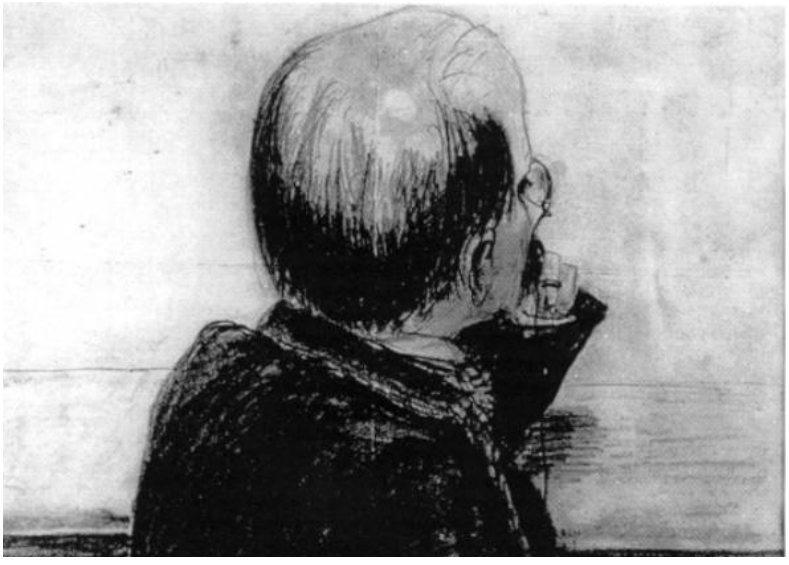
Unter der Regie des 1866 entstandenen Norddeutschen Bundes wurde am 17. August 1868 eine Maß- und Gewichtsordnung eingeführt, die ab dem 1. Januar 1870 erstmals für einen größeren Bereich Deutschlands das metrische System etablierte. Mit diesem Gesetz wurde eine „Normal-Eichungs-Kommission des Norddeutschen Bundes“ (NEK) installiert, zu deren Direktor der Astronom Wilhelm Foerster ernannt wurde. Er war die treibende Kraft, die einerseits die Metrologie im Bereich der Längen- und Gewichtsmessung zunächst innerhalb der NEK und ab 1871 als Direktor der „Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission“ (KNEK) vorantrieb, andererseits aber auch seit 1872 eine tragende Rolle bei der Gründung der PTR spielte, indem er u. a. die Aufgaben und die Organisation der Technischen Abteilung ausgearbeitet hat.

International war die wichtigste Aufgabe der KNEK die deutsche Mitarbeit an der 1875 von 17 Staaten ins Leben gerufenen Meterkonvention. Foersters überragende Bedeutung für die Metrologie lässt sich am einfachsten daran ablesen, dass er von der Gründung an bis zu seinem Tode 1921 unangefochten deutsches Mitglied des Comité international des poids et mesures (CIPM), des Lenkungsgremiums der Meterkonvention, war und von 1891 bis 1920 – also auch während des Ersten Weltkriegs – sein Vorsitzender.

1887 gab die KNEK einige Prüfaufgaben und das gesamte Arbeitsgebiet der Thermometrie an die neu gegründete PTR ab, was einer der wenigen Berührungspunkte zu ihr blieb. Am 5. September 1918 in den letzten Tagen des Kaiserreichs wurde die KNEK in Reichsanstalt für Maß und Gewicht umbenannt. Sie bestand inzwischen aus acht Abteilungen (Längenmaße; Gewichte; Waagen und Wägemaschinen; Flüssigkeitsnormale und Messwerkzeuge für Flüssigkeiten; Fässer und Hohlmaße; Gas-, Wasser- und Dampfmesser, Dosier- Paketier- und Abfüllmaschinen; Aräometer; Chemische Arbeiten) und hatte am Schluss 72 Mitarbeiter.

Die von Präsident Emil Warburg 1914 durchgeführte Neustrukturierung der PTR erleichterte eine einfache organisatorische Eingliederung der RMG als neue Abteilung I. Von kleineren Veränderungen abgesehen musste sich nur die bisherige Abteilung I Optik an die neue Positionierung als Nummer IV gewöhnen. Die Konsequenzen für die PTR und ihren Präsidenten wurden durch das erweiterte Aufgabenprofil allerdings merklich. Besonders die gesetzlichen Verpflichtungen der RMG im Eichwesen, überdies föderal strukturiert, verstärkten den Behördencharakter.

So verspürte gerade Nernst, der durch seine zupackende Politik die Verschmelzung klug befördert hatte, die Zunahme der ungeliebten Verwaltungsarbeit und die Einschränkung seiner wissenschaftlichen Entfaltungsmöglichkeiten besonders schmerzlich. Ende Februar 1924 reichte er schließlich sein Rücktrittsgesuch ein und schied zum 30. April dieses Jahres aus dem Amt. Man weiß eben nicht, ob der ganze Mantel zu einem passt, wenn man seinen Zipfel ergreift, weil sich die Dinge manchmal anders entwickeln. Nernst leistete den zentralen Beitrag „zum zweiten grundsätzlichen Ereignis innerhalb eines Jahrzehnts nach der Neugliederung von 1914“, das „das Gesicht der PTR entscheidend veränderte, und vielleicht eines der wichtigsten Ereignisse in ihrer Geschichte überhaupt“ war (U. Kern). ■



1928 – Pressgaskondensator von Schering und Vieweg

Die Schering-Brücke benötigt einen möglichst verlustfreien Normalkondensator. Dafür entwickeln Harald Schering und Richard Vieweg einen Pressgaskondensator mit geringem Verlustfaktor, wie er auch heute noch in Hochspannungslaboratorien weltweit verwendet wird.

1928 – Normallampe für Längenmessungen von Kösters

Wilhelm Kösters führt in der PTR Normallampen für die interferentielle Längenmessung von Endmaßen mit dem von ihm entwickelten Komparator ein. Dazu waren Präzisionsmessungen der Helium- und Kryptonwellenlängen notwendig, die über die rote Cadmiumwellenlänge auf den Meterprototyp bezogen waren.

1929 – Einheitliche Definition der Kalorie

Auf der 1. Internationalen Dampftafel-Konferenz in London wird auf Vorschlag der PTR eine Kalorie direkt durch elektrische Energieeinheiten definiert: 1 $kcal_{IT}$ = 1/860 $kW_{int}h$. Diese „Internationale Tafel-Kalorie“ löst eine Vielzahl von unterschiedlich definierten Kalorien ab und macht diese unabhängig von den Fortschritten bei der experimentellen Bestimmung der Wärmekapazität des Wassers.

1929 – Bothe und Kolhörster identifizieren kosmische Strahlung

Um das „Wesen der Höhenstrahlung“ zu klären, führen Walther Bothe und Werner Kolhörster Koinzidenzmessungen mit zwei Geiger-Müller-Zählrohren durch und weisen nach, dass es sich bei der kosmischen Strahlung nicht, wie bis dahin angenommen, um Gammastrahlung, sondern um relativistische geladene Teilchen handelt.

1930 – Bothe und Becker finden „Kern-Gamma-Strahlen“

Beim Beschuss leichter Elemente mit Alphastrahlung entdecken Walther Bothe und Herbert Becker eine Sekundärstrahlung von besonders hohem Durchdringungsvermögen, die sie als Kern-Gammastrahlung interpretieren. Tatsächlich handelt es sich dabei aber um Neutronen, wie zwei Jahre später von James Chadwick gezeigt werden wird.

1931 – CIPM definiert eine industrielle Bezugstemperatur

Das Internationale Komitee für Maß und Gewicht (CIPM) legt die Bezugstemperatur 20 °C für Längenmessungen fest.

1931 – Pyrheliometer

Ein neuartiges Pyrheliometer zur Bestimmung der Solarkonstanten besteht aus zwei Schwarzen Körpern, deren Temperaturdifferenz mit einer Thermosäule erfasst wird. Abwechselnd wird einer der beiden Schwarzen Körper durch eine Blende abgedeckt, während der andere das Sonnenlicht empfängt. Die Temperaturdifferenz wird durch eine elektrische Heizeinrichtung auf Null geregelt. Die Strahlungsleistung der Sonne wird zu 1,372 cal/·(cm² min), gemessen in Davos, bestimmt.

1928

1928 – Meißner entdeckt wichtige neue Supraleiter

Walther Meißner untersucht die Frage, ob alle Metalle bei genügender Reinheit und genügend tiefen Temperaturen supraleitend werden, und entdeckt in wenigen Jahren die Supraleitfähigkeit von Tantal, Thorium, Titan und Niob. Letzteres mit einer Sprungtemperatur von 9 K wird das Basismaterial für supraleitende Schaltungen bis heute.

1933 – Walther Meißner

Walther Meißner (1882–1974) studiert Maschinenbau an der TH Charlottenburg sowie Mathematik und Physik an der Berliner Universität, wo er 1907 bei Max Planck promoviert. 1908 tritt er in die PTR ein und baut u. a. das Tieftemperaturlaboratorium mit einem Wasserstoff- und später einem Helium-Verflüssiger auf. Er entdeckt die Supraleitfähigkeit einer Reihe von Metallen und 1933 mit Ochsenfeld die Verdrängung des magnetischen Flusses. 1934 erhält Meißner eine Professur an der TH München. Er wird von 1947 bis 1950 Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und ab 1949 Kurator der PTB.

1932 – Scheibe und Adelsberger entwickeln Quarzuhren

Auf der Basis von Leuchtresonatoren entwickeln Adolf Scheibe und Udo Adelsberger in der PTR die erste Quarzuhr in Deutschland. Anfang 1932 werden die ersten zwei Quarzuhren im Dauerbetrieb an den Zeitdienst angeschlossen. In der Folge erweisen sich die Quarzuhren als allen Pendeluhren überlegen.

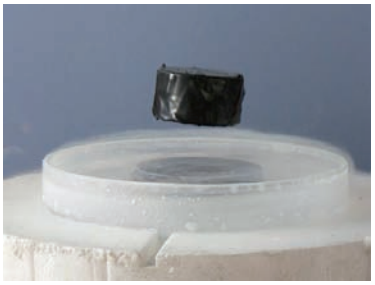
1933 – Zeitdifferenzen zur astronomischen Zeit

Mit den Quarzuhren der PTR, die seit 1933 als Frequenz- und Zeitmaße verwendet werden, weisen Adolf Scheibe und Udo Adelsberger nach, dass die gemessenen Schwankungen zwischen ihren Uhren und den Zeitangaben verschiedener Zeitinstitute zum großen Teil auf die Schwankungen der astronomischen Tageslänge zurückzuführen sind.

1933 – Kösters bestimmt Kryptonwellenlänge

Wilhelm Kösters untersucht mehrfach die Wellenlänge der gelben Linie des Krypton-Isotops 84, mit der zum ersten Mal Kohärenzlängen über einem halben Meter möglich sind. Aufgrund seiner Ergebnisse empfiehlt das Internationale Komitee für Maß und Gewicht die Untersuchung des Doppler- und des Isotopeneffekts zur weiteren Verringerung der Unsicherheit der Wellenlängen dieser Linien.

1933 – Meißner-Ochsenfeld-Effekt

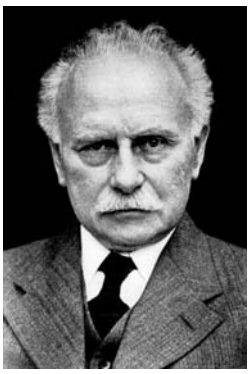


Walther Meißner und Robert Ochsenfeld entdecken bei ihren Experimenten im Kältelabor der PTR die vollständige Verdrängung des magnetischen Flusses aus dem Innern eines Supraleiters. Dieser für diese Materialien fundamentale Effekt wird für perfekte magnetische Abschirmungen und andere technische Anwendungen genutzt. Er lässt sich mit den modernen Hochtemperatursupraleitern schon bei Temperaturen des flüssigen Stickstoffs vorführen.

1935 – Verdampfungswärme des Wassers

Die Verdampfungswärme des Wassers, deren genaue Kenntnis für die Auslegung von Dampfprozessen wichtig ist, wird in einem Kalorimeter bestimmt. Dazu wird Wasser durch elektrische Beheizung verdampft. Die Siedetemperatur wird durch den Druck im Siedegefäß eingestellt. Der gebildete Dampf wird kondensiert und gewogen.

1935



1933 – Johannes Stark wird Präsident der PTR

Johannes Stark (1874–1957) studiert Physik, Mathematik, Chemie und Kristallographie an der Universität München. 1909 wird er Ordinarius an der TH Aachen, danach an den Universitäten Greifswald und Würzburg. 1913 entdeckt er die Aufspaltung der atomaren Spektrallinien im elektrischen Feld. Dafür und für den Nachweis des Doppler-Effekts bei Kanalstrahlen erhält er 1919 den Physik-Nobelpreis. Er bekämpft das Bohr'sche Atommodell aus persönlichen Motiven, obwohl seine Entdeckungen es eher unterstützen. Hauptsächlich seine nationalsozialistischen Überzeugungen führen ihn in das Präsidentenamt der PTR von 1933 bis 1939.

1935 – Präsident Stark löst das Kuratorium auf

Auf Betreiben des Präsidenten Johannes Stark wird das Kuratorium am 6. März aufgelöst, u. a. weil es nicht seiner Auffassung vom Führerprinzip entspricht.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt im Dritten Reich

Dieter Hoffmann

Als am 30. Januar 1933 den Nationalsozialisten die Macht übertragen wurde, bedeutete dies nicht nur einen gravierenden Eingriff in das politische Leben Deutschlands mit den bekannten katastrophalen Folgen. Wie in jeder Diktatur blieb kein Bereich des öffentlichen Lebens von diesem politischen Machtwechsel mit der nun herrschenden NS-Ideologie und den damit verbundenen Machtansprüchen ausgespart. Für den Bereich der Wissenschaften ist der Exodus führender Gelehrter, an deren Spitze symbolhaft die Vertreibung Albert Einsteins stand, der wohl sichtbarste Ausdruck dieser Entwicklung. Gleichzeitig kam es in den Wissenschaften zu einem sukzessiven Verfall der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung und zu einer zunehmenden Orientierung der Forschung an den forschungspolitischen Leitlinien des NS-Staates, die vom Autarkiestreben und einer forcierten Aufrüstung geprägt waren. Von diesem Prozess blieb auch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt als größtes und traditionsreichstes physikalisches Forschungsinstitut in Deutschland nicht verschont, zumal es sich um ein Staatsinstitut handelte und mit Johannes Stark und Abraham Esau zwei exponierte Anhänger und Verfechter des Nationalsozialismus das Präsidentenamt in den Jahren des Dritten Reiches bekleideten.

Stark, als altgedienter Nazi schon am 1. Mai 1933 durch Reichsinnenminister Wilhelm Frick gegen den einhelligen Rat aller Fachkräfte in das Präsidentenamt eingesetzt, entwickelte nach seiner Amtsübernahme zunächst umfassende Reorganisations- und gigantische Neubaupläne für die Reichsanstalt. Obwohl eine räumliche Erweiterung der PTR dringend geboten war und diese schon seit Jahren aus allen Nähten zu platzen drohte, kam es auch nicht ansatzweise zur Realisierung der Neubaupläne weder in Berlin noch in München. Mit sehr viel größerer Konsequenz wurden dagegen die Reorganisation und die Durchsetzung des Führerprinzips in der PTR betrieben. In diesem Zusammenhang entließ Stark nicht nur kurzerhand Albert Einstein und andere „Juden und Größen des alten Regimes“ aus dem Kuratorium, sondern forcierte dessen generelle Auflösung. Per Erlass des Reichskanzlers wurde dieser Absicht schließlich im Winter 1934/35 entsprochen und „der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt als Führer des Betriebes für die Gesamtheit der Anstalt voll und ganz verantwortlich“ gemacht.

Parallel zur rigorosen Durchsetzung des Führerprinzips gingen Maßnahmen einher, die zur Kündigung des Vertrags mit Max von Laue als theoretischem Berater der PTR und – nach Verabschiedung des sogenannten Gesetzes zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums vom April 1933 – zur Entlassung jüdischer Mitarbeiter führte; allerdings lag deren Zahl weit unter denen im Hochschulbereich. Die Umbruchszeit in der PTR war auch von Denunziationen gekennzeichnet. Diese gingen vielfach von Angehörigen der NSDAP-Betriebszelle aus, die sich eines regen Zuspruchs erfreute. Bereits 1933 gehörten mehr als die Hälfte der Belegschaft der NSDAP an. Mitte März 1933 informierten H. Beuthe und B. Voigt das Reichsinnenministerium als vorgesetzte Behörde: „Am Mittwoch, dem 8. März 1933, um 16:20 Uhr, wurde auf Veranlassung der NS-Betriebszelle und der NS-Beamten-Arbeitsgemeinschaft auf dem sogenannten Observatorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) in spontaner Begeisterung über den gewaltigen Wahlerfolg die Hakenkreuzfahne gehisst. Nach etwa einer Stunde wurde auf Betreiben von Regierungsrat Dr. R. Vieweg und auf Veranlassung des Präsidenten der PTR Prof. Dr. F. Paschen das Hakenkreuzzeichen eingezogen und in die Wohnung des Präsidenten gebracht.“

Angesichts der Tatsache, dass damals die Tage der Präsidentschaft Paschens ohnehin gezählt waren, blieb diese mutige Tat

Bild unten: Entwurf der für München geplanten neuen Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

ohne direkte Folgen, doch zog es Richard Vieweg vor, im Herbst 1933 seine Tätigkeit an der Reichsanstalt mit einer Professur an der TH Darmstadt zu tauschen. Zum Weggang solch renommierter Forscher wie Richard Vieweg oder auch Walther Meißner trug bei, dass Stark, ohnehin eine schwierige Persönlichkeit, als Repräsentant der sogenannten „Deutschen Physik" und exponierter Gegner der modernen Physik eine Reihe entsprechender Forschungsthemen einstellen ließ.

Zur Lösung von für die „Förderung der Wirtschaft und der Landesverteidigung" gleichermaßen wichtigen Aufgaben wurde in das Tätigkeitsprofil einiger Abteilungen eingegriffen, und es kam zur Neugründung entsprechender Laboratorien. Von nachhaltiger Bedeutung war im Jahre 1934 die Gründung eines Akustik-Labors unter Martin Grützmacher, das vor dem Hintergrund des gewaltigen Aufschwungs von Film-, Rundfunk- und Schallübertragungstechnik bereits seit den zwanziger Jahren gefordert worden war und nun im Aufwind militärtechnischer Anwendungsfelder endlich realisiert werden konnte. Dabei wurden nicht nur die allgemeinen akustischen Aufgabenstellungen, sondern fast paritätisch auch die „militärisch wichtigen Aufgaben" betont. Diese reichten von der „Entwicklung von Geräten zur akustischen Ortung des Aufstellungsortes von Geschützen" über die „Verwendung des Ultraschalls für militärische Zwecke" bis hin zur Beschäftigung mit „Verfahren zur Sprachverschlüsselung".

Bei der Umsetzung seiner Reorganisationspläne und der Durchführung spezieller Forschungen brauchte sich Stark nicht mit den üblichen Haushaltsmitteln zufrieden zu geben, sondern konnte zudem Zuwendungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft nutzen – dies umso mehr, als er zwischen 1934 und 1937 deren Präsident war. Ein Großteil der neu erschlossenen Finanzmittel wurde zur Anmietung und Ausstattung weiterer Räumlichkeiten und Laboratorien außerhalb des angestammten Gebäudekomplexes an der Charlottenburger March-Straße verwandt, z. B. in der benachbarten Franklinstraße, am Knie (heute Ernst-Reuter-Platz) und in der Köpenicker Landstraße.

Auch im Dritten Reich blieb es die Kernaufgabe der PTR, als oberste metrologische Einrichtung Deutschlands die metrologischen Grundeinheiten zu betreuen und deren Anschluss an die landesüblichen Normale zu gewährleisten. So war in den dreißiger Jahren ein enorm gewachsener Umfang an Prüf- und Eichaufgaben zu bewältigen, wobei man auf den damit verbundenen traditionellen Gebieten nach wie vor über große Reputation verfügte und Spitzenforschung betrieb. Hiervon zeugen u. a. die Arbeiten von Wilhelm Kösters zur Meterdefinition auf der Basis der Lichtwellenlänge oder die Arbeiten von Adolf Scheibe und Udo Adelsberger zur Entwicklung von Quarzuhren. Weiterhin dokumentieren die Entdeckung des Meißner-Ochsenfeld-Effekts im Herbst 1933, eine der bedeutendsten physikalischen Entdeckungen in der Geschichte der PTR, sowie die hierauf aufbauenden Forschungen Eduard Justis zur Supraleitung, aber auch die Entdeckung der sogenanten „Exo-Elektronen" durch Johannes Kramer im Jahre 1939, dass in einzelnen Bereichen immer noch Grundlagenforschung auf hohem Niveau betrieben wurde.

Allerdings erfolgte dies nicht dank, sondern trotz der aufgezeigten Anwendungs- und Militarisierungstendenzen, die sich unter der Präsidentschaft von Abraham Esau weiter verstärkten. Mit Esau stand der PTR seit dem Frühjahr 1939 ein Präsident vor, der ein renommierter Hochfrequenzphysiker und – mehr noch als sein Vorgänger – in die forschungspolitischen Netzwerke des Dritten Reiches eingebunden war: von seiner führenden Stellung im Reichsforschungsrat als Beauftragter für die deutsche Hochfrequenzforschung über die Mitwirkung am „Uranverein", an dessen Forschungen sich Mitarbeiter der Abteilung Radioaktivität der PTR (u. a. Beuthe, Bomke, Houtermans und Weiss) aktiv beteiligten bis hin zu seinen Verbindungen zu militärischen Kreisen und der Rüstungsindustrie. Im Gegensatz zu den unrealistischen Plänen von Stark hat Esau die Reichsanstalt unspektakulär, aber effizient geführt. Unterstützt wurde er dabei von Kurt G. Möller, einem früheren Mitarbeiter des Heereswaffenamtes, in der 1938 neu eingerichteten Position eines Vizepräsidenten. Allerdings fiel Möller nicht nur die Rolle zu, Esau angesichts seiner vielfältigen forschungspolitischen Verpflichtungen von Routineaufgaben zu entlasten, sondern er managte zudem die forcierte Einbindung der PTR in die rüstungstechnischen Netzwerke des Dritten Reiches. Da exakte Maße auch für die Herstellung von Kriegsgerät aller Art eine Grundvoraussetzung sind, wuchs der PTR während des Krieges eine Schlüsselrolle in der Rüstungsproduktion und Wehrtechnik zu. So setzte sich das stetige Wachstum der Mitarbeiterzahl aus der Reorganisationsphase fort und der Personalbestand der PTR verdoppelte sich in den Kriegsjahren auf über 700 Mitarbeiter – mit einem überdurchschnittlichen Anteil weiblicher Mitarbeiter.

In den Jahren des Zweiten Weltkriegs beschränkte sich die Tätigkeit der PTR mehr und mehr auf ihre metrologischen Prüf- und Forschungsaufgaben für die deutsche Zivil- und Kriegswirtschaft. Es gab in der PTR eine Reihe von Laboratorien bzw. Abteilungen, die ausschließlich für militärische Stellen arbeiteten. Hierzu gehörte die erwähnte Abteilung VI (Mechanik und Akustik) unter Martin Grützmacher, die sich u. a. mit dem Schallfeld fahrender Schiffe befasste, was für die Entwicklung von akustischen Minen und akustisch gesteuerten Torpedos von großer Bedeutung war.

Nachdem Berlin zum bevorzugten Ziel alliierter Luftangriffe geworden war und Teile der PTR bei Bombenangriffen erheblichen Schaden genommen hatten, wurde im Sommer 1943 die Verlagerung der Anstalt verfügt. Präsident Esau konnte dank seiner persönlichen Beziehungen erwirken, dass ein Großteil der Reichsanstalt nach Thüringen verlagert und in einer leerstehenden Lederfabrik in Weida bei Gera unterkam. Am Ende des Krieges hielten sich dort noch etwa 300 Mitarbeiter auf. Aus Platzmangel wurden Zweigstellen auch an anderen Orten eingerichtet – so Adolf Scheibes Hochfrequenzlabor und die Quarzuhren in seiner Heimatstadt Zeulenroda. Die Laboratorien für Atomphysik und Physikalische Chemie gingen nach Ronneburg und die Abteilung I für Maß und Gewicht nach Ilmenau. Martin Grützmacher und seine Akustikabteilung verschlug es in das schlesische Warmbrunn. Von großen materiellen Verlusten verschont, blieb die PTR so bis zum Kriegsende ohne gravierende Einschränkungen arbeitsfähig. ■

1936 – Zeitmessung für die Olympiade

Bei den Olympischen Spielen 1936 in Berlin wird erstmals der Zielfilm zur eindeutigen Bestimmung der Reihenfolge und der Laufzeiten der Athleten verwandt. Unter der Gesamtleitung der PTR wird in Zusammenarbeit mit Zeiss-Ikon-Dresden und Agfa-Wolfen ein Zeitmesssystem entwickelt, das bei allen Laufwettbewerben eingesetzt wird.

