

---

## 1.3 Die Längeneinheit 1 Meter

### Geschichtliches zur Festlegung des Meters

Die Längeneinheit Meter ist seit Ende des 18. Jahrhunderts in Gebrauch. Der Ursprung dieser Längeneinheit ist der Beschluss der französischen Nationalversammlung, ein einheitliches Längenmaß zu definieren.

Der heutigen Definition des Meters gingen einige Vorschläge für die Definition einer Längeneinheit voraus, die anders als traditionelle Einheiten nicht von der Länge menschlicher Gliedmaßen abgeleitet war. So schlug der Abt Jean Picard 1668 als Längeneinheit das Sekundenpendel vor – also die Länge eines Pendels, das eine halbe Periodendauer von einer Sekunde hat. Ein solches Pendel ist - eigentlich - leicht herstellbar, da die Schwingungsdauer in guter Näherung durch  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  gegeben ist. Im Schwerfeld von Europa hätte ein solches Pendel die Länge von etwa 0,994 m und käme der heutigen Definition eines Meters ziemlich nahe. Der Begriff Meter für diese Längeneinheit wurde bereits 1675 von Tito Livio Burattini verwendet. Er bezeichnete die Länge des Sekundenpendels als Metro Cattolico (allgemeines Maß; „Cattolico“ hier in der griechischen Grundbedeutung von καθολικος, das Ganze betreffend, allgemeingültig).

Maßgebend für eine internationale Längeneinheit wurde jedoch nicht das Sekundenpendel, sondern die Erdfigur. 1735 entsandte die Pariser Akademie zwei Expeditionen zur Gradmessung nach Peru und Lappland, um die genauen Abmessungen der Erde festzustellen. Im Jahr 1793 setzte der französische Nationalkonvent – neben einem neuen Kalender – auch ein neues Längenmaß fest: Der Meter sollte den 10-millionsten Teil des Erdquadranten auf dem Meridian von Paris betragen – also den zehnmillionsten Teil der Entfernung vom Pol zum Äquator. Ein Prototyp dieses Meters wurde 1795 in Messing gegossen. Er erwies sich später als außerordentlich genau – er war nur 0,013 % oder 0,13 Millimeter zu lang.

Zwischen 1792 und 1799 bestimmten Delambre und Méchain die Länge des Meridianbogens zwischen Dünkirchen und Barcelona. Aus einer Kombination mit den Peru-Lappland-Resultaten ergab sich ein neuer Wert, der 1799 für verbindlich erklärt und als ein Platinstab, das Urmeter realisiert wurde. Im 19. Jahrhundert kamen allerdings genauere Vermessungen der Erde zum Ergebnis, dass das Urmeter etwa 0,02 % zu kurz geraten war. Dennoch wurde an dem 1799 definierten Meter festgehalten – mit dem Ergebnis, dass der Erdmeridianquadrant nicht 10.000, sondern 10.001,966 km lang ist. Das Meter richtete sich nicht mehr nach der Vermessung der Erde, sondern entsprach nun – bis 1960 – der Länge eines konkreten Gegenstands. Alle späteren Definitionen hatten das Ziel, die Länge des Urmeters präziser zu realisieren.

1889 wurde vom BIPM der internationale Meterprototyp eingeführt; es ist ein Stab mit kreuzförmigem Querschnitt aus einer Platin-Iridium-Legierung im Verhältnis 90:10. Die Länge des Meters wurde festgelegt als der Abstand der Mittelstriche zweier Strichgruppen bei einer Temperatur von 0 °C. Kopien dieses Meterprototyps wurden an die Eichinstitute in vielen Ländern vergeben.

Ogleich bei der Herstellung des Meterprototyps größter Wert auf Haltbarkeit und Unveränderbarkeit gelegt worden war, war doch klar, dass er grundsätzlich vergänglich ist. Auch gab es keine einfache Möglichkeit, die Übereinstimmung der verwendeten Längeneinheit mit dem Urmeter in einem beliebigen physikalischen Labor sofort zu überprüfen.

Um dem Abhilfe zu schaffen, wurde 1960 festgelegt:

Ein Meter ist das 1.650.763,73-fache 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.

Das Verständnis dieser Definition setzt lediglich Kenntnisse in Atomphysik voraus. Sind diese und die nötige Ausrüstung vorhanden, so kann die Länge von einem Meter an jeder beliebigen Stelle des Weltalls reproduziert werden. Der Zahlenwert (1.650.763,73) wurde dabei so gewählt, dass das Ergebnis dem bis 1960 gültigen Meter mit denkbar größter Genauigkeit entspricht.

