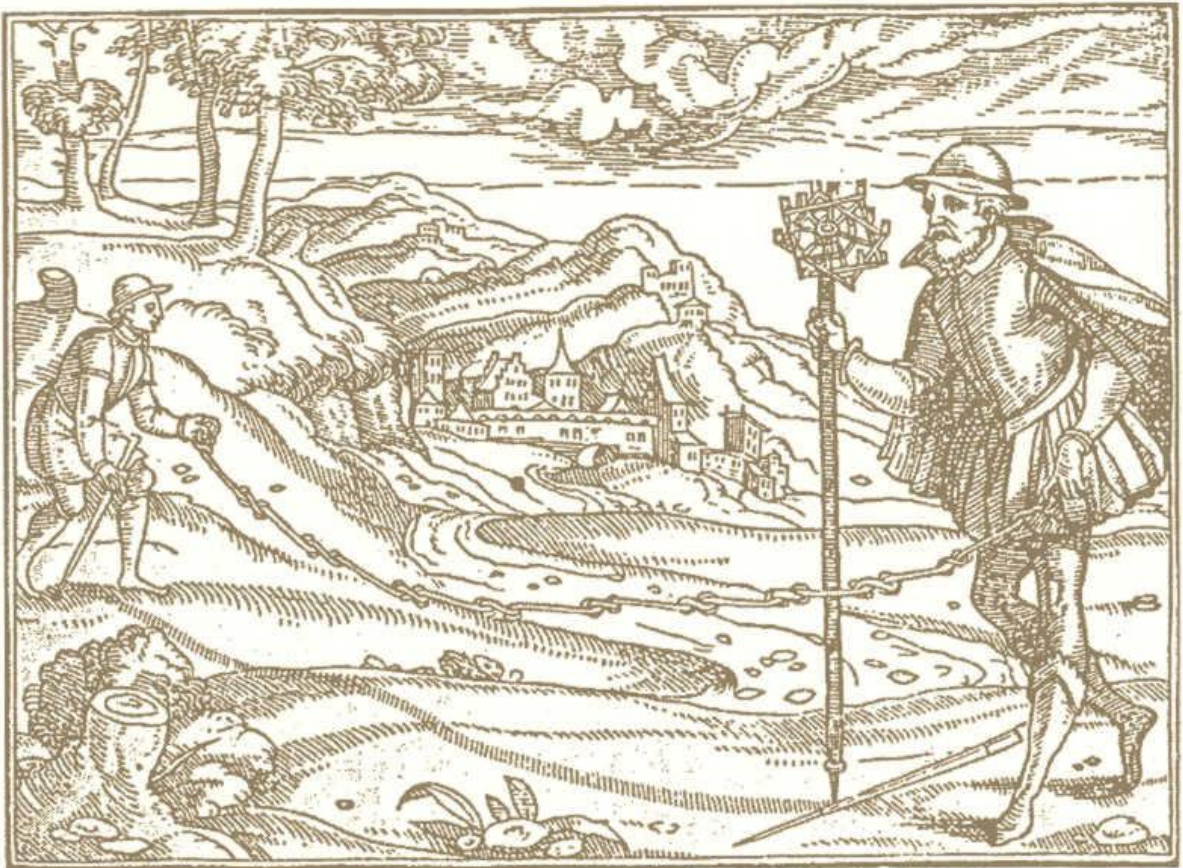


Klaus Schröter

Die Geschichte der Längenmessung und Längenmaße

Heimatkunde-Schwelm.de



Feldvermessung mit Messkette und Winkelkreuz
im 16. Jahrhundert

Umschlag:

Feldvermessung mit Messkette und Winkelkreuz im 16. Jahrhundert, nach Carolus Stephanus und Johannes Liebhaltus, Straßburg 1570.

Klaus Schröter

Die Geschichte der Längenmessung und Längenmaße

Heimatkunde-Schwelm.de

Mein Dank

gilt den zahlreichen Unternehmen und Instituten sowie Personen, die ihr Einverständnis zur Nutzung ihrer Abbildungen für diese Betrachtung gaben. Bei ganz wenigen Ausnahmen war es mir trotz intensiver Nachforschung nicht möglich, die Inhaber der Urheberrechte zu ermitteln. Ich bitte um Nachsicht.

Ganz besonders bedanke ich mich bei Ludwig Wieprecht, Ellerhoop, für seine Mitarbeit als Lektor. Er hat zahlreiche Textstellen bearbeitet und somit zur besseren Verständlichkeit beigetragen.

Klaus Schröter

Schwelm, Dezember 2021

Herausgeber:

Klaus Schröter, Höhenweg 16, 58332 Schwelm
Kontakt: Tel.: 02336-3130, Email: kl_schroeter@web.de

Inhaltsangabe

Vorbemerkung.....	7
1 Einleitung	8
2 Die Anfänge des Messwesens	8
3 Maß und Messen im Altertum.....	10
3.1 Die Nippur-Elle.....	10
3.2 Der Gudea-Fuß.....	11
3.3 Die ägyptische Königselle	12
3.4 Messseil und Messstab.....	14
4 Geschichte des Messwesens in Europa	16
4.1 Das Megalithische Längenmaß.....	16
4.2 Die Himmelscheibe von Nebra	17
5 Maß und messen im deutschsprachigen Raum	19
5.1 Die Feldvermessung	19
5.1.1 Die Feldmessrute	20
5.1.2 Messketten.....	21
5.1.3 Markscheidewesen	23
5.1.4 Geodätische Triangulation	23
5.2 Die Garnhaspel bzw. Garnweife.....	24
6 Gebräuchliche Längenmaße im 18. und 19. Jahrhundert.....	27
6.1 Die Pariser Linie	27
6.2 Der Zoll.....	27
6.3 Der Fuß oder Schuh	27
6.4 Die Elle	27
6.5 Das Klafter	28
6.6 Die Rute	28
6.7 Handmaßstäbe und Klappmaße	29
7 Nautische Längenmaße	31
7.1 Die Seemeile	31
7.2 Der Knoten'	31
7.3 Der Nautische Faden.....	32

8 Wegstreckenmessung	32
8.1 Wegstreckenmessung in der Antike	32
8.2 Historische Wegstreckenmarkierungen	35
8.2.1 Distanzsteine / Meilensteine.....	35
8.2.2 Kos-Minare.....	35
8.2.3 Römische Meilensteine	36
8.2.4 Leugensteine.....	36
8.2.5 Die kursächsischen Distanz- und Postsäulen	37
8.2.6 Stundensteine.....	40
8.2.7 Die Postmeile	42
8.2.8 Myriameter- und Kilometersteine	43
8.2.9 Neue Entfernungszeichen an den Straßen in Deutschland.....	45
9 Alte Längenmaße in der Öffentlichkeit.....	48
10 Reduktionstabellen	50
11 Mètre, ein neues Längenmaß	50
12 Neue Definition des Meters.....	54
13 Verfahren zur präzisen Messung von Längen.....	55
13.1 Direkte Messung (Berührungsmessung)	55
13.1.1 Lehren.....	56
13.1.2 Taktiles Messverfahren	57
13.1.3 Endmaße	59
13.2 Indirekte Messung (berührungslose Messung).....	59
13.2.1 Optische Vermessungen von Werkstücken.....	60
13.2.2 Computertomographische Messungen	61
13.2.3 Entfernungsmessung mit Laserstrahlen	61
13.2.4 Entfernungsmessung mit Funk- und Radiowellen	61

Vorbemerkung

Nur wer misst, hat Erfolg bei der Entwicklung und beim Bau von Maschinen, bei der Konstruktion von Gebäuden, beim Bau von Tunnel, Brücken und Straßen, beim Handel, bei der Geodäsie oder bei der Navigation auf dem Land, in der Luft und auf See, um nur einige Beispiele zu nennen.

Mit dieser Betrachtung möchte ich das Interesse der Leser wecken, die sich diesem Thema etwas näher zuzuwenden wollen. Weiter möchte ich aus dem großen Topf des Wissens zur Geschichte der Längenmaße und -messung nur einige aus meiner Sicht interessante Themen darstellen.

Ich verzichte, auf unzählige Maßgrößen aus verschiedenen Epochen und Kulturregionen einzugehen. Sie sind in der Fachliteratur besser beschrieben und übersichtlicher in Tabellen dargestellt. Wichtiger erscheint es mir, einige Methoden zur Messung von winzigen Abständen bis hin zu großen Strecken zu beschreiben, und warum die Menschen schon seit Urzeiten zur Erkenntnis gelangten, dass eine Standardisierung der Maße - zumindest innerhalb territorial begrenzter Lebensräume - notwendig war.

Überregional geltende Standards waren in der Frühzeit noch nicht erforderlich. Das änderte sich, als die Menschen bereits in der Antike ihren Planeten Erde kennenlernen wollten, die ersten großen naturwissenschaftlichen Entdeckungen gemacht wurden und sich ein weltweiter Handel entwickelte. Ab Beginn der Neuzeit (Anfang 16. Jahrhundert) wurden darum Forderungen nach einheitlichen, standardisierten Maßen immer intensiver.

Ich möchte weiter darstellen, wie es zum Ende des 19. Jahrhunderts gelang, traditionelle, meist auf Unkenntnis und Egoismus beruhende Hindernisse zu überwinden, um einen weltweit einheitlich gültigen Längenstandard - basierend auf einer konstanten Größe - zu definieren, der dann auch recht schnell von den meisten Staaten anerkannt wurde.

Bei dieser Betrachtung habe ich zahlreiche Internetquellen verwendet. Die wichtigsten sind als Fußnoten angegeben. Somit wird dem Leser ermöglicht, die Beiträge auf den entsprechenden Seiten aufzurufen, um weitere Einzelheiten zu den jeweiligen Themen zu erfahren.

1 Einleitung

In prähistorischer Zeit lebten die Menschen von dem, was die Natur ihnen zur Verfügung stellte. Höhlen und einfache Hütten dienten als Unterkunft. Wildtiere und Pflanzen standen als Nahrungsquellen in ausreichender Menge zur Verfügung. Sicherlich hatten die Menschen Vorstellungen von Abständen, Längen und Entfernungen. Sie auch quantitativ zu beschreiben, war ihnen jedoch kaum möglich. Einfache Beschreibungen bestimmter Längen – wie ein Jagdspieß muss vier Armlängen betragen – reichten aus.

Es gab mehrere Gründe dafür, dass die Menschen gezwungen waren, ihre Lebensweise zu ändern und sich vom Jäger und Sammler zum sesshaften Bauern zu entwickeln. Beispielsweise waren die Zunahme der Bevölkerungsdichte in den bevorzugten Jagdgebieten und/oder Änderungen der örtlichen klimatischen Gegebenheiten mögliche Ursachen für dieses epochale Ereignis. Dieser Prozess vollzog sich in der Jungsteinzeit etwa um 12 000 v. Chr. und war die Voraussetzung der kulturellen Entwicklung in Handel, Wissenschaft, Technik und Bauwesen. Messen wurde zur Notwendigkeit¹.

2 Die Anfänge des Messwesens

Die Anfänge des Messwesens sind in den Regionen um Euphrat und Tigris bis nach Indien einerseits und in Ägypten andererseits zu suchen. Das chinesische Messwesen, das etwa zur gleichen Zeit entstand, soll sich hiervon unabhängig entwickelt haben. Darüber herrscht aber unter Historikern noch keine Einigkeit. Hinsichtlich antiker Längenmaße existieren zwei gegensätzliche Theorien. Einige Forscher vertreten die Meinung, dass in der Antike von Region zu Region, ja sogar von Stadt zu Stadt, ähnlich wie später im europäischen Raum, zunächst unzählige unterschiedliche Längenmaße nebeneinander existiert haben, ohne dass sie einen Bezug zueinander hatten. Um einfache Umrechnungen zu ermöglichen, sollen erst später die Systeme in Beziehung gesetzt worden sein. Andere Forscher, die sich ebenfalls mit der historischen Metrologie befassen, vertreten die Meinung, dass alle antiken Längenmaße des gesamten Mittelmeerraumes, des Nahen und Mittleren Ostens und auch in ganz Europas von Beginn an einen Bezug zueinander gehabt haben und sich auf eine Basiseinheit zurückverfolgen lassen. Auf die unterschiedlichen Standpunkte möchte ich hier nicht näher eingehen, da das den Rahmen dieser Betrachtung sprengen würde, und empfehle die Veröffentlichung von Rolf Rottländer „Antike Längenmaße“ 1979².