1939 – Sender Zeesen sendet Normalfrequenz

Seit Februar wird vom Kurzwellensender in Zeesen bei Berlin an Werktagen ab 11 Uhr für acht Minuten eine Normalfrequenz von 1000 Hz gesendet, gefolgt von einer vierminütigen Frequenz des Kammertones A von 440 Hz. Beide Frequenzen werden in der PTR von einer Quarzuhr erzeugt und über Leitungen zum Funkhaus geführt.

1939 – Exoelektronen-Emission und der Kramer-Effekt

Johannes Kramer erforscht erstmalig die Emission von niederenergetischen Elektronen aus Festkörpern nach Beanspruchung durch mechanische Belastung, chemische Oberflächenreaktionen oder energiereiche Strahlung und erkennt sie als einheitliche Erscheinung.

1939 – Photographischer Elementarprozess

Walter Meidinger findet im Photochemischen Laboratorium der PTR die bei tiefen Temperaturen einsetzende Fluoreszenz von Silberhalogeniden und trägt damit wesentlich zur Aufklärung der photographischen Elementarprozesse bei. Die Untersuchungen führen zur Erweiterung des Spektralbereichs von Filmen in den Röntgen- und Infrarotbereich.

1943 – Auslagerung der PTR nach Thüringen

Als im September größere Schäden an den Gebäuden der PTR durch alliierte Luftangriffe auftreten, wird der größte Teil der PTR nach Thüringen ausgelagert. Der Hauptteil wird in Gebäuden einer ehemaligen Lederfabrik in Weida untergebracht. Einige Außenstellen befinden sich in Ilmenau, Zeulenroda und Ronneburg.

1946 – Wiederaufbau der PTR in Charlottenburg

In der Betreuung durch die Abteilung Volksbildung des Magistrats von Groß-Berlin beginnt die PTR in Charlottenburg mit Arbeiten für die Zulassung von Messgeräten und mit Prüfungen. Unter Leitung von Wilhelm Kösters, dem späteren ersten Präsidenten der PTB in Braunschweig, wächst die Mitarbeiterzahl von 20 bis zur Währungsreform 1948 auf 40.

1946 – Das Deutsche Amt für Maß und Gewicht entsteht in Weida

Mit dem Befehl Nr. 158 des Oberkommandos der sowjetischen Besatzungstruppen in Deutschland entsteht am 25. Mai unter Verwendung der von der PTR verbliebenen Ausrüstung und ihres Personals in Weida das Deutsche Amt für Maß und Gewicht. Sein erster Präsident wird der langjährige PTR-Mitarbeiter Wilhelm Steinhaus.

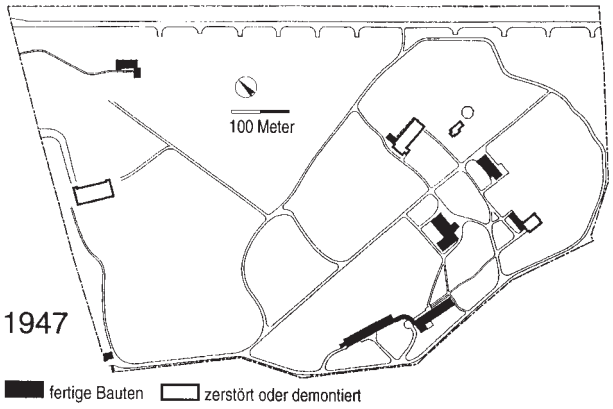
1936

1939 – Abraham Esau wird PTR-Präsident

Abraham Robert Esau (1884–1955) studiert Physik in Berlin und Danzig und ist Schüler von Max Wien. Nach dem Ersten Weltkrieg wird er Leiter sämtlicher Telefunken-Laboratorien. 1925 führt er die weltweit erste UKW-Übertragung zwischen Jena und Kahla durch. Ab 1925 ist er Professor für Technische Physik in Jena. Sein Forschungsgebiet bleiben die ultrakurzen Radiowellen und deren Anwendung in Technik und Medizin. Von 1939 bis 1945 leitet er die PTR als Präsident und ist gleichzeitig „Beauftragter für Hochfrequenzforschung“ der Reichsregierung. Abraham Esau wird 1945 inhaftiert, 1949 aber wegen „nicht erwiesener Schuld“ freigesprochen.

1945 – Wilhelm Steinhaus wird kurzzeitig PTR-Präsident

Wilhelm Steinhaus (1884–1970) studiert Mathematik, Physik und Chemie in Marburg und Göttingen. 1912 kommt er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die PTR, wird als Experte für Magnetismus 1924 Laborleiter und 1943 Abteilungsdirektor. 1945 ernennen ihn die Amerikaner in Weida zum Präsidenten der PTR. Nach deren Auflösung in der sowjetischen Besatzungszone wird Wilhelm Steinhaus 1946 Präsident des Deutschen



1947 – Neuansiedlung der PTR in Braunschweig

Auf dem Gelände der ehemaligen Deutschen Forschungsanstalt für Luftfahrt (DFL) in Braunschweig-Völkenrode sammeln sich eine Reihe der durch den Krieg versprengten PTR-Mitarbeiter vorwiegend aus Göttingen und Heidelberg. Vorläufiger Leiter der Dienststelle wird Martin Grützmacher.

1949 – PTA bekommt Satzung

Am 10. Februar, noch vor Inkrafttreten des Grundgesetzes, unterzeichnet Ludwig Erhard als „Direktor der Verwaltung für Wirtschaft des Vereinigten Wirtschaftsgebietes“ die „Satzung für die Physikalisch-Technische Anstalt zu Braunschweig (PTA)“. Damit wird der neue Standort als Metrologie-Institut in die Verwaltungsorganisation Nachkriegs-Deutschlands aufgenommen.

1950 – PTB in der Verwaltung des Bundes

Aufgrund Art. 130 Abs.1 des Grundgesetzes wird die PTA mit dem Namen „Physikalisch-Technische Bundesanstalt“ durch Verordnung vom 8. September in die Verwaltung der Bundesrepublik überführt.

1950 – Der Standort Braunschweig wird ausgebaut

Wegen der stark wachsenden Metrologieaufgaben der PTB entstehen über viele Jahre neue Gebäude wie der Röntgen-Bau, der Geiger-Bau, der Elster-Geitel-Bau, der Meitner-Bau, der Hahn-Bau, der Chadwick-Bau usw.

1951 – Engelhard entwickelt die Kryptonlampe

Ernst Engelhard entwickelt eine Kryptonlampe, die nun die Reproduktion einer Wellenlänge mit einer relativen Unsicherheit von etwa 10^{-9} ermöglicht. Isotopenseparation und Unterdrückung der Dopplerverschiebung bilden den Ausgangspunkt für die spätere Meterdefinition mit der orangeroten Spektrallinie von ^{86}Kr.

1951 – Erweiterung der PTR in Charlottenburg auf drei Abteilungen

Im Rahmen einer Neugliederung wird die PTR in Berlin-Charlottenburg von zwei auf die drei folgenden Abteilungen ausgebaut:
A: Mechanik und Eichtechnik,
B: Elektrotechnik,
C: Laboratorien für Wärme und Druck, Magnetismus und Elektromedizin.

1951

1948 – Wilhelm Kösters wird PTB-Präsident

Wilhelm Kösters (1876–1950) studiert Physik, Mathematik und Chemie in Münster. Seit 1899 ist er Mitarbeiter der Kaiserlichen Normaleichungs-Kommission und ab 1917 dort Leiter des Längenmesslaboratoriums. 1923 geht diese Behörde (ab 1918 unter dem Namen „Reichsanstalt für Maß und Gewicht“) in der PTR auf. Kösters wird 1925 Direktor der Abteilung 1. Sein großes metrologisches Ziel ist, den Meter auf eine Naturgröße wie die Wellenlänge eines atomaren Übergangs zu beziehen, was dann 1960 international festgelegt wird. Er wird PTB-Präsident von 1948 bis 1950, der erste aus der PTR/PTB selbst.

Amtes für Maß und Gewicht (DAMG) bis 1957. Seine Bemühungen, das DAMG und die PTR-Zweigstellen im Westen wieder zusammenzuführen, scheitern an der politischen Realität.

PTR, PTA und DAMG: die Nachkriegszeit

Dieter Hoffmann

Mitte April 1945 wurde Thüringen von den Amerikanern befreit. Doch währte die amerikanische Besatzungszeit nur zwei Monate, denn im Zusammenhang mit der Potsdamer Konferenz hatten sich die alliierten Truppen auf die in Jalta vereinbarten Besatzungszonen zurückzuziehen; als Gegenleistung wurde das von der Roten Armee besetzte Berlin in vier Besatzungssektoren geteilt. Auch wenn amerikanische Wissenschaftsoffiziere bald nach der Befreiung Weidas die Laboratorien der PTR inspizierten und einige Wissenschaftler über ihre Tätigkeit befragten, stand die PTR zunächst nicht im Mittelpunkt des amerikanischen Interesses – im Gegensatz etwa zur V2-Produktionsstätte

im KZ Dora-Mittelbau bei Nordhausen oder der Firma Carl Zeiss Jena. Am 11. Mai wurde die Reichsanstalt sogar vorübergehend geschlossen und ein Teil der Mitarbeiter entlassen. Um eine Verlagerung der Anstalt im Zusammenhang mit dem Rückzug der amerikanischen Truppen vorzubereiten, wurde zwar der Schließungsbeschluss im Juni wieder aufgehoben, doch kam es dann doch nicht zur Evakuierung – lediglich die wichtigsten Mitarbeiter der Hochfrequenzgruppe mit Adolf Scheibe und den beiden Quarzuhren sowie Vize-Präsident Moeller, insgesamt 15 Wissenschaftler mitsamt ihren Familien, wurden im Juni 1945 nach Heidelberg verbracht. Ebenfalls wurden die Radiumstandards der Anstalt – die von der PTR verwaltetete Radiumreserve des Deutschen Reichs war schon vor Kriegsende durch den Leiter der Abteilung Radioaktivität Carl-Friedrich Weiss nach Bayern gebracht worden und dort im Juni 1945 den Amerikanern übergeben worden – und eine Anlage zur Herstellung von Polonium von den Amerikanern konfisziert. Über die Gründe, warum man auf die Verlagerung der gesamten Reichsanstalt verzichtete, dagegen aber große Teile der Jenaer Zeisswerke und Teile des Forschungspotenzials aus den mitteldeutschen Industriestandorten Wolfen und Leuna sowie führende Wissenschaftler der Universitäten Halle, Leipzig und Jena in die amerikanische Besatzungszone evakuierte, ist unklar. Es könnte simple Zeitnot gewesen sein, die Bewertung der PTR als zu unbedeutend oder auch, dass man weitere Konflikte mit den Sowjets vermeiden wollte, die die Verlagerung eines Staatsinstituts unzweifelhaft provoziert hätte.

Auf jeden Fall übernahm die sowjetische Besatzungsmacht, die am 1. Juli in Weida einrückte, eine im Wesentlichen intakte Reichsanstalt. Den Besatzungstruppen folgten wissenschaftliche Kommissionen auf dem Fuße, die allerdings feststellen mussten, dass die eigentlichen „Schätze“ der Reichsanstalt, Quarzuhren und Radiumreserve, in amerikanischen Händen waren. Über die generelle Bedeutung der PTR scheint man sich indes im Klaren gewesen zu sein, denn die von den Amerikanern verhängte Schließung wurde umgehend aufgehoben und die Mitarbeiter beauftragt, ausführliche Berichte über ihre Tätigkeit zu verfassen. Auch wurde die thüringische Landesregierung angewiesen, den Etat der Reichsanstalt und damit auch die Bezahlung der Angestellten sicherzustellen. Mit diesen Maßnahmen versuchte die sowjetische Besatzungsmacht die militärtechnisch relevanten Forschungen der PTR für sich abzuschöpfen bzw. in Dienst zu stellen. Im Zusammenhang mit der generellen Reorganisation der sowjetischen Besatzungspolitik wurde im Frühjahr 1946 jedoch die Demontage der PTR befohlen – allein die Abteilung 1 (Maß und Gewicht) blieb in ihrem Bestand im Wesentlichen erhalten. Mit der Demontage ging eine Anwerbung bzw. Verpflichtung von Wissenschaftlern der PTR für eine Tätigkeit in der Sowjetunion einher, sodass der Bestand der PTR als metrologische Forschungs- und Eichbehörde grundsätzlich infrage gestellt war.

Dass die Abteilung für Maß und Gewicht weitgehend vor einer totalen Demontage bewahrt wurde, war wohl der Tatsache geschuldet, dass es parallel zu den Demontagen Bemühungen der sowjetischen Militärregierung gab, den Wiederaufbau eines funktionsfähigen Mess- und Eichwesens in der sowjetischen Besatzungszone voranzutreiben – unabdingbare Voraussetzung für das Funktionieren einer modernen Volkswirtschaft. In diesem Sinne wurde am 25. Mai 1946 der Befehl Nr. 158 durch die sowjetische Militäradministration in Deutschland erlassen, der die Gründung eines Deutschen Amtes für Maß und Gewicht (DAMG) vorsah. Sitz des neuen Amtes blieb zunächst Weida und erst Anfang der fünfziger Jahre siedelten sukzessive die Laboratorien des DAMG nach Berlin um. Das neue Amt sollte die verbliebenen Reste der PTR zusammenfassen und als zentrale metrologische Aufsichtsbehörde die „Einheitlichkeit der Maße und die Richtigkeit

Bild oben:
Gebäude der ehemaligen Lederfabrik Dix in Weida in Thüringen

Bild Mitte:
Das stark beschädigte Hauptgebäude auf dem PTR-Gelände in Berlin-Charlottenburg 1945

Bild rechts:
Mitarbeiter der PTR-Zweigstelle in Göttingen 1948

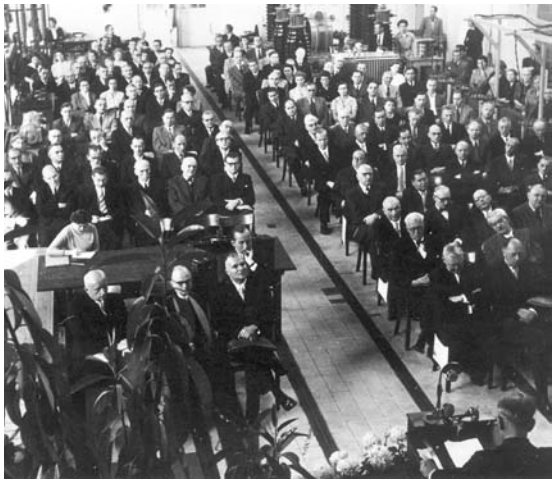
der Meßgeräte in der Sowjetischen Besatzungszone“ sichern. Als Präsident des neuen Amtes wurde Wilhelm Steinhaus eingesetzt, bisheriger Leiter der Abteilung 1. Die Gründung des DAMG kann als Neubeginn des staatlichen Messwesens in der SBZ/DDR angesehen werden, wenngleich es sich vom Aderlass der Demontage und der damit verbundenen Profilverschiebung zum Nachteil der physikalischen Forschung nie mehr ganz erholt hat. In dieser Hinsicht waren das DAMG und seine Nachfolgeeinrichtungen in der Folgezeit mehr eine klassische metrologische Staatsbehörde, die allein die Realisierung, Bewahrung und Weitergabe der Einheiten zu betreuen hatte, als ein physikalisch-metrologisches Forschungsinstitut im Stile der alten PTR. Diese Feststellung bedeutet indes nicht, dass im DAMG und seinen Nachfolgeeinrichtungen nicht auch Forschung betrieben worden wäre. Auf einigen metrologischen Spezialgebieten wurden auch international anerkannte Forschungsleistungen erzielt, indes nicht mehr in jener Breite und Tiefe, wie es für die Tätigkeit und das Profil der PTR so typisch gewesen war.

Auch in den westlichen Besatzungszonen mussten die vor allem in Heidelberg und Göttingen, aber auch in Eckernförde, Herbstein, Tübingen und Konstanz lokalisierten Forschungsgruppen der PTR um ihren Fortbestand kämpfen. In Berlin, wo Charlottenburg nun zum britischen Sektor der Stadt gehörte, verhinderte die komplizierte politische und wirtschaftliche Lage lange Zeit einen zügigen Wiederaufbau der stark zerstörten PTR.

Mit der Teilung der Stadt (1948) fand eine Aufwertung der PTR-Tätigkeit statt, da ihr nun die eichtechnischen Hoheitsaufgaben für Westberlin übertragen wurden – im Übrigen unter Beibehaltung ihres Namens, der erst 1953 mit Eingliederung der PTR als Institut Berlin der PTB obsolet wurde.

Zum Motor der Reaktivierung der Tätigkeit der PTR in den westlichen Besatzungszonen wurde Max von Laue, der dazu schon während seiner Internierung in Farm Hall erste Ideen entwickelt hatte und der dann ab 1946 von Göttingen aus die Neugründung betrieb. Hierbei wurde er von Martin Grützmacher unterstützt, der sich mit seiner Akustik-Abteilung ebenfalls in Göttingen angesiedelt hatte und um eine feste institutionelle Anbindung bemüht war.

Laue konnte bei den britischen Besatzungsbehörden bewirken, dass Teile der aufgelassenen Luftfahrtforschungsanstalt Völkenrode bei Braunschweig für einen Neuaufbau der PTR zur Verfügung gestellt wurden. Als Vortrupp siedelte Grützmacher mit seiner Akustik-Abteilung im Januar 1947 nach Braunschweig über. Zugleich konstituierte sich in Göttingen unter der Leitung von Laues ein Präsidialausschuss, dem so namhafte Physiker wie Werner Heisenberg, Hans Kopfermann und Robert Wichard Pohl angehörten und der die Wiedereinrichtung der PTR inklusive der Suche nach einem geeigneten Präsidenten betrieb. Der Gründungsprozess fand im Jahre 1948 mit der Gründung der Physikalisch-Technischen Anstalt einen ersten Abschluss. Dabei blieb bis auf den Namen – eine „Reichsanstalt“ war den westalliierten Militärregierungen nicht zu vermitteln und angesichts der neuen politischen Verhältnisse auch unzeitgemäß – die Kontinuität im Arbeitsprofil und der Struktur wie im rechtlichen Status im Vergleich zur alten PTR erhalten: Die Anstalt sollte sich dem gesetzlichen wie dem wissenschaftlichen Messwesen in gleichem Maße verpflichtet fühlen und nicht nur als eichtechnische Oberbehörde der im Entstehen begriffenen Bundesrepublik die „Darstellung, Aufbewahrung und Entwicklung der physikalischen und technischen Maßeinheiten“ betreuen, sondern vor allem auch Fragen des physikalisch-technischen Messwesens in seiner Gesamtheit bearbeiten, d. h. auch eine umfassende metrologisch-physikalische Grundlagenforschung betreiben. Insbesondere Letzteres wurde als eine direkte Weiterführung der großen Traditionen der PTR verstanden und markiert im Übrigen den wesentlichen Unterschied zum Tätigkeitsprofil des DAMG in der DDR. Dies wird zudem auch in der Berufung ihres Präsidenten deutlich, versuchte man doch für das nach wie vor prestigeträchtige Amt einen prominenten Physiker zu gewinnen. So waren der Physikochemiker Paul Harteck und der Hochfrequenzphysiker Karl Willy Wagner im Gespräch. Als dies nicht gelang, wurde schließlich im Sommer 1948 Wilhelm Kösters, der langjährige Direktor der Abteilung 1 und damalige Leiter der Berliner Rest-PTR, zum ersten Präsidenten der PTA ernannt. Mit Kösters kamen auch zahlreiche ehemalige Mitarbeiter der PTR aus Berlin, Weida und Heidelberg nach Braunschweig, sodass der Aufbau der Anstalt einen nachhaltigen Impuls erhielt. 1947/48 waren bereits wieder 38 Wissenschaftler, 47 Techniker und 20 Arbeiter in vier Abteilungen (Mechanik, Elektrizität, Wärme und Druck sowie Optik) am Standort Braunschweig-Völkenrode tätig.



1953 – PTR in Berlin-Charlottenburg wird Institut Berlin der PTB

In Anwesenheit des Bundesministers für Wirtschaft, Ludwig Erhard und des Bürgermeisters von Berlin, Walter Schreiber, heißt PTB-Präsident Richard Vieweg am 25. September alle Angehörigen des „Instituts Berlin“ – so die künftige Bezeichnung der nunmehr in Bundeszuständigkeit übergegangenen PTR – in der neuen Gemeinschaft der PTB willkommen. Es dauert allerdings noch eine ganze Reihe von Jahren, bis die Aufgabenverteilung zwischen den beiden Standorten fachlich optimiert werden kann.

1952 – Beschluss des Berliner Senats zur Eingliederung der PTR in die PTB

Nach langwierigen Verhandlungen stimmt der Berliner Senat am 6. Oktober der Eingliederung der PTR in Charlottenburg in die PTB zu.

1955 – Gründung der OIML

Die Konvention der Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) wird im Oktober von 16 Mitgliedsstaaten – darunter Deutschland – unterzeichnet. Die OIML soll die globale Harmonisierung von technischen Verfahren im gesetzlichen Messwesen fördern und dadurch mögliche Handelsbarrieren beseitigen helfen.

1956 Temperatur-Fixpunkte

Die Internationale Temperaturskala basiert auf gut reproduzierbaren thermodynamischen Gleichgewichtszuständen zwischen den Phasen reiner Substanzen, den definierenden Fixpunkten. H. Moser, J. Otto und W. Thomas bestimmen mit ihrem Gasthermometer die Erstarrungstemperaturen von Metallen vom Zinkfixpunkt (693 K) bis zum Goldfixpunkt (1337 K), die die Grundlage des Hochtemperaturteils der Internationalen Temperaturskala von 1968 bilden.

1957 Neubestimmung des Ohm

Die PTB beginnt mit einer neuen fundamentalen Bestimmung der Einheit Ohm auf der Basis einer berechenbaren Induktivität (Ohmspule). Mit dieser Methode können die elektrischen Einheiten für die Induktivität, den Widerstand und die Kapazität auf die mechanischen Einheiten rückgeführt werden.

1951

1951 – Richard Vieweg wird PTB-Präsident

Richard Vieweg (1896–1972) studiert Physik und Mathematik an der TH Berlin und der TH Dresden. Nach der Promotion tritt er in die PTR ein und leitet dort schon bald das Hochspannungslaboratorium. 1935 nimmt er einen Ruf an die Technische Hochschule Darmstadt an. Von 1951 bis 1961 leitet er die PTB als Präsident. Richard Vieweg legt besonderen Wert auf den Ausbau der internationalen Zusammenarbeit. Von 1960 bis 1964 ist er Präsident des CIPM und maßgeblich an der Gründung der Internationalen Organisation für das gesetzliche Messwesen (OIML) beteiligt.

1951 – Albrecht Kußmann wird Leiter der PTR in Berlin

Albrecht Kußmann (1899–1980) studiert Physik und übernimmt schließlich 1936 die Leitung des Laboratoriums für Magnetische Werkstoffe der PTR. Nach dem Kriege wird er Vizepräsident der PTR in Weida und bekleidet danach diese Position beim Deutschen Amt für Maß und Gewicht (DAMG). Er wechselt nach Berlin und leitet von 1951 bis 1964 den Stammsitz der PTR

1957 – Optische Übertragungsfunktion

In der PTB wird die optische Übertragungsfunktion zur quantitativen Bestimmung des Auflösungsvermögens optischer Systeme entwickelt.

1959 – Sender DCF77 in Mainflingen

Die PTB gibt offiziell die Aussendung von Zeitzeichen und Normalfrequenz über den Langwellensender DCF77 bekannt. Ab 1970 geht dieser Sender in Mainflingen nahe Frankfurt in den 24-stündigen Dauerbetrieb. Im fünfzigsten Jahr seines Bestehens bedient der Sender geschätzte 100 Millionen Empfänger in Deutschland und Europa. Mit DCF77 stellt die PTB ihren Nutzern kostenlos die Zeit mit einer Genauigkeit unter 1 ms und (über einen Tag gemittelt) eine Normalfrequenz mit einer relativen Unsicherheit von 10^{-12} zur Verfügung.

1958 – Photoelektrische Messmikroskope für die Längenmessung

Die ersten photoelektrischen Messmikroskope, gefertigt durch die Firma Heidenhain, werden an der 50-m-Messbasis im Abbe-Bau installiert. Durch die Bewegung einer schwingenden Stahlsaite in der Bildebene des Messmikroskops lassen sich die Empfindlichkeit des Stricheinfangs erhöhen und die Strichposition unabhängig vom Bediener ermitteln.

1958 – Radarmessgeräte für den Straßenverkehr

Die Polizei soll zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf deutschen Straßen amtliche Kontrollen der Geschwindigkeit von Fahrzeugen durchführen. Die PTB erteilt hierzu die erste Bauartzulassung für ein Messgerät, das nach dem Doppler-Radar-Prinzip funktioniert und in der Lage ist, die Messwerte und Verkehrssituationen fotografisch zu dokumentieren.

