

# Physikalisch- Technische Bundesanstalt

## PTB-Bericht

PTB-ATWD-5

August 1975

J. Hoppe-Blank

VOM METRISCHEN SYSTEM ZUM INTERNATIONALEN EINHEITENSYSTEM

-100 Jahre Meterkonvention-

ISSN 0341-6682

Dieser Bericht ist auch online verfügbar unter:  
doi: 10.7795/110.20150519H

Digitalisiert: Mai 2015



## Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) ist natur- und ingenieurwissenschaftliches Staatsinstitut und zugleich technische Oberbehörde im Dienstbereich des Bundesministers für Wirtschaft. Sie beschäftigt etwa 1300 Mitarbeiter, davon 300 mit wissenschaftlicher Vorbildung, in 18 allgemeinen Referaten und mehr als 100 Laboratorien, die in 9 Abteilungen in Braunschweig (Mechanik, Elektrizität, Wärme, Optik, Akustik, Atomphysik, Reaktorstrahlung, Allgemeine Technisch-Wissenschaftliche Dienste, Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle-SE) und im Institut Berlin der PTB zusammengefaßt sind.

**Aufgaben der Bundesanstalt:** Physikalische und ingenieurwissenschaftliche Forschung – Präzisionsbestimmung physikalischer Konstanten – Realisierung und Weitergabe physikalischer Einheiten – Darstellung von Temperatur- und Zeitskalen – Bauartprüfung und Zulassung von Meßgeräten, Spielgeräten und zivilen Schußwaffen – Bauartprüfung auf dem Gebiet der Sicherheitstechnik, des Strahlenschutzes, der Heilkunde und der Überwachung des Straßenverkehrs – Technische Prüfung und Genehmigung der Beförderung und Aufbewahrung von Kernbrennstoffen – Auftragsprüfung und wissenschaftlich-technische Beratung – Ausarbeitung technischer Vorschriften und Richtlinien – Mitwirkung in nationalen und internationalen Fachgremien – Meßtechnische Bildungs- und Entwicklungshilfe.

**Veröffentlichungen:** **PTB-Mitteilungen** (zweimonatlich erscheinendes wissenschaftliches und amtliches Fachorgan der PTB), **Jahresbericht der PTB** (erscheint im Februar des folgenden Jahres), **PTB-Berichte** (als Manuskript gedruckte Einzelarbeiten; sie erscheinen nach Fachgebieten geordnet in mehreren Serien), **PTB-Prüfregeln** (Regeln für die Prüfung von Meßgeräten und Betriebsmitteln mit Beschreibung der Prüfverfahren), **Eichanweisung** (allgemeine Verwaltungsvorschriften für die Eichung von Meßgeräten), **Eichordnung** (technische Rechtsvorschriften für die Eichung von Meßgeräten), **Technische Richtlinien** (Informationen und Empfehlungen für die staatlich anerkannten Prüfstellen für Meßgeräte), **Informationsbroschüren**, **Presse-Informationen**.

**Anschriften:** Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 3300 Braunschweig – Telefon: 05 31 / 59 21, Durchwahl über 5 92 – Telex: 9 52 822 ptb d – Telegramme: bundesphysik braunschweig

Institut Berlin der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Abbestraße 2-12, 1000 Berlin 10 (Charlottenburg) – Telefon: 0 30 / 3 48 11, Durchwahl über 34 81 – Telegramme: bundesphysik berlin.

<u>Kurzbezeichnung</u>	<u>Berichts-Serie (Institution bzw. Fachgebiet)</u>
PTB-Ak	Abteilung Akustik
PTB-APh	Abteilung Atomphysik
PTB-ATWD	Abteilung Allgemeine Technisch-Wissenschaftliche Dienste
PTB-Dos	Dosimetrie
PTB-E	Abteilung Elektrizität
PTB-EW	Elektronische Entwicklung
PTB-FMRB	Forschungs- und Meßreaktor Braunschweig
PTB-JB	Institut Berlin der PTB
PTB-I	Literaturzusammenstellungen und Veröffentlichungsverzeichnisse
PTB-Me	Abteilung Mechanik
PTB-ND	Neutronendosimetrie
PTB-CIML	Internationale Organisation für Gesetzliches Meßwesen
PTB-Opt	Abteilung Optik
PTB-Ra	Radioaktivität
PTB-W	Abteilung Wärme

PHYSIKALISCH - TECHNISCHE BUNDESANSTALT

Abteilung Allgemeine Technisch-Wissenschaftliche Dienste

Bericht ATWD-5

VOM METRISCHEN SYSTEM ZUM INTERNATIONALEN EINHEITENSYSTEM

- 100 Jahre Meterkonvention -

von

Johannes Hoppe-Blank

Braunschweig, August 1975  
Januar 1978

ISSN 0341-6682



## GLIEDERUNG

1. DAS METRISCHE SYSTEM
    - 1.1. Vorgeschichte
    - 1.2. Entstehung in Frankreich
    - 1.3. "Mètre des archives"
    - 1.4. 100 Jahre Metrisches System in Deutschland
    - 1.5. Kritik an der Grundlage des Metrischen Systems
  2. DIE METERKONVENTION
    - 2.1. Internationale Meterkommission (1870)
    - 2.2. Vorbereitender Untersuchungsausschuß (1872)
    - 2.3. Internationale Meterkommission (1872)
    - 2.4. Ständiges Komitee (1872)
    - 2.5. Diplomatische Meterkonferenz von 1875
    - 2.6. Internationales Komitee für Maß und Gewicht (CIPM)
    - 2.7. Internationales Büro für Maß und Gewicht (BIPM)
    - 2.8. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM)
  3. DAS INTERNATIONALE EINHEITENSYSTEM (SI)
    - 3.1. SI-Basiseinheiten
    - 3.2. Abgeleitete SI-Einheiten
    - 3.3. Dezimale Vielfache und Teile von SI-Einheiten
      - 3.3.1. SI-Vorsätze
      - 3.3.2. Anwendung der SI-Vorsätze und SI-Vorsatzzeichen
  4. GESETZLICHE EINHEITEN IM MESSWESEN
    - 4.1. Gesetzliche SI-Einheiten
    - 4.2. Weitere gesetzliche Einheiten
    - 4.3. Gesetzliche Einheiten mit eingeschränktem Anwendungsbereich
  5. EINHEITEN IM MESSWESEN IN DER EWG
  6. AUSBREITUNG DER METRISCHEN EINHEITEN IN DER WELT
- Anhang 1 : Mitgliedstaaten der Meterkonvention
- Anhang 2 : Rechtsvorschriften für die Umrechnung früherer Landesmaße in Deutschland in metrische Einheiten
- Anhang 3 : Schreiben des Reichskanzleramts vom 22.2.1875 an den Direktor der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission
- Anhang 4 : Gültige Entscheidungen der Generalkonferenz für Maß und Gewicht über SI-Einheiten
- Anhang 5 : Herleitung der Namen von SI-Einheiten, die nach Personen benannt sind
- Anhang 6 : Herkunft der Vorsätze zur Bezeichnung von bestimmten dezimalen Vielfachen und Teilen von Einheiten



# VOM METRISCHEN SYSTEM ZUM INTERNATIONALEN EINHEITENSYSTEM

- 100 Jahre Meterkonvention -

Vor einhundert Jahren wurde am 20. Mai 1875 in Paris die Meterkonvention von 17 Staaten unterzeichnet, ein zwischenstaatliches metrologisches Vertragswerk mit zur Zeit 44 Signatarstaaten (Anhang 1). Anlässlich dieses Jubiläums sollen die folgenden Ausführungen den langen Weg wissenschaftlichen Strebens nach Vervollkommnung und Vereinheitlichung der Einheiten im Meßwesen verdeutlichen, von der Entstehung des Metrischen Systems in den Wirren der Französischen Revolution und seiner Betreuung und Weiterentwicklung auf internationaler Ebene durch die Institutionen der Meterkonvention bis zur Einführung des aus ihm hervorgegangenen Internationalen Einheitensystems.

## 1. DAS METRISCHE SYSTEM

### 1.1. Vorgeschichte

Ein Blick zurück in die Zeit der Suche nach einem unveränderlichen Naturmaß als Basis für ein Einheitensystem führt in eine Welt, die weder Flugzeug noch Auto noch Eisenbahn kannte, in der es weder Telephon noch Radio noch Fernsehen gab. Stattdessen waren in jedem Land, in zahllosen Fürstentümern und Herzogtümern, in manchen Städten und auf einzelnen Märkten voneinander abweichende Maße in Gebrauch. So gab es allein in den früheren deutschen Landen (Anhang 2) über 30 verschiedene Längeneinheiten mit der Bezeichnung Fuß und außerdem jeweils besondere Einheiten für Getreide, Leinsaat, Steinkohle, Torf, Holz, Bier, Wein, Weinbrand, Garne, Seiden und so weiter. Bei-

spiele für Volumenmaße sind: Anker, Eimer, Fuder, Himpten, Klafter, Kummet, Maß, Metze, Ohm, Oxhoft, Quart, Scheffel, Seidel, Wispel. Die Willkür mit Einheiten ging so weit, daß Landesherren den Betrag einer Einheit verringerten, nur um die Einnahmen der darauf abgestellten Steuer zu erhöhen.

Derart chaotische Zustände im Meßwesen veranlaßten insbesondere Naturwissenschaftler, deren Forschungen sich nicht auf Beobachtungen beschränkten, sondern auf quantitative Erfassung in physikalischen Größen und auf mathematische Formulierung der Gesetzmäßigkeiten erstreckten, die Einführung eines homogenen und unveränderlichen Einheitensystems zu fordern.

Im Jahre 1661 schlug der englische Astronom und bedeutende Architekt *Sir Christopher Wren* (1632-1723), Schöpfer der St.-Pauls-Kathedrale in London, die Länge eines Halb-Sekundenpendels als Naturmaß für die Längeneinheit vor. Diesen Vorschlag wiederholte 1664 der holländische Mathematiker, Physiker und Doktor der Jurisprudenz *Christiaan Huygens* (1629-1695), der Erfinder der Pendeluhr. Wie aus seinem 1673 veröffentlichten Werk "Horologium Oscillatorium" hervorgeht, wollte er den dritten Teil der Länge des Sekundenpendels "pes horarum" benennen und, nachdem später die Abhängigkeit der Länge des Sekundenpendels von der geographischen Breite erkannt war, diese in die Definition seiner Längeneinheit einbeziehen.

Von dem französischen Astronomen *Gabriel Mouton* (1618-1694), Vikar in Lyon, kam bereits 1670 in seiner Schrift "Observationes diametrorum solis et lunae apparentium" der Vorschlag, die Bogenminute eines Meridiangrades als Naturmaß für die Längeneinheit anzunehmen und dezimal zu unterteilen. Darin lag bereits der Grundgedanke für das spätere Metrische System. Erwähnt sei hier, daß schon *Simon Stevinus* (1548-1620) aus Brügge in seinen gesammelten Schriften "Les oeuvres mathématiques de

Simon Stevin" die Anwendung des Dezimalsystems auf alle Einheiten im Meßwesen und auf die Währungen empfohlen hatte.

Zunächst aber fand der Vorschlag von *Huygens* mehr Anhänger und der französische Offizier und Geodät *Charles-Marie de la Condamine* (1701-1774) ließ nach Beendigung der 1735 begonnenen Gradmessung in Peru (von Tarqui bis Cotchesqui) im Jahre 1744 am Äquator die dortige Länge des Sekundenpendels in Stein meißeln und mit der Inschrift versehen: "Mensurae naturalis exemplar, utinam et universalis". Nach seiner Rückkehr von der Expedition propagierte er diese Länge als internationale Längeneinheit in seiner Schrift "Nouveau projet d'une mesure invariable, propre à servir de mesure commune à toutes les nations".

Waren bisher Wissenschaftler die treibenden Kräfte für die Schaffung eines einheitlichen Einheitensystems zur Erleichterung der Verständigung und des gegenseitigen Austausches ihrer Forschungsergebnisse, so griffen 1790 nun auch Politiker in verschiedenen Staaten dieses Problem auf, um den mit der beginnenden Industrialisierung in großer Zahl entstehenden Manufakturen den für den Absatz ihrer Produkte notwendigen Fernhandel zu erleichtern. Im englischen Unterhaus beklagte *Sir John Miller* die übergroße Mannigfaltigkeit und Unterschiedlichkeit der Einheiten und schlug die Länge des Sekundenpendels in London als Prototyp vor. In den Vereinigten Staaten von Amerika trat Staatssekretär *Jefferson* für das gleiche Prototyp, bezogen auf den 38ten Breitengrad - mittlere geographische Breite der USA - ein.

## 1.2. Entstehung in Frankreich

Mit der Erstürmung der Bastille in Paris am 14. Juli 1789 hatte die Französische Revolution begonnen. Im März 1790 brachte *Charles Maurice de Talleyrand* (1754-1838), damals Bischof von Autun, einen Antrag zur Vereinheitlichung des französischen Einheitenwesens in der Nationalversammlung ein, der sich auf

ein am 9. Februar dort deponiertes Memorandum des Abgeordneten *Charles-Antoine Prieur du Vernois* (1763-1827) bezog, das den Titel hatte "Mémoire sur la nécessité et les moyens de rendre uniformes dans le royaume toutes les mesures d'étendue et de pesanteur; de les établir sur des bases fixes et invariables; d'en régler tous les multiples et les subdivisions suivant l'ordre décuple". Während das Memorandum die Länge des Sekundenpendels in der königlichen Sternwarte zu Paris vorsah, schlug *Talleyrand* anstelle der Sternwarte den 45ten Breitengrad vor.

Am 8. Mai 1790 beschloß die Nationalversammlung, die Académie des Sciences in Paris zu beauftragen, mit den Arbeiten zur Schaffung eines neuen Einheitensystems auf der Grundlage einer geeigneten physikalischen Größe zu beginnen und damit allen Nationen die Möglichkeit zu geben, die neuen Einheiten zu übernehmen. Eine von *Talleyrand* vorgeschlagene Beteiligung von Mitgliedern der Royal Society in London kam aus politischen Gründen nicht zustande.

Am 22. August 1790 sanktionierte der damals noch amtierende König Ludwig XVI. den Beschluß der Nationalversammlung.

Die erste Kommission der Académie des Sciences, bestehend aus dem Marineingenieur und Mathematiker *Jean Charles de Borda* (1733-1799), dem Mathematiker und Physiker *Joseph-Louis Lagrange* (1736-1813), dem Mathematiker und Enzyklopädisten *Marie-Jean Antoine Nicolas Caritat, Marquis de Condorcet* (1743-1794) und dem weiteren Mitglied *Tillet*, an dessen Stelle später der Chemiker *Claude-Louis Comte de Berthollet* (1748-1822) trat, kam in ihrem Bericht vom 17. Oktober 1790 zu dem Ergebnis, daß nur das Dezimalsystem Grundlage für die Teilung und Vervielfachung der Einheiten sein soll. Auf Vorschlag des holländischen Mathematikers und Physikers *Jan Hendrik van Swinden* (1746-1823) wurden die Vorsätze zur Bezeichnung der dezimalen Teile aus dem Lateinischen und die Vorsätze zur Bezeichnung der dekadischen Vielfachen der Einheiten aus dem Griechischen hergeleitet. Dieses Prinzip konnte später von der Generalkonferenz für Maß und Gewicht nicht mehr eingehalten werden.



Bild 1 : 6 preußische Fuß, zu je 139,13 Pariser Linien nach der preußischen Maß- und Gewichtsordnung vom 16. Mai 1816, auf einer halben Ruthe (am Rathaus zu Münster)



Bild 2 : Lübecker Getreidehohlmaße (z.B. Scheffel, Metzen) im Lübecker St. Annen-Museum



Bild 3 : Lübecker Stadt- und Schiffsgewichte (z.B. Liespfund, Stein Wolle) im Lübecker St. Annen-Museum



Eine weitere Kommission der Académie des Sciences, die sich aus *de Borda*, *Lagrange*, *de Condorcet*, dem Mathematiker und Physiker *Pierre-Simon Marquis de Laplace* (1749-1827) und dem Physiker *Gaspard Monge* (1746-1818) zusammensetzte, stellte in ihrem "Rapport sur le choix d'une unité de mesures" vom 19. März 1791 fest, daß keine der bisher in irgendeinem Land benutzten Einheiten ausgewählt werden kann, weil dies weder philosophisch noch sachlich begründet werden kann, ohne nationale Gefühle zu verletzen. Die Einheiten können nur aus drei Naturmaßen hergeleitet werden:

der Länge des Sekundenpendels,

einem Erdäquatorquadranten,

einem Meridianquadranten zwischen dem Pol und dem Äquator.

Doch das Pendelmaß ist wegen des Einflusses der zur Länge hinzukommenden Größen Zeit und Fallbeschleunigung abzulehnen. Weiterhin ist wegen der schwierigen Messungen entlang des Äquators dem Meridianquadranten der Vorzug zu geben.

Die Einheit der Länge soll aus der Messung des Meridianbogens zwischen Dünkirchen und Barcelona, die beide in Meereshöhe liegen, berechnet werden. Das Arbeitsprogramm soll umfassen:

Beobachtung der astronomischen Breiten in Dünkirchen und Barcelona;

Basismessungen;

Triangulation zwischen Dünkirchen und Barcelona;

Pendelbeobachtungen zum Vergleich der gefundenen Längeneinheit mit der Pendellänge;

Bestimmung der Masse eines definierten Volumens destillierten Wassers bei 0 °C;

Vergleich der bisherigen Einheiten mit den neuen Einheiten.

Der Bericht wurde am 26. März 1791 in der Nationalversammlung verlesen, die am 30. März den Arbeitsplan genehmigte. Zu seiner Durchführung bildete die Académie des Sciences am 13. April fünf Kommissionen unter der zentralen Leitung von *de Borda*, *de Condor-*

*cet, Lagrange* und dem Mitbegründer der modernen Chemie *Antoine-Laurent Lavoisier* (1743-1794).

### 1.3. "Mètre des archives"

Die von der Académie des Sciences gebildete Kommission zur Gradmessung (1792 bis 1798) von Dünkirchen bis Montjoux bei Barcelona leiteten die Astronomen *Jaques Dominique Cassini Comte de Thury* (1748-1845), *Jean Baptiste Joseph Delambre* (1749-1822), der den nördlichen Meridianabschnitt von Dünkirchen bis Rodez übernahm, und *Pierre François André Méchain* (1744-1804), der den südlichen Meridianabschnitt von Rodez bis Montjoux übernahm. Die Messungen erstreckten sich über  $9^{\circ} 40'$  Breitenunterschied und wurden mit der Toise du Pérou, der damaligen gesetzlichen Längeneinheit in Frankreich durchgeführt. Obwohl die Vermessungstrupps ursprünglich einen königlichen Schutzbrief besaßen, wurden sie nach Ausrufung der Republik durch den Nationalkonvent am 22. September 1792 mehrmals bei ihren Beobachtungen auf Bergspitzen und Kirchtürmen als Spione verhaftet und konnten nur unter Lebensgefahr ihr großes Werk vollbringen.