Ab etwa 10 000 v. Chr. lernten die Menschen zu messen und zu zählen und das Ergebnis in Zeichen darzustellen. Von kleinen Abständen bis zu großen Entfernungen konnten Längen recht einfach mit menschlichen Gliedmaßen beschrieben werden, beispielsweise dass die Tiefe eines Gewässers vier Armlängen be-

¹ Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Neolithische_Revolution

² Rolf C. A. Rottländer: Alte Längenmaße, Braunschweig 1979

trug. Weiter dienten Daumen, Finger, Hand, Fuß, Elle und Schritt als Maßeinheiten für Längen.

Diese Maße hatten natürlich zwei bedeutende Nachteile: Sie waren bei jedem Menschen anders und sie hatten keinen Bezug zueinander. Wie viele Daumen ergaben eine Hand und wie viele Ellen einen Schritt? Die einzelnen Längeneinheiten standen in keinen ganzzahligen oder durch einfache Brüche darstellbaren Verhältnissen zueinander. Sie ließen sich nicht auf Basis eines unveränderbaren Standards reproduzieren. Diese Notwendigkeiten zu schaffen, ergab sich spätestens bei der Abmessung von Landbesitz zur Berechnung der Steuern an die Landesherrschaft und bei der Errichtung größerer Bauwerke.

Betrachten wir Mauerwerke alter Gebäude aus Zeit um 3000 bis 2500 v. Chr., die heute noch als Zeugen der frühen Hochkulturen in Mesopotamien Einblick geben: Gebäude in einer solchen Qualität mit einfachen Lehmziegeln zu errichten, setzte voraus, dass alle Ziegel dieselben Abmessungen hatten, gleichgültig von wem und wo auch immer sie hergestellt wurden.



Reste der Tempelanlage von Nippur, erbaut um etwa 2500 v. Chr.³



Ruine des Tempels von Assur (Nord-Irak), erbaut um etwa 2500 v. Chr., Aufnahme 2008⁴

³ https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Stadtplan_von_Nippur&action=edit

⁴ [https://de.wikipedia.org/wiki/Assur_\(Stadt\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Assur_(Stadt)), Foto: U.S. Army, Crazy Horse Troop, 1st Squadron, 3rd Armored Cavalry Regiment / Die Ruine wurde 2015 vom sogenannten „Islamischen Staat“ (IS) zerstört.

Es fällt bei diesen Beispielen eine bemerkenswert sauber ausgeführte Maurerarbeit auf. Erkennbar ist die einheitliche Form der Ziegel mit konstanten Kantenlängen. Ziegel mit unterschiedlichen Kantenlängen sind nicht geeignet, stabile Mauerwerke zu errichten. Erfahrungen dieser Art dürften zu folgenden Notwendigkeiten geführt haben⁵:

1. eine Längeneinheit für die Zukunft als Längenstandard zu vereinbaren, zu konservieren und sicher aufzubewahren,
2. das Verhältnis von Elle zu Fuß bis hinunter zur Fingerbreite sowie eine einheitliche Unterteilung festzulegen.

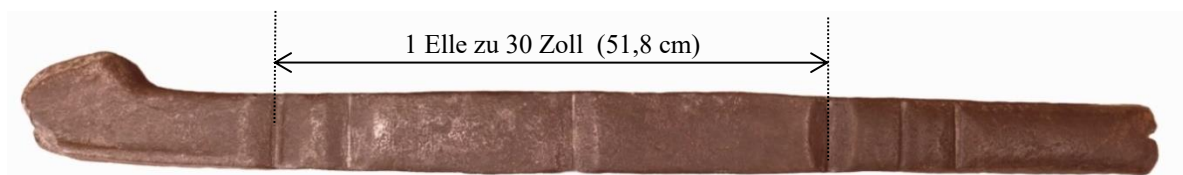
Beide Bauwerke in Aššur und Nippur weisen gleiche Ziegelformen auf, obwohl sie etwa 450 km voneinander entfernt errichtet wurden. Weitere historische Bauten in Mesopotamien bis hin zu Regionen am Indus weisen ebenfalls weitgehend übereinstimmende Ziegelformen auf. Das deutet auf einen sehr frühen, überregional gültigen Längenstandard in diesen Regionen hin.

3 Maß und Messen im Altertum

3.1 Die Nippur-Elle⁶

Im Tempel von Nippur, Mesopotamien, fand man einen Gegenstand aus der Zeit um 2800 v. Chr. Er besteht aus Kupfer und wiegt bei einer Länge von ca. 110 cm etwa 45 kg. Auf der Oberseite sind Strichmarkierungen zu erkennen.

Prof. Dr. Eckhard Unger erkannte Anfangs des 20. Jahrhunderts, dass die Kerben auf dem Messstab Markierungen eines Maßsystems sind. In seinen Publikationen erläutert er, wieso sich aus deren Abständen ein in dreißig Teile unterteiltes Längenmaß von 51,80 cm ergibt. Die Nippur-Elle ist das bis jetzt älteste erhaltene Standardlängenmaß aus dem Altertum.



Die Nippur-Elle⁷

Die Maßeinheit von 51,8 cm für die Elle hatte einen sehr großen Verbreitungsgrad. Am Tempel Uruk-Warka in Mesopotamien, der um ca. 3500 v. Chr. erbaut wurde, an Figurinen und Gefäßen aus der Kykladenkultur um 3200 bis 2700 v. Chr. und an Gebäuden in Mohenjo-Daro am Unterlauf des Indus aus der Zeit um 2600 bis 1800 v. Chr. lässt sich diese Maßeinheit nachweisen.

⁵ Vgl. Rolf C. A. Rottländer, Antike Längenmaße, 1979

⁶ Die Nippur-Elle befindet sich im Archäologischen Museums Istanbul

⁷ Bildnutzung lizenzfrei, Wikimedia-Support-Team" <info-de@wikimedia.org> Julian Neumann



Verbreitungsgebiet der Nippur-Elle

Weiter soll sich diese Längeneinheit in China (um 1000 v. Chr.) und im nordwestlichen Südamerika (um 2500 v. Chr.) nachweisen lassen. Auch in Ägypten soll die Elle zu 51,8 cm bereits aus der Zeit um 3000 v. Chr. – noch vor der Königselle – nachweisbar sein⁸.

3.2 Der Gudea-Fuß⁹

Etwa 650 Jahre, nachdem der kupferne Maßstab aus dem Tempel in Nippur entstand, regierte gegen Ende des 2. Jahrtausends v. Chr. in Lagaš am Persischen Golf der Priesterkönig Gudea. Von ihm existieren zahlreiche Statuen aus Diorit. Einige sind im Louvre ausgestellt.



Gudea-Statuen im Louvre, Paris

⁸ Vgl. diverse Beiträge in: <https://vormetrische-laengeneinheiten.de/>

⁹ <http://vormetrische-laengeneinheiten.de/html/verbreitung.html>



Gudea-Statue mit Bauplan¹⁰
(Hintergrund wegretuschiert)

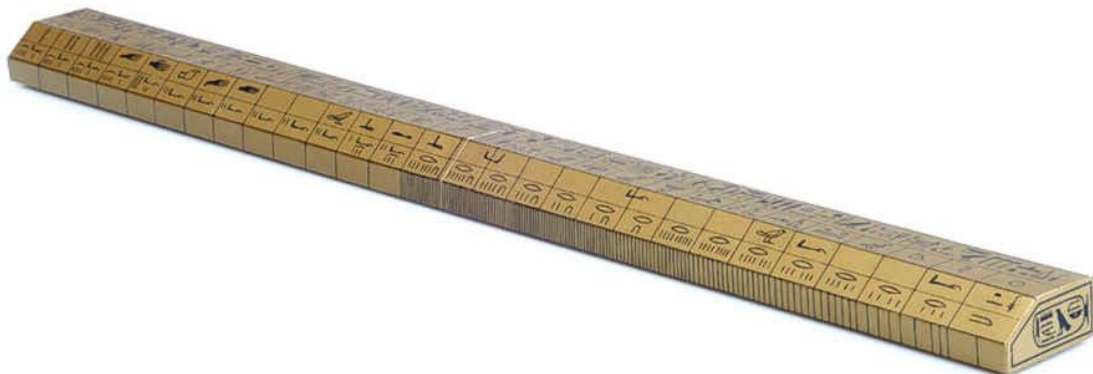
Bei zwei Statuen - sie sind kopflos - hält Gudea einen Bauplan auf den Knien, von dem die Längeneinheit „Gudea-Fuß“ abzuleiten ist. Mit 26,4 cm ist dieses Maß etwa halb so lang wie die Nippur-Elle, ein Hinweis, dass beide Maße in engem Bezug zueinander stehen könnten.



Gudea-Bauplan^{11, 12}

3.3 Die ägyptische Königselle

Die ägyptische Königselle ist fester Bestandteil der rund 5000 Jahre alten ägyptischen Baukultur und gehört damit wie die Nippur-Elle zu den ältesten Urmaßen der Menschheit.



Replikat der ägyptischen Königselle aus der Zeit um 1500 bis 1300 v. Chr.

¹⁰ Urheber: Tangopaso, Abbildung gemeinfrei

¹¹ https://cdli.ox.ac.uk/wiki/doku.php?id=architecte_au_plan/

¹² <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en/> (University of Oxford: Abb. gemeinfrei)

Die Königselle war in sieben Handbreiten unterteilt und ist – wie auch später der römische Fuß – von der Nippur-Elle abgeleitet worden^{13,14}. Eine ägyptische Handbreite (*Scheseb*) beträgt etwa 7,48 cm. Bei sieben Scheseb kommt man auf eine Länge von 52,4 cm und liegt damit sehr nahe bei der Länge der Nippur-Elle mit 51,8 cm.



Die Königselle spielte nicht nur im Bauwesen und bei der Landvermessung, sondern auch in anderen Bereichen des Lebens der Ägypter eine Rolle. Beispielsweise sind auf dem sogenannten Palermostein¹⁵ die Pegelstände des Nils während der jährlichen Überschwemmungen zu finden.

Dieser Stein stammt aus der Zeit um 2500 bis 2350 v. Chr. und erhielt seinen Namen, weil er sich im Archäologischen Regionalmuseum in Palermo befindet.

Der Palermo-Stein¹⁶
im Archäologischen Museum, Palermo



Elle des Mäya¹⁷

Dieser sehr gut erhaltene Messstab wurde im Rahmen der Sonderausstellung „Jenseits des Horizonts“ des Pergamonmuseums, Berlin gezeigt. Er ist unter der Bezeichnung Elle des Mäya bekannt. Mäya war unter dem König Tutanchamun neun Jahre Finanzminister (13. Jh. v. Chr.). Wahrscheinlich war diese hölzerne Elle mit 52,3 cm Länge ein Urnormalmaß.

¹³ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Nippur-Elle>

¹⁴ Vgl. Rolf C. A. Rottländer, *Antike Längenmaße*, 1979

¹⁵ Vgl. <https://mysteriunsolved.com/de/2021/01/palermo-stone.html>

¹⁶ <https://de.wikipedia.org/wiki/Palermostein>, Abbildung: lizenzfrei

¹⁷ <http://www.jenseits-des-horizonts.de/item/084/>, mit freundlicher Genehmigung Pergamonmuseum Berlin

3.4 Messseil und Messstab

In der Antike verwendete man Messseile und Messstäbe für Längenmessungen. Hierzu findet man einen Hinweis auch in der Bibel:

Die Hand des Herrn führte mich in das Land Israel und stellte mich auf einen hohen Berg. Und als er mich dorthin gebracht hatte, siehe, da war ein Mann. Er hatte eine leinene Schnur und eine Messrute in der Hand¹⁸.

Nach Hesekiel (um 570 v. Chr.) war die Messrute 6 Ellen lang zu je 7 Handbreiten (à 7,5 cm). Die Ellenlänge betrug somit 52,5 cm und war doppelt so lang wie der Gudea-Fuß (à 26,4 cm).