1959 – Druckempfindlichkeit von Mikrofonen

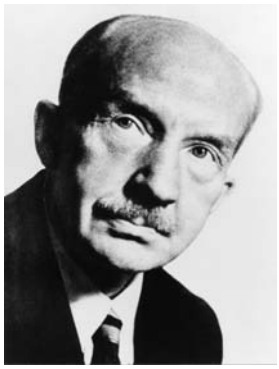
Es wird eine Messapparatur für die Bestimmung der Druckempfindlichkeit von Mikrofonen aufgebaut, die den gesamten Hörfrequenzbereich überdeckt. Die Kalibrierung von Mikrofonen wird zur Grundlage für alle Schall- und Geräuschmessungen vor allem im gesetzlich geregelten Bereich.

1959 – Kernbrennstoffe

Die Zuständigkeit für Genehmigungen zur Beförderung und Aufbewahrung von Kernbrennstoffen sowie für die staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen, bei denen kein berechtigter Besitzer ausfindig gemacht werden kann, wird der PTB im Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren übertragen (AtG vom 23.12.1959).

1959

in Berlin-Charlottenburg zunächst als deren Präsident und nach ihrer Eingliederung in die PTB als Leiter des Instituts Berlin. Albrecht Kußmann hat aus dieser Position erheblich zum Wiederaufbau der staatlichen Metrologie in Deutschland beigetragen.



1954 – Walther Bothe erhält den Nobelpreis für Physik

Walther Bothe (1891–1957) studiert Physik, Mathematik, Chemie und Musik an der Universität Berlin, tritt 1913 in die PTR ein und promoviert 1914 bei Max Planck. Zusammen mit Hans Geiger entwickelt er an der PTR die Koinzidenzmethode zum experimentellen Nachweis des Compton-Effekts. Ab 1930 ist er Professor an der Universität in Gießen und zwei Jahre später in Heidelberg. Bothe arbeitet an Experimenten zur Kernspaltung mit und baut 1944 dort den ersten deutschen Zyklotron-Teilchenbeschleuniger. Gemeinsam mit Max Born erhält er den Physik-Nobelpreis für seine Koinzidenzmethode und die mit deren Hilfe gelungenen Entdeckungen.

Das gesetzliche Messwesen und die OIML

Peter Ulbig,
Roman Schwartz

In praktisch allen Staaten der Welt gibt es seit Langem gesetzliche Regelungen über Messungen, Messgeräte und die Verwendung von Messwerten. Dadurch sollen sowohl die Schaffung eines fairen Handels unterstützt als auch das Vertrauen der Bürger in amtliche Messungen gefördert werden. Darüber hinaus dienen gesetzlich geregelte Messungen auch der Rechtssicherheit und der Abwendung von möglichen großen wirtschaftlichen Schäden, wie zum Beispiel beim grenzüberschreitenden Handel mit Massengütern wie Erdgas oder Mineralöl. Wie lässt sich erreichen, dass Messgeräte in unterschiedlichen Staaten innerhalb bestimmter Fehlergrenzen dieselben Messwerte anzeigen? Letztendlich gelingt dies nur mit weltweit gleichen Anforderungen an Messgeräte und Messbedingungen. Diese Überlegungen führten im Jahre 1955 zur Gründung einer internationalen Organisation für das gesetzliche Messwesen, die mit der weltweiten Harmonisierung von Vorschriften, technischen Anforderungen und Prüfverfahren für Messgeräte beauftragt ist und sich Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) nennt. Das sogenannte gesetzliche Messwesen umfasst alle Aktivitäten, für die staatliche Anforderungen an Messungen, Maßeinheiten, Messgeräte und Messmethoden vorgeschrieben sind. Diese Aktivitäten werden durch oder im Namen von Regierungsstellen ausgeführt, haben also hoheitlichen Charakter. Das gesetzliche Messwesen ist zuständig sowohl für den Handel mit Waren aller Art als auch für den Schutz des Bürgers. Es garantiert letztendlich überall in der Gesellschaft korrektes Messen, z. B. im geschäftlichen Verkehr, bei amtlichen Messungen oder bei Messungen im Rahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Das gesetzliche Messwesen beinhaltet also alle Regelungen, die garantieren, dass Messgeräte richtig anzeigen und Messwerte richtig übertragen, abgedruckt und gespeichert werden. Dazu gehören auch statistische Prüfmethoden, wie z. B. bei der Kontrolle von Fertigpackungen. Diese Bestimmungen umfassen neben den Anforderungen an die Messgeräte selbst auch alle Regelungen, die für eine gesetzliche Kontrolle und Überwachung nötig sind.

In Zeiten der Globalisierung machen solche Regelungen nur Sinn, wenn sie einen international verbindlichen Charakter besitzen. Daher ist die Internationale Organisation für das Gesetzliche Messwesen, ähnlich wie die internationale Meterkonvention, eine zwischenstaatliche Organisation, deren Mitglieder sich durch Unterzeichnung eines internationalen Vertrages, der OIML-Konvention, verpflichtet haben, einerseits aktiv an der technischen Weiterentwicklung und Harmonisierung von Vorschriften im gesetzlichen Messwesen mitzuarbeiten, andererseits aber auch veröffentlichte, harmonisierte technische Empfehlungen der OIML weitestgehend in die nationale Gesetzgebung zu übernehmen.

Die OIML-Konvention wurde im Oktober 1955 zunächst von 16 Mitgliedsstaaten (darunter Deutschland) unterzeichnet und bis 1958 in allen Mitgliedsstaaten ratifiziert. Heute gehören der OIML 57 Mitgliedsstaaten und 56 korrespondierende Mitglieder an. Nach Angaben der Weltbank repräsentieren diese 57 Mitgliedsstaaten ca. 86 % der Weltbevölkerung und 96 % der Weltwirtschaft.

1991 wurde das OIML-Zertifizierungssystem eingeführt, das es den Mitgliedsländern ermöglicht, nationale oder regionale (z. B. europäische) Konformitätsbewertungsverfahren auf der Basis von OIML-Zertifikaten (basis / MAA certificates) und -Prüfberichten (test /evaluation reports) durchzuführen, ohne dass einmal durchgeführte messtechnische oder technische Prüfungen in anderen Ländern wiederholt zu werden brauchen. Hierzu benennen die Mitgliedsländer Issuing Authorities, die berechtigt sind, für bestimmte Messgerätearten OIML-Zertifikate und Prüf- bzw. Evaluationsberichte auszustellen. Die PTB ist beispielsweise für 27 Messgerätearten benannt, darunter nichtselbsttätige und selbsttätige Waagen, Wägezellen, Gaszähler, Flüssigkeits-, Längen- und Dimensionsmessgeräte. 2006 wurde ergänzend das noch verbindlichere MAA-Zertifizierungssystem (Mutual Acceptance

Bild unten:
OIML: Logo und Gründungsdokument

Bild rechte Seite:
Sitz des BIML in Paris

Arrangement) eingeführt, das im Gegensatz zum früheren Basis-Zertifizierungssystem regelmäßige, gegenseitige Überwachungsbesuche (peer assessments) oder die Akkreditierung der beteiligten Stellen vorsieht, um das gegenseitige Vertrauen noch weiter zu stärken. Hersteller haben mit MAA-Zertifikaten den Vorteil, noch einfacher und schneller einen Marktzugang in den am MAA beteiligten Ländern zu erhalten.

Die OIML ist so strukturiert, dass an höchster Stelle die Internationale Konferenz für das Gesetzliche Messwesen steht, kurz OIML conference genannt. Sie findet seit 1956 alle vier Jahre statt. Auf dieser Konferenz werden strategische und finanzielle Fragen diskutiert und entsprechende Beschlüsse gefasst. Dabei nehmen sowohl Repräsentanten der Mitgliedsstaaten und der korrespondierenden Mitglieder als auch Vertreter internationaler und regionaler Organisationen teil.

Als Lenkungsgremium fungiert das internationale Komitee für das gesetzliche Messwesen (CIML), das sich jährlich trifft. Es genehmigt den regelmäßig aktualisierten Strategie- und Aktionsplan, legt die Prioritäten fest, überwacht alle technischen Aktivitäten, verabschiedet alle von den technischen Komitees erarbeiteten Dokumente und Empfehlungen und genehmigt neue Projekte. Das CIML überwacht darüber hinaus die Arbeiten des Internationalen Büros für das gesetzliche Messwesen (BIML) und ernennt auf Vorschlag des CIML-Präsidenten den BIML-Direktor sowie die beiden Vize-Direktoren.

Das CIML setzt sich aus von den Regierungen der Mitgliedstaaten benannten Repräsentanten zusammen, die eine aktive Funktion im gesetzlichen Messwesen haben müssen. Es wählt seinen Präsidenten und zwei Vizepräsidenten für jeweils sechs Jahre. Das derzeitige Präsidium besteht aus Peter Mason (Großbritannien) als Präsident und den beiden Vizepräsidenten Graham Harvey (Australien) und Roman Schwartz (Deutschland). Zur persönlichen Beratung des Präsidenten beruft dieser den Präsidialrat (Presidential Council), dem neben dem Präsidenten und den beiden Vizepräsidenten der BIML-Direktor sowie fünf bis sechs ausgewählte CIML-Mitglieder angehören.

In den 18 Technischen Komitees und 50 Subkomitees stimmen technische Experten mit Bezug zum gesetzlichen Messwesen Dokumente, Empfehlungen (Recommendations) und Basic Publications ab. Alle Aktivitäten der verschiedenen Komitees werden vom BIML in Paris koordiniert, dem neben dem BIML-Direktor und den zwei Vize-Direktoren weitere acht Mitarbeiter angehören. Das BIML organisiert auch technische Seminare zu aktuellen Themen und sorgt für den internationalen Austausch zwischen technischen Experten.

Die OIML erarbeitet in ihren Technischen Komitees u. a. modellhafte gesetzliche Regelungen, die als internationale Dokumente veröffentlicht werden und einen Rahmen für nationale gesetzliche Regelungen darstellen. OIML-Dokumente finden zunehmend Eingang in nationale Gesetzgebungen. Neben diesen Dokumenten gibt es OIML-Empfehlungen (Recommendations), die sicherstellen, dass Produkte (Messgeräte) international einheitliche Anforderungen an die metrologische Leistungsfähigkeit erfüllen und Prüfverfahren für bestimmte Messgerätearten sowie die entsprechende Dokumentation von Prüfergebnissen einheitlich sind. Dies verhindert, wie schon betont, eine unnötige Wiederholung von einmal durchgeführten Prüfungen. Neben Dokumenten und Empfehlungen erarbeitet, aktualisiert und veröffentlicht die OIML Basis Publications, Expert Reports, Guides, Seminar Reports und das Internationale Wörterbuch für das gesetzliche Messwesen (VIML), die alle kostenlos über die OIML-Webseite (www.oiml.org) zur Verfügung gestellt werden.

Die OIML arbeitet mit mehr als 50 internationalen und regionalen Organisationen zusammen und hat in den letzten Jahren mehrere Memoranda of Understanding (MoU) mit vielen Partnerorganisationen abgeschlossen, darunter BIPM, ILAC, IAF, ISO und seit Oktober 2011 auch mit IEC. Sehr gute Kontakte bestehen auch zur IMEKO, zur UNIDO und zur WTO. Regelmäßige Kontakte gibt es darüber hinaus zu allen regionalen Metrologieorganisationen für das gesetzliche Messwesen wie z. B. zu WELMEC in Europa. Die Aufgabe der OIML besteht auch darin, diese regionalen Organisationen zusammenzubringen und durch Information und Erfahrungsaustausch für eine Harmonisierung der Grundlagen des gesetzlichen Messwesens auf globaler Ebene zu sorgen. Gleichzeitig müssen regionale oder internationale Entwicklungen aufgegriffen und für eine internationale Abstimmung gesorgt werden.

Die OIML hat in den über 50 Jahren ihres Bestehens aufgrund des Globalisierungsprozesses und der Zunahme des internationalen Handels und Warenverkehrs immer mehr an Bedeutung gewonnen. Praktisch alle Regionen weltweit verwenden inzwischen OIML-Dokumente und -Empfehlungen als Basis für ihre jeweiligen nationalen gesetzlichen Regelungen. Es ist maßgeblich der OIML zu verdanken, dass Handelsbarrieren für Messgeräte erheblich geringer geworden sind. In Zukunft wird die zentrale Aufgabe der OIML darin liegen, auch bei zunehmender Komplexität moderner Messgeräte und Messsysteme, wie z. B. der „Smart Meter“, international abgestimmte technische Anforderungen zu definieren und durchzusetzen. Durch die zunehmende Vernetzung von messtechnischer Infrastruktur kommt auch dem Schutz dieser Infrastruktur sowie dem Thema Datenschutz eine steigende Bedeutung zu. Diese Entwicklung führt dazu, dass die OIML als weltweite Schaltstelle des gesetzlichen Messwesens unverzichtbar geworden und in ihrer ganzen Breite nicht mehr wegzudenken ist. ■

1960 – Wellenlängendefinition des Meters

Die 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) definiert den Meter als das 1650763,73-fache der Wellenlänge des von ^{86}Kr beim Übergang zwischen den Zuständen $5d^5$ und $2p^{10}$ ausgesandten Lichts im Vakuum. Diese Definition basiert auf den Vorarbeiten von Wilhelm Kösters und Ernst Engelhardt in der PTR und der PTB, die über Jahrzehnte die Eignung verschiedener Spektrallinien für die interferometrische Längenmessung untersucht haben. Die Entwicklung führt zur Engelhardlampe, mit der die Längeneinheit um einen Faktor 100 genauer als mit dem internationalen Meterprototyp „Urmeter“ dargestellt werden kann.

1962 – Josephson-Effekt

Brian D. Jospehson beschreibt den Tunnelstrom zwischen zwei schwach gekoppelten Supraleitern (Josephson-Kontakt). Josephson-Kontakte sind metrologisch bedeutsam, da sie sowohl das Herzstück für den Josephson-Spannungsstandard als auch für supraleitende Quanteninterferometer (SQUIDs) bilden, die in der PTB intensiv entwickelt und als elektrische Präzisionssensoren genutzt werden.

1965 – Raunormale für die Industrie

Durch einen Präzisionsschleifprozess werden Oberflächen-Raunormale hergestellt, die erstmals eine objektive Vergleichbarkeit von Oberflächenmessungen mit Tastschnittgeräten ermöglichen und so zur verbesserten Fertigungskontrolle führen. Die Normale sind heute weltweit als PTB-Raunormale bekannt.

1967 – Forschungsreaktor FMRB

Am 3. Oktober wird im Forschungs- und Messreaktor Braunschweig (FMRB) zum ersten Mal eine sich selbst erhaltende Kettenreaktion der Kernspaltung erzeugt. Der FMRB hat die Aufgabe, Neutronen für die Grundlagenforschung, die Prüfung und Kalibrierung von Messinstrumenten und die Entwicklung neuer Messverfahren für die Dosimetrie zu produzieren.

1968 – Strichmaßkomparator mit Laserinterferometer

Für den Einsatz an einem von der Firma Heidenhain gelieferten Strichmaßkomparator werden in der PTB der 2-Moden-frequenzstabilisierte He-Ne-Laser sowie eine Auswerteelektronik für ein Heterodyn-Interferometer entwickelt.

1960

1961 – Umbenennung des DAMG

Das 1946 in der sowjetischen Besatzungszone gegründete Deutsche Amt für Maß und Gewicht (DAMG) wird in Deutsches Amt für Meßwesen (DAM) umbenannt. Es hat auf dem Gebiet der DDR die Aufgaben der früheren PTR übernommen. Ihm unterstehen auch die Eichdirektionen und Eichämter. Nach Zusammenlegung und Neustrukturierung erhält das DAM der DDR einen neuen Namen: Deutsches Amt für Messwesen und Warenprüfung (DAMW).

1961 – Martin Kersten wird PTB-Präsident

Martin Kersten (1906–1999) studiert Physik an der TH Berlin und der TH Stuttgart. Von 1946 hat er den Lehrstuhl für Experimentalphysik an der TH Dresden inne, danach an der Universität Jena. 1951 erhält er einen Ruf an die TH Aachen und verlässt die DDR. Von 1961 bis 1969 ist er Präsident der PTB. Mit Kersten übernimmt ein Wissenschaftler mit Industriepraxis u. a. bei Siemens & Halske und der Vakuumschmelze Hanau die Leitung der PTB. In seine Amtszeit fallen wichtige Entscheidungen wie der Ausbau des Arbeitsgebietes industrielle Messtechnik und der Bau des Forschungs- und Messreaktors FMRB.

1969 – Caesium-Atomuhr CS1

Kurz nach der Neudefinition der Zeiteinheit im Jahre 1967 stellt die PTB ihre primäre Caesium-Atomuhr mit einer abgeschätzten relativen Unsicherheit von unter 10^{-12} vor. Durch stetige Weiterentwicklung und Charakterisierung liegt die Unsicherheit 1986 schon bei $3 \cdot 10^{-14}$. Damit ist CS1 über lange Zeit die genaueste Uhr der Welt. Im Jahr 2011 war CS1 mit wenigen Unterbrechungen mehr als 40 Jahre in kontinuierlichem Betrieb und wird immer noch als primäres Normal für die deutsche und die internationale Zeit genutzt.

1969 – Eichgesetz und Einheitengesetz

Im Einheiten- und im Eichgesetz werden eine Reihe von Aufgaben der PTB definiert, wie z. B. die Realisierung der gesetzlichen Einheiten sowie die Baumusterprüfungen für Messgeräte. Neben der Grundlagenforschung nehmen diese gesetzlich definierten Aufgaben bis heute einen breiten Raum im Aufgabenspektrum der PTB ein. Als Bundesoberbehörde führt die PTB die Aufsicht über das Messwesen.

1970 – Grundkreisbasierte Evolventennormale

Die Entwicklung grundkreisbasierter Evolventennormale und der zugehörigen Messeinrichtung ermöglicht erstmals die hochgenaue und dennoch einfache Kalibrierung von Verzahnungsmessgeräten.

1972 – Kryokomparatoren verbessern Strommessung

Mit Stromkomparatoren kann man Verhältnisse von elektrischen Stromstärken auf Windungszahlverhältnisse zurückführen. Mit besonders gestalteten supraleitenden Abschirmungen, die allerdings in flüssigem Helium betrieben werden müssen, vermeidet man die Übersetzungsfehler klassischer Komparatoren. Die PTB ereicht eine Verbesserung um vier Größenordnungen auf $1 \cdot 10^{-10}$.

1972

1970 – Ulrich Stille wird PTB-Präsident

Ulrich Stille (1910–1976) ist der letzte Doktorand des Nobelpreisträgers James Franck in Göttingen. Stille habilitiert sich an der TU Braunschweig, tritt 1948 in die spätere PTB ein, übernimmt 1958 die Leitung der Abteilung Mechanik und wird 1969 Vizepräsident. Von 1970 bis 1975 ist er Präsident der PTB. Sein 1955 erschienenes Buch „Messen und Rechnen in der Physik“ wird ein Standardwerk der Metrologie.

1972 – Erster einheitlicher Wert für die Josephson-Konstante

Nachdem es vier metrologischen Staatsinstituten in den USA, Großbritannien, Australien und Deutschland gelungen ist, die Spannungseinheit Volt mit Hilfe des Josephson-Effekts zu reproduzieren, wird von der Meterkonvention ein erster Wert für die Josephson-Konstante $h/2e$ festgelegt. Die von der PTB erzielte relative Gesamtmessunsicherheit beträgt $4 \cdot 10^{-8}$.

1974 – Ionenbeschleuniger

Die Ionenbeschleunigeranlage im heutigen Chadwick-Bau, bestehend aus einem Van-de-Graaff-Beschleuniger und einem Zyklotron, geht nach zweijähriger Bauzeit in Betrieb. Damit stehen der PTB die zu diesem Zeitpunkt modernsten und leistungsfähigsten Geräte zur Herstellung schneller Neutronen zur Verfügung.

1973 – Umbenennung des DAMW in ASMW

Nach Zusammenlegung mit dem Amt für Standardisierung erhält das DAMW der DDR den Namen Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung (ASMW).

1973 – Helmholtz-Preis

Anlässlich seines 60-jährigen Bestehens ruft der Helmholtz-Fonds erstmalig den Helmholtz-Preis aus. Mit der Stiftung dieses Preises werden seitdem im Abstand von zwei bis drei Jahren hervorragende wissenschaftliche und technische Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Messtechnik ausgezeichnet.

1975 – Erste Koordinatenmessgeräte in der PTB

Aus der Zahnrad- und Gewindemesstechnik entwickelt sich in der PTB die Koordinatenmesstechnik. Die erste Koordinatenmessmaschine wird von SIP geliefert. Im selben Jahr stellt die Firma Zeiss der PTB eine weitere Maschine leihweise zur Verfügung.

1976 – Endlagerung radioaktiver Abfälle

Die Zuständigkeit für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle wird der PTB übertragen (AtG vom 30.10.1976). Sie handelt hierbei nach den fachlichen Weisungen des für die kerntechnische Sicherheit und den Strahlenschutz zuständigen Bundesministers.

1973

1975 – Dieter Kind wird PTB-Präsident

Dieter Kind (geb. 1929 in Reichenberg/Böhmen) studiert an der TH Berlin und an der TU München. Er promoviert auf dem Gebiet der Hochspannungstechnik. Nach einer längeren Industrietätigkeit erhält er einen Ruf an die TU Braunschweig. Mit Dieter Kind übernimmt erstmals ein Ingenieur das Präsidentenamt der PTB. Seine Präsidentschaft dauert 20 Jahre. In seine Amtszeit fallen als große Herausforderungen die Wiedervereinigung Deutschlands und damit auch die Vereinigung der Metrologie sowie die nachfolgende restriktive Personalpolitik des Bundes. Von 1984 bis 1996 ist Dieter Kind zudem Präsident des Comité International des Poids et Mesures (CIPM) der Internationalen Meterkonvention.

1977 – Gründung des Deutschen Kalibrierdienstes

Mit der Gründung des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD) erhalten private Laboratorien die Möglichkeit, sich von der PTB akkreditieren zu lassen und dann selbständig Kalibrierungen für die Industrie auszuführen. Dadurch kann das Gros der Kalibrierungen privatwirtschaftlich erfolgen, während die PTB sich auf wenige Aufträge mit besonders hohen Anforderungen beschränken kann – insbesondere, wenn diese den direkten Vergleich mit den nationalen Normalen erfordern. Die Leitung des DKD liegt in den Händen der PTB.

1978 – Zeitgesetz

Im Zeitgesetz wird der PTB die Aufgabe übertragen, die für das öffentliche Leben in Deutschland maßgebende Zeit darzustellen und zu verbreiten. Die mitteleuropäische Zeit (MEZ) bzw. die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) werden in der PTB direkt von den Caesium-Atomuhren abgeleitet.

1979 – Gründung von BESSY

Am 5. März wird der Rahmenvertrag über Errichtung und Betrieb der 800-MeV-Elektronenspeicherringanlage BESSY (Berliner Elektronen-Speicherring für Synchrotronstrahlung) – später BESSY I genannt – unterzeichnet, u. a. auch von der PTB.

1979 – Kooperation mit China

Nach Kontakten zwischen PTB-Wissenschaftlern und chinesischen Metrologen seit 1976 schließen Deutschland und China eine erste, zunächst fünf Jahre gültige Vereinbarung über eine enge Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie. Sie wird in den folgenden Jahrzehnten regelmäßig verlängert.

1979

1977 – Planfeststellungsverfahren für das Endlager Gorleben

Nachdem die Niedersächsische Landesregierung ihre Bereitschaft erklärt hat, Anträge für die Errichtung eines atomaren Entsorgungszentrums auf dem Salzstock Gorleben zu prüfen, stellt die PTB aufgrund ihrer im Atomgesetz festgelegten Zuständigkeit im Sommer den erforderlichen Planfeststellungsantrag.

1977 – Plasmadiagnostik

Die spektrale Verbreiterung der Wasserstoff-Resonanzlinien L_α und L_β in Plasmen hoher Dichte wird als Indikator des Plasmazustands erstmals frei von Reabsorption in kalten Randzonen gemessen und der Einfluss der Ionenbewegung auf die Stark-Verbreiterung nachgewiesen.

1977 – Zusammensetzung und Aufgaben des Kuratoriums werden neu geregelt

Am 16. August wird im Bundesanzeiger eine neue Satzung der PTB bekannt gegeben, die in § 8 die noch aus Zeiten der PTA stammende Festlegung von Zusammensetzung und Aufgaben des Kuratoriums ablöst. Die Anzahl der Kuratoren und deren Amtszeit wird begrenzt und das Auswahlverfahren spezifiziert.

1980 – Inbetriebnahme des Berlin Magnetically Shielded Room (BMSR)

Der BMSR ist eine begehbare magnetisch abgeschirmte Kammer, deren Wände aus einer Kupferschicht (zur Wirbelstromabschirmung) und sechs Lagen Mu-Metall (einer hochpermeablen Legierung) bestehen. Für viele Jahre wird dies der magnetisch „ruhigste" Raum der Erde sein, in dem Messtechniken zur Untersuchung biomagnetischer Felder, z. B. der Herz-, Hirn- und Nervenaktivität des Menschen, entwickelt werden.

