

Der Genius Loci: Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt und ihr erster Präsident Hermann von Helmholtz¹

Dieter Kind*

Einleitung

Hermann von Helmholtz und *Werner von Siemens* kommt das Verdienst zu, frühzeitig die Bedeutung von Naturwissenschaft und Technik für die industrielle Entwicklung des Deutschen Reiches erkannt zu haben. Ihre Beiträge zu beiden Bereichen verliehen ihnen auch ein hohes gesellschaftliches Ansehen. Bei Helmholtz war es die 1847 veröffentlichte Formulierung des Energieerhaltungssatzes, bei dem erfolgreichen Unternehmer Siemens war es die 1866 gelungene Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips, um nur zwei Leistungen von besonders großer Bedeutung zu nennen (Bild 1 und Bild 2).

Gemeinsam unterstützten sie die Initiative führender Kräfte zur Gründung der *Physikalisch-Technischen Reichsanstalt* (PTR), die schließlich 1887 erreicht wurde. Unter seinem ersten Präsidenten *Hermann von Helmholtz* begann die Erfolgsgeschichte des weltweit ersten Nationalen Metrologieinstituts.

Die Bemühungen um die Gründung eines Staatsinstituts für Naturwissenschaft und Technik in Deutschland gingen auf das Jahr 1872 zurück, als sich in Berlin einige Naturwissenschaftler unter der Schirmherrschaft von Kaiser Wilhelm und des Kronprinzen zusammenschlossen. Sie forderten in einer Denkschrift das preußische Kulturministerium auf, die „Präzisionsmechanik“ zu unter-

* Prof. Dr.-Ing.
Dr.-Ing. E. h.
Dieter Kind,
Knappstraße 4,
38116 Braunschweig
(Präsident der PTB
von 1975 bis 1995)



Bild 1:
Herrmann von Helmholtz, 1821–1894
Portraitskizze von Franz von Lenbach, 1894



Bild 2:
Werner von Siemens, 1816–1892
Skizze von Ismail Gentz, 1887

¹ Beitrag zur VDE-Tagung „75 Jahre Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung HGÜ“. Sie fand am 26. und 27. September 2011 im Hermann-von-Helmholtz-Bau des Instituts Berlin der PTB statt.

stützen. Allerdings verzögerte die Errichtung der „Technischen Hochschule zu Berlin“ im Jahre 1879 die weiteren Planungen, denn das neue Institut sollte seinen Platz in dem für die Hochschule vorgesehenen Neubau finden [1, S. 252].

1 Die Gründung der PTR

In dem Ringen um „die experimentelle Förderung der exakten Naturforschung und der Präzisions=Technik“ kommt einer an die Preußische Regierung gerichteten Denkschrift vom 16. Juni 1883 eine besondere Bedeutung zu. Unter den Unterzeichnern waren auch *Werner Siemens* und der schon damals weltberühmte *Hermann von Helmholtz*. Es waren die „Gründerjahre“ der Industrie, angestoßen durch Kohle und Stahl und nicht zuletzt durch die erfolgreiche Anwendung der neuen Elektrotechnik. Die Denkschrift enthält den Hinweis, „dass der unentbehrlichen und vielversprechenden Weiterentwicklung der Präzisionstechnik immer mehr Aufgaben und Probleme entgegneten, deren Bearbeitung privatwirtschaftlich nicht rentabel ist, indem sie bei großen Schwierigkeiten und Kosten keinerlei unmittelbaren finanziellen Erfolg in Aussicht stellt“. Deshalb sollte der Staat fördernd eingreifen und „durch ein physikalisches Observatorium wenigstens den Kern einer Institution“ zur Erhaltung und Entwicklung der Präzisionstechnik schaffen.

Nachdem sich die Preußische Regierung gegenüber den Forderungen zur Errichtung des geplanten Instituts weiterhin ablehnend zeigte, wandte sich Siemens am 20. März 1884 an die Reichsregierung. Zur Begründung seines Antrags schrieb er unter anderem:

„Dem Reiche würden aus einer naturwissen-

schaftlichen Arbeitstätte, wie sie geplant wird, sowohl ideelle wie materielle Vorteile 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.“ [2, S. 93]

Der positive Beschluss des Reichstags am 28. März 1887 beendete schließlich die 15 Jahre währende Gründungsgeschichte der „Physikalisch-Technischen Reichsanstalt“.