Einen weiteren Hinweis liefert der folgende Ausschnitt aus einem rekonstruierten Steinrelief, das in Ur (Irak) gefunden wurde.



König Nammu von Ur erhält einen Messstab, ein Messseil und eine Axt, Steinrelief um 2000 v. Chr.

Dieses Relief zeigt den sumerischen König Ur-Nammu (auch Ur-Namma) aus der Stadt Ur in Mesopotamien. Er regierte von 2112 bis 2095 v. Chr. Das Relief zeigt ihn stehend vor dem Gott Enlil. Dieser überreicht ihm einen Messstab, ein Messseil und eine Axt mit der Aufforderung, mit dem Bau eines neuen Tempels zu beginnen. Dass sich Messseil und Messstab in der Hand Enlils befinden, sollte wohl symbolisieren, dass sich diese als Standardmaße in der Hand der höchsten Obrigkeit befinden. Mir erscheint diese Interpretation der Darstellung einleuchtender gegenüber anderen.

¹⁸ Hesekiel 40, Verse 2 und 3, (Die Übersetzung Martin Luthers ist hier nicht wörtlich wiedergegeben)

Landvermessung im antiken Ägypten



Die Nilschwemme bei den Pyramiden von Gizeh¹⁹
Foto aus dem späten 19. Jahrhundert

Bei den sich jährlich wiederholenden Überschwemmungen des Nils wurden die Grenzmarkierungen zerstört, sodass die Felder neu eingemessen werden mussten. Das geschah unter staatlicher Aufsicht, da u. a. die Größe der Felder die Basis für die Erhebung der Grundsteuer war.



Landvermessung in Ägypten mit Messeil²⁰
Wandbild aus der Querhalle im Grab des Menna aus der Zeit um 1420 v. Chr.

Die Abbildung zeigt eine staatlich kontrollierte Landvermessung im Niltal. Dazu dienten Messeile und Messstäbe. Eine ähnliche Szene zeigt ein Fragment eines etwa 5000 Jahre alten ägyptischen Steinreliefs im Neuen Museum in Berlin.

¹⁹ Aus Harald Meller und Kai Michel, Griff nach den Sternen, Berlin 2021, Bildnutzung genehmigt: Frau Konstanze Geppert

²⁰ Werner Robl, Die Landvermessung im alten Ägypten, Berching 2019 / Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung Werner Robl



Landvermessung in Ägypten mit Messseil, Steinrelief aus der Zeit um 3000 v. Chr.²¹

4 Geschichte des Messwesens in Europa

4.1 Das Megalithische Längenmaß

Das Megalithische Längenmaß²², ist eines der ältesten Maße in Europa. Der schottische Hobbyarchäologe Alexander Thom erforschte Mitte des 20. Jahrhunderts etwa 300 megalithische Steinsetzungen in England, Schottland und in der Bretagne. Thom geht davon aus, dass diese Bauwerke in der Jungsteinzeit um 2000 bis 1600 v. Chr. errichtet wurden. Die wohl bekannteste Steinsetzung ist Stonehenge in Südengland.



Stonehenge in Südengland²³

Thom will erkannt haben, dass fast bei allen Steinsetzungen ein Basismaß von 82,9 cm nachweisbar ist. Er nannte dieses Maß das Megalithische Yard (MY). Später wurden von anderen Archäologen weitere Steinsetzungen vermessen, wie in der Tucheler Heide in Westpreußen, auf der Iberischen Halbinsel oder in Palästina. Auch hier meinte man, das MY als Basismaß festgestellt zu haben.

²¹ Neues Museum Berlin / Nutzung der Abbildung genehmigt, Frau Jana Helmbold-Doyé, SMB

²² https://de.wikipedia.org/wiki/Megalithisches_Yard

²³ <https://www.gettyimages.de/search/2/image?phrase=stonehedge+england/> Bild: Grant Faint

Von einigen Wissenschaftlern wird vermutet, das Megalithische Yard könnte vom Erdumfang abgeleitet sein. Zum Beweis führt man eine merkwürdige Rechnung durch:

Der uns bekannte Erdumfang von etwa 40 074 km wird durch 360 geteilt, man erhält 111,3 km. Teilt man diese Strecke ein zweites Mal durch 360, erhält man 0,3092 km. Nun wird dieses Ergebnis zum dritten Mal durch 360 geteilt. Das Ergebnis ist 85,9 cm und entspricht annähernd der Länge des MY von 83,2 cm.

Wenn es einen Bezug des MY zum Erdumfang geben sollte, so stellen sich folgende Fragen: Wussten die Menschen bereits vor etwa 5000 Jahren, dass die Erde eine Kugel ist und konnten sie bereits aus dem Sonnenstand den Umfang berechnen, wie es um 240 v. Chr. erstmalig dem griechischen Gelehrten Eratosthenes gelang?

4.2 Die Himmelscheibe von Nebra

Am 4. Juli 1999 fanden Raubgräber auf dem Mittelberg nahe der Stadt Nebra in Sachsen-Anhalt eine kreisrunde Bronzeplatte mit diversen Goldapplikationen. Aufgrund der Himmelsdarstellungen bekam dieser Fund den Namen „Himmelscheibe von Nebra“. Die Scheibe gehört seit dem Jahre 2002 zum Bestand des Landesmuseums für Frühgeschichte Sachsen-Anhalt in Halle.

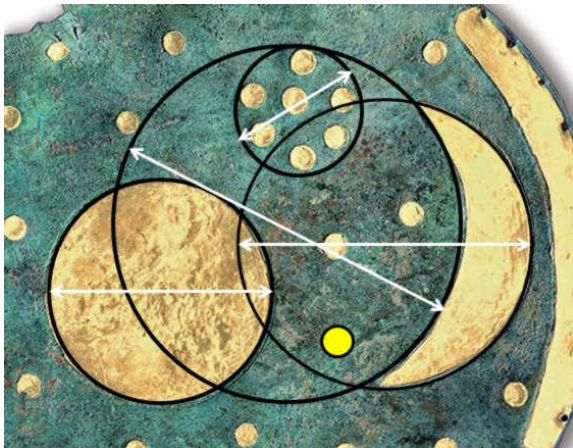


Himmelscheibe von Nebra²⁴

Es sind zahlreiche Versuche unternommen worden, die bildlichen Darstellungen auf der aus der Zeit um 2000 v. Chr. stammenden Himmelscheibe zu interpretieren.

Genau wie Alexander Thom versuchte, in megalithischen Steinsetzungen ein „Urmaß“ zu finden, beschäftigten sich zahlreiche Forscher mit der Himmelscheibe, um aus dem Umfang und aus den Abmessungen der bildlichen Darstellungen ebenfalls eine Maßeinheit herauszulesen.

²⁴ Aus Harald Meller und Kai Michel, Griff nach den Sternen, Berlin 2021, Bildnutzung genehmigt: Frau Konstanze Geppert

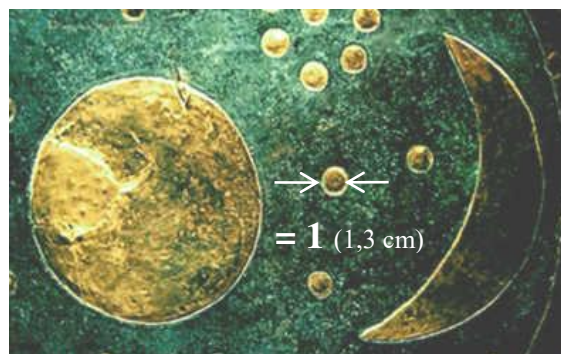


Man stellte fest, dass die Durchmesser der Scheibe, der Sonnendarstellung und der Plejaden wie auch die der Kreise, die sich aus der Form des Mondes konstruieren lassen, in annähernd ganzzahligen Verhältnissen zueinander stehen und mit dem kleinsten Nenner (ca. 26 cm) eine Maßeinheit darstellen könnten²⁵.

Durchmesser Scheibe	310,6 mm	12 x 25,9 mm
Durchmesser großer Mondkreis	156,9 mm	6 x 26,2 mm
Durchmesser kleiner Mondkreis	125,5 mm	5 x 25,1 mm
Durchmesser Sonne	98,8 mm	4 x 24,9 mm
Durchmesser Plejaden	52,0 mm	2 x 26,0 mm

In anderen Expertenkreisen wird diskutiert, ob zwischen den Abmessungen auf der Himmelsscheibe und dem Megalithischen Yard ein Zusammenhang besteht. Man kam zu folgendem Resultat:

Die kleinste Maßeinheit auf der Scheibe wurde mit „1“ bezeichnet und beträgt etwa 1,3 cm. Es handelt sich um den durchschnittlichen Durchmesser der Goldpunkte. Einige Verbindungslinien auf der Scheibe sollen ganzzahlige Vielfache dieser kleinsten Einheit sein. Bemerkenswert ist, dass der Wert 1,3 mit der Maßeinheit 26 cm korrespondiert, deren Herkunft Heiko Breuer oben dargestellt hat.



Nach Aneinanderreihung von 64 Maßeinheiten von 1,3 cm kommt man auf eine Länge von 83,2 cm. Man will hier einen Zusammenhang mit dem Megalithischen Yard erkennen, das eine Länge von ca. 82,9 cm hat.

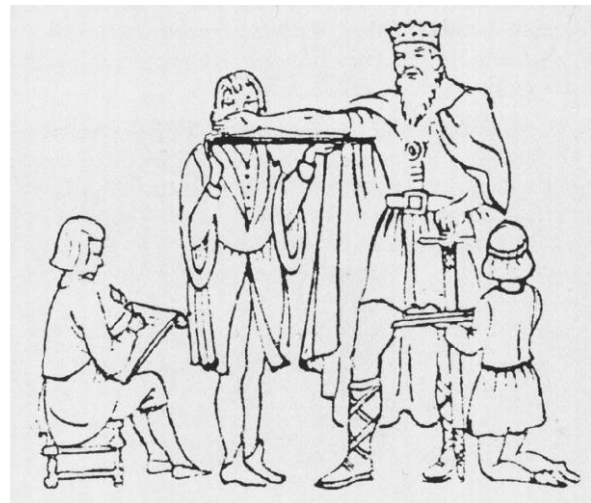
Zufall, Wahrheit oder Spekulationen? Man streitet sich.

²⁵ Heiko Breuer: Untersuchung der Maßverhältnisse der Himmelsscheibe von Nebra (Tagungsvortrag); in: Harald Meller, François Bertemes (Hr.); Der Griff nach den Sternen, Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte, Halle, Bd. 5/1 2010, S. 91

5 Maß und messen im deutschsprachigen Raum

Die Ursprünge des europäischen Messwesens sind nach heutigen Erkenntnissen in Babylonien, Ägypten und Indien zu finden. Durch den aufblühenden Handel im östlichen Mittelmeerraum gelangte das Messwesen über Griechenland und Rom in die Gebiete nördlich der Alpen. Zunächst galten in den von Rom besetzten nordeuropäischen Gebieten einheitlich römische Maße sowie römische Messtechniken. Lange Zeit war der römische Fuß mit etwa 29,6 cm das einheitliche Längenmaß in diesen Gebieten. Durch den späteren Zerfall des Weströmischen Reiches, die Völkerwanderung und die damit verbundenen germanischen Reichsgründungen entstanden territorial unterschiedliche Maße. Daraus ergibt sich die Frage: Wie hat sich danach das Maßsystem in unserem deutschsprachigen Raum dargestellt?

Zahlreiche Darstellungen wie z. B. diese hier aus dem Mittelalter mit dem Titel „Festlegung der Königselle“ führen heute oft zu der Annahme, dass Maße von der Obrigkeit willkürlich festgelegt wurden. Diese verbreitete Meinung entspricht nicht der Realität. Bezeichnungen und Größen von Maßen entwickelten sich viel mehr – regional zwar unterschiedlich – aus handwerklichen und kaufmännischen Traditionen.



Weltliche und kirchliche Obrigkeiten hatten im Mittelalter nur die Aufgabe, über die Maß- und Gewichtsstandards zu wachen. Im Spätmittelalter und danach verschafften sich nicht nur in Deutschland Zünfte unterschiedlichster Berufsgruppen und Großkaufleute Vorteile, indem sie das aus alten Traditionen sich entwickelte regionale Maß- und Gewichtssystem zu ihren Gunsten abänderten. Man war nicht bereit, ein einheitliches, überregionales System einzuführen. Es mussten mehrere Jahrhunderte vergehen, bis es geschaffen und weltweit eingeführt wurde. Dazu später.