1980 – Quanten-Hall-Effekt zur Reproduzierung der Einheit Ohm

Gemeinsam mit seinem Entdecker Klaus von Klitzing, dem Physik-Nobelpreisträger von 1985, wird der Quanten-Hall-Effekt gemessen und seine Eignung für die hochpräzise Reproduzierung des Ohm, der Einheit des elektrischen Widerstandes, festgestellt. Durch eine internationale Übereinkunft wird der Quanten-Hall-Effekt ab 1990 weltweit zur Grundlage von Widerstandsmessungen.

1981 – Neubestimmung der Avogadro-Konstanten

Auf dem Weg zu einer Neubestimmung der Avogadro-Konstanten wird die Gitterkonstante von natürlichem, einkristallinem Silizium mit bisher nicht erreichter Präzision von $6 \cdot 10^{-8}$ gemessen und in der Zeitschrift „Physical Review Letters" veröffentlicht.

1982 – Planfeststellungsverfahren für das Endlager Schacht Konrad

Nach Vorliegen des positiven Untersuchungsberichts der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung über die Eignung des Erzbergwerks „Schacht Konrad" bei Salzgitter stellt die PTB den Antrag auf Einleitung eines Planfeststellungsverfahrens für ein Endlager für schwachradioaktive Abfälle und Abfälle aus stillgelegten kerntechnischen Anlagen.

1980

1985 – Klaus von Klitzing erhält den Nobelpreis

Klaus von Klitzing (geb. 1943 in Schroda/Posen) studiert Physik in Braunschweig, promoviert und habilitiert sich an der Universität Würzburg. Er erhält den Physik-Nobelpreis für die Entdeckung des Quanten-Hall-Effektes. Dieser spielt eine entscheidende Rolle bei der Neudefinition der Widerstandseinheit Ohm. Klaus von Klitzing ist Mitglied des Direktorenkollegiums des Stuttgarter Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung. Seine spätere Funktion als langjähriger stellvertretender Präsident des Kuratoriums unterstreicht von Klitzings enge Verbindung zur und sein Engagement für die PTB.

1984 – BESSY ist primäres Strahlungsnormal

Im Januar beginnt der reguläre Nutzerbetrieb des Speicherrings BESSY. Die PTB kann sehr schnell zeigen, dass BESSY vom Infraroten bis in den Bereich weicher Röntgenstrahlung als berechenbares Normal spektraler Strahlungsleistung, also als primäres Strahlernormal, genutzt werden kann.

1985 – Chaotische Laseremission

Theoretische Vorhersagen, dass die Laseremission für gewisse Laserparameter chaotisch werden müsse, werden erstmals in Experimenten in der PTB nachgewiesen. Mit Lasern im infraroten und sichtbaren Spektralbereich wird bestätigt, dass chaotische Dynamik für die gesamte Klasse der optisch angeregten Gaslaser typisch ist.

1986 – Zweite Caesium-Atomuhr CS2

Die PTB nimmt ihre zweite primäre Caesium-Atomuhr CS2 in Betrieb. Mit einer relativen Unsicherheit von $2{,}2 \cdot 10^{-14}$ ist sie die genaueste Uhr ihrer Zeit und erlaubt es erstmals auch, die geschätzte Unsicherheit von CS1 zu überprüfen. Sie wird 24 Jahre in ununterbrochenem Betrieb arbeiten, bevor 2010 ihr Caesiumvorrat erneuert werden muss.

1987

1987 – Gründung von EUROMET

14 (später 15) europäische Staaten vereinbaren eine enge metrologische Kooperation unter dem Dach von EUROMET. Der freiwillige Zusammenschluss entwickelt sich in den folgenden Jahren zu einer effektiven und unentbehrlichen Organisation für die Metrologie in Europa. Die Mitgliederzahl steigt mit dem Wegfall des Eisernen Vorhangs auf 25, später auf 33.

1987 – 100 Jahre PTR/PTB

Da die PTB in der Nachfolge der PTR steht, feiert sie ihr 100-jähriges Bestehen in Anwesenheit des Bundespräsidenten und vieler Gäste aus dem In- und Ausland. Als Gründungstag gilt der 28. März 1887, an dem der Deutsche Reichstag erstmalig einen Jahresetat für die PTR bewilligte.

Europäische Metrologie

Wolfgang Schmid

Mit dem Ziel, Foren für eine Koordinierung der Arbeiten der nationalen Metrologie-Institute (NMIs) zu schaffen, begann vor etwa drei Jahrzehnten die Gründung von regionalen Metrologie-Organisationen (RMOs), deren Zuschnitt sich an den großen Wirtschaftsregionen orientierte. Auch wenn die Zusammenarbeit innerhalb dieser RMOs keine rechtlich verbindlichen Verpflichtungen an die Mitglieder stellte, erwies sie sich doch als ausgesprochen erfolgreich: Die Fachkollegen aus verschiedenen NMIs einer Region tauschten sich wissenschaftlich aus, unterstützten sich gegenseitig bei der Rückführung ihrer nationalen Normale auf das internationale Einheitensystem SI, führten Vergleichsmessungen durch und arbeiteten in Forschungsprojekten zusammen.

In Europa wurde diese Zusammenarbeit 20 Jahre lang sehr erfolgreich durch EUROMET, die European Collaboration in Measurement Standards, koordiniert, die mit der Unterzeichnung des Memorandum of Understanding (MoU) in Madrid im September 1987 dem in den Siebzigerjahren entstandenen Western European Metrology Club (WEMC) folgte. EUROMET war offen für alle nationalen Metrologieinstitute der Europäischen Gemeinschaft, der EFTA und für eine entsprechende Einrichtung der Kommission der Europäischen Gemeinschaft, das Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM). Durch den Beitritt der zentral- und osteuropäischen Metrologieinstitute nach dem Ende der Spaltung Europas zählten die NMIs von 33 europäischen Ländern zu den Mitgliedern. Zum ersten Vorsitzenden von EUROMET wurde 1988 Paul Dean vom National Physical Laboratory (NPL) aus Großbritannien gewählt. Der letzte in der Reihe der EUROMET-Vorsitzenden war Michael Kühne (PTB).

Ab Ende der Neunzigerjahre waren es zwei Themen, die die Arbeit von EUROMET wesentlich prägten:

- Der Abschluss des Mutual Recognition Arrangement des CIPM (CIPM MRA) und die daraus sich ergebenden Aufgabenstellungen für EUROMET als europäische RMO.
- Die Planung einer verstärkten europäischen Zusammenarbeit insbesondere unter den zu erwartenden steigenden metrologischen Anforderungen einerseits und der Begrenztheit der nationalen finanziellen Ressourcen andererseits.

Die Unterzeichnung des CIPM MRA im Jahre 1999 zur gegenseitigen Anerkennung der nationalen Normale und der damit verbundenen Mess- und Kalibriermöglichkeiten (CMC) war ein wichtiger Meilenstein der internationalen Metrologie. Es sicherte die internationale Anerkennung der Kalibrierscheine der NMIs nach einer detaillierten Kompetenzüberprüfung, bei der die RMOs eine zentrale Funktion haben. EUROMET hat bei der Zusammenarbeit mit dem BIPM und den anderen RMOs im Joint Committee of the Regional Metrological Organisations and the BIPM (JCRB) stets eine aktive Rolle gespielt und die Grundprinzipien des MRA wesentlich mitgestaltet.

Die Frage, wie sich die metrologische Landschaft in Europa in den ersten beiden Jahrzehnten des 21. Jahrhunderts entwickeln müsste, um den Anforderungen von Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft im 21. Jahrhundert zu genügen, war der Auslöser zur EUROMET-Studie MERA („Planning the European Research Area in Metrology“). Diese Studie, durchgeführt von neun europäischen NMIs im Zeitraum von September 2002 bis November 2003, wurde im Rahmen des Programms „Competitive and Sustainable Growth“ von der EU unterstützt. Die Kernthese der Studie lässt sich wie folgt zusammenfassen: Die Durchführung gemeinsamer Forschungs- und Entwicklungsprojekte muss zur Kernaufgabe von EUROMET werden. Das beinhaltet metrologische Forschung und Entwicklung zur Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie und zur Bewahrung und Verbesserung der Lebensqualität in Europa.

Der MERA-Studie folgte das iMERA Projekt („implementing the European Research Area for Metrology“), ein ERANET-Projekt, das durch die EU im 6. Rahmenprogramm co-finanziert wurde. Die Zahl der Partner stieg bei iMERA auf 20, darunter fünf Ministerien europäischer Staaten. Kernziel war die Schaffung der Rahmenbedingungen für die Durchführung eines Forschungsprogramms in der Metrologie (EMRP = „European Metrology Research Progamme“) durch die NMIs auf der Basis des Artikels 169 des EG-Vertrages. Dieser Artikel besagt, dass sich die EU finanziell an der Durchführung eines Forschungsprogramms beteiligen kann, das von mehreren Mitgliedsstaaten durchgeführt wird, wenn das Europäische Parlament und der Ministerrat der EU zustimmen. Für die Projektpartner bestanden die Hauptaufgaben im

- Aufbau einer Organisation, die in der Lage ist, ein solches europäisches Forschungsprogramm durchzuführen, sowie
- der inhaltlichen Entwicklung des EMRP für einen Zeitrahmen von sieben Jahren.

Die verschiedenen Möglichkeiten zum Aufbau einer solchen Organisation wurden eingehend unter Einbeziehung aller EUROMET-Mitglieder diskutiert. Schließlich wurde beschlossen, eine neue Organisation EURAMET, die European

Bild rechts:
Gründungsversammlung von EURAMET am 11. Januar 2007 in Berlin

Bild unten:
Logo von EURAMET

Association of National Metrology Institutes, zu gründen, welche die Aktivitäten von EUROMET weiterführt und darüber hinaus das EMRP organisiert. Als eingetragener Verein besitzt EURAMET e. V. nunmehr eigene Rechtsfähigkeit und kann damit als Vertragspartner der Europäischen Kommission bei der Durchführung eines Europäischen Forschungsprogramms auftreten. Am 11. Januar 2007 war es so weit: Im Berliner Institut der PTB wurde EURAMET als eingetragener Verein mit Sitz in Braunschweig gegründet. Michael Kühne wurde zum ersten Vorsitzenden gewählt. Zum 1. Juli 2007 nahm EURAMET die Arbeit als regionale Metrologieorganisation Europas auf und wurde vom BIPM als Nachfolgeorganisation von EUROMET im CIPM MRA anerkannt. EUROMET wurde anschließend aufgelöst.

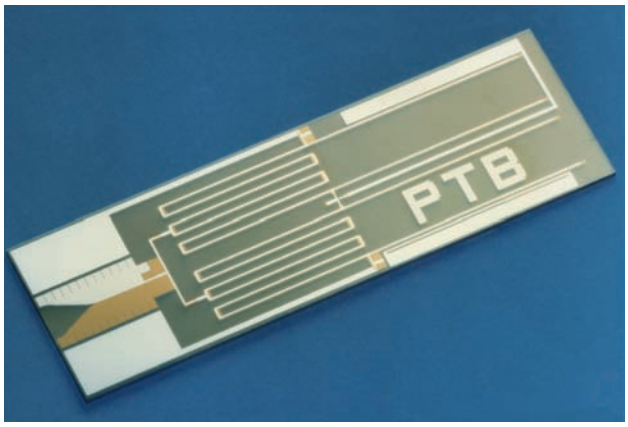
Inzwischen zählt EURAMET 37 europäische NMIs als Mitglieder sowie das IRMM der Europäischen Kommission und 71 Designierte Institute als assoziierte Mitglieder. Das zentrale Entscheidungsgremium ist die Generalversammlung, in der jedes Mitglieds-NMI durch einen Delegierten vertreten ist. Alle Entscheidungen, welche das EMRP betreffen, werden in einem eigenen EMRP-Komitee getroffen. EURAMET wird von einem Vorsitzenden und seinen zwei Stellvertretern geleitet, unterstützt durch ein 6-köpfiges Direktorium (Board of Directors). Allgemeine Management- und Verwaltungsaufgaben werden in der Geschäftsstelle mit Hauptsitz auf dem Gelände der PTB in Braunschweig durchgeführt. Für das Management des EMRP wurde eine Zweigstelle mit Sitz am NPL in Teddington (UK) eingerichtet. Diese permanenten Strukturen gewährleisten die Kontinuität der Arbeiten in EURAMET.

Parallel zu den iMERA-Aktivitäten zur Schaffung der Strukturen für ein EMRP begannen die Arbeiten zur Erstellung der Inhalte für das EMRP. Die EU-Kommission stand diesem Vorhaben von Anfang an positiv gegenüber, jedoch ergaben sich Verzögerungen durch die limitierten Finanzierungsmöglichkeiten. Aus diesem Grund genehmigte die Kommission zunächst als Überbrückungsmaßnahme eine Förderung im Rahmen von iMERA-Plus mit einem Gesamtvolumen von 65 Mio. € (davon 21 Mio. € der EU) bei einer Laufzeit von drei Jahren. 2008 starteten 21 Forschungsprojekte, welche immer die Zusammenarbeit von mehreren NMIs in Joint Research Projects (JRP) zur Voraussetzung haben. Die von EURAMET eingesetzten Verfahren zur Projektbewertung, insbesondere das zentrale Auswahlverfahren auf der Basis einer Beurteilungskonferenz (Review Conference), haben sich als ein ausgezeichnetes Mittel zur kompetenten und ausgewogenen Projektbewertung erwiesen.

Die Zustimmung zu einem größeren Programm im Rahmen des Artikels 169 mit einem Gesamtvolumen von 400 Mio. € (davon 50 % von der EU) und einer Laufzeit von 7 Jahren erfolgte in der Jahresmitte 2009 durch Europaparlament und Ministerrat. Bereits im gleichen Jahr wurde der erste Call im Bereich „Metrology for Energy“ veröffentlicht. Anfang 2010 starteten die zugehörigen Projekte. Seitdem werden im Jahresrhythmus Calls in verschiedenen metrologischen Bereichen durchgeführt. Eine Übersicht zu den laufenden und noch ausstehenden Calls und JRPs findet man auf der Website von EURAMET [EMRP – Calls and Projects, http://www.euramet.org].

Mit der Schaffung von EURAMET und der erfolgreichen Durchführung des europäischen Metrologie-Forschungsprogramms EMRP hat die europäische Metrologie einen großen Entwicklungsschritt getan. Auch wenn dieses EMRP die Motivation für die Weiterentwicklung der europäischen Metrologiestruktur und für die Gründung von EURAMET war, dessen Schwerpunktaktivität es auch darstellt, so ist dies doch bei Weitem nicht die einzige Herausforderung, der sich EURAMET in Zukunft stellen muss. Ziel ist es auch, ein ausgewogenes Programm in allen relevanten Handlungsfeldern der Zusammenarbeit zu entwickeln und dabei die Ergebnisse des EMRP einem weiteren Kreise als den daran direkt beteiligten Instituten nutzbar zu machen. Beispielsweise ist die Unterstützung der „jungen“ Mitglieder beim Aufbau ihrer nationalen Metrologie-Infrastruktur ein wichtiger Schwerpunkt, dem sich EURAMET mit Trainings- und Beratungsprogrammen widmet.

2011 hat EURAMET eine „Strategy 2020“ formuliert, die besagt: „Our vision is to be the leader in the development and the application of measurement enabling Europe to be competitive, healthy and sustainable through innovation.“ ■



1987 – Erstmalige Messung magnetischer Signale aus dem Hirnstamm

Magnetoenzephalografie (MEG), das magnetische Pendant zum EEG, ist in den 80er-Jahren eine Disziplin im Aufbruch. Allerdings beschränken sich die Untersuchungen auf kortikale biomagnetische Signale, da der Nachweis tieferer Quellen als nicht messbar gilt, bis es einem Team der PTB und der Universität Münster gelingt, im BMSR biomagnetische Signale aus dem Hirnstamm zu detektieren.

1987 – Konformität in der Audiometrie

Durch die Einführung von messtechnischen Kontrollen für Audiometer wird das menschliche „Goldene Ohr" der Audiometristin durch eine metrologisch abgesicherte Kalibrierung ersetzt.

1987 – Josephson-Spannungsnormal

Die Erzeugung der Spannungseinheit Volt mit einer Reproduzierbarkeit von etwa $7 \cdot 10^{-13}$ gelingt mit Hilfe einer Reihenschaltung von 1400 Josephson-Tunnelelementen. Die Frequenz der in das Josephson-Spannungsnormal eingespeisten Mikrowellenstrahlung ist auf die Atomuhr der PTB stabilisiert.

1989 – Ausgliederung der radioaktiven Abfälle und Kernbrennstoffe

Die Zuständigkeit für die Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle sowie für die staatliche Verwahrung und die Genehmigungen zur Beförderung und Aufbewahrung von Kernbrennstoffen wird am 9. Oktober mit dem Gesetz über die Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) an diese neue selbständige Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit übertragen. Die Abteilung der PTB, die diese Aufgaben bisher wahrgenommen hat, wird in das BfS integriert. Die Betreuung des Betriebs der entsprechenden Anlagen des Bundes sowie sämtliche Unterlagen werden an das BfS abgegeben.

1990 – WELMEC Memorandum of Understanding

WELMEC, die West-Europäische Kooperation für das gesetzliche Messwesen, wird am 8. Juni durch die Unterschriften von Repräsentanten aus 13 europäischen Ländern unter ein Memorandum of Understanding gegründet. Heute wirken insgesamt 37 Länder mit. Es bestehen zahlreiche Kontakte zu anderen europäischen und internationalen Organisationen.

1987

1990 – Die Internationale Temperaturskala von 1990 (ITS-90)

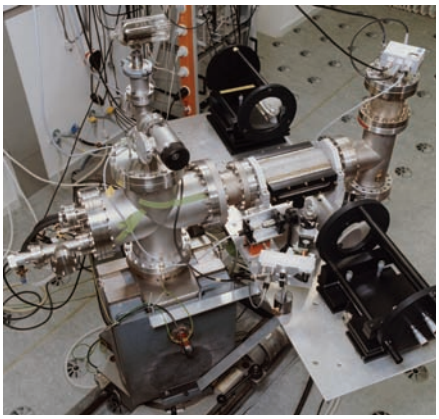
Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts gewährleistet eine ständig weiterentwickelte und verbesserte Internationale Temperaturskala weltweit einheitliche Temperaturmessungen. Die derzeit gültige ITS-90 erstreckt sich von 0,65 K bis zu den höchsten Temperaturen, die unter Anwendung des Planck'schen Strahlungsgesetzes messbar sind. Die strahlungsthermometrischen Messungen von Hans-Joachim Jung und Joachim Fischer in der PTB bilden die Grundlage des Hochtemperaturbereichs der ITS-90.

1990 – Übernahme von Personal des ASMW

In Ausführung des Einigungsvertrages übernimmt die PTB auf 365 Dauer- und fünfzig 18-Monats-Stellen Beschäftigte überwiegend aus dem Bereich Messwesen des ASMW. Dank ausgezeichneter Zusammenarbeit der Beteiligten halten fast alle vor Weihnachten ihren Arbeitsvertrag und damit ein Stück positive Zukunft in der Hand.

1991 – Neustrukturierung der PTB nach der deutschen Vereinigung

Im März legt Präsident Kind ein Memorandum „Die PTB nach der deutschen Vereinigung" vor, das die neue Struktur der PTB für eine effektive Bewältigung ihrer Aufgaben im vereinigten Deutschland beschreibt. Die vom ASMW übernommenen Mitarbeiter werden den entsprechenden Arbeitsgebieten der PTB in Braunschweig und Berlin-Charlottenburg zugeordnet mit dem Ziel, mittelfristig mit ihren Arbeitsplätzen dort angesiedelt zu sein. In Berlin entstehen zwei Fachabteilungen, unterstützt durch eine Verwaltungs- und eine technische Infrastruktureinheit.



1991 – Atominterferometrie

Mit einem rotierenden Calciumatom-interferometer wird in der PTB gezeigt, dass die Rotationsrate als Phasen- oder Frequenzverschiebung der Atomwellen über den Sagnac-Effekt ausgelesen werden kann. 20 Jahre später werden mit diesem Effekt genaueste Gyroskope entwickelt, die den besten mechanischen und Lasergyroskopen äquivalent sind.

1991 – Heisenberg-Bau

Der Heisenberg-Bau wird eingeweiht, ein speziell für elektrische Präzisionsmessungen ausgelegtes Laborgebäude für die Darstellung, Bewahrung und Weitergabe der elektrischen Einheiten Ohm, Volt und Ampere, in dem der Einfluss von elektromagnetischen, klimatischen und mechanischen Störungen minimiert ist.

1992 – Erste Arbeiten zur Metrologie in der Chemie

Mit der Gründung eines Laboratoriums für Metrologie in der Chemie beginnen in der PTB systematische Arbeiten zur Rückführung von analytischen Messungen in der Chemie auf das Internationale Einheitensystem SI. Die ersten thematischen Schwerpunkte sind die Darstellung der pH-Skala und die Evaluierung der Isotopenverdünnungs-Massenspektrometrie für den Einsatz in der metrologischen Rückführung. Die Arbeiten stehen in Zusammenhang mit der Gründung des Konsultativkomitees für die Stoffmenge bei der Meterkonvention und des entsprechenden EUROMET Subject Fields im Jahr 1993.

1993 – Reinraumzentrum

Mit dem Bau des Reinraumzentrums trägt die PTB der Entwicklung der Präzisionsmesstechnik Rechnung, die zunehmend Fertigungsverfahren für nanoelektrische Schaltungen und Quantennormale, die Stärkung des Arbeitsgebiets Elektrische Quantenmetrologie sowie die Bearbeitung von Aufgaben aus der Mikro- und Nanometrologie, der hochpräzisen Winkel- und Koordinatenmesstechnik und der optischen Metrologie in partikelarmer Umgebung erfordert.

1993

1993 – Metrologisches Rastertunnelmikroskop

Das sogenannte metrologische Rastertunnelmikroskop wird weltweit erstmals realisiert. Dieses Messgerät zeichnet sich u. a. dadurch aus, dass die Bewegung der Probe relativ zur Tunnelspitze mittels kapazitiver Sensoren hochgenau gemessen wird und so rückgeführte Längenmessungen an leitfähigen Nanostrukturen erlaubt.

1993 – Stelleneinsparungen

Mit dem Haushaltsgesetz 1993 beginnt eine jährliche Stelleneinsparung, ursprünglich mit dem Ziel, das Personal des Bundes auf den Stand vor der Deutschen Vereinigung zurückzuführen. Obwohl dieses Ziel bereits 2007 erreicht wird, hat die PTB bis Ende 2011 – trotz der massiven Warnung vor den volkswirtschaftlichen Folgen in zwei Evaluationsberichten mit exzellenten Ergebnissen – 425 Dauerstellen verloren.

1993 – Winkelkomparator

Der in Kooperation mit der Firma Heidenhain entwickelte Winkelkomparator erlaubt durch die Verwendung von Luftlagern sowie von zwei in ihren Relativlagen einstellbaren integrierten Winkel-Encodern die genauesten Messungen des ebenen Winkels über den gesamten Bereich von 360° (U = 0,002“).

Die Wiedervereinigung der Metrologie in Deutschland

Dieter Kind

1987, im Jahr des 100-jährigen Jubiläums der PTR/PTB, hatte sich die Teilung Deutschlands in zwei getrennte Staaten im Bewusstsein der meisten Menschen fest eingenistet. Quer durch Deutschland ging der Eiserne Vorhang, und die Berliner Mauer schien, abgesehen von wenigen politisch gewollten Ausnahmen, undurchlässig. Insbesondere waren für die Mitarbeiter des Bereichs Messwesen des Amtes für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung (ASMW) im Osten der geteilten Stadt Kontakte mit dem Institut Berlin der PTB durch die Politik der DDR grundsätzlich ausgeschlossen. Zufällige persönliche Begegnungen am Rande internationaler Veranstaltungen blieben seltene Ausnahmen.

Dennoch wurde auch der Präsident des ASMW zur Festveranstaltung am 27. März in Berlin eingeladen. Das Schreiben blieb jedoch unbeantwortet. Immerhin nahm der Präsident der PTB in seiner Ansprache darauf Bezug: „Leider besteht noch immer keine nennenswerte direkte Zusammenarbeit von PTB und ASMW. Wir haben jedoch die Hoffnung, dass die Besinnung auf die Gründung der PTR vor 100 Jahren in der Zukunft auch hier zu Formen der Zusammenarbeit führen wird, wie sie in der Metrologie weltweit üblich sind."

Im Laufe des Jahres führte die nicht zu leugnende gemeinsame Geschichte von PTB und ASMW doch noch zu inoffiziellen Signalen, die bewirkten, dass der Präsident des ASMW mit Zustimmung von höchster Stelle eine Einladung zur Festveranstaltung der PTB am 6. Oktober in Braunschweig annehmen durfte, wobei er schrieb, dass „wir unsere Zusammenarbeit aufbauen und organisieren" werden. Der PTB-Präsident begrüßte ihn mit den Worten: „Ich teile mit ihm die Hoffnung, dass seine Anwesenheit der Beginn einer fruchtbaren Zusammenarbeit von ASMW und PTB sein möge. Ich bin sicher, dass die Mitarbeiter beider Institutionen alle Möglichkeiten zum wissenschaftlichen Austausch gern aufgreifen werden."