Auf Vorschlag von *Laplace* war schon 1791 der zehnmillionste Teil des Erdmeridianquadranten als künftige Längeneinheit festgesetzt. Da der Nationalkonvent den Abschluß der Gradmessungen nicht abwarten wollte, führte er das Metrische System mit Gesetz vom 18. Germinal An 3 (7. April 1795) in Frankreich ein. Nach diesem Gesetz sollte ein Strichmaß aus Platin das Meter repräsentieren als den zehnmillionsten Teil des Erdmeridianquadranten zwischen dem Nordpol und dem Äquator. Als weitere Einheiten wurden festgesetzt das Ar als Flächeneinheit für Flurstücke gleich einem Quadrat von der Seitenlänge 10 m, das stère (Raummeter) als Raummaß für geschichtetes Brennholz gleich  $1 \text{ m}^3$ , das Liter als Volumeneinheit für Flüssigkeiten und Schüttstoffe gleich  $1 \text{ dm}^3$  und das Gramm als Masseneinheit gleich der Masse von  $1 \text{ cm}^3$  reinen Wassers bei der Temperatur des Eispunktes.

Von den heute noch gültigen Vorsätzen zur Bezeichnung von bestimmten dezimalen Vielfachen und Teilen von Einheiten wurden mit diesem Gesetz bereits Kilo, Hekto, Dekka, Dezi, Zenti und Milli festgesetzt. Der Vorschlag, die Längeneinheit "Meter" zu benennen, vom griechischen Wort μέτρον "Maß" hergeleitet, wird einmal auf den bereits erwähnten Deputierten *C.A. Prieur* und zum anderen auf *de Borda* zurückgeführt.

Als Meter galt ein Strichmaßstab aus Platin, das "mètre provisoire", das bereits mit dem Gesetz vom 1. August 1793 gleich 443,44 Pariser Linien der Toise du Pérou festgesetzt worden war, eine Länge, die dem zehnmillionsten Teil der Länge des Erdmeridianquadranten entsprach. Als Prototype der Einheit der Masse, das Gramm, wurden zur Erleichterung der Messungen Kilogrammstücke hergestellt.

Auf Einladung *Talleyrand's*, damals Außenminister des Directoire, vom 9. Juni 1798 arbeitete seit September 1798 in Paris eine Commission Générale des Poids et Mesures, die sich aus Vertretern Frankreichs und der Republiken Batavia (Niederlande), Cisalpine (Norditalien), Helvetia, Ligurien, Sardinien (später Piémont), Rom und Toscana sowie der Königreiche Dänemark und Spanien zusammensetzte. Die Kommission verglich die damals vorhandenen verschiedenen Toisen miteinander, prüfte die Meßergebnisse und Berechnung des Meridianbogens von Dünkirchen bis Barcelona und berechnete aus der Bogenlänge das Meter gleich 443,295 936 Pariser Linien. Sie fand weiterhin, daß ein inzwischen angefertigter Platin-Endmaßstab die gewünschte Länge 443,296 Pariser Linien hatte. Dieser Stab und ein Kilogramm aus Platin wurden am 22. Juni 1799 dem *Conseil des Anciens et Cinq-Cents* vorgelegt und anschließend in den französischen Staatsarchiven hinterlegt. Die Hinterlegungsurkunde ist von den Mitgliedern der Commission Générale des Poids et Mesures unterzeichnet worden.

Mit dem Gesetz vom 19. Brumaire An VIII (10. Dezember 1799) wurden das "mètre des archives" und das "kilogramme des archives" als definitive Verkörperungen anerkannt. Zur Erinnerung an den Zeitpunkt der Vollendung des Metrischen Systems wurde beschlossen, eine Medaille herauszugeben mit der Inschrift "A tous les temps, à tous les peuples".

In dem Geburtsland des Metrischen Systems mehrten sich in der Folgezeit die Widerstände gegen das neue Einheitensystem. Mit Dekret vom 12. Februar 1812 erlaubte deshalb Bonaparte, seit dem 18. Mai 1804 Kaiser Napoleon I., den Gebrauch der alten Einheiten neben den neuen. Unter Ludwig XVIII wurde 1816 die dezimale Unterteilung und dekadische Vervielfachung für alle Einheiten im Meßwesen untersagt und für den Handel die ausschließliche Anwendung der alten, nichtmetrischen Einheiten festgesetzt. Erst durch das Maß- und Gewichtsgesetz von 1837 wurde das Metrische System in Frankreich mit Wirkung vom 1. Januar 1840 obligatorisch eingeführt.

Die französische Regierung verteilte 1840 je eine Meterkopie, eine Kilogrammkopie und ein Literhohlmaß an Baden, Bayern, Bremen, Braunschweig, Hamburg, Hannover, Hessen-Kassel, Hessen-Darmstadt, Lübeck, Lucca, Norwegen, Preußen, Rußland, Sardinien, Schweden, Toscana, Vatikanstaat und Württemberg. 1869 wurden weitere Serien an England, Japan, Kolumbien, Mexico, Portugal, Venezuela und die Vereinigten Staaten von Amerika abgegeben. Andererseits verteilte 1855 die britische Regierung 67 Yardkopien, davon 28 unaufgefordert und kostenlos an ausländische Regierungen. Diese Aktionen lösten in mehreren Ländern eine Fülle von Vergleichen der Toise, des Meter und des Yard miteinander und mit den Verkörperungen einheimischer gesetzlicher Längeneinheiten aus, unter anderem auch, um die zahlreichen Gradmessungen für eine bestanschließende Erdfigur nutzen zu können.



Bild 4 : Bestimmung der Längeneinheit Fuß durch Mittelung.  
Aus Jacob Köbels "Geometrie", Frankfurt 1575.



Bild 5 : Gemälde von Marc Chagall "Die Zeit hat keine Ufer".



#### 1.4. 100 Jahre Metrisches System in Deutschland

Am besten gesichert war in Deutschland das preußische Maßsystem, das mit Gesetz vom 16.5.1816 den preußischen Fuß zu 139,13 Pariser Linien festsetzte. An die Besselsche Toise, die 1823 mit der Toise von Peru verglichen worden war, schloß *Bessel* ein Längennormal von 3 preußischen Fuß an. Dieses Endmaß aus Gußstahl, an dessen Enden in Gold gefaßte Saphirkegel mit genau ebenen Endflächen eingesetzt waren, wurde mit Gesetz vom 10. März 1839 als preußisches Normal festgesetzt. Es erregte wegen seiner hohen meßtechnischen Qualität auch im Ausland viel Bewunderung.

Am 22. März 1833 wurde in deutschen Landen zur Erleichterung des Güteraustausches das Zollpfund zu 500 g festgesetzt. Seine Unterteilung war jedoch in den einzelnen Ländern unterschiedlich. Am 17. Mai 1856 führte der Deutsche Zollverein das Zollpfund zu 500 g mit einheitlicher Unterteilung nach Gramm und dezimalen Vielfachen des Gramm ein.

Im Jahre 1861 einigte sich in Frankfurt eine Kommission von Sachverständigen, in Deutschland das Metrische System einzuführen. Mit der Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868 (BGBl. 1868, S. 473) hielt das Metrische System seinen Einzug in Deutschland. Durch Artikel 80, Nr. I, 11 der Verfassung des Deutschen Bundes vom November 1870 (BGBl. 1870, S. 627, ausgegeben den 31. Dezember 1870) wurde der Geltungsbereich der Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund auf den Deutschen Bund ausgedehnt. In Bayern, das durch Vertrag betreffend den Beitritt Bayerns zur Verfassung des Deutschen Bundes vom 23. November 1870 (BGBl. 1871, S. 9) dem Deutschen Bund angehörte, trat die Maß- und Gewichtsordnung jedoch erst durch das "Gesetz betreffend die Einführung der Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868 in Bayern, vom 26. November 1871 (BGBl. 1871, S. 397) am 1. Januar 1872 mit einigen Änderungen als Reichsgesetz in Kraft. Somit war der 1. Januar 1872 der

Jubiläumstag "100 Jahre Metrisches System in Deutschland". Die wiederholt ergänzte und geänderte Maß- und Gewichtsordnung von 1868 wurde abgelöst durch das Maß- und Gewichts-gesetz vom 13. Dezember 1935 (RGBl. 1935 Teil I, S. 1499), das 1969 außer Kraft trat.

Das Maß- und Gewichtswesen, heute gesetzliches Meßwesen, umfaßt einmal die Festsetzung, Darstellung und Weitergabe der gesetzlichen Einheiten und zum anderen das Eichwesen, die Überwachung der Meßgeräte im geschäftlichen Verkehr auf Einhaltung der vorgeschriebenen Fehlergrenzen. Entsprechend hat in der Bundesrepublik Deutschland der Gesetzgeber das gesetzliche Meßwesen in zwei Rechtsvorschriften aufgeteilt, das Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 2. Juli 1969 (BGBl. 1969, Teil I, S. 709) und das Gesetz über das Meß- und Eichwesen (Eichgesetz) vom 11. Juli 1969 (BGBl. 1969, Teil I, S. 759). Das Einheitengesetz wird in einem späteren Abschnitt erläutert.

#### 1.5. Kritik an der Grundlage des Metrischen Systems

Die von dem deutschen Astronomen *Friedrich Wilhelm Bessel* (1784-1846) eingeleiteten Diskussionen über die Resultate der französischen Gradmessung führten zu der Erkenntnis, daß unser Erdsphäroid auch von einem Rotationsellipsoid abweicht und überhaupt nicht als starrer, unveränderlicher Sphäroid angesehen werden kann, sondern stets geringen Schwankungen unterworfen ist. Es war also ein Irrtum anzunehmen, daß der Erdmeridianquadrant für alle Zukunft die Möglichkeit bieten könnte, im Falle eines Verlustes der Meterverkörperung mit Sicherheit das Meter durch spätere Gradmessung, insbesondere auf einem beliebigen Meridian, neuzubestimmen. Die Zweifel darüber, ob man mit der Festlegung des Meter über den Erdmeridianquadranten ein wirklich unveränderliches Naturmaß geschaffen habe, waren somit allzu berechtigt.

Erwähnt sei hier, daß die Idee, eine Lichtwellenlänge könnte ein solches Naturmaß sein, wohl zuerst von dem französischen Physiker und Astronomen *Jacques Babinet* (1794-1872) im Jahre 1827 mitgeteilt wurde. Geradezu prophetisch hinsichtlich der Beziehung der Meßgrundlagen auf von äußeren Einflüssen unabhängige Naturkonstanten klingt die Äußerung des englischen Physikers und Mathematikers *James Clerk Maxwell* (1831-1879) im Jahre 1870: "Wenn wir also absolut unveränderliche Einheiten der Länge, Zeit und Masse schaffen wollen, so müssen wir diese nicht in den Abmessungen, in der Bewegung oder in der Masse unseres Planeten suchen, sondern in der Wellenlänge, Frequenz und Masse der unvergänglichen, unveränderlichen und vollkommen gleichartigen Atome." (*Die Naturforscher* 4 (1871), S. 370).

Nachprüfungen der rechnerischen Auswertung der Gradmessung mit Hilfe verbesserter Methoden, die der deutsche Mathematiker *Karl Friedrich Gauß* (1777-1855) aufgestellt hatte, sowie die Berechnung der Seemeile als "mittlere Meridianminute" durch *Bessel* ließen erkennen, daß das *mètre des archives* nicht genau mit dem vierzigmillionsten Teil der Länge des durch Paris verlaufenden Erdmeridians übereinstimmt. Es ist gegenüber der Länge, die 1795 als Definition festgelegt worden war, relativ um etwa  $2 \times 10^{-4}$  zu klein ausgefallen.

Weiterhin gaben Material und Gestalt des "*mètre des archives*" und des "*kilogramme des archives*" sowie der verwendeten Sekundärnormale Anlaß zu Beanstandungen. Seit der Begründung des Metrischen Systems hatten die Präzisionsmeßtechnik und die Metallurgie bedeutende Fortschritte gemacht, und es kamen berechtigte Zweifel auf hinsichtlich der Beständigkeit des Materials, der Art der Formgebung und der Bearbeitung der aus reinem Platin hergestellten Prototype. Hinzu kam, daß die Beschaffenheit der maßgebenden Endflächen des Meterprototyps von mangelhafter Gestaltung waren. Auch stellte sich heraus, daß das *kilogramme des archives* nicht genau der über Länge

des Meter und Dichte des Wassers von der Französischen Nationalversammlung festgelegten Definition von einem Kilogramm entsprach.

## 2. DIE METERKONVENTION

Bei der zunehmenden Verbreitung des Metrischen Systems mußte der Gedanke an einheitliche Vorkehrungen zur Herstellung gleichwertiger nationaler Prototypen des Meter und des Kilogramm aufkommen. Von Seiten der deutschen Wissenschaft wurden hauptsächlich zwei Einwände gegen die bisherige Handhabung der metrischen Einheiten erhoben: Erstens, daß die Grundlage der Naturmaßdefinition in der Natur überhaupt nicht eindeutig gegeben ist; zweitens, daß die Längeneinheit durch einen Maßstab von ungeeignetem Material und unzureichender Beschaffenheit dargestellt wird. Professor *Wilhelm Förster*, Direktor der Normal-Eichungs-Kommission des damaligen Norddeutschen Bundes äußerte sich dahingehend: "Die Folgen jener Sorglosigkeit haben sich bei der weiteren Copierung solcher Copien lawinenartig gehäuft und bewirkt, daß, wenn einmal Normalmeter von verschiedenen Ländern untereinander zur Vergleichung kamen, dieselben häufig bis zu Zehnteilen des Millimeters abweichend befunden wurden". Als er bei der Einführung des Metrischen System durch den Norddeutschen Bund hervorhob, daß es sich gleichzeitig darum handeln würde, dieses System nunmehr auch zu der Würde eines den Anforderungen der Wissenschaft voll entsprechenden, auch in der Verwaltung seiner Grundlagen wahrhaft internationalen Maß- und Gewichtssystem emporzuheben, fand er vollstes Verständnis beim Präsidenten des Bundeskanzleramtes, dem preußischen Staatsminister *R. Delbrück*, und ebenso Zustimmung beim Bundeskanzler selbst, dem damaligen Grafen *Otto von Bismarck*.

Schon 1867 forderte Generalleutnant Dr. *Baeyer*, Präsident des Geodätischen Instituts in Berlin, in einer der Berliner Akade-

mie der Wissenschaften übergebenen Abhandlung die Einrichtung einer europäischen Institution, die mit der Aufbewahrung eines gemeinschaftlichen Meterprototyps sowie mit der Ausgabe von beglaubigten Kopien beauftragt werden sollte.

Im Herbst 1867 nahm die Zweite Generalkonferenz der Europäischen Gradmessung in Berlin auf Veranlassung der Delegierten Prof. *Hirsch* (Neuchâtel) und Prof. *Förster* (Berlin) unter anderem folgende Resolutionen an: Im Interesse der Wissenschaft und insbesondere der Geodäsie sollte in Europa ein einheitliches Maß- und Gewichtssystem mit Dezimalteilung angenommen werden. Die Konferenz empfiehlt das Metrische System und hält die Herstellung eines neuen europäischen Normalmeters für wünschenswert, dessen Länge sich von der des französischen *mètre des archives* so wenig wie möglich unterscheiden soll. Weiterhin befürwortet die Konferenz die Gründung eines europäischen internationalen Büros für Maß und Gewicht. Die Konferenz stellt den Bevollmächtigten anheim, diese Beschlüsse ihren Regierungen zur Kenntnis zu bringen.

Damit war der erste Schritt zur Meterkonvention getan. Das französische Landwirtschafts- und Handelsministerium berichtete am 2. September 1869 im *Journal officiel de l'empire français* dem Kaiser von den Beschlüssen der europäischen geodätischen Kommission und von einer ähnlichen Eingabe seitens der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg. Weiter wurde berichtet, daß die französische Regierung 1868 daraufhin eine Kommission eingesetzt hat, die vom Archivmeter eine legale Strichmeterkopie anfertigen wird, an deren Herstellung auch ausländische Gelehrte mitwirken sollen. Für die Arbeiten wurde das *Conservatoire des Arts et Métiers* vorgesehen, das nach Auffassung des Ministeriums über die Mittel und Einrichtungen verfügt, die Aufgabe mit hinreichender Genauigkeit und Schnelligkeit auszuführen. Ein internationales Büro für Maß und Gewicht wurde noch nicht in Betracht gezogen.

Unter dem Eindruck der zunehmenden Anhängerschaft der Befürworter einer Reform des Metrischen Systems entschloß sich die Académie des Sciences in Paris, die Führung dieser Bestrebungen zu übernehmen. Sie bewirkte, daß wissenschaftliche und diplomatische Verhandlungen in Gang kamen, mit dem Ziel, im Sommer 1870 in Paris eine internationale Konferenz abzuhalten.

### 2.1. Internationale Meterkommission (1870)

An der ersten Sitzungsperiode vom 8. bis 13. August 1870 nahmen Vertreter von 14 europäischen und 8 amerikanischen Staaten teil. Die deutschen Staaten sowie Belgien und die Niederlande waren wegen der kriegerischen Auseinandersetzungen in Europa nicht vertreten. Deshalb enthielt sich die Kommission jeder definitiven Beschlußfassung und ersuchte die französische Regierung um erneute Einberufung, sobald die Umstände es erlauben würden. Sie sprach den Wunsch aus, daß ihr Programm dahingehend erweitert werden soll, daß es auch alle Maßnahmen umfaßt, die geeignet sind, dem Metrischen System einen wahrhaft internationalen Charakter zu geben. Bevor die Kommission sich vertagte, bildete sie ein Comité des recherches préparatoires.

### 2.2. Vorbereitender Untersuchungsausschuß (1872)

Diesem Expertenkomitee gehörten neben den Vertretern Frankreichs unter anderem *Förster* (Norddeutscher Bund), *Wild* (Rußland), *Hirsch* (Schweiz), *Lang* (Österreich), *Steinheil* (Bayern), *Wrede* (Schweden), *Ibañez* (Spanien) und *Hilgard* (USA) an. Die Sitzungen fanden vom 2. bis 14. April 1872 statt. Es wurde beschlossen, die neuen internationalen Prototypen vom Archivmeter und vom Archivkilogramm herzuleiten. Sie sollen ebenso wie anzufertigende nationale Kopien aus einer Legierung von 90% Platin und 10% Iridium hergestellt werden. Nachdem *Baeyer* bei einer Reihe von Metallen gefunden hatte, "daß sie sich infolge von molekularen Bewegungen im Laufe der Zeit ändern", ergaben

Untersuchungen von *Fizeau*, "daß solche Veränderungen nur bei Metallen wie Zink, Zinn und anderen mit ungleicher Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen vorkommen, dagegen nicht bei Kristallen des regulären Systems, also auch nicht bei Edelmetallen".