Maßbezeichnungen wie Daumen, Handbreite, Fuß, Elle, Schritt, Rute usw. waren auch im deutschsprachigen Raum üblich, aber regional unterschiedlich definiert.

5.1 Die Feldvermessung

Zur exakten Feld- oder Landvermessung wurden verschiedene Methoden angewandt, beispielsweise wurden von der Antike bis ins späte Mittelalter Messstäbe bzw. -latten und Messeile und ab dem späten Mittelalter Messketten angewendet.

5.1.1 Die Feldmessrute

Die mittelalterliche Feldmessrute war sowohl ein Messinstrument als auch eine Längeneinheit, die landesweit sehr unterschiedlich sein konnte. Selbst innerhalb eines Herrschergebietes war die Feldmessrute nicht überall gleich lang.

Die Grundlage zur Berechnung der jährlichen Zinsen in Form von Naturalien an den Landesherrn war u. a. von der Größe der Ackerflächen – in Quadratruten – abhängig. In den Pachtverträgen waren die abzugebenden Getreidemengen in Kornmaßen (Scheffel) pro Quadratrute festgeschrieben. Damit es hierbei gerecht zugeht und die Bauern, die nur weniger fruchtbare Böden beackern konnten, nicht zu sehr benachteiligt waren, wurde die Feldmessrute hier etwas verlängert. Dadurch verringerte sich die Anzahl der Quadratruten.

In anderen Regionen verringerte man einfach die Inhalte der Kornmaße und erreichte mit dieser Methode das gleiche Ziel.

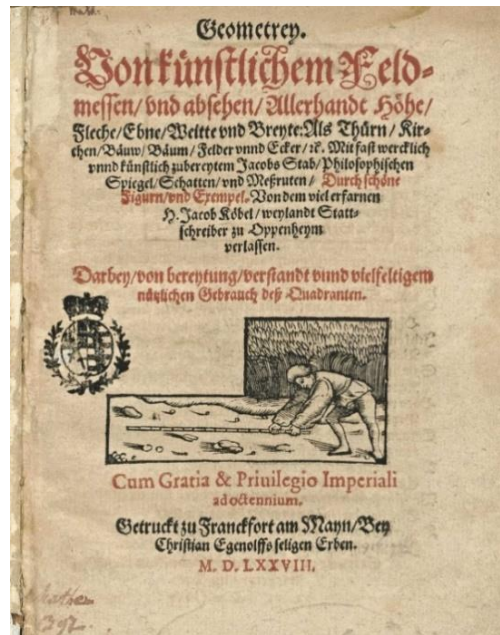
Im Laufe der Zeit führten solche Verordnungen zu Unsicherheiten in der Bevölkerung, sodass es Bestrebungen gab, die unterschiedlichen Feldmessruten einem gemeinsamen Standard zu opfern.

Auf der Suche nach einem Standard wurden die seltsamsten Vorschläge gemacht, beispielsweise dieser Vorschlag von Jacob Körbel im Jahre 1578.



»Man nehme sechszehn Mann, ob klein oder groß, wie sie nacheinander aus der Kirche gehen, ein jeder soll vor dem anderen einen Schuh stellen, das ist die Feldmeßruthe«

Ein frühes Standardwerk über das Feldmessen verfasste 1578 Jacob Köbel mit dem Titel „Von Künstlichem Feldmessen“. Dieses Werk dokumentiert, auf welchem hohem Niveau zur damaligen Zeit die Feldvermessung stand. Die wichtigsten Hilfsmittel waren Messlatten und Messketten. Mit Messlatten konnte man sehr genaue Messungen vornehmen. Ihr Nachteil war die Unhandlichkeit. Es handelte sich immerhin um einen etwa fünf Meter langen Gegenstand. Feldmessketten waren dagegen wesentlich handlicher. Sie wurden Ende der 1960er Jahre beispielsweise noch von der Bundeswehr verwendet²⁶. Sie wurden von stählernen Maßbändern abgelöst.



Joseph Körbel, 1578
Von Künstlichem Feldmessen

5.1.2 Messketten

Eine (historische) Messkette bestand aus einzelnen Gliedern aus Stahldraht und hatte eine Länge von 10 Klaftern (etwa 18 m). Die Kette wurde im Gelände vom ersten Messpunkt in Richtung zum zweiten Messpunkt gespannt und die Enden jeweils mit einem „Messnagel“ („Zählnadel“) markiert. Die Messnägel befanden sich auf einem Bund. Durch Abzählen der benutzten und in einem zweiten Bund wieder eingesammelten Messnägel wurde die Gesamtlänge einer Strecke ermittelt.



Feldvermesser mit Messlatte zu 16 Fuß²⁷

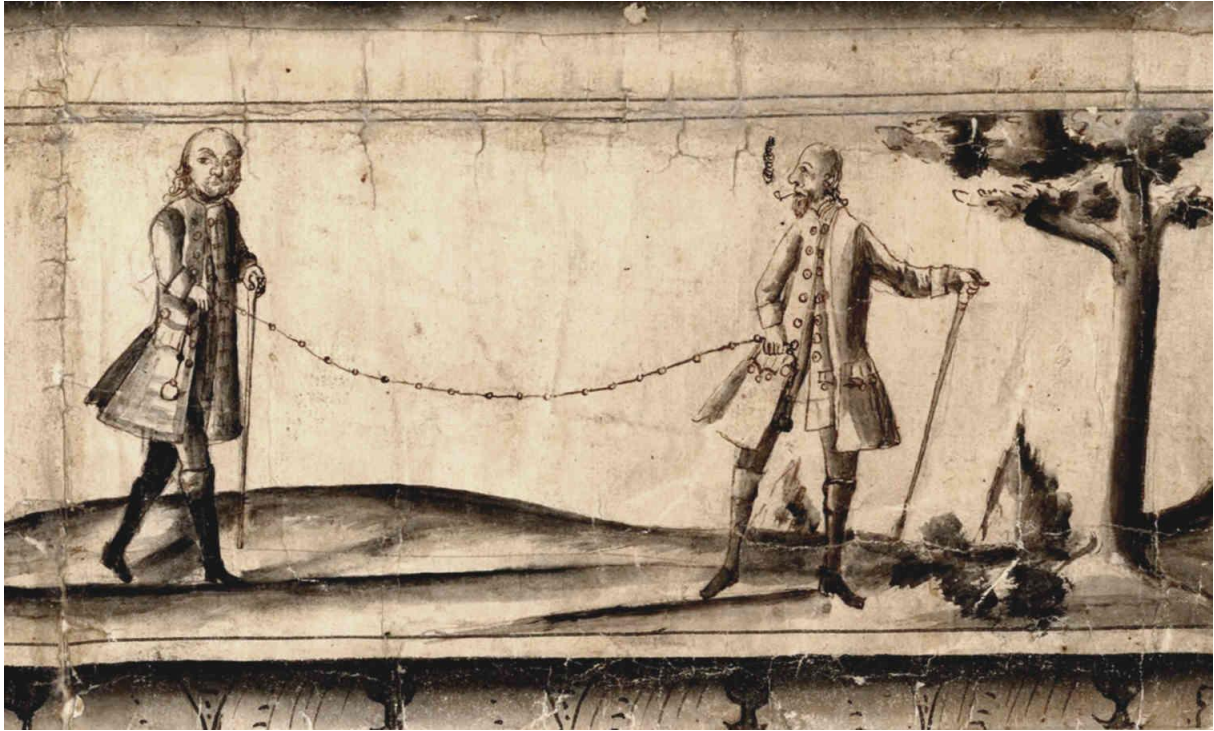


Feldvermesser mit Messkette²⁸

²⁶ Aussage von Ludwig Wieprecht, Ellerhoop

²⁷ Joseph Körbel, Von Künstlichem Feldmessen, 1578

²⁸ Carolus Stephanus und Johannes Liebhaltung, Messkette und Winkelkreuz, Straßburg 1570



Landvermesser in Schweden mit Messkette²⁹, Anfang 18. Jahrhundert

Die Feldmesser waren verpflichtet, ihre Messketten sorgfältig zu pflegen und ihre Länge in bestimmten Zeitabständen mit dem Standardmaß zu vergleichen. Die Prüfungen mussten beispielsweise in Preußen alle vierzehn Tage erfolgen. In dem Edikt von 1774 heißt es:

... daß hiernächst jeder Feldmesser ... seine Messkette alle 14 Tage, auch öfter, wenn es die Interessenten verlangen, mit dem Probe-Maaß zu vergleichen ...

Unter dem Probemaß ist ein vom Oberbaudepartement zu Berlin gestempeltes handliches Standardmaß mit einer Länge von fünf Fuß (etwa 1,5 Meter) zu verstehen, was jeder Landvermesser, wenn er mit Messketten arbeitete, bei sich zu führen hatte.



Messkette aus Stahldraht um 1900

²⁹ <https://jonkopingslansmuseum.se/bloggportal/arkeologi/mellan-skiftena/>

5.1.3 Markscheidewesen

Das Markscheidewesen ist ein Spezialgebiet des Feldmessens und betrifft die Vermessung im Bergbau. Der Begriff „Markscheide“ leitet sich ab von den alt-deutschen Wörtern „Mark“ für Grenze und „scheiden“ für trennen.



Markscheider-Messkette aus Messing

Markscheider verwendeten bis Ende des 19. Jahrhunderts spezielle Messketten, die sogenannten Lachterketten. Verwendet wurden sie über Tage bei einer Mutung, der Abgrenzung einer Schürfstelle, und unter Tage bei Vermessungsarbeiten in den Stollen. Bei Vermessungen unter Tage durften wegen einer möglichen Funkenbildung keine Messketten aus Stahl sondern nur solche aus Messing verwendet werden.

Die heute gebräuchlichen Verfahren zur Landvermessung mit modernen Geräten werden im Kapitel 13.2.3. betrachtet.

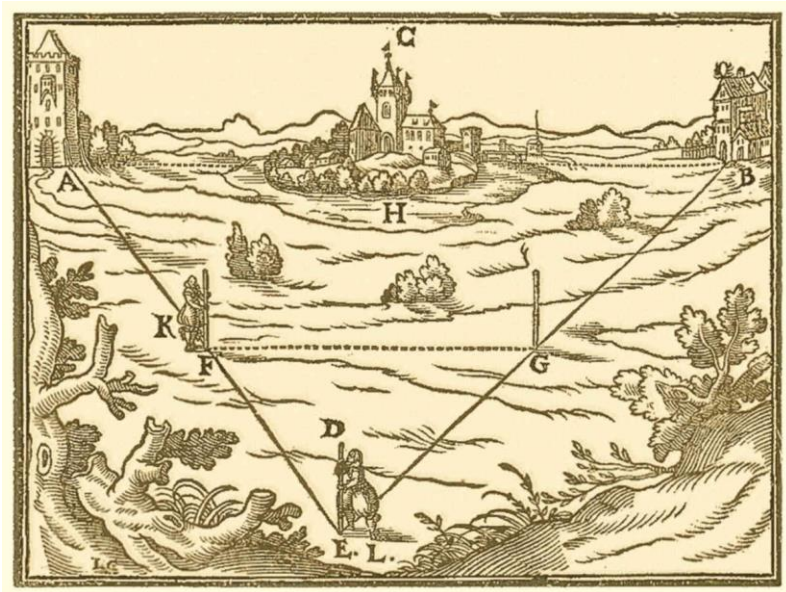
5.1.4 Geodätische Triangulation³⁰

Um bei der Landesvermessung lange Strecken von mehreren Kilometern zu ermitteln, bedient man sich der geodätischen Triangulation – einem Messverfahren, mit dem man sich bereits in der Antike beschäftigt hat. Erste Erwähnungen zu den Grundlagen der Triangulation finden sich bereits im 6. Jh. v. Chr. in Griechenland. Dem griechischen Mathematiker Thales von Milet gelang es unter Anwendung des Strahlensatzes³¹ exakte Vermessungen durchzuführen. Ab etwa dem 16. Jahrhundert wurden diese Erkenntnisse in Europa wieder aufgegriffen und bei der Landvermessung angewendet.