Damals galt wie heute, dass die Errichtung eines großen staatlichen Forschungsinstituts nicht allein vom politischen Willen und der Bewilligung der finanziellen Mittel abhängig ist, sondern es müssen auch die Standortfrage und die verantwortliche Leitung der Einrichtung geklärt sein. Um beides hat sich *Werner von Siemens* verdient gemacht, denn er beschränkte sich nicht auf eine ideelle Unterstützung der geplanten Reichsanstalt, sondern stellte auch das Grundstück und Mittel für den Baubeginn aus seinem Privatvermögen zur Verfügung. Damit war jedenfalls die Standortfrage entschieden und nicht nur die Planungen, sondern auch ihre Verwirklichung wurden bereits im ersten Jahrzehnt nach dem Gründungsbeschluss zügig in Angriff genommen (Bild 3, 4).

Siemens hatte sich jedoch auch sehr dafür eingesetzt, dass *Hermann von Helmholtz* als Präsident der Reichsanstalt berufen wurde. Seine Berufung wurde von höchsten staatlichen Stellen unterstützt, durch seine in vielen Gebieten erbrachten wissenschaftlichen Leistungen wurde er als „Reichskanzler der Wissenschaft“ bezeichnet [1, S. 247]. Sein hohes Ansehen als Wortführer der deutschen Wissenschaft verdankte er nicht nur seinen grundlegenden

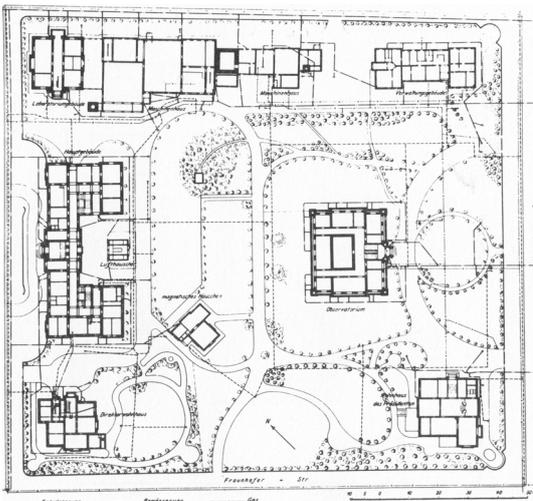


Bild 3:
Lageplan der PTR um 1906 Im Zentrum das Observatorium, rechts unten das Wohnhaus des Präsidenten, links der Siemens-Bau



Bild 4:
Planungsskizze für das PTR-Gelände um 1887 (Siemens-Museum München)

Arbeiten auf den Gebieten Physik, Physiologie, Musikwissenschaft und Wissenschaftsphilosophie, sondern auch dem allgemeinen Verständnis für die Wissenschaft und deren Beziehungen zu Staat und Gesellschaft. Unter seinen Schülern waren so hervorragende Wissenschaftler wie *Heinrich Hertz* und *Max Planck*.

2 Die Jahre des Aufbaus der PTR unter Helmholtz 1888 bis 1894

Als Hermann von Helmholtz sich noch im 66. Lebensjahr dem Drängen von Siemens aber auch dem Wunsch der Reichsregierung folgend entschloss, die Präsidentschaft der PTR anzunehmen, ermöglichte ihm sein Ruf, eine Reihe von hervorragenden Mitarbeitern für die PTR zu gewinnen. Über die persönliche Ausstrahlung des Präsidenten berichtet Johannes Pernet, ein ehemaliger Mitarbeiter:

„Helmholtz' wissenschaftliche Struktur und Autorität inspirierte die junge Gruppe von Mitarbeitern der Reichsanstalt, die er um sich versammelte. Seine bisherigen Erfolge in der Physik und seine Anschauungen über die gegenwärtigen Aufgaben der Disziplin vereinigten sie zu einem Team. Er gab ihnen das Gefühl, an der vordersten Front ihrer Wissenschaft zu stehen“ [2, S. 165].