Das internationale Meterprototyp soll ein Strichmaß sein und bei 0 °C die Länge 1 m angeben. Das internationale Kilogrammprototyp soll die Form des Archivkilogrammstücks haben und im Vakuum die Masse 1 kg angeben. Alle anderen Kopien werden mit dem internationalen Kilogrammprototyp sowohl in Luft als auch im Vakuum verglichen.

Bereits bei diesen Vorberatungen standen sich unter den französischen Wissenschaftlern zwei entgegengesetzte Auffassungen gegenüber. Mehreren von ihnen unter der Führung des Chemikers *Henri Sainte-Claire-Deville* genügte es, daß das Metrische System zum Ruhme Frankreichs von einer zunehmenden Anzahl anderer Länder angenommen wurde. Sie sahen voraus, daß die Schaffung eines internationalen metrologischen Zentrums in Paris auch für die französische Präzisionsmeßtechnik eine unvergleichliche Förderung zur Folge haben würde. Eine national orientierte Gruppe von französischen Wissenschaftlern wollte, beeinflusst von der damaligen zentralen Verwaltung des französischen Maß- und Gewichtswesen im Conservatoire des Arts et Métiers, nur soweit gehen, daß die Prototypen erneuert werden, aber ihre Aufbewahrung und Verwaltung wie bisher ausschließlich eine Angelegenheit Frankreichs bleibt.

### 2.3. Internationale Meterkommission (1872)

Die zweite Sitzungsperiode der internationalen Meterkommission dauerte vom 24. September bis 12. Oktober 1872. An ihr nahmen 18 europäische und 9 amerikanische Staaten teil. Die Beratungen verliefen zunächst recht stürmisch, weil die Gruppe Pariser Wissenschaftler, die ausschließlich Frankreich auch künftig

die zentrale Verwaltung der Grundlagen des Metrischen Systems vorbehalten wollte, durch diplomatische Delegierte kleinerer Staaten, insbesondere südamerikanischer, unterstützt wurde. Dem damaligen deutschen Botschafter in Paris, Graf *von Arnim*, gelang es, das französische Staatsoberhaupt von den Auffassungen der deutschen Sachverständigen und einer Reihe bedeutender Gelehrter Frankreichs und anderer Staaten über die Schaffung eines *ständigen internationalen* Instituts für Maß und Gewicht mit Sitz in Paris zur Vervollkommnung des Metrischen Systems zu überzeugen. Nach langen Debatten wurde schließlich in der letzten Sitzung der Konferenz die Gesamtheit der Vorschläge der Sachverständigen mit großer Mehrheit angenommen. Von den 40 Resolutionen, die sich auf die Vorarbeiten des Comité des recherches préparatoires stützten, befaßten sich 21 mit der Konstruktion und Vergleichung des Meter, 12 bezogen sich auf das Kilogramm und 7 auf Abstimmungsverfahren und die Ausführung der Arbeiten. Die Kommission brachte der französischen Regierung zur Kenntnis, daß es im höchsten Grade erwünscht sei, in Paris ein internationales Büro für Maß und Gewicht zu gründen, das als neutrales Institut angesehen, auf gemeinsame Kosten unterhalten und unter der Aufsicht eines ständigen internationalen Komitees stehen würde. Bevor man auseinander ging, bildete man ein Comité permanent.

#### 2.4. Ständiges Komitee (1872)

Dieses Komitee bestand aus 12 Mitgliedern und wählte den Spanier General *Ibañez* zu seinem Präsidenten. Wie beschlossen, trat es zweimal zusammen, vom 1. bis 10. Oktober 1873 und vom 6. bis 17. Oktober 1874. Die Vertreter Deutschlands, Österreichs und Rußlands wurden nicht zu diesen Sitzungen entsandt, weil ihre Regierungen forderten, daß zuvor die Frage der Errichtung eines internationalen Büros für Maß und Gewicht entschieden sein müsse. Aus demselben Grund weigerten sich andere Regierungen, Prototype aus Platin-Iridium zu bestellen, an

deren Herstellung im Conservatoire des Arts et Métiers bereits mit aller Energie gearbeitet wurde.

Am 6. Mai 1873 wurde in Gegenwart des französischen Staatspräsidenten eine Legierungsprobe von 10 kg Platin-Iridium hergestellt. Am 13. Mai 1874 folgte der Guß von 250 kg Platin-Iridium in Gegenwart von mehreren Mitgliedern der internationalen Meterkommission. Anschließende Analysen ergaben, daß die in großer Eile hergestellte Legierung etwa 3% Fremdstoffe, darunter etwa 2% Eisen, enthielt und nicht ausreichend homogen war.

Durch ihre Zurückhaltung wollten die beteiligten Regierungen einen Druck auf die französischen Wissenschaftler und auf die französische Regierung ausüben und damit eine internationale diplomatische Konferenz über Maß und Gewicht mit Beteiligung Frankreichs erzwingen, dessen Verdienste um die Schaffung der ersten Grundlagen für ein gemeinsames Maß- und Gewichtssystem uneingeschränkt anerkannt wurden. Auf Antrag von General *Ibañez* wurde vom Comité permanent die folgende Resolution mit großer Mehrheit angenommen: "In Anbetracht der großen Anzahl günstiger Antworten von Seiten der interessierten Staaten hinsichtlich der Abhaltung einer diplomatischen Konferenz, die das Comité ermächtigen soll, die ihm obliegenden Aufgaben zu erfüllen, und in Anbetracht, daß die französische Sektion bei dem fortgeschrittenen Stand der Arbeiten die Mitwirkung des Comité nicht mehr nötig habe, die sich auf die Ausführung der ihm von der internationalen Kommission anvertrauten wissenschaftlichen Untersuchungen beschränken sollte, beschließt das Comité:

1. Das Büro wird beauftragt, die französische Regierung zu ersuchen, in möglichst kurzer Frist die diplomatische Konferenz nach Paris einzuberufen.
2. Das Comité wird nach Beendigung dieser Sitzungsperiode nicht wieder zusammentreten, bis es Kenntnis von den von den be-

teiligten Regierungen sanktionierten Beschlüssen der diplomatischen Konferenz erhalten hat.

3. Das Büro wird die französische Sektion und die Mitglieder der internationalen Meterkommission über diesen Beschluß unterrichten".

#### 2.5. Diplomatische Meter-Konferenz von 1875

Auf Einladung Frankreichs trat am 1. März 1875 in Paris die diplomatische Meter-Konferenz zusammen, an der die Bevollmächtigten und wissenschaftlichen Experten von 24 Staaten teilnahmen. Einen guten Überblick über die Ziele der Verhandlungen und deren Ausgangslage vermittelt das Schreiben des Reichskanzleramts vom 22. Februar 1875 an Professor Dr. *Förster*, den damaligen Direktor der Normal-Eichungskommission und wissenschaftlichen Experten des Deutschen Reichs bei der Konferenz (s. Anhang 3).

Die Verhandlungen verliefen anfangs sehr schwierig, weil starke Kreise in Frankreich unter der Führung von General *Morin*, dem damaligen Direktor des Conservatoire des Arts et Métiers, zwischen den Verhandlungen alle Anstrengungen unternahmen, eine Mehrheit dafür zu gewinnen, daß Frankreich als das Ursprungsland des Metrischen Systems auch dessen alleinige Hüterin bleiben soll. Als schließlich auch der russische diplomatische Bevollmächtigte, Botschaftsrat *Okuneff*, im Gegensatz zu dem wissenschaftlichen Experten Rußlands, Professor *Wild*, dazu neigte, sich dieser Richtung anzuschließen, wodurch der Abschluß der Meterkonvention in Frage gestellt wurde, berichtete der deutsche Bevollmächtigte, Fürst *von Hohenlohe-Schillingsfürst*, dem Reichskanzler. Fürst *Otto von Bismarck* bewirkte durch diplomatische Intervention bei der kaiserlich-russischen Regierung, daß die in der damaligen Situation ausschlaggebende Stimme Rußlands für den Abschluß der Meterkonvention am 20. Mai 1875 ge-

Son Excellence le Président de la République  
Française, Sa Majesté l'Empereur d'Allemagne,  
Sa Majesté l'Empereur d'Autriche-Hongrie,  
Sa Majesté le Roi des Belges, Sa Majesté  
l'Empereur du Brésil, Son Excellence le  
Président de la Confédération Argentine, Sa  
Majesté le Roi de Danemark, Sa Majesté  
le Roi d'Espagne, Son Excellence le  
Président des États-Unis d'Amérique, Sa  
Majesté le Roi d'Italie, Son Excellence  
le Président de la République du Pérou,  
Sa Majesté le Roi de Portugal et des  
Algarves, Sa Majesté l'Empereur des  
Russes, Sa Majesté le Roi  
de Suède et de Norvège, Son Excellence le  
Président de la Confédération Suisse, Sa  
Majesté l'Empereur des Ottomans  
et Son Excellence le Président de la République  
de Vénézuéla,  
désirant assurer l'unification internationale

Bild 6 : Erste Seite des im Archiv des französischen Außenministeriums hinterlegten Exemplars der Meterkonvention von 1875



Art. 14

La présente convention sera ratifiée suivant les lois constitutionnelles particulières à chaque état ; les ratifications en seront échangées à Paris dans le délai de six mois ou plus tôt, si faire se peut. Elle sera mise à exécution à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1876.

En foi de quoi, les Plénipotentiaires respectifs l'ont signée et y ont apposé le cachet de leurs Armes.

Fait à Paris, le 20 Mai 1875.

De France  
C. de Molesme  
Mamag

Allemagne Hohentory

Bild 7 : Letzte Seite des im Archiv des französischen Außenministeriums hinterlegten Exemplars der Meterkonvention von 1875



sichert war. Ihr Zustandekommen ist nicht zuletzt dem leidenschaftlichen Eintreten des Fürsten von Hohenlohe für das Vertragswerk zu verdanken.

Nach der Schaffung des Metrischen Systems durch Frankreich war nun auch dessen internationale Sicherung und Überwachung erreicht. Die Meterkonvention wurde von 17 Staaten unterzeichnet; am 1. Mai 1975 waren 44 Staaten diesem zwischenstaatlichen metrologischen Vertragswerk beigetreten (Anhang 1).

Mit dieser Konvention wurde das *Internationale Komitee für Maß und Gewicht* (Comité International des Poids et Mesures, CIPM) Nachfolgeinstitution der Internationalen Meterkommission (Commission Internationale du Mètre), einschließlich ihres Ständigen Komitees (Comité permanent), und übernahm zunächst die weitere Ausführung von deren Beschlüssen.

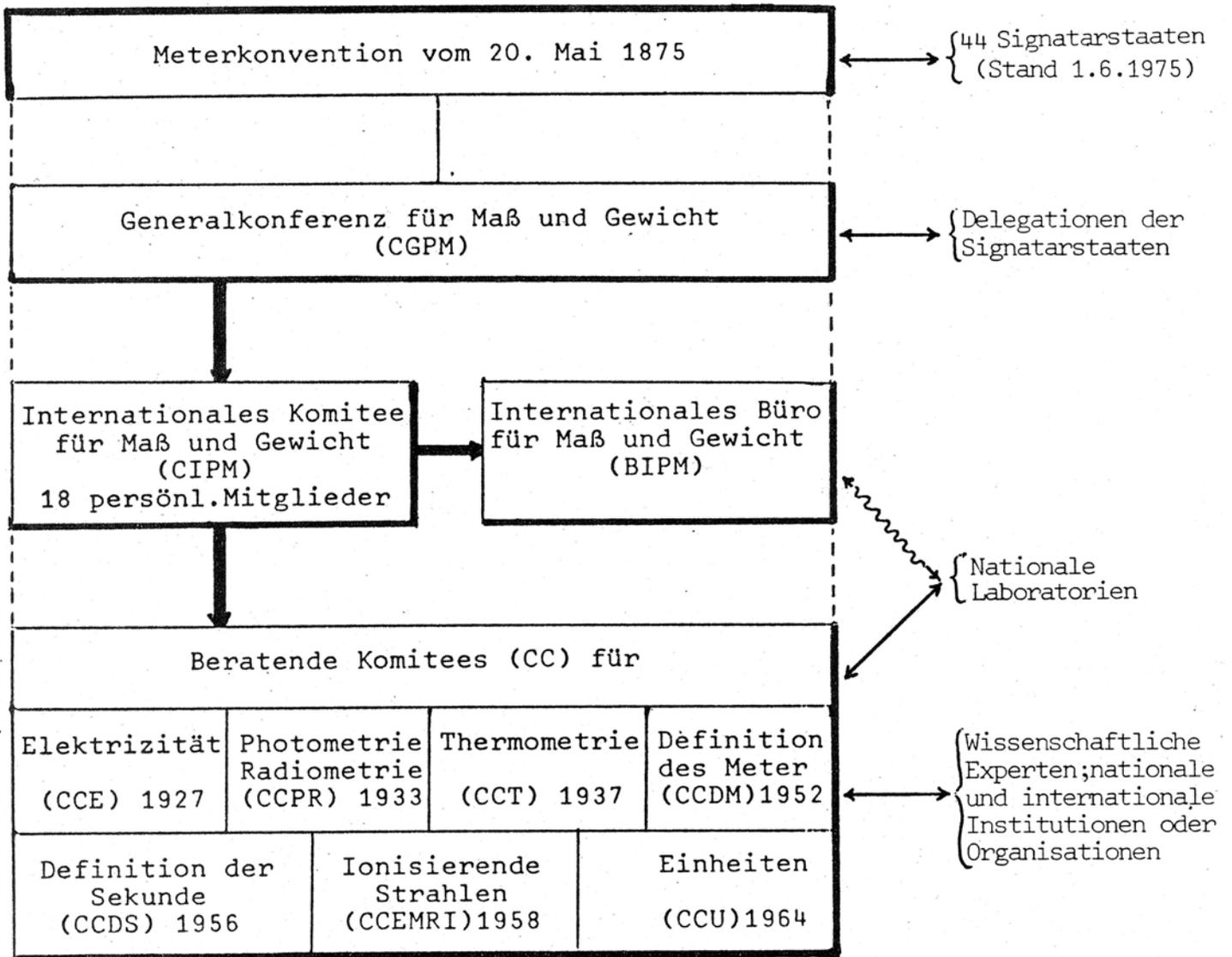
Als internationales wissenschaftliches Institut, das unter der ausschließlichen Leitung des Internationalen Komitees arbeitet und von den Mitgliedstaaten der Konvention finanziell unterhalten wird, wurde das *Internationale Büro für Maß und Gewicht* (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM) mit Sitz in Sèvres bei Paris eingerichtet.

Die Vollversammlung der Bevollmächtigten der Signatarstaaten der Konvention, die mindestens alle 6 Jahre in Paris zusammentritt, ist die *Generalkonferenz für Maß und Gewicht* (Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM).

Der Zweck der Meterkonvention ist die Vervollkommnung und Ausbreitung des Metrischen Systems. Ihre Organe sind die höchsten internationalen Instanzen für die Definition von Einheiten im Meßwesen sowie für die meßtechnischen Methoden zu ihrer Realisierung. Der Wortlaut der Konvention und des dazu gehörenden

Reglements (Reichsgesetzbl. 1876 Teil II S. 191) ist in den vergangenen hundert Jahren nur einmal am 6. Oktober 1921 geändert worden (Reichsgesetzbl. 1927 Teil II S. 409).

Die Organe der Meterkonvention  
=====



## 2.6. Internationales Komitee für Maß und Gewicht (CIPM)

Das Internationale Komitee für Maß und Gewicht ist eine ständige Einrichtung, tritt mindestens alle zwei Jahre zu einer Sitzungsperiode zusammen und trägt und leitet die wissenschaftlichen und technischen Arbeiten, die die Signatarstaaten der Meterkonvention beschlossen haben. Zwischen zwei Sitzungsperioden berät und beschließt es durch Korrespondenz. Seine Mitteilungen an die Signatarstaaten erfolgen über deren diplomatische Vertretungen in Paris.

Das Internationale Komitee ist ausschließlich der Generalkonferenz für Maß und Gewicht verantwortlich. Es setzt sich aus 18 international bedeutenden Experten der wissenschaftlichen Metrologie zusammen, die sämtlich verschiedenen Signatarstaaten angehören müssen. Jede Generalkonferenz führt in geheimer Abstimmung für die Hälfte der Sitze im Internationalen Komitee Neuwahlen durch; dabei können durch das Los ausscheidende Mitglieder wiedergewählt werden. Die Autorität des Internationalen Komitees basiert auf der Vollmacht von Seiten der Gesamtheit der Regierungen der Signatarstaaten, d.h. seine Mitglieder handeln in Übereinstimmung mit den Interessen dieser Gesamtheit und nicht des Signatarstaates, dem sie jeweils angehören. Diese Unabhängigkeit von der eigenen Regierung erleichtert die Handlungsfähigkeit der Mitglieder des Internationalen Komitees und trägt wesentlich zur Steigerung ihrer Wirkungsmöglichkeit bei.

Das Internationale Komitee bereitet die Entscheidungen der Generalkonferenz für Maß und Gewicht vor und entscheidet selbst über Einzelheiten zu ihrer Anwendung. Es leitet und beaufsichtigt das Internationale Büro für Maß und Gewicht, ernennt dessen Direktor und genehmigt das Budget des Büros im Rahmen der von der Generalkonferenz bewilligten Beiträge der Signatarstaaten der Meterkonvention.

Das Internationale Komitee wählt in geheimer Abstimmung seinen Präsidenten, seinen Vizepräsidenten und seinen Sekretär. In den 100 Jahren seines Bestehens nahmen für einen Zeitraum von insgesamt 33 Jahren bedeutende Wissenschaftler des Deutschen Reiches beziehungsweise der Bundesrepublik Deutschland das hohe Amt des Präsidenten des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht sowie für weitere 6 Jahre und zur Zeit das des Vizepräsidenten ein:

Die Präsidenten des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht:

1875 - 1891 *C. Ibañez*, Madrid, Spanien  
1891 - 1920 *W. Förster*, Berlin, Deutschland  
1920 - 1921 *R. Gautier*, Genf, Schweiz (1)  
1921 - 1940 *V. Volterra*, Rom, Italien  
1940 - 1943 *P. Zeeman*, Amsterdam, Niederlande (1)  
1946 - 1954 *J.E. Sears*, Teddington-London, Vereinigtes Königreich (2)  
1954 - 1960 *A. Danjon*, Paris, Frankreich  
1960 - 1964 *R. Vieweg*, Braunschweig, Bundesrepublik Deutschland  
1964 - 1968 *L.E. Howlett*, Ottawa, Kanada  
1968 - 1975 *J.M. Otero*, Madrid, Spanien  
1975 - *J.V. Dunworth*, Teddington-London, Vereinigtes Königreich

(1) ad interim; (2) ad interim von 1946 bis 1948.