Wenn eine Aufgabe darin besteht, die Entfernung zweier Orte voneinander zu ermitteln, die direkte Messung wegen eines Gewässers oder unwegsamen Geländes nicht möglich ist, kommt man durch Triangulation zum Ziel.

³⁰ Vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Triangulation_\(Geodäsie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Triangulation_(Geodäsie))

³¹ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Strahlensatz>

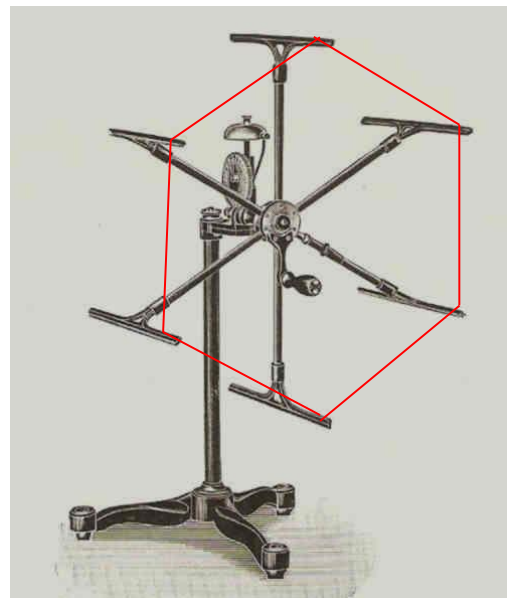


Vermessung eines Geländes mit Hilfe der Triangulation
Historische Darstellung aus dem Jahre 1667³²

Die Triangulation hat bis heute nicht an Bedeutung verloren. Sie ist nach wie vor die Grundlage der Landvermessung, obwohl satellitengestützte Systeme und elektronische Distanzmessgeräte in der Zwischenzeit bei der Geodäsie einen festen Platz erobert haben (siehe Kapitel 13.2.3.).

5.2 Die Garnhaspel bzw. Garnweife³³

Die für den Garnhandel zugrundeliegende Maßeinheit war der Drehkranzumfang einer Haspel. Damit war die Länge des sogenannten „Fadens“ als Basiseinheit für Garnmengen festgelegt. Die Handelseinheit für Garn war ein „Gebind“. Es bestand aus 50 Fäden. Da die Garnhaspeln in den verschiedenen preußischen Regionen gemäß den jeweils gültigen Ellenmaßen unterschiedliche Umfänge aufwiesen, musste z. B. bei der Erhebung der Steuern umständlich umgerechnet werden. Die Vielfalt an unterschiedlichen Längenmaßen erschwerte zunehmend vor allem den nationalen Handel mit Garnen, Bändern und Tuchen.



Sechsamige Garnhaspel (Garnweife)
mit Zählwerk und Glocke

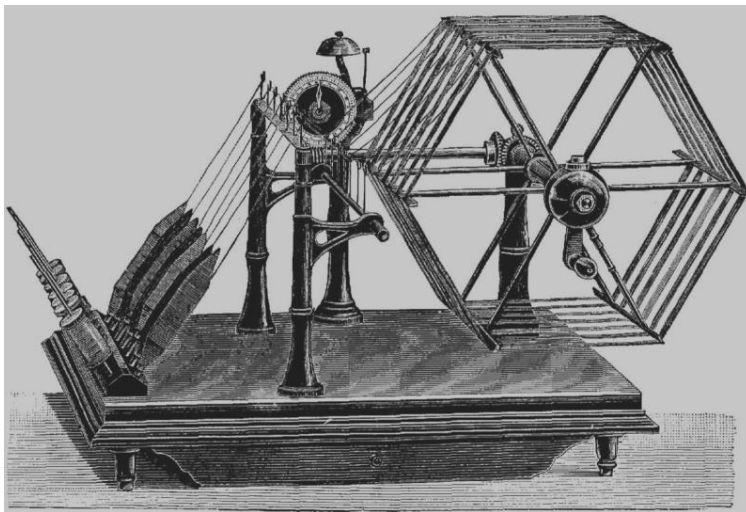
³² Quelle: Deutsche Fotothek, Frau Petra Dolle: Bildnutzung lizenzfrei

³³ Vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Faden_\(Garnmaß\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Faden_(Garnmaß))

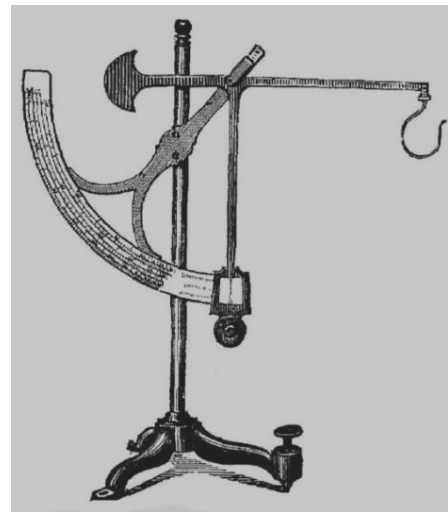
Darum setzte beispielsweise die preußische Regierung mit der Verordnung vom 6. September 1775 – u. a. in den Gebieten westlich der Weser – den Haspelumfang mit zwei Berliner Ellen³⁴ fest und verbot damit den Gebrauch aller anderen Längenmaße.

Diese zunächst sinnvoll erscheinende Maßnahme stieß mancherorts auf heftigen Widerstand, so auch in Schwelm, wo Textilindustrie heimisch war. Man befürchtete größere Verluste beim Handel mit Garnen, Bändern und Tuchen, wenn die wichtigen Kölner und Brabanter Ellenmaße abgeschafft würden und nur noch die Berliner Elle gültig sein sollte. Die Kölner und Brabanter Ellen waren die Maße, auf deren Basis man seit ewigen Zeiten mit den ausländischen Handelspartnern Geschäfte machte. Die wichtigen Handelspartner saßen sowohl in der Nähe im bergischen Ausland und in Köln, aber auch fernab in Lüttich, Brüssel, Brügge und Antwerpen, wo nur Brabanter und Kölner Maße gültig waren³⁵. Dieses Beispiel zeigt, wie kompliziert es war, ohne überregionale Längenstandards Vereinfachungen einfach per Verordnung durchzusetzen. Das Problem löste sich im 19. Jahrhundert, als der Meter in den meisten europäischen Ländern als Längenmaß eingeführt wurde. Die alten Ellenmaße verloren dadurch allmählich an Bedeutung.

Beim Handel ist die Garnhaspel oder Garnweife nach wie vor das Standardgerät zur Abmessung einer bestimmten Garnmenge.



Garnweife

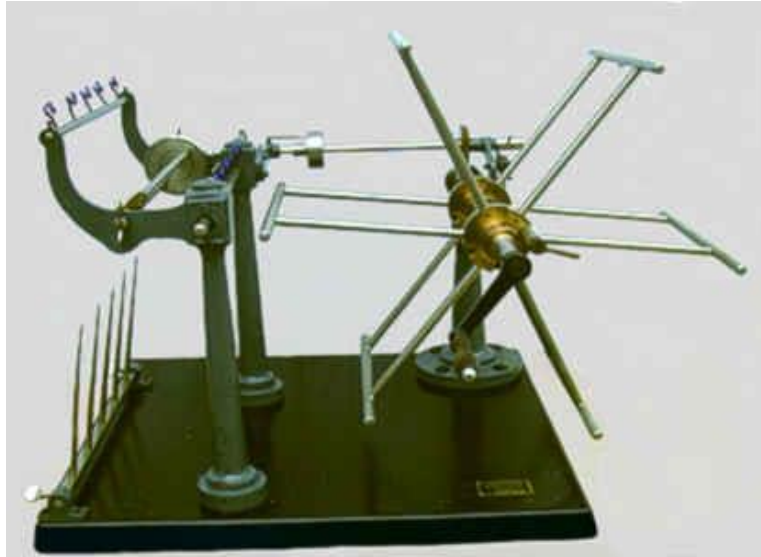


Garnwaage

Weiter kann auch heute noch auf solche Geräte bei Produktionsüberwachungen und Eingangskontrollen nicht verzichtet werden. Hierbei wird eine bestimmte Anzahl von Fäden abgewickelt und mit einer Garnwaage gewogen.

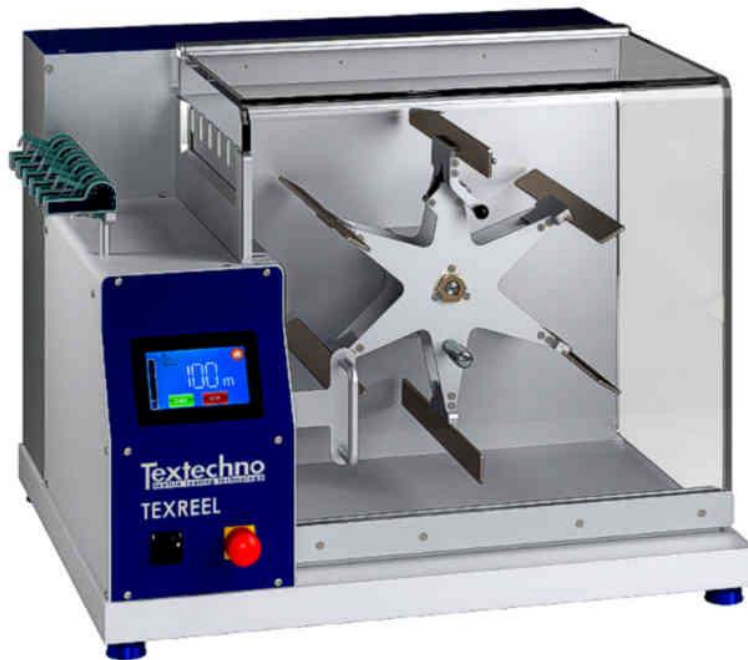
³⁴ Berliner Elle: 0,67 m, Kölner Elle: 0,58 m, Brabanter Elle: 0,69 m. Die Kölner Elle wurde in der Grafschaft Mark und im Herzogtum Berg für die Vermessung von Leinwand verwendet. Andere Tuche und Laken wurden in der Grafschaft Mark mit der Berliner Elle, im Herzogtum Berg mit der Brabanter Elle vermessen.

³⁵ Stadtarchiv Schwelm, Akte 2035 a / Mit freundlicher Genehmigung.



Handbetriebene Garnweife³⁶

Diese handbetriebene Garnweife wurde in Frankreich von der Fa. Stutz & Co, Lille, gebaut. Sie stammt aus der Zeit um etwa 1920. Sie befindet sich als Leihgabe des Pfunds-Museums, Kleinsassen, im Museum für Frühindustrialisierung in Wuppertal.



Moderne Garnweife³⁷

³⁶ Foto Klaus Schröter, 2014

³⁷ <https://www.textechno.com/product/weife/?lang=de> / Bildnutzung genehmigt, Herr Hardelauf

6 Gebräuchliche Längenmaße im 18. und 19. Jahrhundert

Machen wir nun einen Sprung ins 18. und 19. Jahrhundert und betrachten die in dieser Zeit wichtigsten Längenmaße aus vormetrischer Zeit. Ich möchte hier nicht zu sehr auf Einzelheiten eingehen und verweise auf die entsprechenden Fußnoten.

6.1 Die Pariser Linie³⁸

Die Pariser Linie ist ein altes Längenmaß, das bis ins 19. Jahrhundert europaweit als Referenzeinheit in der Wissenschaft z. B. von Newton und in der historischen Metrologie verwendet wurde. Eine Pariser Linie entspricht $\frac{1}{12}$ Zoll bzw. $\frac{1}{144}$ französischen Fuß. Die Länge des Meters wurde 1799 gesetzlich mit 443,296 Pariser Linien festgelegt.

6.2 Der Zoll³⁹

Der Zoll beruhte ursprünglich auf der Breite eines Daumens. Er hatte regional unterschiedliche Längen zwischen 2,3 cm und 3,8 cm. Das heutige britische Zollmaß wurde mit 2,54 cm an das metrische System gebunden.