Das Hauptgebäude der Physikalischen Abteilung, das so genannte Observatorium, war der zentrale und wichtigste Bau der Reichsanstalt, seine optimale Planung und Ausführung war ein besonderes Anliegen von Helmholtz (Bild 5). Es dürfte weltweit das erste Gebäude gewesen sein, das nach den Bedürfnissen von Präzisionsmessungen im Hinblick auf Erschütterungsfreiheit und Temperaturkonstanz geplant wurde [2, S. 134].

Ein ebenfalls vordringlich errichteter Bau war das Wohnhaus für den Präsidenten, das bereits im Mai 1889 bezogen wurde (Bild 6). Eine anschauliche Vorstellung von der Stimmung im

Hause Helmholtz unmittelbar nach dem Umzug aus der bisherigen Wohnung in der Wilhelmstraße nach Charlottenburg verdanken wir dem von ihrer Tochter Ellen 1929 herausgegebenen umfangreichen Briefwechsel von Helmholtz' zweiter Frau Anna von Helmholtz [4, S.9]. Am 3. Juni 1888 schrieb sie an ihre Schwester Ida:

„Ich bin noch im ärgsten moralischen Katzenjammer, dass ich nicht gerne schreibe, liebe Ida, ich trauere um die Neue Wilhelmstraße, wie um die lange Reihe von schönen Jahren, die wir dort verbracht haben. Wir sind zu alt, um nur zu pflanzen und eine neue Stätte zu bauen. Hier herrscht eine tolle schwere Hitze und Dürre, dass der eitle Steppensand einherfliegt wie vom Samun gejagt – öde Vorstadtumgebung – und alle lieben durch zwanzigjährige Gewohnheit geschaffenen Verhältnisse sind abgebrochen... Um die Vorlesungen und Examina los zu werden, die ihn ermüdeten, hat Hermann diesen Sprung ins Ungewisse, Unfertige getan. Er fühlte, ... dass er mehr leisten könne, wenn er seine Zeit für sich, statt für die Studierenden habe.“

Die Stimmung besserte sich aber rasch, denn zwei Wochen später, am 16. Juni schreibt sie:

„Der Tischler poliert noch, die Bilder hängen noch nicht alle, aber wir haben heute Gäste zu Tisch, unter ihnen Arnold Boecklin, der gestern in Wannsee war, das Siemensschloß zu sehen... Auch der junge Professor Max Planck war dabei, früher in München, jetzt hier, mathematische Physik; er ist sehr musikalisch und spielt ausgezeichnet Klavier. Auch Hefner-Alteneck und Professor Kundt nebst Frau erschienen auf unserer Terrasse und es sah alles recht hübsch aus.“

Während der ersten Jahre seiner Präsidentschaft widmete Helmholtz sich intensiv vor allem der administrativen Arbeit, wobei er auch den Bau der Reichsanstalt zu überwachen hatte. Bemerkenswert ist, dass er darüber hinaus auch noch seine eigenen Untersuchungen auf dem Gebiet der theoretischen Physik fortsetzte, ein



Bild 5:
Das Observatorium



Bild 6:
Das Wohnhaus des Präsidenten (nach Kriegszerstörung abgerissen)

Seminar an der Universität leitete, und zahlreiche öffentliche Ämter ausübte [3, S. 35].

Dazu gehörte auch die Vertretung Deutschlands in internationalen wissenschaftlichen Gremien, die trotz zeitaufwendiger und anstrengender Reisen in den Jahren zunehmender weltweiter Zusammenarbeit von ihm erwartet wurde. Eine anschauliche Darstellung der letzten großen Reise dieser Art verdanken wir wieder einem Brief von Anna von Helmholtz an ihre Schwester [4]. Es ging um die Teilnahme am Elektrotechnischen Kongress in Chicago im August 1893, auf dem die Maßeinheiten für Ohm, Ampere und Volt und ihre experimentelle Bestimmung festgelegt werden sollten. Mit der Frage der elektrischen Einheiten hatte er sich seit langem beschäftigt.