Die Vizepräsidenten des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht:

1952 - 1954 *E.C. Crittenden*, Washington, Vereinigte Staaten von Amerika  
1954 - 1960 *R. Vieweg*, Braunschweig, Bundesrepublik Deutschland  
1960 - 1964 *L.E. Howlett*, Ottawa, Kanada  
1964 - 1968 *J.M. Otero*, Madrid, Spanien  
1968 - 1975 *J.V. Dunworth*, Teddington-London, Vereinigtes Königreich  
1975 - 1976 *U. Stille*, Braunschweig, Bundesrepublik Deutschland  
1976 - *P. Honti*, Budapest, Ungarn

Seit der Institutionalisierung des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht zählte in allen Wahlperioden ein deutscher Wissenschaftler zu seinen Mitgliedern:

- 1875 - 1921 Professor Dr. *Wilhelm Förster*, Direktor der Normal-Eichungs-Kommission, Berlin, von 1869 bis 1885;
- 1921 - 1950 Professor Dr. *Wilhelm Kösters*, Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, von 1948 bis 1950;
- 1952 - 1964 Professor Dr.rer.tech., Dr.-Ing.E.h. *Richard Vieweg*, Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, von 1951 bis 1961;
- 1965 - 1970 Professor Dr.-Ing. *Martin Kersten*, Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, von 1961 bis 1968;
- 1970 - 1976 Professor Dr.phil.habil. *Ulrich Stille*, Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, von 1970 bis 1975.
- 1976 - Professor Dr.-Ing. *Dieter Kind*, Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, seit 1975.

Mindestens alle sechs Jahre lädt das Internationale Komitee die Generalkonferenz für Maß und Gewicht zum Zusammentritt nach Paris ein. Seine Mitglieder nehmen in dieser Eigenschaft an den Sitzungen der Generalkonferenz teil und können gleichzeitig stimmberechtigte Delegierte ihrer Regierung sein.

Zu seiner Unterstützung bei den vielseitigen wissenschaftlichen metrologischen Arbeiten setzt das Internationale Komitee Beratende Komitees ein und wählt deren Mitglieder. Die Präsidenten der Beratenden Komitees werden von den Mitgliedern des Internationalen Komitees gestellt. Zur Zeit bestehen die folgenden Beratenden Komitees (Abkürzung und Jahr der Gründung):

- Comité Consultatif d'Electricité (CCE, 1927),  
Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR, 1933),  
Comité Consultatif de Thermométrie (CCT, 1937),  
Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM, 1952),  
Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (CCDS, 1956),  
Comité Consultatif pour les Etalons de Mesure des Radiations Ionisantes (CEMRI, 1958),  
Comité Consultatif des Unités (CCU, 1964).

Zu den Aufgaben der Beratenden Komitees gehört die Koordinierung der ihr Spezialgebiet betreffenden Arbeiten ihrer Mitglieder, zu denen die großen nationalen Laboratorien der Industrienationen sowie fachlich zuständige nationale und internationale Institutionen oder Organisationen und einzelne wissenschaftliche Experten gehören. Über die in internationaler Zusammenarbeit erzielten Ergebnisse schlagen die Beratenden Komitees Empfehlungen vor, die vom Internationalen Komitee entweder unmittelbar angenommen oder der Generalkonferenz zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Über seine Arbeiten berichtet das Internationale Komitee in den *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*, die nach jeder Sitzungsperiode erscheinen. Für die Beratenden Komitees gibt das Internationale Komitee gesonderte Sitzungsberichte heraus.

#### 2.7. Internationales Büro für Maß und Gewicht (BIPM)

Dieses erste wissenschaftliche Institut auf internationaler Ebene ist von seinen Gründern 1875 mit großer Weitsicht eingerichtet worden. In Artikel 1 der Meterkonvention kamen die hohen vertragschließenden Parteien überein, unter der Bezeichnung "Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)" ein ständiges internationales metrologisches Institut mit Sitz in Paris auf gemeinschaftliche Kosten zu errichten. Artikel 3 bestimmt u.a., daß das Internationale Büro für Maß und Gewicht seine Tätigkeit unter der ausschließlichen Leitung und Aufsicht eines "Internationalen Komitees für Maß und Gewicht" ausübt.

Der Direktor und die leitenden Wissenschaftler des Internationalen Büros für Maß und Gewicht werden vom Internationalen Komitee ernannt. Gegenwärtig sind im Internationalen Büro 12 Physiker tätig, denen etwa 20 Techniker zur Seite stehen. Durch

ständige Kontrolle und Vergleich der internationalen Etalons und Anschlüsse von nationalen Etalons tragen sie dazu bei, die weltweite Einheitlichkeit der Einheiten im Meßwesen im Bereich der höchsten Präzision sicherzustellen. Der Informationsaustausch und die Zusammenarbeit mit den nationalen Laboratorien gewährleisten, daß die Arbeiten des Internationalen Büros praxisnah und auf dem laufenden Stand des wissenschaftlichen Fortschritts bleiben.

Für die Bundesrepublik Deutschland ist die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), die Nachfolgerin der im Jahre 1887 gegründeten Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) und der im Jahre 1923 in die PTR eingegliederten Reichsanstalt für Maß und Gewicht, das nationale Laboratorium, das unter anderem in Zusammenarbeit mit dem Internationalen Büro für Maß und Gewicht die Einheiten im Meßwesen für die Bundesrepublik mit höchster Präzision darstellt und an interessierte Kreise in Industrie und Wirtschaft weitergibt. Nach dem Vorbild der PTR gründeten andere Industrienationen metrologische Staatsinstitute, beispielsweise das National Physical Laboratory (NPL) des Vereinigten Königreichs, das National Bureau of Standards (NBS) der Vereinigten Staaten, der National Research Council (NRC) von Kanada, das National Research Laboratory of Metrology (NRLM) von Japan, das National Physical Research Laboratory (NPRL) von Südafrika, das National Standards Laboratory (NSL) von Australien.

Im ersten Dezennium seines Bestehens war das Internationale Büro mit damals 4 oder 5 Physikern mit seiner Aufgabe, der Welt eine solide meßtechnische Grundlage zu vermitteln, auf sich allein gestellt. Es stellte rund je 30 Prototypen des Meter und des Kilogramm her und verteilte sie an interessierte Staaten. Sie wurden aus einer Legierung aus Platin und 10% Iridium hergestellt, widerstandsfähige Metalle, die man in so großer Menge bisher noch nicht verarbeitet hatte, zumal auch eine zuvor unerreichte Reinheit und Homogenität der Legierung gefordert wurde. Die meßtechnische Anwendung der Prototypen mit höchster Präzision hatte wei-

tere physikalische Präzisionsmessungen zur Folge: Bestimmung von Temperatur, Fallbeschleunigung, Dichte von Luft und Wasser, Ausdehnungs- und Elastizitätskoeffizienten der Prototype.

1920 erhielt *Charles-Edouard Guillaume* (1861-1938), seit 1883 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Internationalen Büro und von 1915 bis 1936 dessen Direktor, den Nobelpreis für die Erfindung des Invar, einer Eisen-Nickel-Legierung mit vernachlässigbarem Wärmeausdehnungskoeffizienten. Ein Invardraht von 24 m Länge wurde Etalon für die Messung der geodätischen Basen und führte zur Verkürzung der Dauer der geodätischen Messungen im Gelände um den Faktor 30 bei einer relativen Unsicherheit der Messungen von der Größenordnung  $10^{-6}$ .

Bereits 1889, im selben Jahr, in dem das Internationale Meterprototyp von der 1. Generalkonferenz für Maß und Gewicht als solches erklärt worden war, veröffentlichten *A.A. Michelson* und *Ch. Fabry* ihre Arbeit über die Möglichkeit, eine Lichtwellenlänge als Längennormal zu wählen. 1892 führte *Michelson* im Internationalen Büro die fundamentalen Messungen des Anschlusses der roten Kadmiulinie an das Meter aus. In den Jahren 1905 und 1906 wiederholten *J.R. Benoît*, *Ch. Fabry* und *A. Perot* im Internationalen Büro den Meteranschluß mit Hilfe des Fabry-Perot-Etalons. Diese Messungen waren die Grundlage zu der provisorischen Wellenlängendefinition des Meter auf Grund der roten Kadmiulinie in spektroskopischer Normalluft durch die 7. Generalkonferenz für Maß und Gewicht im Jahre 1927. Es bedurfte jedoch noch weiterer wissenschaftlicher Anstrengungen und Erkenntnisse sowie intensiver internationaler Zusammenarbeit mit den großen nationalen Laboratorien der Industriestaaten, bis die Voraussetzungen für eine wissenschaftlich einwandfreie Wellenlängendefinition des Meter erfüllt waren. Besonderen Anteil daran hatte die Physikalisch-Technische Bundesanstalt mit weiteren grundlegenden Arbeiten sowie experimentellen Untersuchungen und gerätemäßigen Entwicklungen, die zu der von ihr vorgeschlagenen und 1960 von der 11. Generalkonferenz für Maß und

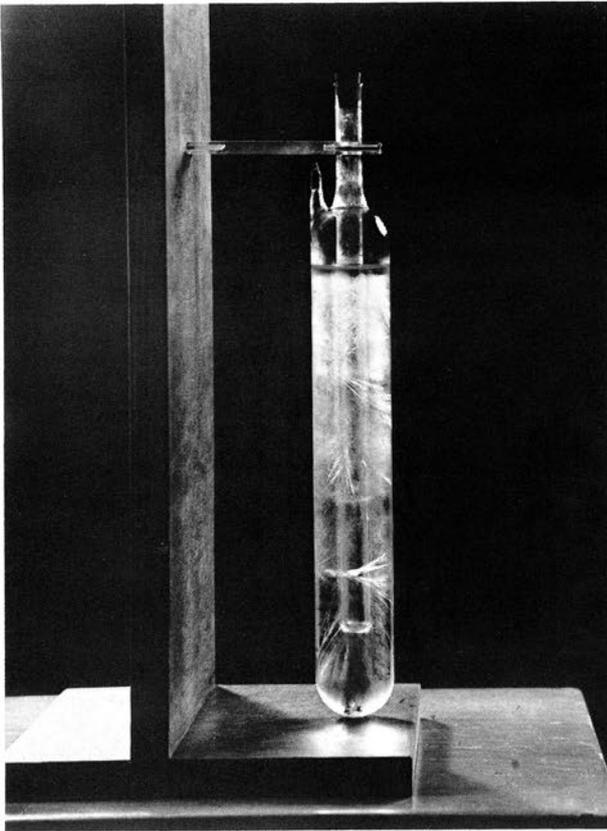


Bild 8: Tripelpunktgefäß (PTB), Normal für die Basiseinheit der thermodynamischen Temperatur (Kelvin)

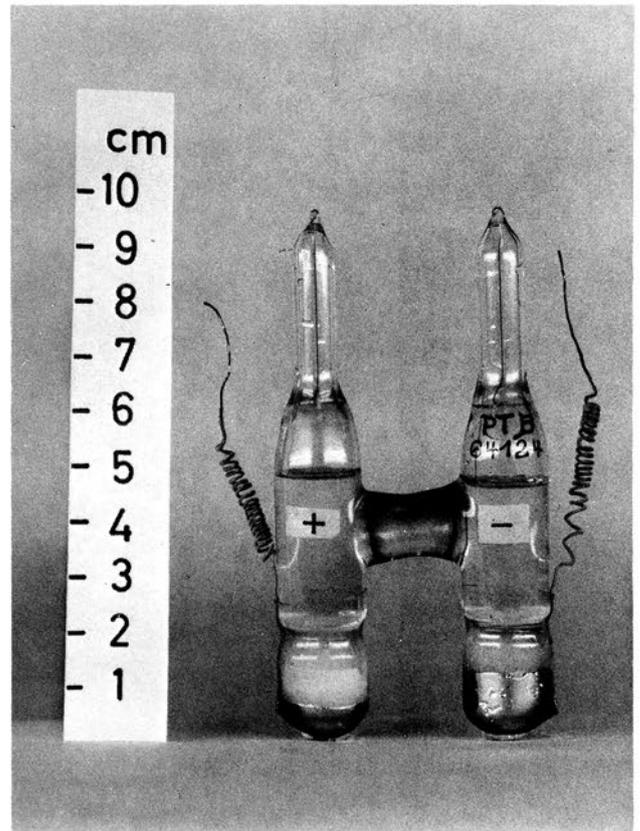


Bild 9: Weston-Element (PTB), Normal für die Einheit der elektrischen Spannung (Volt)

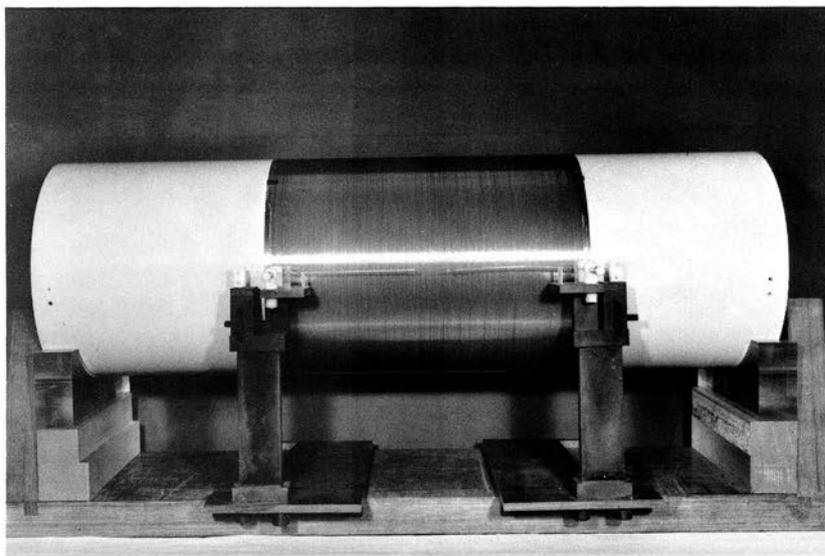


Bild 10: Ohmspule (PTB), Normal für die Einheit des elektrischen Widerstands (Ohm)



Gewicht angenommenen Krypton-Wellenlängen-Definition des Meter führten.

Dieses Beispiel demonstriert das Zusammenwirken des Internationalen Büros mit den nationalen Laboratorien der Signatarstaaten der Meterkonvention bei den Forschungsarbeiten für den Fortschritt der Präzisionsmeßtechnik. In den Räumen des Büros werden die internationalen Prototype und Etalons der Einheiten aufbewahrt. Der Direktor des Internationalen Büros für Maß und Gewicht berichtet jährlich dem Internationalen Komitee für Maß und Gewicht über die in der Berichtszeit ausgeführten Arbeiten. Der Bericht wird in die "Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures" aufgenommen.

Seine Arbeiten hat das Internationale Büro für Maß und Gewicht von 1881 bis 1960 in den *Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures* (22 Bände) veröffentlicht und berichtet seit dieser Zeit in den *Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures* (bisher 4 Bände).

#### 2.8. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM)

Die Generalkonferenz für Maß und Gewicht ist die höchste Instanz für alle Fragen, die die SI-Einheiten betreffen. Die Bedeutung ihrer Beschlüsse über Einheiten im Meßwesen kommt in den Signatarstaaten, in denen das Metrische System (SI) obligatorisch ist, derjenigen von juristischen Normen gleich, die zu ihrer Wirksamkeit jedoch der Umsetzung in das nationale Recht bedürfen. Seit dem Inkrafttreten der "Richtlinie des Rates vom 18. Oktober 1971 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Einheiten im Meßwesen" (siehe Abschnitt 5) kann für die Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaften die Umsetzung dieser Beschlüsse der CGPM erst nach ihrer Übernahme in das EG-Recht erfolgen.

Die Generalkonferenz für Maß und Gewicht wird aus Delegierten aller Mitgliedstaaten gebildet und tritt mindestens alle sechs Jahre zu einer Tagung in Paris zusammen. Die Eröffnungssitzung findet jeweils unter dem Vorsitz des französischen Außenministers statt; die anschließenden Arbeitssitzungen leitet der Präsident der Académie des Sciences zu Paris. Auf jeder Tagung nimmt die Generalkonferenz einen Bericht des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht über die seit der vorigen Tagung geleisteten Arbeiten entgegen. Ihre Aufgaben sind:

Diskussionen und Veranlassung der notwendigen Messungen, um die Ausbreitung und Vervollkommnung des Internationalen Einheitensystems, der modernen Version des Metrischen Systems, zu gewährleisten;

Sanktionierung der Ergebnisse von neuen metrologischen Fundamentalbestimmungen und von vielerlei wissenschaftlichen Entschlüssen von internationaler Tragweite;

wichtige Entscheidungen über die Organisation und die Entwicklung des Internationalen Büros für Maß und Gewicht.

Die Protokolle über die Tagungen und die Beschlüsse der Generalkonferenz werden in den *Comptes Rendus des séances de la Conférence Générale des Poids et Mesures* veröffentlicht. Mit Ausnahme der 15. Generalkonferenz (1975), die anlässlich der damit verbundenen Jubiläumsfeier "100 Jahre Meterkonvention vom 20. Mai 1875" bereits im Mai stattfand, tritt die Generalkonferenz für Maß und Gewicht stets im Monat Oktober zusammen:

1. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1889
2. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1895
3. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1901
4. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1907
5. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1913
6. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1921
7. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1927
8. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1933

9. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1948
10. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1954
11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1960
12. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1964
13. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1967/68
14. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1971
15. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1975

Die geltenden Beschlüsse der Generalkonferenzen über die SI-Einheiten, die zugleich den Weg vom Metrischen System zum Internationalen Einheitensystem (siehe Abschnitt 3) chronologisch aufzeigen, sind in Anhang 4 zusammengestellt.

### 3. DAS INTERNATIONALE EINHEITENSYSTEM (SI)

Den Namen "Système International d'Unités" und die internationale Abkürzung "SI" hat die 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (1960) angenommen. Die Einführung dieses Systems bedeutete eine vollständige Neuordnung der Einheiten im Meßwesen. Es ist die moderne, auf sieben Basiseinheiten erweiterte Version des Metrischen Systems und hat nicht nur dieses, sondern eine ganze Reihe früherer Einheitensysteme, Teilsysteme und systemfreier Einheiten abgelöst, die jeweils in Teilgebieten von Technik und Wissenschaft in Gebrauch waren. Der Übergang zu einem einzigen praktischen Einheitensystem wird zur Erleichterung der internationalen Verständigung ebenso in Forschung und Lehre wie in Technik und Wirtschaft beitragen.