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

Bild rechts: Titelseite der PTB-Mitteilungen zur Wiedervereinigung der Metrologie in Deutschland

Die ASMW-Delegation konnte nach ihrer Rückkehr in Ostberlin berichten, dass es in Braunschweig „keine politische oder wissenschaftliche Diskriminierung, keine Versuche zur Abwerbung oder falsche oder ungenaue Bezeichnungen" der DDR oder des ASMW gegeben und sogar eine Begegnung mit dem Bundespräsidenten stattgefunden habe. Damit war der Weg frei für eine Entwicklung der Zusammenarbeit. Angeregt durch die Aktivitäten der PTB, wollte auch das ASMW im Jubiläumsjahr seine internationale Bedeutung hervorheben, wählte aber für sein „Festliches wissenschaftliches Kolloquium" am 10. Dezember den politisch unverfänglichen Titel „100 Jahre Staatliche Metrologie". Auch der Präsident der PTB war mit einem Grußwort beteiligt, wurde jedoch nicht in dieser Eigenschaft, sondern lediglich als Präsident des CIPM angesprochen, da die PTB ja ihren Sitz auch in Westberlin hat, was für die DDR inakzeptabel war. Im Anschluss daran besuchten leitende PTB-Mitarbeiter erstmals die Laboratorien des ASMW in Berlin-Friedrichshagen und erhielten dabei Informationen über Gliederung, Arbeitsgebiete und experimentelle Einrichtungen des Bereichs Messwesen. Bei dieser Gelegenheit wurden auch erste Überlegungen für einen wissenschaftlichen Austausch angestellt und die Entwicklung einer zukünftigen Zusammenarbeit besprochen.

Nach dem später als „Wende" bezeichneten Fall der Berliner Mauer am 9. November 1989, den ersten demokratischen Volkskammerwahlen am 18. März 1990, dem Inkrafttreten der Währungsunion am 1. Juli und der Unterzeichnung des Einigungsvertrages am 31. August war der Weg frei zum Beitritt der DDR zur Bundesrepublik Deutschland am 3. Oktober. Als unmittelbare Folge der politischen Wiedervereinigung Deutschlands wurde gemäß dem Einigungsvertrag das ASMW aufgelöst und die PTB durch Erlass des Bundesministeriums für Wirtschaft beauftragt, am 23 ha großen Standort in Friedrichshagen eine Außenstelle zu errichten. Für viele der zuletzt dort etwa 3000 Beschäftigten bedeutete diese Entwicklung zwar zunächst eine Unsicherheit für ihre berufliche Existenzgrundlage, schließlich aber doch auch eine begründete Hoffnung auf eine positive Zukunft.

Abgesehen von den Leitungsstellen oberhalb der Fachabteilungen wurden die Beschäftigungsverhältnisse bis 31. Dezember 1990 verlängert. So setzten auch die 500 Berliner Mitarbeiter des

Bereichs Messwesen ihre Arbeit zunächst fort. Trotz großer Erschwernisse durch mangelhafte Telefon- und Verkehrsverbindungen mit Friedrichshagen konnte die Mehrzahl von ihnen nach einer erfolgreichen Bewerbung rechtzeitig von der PTB in Friedrichshagen, Charlottenburg oder Braunschweig übernommen werden. Hierfür waren in einem Nachtragshaushalt 365 Dauerstellen und 50 auf 18 Monate begrenzte Zeitstellen bewilligt worden.

Der Bundesminister für Wirtschaft hatte der PTB nicht nur das Gelände in Friedrichshagen mit allen Einrichtungen und Gebäuden übertragen, sondern auch die treuhänderische Verwaltung der Dienststellen des später von den neuen Bundesländern zu übernehmenden Eichwesens. Diese große zusätzliche Aufgabe wurde in Zusammenarbeit mit den alten Bundesländern gelöst. So fanden auch viele der außerhalb von Berlin Beschäftigten des Bereichs Messwesen des ASMW später in den fünf neuen Bundesländern eine angemessene Fortsetzung ihres Berufsweges.

Frühere Vorschläge für gemeinsame metrologische Vorhaben hatten der PTB einen Einblick in bis dahin als geheim behandelte organisatorische und fachliche Interna des ASMW verschafft. Auch entwickelte sich bald ein guter persönlicher Kontakt zwischen den beteiligten Partnern. Auf dieser Grundlage konnte bereits am 27. April 1990 dem Bundesministerium für Wirtschaft eine begründete Grobstruktur für eine am Aufgabenumfang orientierte Eingliederung eines Teils der in Ost-Berlin tätigen Mitarbeiter des Bereichs Messwesen vorgelegt werden, die die Zustimmung des Ministeriums fand.

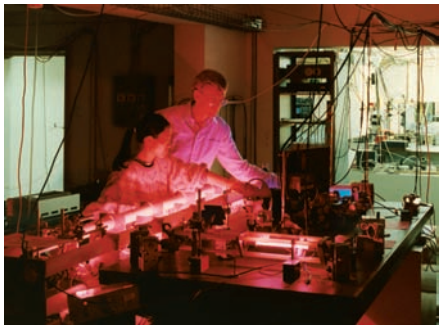
Was sich im Rückblick wie ein normaler Verwaltungsvorgang darstellt, war in Wirklichkeit ein nur mit großem persönlichem Einsatz zu bewältigender Kraftakt, den Mitarbeiter der PTB aus den wissenschaftlichen Abteilungen und insbesondere auch aus der Verwaltung in guter Zusammenarbeit mit den Personalvertretungen zu leisten hatten. Schließlich musste den neuen Kolleginnen und Kollegen in möglichst kurzer Zeit eine Gewissheit über ihre berufliche Perspektive eröffnet werden. Bis Jahresende 1990 wurden etwa 80 % aller Einstellungsvorgänge abgeschlossen. Die Akzeptanz für diesen Prozess wurde allerdings erschwert durch die unterschiedliche Vergütung der Beschäftigten in Ost und West.

Ein Jahr später wurde dem Kuratorium der PTB auf seiner Sitzung in Berlin am 22. April 1991 ein Memorandum „Die PTB nach der deutschen Vereinigung“ vorgelegt. Die Diskussion dieser wichtigen Schrift ergab für eine erweiterte Struktur in Berlin eine grundsätzliche Zustimmung. Etwa ab Mitte 1991 sollten in Charlottenburg die Abteilungen „Temperatur und Synchrotronstrahlung“ und „Medizinische Messtechnik und Informationstechnik“ eingerichtet werden. Außerdem sollte der Dienststellenteil Institut Berlin in neuer Bedeutung seines traditionellen Namens auch für die Infrastruktur in Friedrichshagen zuständig sein. Als Arbeitsschwerpunkte wurden dort unter anderem der Messtechnische Dienst und die Metrologische Informationstechnik festgelegt. Ferner sollten einige der Laboratorien fachlich von den zuständigen Abteilungen in Braunschweig und Charlottenburg mitbetreut werden.

Eine besonders schwerwiegende Planung betraf die langfristige Zukunft der nunmehr drei PTB-Standorte. Es ging um die Frage, ob die PTB zur Verminderung des Aufwands an Infrastruktur nicht langfristig auf einen der drei Standorte verzichten könne. Dazu kam das Memorandum unter dem Begriff „PTB 2000“ sinngemäß zu folgendem Ergebnis: Eine Aufgabe des Standorts Braunschweig erschien ausgeschlossen, denn dort waren auf einem idealen 100 ha großen Gelände hervorragende Gebäude und Einrichtungen für anspruchsvolle experimentelle Arbeiten vorhanden. Der Teilbereich Charlottenburg war der Traditionsstandort der PTR, für den Werner von Siemens dem Deutschen Reich das Grundstück aus seinem Privatvermögen übereignet hatte. Dieser Standort im Zentrum Berlins ist auch wegen der Nähe zu Universitäten, Kliniken und anderen wissenschaftlichen Einrichtungen von besonderem Wert und ebenfalls für die PTB unverzichtbar. Solche Argumente ließen sich für Friedrichshagen nicht finden. Verglichen mit Braunschweig und Charlottenburg waren die Gebäudesubstanz und vor allem die Infrastruktur dringend sanierungsbedürftig. Es war kaum ein zukünftiges PTB-Projekt denkbar, das man nicht doch besser an einem der beiden anderen Standorte realisieren sollte.

Aus heutiger Sicht hat sich der Plan, den Standort Friedrichshagen freiwillig schrittweise innerhalb eines Jahrzehnts aufzugeben, aus wirtschaftlichen Gründen als unumgänglich erwiesen. Verständlicherweise war diese Entscheidung für die dort früher Beschäftigten des ASMW zunächst eine Enttäuschung, doch haben sie es letzten Endes ausdrücklich begrüßt, dass sie frühzeitig über eine mögliche Verlegung ihres Arbeitsplatzes in der PTB unterrichtet wurden. Wo immer sie im Laufe der Jahre beruflich tätig wurden, haben sie sich durch ihre fachliche Kompetenz und engagierte Mitarbeit bis in die Leitungsebenen hohe Anerkennung erworben.

Tatsächlich hat sich die PTB am 2. Oktober 2001 in einer Veranstaltung, an der viele Gäste und vor allem auch ehemalige Mitarbeiter des ASMW teilnahmen, vom Standort Friedrichshagen würdig verabschiedet. Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt konnte somit räumlich konzentriert und personell verstärkt ihrer durch Wiedervereinigung und Globalisierung gewachsenen Verantwortung gerecht werden. ■



1995 – Optische Atomuhr

In der PTB wird die weltweit erste phasenkohärente Messung einer optischen Frequenz durch direkten Vergleich mit einer Caesium-Atomuhr durchgeführt. Mit der dafür aufgebauten Frequenzkette kann die Frequenz eines Lasers, der auf einen schmalen optischen Übergang im Calciumatom stabilisiert ist, in den Radiofrequenzbereich geteilt werden, ohne dass eine Schwingung der optischen Frequenz verloren geht. Die gesamte Anordnung ist das erste Beispiel von optischen Atomuhren, die in Zukunft die primären Caesium-Atomuhren hinsichtlich Stabilität und Genauigkeit übertreffen werden.

1994 – Multikanalsystem für den Biomagnetismus in der Klinik

Im Klinikum Benjamin Franklin in Berlin-Steglitz wird im dortigen Labor der PTB ein biomagnetisches Messsystem in Betrieb genommen, dessen Herzstück aus 83 SQUID-Magnetometern besteht. Diese Eigenentwicklung der PTB gilt noch viele Jahre später als weltweit empfindlichstes Multikanal-SQUID-System. Es dient zahlreichen interdisziplinären Forschungsgruppen als Untersuchungsgerät für kardiologische, neuronale, gastroenterologische, biochemische und physikalische Experimente.

1995 – Vakuum-UV-Sonnenradiometrie

Am 2. Dezember startet das Sonnenobservatorium SOHO von ESA und NASA. An Bord befinden sich Vakuum-UV-Spektrometer, die mit einer auf den Elektronenspeicherring BESSY I rückgeführten Kalibrierung die VUV-Strahlung der Sonne mit bisher nicht erreichter Genauigkeit messen.

1995 – Komparator für Maß und Form

Im Reinraumzentrum wird ein in der PTB entwickelter Komparator in Betrieb genommen, mit dem bisher nicht erreichte Messunsicherheiten von 20 nm für Durchmesser an Außen- und Innenstrukturen erreicht werden.

1995 – FMRB außer Betrieb

Der Forschungs- und Messreaktor Braunschweig FMRB wird am 19. Dezember endgültig abgeschaltet, weil sein Betrieb nicht mehr wirtschaftlich ist.

1994

1995 – Ernst O. Göbel wird Präsident der PTB

Ernst O. Göbel (geb. 1946 in Seelbach) studiert Physik, promoviert und habilitiert sich an der Universität Stuttgart. 1990 erhält er den Max-Born-Preis der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und des englischen Institute of Physics, 1991 den Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Förderpreis der Deutschen Forschungsgemeinschaft und 2010 das Bundesverdienstkreuz. Er ist von 1995 bis 2011 Präsident der PTB. Es gelingt ihm trotz Globalisierung und Sparzwang die hohe Qualität der PTB-Forschung zu sichern. Von 2004 bis 2011 ist er zudem Präsident des Comité International des Poids et Mesures (CIPM) in Paris.

1996 – Inbetriebnahme des ersten 3T-Ganzkörper-MR-Tomografen

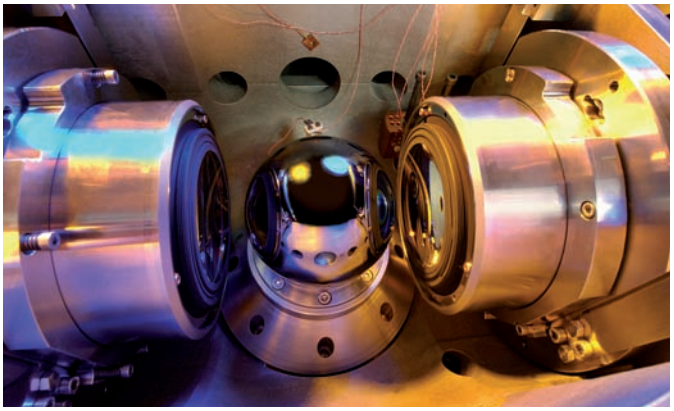
Als erste Institution in Deutschland nimmt die PTB in Berlin einen Ganzkörper-Magnetresonanztomografen mit einem 3-Tesla-Magneten in Betrieb. Er wird in den kommenden 10 Jahren für die Entwicklung neuartiger MR-Techniken zur medizinischen Bildgebung und Spektroskopie sowie für Untersuchungen zur Patientensicherheit eingesetzt.

1996 – Bestimmung der Feinstrukturkonstanten mit Neutronen

Wissenschaftler der PTB erhalten den Helmholtz-Preis für die Bestimmung der Feinstrukturkonstanten mit einer relativen Unsicherheit von $3{,}9 \cdot 10^{-8}$. Nach jahrelanger Vorarbeit am PTB-Reaktor und mithilfe von Neutronen aus dem Hochflussreaktor des Instituts Laue-Langevin in Grenoble gelang ihnen die Messung des Quotienten aus dem Planck'schen Wirkungsquantum und der Neutronenmasse. Die Feinstrukturkonstante ist ein Maß für die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung, und ihr genauer Wert wird vor allem zur Überprüfung der Theorie der Quantenelektrodynamik benötigt.

1996 – Messunsicherheitsberechnung durch Simulation

Ein universelles Rechenmodul VCMM ermöglicht erstmals die automatische Berechnung einer aufgabenspezifischen Messunsicherheit für beliebige prismatische Werkstücke auf Koordinatenmessgeräten. 2002 erhalten die Entwickler hierfür den Technologietransferpreis der Stadt Braunschweig.



1996 – Aufbau des ersten Kugelinterferometers

Der Aufbau eines grundlegend neuartigen optischen Vielstrahlinterferometers mit sphärischen Referenzflächen durch Gerhard Bönsch und Arnold Nicolaus ermöglicht die extrem genaue Erfassung vollständiger Durchmessertopografien von Referenzkugeln und bildet damit die Grundlage für die spätere Neubestimmung der Avogadro-Konstanten.

1998 – Mikrotaster

In Kooperation mit externen Partnern werden Mikrotaster zur dreidimensionalen Erfassung von Mikrostrukturen entwickelt. Die realisierten und erfolgreich in die Industrie transferierten Verfahren umfassen den auf visueller Signalübertragung basierenden opto-taktilen Sensor sowie – in 2004 – den ersten messenden 3D-Mikrotaster auf Basis von Silizium-Mikrotechnik.

1999

1999 – Ende des Betriebs von BESSY I und Beginn bei BESSY II

Am 29. und 30. März wird das Laboratorium der PTB am Elektronenspeicherring BESSY II in Berlin-Adlershof eingeweiht. Die Ausdehnung der Radiometrie mit Synchrotronstrahlung bis in den Bereich harter Röntgenstrahlung ist nun möglich. Der Betrieb von BESSY I wird am 26. November eingestellt.

1999 – Bilaterales Abkommen mit Japan

Das japanische National Research Laboratory of Metrology und die PTB unterzeichnen ein bilaterales Abkommen über die gegenseitige Anerkennung der Prüfergebnisse von nichtselbsttätigen Waagen. Dies ist ein Meilenstein auf dem Weg zum Abbau von technischen Handelshemmnissen für die Waagenindustrie der beiden Länder.

1999 – Darstellung der elektrischen Leistung

Die PTB stellt ein neues Verfahren zur Darstellung der elektrischen Leistung mit einer relativen Unsicherheit von 10^{-6} vor, bei dem Wechselspannungen und Wechselströme mit Hilfe von Abtasttechniken auf Gleichstromgrößen zurückgeführt werden.

1999 – Mutual Recognition Arrangement (MRA) des CIPM

Mit dem CIPM MRA wird eine weltweite Vereinbarung zur gegenseitigen Anerkennung von Prüfzertifikaten nationaler Metrologieinstitute beschlossen, die von 38 Mitgliedsstaaten der Meterkonvention unterzeichnet wird. Ziel ist die Erleichterung des globalen Handels.

1999 – Hochdruck-Erdgas-Normal

Zur Harmonisierung der Kalibrierketten für die Hochdruck-Erdgas-Mengenmessung in Deutschland und den Niederlanden vereinbaren die PTB und das Van Swinden Laboratorium (VSL) und ab 2004 auch das Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) in Frankreich die Bildung eines einheitlichen Bezugsniveaus, den „Harmonisierten Europäischen Erdgaskubikmeter", für die Weitergabe der Volumeneinheit von Hochdruck-Erdgas.

2000 – 2-MN-Kraft-Normalmesseinrichtung

Die weltweit zweitgrößte Kraft-Normalmesseinrichtung mit direkter Massewirkung (50 Belastungsscheiben mit 200 t Gesamtmasse) wird von Berlin-Friedrichshagen nach Braunschweig umgesetzt, modernisiert und neu in Betrieb genommen. Die 1979 im früheren ASMW gebaute Maschine hat eine Gesamthöhe von 17 m, erreicht eine Messunsicherheit von $2 \cdot 10^{-5}$ und garantiert die messtechnische Rückführung aller Kraftmessungen von 200 kN bis 2 MN in Deutschland und darüber hinaus.

1999 – Mikrowellenuhren und optische Uhren verbunden über den Frequenzkamm

Theodor W. Hänsch, Kurator der PTB, erfindet den Femtosekundenfrequenzkamm, mit dem beliebige Frequenzen im optischen Spektralbereich direkt mit zwei Frequenzen im Radiofrequenzbereich verkoppelt werden können. Neben vielen Anwendungen dieses neuartigen weißen Lichts in der Präzisionsspektroskopie und in der Technik stellt der Frequenzkamm ein universell verwendbares „Uhrwerk" für optische Atomuhren dar und verhilft diesen auf breiter Front zum Durchbruch. Diese Arbeiten werden 2005 mit dem Nobelpreis für Physik gewürdigt.

1999

2000 – Nanometerkomparator

Ein konsequent auf Fehlervermeidung bzw. -kompensation optimiertes Maschinendesign sowie die interferometrische Verschiebungsmessung unter Vakuumbedingungen erlauben erstmals Messungen an Längenteilungen bis 610 mm mit Unsicherheiten im nm-Bereich. Das Messgerät, der sogenannte Nanometerkomparator, wurde in Kooperation mit der Firma Heidenhain entwickelt.

2000 – Einweihung des Hermann-von-Helmholtz-Baus

Nach einer aufwendigen Restaurierung des im 2. Weltkrieg ausgebrannten ehemaligen Arbeitsschutzmuseums in Berlin-Charlottenburg wird dieses Baudenkmal am 20. Oktober als Hermann-von-Helmholtz-Bau in Betrieb genommen.

2000 – Nanostrukturuntersuchungen

Ein Rastersondenmikroskop wird mit Laserinterferometern in den Scan-Achsen ausgestattet und erlaubt so die rückgeführte dimensionelle Kalibrierung von nanostrukturierten Messobjekten über einen Messbereich von 70 µm.

2000 – Thermisches Neutronenfeld an der GKSS

Am Forschungsreaktor FRG-1 der Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH (GKSS) in Geesthacht wird das Referenzfeld der PTB für thermische Neutronen in Betrieb genommen.

2000 – Die Caesium-Fontänenuhr

Die Charakterisierung der neu entwickelten Caesium-Fontänenuhr CSF1 wird abgeschlossen. In ihr werden Caesiumatome bis auf 2 µK lasergekühlt und laufen zur Erzielung einer möglichst langen Abfragezeit auf einer ballistischen Flugbahn. Mit einer relativen Messunsicherheit von $1{,}5 \cdot 10^{-15}$ trägt CSF1 zur Realisierung der internationalen Atomzeit bei.

2000 – Berlin Magnetically Shielded Room II

Im Rahmen der neuen Nutzung des Hermann-von-Helmholtz-Baus werden ideale Bedingungen für die messtechnische Infrastruktur des Fachbereichs Biosignale geschaffen. Am spektakulärsten ist die Errichtung des BMSR II, der die Spezifikationen des BMSR I deutlich übertrifft und immer noch als der magnetisch am besten abgeschirmte Raum weltweit gilt. Neben biomagnetischen Messungen an der Grenze des Messbaren werden nur hier mögliche Untersuchungen an polarisierten Edelgasen durchgeführt.

2000 – Wärmezählerprüfstrecke

Die neue Wärmezählerprüfstecke im Hermann-von-Helmholtz-Bau in Berlin ist die größte Prüfanlage ihrer Art weltweit und verfügt über einen weiten Dynamikbereich (Volumenströme von 3 m^3/h bis 1000 m^3/h, Temperaturen von 3 °C bis 90 °C). Sie wird für Zulassungsprüfungen sowie für zahlreiche Forschungsprojekte eingesetzt.

2000 – Vorläufige Tieftemperaturskala PLTS-2000

Das Internationale Komitee für Maß und Gewicht (CIPM) beschließt im Oktober mit der Provisional Low Temperature Scale from 0.9 mK to 1 K (PLTS-2000) eine Ergänzung der Temperaturskala ITS-90. Die neue Skala, an deren Entstehung die PTB wesentlichen Anteil hat, ist vor allem in der Grundlagenforschung und bei den Herstellern von Kryostaten für ultratiefe Temperaturen von Bedeutung. Sie nutzt das Phasengleichgewicht zwischen der flüssigen und festen Phase des leichteren Heliumisotops ^{3}He.

2001

2001 – Schließung des Standorts Berlin-Friedrichshagen

Mit der deutschen Vereinigung wurde das Gelände des Amtes für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung (ASMW) der DDR in Berlin-Friedrichshagen an die PTB übertragen. Der danach in Gang gebrachte Prozess der Aufgabenkonzentration auf die Standorte in Braunschweig und Berlin-Charlottenburg dauert über zehn Jahre und wird am 2. Oktober mit einem festlichen Abschied abgeschlossen.

2001 – Bilaterales Abkommen mit der chinesischen AQSIQ

Die PTB und die chinesische AQSIQ (State General Administration of People's Republic of China for Quality Supervision and Inspection and Quarantine) unterzeichnen ein Kooperationsabkommen zur gegenseitigen Anerkennung von Messergebnissen bei Waagen.

Die PTB – metrologischer Dienstleister und Partner für Industrie, Wissenschaft und Gesellschaft

Roman Schwartz, Harald Bosse

Für einen modernen Industriestaat ist eine leistungsfähige Metrologie-Infrastruktur eine Grundvoraussetzung. Dafür unterhalten alle Industriestaaten ein nationales metrologisches Institut. In Deutschland ist dies die PTB. Der spezifische staatliche Auftrag für die PTB ist, eine international akzeptierte und leistungsfähige messtechnische Infrastruktur für Industrie und Handel, Wissenschaft und Gesellschaft bereitzustellen. Dabei geht es auch um das Vertrauen, das jeder Bürger – ob Verbraucher, Unternehmer oder Behörde – in die Zuverlässigkeit und Unparteilichkeit von Messungen haben muss.

Zu diesem seit 125 Jahren nahezu unverändert bestehenden Auftrag gehört es, ein breites Spektrum wissenschaftsbasierter Dienstleistungen anzubieten, die von der PTB verantwortet und vielfach im Verbund mit anderen nationalen Metrologieinstituten, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Industriepartnern erbracht werden. Für die exportorientierte Volkswirtschaft der Bundesrepublik Deutschland sind eine hochentwickelte messtechnische Infrastruktur und die Verfügbarkeit von metrologischem Know-how auf höchstem Niveau für die Entwicklung neuer Technologien eine ebenso unabdingbare Voraussetzung wie die internationale Akzeptanz der auf Messungen und Prüfungen beruhenden Zertifikate.

Die metrologische Forschung der PTB legt – in enger Zusammenarbeit mit Industrie und anderen Forschungseinrichtungen – nicht nur die Basis für die Realisierung der Einheiten und der entsprechenden Skalen, sondern schafft auch die Voraussetzung für genaues und zuverlässiges Messen und Prüfen für Industrie und Handel. Die Durchdringung moderner Produktionsprozesse mit einer den Herstelleransprüchen adäquaten Messtechnik ist eine entscheidende Voraussetzung für hohe Produktqualität und funktionierende Qualitätsmanagementsysteme in der Industrie. Dazu müssen alle relevanten Messergebnisse auf das Internationale Einheitensystem (SI) zurückgeführt werden, wie dies auch alle diesbezüglichen nationalen und internationalen Normen fordern.