Am 22. 6. 1893 schreibt sie:

„Die Würfel sind gefallen: Ich fahre mit Hermann nach Amerika und zwar werde ich von Reichswegen als Gesundheitsbehörde für ihn mitgeschickt. Mit anderen Worten; Herrmann sollte und wollte hinüberfahren, um am 20. August in Chicago, dem Internationalen Kongresse, der die Frage der Elektrischen Einheiten endgültig fertig machen wird, zu assistieren, respektive denselben zu leiten. Er wird von der Reichsregierung als deren Vertreter geschickt. Hermann hatte trotz unseres Protestes die Mission angenommen“.

Die Bedenken waren offenbar nicht unberech-

tigt. Nach einer langen Überfahrt bei schwerem Seegang musste Helmholtz viele Besichtigungen, Empfänge und Vortragsverpflichtungen absolvieren, denn die Erwartungen an den weltberühmten Gast waren hoch (Bild 7). Auf der Rückreise, die wieder durch schwere Stürme sehr beeinträchtigt war, zog sich Helmholtz eine schwere Kopfverletzung zu, von der er sich nur langsam erholte. Erst Ende November konnte er seine Dienstgeschäfte in der PTR und seine Vorlesungen an der Berliner Universität wieder aufnehmen (Bild 8). Sein Leistungsvermögen war jedoch nach dieser anstrengenden und zum Schluss auch unglücklichen Reise sehr vermindert.

Nach einem Schlaganfall im Juli blieb Helmholtz gelähmt, obwohl er das Bewusstsein nie verlor. Nach leidvollen letzten Tagen verschied er am 8. September 1894.

Mitte der 90er-Jahre stellte die Reichsanstalt ein blühendes wissenschaftliches Unternehmen dar. Sie beschäftigte insgesamt 65 Personen, darunter mehr als ein Dutzend deutscher Physiker. Im Todesjahr ihres ersten Präsidenten galt sie als ein Triumph deutscher Wissenschaft und Technik [3, S. 39]. Erst um die Jahrhundertwende wurden in Großbritannien und in den USA nach dem Vorbild der Reichsanstalt vergleichbare Metrologische Staatsinstitute gegründet.

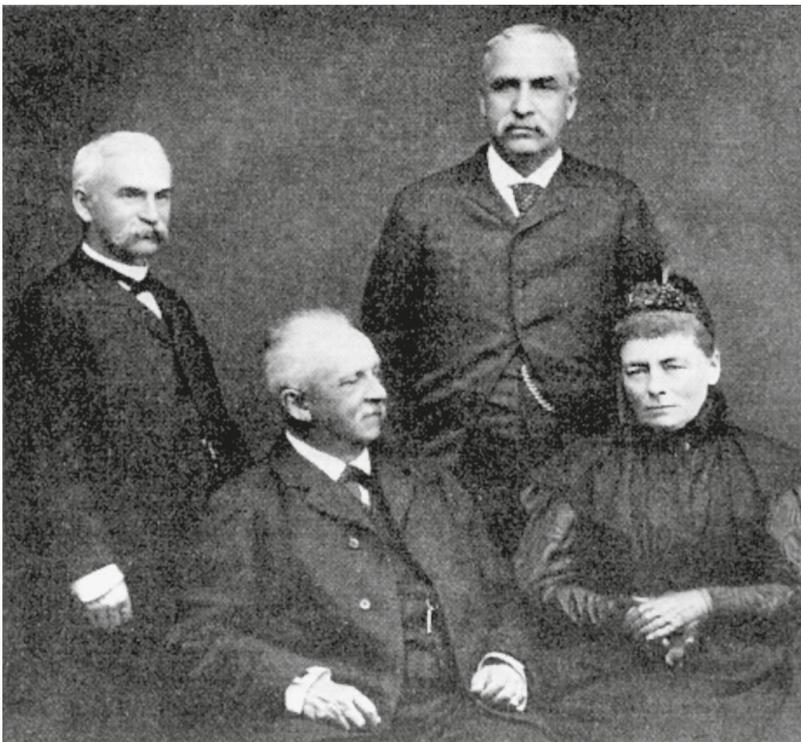


Bild 7:
Das Ehepaar Helmholtz in Chicago 1893 (sitzend), mit dem Physiologen H. Kronecker (links) und dem Eisenbahnkönig H. Villard (nach [1])