#### 3.1. SI-Basiseinheiten

Das Internationale Einheitensystem beruht auf sieben wohldefinierten Basiseinheiten: dem Meter, dem Kilogramm, der Sekunde, dem Ampere, dem Kelvin, dem Mol und der Candela.

Diese sieben Basiseinheiten sind sieben Basisgrößen zugeordnet, die nach Übereinkunft als unabhängig voneinander betrachtet werden: Länge, Masse, Zeit, elektrische Stromstärke, thermodynamische Temperatur, Stoffmenge und Lichtstärke.

Den sieben Basisgrößen für die SI-Basiseinheiten sind die sieben Basisdimensionen: L, M, T, I,  $\theta$ , N, J zugeordnet (International Standard ISO 31/0 "General principles concerning quantities, units and symbols", first edition - 1974-04-01).

Basisgröße	Basisdimension	SI-Basiseinheit	
		Name	Einheitenzeichen
Länge	L	Meter	m
Masse	M	Kilogramm	kg
Zeit	T	Sekunde	s
elektrische Stromstärke	I	Ampere	A
thermodynamische Temperatur	$\theta$	Kelvin	K
Stoffmenge	N	Mol	mol
Lichtstärke	J	Candela	cd

Die Definitionen der SI-Basiseinheiten und ihre Realisierung sind in gesonderten Beiträgen (PTB-Mitteilungen 85 (1975), Heft 1, Seiten 3 bis 52) ausführlich behandelt worden, auch

herausgegeben als PTB-Broschüre "Die SI-Basiseinheiten - Definition, Entwicklung, Realisierung" vom Juni 1975. Nachstehend sind die Wortlaute der Definitionen der SI-Basiseinheiten in ihren gültigen Fassungen zusammengestellt:

Das Meter ist das 1 650 763,73fache der Wellenlänge der von Atomen des Nuklids  $^{86}\text{Kr}$  beim Übergang vom Zustand  $5d_5$  zum Zustand  $2p_{10}$  ausgesandten, sich im Vakuum ausbreitenden Strahlung.

(11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1960).

Das Kilogramm ist die Masse des Internationalen Kilogrammprototyps.

(1. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1889).

Die Sekunde ist das 9 192 631 770fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids  $^{133}\text{Cs}$  entsprechenden Strahlung.

(13. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1967).

Das Ampere ist die Stärke eines zeitlich unveränderlichen elektrischen Stromes, der, durch zwei im Vakuum parallel im Abstand 1 Meter voneinander angeordnete, geradlinige, unendlich lange Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigem Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je 1 Meter Leiterlänge die Kraft  $2 \cdot 10^{-7}$  Newton hervorrufen würde.

(9. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1948).

Das Kelvin ist der 273,16te Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes des Wassers.

(13. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1967).

Das Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebensoviel Einzelteilchen besteht, wie Atome in (12/1000) Kilogramm des Kohlenstoffnuklids  $^{12}\text{C}$  enthalten sind. Bei Verwendung des Mol müssen die Einzelteilchen des Systems spezifiziert sein und können Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen sowie andere Teilchen oder Gruppen solcher Teilchen genau angegebener Zusammensetzung sein.

(14. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1971).

Die Candela ist die Lichtstärke, mit der (1/600 000) Quadratmeter der Oberfläche eines Schwarzen Strahlers bei der Temperatur des beim Druck 101 325 Newton durch Quadratmeter erstarrenden Platins senkrecht zu seiner Oberfläche leuchtet.

(13. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, 1967).

### 3.2. Abgeleitete SI-Einheiten

In einem System von physikalischen Größen und den zugehörigen Größengleichungen lassen sich alle Größen, die keine Basisgrößen sind, als aus den Basisgrößen *abgeleitete Größen* definieren und können entsprechend ihren Verknüpfungsrelationen (unter Außerachtlassung ihres Charakters als Vektor oder Tensor sowie aller Zahlenwerte einschließlich deren Vorzeichen) als Potenzprodukte aus den Basisgrößen in der Art von Dimensionsprodukten aus den Basisdimensionen ausgedrückt werden. Größen, deren Dimensionsprodukt ausschließlich aus Dimensionen mit dem Dimensionsexponenten gleich Null besteht, werden "dimensionslose Größen" oder "Größen mit der Dimension 1" genannt. Die Werte der dimensionslosen Größen, zum Beispiel relative Dichte, relative Permeabilität oder Schallreflexionsgrad, werden durch eine reine Zahl ausgedrückt.

Beispiele:

Größe	Verknüpfungsrelation	Dimensionsprodukt
ebener Winkel	Länge durch Länge	$L/L = L^0 = 1$
Raumwinkel	Fläche durch Fläche	$L^2/L^2 = L^0 = 1$
Geschwindigkeit	Länge durch Zeit	$L \cdot T^{-1}$
Beschleunigung	Geschwindigkeit durch Zeit	$L \cdot T^{-2}$
Kraft	Masse mal Beschleunigung	$L \cdot M \cdot T^{-2}$
Druck	Kraft durch Fläche	$L^{-1} \cdot M \cdot T^{-2}$
Energie	Kraft mal Länge	$L^2 \cdot M \cdot T^{-2}$
Leistung	Energie durch Zeit; Kraft mal Geschwindigkeit	$L^2 \cdot M \cdot T^{-3}$
Schallreflexionsgrad	nichtreflektierte Schalleistung durch auftreffende Schalleistung	$\frac{L^2 \cdot M \cdot T^{-3}}{L^2 \cdot M \cdot T^{-3}} = L^0 \cdot M^0 \cdot T^0 = 1$
Entropie	Energie durch Temperatur	$L^2 \cdot M \cdot T^{-2} \cdot \theta^{-1}$
molare Entropie	Entropie durch Stoffmenge	$L^2 \cdot M \cdot T^{-2} \cdot \theta^{-1} \cdot N^{-1}$

Im Internationalen Einheitensystem werden die *abgeleiteten SI-Einheiten* als Potenzprodukte aus den SI-Basiseinheiten ausgedrückt, die gemäß den algebraischen Beziehungen, die die zugehörigen Größen verknüpfen, zu bilden sind. Die abgeleiteten Einheiten werden kohärent, d.h. mit dem Zahlenfaktor 1, aus den Basiseinheiten abgeleitet.

Einer dimensionslosen Größe entspricht eine *dimensionslose Einheit*, d.h. das Verhältnis einer Einheit zu sich selbst. Sie kann durch die Zahl 1 ausgedrückt werden (siehe jedoch spätere Anmerkungen zu Radiant und Steradian).

Beispiele:

Größe	Dimensions- produkt	SI-Einheit	
		Name	Einheiten- zeichen
Wellenzahl	$L^{-1}$	reziprokes Meter	$m^{-1}$
Geschwindigkeit	$L T^{-1}$	Meter durch Sekunde	$m s^{-1}$
Beschleunigung	$L T^{-2}$	Meter durch Sekundenquadrat	$m s^{-2}$
Fläche	$L^2$	Quadratmeter	$m^2$
kinematische Viskosität	$L^2 T^{-1}$	Quadratmeter durch Sekunde	$m^2 s^{-1}$
Volumen	$L^3$	Kubikmeter	$m^3$
Volumenstrom	$L^3 T^{-1}$	Kubikmeter durch Sekunde	$m^3 s^{-1}$
Dichte	$L^{-3} M$	Kilogramm durch Kubikmeter	$m^{-3} kg$
relative Dichte	$L^0 M^0 = 1$	eins	$\frac{m^{-3} kg}{m^{-3} kg} = 1$
molare Masse	$M N^{-1}$	Kilogramm durch Mol	$kg mol^{-1}$

Einige abgeleitete SI-Einheiten haben einen besonderen Namen und ein besonderes Einheitenzeichen erhalten:

Größe	Name <sup>*)</sup>	SI-Einheit	
		Einheiten- zeichen	als Potenzprodukt aus den SI-Basiseinheiten ausgedrückt
ebener Winkel	Radian	rad	$m m^{-1}$
Raumwinkel	Steradian	sr	$m^2 m^{-2}$ (a)
Frequenz	Hertz	Hz	$s^{-1}$
Kraft	Newton	N	$m kg s^{-2}$
Druck, Spannung	Pascal	Pa	$m^{-1} kg s^{-2}$
Energie, Arbeit Wärmemenge	Joule	J	$m^2 kg s^{-2}$
Leistung, Energiestrom	Watt	W	$m^2 kg s^{-3}$
Elektrizitäts- menge, elektri- sche Ladung	Coulomb	C	s A
elektrische Spannung, elek- tromotorische Kraft	Volt	V	$m^2 kg s^{-3} A^{-1}$
elektrische Kapazität	Farad	F	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
elektrischer Widerstand	Ohm	$\Omega$	$m^2 kg s^{-3} A^{-2}$
elektrischer Leitwert	Siemens	S	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$
magnetischer Fluß	Weber	Wb	$m^2 kg s^{-2} A^{-1}$
magnetische Flußdichte, Induktion	Tesla	T	$kg s^{-2} A^{-1}$
Induktivität	Henry	H	$m^2 kg s^{-2} A^{-2}$
Aktivität	Becquerel	Bq	$s^{-1}$
Energiedosis <sup>**)</sup>	Gray	Gy	$m^2 s^{-2}$
Lichtstrom	Lumen	lm	cd sr
Beleuchtungs- stärke	Lux	lx	$m^{-2} cd sr$ (b)

- \* ) Über die Herleitung der Namen von SI-Einheiten, die nach Personen benannt sind, siehe Anhang 5.
- \*\* ) Sowie für Größen gleicher Dimension im Bereich der ionisierenden Strahlung.
  - (a) Obwohl davon auszugehen ist, daß die SI-Einheiten nur Basiseinheiten oder abgeleitete Einheiten sein können, hat die 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (1960) noch eine dritte Klasse von SI-Einheiten zugelassen, die ergänzenden Einheiten, für die sie nicht entschieden hat, ob es sich bei ihnen um Basiseinheiten oder abgeleitete Einheiten handelt. Ergänzende Einheiten sind der Radiant als die SI-Einheit des ebenen Winkels und der Steradian als die SI-Einheit des Raumwinkels.
  - (b) In einigen Gebieten, beispielsweise in der Radiometrie und in der Photometrie, wird der Steradian mitunter wie eine Basiseinheit behandelt; dann darf das Einheitenzeichen sr nicht durch die Zahl 1 ersetzt werden.

Die in vorstehender Tabelle aufgeführten besonderen Namen und besonderen Einheitenzeichen für einige abgeleitete SI-Einheiten können zur Bildung weiterer abgeleiteter SI-Einheiten auf einfachere Weise verwendet werden, als von den SI-Basiseinheiten ausgehend. (Beispiele: siehe Tabelle S. 37).

### 3.3. Dezimale Vielfache und Teile von SI-Einheiten

Neben den 7 SI-Basiseinheiten für die 7 Basisgrößen gibt es im Internationalen Einheitensystem für jede abgeleitete physikalische Größe nur eine aus den Basiseinheiten kohärent, d.h. mit dem Zahlenfaktor 1, abgeleitete SI-Einheit. Um bei Größenangaben (Größen in der Bedeutung eines Produkts aus Zahlenwert und Einheit) einfache Zahlenwerte zu erhalten, wird es in vielen Fällen zweckmäßig sein, dezimale Vielfache und Teile von SI-Einheiten zu verwenden.

Zur Bezeichnung von bestimmten dezimalen Vielfachen und Teilen von SI-Einheiten hatte die 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (1960) eine erste Liste von Vorsätzen und Vorsatzzeichen angenommen, die durch spätere Generalkonferenzen für Maß und Gewicht ergänzt worden ist (vgl. Abschnitt "SI-Vorsätze"). Diese Vorsätze hat das Internationale Komitee für Maß und Gewicht 1969

Beispiele:

Größe	SI-Einheit		
	Name	Einheiten- zeichen	durch SI-Basisein- heiten ausgedrückt
dynamische Viskosität	Pascalsekunde	Pa·s	$m^{-1} kg s^{-1}$
Moment einer Kraft	Newtonmeter	N·m	$m^2 kg s^{-2}$
Oberflächen- spannung	Newton durch Meter	N/m	$kg s^{-2}$
Entropie	Joule durch Kelvin	J/K	$m^2 kg s^{-2} K^{-1}$
spezifische Energie	Joule durch Kilogramm	J/kg	$m^2 s^{-2}$
Wärmeleit- fähigkeit	Watt durch Meter-Kelvin	W/(m·K)	$m kg s^{-3} K^{-1}$
Energiedichte	Joule durch Kubikmeter	J/m <sup>3</sup>	$m^{-1} kg s^{-2}$
elektrische Feldstärke	Volt durch Meter	V/m	$m kg s^{-3} A^{-1}$
elektrische Ladungsdichte	Coulomb durch Kubikmeter	C/m <sup>3</sup>	$m^{-3} s A$
elektrische Flußdichte, Verschiebung	Coulomb durch Quadratmeter	C/m <sup>2</sup>	$m^{-2} s A$
Permittivität	Farad durch Meter	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
Permeabilität	Henry durch Meter	H/m	$m kg s^{-2} A^{-2}$
molare Energie	Joule durch Mol	J/mol	$m^2 kg s^{-2} mol^{-1}$
molare Entropie, Wärmekapazität	Joule durch Mol-Kelvin	J/(mol·K)	$m^2 kg s^{-2} K^{-1} mol^{-1}$

"SI-Vorsätze" benannt. Damit ist der wesentlichste Vorteil des Metrischen Systems für das Internationale Einheitensystem übernommen worden: die Kohärenz der Vielfachen und Teile der SI-Einheiten mit dem dezimalen Rechensystem.

Wenn aus didaktischen Gründen zwischen der kohärenten Gesamtheit der SI-Einheiten einerseits und ihren mit SI-Vorsätzen bezeichneten dezimalen Vielfachen und Teilen andererseits unterschieden werden soll, so sind letztere mit ihrem vollen Namen "Dezimale Vielfache und Teile von SI-Einheiten" zu benennen.

### 3.3.1. SI-Vorsätze

Die Verwendung von Vorsätzen und Vorsatzzeichen zur Bezeichnung von bestimmten dezimalen Vielfachen und Teilen von Einheiten hat ihren Ursprung in der Zeit der Entstehung des Metrischen Systems.

Bis dahin gebräuchliche Einheiten waren unterteilt oder vervielfacht nach dem schon im Altertum gebräuchlichen duodezimalen Rechensystem, das die Faktoren 2, 3, 4 und 6 enthält. Beispiele dafür bietet das zeitlich vor dem Metrischen System entstandene angelsächsische Einheitensystem mit folgenden Beziehungen für einige Längeneinheiten: 1 yard = 3 feet, 1 foot = 12 inches, 1 hand = 4 inches, 1 fathom = 2 yards, 1 yard = 4 span usw.. In der Feinmeßtechnik wird das inch fortlaufend halbiert (vgl. DIN 4890 bis 4892): 1/2 inch, 1/4 inch, 1/8 inch, 1/16 inch, 1/32 inch, 1/64 inch, 1/128 inch usw.. Das System der Halbierung ist beispielsweise auch in den Beziehungen zwischen angelsächsischen Hohlmaßen zu finden: 1 quarter = 64 gallons, 1 bushel = 8 gallons, 1 peck = 2 gallons, 1 gallon = 4 quart = 8 pint = 32 gill = 128 fluid ounces.

Ebenso alt wie das duodezimale ist das sexagesimale Rechensystem. Durch die Astronomie wurden nach diesem Rechensystem die Beziehungen zwischen Winkel- und Zeiteinheiten festgelegt:

1 Grad = 60 Minuten, 1 Minute = 60 Sekunden; 1 Stunde = 60 Minuten, 1 Minute = 60 Sekunden. Diese Winkleinheiten beschreiben beispielsweise noch immer die Gestalt der Erde und diese Zeiteinheiten bestimmen noch immer den Rhythmus unseres Lebens.

So wird verständlich, wie neu und fremd die Verwendung nur einer Einheit für jede physikalische Größenart zur Zeit der Entstehung des Metrischen Systems mit Ausnahme in der Wissenschaft in allen Kreisen der Bevölkerung sein mußte. Als Äquivalent zu der altergebrachten hierarchischen Gliederung der Einheiten wurden deshalb mit Vorsätzen bezeichnete dezimale Vielfache und Teile für die neuen Einheiten und damit die Verknüpfung dieses Systems mit dem dezimalen Rechensystem eingeführt, beispielsweise für die Längeneinheit Meter: das Kilometer (km) für 1000 Meter, das Hektometer (hm) für 100 Meter, das Dekameter (dam) für 10 Meter, das Dezimeter (dm) für 0,1 Meter, das Zentimeter (cm) für 0,01 Meter und das Millimeter (mm) für 0,001 Meter. Diese 6 dezimalen Vorsätze und Vorsatzzeichen genügten völlig für das tägliche Leben und den Handel auf Märkten und in Kontoren. Sie können heute als sprachliches Allgemeingut in den Staaten bezeichnet werden, die das Metrische System vor rund 100 Jahren obligatorisch eingeführt haben.

Mit dem Fortschritt der Meßtechnik kamen weitere dezimale Vorsätze hinzu, zunächst der Vorsatz Mikro (Beispiel: Mikrometer für  $10^{-6}$  Meter) und in Anwendung auf elektrische Einheiten der Vorsatz Mega (Beispiele: Megavolt für  $10^6$  Volt und Megohm für  $10^6$  Ohm). Die Liste von Vorsätzen zur Bezeichnung von dezimalen Vielfachen und Teilen von Einheiten der 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (1960) enthält die weiteren Vorsätze Giga für  $10^9$  und Tera für  $10^{12}$  sowie Nano für  $10^{-9}$  und Piko für  $10^{-12}$ .