6.3 Der Fuß oder Schuh⁴⁰

12 Zoll ergaben einen Fuß. Somit war auch der Fuß regional unterschiedlich lang (zwischen 28 und 46 cm).

Das einzige heute noch übliche Fußmaß, der englische Fuß, beträgt 30,48 cm (12 Zoll). Obwohl es sich nicht um eine SI-Einheit handelt, wird die Einheit Fuß auch international noch häufig verwendet, vor allem in der See- und Luftfahrt.

6.4 Die Elle⁴¹

2 Fuß bzw. 24 Zoll ergaben eine Elle. Wegen der unterschiedlichen Größen des Zollmaßes ergaben sich auch für die Elle regional unterschiedliche Größen. Die Unterschiede konnten erheblich sein. Beispielweise waren die Dresdener Elle etwa 56,7 cm und die Bayerische Elle etwa 83,3 cm lang.

³⁸ Weitere Informationen: [https://de.wikipedia.org/wiki/Linie_\(Einheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Linie_(Einheit))

³⁹ Weitere Informationen: [https://de.wikipedia.org/wiki/Zoll_\(Einheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Zoll_(Einheit))

⁴⁰ Weitere Informationen: [https://de.wikipedia.org/wiki/Fuß_\(Einheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Fuß_(Einheit))

⁴¹ Weitere Informationen: [https://de.wikipedia.org/wiki/Elle_\(Einheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Elle_(Einheit))

Die Elle war das wichtigste Maß im Textilgewerbe (Garne, Tuche). Der Schneider benötigte für den Kauf von Tuchen die Elle. Bis heute hat die Bezeichnung Schneiderelle im Sprachgebrauch überlebt.

6.5 Das Klafter⁴²

Als Längenmaß geht das Klafter auf die Spanne zwischen den ausgestreckten Armen eines erwachsenen Mannes zurück und wurde traditionell mit 6 Fuß bzw. 3 Ellen definiert, entsprach also etwa 1,80 m.

6.6 Die Rute⁴³

Mit Rute bezeichnete man gleichzeitig sowohl eine Längeneinheit als auch eine Art Messlatte zur Längenmessung. Als Flächenmaß war die Quadratrute weit verbreitet. Verschiedene Länder und Berufszweige benutzten unter dem Begriff „Rute“ etwa 20 unterschiedliche Längenmaße zwischen 3 und 9 Metern, überwiegend aber von 3,6 bis 5 Meter oder 1½ bis 3 Klafter. Sie waren (mit zwei Ausnahmen) ganzzahlige Vielfache der allgemein verbreiteten Einheit Fuß (ca. 30 cm).

Die Vielfalt der Längenmaße war für die einfache Bevölkerung nicht leicht zu durchschauen. Wilhelm Busch machte mit einer Zeichnung auf die Schwierigkeiten aufmerksam, die beim Unterrichten der Kinder in der Schule auftraten.



Zeichnung und Text von Wilhelm Busch

Klafter, Elle, Fuß und Zoll

*Ach, was mussten sich die Blagen⁴⁴
früher in der Schule plagen!*

*Klafter, Fuß und Zoll, oh Graus,
der Lehrer holt die Elle raus.*

*Konnt' jemand das nicht unterscheiden,
die Elle musste er erleiden.*

*Heute ist uns all das fremd,
fast niemand mehr die Elle kennt.*

⁴² Weitere Informationen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Klafter>

⁴³ Weitere Informationen: [https://de.wikipedia.org/wiki/Rute_\(Einheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Rute_(Einheit))

⁴⁴ Rheinische Bezeichnungen für Kinder

6.7 Handmaßstäbe und Klappmaße



Diese vier besonders schönen antiken Handmaßstäbe werden im Mathematisch-Physikalischen Salon der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden gezeigt.

1 Kalibriermaßstab, Ende 16. Jh.

2 Kalibriermaßstab, 1601

3 Handmaßstab, um 1550

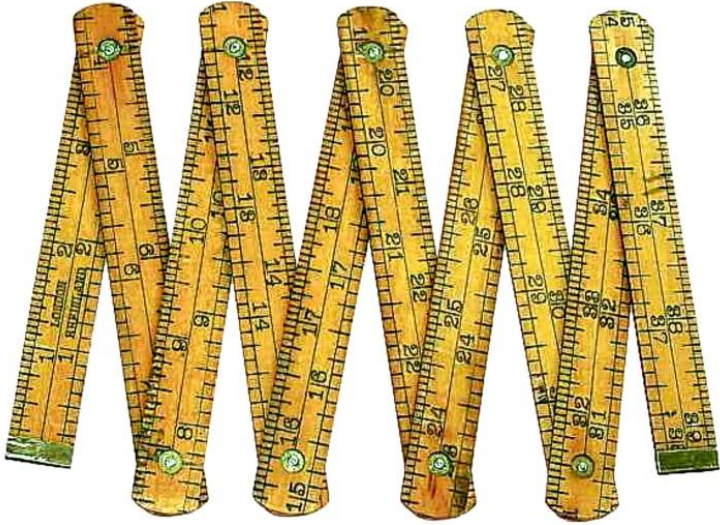
4 Handmaßstab, um 1580

Die Ausführung dieser Handmaßstäbe zeugt von hochwertiger Handwerkskunst, die sehr oft auch an Waagen, Normalgewichten und -maßen in dieser Zeit anzutreffen ist. Die besonders aufwändigen Ausführungen zeugen von der Bedeutung solcher Gegenstände.

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts setzten sich immer mehr die wesentlich preiswerteren und einfacher zu handhabenden Gliedermaßstäbe durch.



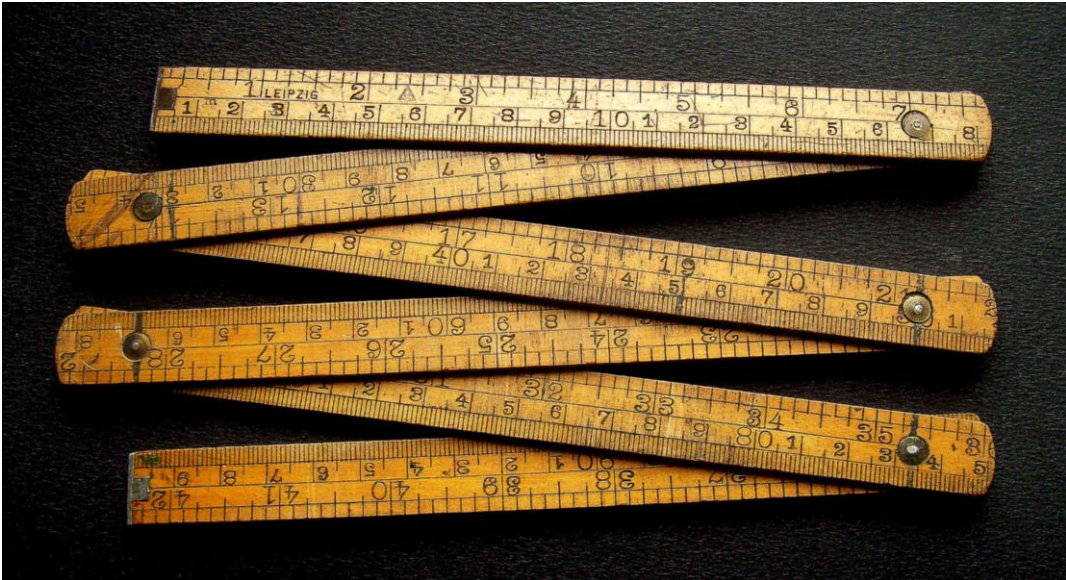
Zweigliedriges Klappmaß zu eineinhalb bayerischen Fuß (19. Jahrhundert)
Sammlung Klaus Schröter



Dieses zehngliedrige Klappmaß aus dem 19. Jahrhundert hat zwei verschiedene nichtmetrische Maßeinteilungen, eine englische in Inch und eine preußische in Zoll.

Sammlung Klaus Schröter

Direkt nach der Einführung des metrisch-dezimalen Maß- und Gewichtssystems waren Maßstäbe sehr beliebt, auf denen neben dem Meter auch noch die seit alters her gebräuchlichen Einheiten vorhanden waren.



Klappmaßstab für Meter und sächsischen Zoll

Sammlung Klaus Schröter

7 Nautische Längenmaße

7.1 Die Seemeile⁴⁵

Die Grundeinheit dieses Maßsystems ist die Seemeile (auch: nautische Meile). Sie ist in der Luft- und Schifffahrt die gebräuchliche Maßeinheit der Länge. Die Seemeile wurde 1992 international auf 1852 m festgelegt. Wie errechnet sich eine Seemeile?

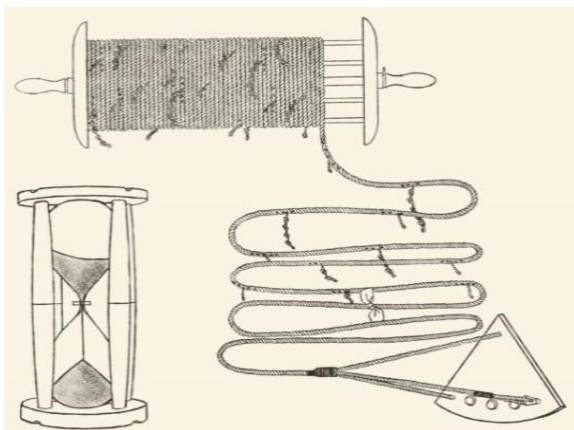
Der mittlere Umfang der Erde beträgt am Äquator 40.000 km. Bei 360 Längengraden ergibt sich ein Abstand der Längengrade zueinander von 111,1 km. Diese einzelnen Längengrade werden zusätzlich noch in 60 sogenannte Bogenminuten unterteilt. Eine Bogenminute am Äquator entspricht damit genau einer Strecke von 1,852 km und das ist in der internationalen Norm ISO 31-1 aus dem Jahr 1992 als Seemeile festgelegt.

Nach dem Zweiten Weltkrieg setzte sich die Seemeile als Entfernungsangabe in der Luftfahrt nahezu weltweit durch. In der deutschen Luftfahrt wurden bis dahin Höhen- und Entfernungsangaben in Meter bzw. Kilometer angegeben.

Im englischsprachigen Raum existiert neben der Seemeile (*Nautical Mile*) die Landmeile (*Statute Mile*)^{46, 47}. Sie ist in den USA und in Großbritannien nach wie vor ein gültiges Längenmaß, das wie die Seemeile nicht dem Internationalen Einheitensystem entspricht. Ihre Länge beträgt exakt 1609,344 Meter.

7.2 Der Knoten^{48, 49}

Der Knoten (kn) ist ein Geschwindigkeitsmaß in der See- und Luftfahrt bzw. der Meteorologie, das auf der Seemeile (sm) oder nautischen Meile beruht. (1 Knoten = 1 Seemeile pro Stunde, $1 \text{ kn} = 1 \text{ sm/h}$).



Zu Beginn des 17. Jahrhunderts verwendete man zur Messung der Geschwindigkeit ein „Logscheit“, ein Holzbrettchen, das am Ende der Logleine befestigt war. In die Leine waren in regelmäßigen Abständen Knoten geknüpft. Die Abstände betrug einfache Bruchteile der Seemeile (beispielsweise 1,85 m, eine Tausendstel Seemeile).

⁴⁵ Weitere Informationen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Seemeile>

⁴⁶ Weitere Informationen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Seemeile>

⁴⁷ Weitere Informationen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Meile>

⁴⁸ Weitere Informationen: [https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Knoten_\(Einheit\)](https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Knoten_(Einheit))

⁴⁹ Weitere Informationen: <https://www.boat24.com/de/blog/meilensteine-der-navigation/>

Nach einer definierten Zeit, meist 15 oder 30 Sekunden, wurden die Knotenabschnitte gezählt, die vom Logscheit ins Wasser gezogen wurden. Diese Fahrt durchs Wasser wird heute wesentlich genauer durch andere Messgeräte (hydrostatisch, hydrodynamisch, elektrisch usw.) bestimmt.

In der Luftfahrt werden Fluggeschwindigkeiten ebenfalls in Knoten angegeben. Im Normalfall beträgt die durchschnittliche Geschwindigkeit von Verkehrsflugzeugen 520 kn, etwa 960 km/h.