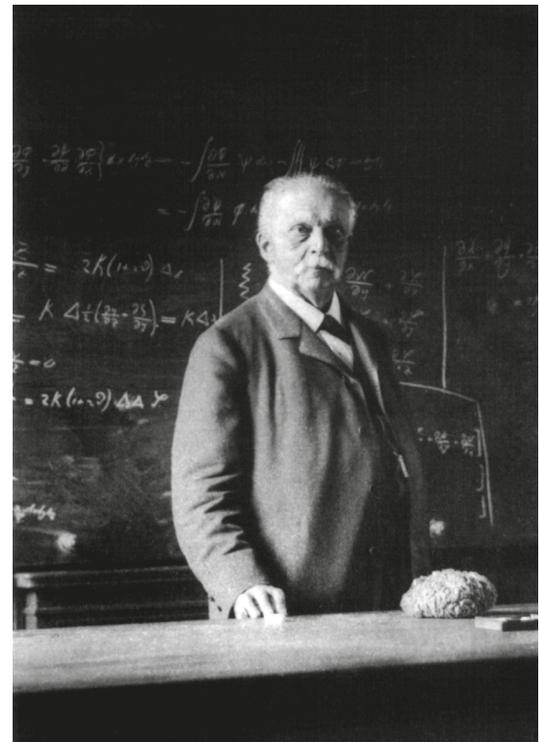


Bild 8:
Hermann von Helmholtz während einer seiner letzten Vorlesungen am 7. 7. 1894 (nach [1])

3 Die Entwicklung der PTR bis zur Gründung der PTB nach dem Zweiten Weltkrieg

Durch den Tod von Helmholtz verlor die deutsche Physik „den Mann, der die Spitze der deutschen Wissenschaft darstellte“. Er gilt zu Recht als „Vollender der klassischen Physik“. Die Reichsanstalt fand es schwer, ja sogar unmöglich, ihn zu ersetzen, denn er hatte der Reichsanstalt unauslöschlich sein eigenes Zeichen aufgedrückt [2, S. 192].

Es fanden sich aber schließlich doch hervorragende und auch international hoch angesehene Wissenschaftler als würdige Nachfolger. Auf Helmholtz folgten zunächst als Präsidenten der PTR:

Friedrich Wilhelm Kohlrausch	1895 bis 1905
Emil Warburg	1905 bis 1922
Walther Nernst	1922 bis 1924
Friedrich Paschen	1924 bis 1933

In die durch die Folge dieser Präsidenten umschriebenen Jahre fallen große wissenschaftliche Erfolge, die der Physik neue Wege erschlossen haben. Sie wurden in der PTR oder in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Universitäten errungen.

Die Forschungsergebnisse dieser Jahre sind vielfach in der Literatur ausführlich beschrieben worden [u. a. 1, 2, 3, 5]. Wie die photographische Aufnahme von 1937 in Bild 9 zeigt, wurde der Ausbau des PTR-Geländes unter Beibehaltung der Planungsskizze von Bild 4 fortgesetzt. Die schon unter Helmholtz selbstverständlichen

engen Kontakte mit führenden ausländischen Wissenschaftlern kamen erst in den Jahren des Zweiten Weltkrieges zum Erliegen.

Die Amtszeit von Präsident Johannes Stark (1933 bis 1939) war sehr von politischen Einflüssen, aber auch durch einen verstärkten Ausbau gekennzeichnet. Präsident Abraham Esau (1939 bis 1945) musste insbesondere die Arbeitsfähigkeit der PTR unter Kriegsbedingungen erhalten [5].