### **Einführung des Meters als einheitliches Längenmaß in Deutschland**

Deutschland trat 1872 der Internationalen Meterkonvention, welche in Frankreich gegründet wurde, bei. Im selben Jahr wurde das Meter auch als einheitliches Längenmaß im Deutschen Reich eingeführt. 1889 erhielten die damals 27 beteiligten Staaten jeweils eine Kopie des Urmeters. Das Deutsche Reich bekam - durch Los entschieden - die Kopie Nummer 18, die sich heute in Berlin befindet.

### **Alte Definition**

Nach Messungen der Franzosen Delambre und Mechain Ende des 18. Jahrhunderts wurde das Meter als 10.000.000ster Teil des Erdmeridianquadranten, welcher durch Paris verläuft, festgelegt.

Vereinfacht definiert stellt das Meter den 40.000.000sten Teil des Erdumfangs dar. Dies war – mit den damaligen Möglichkeiten und Aufgaben verglichen – eine ausreichend genaue Angabe.

## Aktuelle Definition

Nachdem die Definition der Sekunde (SI-Einheit der Zeit) als atomares Zeitnormal gelang, und wegen der extrem großen Bedeutung der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ( $c_0$ ) für die Physik, ging man auf der 17. Generalkonferenz für Maße und Gewichte (kurz CGPM) am 20. Oktober 1983 einen neuen Weg. Man legte die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum auf  $299792458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  fest und definierte demzufolge:

Definition: Ein Meter ist die Strecke, die das Licht im Vakuum in einer Zeit von  $\frac{1}{299792458}$  Sekunde zurücklegt.

Statt auf einer aufzubewahrenden Maßverkörperung („Prototyp“ wie beim Kilogramm) beruht die Definition des Meters auf einer Zeitmessung. (DIN 1301 Teil 1)

Die Festlegung von  $c_0$  auf diesen Wert wurde schon acht Jahre früher – nämlich auf der 15. CGPM 1975 – empfohlen. Davor betrug der (nach CODATA 1973) allgemein empfohlene Schätzwert  $c_0 = 299.792.458,0 \text{ m/s}$  und war demnach mit einer relativen Standardabweichung von  $4 \cdot 10^{-9}$  behaftet. Der Schätzwert der Länge, die das Licht im Vakuum in einer Sekunde zurücklegt, wurde auf ganze Meter gerundet und fixiert.

## Beispiele für die Verwendung des Meters

Aus dem Alltag sind bekannt

- v Kilometer (abgekürzt km, 1 km = 1000 m)
- v Zentimeter (abgekürzt cm, 1 cm = 0,01 m oder 100 cm = 1 m)
- v Millimeter (abgekürzt mm, 1 mm = 0,001 m oder 1000 mm = 1 m)

Weitere Vielfache und Teile der Einheit:

Gigameter (Gm)	$10^9 \text{ m}$	Die Sonne hat einen Durchmesser von etwa 1,4 Gm.
Mikrometer ( $\mu\text{m}$ )	$10^{-6} \text{ m}$	Entspricht einem Tausendstel Millimeter. Veralterte Bezeichnung: Mikron. Beispiel: Der Durchmesser eines menschlichen Haares liegt im Mittel bei etwa 70 $\mu\text{m}$ .
Nanometer (nm)	$10^{-9} \text{ m}$	Ein Nanometer entspricht in einem Stück Metall ungefähr einer Strecke von vier benachbarten Atomen oder ist ungefähr 70.000 mal dünner als ein menschliches Haar. Die mittlere Wellenlänge des sichtbaren Lichts liegt bei rund 550 nm.
Pikometer	$10^{-12} \text{ m}$	Das Wasserstoffatom hat als kleinste atomare

## Die Längeneinheit Meter

(pm)		Einheit einen Atomradius von 37 pm. Große Atome besitzen Radien von über 200 pm. 100 pm ( $10^{-10}$ m) entsprechen einem Ångström.
Femtometer (fm)	$10^{-15}$ m	Atomkernradien werden in Femtometern angegeben (Größenordnung: 10 fm). Protonen und Neutronen haben einen Durchmesser von etwa 1,6 fm. Früher auch nach dem italienischen Physiker Enrico Fermi 1 Fermi genannt. Das Fermi ist in Deutschland keine gesetzliche Einheit im Messwesen.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.