Weiterhin haben auf Vorschlag des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht die 12. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (1964) die Vorsätze Femto für  $10^{-15}$  und Atto für  $10^{-18}$  und die 15. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (1975) die Vorsätze Peta für  $10^{15}$  und Exa für  $10^{18}$  in die Liste aufgenommen, die nunmehr die folgenden 16 Vorsätze umfaßt:

<u>Vorsatz</u>	<u>Vorsatzzeichen</u>	<u>Faktor</u>
Exa	E	$10^{18}$
Peta	P	$10^{15}$
Tera	T	$10^{12}$
Giga	G	$10^9$
Mega	M	$10^6$
Kilo	k	$10^3$
Hekto	h	$10^2$
Deka	da	$10^1$
Dezi	d	$10^{-1}$
Centi	c	$10^{-2}$
Milli	m	$10^{-3}$
Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Nano	n	$10^{-9}$
Piko	p	$10^{-12}$
Femto	f	$10^{-15}$
Atto	a	$10^{-18}$

Historisch bedingt ist dieser Satz von Vorsätzen und Vorsatzzeichen in mancherlei Hinsicht unsystematisch. Nicht alle Vorsätze zur Bezeichnung von dezimalen Vielfachen von Einheiten enden mit dem Buchstaben a (Ausnahmen: Kilo und Hekto). Nicht alle Vorsätze zur Bezeichnung von dezimalen Teilen von Einheiten enden mit dem Buchstaben o (Ausnahmen: Dezi, Zenti, Milli). Die Vorsatzzeichen für die Vorsätze zur Bezeichnung von dezimalen Vielfachen von Einheiten bestehen nicht sämtlich aus einem großen lateinischen Buchstaben (Ausnahmen: k für Kilo, h für Hekto, da für Dekka). Die Vorsatzzeichen für die Vorsätze zur Be-

zeichnung von dezimalen Teilen von Einheiten bestehen nicht sämtlich aus einem kleinen lateinischen Buchstaben (Ausnahme:  $\mu$  für Mikro).

Da zudem die Herleitung der Benennungen der Vorsätze (Anhang 6) in der Fachliteratur selten erläutert wird, dürfte die mnemotechnische Verarbeitung der Gesamtheit der Vorsätze und Vorsatzzeichen im allgemeinbildenden Unterricht mit Schwierigkeiten verbunden sein. Andererseits wird in den einzelnen Zweigen von Wissenschaft, Technik und Wirtschaft jeweils nur eine begrenzte, sich häufig wiederholende Auswahl von dezimalen Vielfachen oder Teilen von Einheiten benötigt. Es kann also von den Vorsätzen zur Bezeichnung von bestimmten dezimalen Vielfachen und Teilen von Einheiten ohne Einschränkung gesagt werden, daß auch sie zur besseren internationalen Verständigung auf dem Gebiet des Meßwesens beitragen, zumal im gegenwärtigen technischen Zeitalter die Benutzung von Tabellen üblich ist.

### 3.3.2. Anwendung der SI-Vorsätze und Vorsatzzeichen

Der Vorsatz ist ohne Zwischenraum vor den Namen der Einheit zu setzen, das Vorsatzzeichen ohne Zwischenraum vor das Einheitenzeichen.

Beispiele: Kilometer (Einheitenzeichen: km);  
          Millimeter (Einheitenzeichen: mm);  
          Mikrometer (Einheitenzeichen:  $\mu\text{m}$ ).

Es darf nicht mehr als ein Vorsatz oder Vorsatzzeichen benutzt werden.

Beispiel: für den milliardsten Teil der Sekunde ( $10^{-9}$  s)  
          nicht Millimikrosekunde (mps),  
          sondern Nanosekunde (Einheitenzeichen: ns).

Da die SI-Basiseinheit der Masse, das Kilogramm (Einheitenzeichen: kg), aus historischen Gründen bereits den Vorsatz Kilo ( $10^3$ ) hat, werden deshalb die Namen der dezimalen Vielfachen oder Teile der Basiseinheit der Masse durch Hinzufügen der Vorsätze vor das Wort "Gramm" oder durch Hinzufügen der Vorsatzzeichen vor das Einheitenzeichen "g" gebildet:

Beispiele:  $10^3 \text{ kg} = 10^6 \text{ g} = 1 \text{ Mg}$  (Megagramm);

$10^{-6} \text{ kg} = 10^{-3} \text{ g} = 1 \text{ mg}$  (Milligramm).

Bei als Produkt gebildeten zusammengesetzten Einheiten darf ein Vorsatz entweder vor die Einheit des Multiplikanden oder vor die Einheit des Multiplikators oder auch vor jede dieser Einheiten gesetzt werden.

Beispiel: Die elektrische Ladung ist das Produkt aus der elektrischen Stromstärke und der Zeit. Die SI-Basiseinheiten von Stromstärke und Zeit sind das Ampere und die Sekunde. Die abgeleitete SI-Einheit der elektrischen Ladung ist somit die als Produkt aus dem Ampere und der Sekunde gebildete zusammengesetzte Einheit Amperesekunde (Einheitenzeichen: As), die auch den besonderen Namen Coulomb (Einheitenzeichen: C) hat. Der millionste Teil der SI-Einheit der elektrischen Ladung kann durch Vorsätze bezeichnet werden als

1 Mikroamperesekunde (Einheitenzeichen:  $\mu\text{A}\cdot\text{s}$ );

1 Ampere mal Mikrosekunde (Einheitenzeichen:  $\text{A}\cdot\mu\text{s}$ );

1 Milliampere mal Millisekunde (Einheitenzeichen:  $\text{mA}\cdot\text{ms}$ );

1 Mikroculomb (Einheitenzeichen:  $\mu\text{C}$ ).

Bei als Quotient gebildeten zusammengesetzten Einheiten darf ein Vorsatz entweder vor die Einheit des Dividenden oder vor die Einheit des Divisors oder auch vor jede dieser Einheiten gesetzt werden.

Beispiel: Die Geschwindigkeit ist der Quotient aus der Weglänge und der Zeit, in der die Weglänge zurückgelegt wird. Die SI-Basiseinheiten von Länge und Zeit sind das Meter und die Sekunde. Die abgeleitete SI-Einheit der Geschwindigkeit ist somit die als Quotient aus dem Meter und der Sekunde gebildete zusammengesetzte

Einheit Meter durch Sekunde (Einheitenzeichen:  $\text{m s}^{-1}$ ). Das Tausendfache der SI-Einheit der Geschwindigkeit kann beispielsweise durch Vorsätze bezeichnet werden als

1 Kilometer durch Sekunde (Einheitenzeichen:  $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ );

1 Meter durch Millisekunde (Einheitenzeichen:  $\text{m}\cdot\text{ms}^{-1}$ );

1 Millimeter durch Mikrosekunde (Einheitenzeichen:  $\text{mm}\cdot\mu\text{s}^{-1}$ ).

Bei einem mit einem Vorsatzzeichen versehenen Einheitenzeichen und angefügtem Potenzexponenten wird das Vielfache oder der Teil der Einheit in die durch den Exponenten ausgedrückte Potenz erhoben.

Beispiele:  $1 \text{ cm}^2 = 1 \text{ cm} \cdot 1 \text{ cm} = 1(\text{cm})^2 = 1(10^{-2} \text{ m})^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$   
(nicht:  $1 \text{ cm}^2 = 1 \text{ c}(\text{m}\cdot\text{m}) = 10^{-2} \text{ m}^2$ );

$1 \text{ cm}^{-1} = 1(\text{cm})^{-1} = 1(10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1}$   
(nicht:  $1 \text{ cm}^{-1} = 1 \text{ c}(\text{m}^{-1}) = 10^{-2} \text{ m}^{-1}$ ).

#### 4. GESETZLICHE EINHEITEN IM MESSWESEN

Die gesetzlichen Einheiten für den geschäftlichen und den amtlichen Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland sind in den folgenden Rechtsvorschriften festgesetzt:

Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 2. Juli 1969  
(Bundesgesetzbl. I S. 709);

Gesetz zur Änderung des Gesetzes über Einheiten im Meßwesen vom 6. Juli 1973 (Bundesgesetzbl. I S. 720);

Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 26. Juni 1970 (Bundesgesetzbl. I S. 981);

Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 27. November 1973  
(Bundesgesetzbl. I S. 1761).

Das Einheitengesetz ist erhältlich als "Gesetz über Einheiten im Meßwesen in der Fassung vom 6. Juli 1973" mit erläuternden Anmerkungen zur Änderung des Gesetzes, herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt. (Deutscher Eichverlag, 3300 Braunschweig, Burgplatz 1).

#### 4.1. Gesetzliche SI-Einheiten

Mit den zuvor aufgeführten Rechtsvorschriften ist grundsätzlich die Gesamtheit des Internationalen Einheitensystems in der Bundesrepublik Deutschland gesetzlich eingeführt worden. Im Einheitengesetz (§ 3) sind die SI-Basiseinheiten mit ihren Definitionen als gesetzliche Einheiten festgesetzt. Die gebräuchlichsten abgeleiteten SI-Einheiten, insbesondere solche mit besonderen Namen, sind mit ihren Definitionen in der Ausführungsverordnung (§§ 3 bis 6 u. 8 bis 46) als gesetzliche Einheiten festgelegt. Alle in der Ausführungsverordnung nichtgenannten abgeleiteten SI-Einheiten sind gesetzliche Einheiten nach Artikel 1, Abs. 1, Nr. 2 der Änderungsverordnung zur Ausführungsverordnung. Die SI-Vorsätze zur Bezeichnung von bestimmten dezimalen Vielfachen und Teilen von Einheiten sind mit ihren Vorsatzzeichen und Anwendungsvorschriften im Einheitengesetz (§ 6) festgesetzt.

Die von der 15. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (1975) angenommenen Resolutionen zur Ergänzung des SI hinsichtlich der besonderen Einheitenamen und Einheitenzeichen Becquerel (Bq) für die abgeleitete SI-Einheit der Aktivität und Gray (Gy) für die abgeleitete SI-Einheit der Energiedosis sowie der Vorsätze und Vorsatzzeichen Peta (P) für  $10^{15}$  und Exa (E) für  $10^{18}$  erfordern jedoch *formal* eine Ergänzung der Rechtsvorschriften (siehe auch Abschnitte 2.8 und 5).

#### 4.2. Weitere gesetzliche Einheiten

Das Internationale Komitee für Maß und Gewicht hat 1969 anerkannt (*BIPM: Le Système International d'Unités (SI)*, 2<sup>e</sup> Edition, 1973), daß die Benutzer des SI zusätzlich bestimmte Einheiten benötigen, die zwar zum Internationalen Einheitensystem systemfremd sind, jedoch eine beträchtliche Rolle spielen und weit verbreitet sind. Die Verbindung dieser Einheiten mit SI-Einheiten zur Bildung von zusammengesetzten Einheiten ist nur in begrenzten

Fällen zugelassen. Hierunter fallen die nachstehend aufgeführten weiteren gesetzlichen Einheiten, die durch ihre Beziehung zur SI-Einheit definiert sind (§§ 4, 5, 7, 11 und 20 der Ausführungsverordnung).

Größe	Einheit		
	Name	Einheitenzeichen	definierende Beziehung
ebener Winkel	Grad	°	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$
	Minute	'	$1' = (1/60)^\circ = (\pi/10\ 800) \text{ rad}$
	Sekunde	"	$1'' = (1/60)' = (\pi/648\ 000) \text{ rad}$
Zeit	Minute	min	1 min = 60 s
	Stunde	h	1 h = 60 min = 3 600 s
	Tag	d	1 d = 24 h = 86 400 s
Volumen	Liter	l	1 l = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
Masse	Tonne	t	1 t = 1 Mg = 10 <sup>3</sup> kg
Druck	Bar	bar	1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa

Dezimale Vielfache oder Teile der Zeiteinheiten Minute, Stunde und Tag dürfen nicht durch SI-Vorsätze bezeichnet werden. Für die hochgestellten Einheitenzeichen der Winkleinheiten Grad (°), Minute (') und Sekunde (") können SI-Vorsatzzeichen nicht benutzt werden.

Weitere gesetzliche Einheiten sind auch die atomare Masseneinheit und das Elektronvolt, deren Verwendung für spezielle Gebiete von Bedeutung und gebräuchlich ist (§ 4 des Einheitengesetzes in der Fassung des Änderungsgesetzes). Ihre zahlenmäßige Beziehung zu den SI-Einheiten kann nur experimentell ermittelt und somit nicht durch einen genauen Wert angegeben werden.

Größe	Name	Einheit	
		Einheiten- zeichen	definierende Beziehung
Masse	atomare Masseneinheit	u	$1 \text{ u} = 10^{-3} (N_A^{-1}/\text{mol}) \text{ kg}$
Energie	Elektronvolt	eV	$1 \text{ eV} = (e/C) \text{ J}$

Für die Avogadro-Konstante  $N_A$  und die Elementarladung  $e$  werden die Werte des 1973 von CODATA (*Committee on Data for Science and Technology* des *International Council of Scientific Unions*) ermittelten konsistenten Satzes von Werten der Fundamentalkonstanten (CODATA-Bulletin Nr. 11, Dezember 1973) empfohlen ( $\sigma_r$  relative Unsicherheit):

Avogadro-Konstante  $N_A = 6,022\ 045 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ( $\sigma_r = 5,4 \cdot 10^{-6}$ );

Elementarladung  $e = 1,602\ 189\ 2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ( $\sigma_r = 2,9 \cdot 10^{-6}$ ).

#### 4.3. Gesetzliche Einheiten mit eingeschränktem Anwendungsbereich

Nur in speziellen, eingeschränkten Anwendungsbereichen sind die folgenden gesetzlichen Einheiten zugelassen (§§ 47 bis 50 der Ausführungsverordnung). Die Verbindung dieser Einheiten mit SI-Einheiten zur Bildung von zusammengesetzten Einheiten ist zu vermeiden.

Größe (Anwendungsbereich)	Name	Einheit	
		Einheiten- zeichen	Definition
Brechkraft von optischen Systemen	Dioptrie	dpt	$1 \text{ dpt} = 1 \text{ m}^{-1}$
Fläche von Grund- stücken u. Flur- stücken	Ar	a	$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$
	Hektar	ha	$1 \text{ ha} = 10\ 000 \text{ m}^2$
Masse von Edel- steinen	metrisches Karat	Kt	$1 \text{ Kt} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$
Längenbezogene Masse von textilen Fasern und Garnen	Tex	tex	$1 \text{ tex} = 10^{-6} \text{ kg m}^{-1}$

## 5. EINHEITEN IM MESSWESEN IN DER EWG

Zur Beseitigung der innergemeinschaftlichen technischen Handelshemmnisse, die sich aus der Verwendung unterschiedlicher gesetzlicher Einheiten in der Wirtschaft, im öffentlichen Gesundheitswesen, im Bereich der öffentlichen Sicherheit und im sonstigen amtlichen Verkehr ergeben, hat der Rat der Europäischen Gemeinschaften auf Grund des Artikels 100 des Vertrages zur Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft die folgende Richtlinie erlassen:

Richtlinie des Rates vom 18. Oktober 1971 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Einheiten im Meßwesen (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 29. Oktober 1971, Nr. L243, S. 29).

Die in Anhang I dieser Richtlinie zusammengefaßten Vorschriften über Einheiten stimmen mit den in den geltenden Rechtsvorschriften der Bundesrepublik Deutschland festgesetzten Vorschriften über gesetzliche Einheiten im Meßwesen überein.

Mit dem in Brüssel am 22. Januar 1972 unterzeichneten Vertrag über den Beitritt des Königreichs Dänemark, Irlands, des Königreichs Großbritannien und Nordirland und (damals noch) des Königreichs Norwegen zur Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft und zur Europäischen Atomgemeinschaft sowie dem Beschluß des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 22. Januar 1972 über den Beitritt der genannten Staaten zur Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl wurde in die EWG-Direktive vom 18. Oktober 1971 ein neuer Anhang II mit einer Auswahl von gebräuchlichen angelsächsischen Einheiten aufgenommen (Gesetz vom 2. Oktober 1972, Bundesgesetzbl. II S. 1125). Der Anwendungszwang für diese vorübergehend in Anhang II der EWG-Richtlinie aufgeführten angelsächsischen Einheiten darf nicht von den Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaften eingeführt werden, in denen diese Einheiten am Tage des Inkrafttretens der Richtlinie (29. Oktober 1971) nicht zugelassen

waren. Eine Richtlinie des Rates zur Änderung der Richtlinie des Rates vom 18. Oktober 1971 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Einheiten im Meßwesen ist in Vorbereitung.

## 6. AUSBREITUNG DER METRISCHEN EINHEITEN IN DER WELT

In 102 Staaten außerhalb Deutschlands sind die metrischen Einheiten obligatorisch, das heißt allein verbindlich gesetzlich eingeführt. Der nächste Schritt, die Annahme des Internationalen Einheitensystems und die Abschaffung älterer Einheiten außerhalb des SI, wird jedoch selbst von einigen Staaten, die seit langem metrisch sind, nur zögernd vollzogen.

Weitere 39 Staaten befinden sich zur Zeit in der Umstellung auf die obligatorische Anwendung der metrischen Einheiten oder haben sich dazu entschlossen. Diese Staaten bevorzugen die unmittelbare Annahme des Internationalen Einheitensystems. Von ihnen hatten 10 Staaten die metrischen Einheiten vorher fakultativ, das heißt wahlfrei gültig neben anderen Einheiten eingeführt.

In der Tabelle beziehen sich die Daten in Klammern auf das Inkrafttreten von Rechtsvorschriften oder der Anwendungspflicht der metrischen (SI-) Einheiten. Wenn das Datum nicht bekannt oder feststellbar ist, steht an seiner Stelle ein "ja".