Bis zur willkürlichen Auflösung des Kuratoriums 1935 durch Stark hat eine Reihe von besonders aktiven Mitgliedern die Arbeiten der PTR durch Rat und Tat nachdrücklich unterstützt. Hierzu gehörten unter anderem die mit dem Nobelpreis ausgezeichneten Physiker Max Planck, Wilhelm Wien, Albert Einstein, James Franck und der Chemiker Fritz Haber sowie die Ingenieure Oscar von Miller, Karl Willi Wagner und Conrad Matschoss. Nicht unerwähnt darf auch die überragende Rolle des Nobelpreisträgers Max von Laue bleiben, der als wissenschaftlicher Berater die Forschungsarbeiten bis 1933 begleitet hat. Nach dem Zweiten Weltkrieg hatte er wesentlichen Anteil an der 1950 erfolgten Gründung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig [6, S. 65 ff].

Die Jahre nach dem Beginn der Nationalsozialistischen Herrschaft 1933 und erst recht der Kriegsbeginn 1939 stellten einen deutlichen Einschnitt in der bisher so erfolgreich verlaufenen Entwicklung der Reichsanstalt dar. Es blieb ihr nicht erspart, von dem Schicksal des Deutschen Reiches bis zu seinem Untergang 1945 unmittelbar betroffen zu sein.



Bild 9:
Die PTR 1937,
vorn das Wohnhaus des Präsidenten, dahinter das Observatorium

Einer Verlagerung der meisten Laboratorien nach Thüringen zum Schutz vor alliierten Luftangriffen folgten Zersplitterung, Demontage und schließlich Neugründungen in Ost- und Westdeutschland. Die in Thüringen verbliebenen Teile der PTR wurden nach einer Demontage eines großen Teils der Einrichtungen durch die Sowjetische Militärverwaltung am 1. 6. 1946 in das *Deutsche Amt für Maß und Gewicht* (DAMG) umgewandelt. In Westdeutschland gelang es erst 1948, eine der PTR entsprechende *Physikalische Anstalt* in Völkenrode bei Braunschweig zu gründen [6].

Dass der Name *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* für den durch Kriegseinwirkung schwer beschädigten Traditionsstandort Berlin-Charlottenburg erhalten blieb, ist zwei Tatsachen zu verdanken. Das ist zum einen der glückliche Umstand, dass Charlottenburg im Britischen Sektor und damit in Westberlin lag, zum anderen war es die Verbundenheit von Angehörigen der PTR mit ihrer „Reichsanstalt“.

Bald nach dem Abzug der sowjetischen Truppenteile fanden sich etwa 20 der in Berlin verbliebenen Mitarbeiter auf dem PTR-Gelände



Bild 10:
Der stark beschädigte Siemens-Bau 1945

ein und ließen sich von dem trostlosen Bild, das sie vorfanden, nicht davon abhalten, unter der Leitung von Wilhelm Kösters mit Aufräumarbeiten zu beginnen (Bild 10).

1947 beschrieb er die Situation in einem Brief: „Ich halte hier inzwischen die Fahne der alten Reichsanstalt hoch mit viel Sorgen und Verdruss, aber auch mit kleinen Freuden. Man muß handeln und kämpfen, wenn man leben will“ [6, S. 75].

Ihm und seinen Mitstreitern kommt das Verdienst zu, dass der geschichtliche Übergang von der traditionsreichen PTR bis zur 1953 erfolgten Zusammenlegung mit der 1950 in Braunschweig gegründeten PTB ohne eine Zäsur erfolgen konnte.

Epilog

Da ein *genius* weder durch Zeit noch durch Ort begrenzt ist, soll am Ende dieses Beitrags ein Sprung über sieben Jahrzehnte von der ruhmreichen Zeit der Reichsanstalt zur heutigen Physikalisch-Technischen Bundesanstalt stehen.

Nach der Wiedervereinigung Deutschlands 1990 ist in Braunschweig und Berlin ein Metrologisches Staatsinstitut entstanden, das zu den weltweit führenden Einrichtungen seiner Art zählt. Wenn auch der Schwerpunkt mit heute etwa 1500 Beschäftigten in Braunschweig liegt, kommt Berlin mit etwa 450 Beschäftigten am Sitz der Bundesregierung und in der Nachbarschaft von bedeutenden Universitäten und großen Forschungseinrichtungen eine besondere Rolle zu. Dort sind auf dem Traditionsstandort Charlottenburg die Spuren des Kriegsendes längst beseitigt worden (Bild 11).