7.3 Der Nautische Faden⁵⁰

Der Nautische Faden (englisch „Fathom“ (fm) = Faden, auch „Klafter“) ist keine SI-Einheit⁵¹. Trotzdem wird diese Einheit immer noch in der englischsprachigen Schifffahrt für Tiefenangaben verwendet. Ursprünglich handelt es sich bei dieser Maßeinheit um die Spannweite der Arme eines ausgewachsenen Mannes, also um ein Klafter (s. o.) mit 1,8288 m Länge entsprechend sechs englischen Fuß zu je 30,5 cm, durch die EG-Richtlinie 80/181/EWG definiert und auf 1,829 Meter gerundet.

8 Wegstreckenmessung

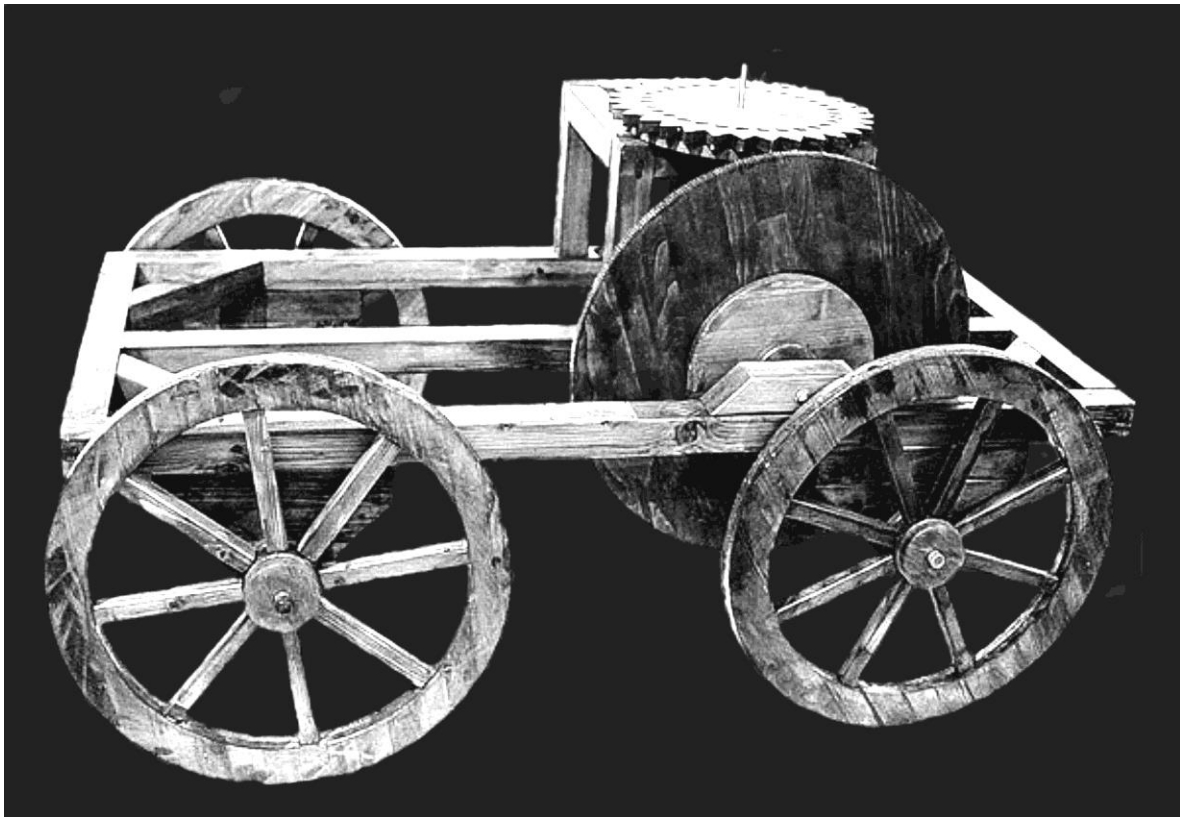
8.1 Wegstreckenmessung in der Antike

In der Antike, beispielsweise zur Zeit Alexanders des Großen um 330 v. Chr., wurden anatomisch geeignete Menschen geschult, Strecken abzuschreiten und die Schritte zu zählen, um damit die Länge einer Strecke zu ermitteln. Erstaunlich ist, dass heutige Nachmessungen nur Abweichungen von etwa 2 bis 3 % ergaben.

Genauere Vermessungen von größeren Wegstrecken waren bereits in der Antike durch den Einsatz von Messwagen möglich. Diese Geräte verfügten über spezielle Messräder, deren Umdrehungen über die gesamte Strecke gezählt wurden. Das Produkt aus der Anzahl der Radumdrehungen und dem Umfang des Messrades ergab ziemlich exakt die Gesamtlänge der gemessenen Strecke. Nachmessungen der Römerstraßen ergeben, dass die Meilenangaben in römischen Aufzeichnungen recht genau sind. Das deutet darauf hin, dass auch die Römer vor 2000 Jahren Messgeräte wie Messräder oder Messwagen verwendeten.

⁵⁰ Weitere Informationen: https://de.wikipedia.org/wiki/Nautischer_Faden

⁵¹ Die Abkürzung SI (seit 1960) leitet sich ab von „Système International d’Unités“, dem System dezi-mal geteilter Maße, deren Entwicklung durch die Pariser Akademie der Wissenschaften veranlasst und 1795 von der französischen Nationalversammlung als gesetzliche Maße angenommen wurden.



Nachbau eines römischen Messwagens⁵²

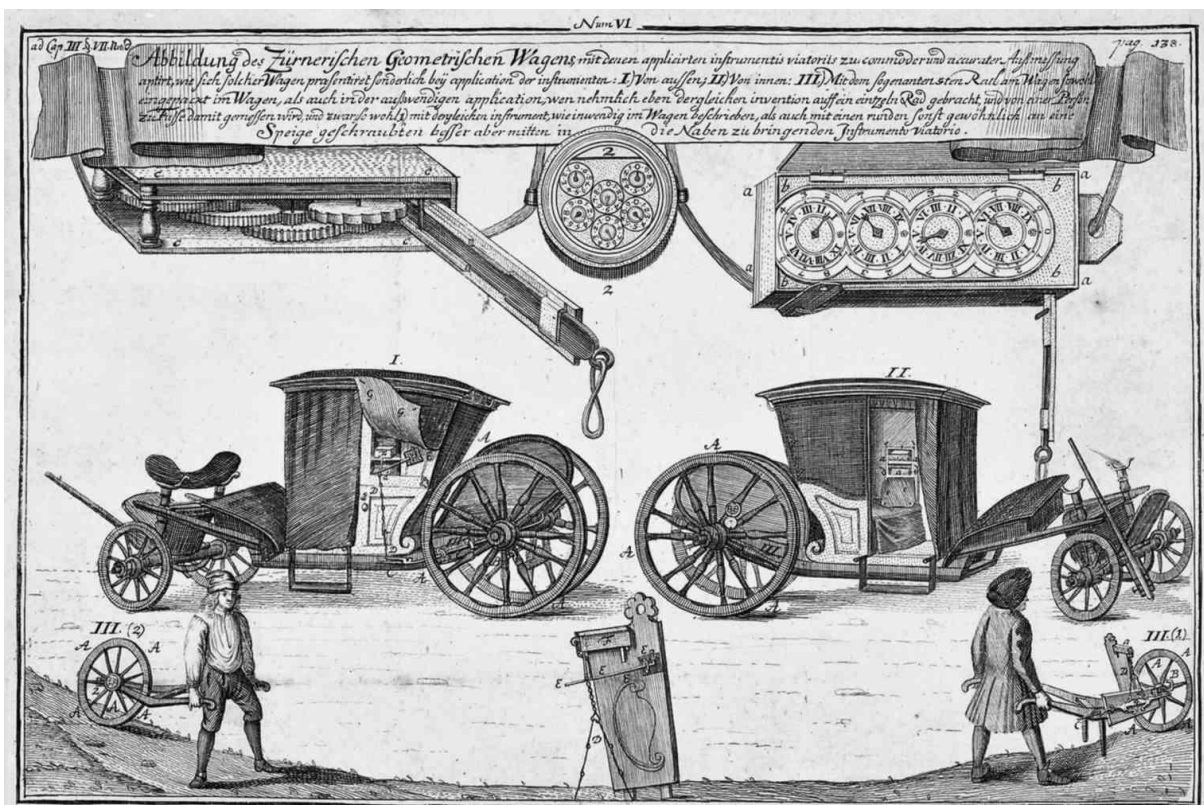
In China sind Messwagen seit etwa 2000 Jahren bekannt. Nach Aufzeichnungen aus dem dritten Jahrhundert drehte sich eine hölzerne Figur einmal um ihre Achse, während der Wagen ein Li zurücklegte, und schlug dabei eine Trommel. Nach zehn Li⁵³ ertönte eine andere Glocke oder ein Gong.

⁵² <https://www.wikiwand.com/de/Hodometer>, Pergamonmuseum Berlin, Sonderausstellung „Jenseits des Horizonts, Raum und Wissen in den Kulturen der Alten Welt“, Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung

⁵³ Heute 500 m

Um 1720 begann man fast überall in Deutschland, die Straßen zu vermessen, um Postsäulen zu setzen. Als Adam Friedrich Zürner von August II. beauftragt wurde, die Straßen im Kurfürstentum Sachsen zu vermessen, entwickelte Zürner hierfür ein spezielles Messfahrzeug, den „Geometrischen Wagen“. Solche Wagen waren für diese Zeit ein absolutes Hightechgerät. Zürner baute die Wagen nach Vorbildern aus früheren Zeiten in der Art von Kutschen.

Im Innern befanden sich Zahnradwerke, die die Umdrehungen des Hinterrades auf ein Zählwerk im Wageninnern übertrug. Die Hinterräder hatten einen Umfang von genau einer Dresdner Rute, heute etwa 4,5 m. Die Anzahl der Radumdrehungen war sein Ergebnis in Ruten.



Zürners „Geometrischer Wagen“ von 1726⁵⁴

Für alle Wege, die nicht mit der Kutsche befahren werden konnten, benutzte Zürner ein sogenanntes „fünftes Rad am Wagen“. Das waren mitgeführte Messkarren mit Zählwerk (in der Abbildung unten rechts und links). Die Messräder hatten einen Durchmesser von etwa 0,72 m. Zwei Umdrehungen ergaben eine Rute⁵⁵.

⁵⁴ Quelle: Deutsche Fotothek, Frau Petra Dolle: Bildnutzung lizenzfrei

⁵⁵ A. F. Zürner: Postmeilensäulen in Kursachsen / <https://www.postmeilensaeculen-kursachsen.de/geschichte/a-f-zürner/>

8.2 Historische Wegstreckenmarkierungen

8.2.1 Distanzsteine / Meilensteine⁵⁶

Distanz- oder Meilensteine markierten Teilabschnitte von Straßen und Chausseen und gaben Auskunft über Distanzen vom Standort des Steins zu einem Ziel, beispielsweise zur nächsten Stadt oder zur Landesgrenze. Bereits der assyrische König Sargon II. ließ zwischen 721 und 705 v. Chr. an den Straßen seines Reiches Steine mit Entfernungsangaben errichten. Im antiken Griechenland standen auf den Straßen zwischen Athen und den einzelnen Verwaltungsbezirken Säulen mit Entfernungsangaben.

Die ältesten uns heute bekannten Distanzsteine fand man in China aus der Zeit der Tang-Dynastie um 618 bis 907, in Assyrien aus der Zeit um 720 v. Chr., im antiken Griechenland und im Römischen Reich.

8.2.2 Kos-Minare

Im Grenzgebiet zwischen dem Norden Indiens und Afghanistan befinden sich zahlreiche mittelalterliche Distanztürme, die Kos-Minare⁵⁷. Sie wurden im 16. Jahrhundert erstmalig vom afghanischen Herrscher Sher Shah Suri und später von den Mogulkaisern an den wichtigsten Straßen im Abstand von etwa 3 km als Distanztürme errichtet. Kos-Minare sind nach oben sich verjüngende Rundtürme auf Oktaedersockeln (6 bis 8 m hoch).