Die Daten entstammen den 9 Berichten aus dem Internationalen Büro für Maß und Gewicht über die laufende Ausbreitung des Metrischen Systems, die den Generalkonferenzen für Maß und Gewicht - 4.(1907), 5.(1913), 6.(1921), 8.(1933), 9.(1948), 10.(1954), 13.(1967-68), 14.(1971) und 15.(1975) - erstattet oder vorgelegt worden sind, und die H. Moreau in seiner Schrift "*Le Système Métrique; des anciennes mesures au Système International d'Unités*" (Ed.Chiron,

Paris, 1975) zusammengestellt hat.

a) Staaten, in denen die metrischen (SI-) Einheiten definitiv obligatorisch eingeführt sind:

1) Afghanistan.....	1926
2) Ägypten.....	1939 (1951-61)
3) Albanien.....	1951
4) Algerien.....	1843
5) Andorra.....	ja
6) Angola.....	1905 (1910)
7) Äquatorialguinea.....	ja
8) Argentinien.....	1863 (1887)
9) Äthiopien.....	1963
10) Belgien.....	1816 (1820)
11) Bolivien.....	1868 (1871)
12) Brasilien.....	1862 (1874)
13) Bulgarien.....	1888 (1892)
14) Burundi.....	ja
15) Chile.....	1848 (1865)
16) China, Volksrepublik.....	1929 (1930)
17) China, Republik (Taiwan).....	1954
18) Costa Rica.....	1881 (1912)
19) Dahome.....	1884-91
20) Dänemark.....	1907 (1912)
21) Dominikanische Republik.....	1849 (1942-55)
22) Ecuador.....	1865-71
23) Elfenbeinküste.....	1884-90
24) El Salvador.....	1910 (1912)
25) Finnland.....	1886 (1892)
26) Frankreich.....	1795 (1840)
27) Gabun.....	1884-1907
28) Griechenland ( <sup>1</sup> ).....	1959
29) Guinea.....	1901-06
30) Guinea-Bissau.....	1905 (1910)
31) Haiti.....	1920 (1922)
32) Honduras.....	1910 (1912)
33) Indien ( <sup>2</sup> ).....	1956
34) Indonesien.....	1923 (1938)
35) Irak ( <sup>3</sup> ).....	1960
36) Iran.....	1933 (1935-49)
37) Island.....	1907
38) Israel.....	1947 (1954)
39) Italien.....	1861 (1863)

40)	Japan (4)	1951
41)	Jordanien	1953 (1954)
42)	Jugoslawien	1873 (1883)
43)	Kamerun	1894
44)	Khmer-Republik	1914
45)	Kolumbien	1853
46)	Kongo (Brazzaville)	1884-1907
47)	Korea, Republik	1949
48)	Koreanische Volksrepublik	1947
49)	Kuba	1882 (1960)
50)	Kuweit	1961 (1964)
51)	Laos	ja
52)	Libanon	1935
53)	Libyen	1927
54)	Liechtenstein	1875 (1876)
55)	Luxemburg	1816 (1820)
56)	Madagaskar	1897
57)	Mali	1884-1907
58)	Malta	1910 (1921)
59)	Marokko	1923
60)	Mauretanien	1884-1907
61)	Mauritius	1876 (1878)
62)	Mexico	1857 (1896)
63)	Monaco	1854
64)	Mongolei	ja
65)	Mosambik	1905 (1910)
66)	Nepal	1963 (1966-71)
67)	Nicaragua	1910 (1912)
68)	Niederlande	1816 (1832)
69)	Niger	1884-1907
70)	Norwegen	1875 (1882)
71)	Obervolta	1884-1907
72)	Österreich	1871 (1876)
73)	Panama	1916
74)	Paraguay	1899
75)	Peru	1862 (1869)
76)	Philippinen	1906 (1973-75)
77)	Polen	1919
78)	Portugal	1852 (1872)
79)	Ruanda	ja
80)	Rumänien	1864 (1884)
81)	San Marino	1861 (1863)
82)	Saudi Arabien	1962 (1964)
83)	Schweden	1878 (1889)
84)	Schweiz	1868 (1877)

85)	Senegal.....	1840
86)	Sowjetunion <sup>(5)</sup> .....	1918 (1927)
87)	Spanien.....	1849 (1871)
88)	Sudan.....	1955
89)	Syrien.....	1935
90)	Thailand.....	1923 (1936)
91)	Togo.....	1924
92)	Tschad.....	1884-1907
93)	Tschechoslowakei.....	1871 (1876)
94)	Tunesien.....	1895
95)	Türkei.....	1931
96)	Ungarn.....	1874 (1876)
97)	Uruguay.....	1862 (1894)
98)	Venezuela.....	1857 (1912-14)
99)	Vietnam, Republik.....	1911
100)	Vietnam, Demokratische Republik.....	1950
101)	Zaire.....	1910
102)	Zentralafrikanische Republik.....	1884-1907

---

Einige dieser Staaten hatten die metrischen Einheiten vorher fakultativ eingeführt: <sup>(1)</sup> 1836; <sup>(2)</sup> 1920; <sup>(3)</sup> 1931; <sup>(4)</sup> 1893; <sup>(5)</sup> 1899.

b) Staaten, die ihr gesetzliches Meßwesen zur Zeit auf die metrischen (SI-) Einheiten umstellen oder sich dazu entschieden haben:

103)	Australien <sup>(1)</sup> .....	1970
104)	Bahamas.....	ja
105)	Bahrain.....	1960
106)	Barbados.....	1973
107)	Bhutan.....	ja
108)	Botsuana.....	1969-70 (1973)
109)	Fidschi.....	1972
110)	Gambia.....	ja
111)	Ghana.....	1972 (1975)
112)	Guyana.....	1971
113)	Irland <sup>(2)</sup> .....	1968-69
114)	Jamaika.....	1973
115)	Kanada <sup>(3)</sup> .....	1970
116)	Katar.....	ja
117)	Kenia <sup>(4)</sup> .....	1967-68
118)	Lesotho.....	1970
119)	Malaysia.....	1971-72
120)	Malediven.....	ja

121)	Nauru.....	1973
122)	Neuseeland <sup>(5)</sup> .....	1969
123)	Nigeria.....	1971-73
124)	Oman.....	ja
125)	Pakistan.....	1967-72
126)	Papua-Neuguinea.....	1970
127)	Sambia <sup>(6)</sup> .....	1970
128)	Sierra Leone.....	ja
129)	Singapur.....	1968-70
130)	Somali <sup>(7)</sup> .....	1972
131)	Sri Lanka.....	1970 (1974)
132)	Südafrika <sup>(8)</sup> .....	1967 (1974)
133)	Swasiland.....	1969 (1973)
134)	Tansania.....	1967-69
135)	Tonga.....	1975
136)	Trinidad und Tobago.....	1970-71
137)	Uganda <sup>(9)</sup> .....	1967-69
138)	Vereinte Arabische Emirate.....	ja
139)	Vereinigtes Königreich <sup>(10)</sup> .....	1965
140)	Westsamoa.....	ja
141)	Zypern.....	1972-74

---

Einige dieser Staaten hatten die metrischen Einheiten vorher fakultativ eingeführt: <sup>(1)</sup>1961; <sup>(2)</sup> 1897; <sup>(3)</sup> 1871; <sup>(4)</sup> 1951; <sup>(5)</sup> 1925; <sup>(6)</sup> 1937; <sup>(7)</sup> 1950; <sup>(8)</sup> 1922; <sup>(9)</sup> 1950; <sup>(10)</sup> 1897.

c) Staaten, die die metrischen Einheiten bisher ausschließlich fakultativ eingeführt haben:

142)	Malawi.....	ja
143)	Vereinigte Staaten.....	1866

Anhang 1

Mitgliedstaaten der Meterkonvention

a) *Signatarstaaten von 1875*

Argentinien	Portugal
Belgien	Rußland
Brasilien	Schweden u. Norwegen
Dänemark	Schweiz
Deutschland	Spanien
Frankreich	Türkei
Italien	Venezuela
Österreich	Vereinigte Staaten
Peru	

b) *Mitgliedstaaten am 1. März 1975 (44 Staaten)*

*mit Angabe des jeweiligen Beitrittsjahrs*

Argentinien.....	1875	Niederlande.....	1929
Australien.....	1947	Norwegen.....	1875
Belgien.....	1875	Österreich.....	1875
Brasilien (1).....	1954	Pakistan.....	1973
Bulgarien.....	1911	Polen.....	1925
Chile.....	1908	Portugal.....	1875
Dänemark.....	1875	Rumänien.....	1883
Deutschland, Bundes-		Schweden.....	1875
republik.....	1949(2)/1875	Schweiz.....	1875
Deutsche Demokratische		Sowjetunion.....	1875
Republik.....	1967(3)/1875	Spanien.....	1875
Dominikanische Republik..	1954	Südafrika.....	1964
Finnland.....	1921	Thailand.....	1912
Frankreich.....	1875	Tschechoslowakei.....	1922
Indien.....	1957	Türkei (4).....	1933
Indonesien.....	1960	Ungarn.....	1875
Iran.....	1975	Uruguay.....	1908
Irland.....	1926	Venezuela (5).....	1960
Italien.....	1875	Vereinigte Arabische	
Japan.....	1885	Republik (Ägypten).....	1962
Jugoslawien.....	1879	Vereinigtes König-	
Kamerun.....	1971	reich.....	1884
Kanada.....	1907	Vereinigte Staaten	
Korea, Republik.....	1959	von Amerika.....	1875
Mexiko.....	1890		

(1) 1875 die Meterkonvention unterzeichnet, 1920 Beitritt ratifiziert, 1932 bis 1953 Mitgliedschaft nicht aufrechterhalten.

(2) Grundgesetz vom 23. Mai 1949.

(3) Verfassung vom 20. Februar 1967

(4) 1875 die Meterkonvention unterzeichnet, 1889 bis 1932 Mitgliedschaft nicht aufrechterhalten.

(5) 1875 die Meterkonvention unterzeichnet, 1906 bis 1959 Mitgliedschaft nicht aufrechterhalten.

Anhang 2

Rechtsvorschriften für die Umrechnung früherer Landesmaße  
in Deutschland in metrische Einheiten

(Altenburg) siehe Sachsen-Altenburg

Anhalt, Herzogthum  
Bekanntmachung vom 24. Februar 1869

Bayern, Königreich  
Bekanntmachung des kgl. Staatsministeriums des Handels und der öffentlichen  
Arbeiten, den Vollzug des Gesetzes vom 29. April 1869, die Maaß- und Gewichts=  
Ordnung betreffend. Vom 13. August 1869. (Regierungs=Blatt, 1869, S. 1521)

(Bayern, 1866 zu Preußen gekommene Gebietsteile) siehe Preußen

Braunschweig, Herzogthum  
Bekanntmachung, die Umrechnung der bisherigen Landes=Maaße und Gewichte auf  
das metrische System betreffend. Braunschweig, den 5. April 1869. (Gesetz=  
und Verordnungs=Sammlung für die Herzoglich Braunschweigischen Lande, 56. Jahrg.,  
1869, S. 115)

Bremen, freie Hansestadt  
Bekanntmachung der Commission für Maß und Gewicht, die Umrechnung der Bremischen  
Maße und Gewichte in Norddeutsche Maße und Gewichte betreffend. Bremen, den  
22. März 1869. (Gesetzblatt der freien Hansestadt Bremen, 1869, S. 135)

Coburg, Herzogthum  
Verordnung zur Ausführung des Artikels 21 der Maaß- und Gewichtsordnung für  
den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868. Coburg, den 16. September 1869.  
(Gesetzsammlung für das Herzogthum Coburg Nr. 692, 1869, S. 201)

(Darmstadt) siehe Hessen, Großherzogthum

(Detmold) siehe Lippe, Fürstenthum

(Eisenach) siehe Sachsen-Weimar-Eisenach

(Frankfurt am Main, freie Stadt) siehe Preußen

(Gera) siehe Reuß jüngere Linie

Gotha, Herzogthum  
Verordnung zur Ausführung des Artikels 21 der Maaß- und Gewichtsordnung für  
den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868. Gotha, den 9. September 1869.  
(Gesetz=Sammlung für das Herzogthum Gotha 1869, Nr. 34, S. 131)

(Greiz) siehe Reuß ältere Linie

Hamburg, freie und Hansestadt  
Bekanntmachung, betreffend Maaß- und Gewichtsordnung. Gegeben in der Versamm-  
lung des Senats, Hamburg, den 2. April 1869. (Gesetzsammlung der freien und  
Hansestadt Hamburg, amtl. Ausgabe, Bd. 5, 1869, Abt. I, Nr. 7, S. 43)

(Hannover, Königreich) siehe Preußen

Hessen, Großherzogthum

Bekanntmachung, die Maß- und Gewichtsordnung betreffend. Darmstadt, den 18. September 1869. (Großherzoglich Hessisches Regierungsblatt 1869, Nr. 45, S. 805)

(Hessen, Kurfürstenthum) siehe Preußen

(Hessen-Homburg, Landgrafschaft) siehe Preußen

(Hohenzollernsche Lande) siehe Preußen

(Holstein, Herzogthum) siehe Preußen

(Kassel, Kurfürstenthum Hessen) siehe Preußen

Lauenburg, Herzogthum

Bekanntmachung, betreffend Maaß- und Gewichtsordnung. Ratzeburg, den 28. April 1869. (Officielles Wochenblatt für das Herzogthum Lauenburg, 1869, Nr. 32, S. 222)

Lippe, Fürstenthum

Verordnung vom 14. April 1869.

(Lippe) siehe Schaumburg-Lippe

Lübeck, freie und Hansestadt

Bekanntmachung, die Umrechnung der Lübeckischen Maaße und Gewichte in Norddeutsche Maaße und Gewichte betreffend. Gegeben Lübeck, in der Versammlung des Senates, am 5. Mai 1869. (Sammlung der Lübeckischen Verordnungen und Bekanntmachungen, Bd. 36 (1869), S. 42)

(Lüneburg) siehe Braunschweig

Mecklenburg-Schwerin, Großherzogthum

Bekanntmachung, betreffend die Verhältniszahlen für die Umrechnung der bisherigen Landesmaaße und Gewichte in die durch die Maaß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17ten August 1868 vorgeschriebenen Maaße und Gewichte. Schwerin, den 19ten April 1869. (Regierungs=Blatt für das Großherzogthum Mecklenburg-Schwerin, 1869, Nr. 33, S. 281)

Mecklenburg-Strelitz, Großherzogthum

Bekanntmachung vom 4. Mai 1869. (Officieller Anzeiger 1869, Nr. 14, S. 113)

(Meiningen) siehe Sachsen-Meiningen

(Nassau, Herzogthum) siehe Preußen

Oldenburg, Herzogthum

Bekanntmachung Nr. 24 des Staatsministeriums, betreffend die Umrechnung der Oldenburgischen Maaße und Gewichte in Norddeutsche Maaße und Gewichte. Oldenburg, den 2. Juli 1869. (Gesetzblatt für das Herzogthum Oldenburg, Bd. 21, 1869, 18. Stück, S. 69)

(Plauen) siehe Reuß ältere Linie

Preußen, Königreich

Bekanntmachung, betreffend die Verhältniszahlen für die Umrechnung der bisherigen Landesmaße und Gewichte in die durch die Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund festgestellten neuen Maße und Gewichte. Vom 13. Mai 1869. (Gesetzsammlung für die Königlichen Preussischen Staaten, 1869, Nr. 7428, S. 746)

Gebietsteile: I Provinzen, in welchen die Maß- und Gewichts-Ordnung vom 16. Mai 1816 Gültigkeit hat.  
II Hohenzollernsche Lande  
III Vormalige Herzogthümer Schleswig und Holstein  
IV Vormaliges Königreich Hannover  
V Vormaliges Kurfürstenthum Hessen  
VI Vormaliges Herzogthum Nassau  
VII Vormalige freie Stadt Frankfurt am Main  
Vormalige Landgrafschaft Hessen-Homburg:  
VIII a) Amt Homburg  
IX b) Ober-Amt Meisenheim  
X Vormalige Bayerische Gebietsteile  
XI Vormalige Großherzoglich hessische Gebietsteile

Ratzeburg Fürstenthum

Bekanntmachung vom 4. Mai 1869. (Officieller Anzeiger 1869, Nr. 14, S. 101)

Reuß ältere Linie, Fürstenthum

Bekanntmachung. In Verfolg des Art. 21 der Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868 (Bundesgesetzblatt S. 477) werden nachstehend die Verhältniszahlen, welche zur Umrechnung der zeitherigen Maße und Gewichte in die neuen dienen, zur öffentlichen Kenntniß gebracht. Greiz, den 27. März 1869. (Fürstl. Reuß-Plauisches Amts- und Nachrichtenblatt, 1869, Nr. 35, S. 207)

Berichtigung eines Druckfehlers in der in Nr. 35 des Amts- und Nachrichtenblattes abgedruckten Regierungsbekanntmachung vom 27. März d.J. (Fürstl. Reuß-Plauisches Amts- und Nachrichtenblatt, 1869, Nr. 36)

Reuß jüngere Linie, Fürstenthum

Unter Bezugnahme auf Art. 21 der Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868 (Bundesgesetzblatt S. 477) werden die Verhältniszahlen, welche zur Umrechnung der zeitherigen Maße und Gewichte in die neuen dienen, nachstehend zur öffentlichen Kenntniß gebracht. Gera, am 20. März 1869. (Amts- und Verordnungsblatt für das Fürstenthum Reuß jüngere Linie, 1869, Nr. 12, S. 89)

(Rudolstadt) siehe Schwarzburg-Rudolstadt

Sachsen, Königreich

Verordnung Nr. 40, die Umrechnung der in Sachsen geltenden Maße und Gewichte in die nach der Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868 künftig zu gebrauchenden Maße und Gewichte betreffend. Vom 7. Mai 1869. (Gesetz- und Verordnungsblatt für das Königreich Sachsen, 1869, 9. Stück, S. 149)

Sachsen-Altenburg, Herzogthum

Bekanntmachung Nr. 35 des Herzogl. Ministeriums, Abtheilung des Innern, die Umrechnung der im Herzogthum Sachsen=Altenburg gebräuchlichen Maaße und Gewichte in die nach der Maaß= und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868 künftighin zu gebrauchenden Maaße und Gewichte betreffend. Vom 17. Juni 1869. (Gesetz=Sammlung für das Herzogthum Sachsen-Altenburg auf das Jahr 1869, S. 104)

(Sachsen-Coburg-Gotha, Herzogthum) siehe Coburg, siehe Gotha

Sachsen-Meiningen, Herzogthum

Ausschreiben des Herzoglichen Staatsministeriums, Abtheilung des Innern, vom 1. November 1869, betreffend das Verhältniß der bisherigen zu den durch die Bundes=Maaß= und Gewichts=Ordnung eingeführten Maaßen und Gewichten. (Sammlung der Ausschreiben der landesherrlichen Oberbehörden, Band 4 (1868-69), Nr. 46, S. 423)

Sachsen-Weimar-Eisenach, Großherzogthum

Ministerial=Bekanntmachung. Verhältnißzahlen für die Umrechnung der im Großherzogthum Sachsen bisher gebräuchlichen Maße und Gewichte in die neuen durch das Bundesgesetz vom 17. August 1868 vorgeschriebenen. Weimar, am 17. Juni 1869. (Regierungs=Blatt für das Großherzogthum Sachsen=Weimar=Eisenach, 1869, Nr. 14, S. 225)

Schaumburg-Lippe, Fürstenthum

Höhere Bekanntmachung Nr. 69, das Verhältniß der inlandischen Maße und Gewichte zu der Maß= und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868 betreffend. Bückeburg, den 9. März 1869. (Schaumburg-Lippische Landesverordnungen, 1869, Nr. 4, S. 481)

(Schleswig, Herzogthum) siehe Preußen

Schwarzburg-Rudolstadt, Fürstenthum

Ministerial=Bekanntmachung Nr. 9, die Maaß= und Gewichts=Ordnung für den Norddeutschen Bund betreffend. Rudolstadt, den 6. April 1869. (Gesetzsammlung für das Fürstenthum Schwarzburg=Rudolstadt, 1869, 6. Stück, S. 33)

Schwarzburg-Sondershausen, Fürstenthum

Ministerialverordnung Nr. 23, die Feststellung der Verhältnißzahlen für die Umrechnung der in dem Fürstenthume gebräuchlichen Landesmaaße und Gewichte in die neuen der Maaß= und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868 betreffend. Sondershausen, den 21. August 1869. (Gesetz=Sammlung für das Fürstenthum Schwarzburg=Sondershausen, 1869, 10. Stück, S. 73)

(Schwerin) siehe Mecklenburg-Schwerin

(Strelitz) siehe Mecklenburg-Strelitz

Württemberg, Königreich

Bekanntmachung, betreffend die Verhältnißzahlen für die Umrechnung der bisherigen württembergischen Landes=Maaße und Gewichte in die durch die neue Maaß= und Gewichts=Ordnung festgestellten neuen Maaße und Gewichte. Stuttgart, den 6. Mai 1871. (Regierungs=Blatt für das Königreich Württemberg, 1871, Nr. 10, S. 117)

Anhang 3

Reichskanzler-Amt

Berlin, den 22. Februar 1875

An  
den Direktor der Kaiserlichen  
Normal=Eichungs=Kommission  
Herrn Professor Dr. Förster  
Hochwohlgeboren  
hier

Die Französische Regierung hat, wie Eurer Hochwohlgeboren bereits bekannt ist, auf Anregen der im Oktober 1873 zu Paris vereinigt gewesenen Mitglieder des permanenten Komités der internationalen Meter=Kommission, den Plan einer universellen Regelung der Meterangelegenheiten wieder aufgenommen und Deutschland zur Theilnahme an einer bezüglichlichen Konferenz durch einen diplomatischen Vertreter und einen fachkundlichen Delegierten eingeladen. Die diesseitige Betheiligung ist unter der Voraussetzung zugesagt worden, daß die Konferenz zur Aufgabe haben werde, die internationale Organisation einer künftigen streng neutralen Aufbewahrung, Kontrolierung und Handhabung gemeinsamer Prototype mittelst einer genannten wissenschaftlichen Institution festzustellen.