Kalibrieren, Prüfen und Zertifizieren sind satzungsgemäße Aufgaben der PTB nach dem Einheiten- und Zeitgesetz [zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 3. Juli 2008 (BGBl. I S. 1185)] sowie dem Eichgesetz [zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. März 2011 (BGBl. I S. 338)] und gehören zu den klassischen messtechnischen Dienstleistungen für die Wirtschaft. Im weiteren Sinne werden aber auch FuE-Kooperationen mit der Industrie als Dienstleistungen verstanden. In den letzten Jahren haben solche Projekte insbesondere mit kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) zugenommen, was durch spezielle Förderprogramme der Bundesregierung auf dem Gebiet der Messtechnik unterstützt wird.

Kalibrierungen haben für die Industrie eine große wirtschaftliche Bedeutung in der Produktion, aber auch als Qualitätsargument. Um den stark wachsenden Bedarf an Kalibrierungen abdecken zu können, wurde 1977 der Deutsche Kalibrierdienst (DKD) gegründet, dessen Akkreditierungsstelle am 17.12.2009 in die neue Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) überführt wurde. Eine hierarchische Struktur der Rückführbarkeit der Normale der meist privatwirtschaftlich arbeitenden Kalibrierlaboratorien auf die Normale der PTB gewährleistet die Einheitlichkeit der Maße und Gewichte unter Berücksichtigung der Messunsicherheit. Bei den regelmäßigen Kalibrierungen der Bezugsnormale der akkreditierten Laboratorien spielen die klassischen Gebiete der Messtechnik die größte Rolle: mechanische Messgrößen wie Masse, Kraft, Drehmoment, Druck, Beschleunigung, Durchfluss (Gase und Flüssigkeiten), aber auch akustische, elektrische, optische, thermische und dimensionelle Messgrößen. Alle dafür eingesetzten Messmöglichkeiten sind in das Qualitätsmanagementsystem (QMS) der PTB integriert, das international anerkannt die Anforderungen der ISO/IEC 17025 sowie die Prinzipien der ISO 9001:2000 erfüllt.

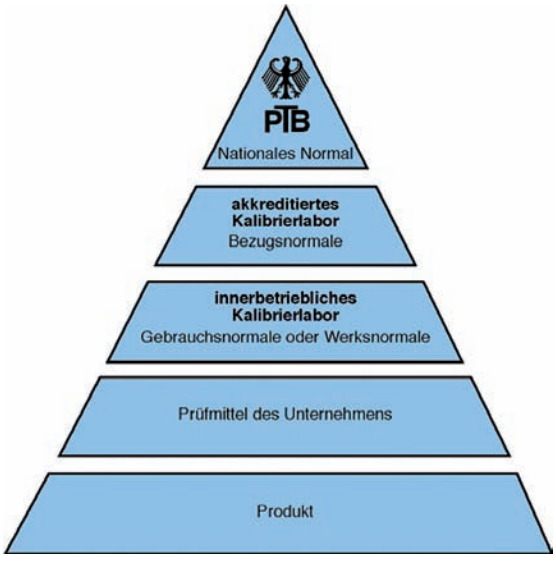


Bild rechts: „Rückführungspyramide“ von Produktkalibrierungen auf die Normale der PTB

Bild rechte Seite: Geschwindigkeitsüberwachung im Straßenverkehr

Neben den Kalibrierungen gehören zum Dienstleistungs-Portfolio der PTB auch Konformitätsbewertungen, d. h. Prüfungen, Bauartzulassungen und Zertifizierungen von Messgeräten und Messsystemen auf der Grundlage einer Vielzahl von nationalen und europäischen Richtlinien und Verordnungen, beispielsweise der 2006 in Kraft getretenen europäischen Messgeräterichtlinie (MID). Koordiniert werden diese Tätigkeiten durch die am 1.10.2008 eingerichtete Zertifizierungsstelle der PTB, die alle Messgerätearten nach der MID, nichtselbsttätige Waagen und den Bereich Explosionsschutz abdeckt. Zum Leistungsangebot der Zertifizierungsstelle gehören auch Begutachtungen von Hersteller-QM-Systemen. Die PTB stellt jährlich ca. 2500 Zertifikate für etwa 30 verschiedene Messgerätearten aus.

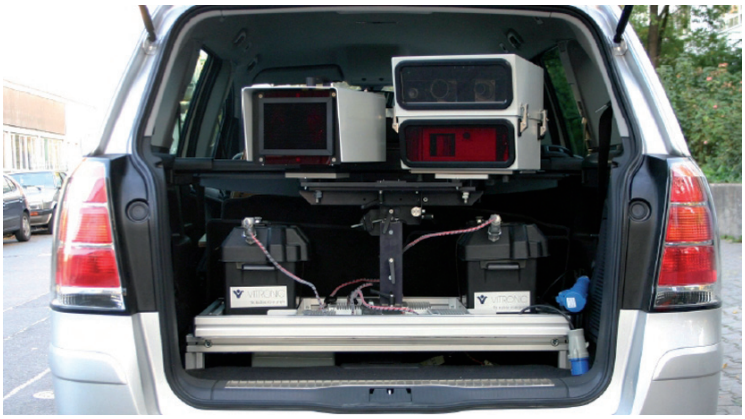
Nicht zuletzt profitiert die deutsche Industrie davon, dass Mitarbeiter der PTB in über 1000 nationalen und internationalen Ausschüssen tätig sind und dort ihre messtechnische Kompetenz einbringen. Dazu gehören im Wesentlichen Normungsorganisationen, metrologische Organisationen, Fachkomitees, Organisationen zur Harmonisierung von Vorschriften und Prüfverfahren, Bundes- und Landesministerien, Behörden, Ämter, Berufsgenossenschaften und Fachverbände.

Basis für Kalibrier- und Prüftätigkeit auf international höchstem Niveau ist die Grundlagenforschung im Bereich der Metrologie. Sie ist deshalb eine satzungsgemäße Aufgabe der PTB und wird häufig in Kooperation mit Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und anderen nationalen Metrologieinstituten durchgeführt.

Aufgabe der metrologischen Grundlagenforschung ist es, nach neuen und verbesserten Methoden zur Darstellung und Weitergabe der gesetzlichen Einheiten zu suchen. Eine besondere Herausforderung stellen die derzeitigen Arbeiten zur Rückführung von SI-Einheiten auf Fundamentalkonstanten dar. Für die Sekunde und den Meter ist dies bereits erreicht. Für das Ampere, das Kelvin, das Kilogramm und das Mol sind die weltweiten Aktivitäten noch im Gange. Zentrales Ziel ist dabei die präzise Bestimmung der Zahlenwerte der verwendeten Fundamentalkonstanten. Die PTB trägt hier mit sehr aufwändigen Experimenten insbesondere zur Bestimmung der Avogadro-Konstante und der Boltzmann-Konstante wesentlich bei. Beim seit mehreren Jahren laufenden internationalen Avogadro-Projekt geht es unter Leitung der PTB darum, mit sehr hoher Genauigkeit die Anzahl der Atome in einer nahezu perfekten Kugel aus Silizium zu bestimmen. Zusammen mit den Wattwaagen-Experimenten, bei denen die Gewichtskraft einer Masse durch eine elektromagnetische Kraft kompensiert wird, soll es zur Neudefinition des Kilogramm beitragen.

Im Rahmen des Europäischen Metrologie-Forschungsprogramms (EMRP) werden über die metrologischen Grundlagen hinaus die „großen Themen“ Energie, Umwelt und Gesundheit aufgegriffen und messtechnische FuE-Projekte in Kooperation mit anderen europäischen Metrologieinstituten sowie Partnern aus Wissenschaft und Industrie bearbeitet.

Richtiges Messen, Messsicherheit und Vertrauen in Messergebnisse sind eine wesentliche Grundlage für fairen Handel, die Wahrung öffentlicher Interessen und die Akzeptanz von amtlichen Messungen. Das hierfür zuständige gesetzliche Messwesen schützt den Verbraucher beim Kauf von messbaren Produkten und Dienstleistungen, sorgt im Interesse eines lauteren Wettbewerbs für richtige Messergebnisse im geschäftlichen Verkehr, dient der Rechtssicherheit und dem Vertrauen in amtliche Messungen, z. B. bei der Überwachung des Straßenverkehrs und bei der Einhaltung von Grenzwerten im Gesundheits-, Arbeits-, Umwelt- und Strahlenschutz. Hier beruhen die Aktivitäten der PTB nicht nur auf nationalen Regelungen, sondern zunehmend auf europäischen und internationalen Anforderungen und Richtlinien.



Eine Dienstleistung der PTB wird in besonderem Maße von der Öffentlichkeit wahrgenommen: die Darstellung und Verbreitung der gesetzlichen Zeit in Deutschland und darüber hinaus. Die PTB betreibt vier primäre Cäsium-Uhren, sogenannte Atomuhren, mit denen die Zeiteinheit (Sekunde) realisiert wird. Auf dieser Grundlage wird die gesetzliche Zeit an die Bevölkerung und an Nutzer in Industrie, Wirtschaft und Forschung über den Langwellensender DCF77, das Internet, einen Telefonzeitdienst und über Satellitenverbindungen weitergegeben.

Technologietransfer ist eine weitere wichtige Dienstleistung der PTB. Darunter verstehen sich alle Aktivitäten, die zu einer wirtschaftlichen Verwertung der Arbeitsergebnisse der PTB führen. Bereits bei ihrer Gründung war es ein Ziel, durch die Entwicklung moderner Messtechnik in enger Verzahnung mit der Industrie die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands voranzutreiben. Ziele des Technologietransfers sind die Förderung von Industriekooperationen, Patentierungen und die Sensibilisierung der Mitarbeiter für die Verwertbarkeit ihrer Ergebnisse. Auch damit leistet die PTB ihren Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und europäischen Industrie. Mittlerweile hält die PTB über 100 angemeldete und erteilte Patente, teilweise auch europäische oder US-Patente. Regelmäßig präsentiert die PTB ihre FuE-Ergebnisse auf den Fachmessen einzelner Branchen, um interessierte Fachkreise und potenzielle Lizenznehmer zu informieren.

Zwei Beispiele gelungenen Technologietransfers sind neuartige Neutronendosimeter, von denen bereits über 1000 Stück von einem europäisch-amerikanischen Konsortium in Lizenz hergestellt und verkauft wurden, sowie eine erfolgreiche Ausgründung von PTB-Wissenschaftlern im Bereich der optischen Koordinatenmesstechnik mittels Lasertracern. ■

2002 – Evaluation der PTB durch eine internationale Kommission

Im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit wird die PTB erstmalig von einer Kommission aus Vertretern wichtiger metrologischer Einrichtungen anderer Staaten, der deutschen Großforschung, deutscher Universitäten und der deutschen Industrie einer Evaluation unterzogen. Die Fachkompetenz und die Qualität der Arbeiten werden summarisch als exzellent bewertet. Die apparative Ausstattung wird generell als sehr gut angesehen, allerdings partiell mit deutlichem Investitionsbedarf.

2002 – Hydrodynamisches Prüffeld

Eine der weltweit größten und genauesten Anlagen zur Messung von Menge und Durchfluss von Flüssigkeiten wird in Betrieb genommen. Hiermit werden alle Flüssigkeitsmessungen in Deutschland, ob mit Wasser-, Mineralöl- oder anderen Zählern, auf ein nationales Normal zurückgeführt, gleichzeitig wird aber auch ein wichtiger Beitrag zur internationalen Einheitlichkeit von Flüssigkeitsmessungen geleistet.

2003 – Einweihung des Einstein-Baus

Die PTB weiht mit dem Albert-Einstein-Bau ein neues Gebäude für die Optik ein, das den Kösters-Bau aus der Vorkriegszeit ersetzt.

2004 – Metrologisches Rastersondenmikroskop mit großem Messbereich

In eine kommerzielle Nanopositioniermaschine wird ein in der PTB entwickelter sondenmikroskopischer Messkopf integriert. Hierdurch entsteht ein metrologisches Rastersondenmikroskop mit einem großen Messbereich von 25 mm × 25 mm × 5 mm für vielfältige Anwendungen in der Mikro- und Nanometrologie.

2004 – Selbstnachführendes 3D-Laserinterferometer (Lasertracer)

Die Entwicklung eines selbstnachführenden Laserinterferometers zusammen mit neuartigen Multilaterationsverfahren führt zu einer deutlichen Reduzierung der Messunsicherheit bei der Kalibrierung von 3D-Koordinatenmessgeräten. Aufbauend auf dieser Technologie erfolgt die Ausgründung der Firma Etalon auf dem Gelände der PTB in Braunschweig.

2004 – 304-Kanal-SQUID-System

Der BMSR II (siehe Seite 55) erhält das ihm adäquate Messsystem bestehend aus 304 supraleitenden SQUID-Magnetometern, die durch ihre besondere Konfiguration die Kartierung bio-magnetischer Vektorfelder erlauben. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber EEG-Messungen mit Elektroden, die nur skalare Messgrößen erfassen. Auf diese Weise verbessert sich die Lösung des sog. Inversen Problems der Rekonstruktion von neuronalen Signalpfaden.

2002

2005 – Physik-Nobelpreis für Theodor Hänsch

Theodor Hänsch (geb. am 30. Oktober 1941 in Heidelberg), Direktor am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching, gilt als ein Pionier der Laserspektroskopie. Er erhält gemeinsam mit John Lewis Hall neben Roy J. Glauber den Nobelpreis für Physik für die Entwicklung des Frequenzkamms und seine Leistungen in der Laserspektroskopie. Der Frequenzkamm erweist sich als das Präzisionswerkzeug par excellence für den Frequenzvergleich elektromagnetischer Strahlung. Hänsch ist seit 1999 Kurator der PTB.

2005 – Reaktorrückbau abgeschlossen

Das Reaktorgebäude des FMRB wird aus der atomrechtlichen Aufsicht entlassen und kann jetzt uneingeschränkt anderweitig genutzt werden.

2006 – SINIS-Spannungsnormal für 10 V

Ein weltweit erstes programmierbares 10-Volt-Josephson-Spannungsnormal in SINIS-Technologie zur direkten Rückführung elektrischer Wechselstromgrößen auf Naturkonstanten wird fertiggestellt. Darauf aufbauend entwickelt die PTB im Jahr 2010 programmierbare 10-Volt-Josephson-Normale in der SNS-Technologie, die robuster ist und höhere Fertigungsausbeuten verspricht.

2008 – Richard-Glocker-Bau mit neuen Elektronenbeschleunigern

Am 11. Juli weihen PTB-Präsident Göbel und Staatssekretär Homann vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie den Richard Glocker-Bau ein. Er beherbergt zwei klinische Elektronenbeschleuniger für die Dosimetrie in der Strahlentherapie und einen weltweit einzigartigen Forschungsbeschleuniger. Neben den Normalen der Einheit Gray und der Dosimeterprüfung bildet die dosimetrische Grundlagenforschung einen Schwerpunkt bei der Untersuchung der Wechselwirkung von Strahlung mit diversen Materialien, einschließlich biologischer Proben.

2008 – Willy-Wien-Laboratorium mit MLS

Im April beginnt der Nutzerbetrieb des PTB-eigenen Niederenergie-Elektronenspeicherrings Metrology Light Source (MLS), der in enger Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) im Willy-Wien-Laboratorium in unmittelbarer Nachbarschaft zu BESSY II in Berlin-Adlershof errichtet wurde. Die MLS ist primäres Strahlernormal vom nahen Infrarot bis in den Bereich weicher Röntgenstrahlung.

2008

2007 – Gründung von EURAMET

Am 11. Januar wird im Berliner Institut der PTB die Organisation EURAMET e. V. (European Association of National Metrology Institutes) als Nachfolger von EUROMET in Form eines eingetragenen Vereins nach deutschem Recht mit Sitz in Braunschweig gegründet. Zum 1. Juli nimmt EURAMET die Arbeit als regionale Metrologieorganisation Europas auf und wird vom BIPM als Nachfolgeorganisation von EUROMET im CIPM MRA anerkannt.

2008 – Evaluation der PTB durch den Wissenschaftsrat

Im Zusammenhang mit der von der Bundesregierung veranlassten Evaluation der Einrichtungen der Ressortforschung wird auch die PTB evaluiert. Mit einem als exzellent bezeichneten Ergebnis werde, so der Wissenschaftsrat in seinem Bericht, „die PTB ihrer Rolle als eine der weltweit führenden metrologischen Einrichtungen überzeugend gerecht“. Dabei wird den europäischen Aktivitäten der PTB ein Vorbildcharakter für andere Bundeseinrichtungen mit FuE-Aufgaben attestiert.

2008 – Einheiten- und Zeitgesetz

Das Gesetz über die Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung vom 3. Juli bündelt alle gesetzlich relevanten Aspekte zu den physikalischen Einheiten sowie die Zuständigkeiten der PTB bei ihrer Darstellung und Weitergabe. Das neue Gesetz bildet die Aufgabenwirklichkeit der PTB als nationales Metrologieinstitut ab: Forschung und Entwicklung sind ebenso wie der Wissens- und Technologietransfer explizit als Teil ihres fachlichen Auftrags genannt.

2008 – Dichte von Reinstwasser

Wasser ist weltweit verfügbar und hochrein herstellbar. Der PTB gelingt die Dichtemessung mit einer speziell konstruierten magnetischen Flotationswaage mit einer relativen Messunsicherheit $< 2 \cdot 10^{-6}$ über einen Temperaturbereich von 0 °C bis 90 °C. Dies ist die Voraussetzung für die breite Einsetzbarkeit von Wasser als Referenzflüssigkeit.

2009 – Erstes Bose-Einstein-Kondensat aus ^{40}Ca

In der PTB wird mit ^{40}Ca das erste Bose-Einstein-Kondensat aus einem Erdalkali-Element erzeugt. Gegenüber den hauptsächlich benutzten Bose-Einstein-Kondensaten aus Alkali-Elementen bieten Erdalkali-Kondensate in Verbindung mit ihren ultraschmalen optischen Übergängen neuartige Möglichkeiten für Präzisionsmessungen der Frequenz.

2010 – Normal für die Proteinbestimmung

PTB und Ludwig-Maximilians-Universität München haben eine Primärmethode für die Messung klinischer Proteinmarker entwickelt. Gemessen wird ein Wachstumshormon als Modellsubstanz, das auch beim Doping eine Rolle spielt. Analytische Zuverlässigkeit und Genauigkeit beruhen auf der Anwendung der Isotopenverdünnungs-Massenspektrometrie (IDMS). Erstmals ist damit ein Verfahren zur Proteinanalytik als nationales Normal international anerkannt.

2010 Neuer Wert für die Avogadro-Konstante aus ^{28}Si

Im Rahmen des von der PTB koordinierten internationalen Avogadro-Projektes wird die Avogadro-Konstante N_A an einer Kugel gemessen, die aus einem hochangereicherten ^{28}Si-Einkristall gefertigt wurde, und zwar – so genau wie nie zuvor – mit einer relativen Messunsicherheit von $3 \cdot 10^{-8}$. Der so ermittelte Wert von $6{,}02214082(18) \cdot 10^{23}$ mol^{-1} ist ein Meilenstein auf dem Weg zur Neudefinition des Kilogramms auf der Basis einer in ihrem Wert festgelegten Fundamentalkonstanten.

2008

2009 – Beitritt zum OIML MAA

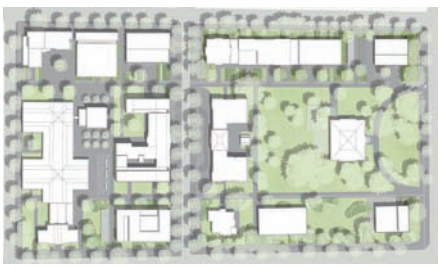
PTB-Zertifikate für nichtselbsttätige Waagen und Wägezellen müssen weltweit akzeptiert werden. Nach dem Mutual Acceptance Arrangement der International Organization of Legal Metrology (OIML MAA) gehört die PTB nun zu den zehn Institutionen weltweit, deren Zertifikate damit nicht nur „moralisch verpflichtend", sondern international bindend sind.

2009 – Teil des Deutschen Kalibrierdienstes DKD wird DAkkS

Mit der aufgrund europäischer Regelungen notwendig gewordenen Gründung der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) am 7. August gibt der DKD seine Akkreditierungstätigkeit ab. Die Neugründung des DKD erfolgt am 3. Mai 2011 als regelsetzendes Gremium bei der PTB.

2009 – Masterplan für das Institut Berlin

Auf Veranlassung der Bundesbauverwaltung wird ein Masterplan für die längerfristige bauliche Entwicklung der PTB in Berlin-Charlottenburg als einheitlicher Campus erstellt und am 9. November in einer öffentlichen Präsentation vor Vertretern des Bundes, des Berliner Senats und des Bezirks Charlottenburg-Wilmersdorf dem Präsidium übergeben.



2010 – Kapazitätseinheit Farad basierend auf ac-Quanten-Hall-Effekt

Die PTB demonstriert ein neues Verfahren zur Reproduzierung der Kapazitätseinheit auf der Grundlage des Wechselstrom-Quanten-Hall-Effekts. Mit diesem quantenmetrologischen Ansatz wird eine relative Messunsicherheit von 10^{-8} erreicht – eine deutliche Verbesserung gegenüber dem herkömmlichen Verfahren mit Hilfe berechenbarer Kondensatoren.

2010 – „Live-cell Imaging“ mit Ionen

Am Mikro-Ionenstrahl wird die Methode des „Live-cell Imaging“ etabliert. Auf strahleninduzierte Doppelstrangbrüche der DNS reagieren lebende Zellen mit verschiedenen Prozessen von der Schadenserkennung bis zu ihrer Reparatur. Der sekundenschnelle Verlauf einiger dabei ablaufender Prozesse wird durch fluoreszenzmarkierte Proteine optisch verfolgt.

2010 – Industrielle Computer-Tomografie-Anlage

Die mit dieser Anlage entwickelten Messverfahren und Prüfkörper ermöglichen erstmals rückführbare dimensionelle Messungen äußerer und innerer Strukturen an 3D-Objekten. Die Forschungsarbeiten finden Anwendung in der Fertigungsmesstechnik und der Medizintechnik.

2011 – Neubestimmung der Boltzmann-Konstante

Bei ihren Messungen zur Präzisionsbestimmung der Boltzmann-Konstante k, die Voraussetzung für die Neudefinition des Kelvin ist, konnte die PTB zeigen, dass das Dielektrizitätskonstanten-Gasthermometer sich mit einer Unsicherheit von derzeit $8 \cdot 10^{-6}$ als unabhängiges Verfahren auf höchstem Niveau neben der akustischen Gasthermometrie eignet. Es wird erwartet, dass innerhalb von zwei Jahren deren Unsicherheit von $2 \cdot 10^{-6}$ erreicht werden kann.

2011 – Referenzwand für Lasertracker

Im Gebäude des ehemaligen Forschungsreaktors wird eine Referenzwand in Betrieb genommen, die es ermöglicht, Lasertracker und photogrammetrische 3D-Messsysteme mit hoher Genauigkeit zu untersuchen und zu verifizieren.

2012

2012 – Joachim Ullrich wird Präsident der PTB

Joachim Hermann Ullrich (geb. 1956 in Edenkoben, Rheinland-Pfalz) studiert Geophysik und Physik an der Universität Frankfurt, wo er auch promoviert und sich habilitiert. Nach wissenschaftlichen Zwischenstationen in Darmstadt bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung und in den Vereinigten Staaten an der Kansas State University sowie der University of Missouri erhält er 1997 einen Ruf auf einen Lehrstuhl für Experimentalphysik an die Universität Freiburg. Im Jahr 2001 wird Ullrich als Direktor an das Heidelberger Max-Planck-Institut für Kernphysik (MPIK) berufen. Seine wissenschaftlichen Schwerpunkte liegen in der Atom-, Molekül- und Laserphysik sowie in der Präzisisionsspektroskopie. Zu den wichtigsten Auszeichnungen gehören der Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgeneinschaft (1999) und der Philip-Morris-Forschungspreis (2006). Ab dem 1. Januar 2012 übernimmt Ullrich die Leitung der PTB. Er ist der 14. Präsident ihrer 125-jährigen Geschichte der PTB.

Die PTB im 21. Jahrhundert

Ernst O. Göbel, Jens Simon

Die Metrologie – die wissenschaftliche Grundlage des Messens und aller daraus folgenden Anwendungen – führt unter den Wissenschaften eher ein Schattendasein. Wurde in der Antike die Nichtbeachtung metrologischer Grundsätze, z. B. beim Bau der ägyptischen Pyramiden, mit dem Tode bestraft, ist der Einsatz präziser und weltweit einheitlicher Messtechnik heute eine reine Selbstverständlichkeit: Jeder nutzt die Metrologie, aber kaum jemandem ist es bewusst.