Bild 11:
Der Siemens-Bau heute

Weit über das seinerzeit von Werner von Siemens gestiftete Grundstück hinaus ist ein geschlossener Campus entstanden (Bild 12).

Vor wenigen Jahren hat der von der Bundesregierung mit der Beurteilung von staatlichen Forschungseinrichtungen beauftragte Wissenschaftsrat eine umfangreiche Evaluation auch der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt durchgeführt. Er kommt in seiner Stellungnahme von 2008 zu dem Ergebnis:

„Die PTB wird ihrer – an ihre große Tradition anknüpfend – Rolle als eine der weltweit führenden metrologischen Einrichtungen auch unter sich wandelnden Rahmenbedingungen überzeugend gerecht. Das Tätigkeitsspektrum umfasst anspruchsvolle FuE-Arbeiten sowie wichtige wissenschaftsbasierte Dienstleistungen mit großer

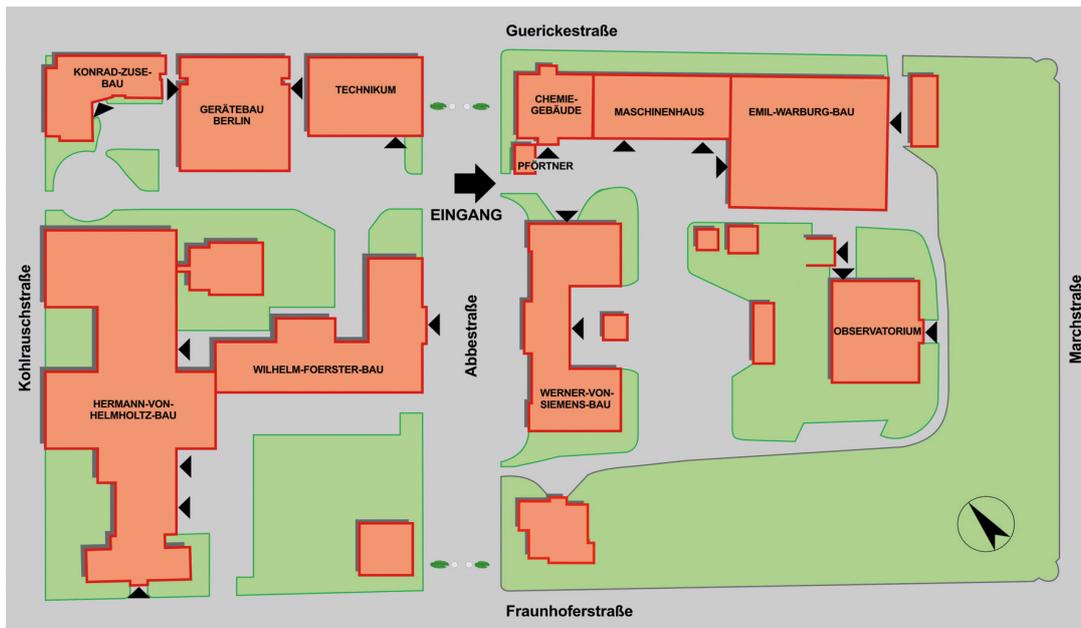


Bild 12:
Der Lageplan des Instituts Berlin der PTB heute.
Rechts das historische Stammgelände mit dem Observatorium in der Mitte, links das Erweiterungsgelände seit 1978 mit dem Vortragssaal im Hermann-von-Helmholtz-Bau

wirtschaftlicher, gesellschaftlicher sowie wissenschaftlicher Relevanz.“

Diese Beurteilung deckt sich inhaltlich vollkommen mit den Forderungen der eingangs zitierten Denkschrift von 1883, in der die Gründung eines staatlichen Instituts „*der exakten Naturforschung und Präzisions-Technik*“ gefordert wird

Helmholtz hätte an der Bewertung des Wissenschaftsrats sicher seine Freude gehabt, beweist sie doch, dass sich die PTR in seinem Geiste zur heutigen PTB in Braunschweig und Berlin entwickelt hat.