Nachdem die Französische Regierung ihre hiermit übereinstimmende Auffassung rückhaltlos erklärt hat, ist die Annahme jener Einladung zu der ursprünglich auf den 1. d.M., später auf den 1. März d.J. festgesetzten, in Paris zu eröffnenden Konferenz diesseits definitiv erfolgt.

Indem ich Eure Hochwohlgeboren ergebenst ersuche, neben dem Kaiserlichen Botschafter in Paris, Fürsten von Hohenlohe, als diplomatischem Vertreter, den Verhandlungen der Konferenz als technischer Delegierter Deutschlands beiwohnen zu wollen, habe ich folgende Bemerkungen hinzuzufügen:

Über die Unentbehrlichkeit einer Einheit des Maßes und Gewichts unter den Völkern, welche das metrische System anwenden, über die den Anforderungen des Verkehrs, der Präzisionstechnik und der Wissenschaft nicht genügende Beschaffenheit, Aufbewahrung und Handhabung der bisherigen Französischen Prototype, und über die hieraus hervorgegangenen Unzulänglichkeiten der von jenen Prototypen abgeleiteten Maß= und Gewichtsnormale, welche im Besitz der einzelnen Staaten sind, besteht gegenwärtig, nach Inhalt der von Eurer Hochwohlgeboren in der Angelegenheit hierher erstatteten Berichte, an sich kein Streit mehr.

Der im Jahre 1872 von der internationalen Meter=Kommission (S. 226 der Druckprotokolle) gefaßte Beschluß:

in Anlehnung an die bisherigen Prototype eine dem Bedürfniß der einzelnen Staaten entsprechende Anzahl identischer Urmaße und Urgewichte herzustellen, aus diesem ein Meter und ein Kilogramm als internationales Urmaß und Urgewicht zu wählen, die übrigen aber als nationale Prototypen unter die betreffenden Staaten zu vertheilen,-

ist denn auch, insoweit gleichzeitig die Herstellung jener sämtlichen neuen Prototype der Französischen Abtheilung der internationalen Meter=Kommission übertragen werden, im Wesentlichen bereits zur Ausführung gelangt. Wenigstens sind, nach Inhalt des den Druck=Protokollen über die Sitzungen des permanenten

Komités der Kommission von 1873 angehängten umfassenden Berichts, die bezüglichlichen Arbeiten schon damals soweit vorgeschritten gewesen, daß man in dieser Beziehung mehr oder minder einer vollendeten Thatsache gegenübersteht.

Dagegen wird es nunmehr darauf ankommen, vertragsmäßig sicherzustellen, daß die endgültigen Prüfungen, Vergleichen und Beglaubigungen der sämtlichen herzustellenden Etalons, und die endgültige Verifikation der internationalen Prototype nicht etwa von Frankreich einseitig ausgeführt, sondern einem Organ übertragen werden, welches nicht blos mit den vollkommensten technischen Einrichtungen und den bedeutendsten wissenschaftlichen Kräften, sondern auch derartig mit wissenschaftlicher Unbefangenheit von Französischem Einflusse ausgestattet ist, daß es jene Aufgaben im wirklich internationalen Sinn und Interesse durchzuführen vermag.

Aber selbst die Erfüllung dieser Forderung vorausgesetzt, kann den neu zu schaffenden Prototypen eine die Aufgabe der bisherigen nationalen Prototype rechtfertigende Bedeutung nur dann zuerkannt werden, wenn die Dauer der unter den beteiligten Staaten zu begründenden Gemeinschaft und die Einheit in der demnächstigen Behandlung und Ausgestaltung der Meter=Angelegenheiten gleichzeitig verbürgt wird.

Eine solche Gemeinschaft und Einheit ist nur dadurch zu erreichen, daß jenes neu zu schaffende Organ ausdrücklich auch für alle Zukunft als zuständig für die Aufbewahrung und Verwaltung der gemeinsamen Prototype, für die definitive Ausgabe und Vergleichung aller Kopien derselben und für die periodische Vergleichung der den einzelnen Nationen als Urmaße und Uргewichte dienenden Prototype, mit den internationalen Prototypen und untereinander anerkannt wird; daß außerdem aber auch aus fachkundigen Vertretern der beteiligten Staaten eine Instanz geschaffen wird, welche eine permanente, wirksame Überwachung und Leitung der fraglichen Institution, insbesondere die unmittelbare und mittelbare Ernennung des Personals der letzteren zusteht und obliegt.

Indem ich die vorstehend dargelegten Gesichtspunkte Eurer Hochwohlgeboren als solche zu bezeichnen habe, deren Anerkennung durch die Konferenz für uns die unerläßliche Vorbedingung einer Zustimmung zu dem Ergebnis der Beratungen und einer ferneren Mitwirkung bei der Behandlung der internationalen Meter=Angelegenheiten ist, stehe ich nicht an, die Frage, welche konkrete Gestalt den zu treffenden Einrichtungen zu geben ist, in die zweite Linie zu stellen, sofern nur überall diese Einrichtungen die Bürgschaft einer möglichst vollkommenen und streng neutralen Ausführung des Projektes gewähren.

Ich beschränke mich deshalb auch darauf, nur einige Andeutungen in dieser Richtung zu Eurer Hochwohlgeboren gefälliger Erwägung und geeigneter Berücksichtigung zu stellen.

Zunächst scheint für die bisherige Plenar=Versammlung der internationalen Meter=Kommission, in welcher einzelne Staaten mit übermäßig zahlreichen, andere mit Vertretern ohne fachmäßige Kompetenz aufgetreten sind, innerhalb der neuen Ordnung der Verhältnisse kein Raum mehr zu sein. Sie wird einen vollkommenen Ersatz in der für die Überwachung der vorerwähnten zentralen Institution erforderlichen Instanz finden, deren Wirksamkeit durch eine möglichst knappe und feste Gliederung nur gefördert werden kann.

Was diese Aufsichtsinstanz betrifft, so würde der Anerkennung des im Jahre 1872 von der internationalen Meter=Kommission gewählten permanenten Komités als solcher keine Bedenken entgegenstehen. Doch wird, im Falle einer entsprechenden Beschlußnahme der Konferenz, voraussichtlich Italien, welches bei der Bildung des Komités in Folge besonderer Zwischenfälle (S. 140 der Druckprotokolle) damals unberücksichtigt geblieben ist, gegenwärtig eine Vertretung in demselben beanspruchen, und wir würden einem dahin gerichteten Verlangen Vorschub zu lei-

sten, uns nicht entziehen können. Abgesehen hiervon hat man es bei der Errichtung jenes Komités an Festsetzungen über das Stimmverhältniß der einzelnen Staaten in Fragen der Verwaltung, über die Vorbedingungen für die Verbindlichkeit zu fassender Beschlüsse, über die Art der Vertretung abwesender Mitglieder, über die Besetzung erledigter Stellen und ähnliche Punkte fehlen lassen, so daß eine hierauf bezügliche Regelung jedenfalls als ein Bedürfniß sich darstellt.

Im Übrigen glaube ich nur ergebenst darauf hinweisen zu sollen, daß die Verwendung der in großartigem Style bereits hergestellten und bzw. noch herzustellen- den technischen Einrichtungen, welche zunächst nur den einmaligen Zweck der Ausführung der der Französischen Abtheilung der internationalen Meter-Kommission übertragenen Vorarbeiten haben, zur Ausrüstung der mehrgedachten Zentral-Institution jedoch nur unter der Voraussetzung sich zu empfehlen scheint, daß hierbei ein Anschluß an eine vorhandene Französische Institution und deren Personal durchaus vermieden wird.

Eure Hochwohlgeboren beehre ich mich ergebenst zu ersuchen, nur solchen Beschlüssen, welche, entsprechend den oben entwickelten Forderungen, geeignet sind, eine wahrhaft internationale, jedes Französische Übergewicht unbedingt ausschließende, Organisation des Maß- und Gewichtswesens herbeizuführen, unter dem Vorbehalte diesseitiger definitiver Sanktionierung, Ihre Zustimmung ertheilen zu wollen.

Falls auf dieser Grundlage eine allgemeine Vereinbarung nicht zu Stande kommen sollte, würden wir auf eine Verständigung mit Frankreich gänzlich zu verzichten haben und auf den Versuch angewiesen zu sein, mit denjenigen Staaten, welche, gleich uns, von einer Verständigung mit Frankreich aus übereinstimmenden sachlichen Motiven abzusehen in der Lage wären, eine engere Vereinigung einzugehen und, etwa in der Schweiz, ein gemeinsames Institut für Maß- und Gewichtswesen zu errichten.

In hohem Grade erwünscht würde es solchen Falls sein, wenn die günstige Gelegenheit des Zusammenseins der betreffenden Fachmänner auf der Konferenz zur sofortigen Anbahnung einer entsprechenden Übereinkunft verwerthet werden könnte.

Eurer Hochwohlgeboren gefälligem Berichte über den Ausgang der Angelegenheit werde ich seiner Zeit mit lebhaftem Interesse entgegensehen.

Der Reichskanzler

In Vertretung

Delbrück

Anhang 4

Gültige Entscheidungen der Generalkonferenz für Maß und Gewicht  
über SI-Einheiten

1. CGPM (1889)

Bestätigung des Internationalen Kilogrammprototyps (C.R., S. 35 u. 48),  
dazu Empfehlung des CIPM (P.V. 35, S. 29) über dezimale Vielfache und Teile  
des Kilogramm.

3. CGPM (1901)

Erklärung zur Einheit der Masse und zur Bedeutung des Wortes Gewicht; Norm-  
wert der Fallbeschleunigung (C.R., S. 70).

9. CGPM (1948)

Billigung der Resolution des CIPM (P.V. 20, S. 119) über die Definition  
der Lichtstromeinheit Lumen (C.R., S. 54); Billigung der Resolution des  
CIPM (P.V., 20, S. 131) über die Definitionen der mechanischen Einheiten  
Newton, Joule, Watt und der elektrischen Einheiten Ampere, Volt, Ohm, Cou-  
lomb, Farad, Henry, Weber (C.R., S. 49);

Resolution 3: Tripelpunkt des Wassers; thermodynamische Temperaturskala;  
Einheit der Wärmemenge (C.R., S. 55 u. 63); Annahme des vom CIPM (P.V., 21,  
S. 88) vorgeschlagenen besonderen Einheitennamens Grad Celsius (C.R., S. 64);

Resolution 6: Vorschlag zur Aufstellung eines praktischen Einheitensystems  
(C.R., S. 64);

Resolution 7: Schreibweise von Einheitenzeichen und Zahlenwerten (C.R., S. 64)

10. CGPM (1954)

Resolution 3: Definition der thermodynamischen Temperaturskala (C.R., S. 79);

Resolution 6: Basiseinheiten des praktischen Einheitensystems (C.R., S. 80).

11. CGPM (1960)

Resolution 6: Neudefinition des Meter (C.R., S. 85);

Resolution 12: Internationales Einheitensystem (C.R., S. 87); dazu Empfehlung  
des CIPM (P.V. 37, S. 30) über Richtlinien für die Anwendung der Resolution 12.

12. CGPM (1964)

Resolution 6: Liter ein besonderer Name für Kubikdezimeter (C.R., S. 93);

Resolution 8: SI-Vorsätze Femto und Atto (C.R., S. 94).

13. CGPM (1967-1968)

Resolution 1: Definition der SI-Basiseinheit Sekunde (C.R., S. 103);

Resolution 3: Kelvin Einheit der thermodynamischen Temperatur (C.R., S. 104);

Resolution 4: Definition der SI-Basiseinheit Kelvin (C.R., S. 104);

Resolution 5: Neufassung der Definition der SI-Basiseinheit Candela (C.R., S. 104);

Resolution 6: Weitere abgeleitete SI-Einheiten (C.R., S. 105);

14. CGPM (1971)

Annahme der besonderen Einheitenamen Pascal und Siemens (C.R., S. 78);

Resolution 3: Definition der SI-Basiseinheit Mol (C.R., S. 78)

15. CGPM (1975)\*)

Annahme der besonderen Einheitenamen Becquerel und Gray.

SI-Vorsätze Exa und Peta.

---

Erläuterungen:

CGPM: Conference Générale des Poids et Mesures.

CIPM: Comité International des Poids et Mesures.

C.R.: Comptes rendus des séances de la CGPM.

P.V.: Procès-Verbaux des séances du CIPM.

\*) Die Numerierung der Resolutionen lag bei Redaktionsschluß noch nicht vor.

Anhang 5

Herleitung der Namen von SI-Einheiten, die nach Personen benannt sind

(Die Einheitenzeichen dieser Einheiten bestehen aus oder beginnen mit einem großen Buchstaben)

Einheit		Größe	Einheit ist benannt nach
Name	Einheitenzeichen		
Ampere	A	elektrische Stromstärke	<i>André Marie Ampère</i> (1775-1836), französischer Mathematiker und Physiker (Zusammenhänge zwischen Elektrizität und Magnetismus, Drehwaage)
Becquerel	Bq	Aktivität einer radioaktiven Substanz	<i>Antoine Henri Becquerel</i> (1852-1908), französischer Physiker (Entdeckung der spontanen Radioaktivität, 1903 Nobelpreis)
Coulomb	C	elektrische Ladung	<i>Charles-Augustin de Coulomb</i> (1736-1806), französischer Physiker (Coulombsches Gesetz und andere Gesetze der Elektro- und Magnetostatik)
Farad	F	elektrische Kapazität	<i>Michael Faraday</i> (1791-1867), englischer Physiker und Chemiker (Grundgesetze des Elektromagnetismus)
Grad Celsius	°C	Celsius-Temperatur	<i>Anders Celsius</i> (1701-1744), schwedischer Astronom (Einteilung der Temperaturdifferenz zwischen Eispunkt und Siedepunkt des Wassers in 100 Grad)
Gray	Gy	Energiedosis	<i>Louis Harold Gray</i> (1905-1965), englischer Physiker (Zusammenhang zwischen Energiedosis und Ionendosis, Bragg-Gray-Beziehung)
Henry	H	Induktivität	<i>Joseph Henry</i> (1797-1878), amerikanischer Physiker (Induktionsgesetze)
Hertz	Hz	Frequenz	<i>Heinrich Rudolf Hertz</i> (1857-1894), deutscher Physiker (Entdeckung der elektromagnetischen Wellen)
Joule	J	Energie	<i>James Prescott Joule</i> (1818-1889), englischer Naturforscher (Gesetz von der Erhaltung der Energie - erster Hauptsatz der Thermodynamik; Thomson-Joule-Effekt)
Kelvin	K	thermodynamische Temperatur	<i>Sir William Thomson</i> , 1892 <i>Lord Kelvin of Largs</i> (1824-1907), englischer Physiker (Mitbegründer der klassischen Thermodynamik, Definition der "absoluten" Temperatur; Thomson-Effekt, Thomson-Joule-Effekt)

Einheit		Größe	Einheit ist benannt nach
Name	Einheitenzeichen		
Newton	N	Kraft	<i>Sir Isaac Newton</i> (1643-1727), englischer Physiker, Mathematiker und Astronom (Mitbegründer der exakten Naturwissenschaften, u.a. Gravitationsgesetz)
Ohm	$\Omega$	elektrischer Widerstand	<i>Georg Simon Ohm</i> (1787-1854), deutscher Physiker (Ohmsches Gesetz)
Pascal	Pa	Druck	<i>Blaise Pascal</i> (1623-1662), französischer Mathematiker und Philosoph (Pascalsches Gesetz - Druck von Fluiden)
Siemens	S	elektrischer Leitwert	<i>Werner von Siemens</i> (1816-1892), deutscher Begründer der Elektrotechnik und Mitbegründer der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (Entdeckung des selbsterregten elektrischen Generators, des elektrischen Zeigertelegraphen; Bau der ersten elektrischen Eisenbahn, der Telegraphennetze in Deutschland und Rußland)
Tesla	T	magnetische Flußdichte	<i>Nicola Tesla</i> (1856-1943), kroatisch-amerikanischer Physiker (Elektrische Ströme sehr hoher Spannung - Tesla-Ströme; Prinzip des rotierenden magnetischen Feldes)
Volt	V	elektrische Spannung	<i>Conte Alessandro Volta</i> (1745-1827), italienischer Physiker (Entdeckung der Voltaschen Säule, des Kupfer-Zink-Elements; Elektrophor, Plattenkondensator, Elektroskop)
Watt	W	Leistung	<i>James Watt</i> (1736-1819), englischer Ingenieur u. Erfinder (Entwicklung der Dampfmaschine, Wattches Parallelogramm, Fliehkraftregler)
Weber	Wb	magnetischer Fluß	<i>Wilhelm Eduard Weber</i> (1804-1891) deutscher Physiker (Theorie des Diamagnetismus, der elektrischen Schwingungen; Begründer der exakten elektrischen Präzisionsmeßtechnik)