Da kein wissenschaftliches Experiment, kein industrieller Prozess und kein Waren- und Güterverkehr ohne Quantifizierung, also ohne Messtechnik, auskommt, ist die Metrologie so allgegenwärtig, dass sie kaum wahrgenommen wird. Sie fällt erst auf, wenn sie nicht mehr oder nicht mehr richtig funktioniert. Der Auftrag an ein nationales Metrologieinstitut wie die Physikalisch-Technische Bundesanstalt lautet daher, für ein ständiges Funktionieren zu sorgen, mithin für eine zuverlässige und moderne messtechnische Infrastruktur, die sowohl den höchsten Ansprüchen der Wissenschaft und der Hightech-Industrie auf der einen Seite als auch den alltagsnahen Randbedingungen des gesetzlichen Messwesens auf der anderen Seite genügt. Unter dem Dach der PTB sind alle Facetten dieser Wissenschaft vereint. Umso schwerer fällt es, sich ein einfaches und einheitliches Bild von dem Metrologieinstitut PTB zu machen. Die PTB spielt sozusagen auf mehreren Bühnen und tritt dabei in ganz unterschiedlichen Rollen auf. Erst in einer Zusammenschau all dieser Rollen werden Charakter und Bedeutung der PTB deutlich.

Das weltweite Messwesen und die Meterkonvention

Der Gedanke, einheitliche Maße für alle zu schaffen, unabhängig von landesfürstlichen Vorgaben, wurde bereits zu Zeiten der Französischen Revolution geboren: Der Meter als der 40millionste Teil des Erdmeridians („mètre des Archives“) und das Kilogramm als die Masse eines Würfels reinen destillierten Wassers mit einer Kantenlänge von einem Dezimeter („Urkilogramm“) sind die ersten Definitionen solch metrischer Maße gewesen. Allerdings bekam erst im Jahr 1875 dieses metrische System eine vertragliche Grundlage und sogleich eine weltumspannende, da die Metrologie vor nationalen Grenzen angesichts der sich abzeichnenden rapiden Entwicklung der Industrialisierung und des Warenaustauschs nicht Halt machen konnte. 17 Nationen, darunter auch das Deutsche Reich, unterzeichneten damals die Internationale Konvention für Maße und Gewichte. 12 Jahre später wurde die Physikalisch-Technische Reichsanstalt als erste – heute würden wir sagen – Großforschungseinrichtung und als erstes Metrologieinstitut weltweit in Berlin gegründet. Heute sind 55 Nationen Mitglieder der Internationalen Organisation für Maße und Gewichte (kurz: Meterkonvention) und weitere 34 Länder sind assoziiert. Die Mitgliedsstaaten verpflichten sich, einheitliche Maße und Gewichte, heute vorgegeben durch das Internationale Einheitensystem (SI), zu verwenden. Für die Bundesrepublik Deutschland nimmt die PTB die aktive Mitarbeit in der Meterkonvention wahr. Hinsichtlich der Gremien hat die Bundesrepublik Deutschland – neben den USA, Großbritannien, Japan und Frankreich – einen permanenten Sitz im Comité International des Poids et Mesures (CIPM), der vom Präsidenten der PTB wahrgenommen wird.

Für das Ziel, ein weltweit einheitliches Maßsystem zu etablieren, war die Unterzeichnung eines Staatsvertrages (Meterkonvention) lediglich ein erster wichtiger Schritt. In der Praxis kommt eine weltweite Einheitlichkeit erst durch konkrete Kooperationen, zahlreiche vertrauensbildende Maßnahmen und transparente Messergebnisse zustande. So kooperiert die PTB mit den anderen nationalen Metrologieinstituten (NMIs) bei zahlreichen gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Und sie ist auf internationaler und europäischer Ebene, wie schon beschrieben, als wichtiger Partner in die metrologischen Strukturen eingebunden: von der Meterkonvention und der Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) bis zur European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) und der Western European Legal Metrology Cooperation (WELMEC). Zentrales Element, um ein weltweit einheitliches und harmonisiertes Messwesen zu erreichen und um zugleich nicht-tarifäre Handelshemmnisse zwischen den Staaten abzubauen, sind weltweite Vergleichsmessungen zwischen den nationalen Metrologieinstituten. Dabei wird der Grad der Übereinstimmung der nationalen Normale und der Kalibrier- und Messmöglichkeiten der einzelnen Staaten quantitativ erfasst. Die Ergebnisse dieser auf höchstem Niveau durchgeführten Vergleichsmessungen sind in einer Datenbank beim BIPM abgelegt, öffentlich zugänglich und Teil der Qualitätsbeurteilung und -sicherung der beteiligten Institutionen. Da die PTB für nahezu alle relevanten physikalischen Größen Speziallaboratorien unterhält, ist auch die Zahl der Vergleichsmessungen, an denen die PTB teilnimmt, sehr hoch (zwischen 50 und 100 pro Jahr).

Das Internationale Einheitensystem, das SI, ist Ausdruck der Absicht, die grundlegenden Phänomene der physikalischen Welt – Zeit, Länge, Masse, Temperatur, Stromstärke … – auf ein einheitliches Bezugsystem zurückzuführen. Vollständig ist dieses Ziel bis heute nicht erreicht, denn die sieben Basiseinheiten weisen teilweise auch heute noch definitorische Unzulänglichkeiten auf, sichtbar an den Veränderungen des Kilogramm-Prototyps im Pariser Tresor des BIPM. Die derzeitige Herausforderung liegt darin, die Basiseinheiten auf ein festes und dauerhaftes Fundament zu stellen, so wie es für Sekunde und Meter mit dem Bezug auf atomare Anregungen bzw. zur Lichtgeschwindigkeit bereits gelungen ist. An diesem aktuellen Umbau des Einheitensystems ist die PTB maßgeblich beteiligt: etwa mit dem Avogadro-Projekt zur Neudefinition von Kilogramm und Mol, dem Boltzmann-Projekt zur Neudefinition des Kelvin und bei dem Versuch, das Ampere auf die Elementarladung des Elektrons zurückzuführen. Sobald die dazu erforderlichen Experimente hinreichend kleine Unsicherheiten erreicht haben und untereinander konsistent sind, wird die Generalkonferenz der Meterkonvention (CGPM) die neuen Definitionen verabschieden, exakte Zahlenwerte für die beteiligten Naturkonstanten festlegen und das „neue SI“ etablieren.

Permanente Überprüfung – für internationale Anerkennung

Qualität zu haben ist das eine, Qualität zu dokumentieren und sie für Dritte sichtbar und glaubhaft zu machen das andere. Dies geschieht, so das internationale Regelwerk, in einem Qualitätsmanagementsystem, das für eine internationale Anerkennung der eigenen Leistungen unverzichtbar geworden ist. Für die PTB mit ihrem breiten Aufgabenspektrum umfasst das QM-System alle ineinander verzahnten Geschäftsbereiche: Grundlagen der Metrologie, Metrologie für die Wirtschaft, Metrologie für die Gesellschaft und Internationale Angelegenheiten. Durch das Qualitätsmanagementsystem der PTB werden die gesetzlichen Anforderungen und die Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 in vollem Umfang erfüllt, und damit auch die Grundsätze der DIN EN ISO 9001. Die PTB entspricht in allen ihren Tätigkeitsfeldern ebenfalls den Anforderungen der Empfehlungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Darüber hinaus werden für Referenzmaterialien im Bereich der Chemie die Anforderungen des ISO Guide 34 eingehalten. Die PTB erfüllt die Anforderungen an Konformitätsbewertungsstellen und ist Benannte Stelle 0102 nach den europäischen Richtlinien. Alle diese Anforderungen sind Grundlage eines internen Selbstbewertungsprozesses zur Aufrechterhaltung und ständigen Verbesserung der hohen Qualität der Leistungen der PTB. Die permanente Evaluation des aktuellen Aufgabenspektrums und die Ausrichtung auf zukünftige Fragestellungen geschehen mit Unterstützung des Kuratoriums. Darüber hinaus werden seit 2004 jährlich Begutachtungen im Rahmen eines europäischen Projektes zwischen den deutschsprachigen NMIs durchgeführt. Dokumentiert wird die Einhaltung der Qualitätsanforderungen durch eine öffentliche Erklärung des Präsidenten der PTB, deren aktuelle Fassung im Internet veröffentlicht ist. Sie basiert auf Austausch von Forschungsergebnissen, internationalen Vergleichsmessungen, Offenlegung von Ergebnissen und Messmöglichkeiten und der jährlichen Bewertung des Qualitätsmanagements durch internationale Fachexperten im Rahmen von Meterkonvention und OIML.

Die Verantwortung der PTB erstreckt sich nicht nur auf die letzten messbaren Stellen hinter dem Komma und den internationalen Vergleich dieser Ergebnisse. Die PTB fördert auch Projekte zum Aufbau einer Qualitätsinfrastruktur (QI) in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit, um der dortigen Industrie zur benötigten messtechnischen Infrastruktur zu verhelfen. Begonnen wurde in den Sechzigerjahren mit Technologietransfer und Aufbau von metrologischen Partnerorganisationen. Heute geht es vorrangig um den Auf- und Ausbau der Qualitätsinfrastruktur in den Partnerländern sowie um Angebote zur Nutzung der QI-Dienstleistungen durch die Anwender. Die sogenannte Technische Zusammenarbeit der PTB ist in die Entwicklungshilfepolitik der Bundesregierung eingebunden und leistet hier ihre Beiträge zur Armutsbekämpfung im Rahmen des Schwerpunkts „Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung“. Die PTB berät Partnerregierungen und Ministerien, fördert die Institutionen der Qualitätsinfrastruktur und unterstützt auch kleine und mittlere Unternehmen. Diese Arbeit ist weltweit sehr geschätzt, was sich inzwischen in zahlreichen aktuellen Kooperationen mit früheren Partnerländern auf höchstem metrologischen Niveau und zum Nutzen beider Seiten widerspiegelt. Solche Partnerländer der ersten Jahre wie China, Indien, Südkorea, Brasilien, Argentinien, Mexiko, später auch Kenia und Südafrika, vertreten heute ihre Interessen eigenständig und selbstbewusst in den entsprechenden internationalen Fachorganisationen.

Gemeinsame Metrologie-Forschung in Europa

Die bisher an physikalischer Messtechnik ausgerichtete „klassische“ Metrologie steht permanent vor der Aufgabe, die Messbereiche zu erweitern und die Messunsicherheiten zu verringern. Seit geraumer Zeit werden aber auch Beiträge der Metrologie zur Lösung der großen Herausforderungen unserer Zeit, die mit Begriffen wie Gesundheit, Energie, Umwelt, Sicherheit und Mobilität umrissen sind, in dem Maße wichtig, wie dort exakte Quantifizierung erforderlich ist. So klopfen in diesem Zusammenhang andere Disziplinen, wie die Chemie, die Biotechnologie und die Medizin, an die Türen der Metrologie. Ein einzelnes nationales Metrologieinstitut kann die Menge dieser Aufgaben allein nicht bewältigen. So haben sich die meisten der europäischen Metrologieinstitute zur Kooperation bei ihren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten verpflichtet. Dazu wurde als Grundlage ein umfangreiches europäisches Metrologie-Forschungsprogramm (EMRP) für die nächsten Jahre erarbeitet, das von der Europäischen Kommission zur Hälfte gefördert wird. Die PTB als das größte Metrologieinstitut Europas schultert dabei – ihrem Forschungsetat entsprechend – knapp 40 % der aufzubringenden Mittel. Der Trend ist auch hier eindeutig: Die früher vorwiegend national bestimmte Metrologieforschung wird europäisch.

Die PTB in der deutschen Forschungslandschaft – Ressortforschung

Formal gehört die PTB zur denjenigen Forschungseinrichtungen, die einzelnen Bundesministerien zugeordnet sind – hier dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie – und nicht dem Bundesministerium für Bildung und Forschung wie die großen Forschungsorganisationen. Während viele der Einrichtungen der sogenannten Ressortforschung einen stark behördlichen Charakter besitzen, versteht sich die PTB in erster Linie als Forschungsinstitut mit einem entsprechenden Maß an Autonomie und wissenschaftlicher Freiheit. Die PTB ist von Anfang an keine „klassische Behörde", sondern eine Forschungseinrichtung mit gleichzeitig hoheitlichem Dienstleistungsauftrag, der heute in einer Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen festgehalten ist. Die Forschungsarbeiten in der PTB leiten sich aus den Anforderungen einer weltweit führenden Metrologie ab und sind daher keine reine Grundlagenforschung, auch wenn sie sich Herausforderungen an der vordersten Forschungsfront stellen. Ihre Forschungsprojekte erstrecken sich oft über weit längere Zeiträume als Hochschulprojekte, wie das „Avogadro-Projekt" mit einer Dauer von über zwei Jahrzehnten zeigt. Ihr spezieller, auf messtechnische Präzision gerichteter Ansatz macht die PTB zu einem gesuchten Partner für unterschiedlichste Kooperationen mit Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen mit Beteiligungen an Sonderforschungsbereichen und Exzellenzclustern. Aufgrund ihrer metrologischen Kompetenz nimmt die PTB innerhalb der deutschen Forschungslandschaft eine einzigartige Rolle wahr, die sie allerdings nur dann den hohen Erwartungen entsprechend ausfüllen kann, wenn die Politik ihr dieselben Rahmenbedingungen wie allen übrigen Forschungsinstitutionen gewährt.

Kalibrieren auf höchstem Niveau – Partnerin der Industrie

Das deutsche Einheiten- und Zeitgesetz weist der PTB explizit zwei Aufgaben zu: die Darstellung und die Weitergabe der physikalischen Einheiten. Eine solche Einheit darzustellen bedeutet, ein nationales Normal für eben diese Einheit (bzw. soweit erforderlich nationale Normale für die gesamte Skala dieser Einheit) zu betreiben, vorzuhalten und entsprechend dem Stand der Wissenschaft weiterzuentwickeln. Diese Aufgabe als „Hüterin der Einheiten" wird notwendigerweise ergänzt durch ihre Weitergabe an die Kunden in Industrie und Gesellschaft durch geeignete „Brücken von dieser Insel höchster Genauigkeit in die Welten der Anwendung". Dies leisten Kalibrierungen, das heißt messtechnische Vergleiche der Kundengeräte mit den PTB-Normalen. Die PTB arbeitet dabei nach dem Subsidiaritätsprinzip und überlässt die Kalibrierung einem externen Laboratorium, wenn es diese genauso gut erfüllen kann. So wenden sich einerseits Industrieunternehmen aus Hightech-Branchen mit besonderen Kalibrierwünschen an die PTB und andererseits vor allem akkreditierte Kalibrierlaboratorien, die ihre eigenen Bezugsnormale den QM-Vorschriften entsprechend regelmäßig kalibrieren lassen müssen. Die vielen Tausend Kalibrierungen, welche die PTB pro Jahr selbst durchführt, liefern so die Grundlage für mehrere Millionen Kalibrierungen in ganz Deutschland, was in erheblichem Maße zur wirtschaftlichen Wertschöpfung in unserem Staat beiträgt. Die deutsche Wirtschaft profitiert vom international renommierten Ansehen der PTB, da ein Zertifikat der PTB einen signifikanten Wettbewerbsvorteil auf dem Markt darstellt. PTB-Zertifikate genießen weltweites Vertrauen und sind in nahezu allen Ländern anerkannt.

Schutzfunktion – für Mensch und Umwelt

Moderne Messtechnik wird gebraucht zur Erweiterung der Erkenntnis an der Front der Wissenschaft, als hochspezialisierte Produktionshilfe in der Hightech-Industrie, als vertrauenswürdiger Abrechnungsmechanismus in Wirtschaft und Handel. In einer Gesellschaft, zumal einer hochtechnisierten, müssen aber auch die Risiken, in denen sie lebt, bewusst und durch konkrete Messwerte überhaupt anschaulich gemacht werden. Schädliche Folgen lassen sich bei Kenntnis der Fakten eventuell vermeiden. Wie hoch ist die aktuelle Strahlenbelastung der Umwelt durch natürliche und künstliche Radioaktivität? Welche Schadstoffe blasen wir in welcher Konzentration aus Auspuffen und Fabrikschornsteinen in die Luft? Mit welchen Maßnahmen können wir den Lärm in unserer Arbeits- und Mobilitätswelt eindämmen? Wie lassen sich Explosionen in chemischen Produktionsanlagen, Gaspipelines oder in anderen zündfähigen Atmosphären vermeiden oder eindämmen? Auf Fragen dieser Art braucht unsere Gesellschaft verlässliche Antworten. Richtiges Messen ist die Voraussetzung zur Quantifizierung dieser Risiken. Die PTB bietet in Deutschland die metrologische Basis auch zur quantitativen Überwachung der Umwelt und zum Schutz der Bürger z. B. mit ihrer Spurenmessstelle für radioaktive Stoffe in der Luft, mit den Bauartprüfungen von Abgasmessgeräten und ihrer chemischen Analytik, mit ihren Normalen für Schall- und Ultraschallmessung oder mit ihrem Know-how in physikalischer Sicherheitstechnik und Explosionsschutz. Zuverlässige Messtechnik ist hier Objektivierungs- und Entscheidungshilfe für die täglichen Risiken der Bürger.

Lokale Wahrnehmung – in Braunschweig und Berlin

Zwei Standorte, zwei Geschichten, zwei Gesichter, eine Institution. Da ist zunächst Berlin, der Traditionsstandort der PTB. Hier im heutigen Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf wurde die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) auf einem Gelände, das Werner von Siemens dem Deutschen Reich schenkte, in unmittelbarer Nähe zur Technischen Hochschule (heute TU) gegründet. Über 50 Jahre war die PTR auf diesen Ort konzentriert. Dann kamen das Dritte Reich, der Krieg, die Zerstörungen und nach Kriegsende die Auflösung der PTR in beiden deutschen Staaten. 1946 wurden die nach Weida in Thüringen ausgelagerten Teile der PTR in der DDR in ein Deutsches Amt für Maß und Gewicht umgewandelt. 1953 wurde die PTR auf dem Traditionsgelände in Charlottenburg als „Institut Berlin“ der mittlerweile in Braunschweig beheimateten PTB angegliedert. Heute ist dieser Berliner Bereich der PTB eng mit der Wissenschaftslandschaft in Berlin verflochten. Mit der Technischen Universität gibt es, nicht nur wegen der räumlichen Nähe, zahlreiche wissenschaftliche Kooperationen, aber auch mit der Humboldt-Universität. In der Medizinphysik sind vor allem die Kooperationen mit den medizinischen Zentren und Universitätskliniken wie in Berlin-Buch und in Steglitz zu nennen und für die Physik mit Synchrotronstrahlung der eigene Speicherring „Metrology Light Source“ und das Labor am Speicherring BESSY II des Helmholtz-Zentrums Berlin am Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Adlershof. Während in Berlin die PTB eine kleine, in Fachkreisen wohletablierte Institution in einer großen Wissenschaftslandschaft ist, sind die Verhältnisse am Hauptsitz der PTB in Braunschweig anders geartet. In der Forschungsregion Braunschweig ist die PTB neben der Technischen Universität, mit der zahlreiche Kooperationen gepflegt werden, die größte Forschungseinrichtung und ob ihrer Größe im öffentlichen Bewusstsein deutlich präsenter – und dies vor allem wegen einer physikalischen Größe: der Zeit. Die Atomuhren der PTB sind es, die in hohem Maße den Ruf der PTB in Braunschweig ausmachen und ihre anderen Spitzenleistungen bei den Bürgern in ungerechtfertigter Weise in den Schatten stellen, denn „in Braunschweig wird die Zeit gemacht“. Die PTB gehört damit zu den prominentesten Wahrzeichen der Stadt. In dieser Situation ist daher Zweierlei undenkbar: Die PTB ohne Berlin und Braunschweig ohne die PTB.

Ein Blick in die Zukunft

Solange die Verfassung der Bundesrepublik Deutschland Bestand hat, trägt der Staat die in Artikel 73 festgeschriebene Verantwortung gleichermaßen für die Währung und wie für die Einheitlichkeit im Messwesen. Daraus leiten sich die vielfachen gesetzlichen Aufgaben der PTB ab. Um diesen Aufgaben jetzt und auch noch in 25 Jahren entsprechend den steigenden Anforderungen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft gerecht zu werden, bedarf es Forschungs- und Entwicklungsarbeit an vorderster Front. Der grundsätzliche Auftrag der PTB wird also bleiben. Das Umfeld, die Rahmenbedingungen, die Arbeitsschwerpunkte, die Organisationsstruktur und die Rechtsform mögen sich ändern. Das formale Korsett einer Behörde, wie es derzeit für die Einrichtungen der Ressortforschung gilt, könnte auf Dauer für die Aufgaben der PTB zu eng sein. Die Zuordnung zum Ministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) ist wegen der industrienahen Tätigkeit der PTB naheliegend und sinnvoll. Die PTB stellt für das BMWi hochwertige Beratungskompetenz in Fragen von Wissenschaft und Technik zur Verfügung.

Im Zeitalter der Globalisierung wird die internationale Verantwortung und Tätigkeit der PTB zunehmen. Mit ihrem großem Engagement und ihren maßgeblichen Beiträgen zu internationalen Metrologieprojekten ist die PTB auch hier zukunftsweisend. Das sich vereinigende Europa bleibt nicht nur politisch und wirtschaftlich, sondern auch metrologisch eine der großen Herausforderungen der nächsten Jahre und Jahrzehnte. Der Rückzug auf eine nationale Alternative ist nicht denkbar.

Gäbe es die PTB nicht, so müsste man sie erfinden. Nicht nur alle heutigen Industriestaaten sind der Intention des Werner von Siemens und dem Beispiel des Deutschen Reiches von vor 125 Jahren gefolgt und haben der PTR nachempfundene metrologische Einrichtungen geschaffen. Für die heutigen Entwicklungs- und Schwellenländer gilt, wie man sieht, dasselbe. Die Metrologie und ihre institutionellen Protagonisten gehören auch in Zukunft zum infrastrukturellen Rückgrat von Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Die Themenfelder werden breiter und die daraus resultierenden Herausforderungen sind interdisziplinär. ■

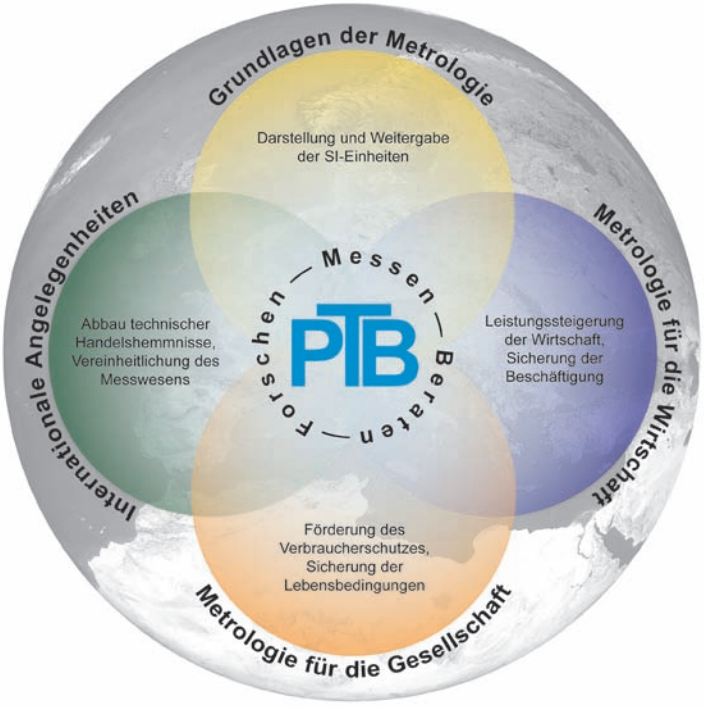


Bild:
Die Aufgaben der PTB lassen sich in vier Geschäftsfelder unterteilen: Grundlagen der Metrologie, Metrologie für die Wirtschaft, Metrologie für die Gesellschaft und Internationale Angelegenheiten.