Dieser Beitrag sollte zeigen, dass es berechtigt ist, vom heutigen *Institut Berlin der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt* als einem Ort zu sprechen, an dem der Geist der *Physikalisch Technischen Reichsanstalt* und ihres ersten Präsidenten *Hermann von Helmholtz* noch heute spürbar ist. Das gerade wieder in seinem ursprünglichen Äußeren hergerichtete Observatorium ist ein steinerner Zeuge seines Wirkens.

Wie es aber mit jeder Tradition ist, so geht sie mit der Zeit verloren, wenn sie nicht gepflegt wird. In diesem Sinne hat sich die PTB dafür eingesetzt, dass das auf Wunsch des Kaisers geschaffene Denkmal von Helmholtz (Bild 13) 1994 aus Anlass seines 100. Todestages wieder auf seinem historischen Standplatz vor dem Haupteingang der Humboldt-Universität aufgestellt wurde. Viele Studenten werden so täglich an einen der bedeutendsten Naturforscher erinnert, der an ihrer Alma Mater geforscht und gelehrt hat.



Bild 13:
Das vom Kaiser geforderte Helmholtz-Denkmal wurde am 6. Juni 1899 enthüllt. Es sollte „den Zugang zur Universität schmücken ... zu Ehren der Wissenschaft und zur Nacheiferung für die Berliner Akademische Jugend“ [4, S. 194]

Zusammenfassung

Langjährige Bemühungen führender Vertreter aus Wirtschaft und Wissenschaft führten 1887 zur Gründung eines Instituts für die „experimentelle Förderung der exakten Naturforschung und der Präzisionstechnik“. Die so entstandene *Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR)* lieferte schon in wenigen Jahren wesentliche Beiträge zum Stand der Physik und insbesondere zur Metrologie, der Wissenschaft vom Messen. Mitbegründer und wesentlicher Förderer war der Industrielle *Werner von Siemens*, der erste Präsident dieser weltweit ersten staatlichen Großforschungseinrichtung aber war *Hermann von Helmholtz*. *Sein Genius ist noch heute nicht nur am Ort der Errichtung der PTR in Berlin-Charlottenburg, sondern auch in der deutschen Wissenschaft insgesamt zu verspüren.* ■

Anmerkung

In Würdigung des Lebenswerks von Hermann von Helmholtz fand an seinem 100. Todestag am 8. September 1994 in Berlin eine Reihe von Veranstaltungen statt. Die schriftliche Fassung der dabei gehaltenen Vorträge sind in „PTB-Texte Band 5“ im Wirtschaftsverlag Bremerhaven 1996 veröffentlicht worden. Sie dienten auch bei dem Quellenstudium zu dieser Arbeit.

Der Band enthält folgende Beiträge: Hubert Markl: Physik des Lebendigen, Gerhard Thews: Helmholtz als Arzt und Physiologe, Helmut Rechenberg: Helmholtz als Physiker und Physiologe, David Cahan: Helmholtz als Kulturträger, Dieter Hoffmann und Hubert Laitko: Kompetenz, Autorität und Verantwortung, Helmholtz und die Wissenschaftspolitik im Wilhelminischen Deutschland.

Bilder ohne Quellenangaben sind dem PTB-Archiv entnommen.

Literatur

- [1] *Rechenberg, H.*: Hermann von Helmholtz, VCH-Verlag, Weinheim (1994)
- [2] *Cahan, D.*: Meister der Messung, VCH-Verlag Weinheim (1992)
- [3] *Huebener, R. und Lübbig, H.*: Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Vieweg+Teubner (2011)
- [4] *v. Siemens-Helmholtz, E.*: Anna von Helmholtz, Ein Lebensbild in Briefen, Bd 2, Verlag für Kulturpolitik/Berlin (1929)
- [5] *Kern, U.*: Forschung und Präzisionsmessung, VCH (1992)
- [6] *Kind, D.*: Herausforderung Metrologie, Wirtschaftsverlag NW (2002)