Autoren der Hauptbeiträge

Dr. Harald Bosse
Leiter der Abteilung Fertigungsmesstechnik der PTB
E-Mail: harald.bosse@ptb.de

Dr. Wolfgang Buck
ehem. Leiter des Instituts Berlin der PTB
E-Mail: wolfgang.buck@ptb.de

Prof. Dr. Ernst Otto Göbel
ehem. Präsident der PTB
E-Mail: ernst.o.goebel@ptb.de

Prof. Dr. Dieter Hoffmann
Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin
E-Mail: dh@mpiwg-berlin.mpg.de

Dr. Jörg Hollandt
Leiter des Fachbereichs Detektorradiometrie und Strahlungsthermometrie der PTB
E-Mail: joerg.hollandt@ptb.de

Prof. Dr. Dieter Kind
ehem. Präsident der PTB
E-Mail: dieterkind@t-online.de

Prof. Dr. Helmut Rechenberg
ehem. Max-Planck-Institut für Physik, München
E-Mail: her@mppmu.mpg.de

Dr. Wolfgang Schmid
Leiter des Sekretariats von EURAMET e. V., Braunschweig
E-Mail: wolfgang.schmid@euramet.org

Dr. Roman Schwartz
Leiter der Abteilung Mechanik und Akustik der PTB
E-Mail: roman.schwartz@ptb.de

Dr. Dr. Jens Simon
Leiter der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der PTB
E-Mail: jens.simon@ptb.de

Dr. Peter Ulbig
Leiter des Fachbereichs Gesetzliches Messwesen und Technologietransfer der PTB
E-Mail: peter.ulbig@ptb.de

PD Dr. Robert Wynands
Leiter des Fachbereichs Präsidialer Stab (PSt) der PTB
E-Mail: robert.wynands@ptb.de

Autoren der Chronik-Einträge

Dr. Franz Josef Ahlers
Dr. Ulrike Ankerhold
Dr. Dirk Arnold
Dr. Hans Bachmair
Dr. Harald Bosse
Dr. Uwe Brand
Dr. Wolfgang Buck
Dr. Joachim Fischer
Dr. Jens Flügge
Imke Frischmuth
Dr. Ulrich Giesen
Dr. Bernd Güttler
Dr. Frank Härtig
Dr. Jörg Hollandt
Dr. Karin Kniel
Prof. Dr. Hans Koch
Dr. Ludger Koenders
Dr. Johannes Kohlmann
Dr. Rolf Krüger-Sehm
Dr. Horst Kunzmann
Dr. Thomas Lederer
Dr. Frank Melchert
Dr. Ulrich Neuschaefer-Rube
Dr. Arnold Nicolaus
Dr. Ralf Nolte
Dr. Reinhardt Probst
Dr. Hans Rabus
Prof. Dr. Fritz Riehle
Dr. Stefan Sarge
Dr. René Schödel
Dr. Thomas Schurig
Dr. Uwe Siegner
Dr. Rolf Simmer
Dr. Dr. Jens Simon
Prof. Dr. Klaus-Dieter Sommer
Dr. Irena Sokolska
Dr. Gerhard Ulm
Dr. Rolf Weiß
Dr. Klaus Wendt
Dr. Frank Wissmann

Allen Autoren, allen genannten aktuellen und ehemaligen Mitarbeitern der PTB, sowie allen, die hier eventuell vergessen wurden zu erwähnen, danken wir herzlich für ihre Hilfe am Zustandekommen dieses Heftes!

Bildnachweis

Seite 4:
Werner von Siemens,
Zeichnung von Ismael Gentz 1887, Siemens Museum, München
Seite 6:
Werner von Siemens,
Archiv der Max Planck Gesellschaft, Berlin
Seite 7 unten:
Hermann von Helmholtz,
Deutsches Museum München
Seite 8:
Helmholtz-Denkmal von E. Herter, 1899,
Sammlung der Humboldt Universität, Berlin
Seite 9:
Entwurfszeichnung der PTR in Charlottenburg, entstanden zwischen 1884–1887, Siemens Museum, München
Seite 11 unten:
Friedrich Kohlrausch, Amerika-Gedenkbibliothek, Berlin
Seite 13 links oben:
Spektrum der vom Schwarzen Körper emittierten Wärmestrahlung, 1900, gemessen von Lummer und Pringsheim und verglichen mit dem Wien'schen Strahlungsgesetz, VhDPG 2 (1900) 163–180; Annalen der Physik IV, Bd 6, 192 (1901)
Seite 14 unten rechts:
Wilhelm „Willy" Wien, Deutsches Museum München
Seite 15 oben links:
Erste Solvay-Konferenz, wikimedia
Seite 15 oben rechts:
Nachbau des Prototyps des Geiger-Müller-Zählrohres durch Sebastian Korff,
HistoLab der Universität Flensburg, http://gmz.ipcd.de
Seite 15 unten:
Hans Geiger,
Amerika-Gedenkbibliothek, Berlin
Seite 18 unten links:
Max von Laue, wikimedia
Seite 18 unten rechts:
Max Planck, Max-Planck-Gesellschaft, Berlin
Seite 19 oben:
Zeichnung zum Einstein-de Haas-Effekt,
Deutsche Physikalische Gesellschaft, A. Einstein, vorgetragen in der Sitzung vom 25. Februar 1915, Verhandlungen 18 (1916): 173–177, Vol. **6**, Doc. 28, 270–276 (A. Einstein 1916d)
Seite 19 unten:
Albert Einstein, Bundesarchiv
Seite 20:
Emil Warburg, *Bildarchiv Preußischer Kulturbesitz,* Berlin
Seite 22:
André-Marie Ampère by Ambroise Tardieu, The Dibner Collection at the Smithsonian Institution (USA)
Seite 23:
Albert Einstein,
photographer Ferdinand Schmutzler, wikimedia
Seite 24 unten rechts:
Friedrich Paschen, Max-Planck-Gesellschaft, Berlin
Seite 25 unten:
Ida Noddack (geb. Tacke) und Walther Noddack,
Deutsches Museum, München
Seite 27:
Walther Nernst, Zeichnung von Walter Roth 1906, wikimedia
Seite 29 Mitte:
Meißner-Ochsenfeld-Effekt, wikimedia
Seite 29 unten:
Johannes Stark, Max-Planck-Gesellschaft, Berlin
Seite 32 oben:
Startschuss Olympiade 1936, Bundesarchiv
Seite 32 unten links:
Abraham Esau, Max-Planck-Gesellschaft, Berlin
Seite 44 unten:
Klaus von Klitzing, Science Photo Library / Agentur Focus
Seite 58:
Theodor Hänsch, Fotograf: Matthias Lüdecke,

Alle anderen Fotos und Abbildungen stammen entweder aus dem Archiv der PTB oder dürfen von der PTB genutzt werden, ohne dass uns ihre ursprünglichen Quellen bekannt sind.

Monographien zur Geschichte der PTR/PTB

Folgenden Monographien sind vielfältige, hier abgedruckte Informationen entnommen. Sie sind dem an einem tieferen Einstieg in die Geschichte der Metrologie in Deutschland interessierten Leser daher wärmstens empfohlen.

David Cahan:
„Meister der Messung – Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt im Deutschen Kaiserreich“
(VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim 1992)*

Ulrich Kern:
„Forschung und Präzisionsmessung – Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt zwischen 1918 und 1948“
(VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim 1994)*

Dieter Kind:
„Herausforderung Metrologie – Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt und die Entwicklung seit 1945“
Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft, Bremerhaven, 2011
(1. Auflage: Bremerhaven, 2002)

Rudolf Huebener, Heinz Lübbig:
„Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt – Ihre Bedeutung beim Aufbau der modernen Physik“
Vieweg+Teubner Verlag, Springer Fachmedienverlag, Wiesbaden GmbH, 2011

J. Bortfeldt, W. Hauser, H. Rechenberg:
„Forschen – Messen – Prüfen – 100 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt/Bundesanstalt 1887–1987“
Physik-Verlag GmbH, Weinheim, 1987

Helmut Rechenberg:
„Hermann von Helmholtz. Bilder seines Lebens und Wirkens“
(VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim 1994)*

* Neuerscheinung dieser Bücher 2011 im Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft, Bremerhaven.

Dreistrahl-Interferometer
Serie SP-TR
• Simultane, hochgenaue Erfassung von drei Längen und zwei Winkeln
• Wegmessbereiche ≤ 2 m, Auflösung 0,1 nm
• Winkelmessbereiche ± 1,5 arcmin, Auflösung 0,002 arcsec

SIOS Meßtechnik GmbH
Am Vogelherd 46
D-98693 Ilmenau
Tel.: 03677/6447-0
E-mail: info@sios.de
www.sios.de
SIOS Meßtechnik GmbH

POSITIONERS
precision made in germany

Standard and OEM design • Single and multi axes
micos
Phone: + 49 7634 50 57 - 0 | www.micos.ws

33 Jahre chinesisch-deutsche Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie

Zhao Kegong[1] , Liu Xinmin[2] und Konrad Herrmann[3]

Unterzeichnung des chinesisch-deutschen Abkommens über Zusammenarbeit in der Metrologie

Nachdem in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts zwischen China und der Bundesrepublik Deutschland diplomatische Beziehungen hergestellt worden waren, wurde der Leiter des Zeit- und Frequenzlabors des Nationalen Metrologischen Instituts Chinas (NIM), Herr Tang Weicheng von der Staatlichen Kommission für Wissenschaft und Technik und der Academia Sinica dazu eingeladen, den Entwurf eines Abkommens über wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit zwischen China und Deutschland auszuarbeiten. Gleichzeitig beauftragte er Zhao Kegong, Vorschläge für die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit mit der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Metrologie zu sammeln und an die Staatliche Kommission für Wissenschaft und Technik zu übergeben.

Tang Weicheng war ursprünglich lange Zeit Rat für Wissenschaft und Technik der Botschaft Chinas in der früheren DDR. Während der Kulturrevolution wurde er für kurze Zeit zur Arbeit ins NIM versetzt. Danach wirkte er als Rat für Wissenschaft und Technik der Botschaft Chinas in der Bundesrepublik Deutschland. Er trug entscheidend zur chinesisch-deutschen wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie bei. Dank seiner Unterstützung wurde die Zusammenarbeit zwischen China und Deutschland auf dem Gebiet der Metrologie in das Abkommen über wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit zwischen China und Deutschland aufgenommen.

Am 29. 10. 1979 wurde die „Vereinbarung über wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie zwischen China und Deutschland“ in Braunschweig unterzeichnet.

Partner der Zusammenarbeit sind die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), das nationale Institut für Metrologie der Bundesrepublik Deutschland und das Nationale Hauptamt für Qualität, Überwachung, Prüfung und Quarantäne (AQSIQ = General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine) der Volksrepublik China. Die Vereinbarung über Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie wurde 1984, 1991, 1994, 1999, 2004 und 2009 jeweils um fünf Jahre verlängert.

Bild 1:
Unterzeichnung der Vereinbarung über Zusammenarbeit in der Metrologie im Jahre 1979

Inhalt der „Vereinbarung über wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie zwischen China und Deutschland“

In die chinesisch-deutsche Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie wurden zwölf Gebiete aufgenommen. Der Schwerpunkt bestand darin, China beim Aufbau staatlicher Normale zu helfen, diese umfassten folgende Gebiete: Zeit und Frequenz, Länge, Elektromagnetismus, Temperatur, Mechanik, Optik, Hochfrequenztechnik, radioaktive Strahlung, Akustik, Fertigungsmesstechnik, Durchfluss und chemische Messungen.

Es wurde vereinbart, dass die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) jährlich sechs chinesi-

[1] Zhao Kegong, E-Mail: kgzhao2006@yahoo.com.cn

[2] Liu Xinmin, E-Mail: liuxm@aqsiq.gov.cn

[3] Dr. Konrad Herrmann, E-Mail: konrad.h.herrmann@googlemail.com

sche Wissenschaftler mit einer Dauer von je einem Jahr weiterbildet. Dabei wurden die Kosten für die Ausbildung und den Aufenthalt der chinesischen Wissenschaftler völlig von der deutschen Seite übernommen.

Beide Seiten entsenden Experten zu Studienzwecken und zur Durchführung von Seminaren und Konferenzen über Metrologie.

In 30 Jahren erzielte Ergebnisse der chinesisch-deutschen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie

Die PTB half dem NIM, folgende Normale aufzubauen: Längennormal, Normal für elektromagnetische Messungen, Hochtemperaturnormal, internationale Rückführung des chinesischen Zeit- und Frequenznormals, Normal für große Kräfte, optisches Normal, optisches VUV-Normal, Normal für radioaktive Strahlung, Hochfrequenznormal, Normale für die Fertigungsmesstechnik, wie Zahnradevolventennormal, fotoelektrischer Längenkomparator u. a. Insgesamt handelte es sich um mehrere zehn staatliche Normale.

Die PTB bildete für die Entwicklung der Metrologie in China wissenschaftlich-technisches Personal aus: In den ersten mehr als zehn Jahren der Zusammenarbeit beider Länder auf dem Gebiet der Metrologie wurde hauptsächlich wissenschaftlich-technisches Personal des NIM ausgebildet. Insgesamt wurden fast 100 Wissenschaftler des NIM ausgebildet. Besonders ab dem dritten Fünfjahreszeitraum der Zusammenarbeit hatte die PTB für die metrologischen Institute in den Provinzen und regierungsunmittelbaren Städten Chinas fast 300 Personen ausgebildet (einschließlich kurzzeitiger Ausbildungsmaßnahmen).

Insgesamt 400 Wissenschaftler auf dem Gebiet der Metrologie beider Länder besuchten sich gegenseitig, um den wissenschaftlichen Austausch zu pflegen (Gesamtzahl beider Seiten).

Mit Hilfe der Unterstützung der PTB erhielt das NIM von 1984 bis 1996 drei unentgeltliche Unterstützungsprojekte vom Ministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit der Bundesrepublik Deutschland mit einem Wert von 50 Mio Yuan (ca. 5 Mio Euro). Im Rahmen dieser Projekte wurden das Labor für die Längeneinheit, das Labor für die elektrische Leistung aufgebaut und Forschungen zur Verbesserung der chinesischen Normale für die Fertigungsmesstechnik (Aufbau eines Normals für die Nanometrologie) durchgeführt.

Ausblick

Etwa ab dem Jahr 2000 erfolgte in der Zusammenarbeit immer stärker der Übergang von der Ausbildung metrologischer Fachkräfte zu einer Forschungskooperation gleichwertiger Partner. In der Regel werden hierfür besonders befähigte junge chinesische Wissenschaftler zur Arbeit in die PTB entsendet.

Den Hintergrund für diesen Wandel bilden die deutlichen Fortschritte im wissenschaftlich-technischen Niveau der Metrologie in China. Das NIM zählt nun zu den führenden nationalen metrologischen Instituten auf der Welt. Hinzu kommt, dass die chinesischen Partner zum größten Teil die Kosten der Zusammenarbeit selbst tragen. Dazu sind sie aufgrund ihrer wirtschaftlichen Situation auch in der Lage.

Während früher die übergeordnete Behörde AQSIQ eine strenge Kontrolle über alle Aktivitäten ihrer Institute im Rahmen der Zusammenarbeit ausübte, hat jetzt das AQSIQ dem NIM die Möglichkeit zu direkten Kontakten mit der PTB gegeben. Deshalb wurde am 23.04.2009 eine Vereinbarung über die Zusammenarbeit zwischen dem NIM und der PTB auf dem Gebiet der Metrologie unterzeichnet. Das gestaltet die Zusammenarbeit viel flexibler.

Bild 2: Unterzeichnung der Vereinbarung zwischen dem NIM und der PTB über Zusammenarbeit in der Metrologie im Jahre 2009

Das AQSIQ schlug 2009 für die nächste Zukunft folgende Schwerpunkte der Zusammenarbeit vor:

1) Wissenschaftliche Metrologie
   - Nanometrologie
   - Fertigungsmesstechnik (Messung sehr großer und sehr kleiner Werkstücke)
   - Biometrologie
2) Gesetzliche Metrologie
   - Erfahrungsaustausch im Zusammenhang mit der Modernisierung des chinesischen Eichgesetzes
     - Kontrolle von Fertigpackungen
     - Energiemessung (Energieeffizienz und Umweltschutz)
     - Bußgeldkatalog
   - Softwareprüfung
     - Zapfsäulen
     - Waagen
     - Taxameter

An diesen vorgeschlagenen Schwerpunkten werden die gegenwärtigen Notwendigkeiten der chinesischen Wirtschaft, die Erzeugnisqualität und den Verbraucherschutz zu verbessern, deutlich.

Das NIM schlug eine Zusammenarbeit auf folgenden Gebieten vor:

- Zeit- und Frequenzmessung, unter anderem optische Frequenznormale in Zusammenarbeit mit dem in der PTB gegründeten QUEST-Institut (Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research)
- Thermometrie
- Fertigungsmesstechnik
- Mechanik und Akustik
- Elektrizität
- Fotometrie und Radiometrie
- Medizinmetrologie, unter anderem wissenschaftliche Untersuchung der Akupunktur
- Chemie und Biologie

Diese Vorschläge betreffen die Weiterentwicklung der Normale des NIM, um die gestiegenen Anforderungen der Volkswirtschaft erfüllen zu können.

Die Zusammenarbeit führte nicht allein zum gewünschten Wissenstransfer, sondern der Aufenthalt der chinesischen Wissenschaftler in den Laboratorien der PTB bewirkte auch, dass sie sich moderne Formen der Erarbeitung wissenschaftlicher Ideen (z. B. gemeinsames brain-storming der Wissenschaftler einer Struktureinheit) und der Versuchsdurchführung aneigneten, die sich erheblich von den an vielen chinesischen Universitäten üblichen hierarchischen Strukturen und Arbeitsweisen unterschieden. Weiter eigneten sie sich auch die in Deutschland verbreiteten Formen des Managements, von Ordnung und Sicherheit an und setzten sie in der Regel auch in der Heimat um. Sie lernten eine moderne Infrastruktur für eine effektive Forschungsarbeit kennen.

Im Rahmen ihrer Arbeit in der PTB kamen sie auch mit verschiedenen Partnern aus Industrie und Forschung zusammen, die ihnen für die Arbeit in China nützlich sein können.

Andererseits nahmen Wissenschaftler des NIM an der metrologischen Forschung der PTB teil, um Normale für die Länge, die Elektrizität und die Optik aufzubauen und die Normale für Zeit und Frequenz weiterzuentwickeln. Insgesamt betrifft dies mehr als zehn Projekte.

Die Zusammenarbeit beider Seiten auf dem Gebiet der Metrologie förderte und entwickelte die Handelsbeziehungen zwischen beiden Ländern und beseitigte teilweise existierende Handelsbarrieren.

Gratulation zum 125. Jahrestag der Gründung der PTB

Prof. Zhao Kegong, als früherer Präsident des NIM, seine Gattin und sein Sohn und Herr Liu Xinmin, stellvertretender Leiter der Hauptabteilung Metrologie des AQSIQ, übergaben der PTB als ein besonderes Geschenk zwei Nachbildungen der berühmten 2300 Jahre alten Terrakottakrieger in originaler Größe, die aus dem Grab des Kaisers Qin Shihuang nahe der Stadt Xian ausgegraben wurden.

Diese Statuen sollen folgende Leistungen für die Weltmetrologie symbolisieren:

- In China wurden durch den Kaiser Qin Shihuang im Jahre 221 v. Chr. erstmalig in der Welt die Einheiten für Maß und Gewicht vereinheitlicht.
- In Deutschland wurde 1887 das erste Nationale Forschungsinstitut für Metrologie weltweit gegründet.

Bild 3:
Die zwei Statuen der Nachbildungen der 2300 Jahre alten Terrakottakrieger, ein Geschenk von Prof. Zhao Kegong, seiner Familie und Herrn Liu Xinmin an die PTB

Glückwunschschreiben des Nationalen Hauptamts für Qualitätsüberwachung, Inspektion und Quarantäne der VR China zum 125. Jahrestag der Gründung der PTB

Beijing, den 27. März 2012

An den Präsidenten
der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt

Sehr geehrter Herr Präsident Professor Ullrich:

Anläßlich des 125. Jahrestages der Gründung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) der Bundesrepublik Deutschland überbringe ich Ihnen namens des Nationalen Hauptamts für Qualitätsüberwachung, Inspektion und Quarantäne (AQSIQ) der Volksrepublik China unsere herzlichen Glückwünsche und entbiete den Metrologen Ihres Instituts hochachtungsvolle Grüße.

Wie bekannt, ist die Metrologie die Wissenschaft vom Messen, sie ist die Tätigkeit, um die Einheitlichkeit der Maßeinheiten und um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messwerte zu realisieren. Sie ist eine wichtige Grundlage für die Forschung, für den wirtschaftlichen Aufbau und für Fortschritt und Entwicklung der Gesellschaft. Wenn sich Wirtschaft, Wissenschaft und Technologie entwickeln sollen, muss die Metrologie vorangehen. Die Metrologie erstreckt sich auf alle Sphären des Lebens der Menschen. Nur wenn man ein vollkommenes System der Metrologie aufgebaut hat, kann man die Gesundheit des Volkes und die Interessen der Verbraucher gewährleisten.

Seit der Gründung Ihres Instituts im Jahre 1887 bis heute hat die PTB einen ruhmreichen Weg von 125 Jahren durchschritten. Ihr Land hat die Metrologie stets als eine wichtige technologische Basis für die Entwicklung von Wissenschaft und Technologie und als eine technologische Stütze für die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aktivitäten des Landes behandelt. Die Entwicklung Ihres Instituts stellte eine wichtige Arbeit der Regierung Ihres Landes in Form von Hilfe und Ansporn dar. Als erstes Institut auf der Welt, das sich mit metrologischer Forschung beschäftigte, erzielte die PTB eine lange Reihe wesentlicher Forschungsergebnisse. Die Fähigkeiten der staatlichen Metrologie erreichten eine bis dahin nicht dagewesene Förderung. Es wurde ein System metrologischer Normale aufgebaut, das alle Bereiche erfasst und die Grundlage für die Entwicklung der Wirtschaft, der Gesellschaft und von Wissenschaft und Technologie des Landes schafft. Die PTB ist Mitglied der internationalen und regionalen Metrologieorganisationen, seit langem nimmt sie aktiv an den Tätigkeiten der internationalen Metrologie und der Bestimmung der Politik in den wesentlichen Angelegenheiten teil. Außerdem baute die PTB Beziehungen der Zusammenarbeit in der Metrologie mit den Regierungen zahlreicher Länder einschließlich Chinas auf. Die PTB bemüht sich, durch Unterstützungsprojekte, durch Seminare zu speziellen Themen der Metrologie und durch die Harmonisierung der Tätigkeiten der regionalen gesetzlichen und wissenschaftlichen Metrologie die Leitung der internationalen und regionalen Metrologie, den Austausch von Technologien und die Zusammenarbeit zu befördern.

So leistet die PTB für die Entwicklung der internationalen Metrologie einen aktiven Beitrag und treibt die Entwicklung der Vereinheitlichung der weltweiten Metrologie voran.

Bei dieser Gelegenheit wünschen wir, dass Ihr Institut fortfährt, bahnbrechend Neues zu erschließen, den Geist der Wissenschaft hochhält, die Gipfel der metrologischen Wissenschaft erklimmt und ein neues Kapitel in der Entwicklung der internationalen Metrologie aufschlägt. Auch wünschen wir, dass die chinesisch-deutsche Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Metrologie weiter reiche Früchte trägt.

Pu Changcheng
Vizeminister
Das Nationale Hauptamt für Qualitätsüberwachung, Inspektion und Quarantäne
der VR China

Prüfungen der staatlich anerkannten Prüfstellen für Messgeräte für Elektrizität, Gas, Wasser und Wärme im Jahr 2011

Anzahl der Eichungen, Befundprüfungen, Vorprüfungen, sonstigen Prüfungen

Prüfstellen für Messgeräte für	Anzahl der Prüfstellen	Art der Messgeräte	Eichungen	Befund-prüfungen	Vorprüfungen, sonst. Prüfungen
Elektrizität	**107**	Wechselstromzähler	216607	1287	0
		Drehstromzähler	915949	6141	0
		Stromwandler	137552	10	0
		Spannungswandler	20544	0	0
		Zusatzeinrichtungen	351159	24	0
		Summe	**1641811**	**7462**	**0**
Gas	**106**	Balgengaszähler ≤ G 6	992999	1698	0
		G 10 bis G 25	57583	178	0
		> G 25	4211	60	0
		Summe	**1054793**	**1936**	**0**
		Drehkolben-, Turbinenrad- und Wirbelgaszähler	9214	34	973
		Statische Gaszähler	0	5	0
		Wirkdruckgaszähler, Teilgeräte	32	5	8
		Mengenumwerter, Teilgeräte	5704	48	6293
		Gaskalorimeter, Teilgeräte	390	0	27
		Gasdruckregelgeräte	404	0	0
		Zusatzeinrichtungen	8368	1	928
		Prüf- und Kalibriergase	404	0	372
		Summe	**24516**	**93**	**8601**
Wasser	**76**	Kaltwasserzähler $Q_n \leq 10$	5987285	4984	0
		$Q_n > 10$	57517	295	0
		Warmwasserzähler $Q_n \leq 10$	2896381	55	0
8		$Q_n > 10$	216	8	0
		Zusatzeinrichtungen	2	0	0
		Summe	**8941401**	**5342**	**0**
Wärme	**39**	Volumenmessteile von Wärmezählern			
		Prüfung mit Warmwasser $Q_n \leq 10$	140066	199	0
		$Q_n > 10$	8461	11	0
		Prüfung mit Kaltwasser $Q_n \leq 10$	3050	4	0
		$Q_n > 10$	8219	3	0
		Temperaturfühler: Einzelfühler	716834	432	0
		Rechenwerke ohne Temperaturfühler	65749	121	0
		mit Temperaturfühler	4391	34	0
		Kompaktwärmezähler	875114	513	0
		Zusatzeinrichtungen	195	0	0
		Energiebewertende Warmwasserzähler	0	0	0
		Summe	**1822079**	**1317**	**0**
Gesamtsumme	**328**		**13484600**	**16150**	**8601**

Bemerkungen

G... Größenbezeichnungen von Gaszählern

Q_n Nenndurchfluss von Wasserzählern in m^3/h