Kos-Minar im Zoo von Delhi⁵⁸



Kos-Minar in der Nähe von Agra⁵⁹

⁵⁶ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Distanzstein>

⁵⁷ Kos ist eine alte indische Einheit der Distanz (etwa 3 km) und Minar ist das persische Wort für Turm

⁵⁸ Foto: Anupamg, CC BY-SA 3.0

⁵⁹ Vgl. <https://kevinstandagephotography.wordpress.com/2019/05/20/the-kos-minar-once-showing-the-way-but-now-becoming-lost/>

8.2.3 Römische Meilensteine

Das Römische Reich verfügte über ein sehr gut ausgebautes Straßensystem. Nach 123 v. Chr. wurden an den Straßen Distanzsäulen – sogenannte Milliaria – errichtet. Steine dieser Art gab es bereits seit dem 3. Jahrhundert v. Chr. Die Entfernungen wurden in Meilen angegeben. Die römische Meile leitete sich ab von 1000 Doppelschritten zu etwa 1,5 m (mille passus).



Fragmente von römischen Meilensteinen

Die ältesten, etwa 1500 Jahre alten Distanzsteine in Deutschland sind Meilensteine aus der römischen Zeit. Daneben gibt es die sogenannten Leugensteine, die ab dem zweiten Jahrhundert flächendeckend aufgestellt wurden. In Deutschland sind bisher etwas mehr als fünfzig solcher Steine wiederentdeckt worden, die Hälfte davon in Bayern, die anderen in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und Hessen.

8.2.4 Leugensteine

Die Leuge ist eine antike Längeneinheit und war neben der römischen Meile in den gallischen Gebieten das gängige Wegemaß. Nach der Eroberung dieser Gebiete übernahmen die Römer im gesamten Nordwesten des Reiches das gallische Maß. Sie errichteten auch hier an den Fernstraßen Distanzsäulen, nun aber mit der Längeneinheit Leuge. Daher spricht man von Leugensteinen.

Sie waren im 3. Jahrhundert n. Chr. in den meisten römischen Provinzen nördlich der Alpen üblich⁶⁰. Eine Leuge entsprach einer Strecke von etwa 1½ Römischen Meilen, also etwa 2,22 km.

⁶⁰ <https://de.wikipedia.org/wiki/Miliarium>



Kopie des Leugensteins
von Zülpich-Hoven⁶¹



Original-Leugenstein, gefunden in Pölich⁶²

In Zülpich-Hoven fand man einen römischen Leugenstein aus dem Jahr 325 für die Entfernung von XVI Leugae (35,5 km) für die Strecke nach Köln. Der Leugenstein, der in Pölich an der Mosel gefunden wurde, stammt aus der Zeit um 212 n. Chr.

Da das Wort Leuge keltischen Ursprungs ist, wird oft angenommen, dass auch die Leuge selbst keltischen Ursprungs sei. Dies kann jedoch nach genauerer Überprüfung der Quellen nicht bestätigt werden⁶³.

8.2.5 Die kursächsischen Distanz- und Postsäulen

Im Königreich Sachsen war bereits im 18. Jahrhundert das Postwesen besonders gut organisiert. 1722 wurde die Postmeile mit zwei Wegstunden (etwa 9 km) festgelegt.

Die Strecken waren vermessen und an den Chausseen waren Meilensteinen aufgestellt. An der Form dieser Steine erkannte man, ob es sich um Ganzmeilen-, Halbmeilen- oder Viertelmeilensteine handelte.

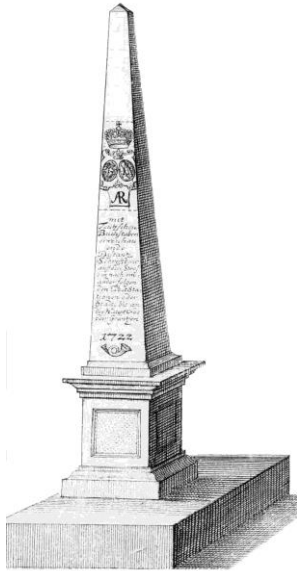
⁶¹ Foto: Elke Wetzig (Elya) (CC BY-SA 3.0)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roemischer_meilenstein_juelich_2009.jpg

⁶² <https://www.poelich-online.de/de/poelich-in-der-roemerzeit.html>

Bildnutzung: Mit freundlicher Genehmigung Alfred Schömann, Heimatverein, Pölich

⁶³ <https://de.wikipedia.org/wiki/Leuge>



Distanzsäule



Große Säule



Kleine Säule



Stein

Die Säulen bedeuten im Einzelnen:

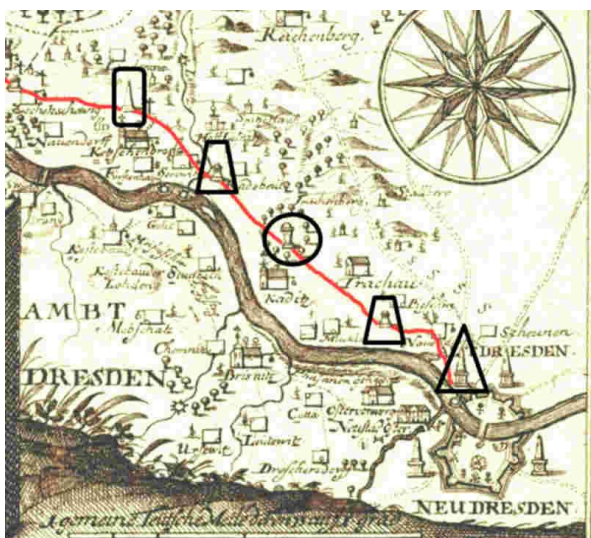
Distanzsäulen zeigen die Entfernung zu anderen Städten an

Große Säulen für eine ganze Meile (2 Wegstunden)

Kleine Säulen für eine halbe Meile (1 Wegstunde)

Steine für eine viertel Meile (½ Wegstunde)

Distanzsäulen standen in der Ortsmitte, oft auch den Stadttoren. Auf ihnen waren Entfernungsangaben zu anderen Städten in Stunde oder Meilen eingemeißelt. Längs der Poststraßen waren in entsprechenden Abständen Steine für die Viertel- und Halbmeile und für eine ganze Meile aufgestellt.



In Landkarten waren entsprechende Zeichen längs der Poststraßen eingezeichnet.

Die rot markierte Straße ist ein Teil der Poststraße von Dresden nach Meißen. Ausgehend von Dresden mit der Distanzsäule am Beginn der Straße nach Meißen sind die entsprechenden Symbole für die viertel, halbe und ganze Meile eingezeichnet.

△ Distanzsäulen □ 1 Meile / 2 Std. ○ ½ Meile / 1 Std. ▽ ¼ Meile / ½ Std.

Im Freistaat Sachsen findet man heute noch zahlreiche sehr gut erhaltene Postmeilensteine und Distanzsäulen, z. B. in Meißen und Marienberg. Sie unterliegen als Kulturdenkmale besonderem staatlichem Schutz.



Distanzsäule in Meißen⁶⁴



Kursächsische Distanzsäule in Marienberg⁶⁵

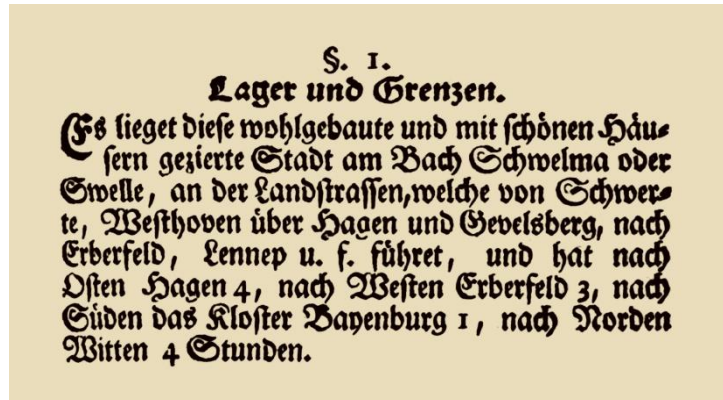
⁶⁴ Foto: Klaus Schröter, 2008

⁶⁵ Foto: Manfred Schröter, Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung
https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Marienberg,_Kursächsische_Distanzsäule.jpg

8.2.6 Stundensteine

Johann Dietrich von Steinen befasste sich intensiv mit der Geschichte Westfalens und verfasste Mitte des 18. Jahrhunderts hierüber ein umfangreiches Werk. Hier finden wir einen Abschnitt über die Geschichte Schwelms. Ganz zu Anfang beschreibt er die Lage der Stadt, indem er die Entfernungen zu anderen Städten in Stunden angibt.

Es liegt diese wohlgebaute mit schönen Häusern gezierte Stadt am Bach Schwelma oder Swelle, an der Landstraßen, welche von Schwerte, Westhoven über Hagen und Gevelsberg nach Erberfeld, Lennep und ferner führet und hat nach Osten Hagen 4, nach Westen Erberfeld 3, nach Süden das Kloster Bayenburg 1, nach Norden Witten 4 Stunden.



Friedrich Christoph Müller beschreibt das „Schwelmthal“ in seiner „Chorographie von Schwelm“ im Jahre 1789 wie folgt⁶⁶:

... Daher ist das Schwelmthal wirklich eine ganz sonderbare Erscheinung. Ein ganz trockenes ebenes Thal, fast eine halbe Stunde breit und eine Stunde lang, das von parallelen Gebürge eingeschlossen ist ...

Auf Zeugen solcher Entfernungsangaben trifft man in Deutschland noch recht häufig. Bekannt ist der Wegstundenstein vor dem Rathaus in Leverkusen, der seinen ursprünglichen Standort in Köln hatte:



*Von Köln nach Düsseldorf
6 Std. und nach Mülheim 22 Std.*



⁶⁶ Müller, Friedrich Christoph; Chorographie von Schwelm – Anfang und Versuch einer Topographie der Grafschaft Mark, Lemgo/Leipzig 1789, Nachdruck: Gevelsberg 1980.



Stundenstein in Rathmannsdorf⁶⁷
Sachsen



Der Entringer Stein auf dem Bromberg
Baden-Württemberg⁶⁸

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts war die Fuß oder Wegstunde die allgemein gebräuchliche Maßeinheit für Entfernungen. Mit einer Fußstunde beschrieb man die Strecke, die ein Fußgänger in einer Stunde zurücklegen konnte. Ein Mensch benötigt je nach seiner körperlichen Beschaffenheit und nach Art der Wegstrecke 10 bis 20 Minuten für einen Kilometer, er geht also 3 bis 6 km in einer Stunde. An dieser recht breiten Spanne erkennen wir, warum die Strecke einer Fußstunde in Europa ziemlich unterschiedlich ausfiel und deswegen nicht genau definierbar war.

Hier einige Beispiele:

- In der Schweiz war bis Ende 1876 die Wegstunde 4,8 km lang.
- In Sachsen wurde im Rahmen der zweiten kursächsischen Landesaufnahme von Adam Friedrich Zürner die Wegstunde im Jahr 1722 als einheitliches Wegemaß festgelegt: 1 Wegstunde = ½ Meile (entsprechend 4,5km)
- In Bayern: 1 Weg-, Post- oder geometrische Stunde = ½ Meile = 3,7 km.
- Im Großherzogtum Baden: 1 Wegstunde = ½ Meile = 4,98 km.
- In Spanien seit 1769: 1 Wegstunde = 8000 Varas = 6,7 km.

Es finden sich zahlreiche regionale Besonderheiten für die Weg- oder Reise-stunde wie beispielsweise:

- die Reitstunde, die bei ⅔ bis ¾ Meilen liegt. Sie ist vom Schritt des Pferdes bei entspannter Gangart abgeleitet, die etwas über dem Schritttempo des Menschen liegt,
- die Galoppstunde, die die Basis für das Kurierwesen die Grundlage war, und
- die Kutschenstunde, die mit etwa 15 km die durchschnittliche Strecke darstellt, die eine Kutsche in einer Stunde zurücklegen konnte; vorausgesetzt, die Straße ist gut ausgebaut und es gibt keine technischen Probleme wie Achsen- oder Radbruch.

Die Fuß-, Reit-, Galopp- und Kutschenstunde waren im Militärwesen bei der Planung von Aufmärschen ebenso wichtig wie für ein optimal funktionierendes Postwesen.

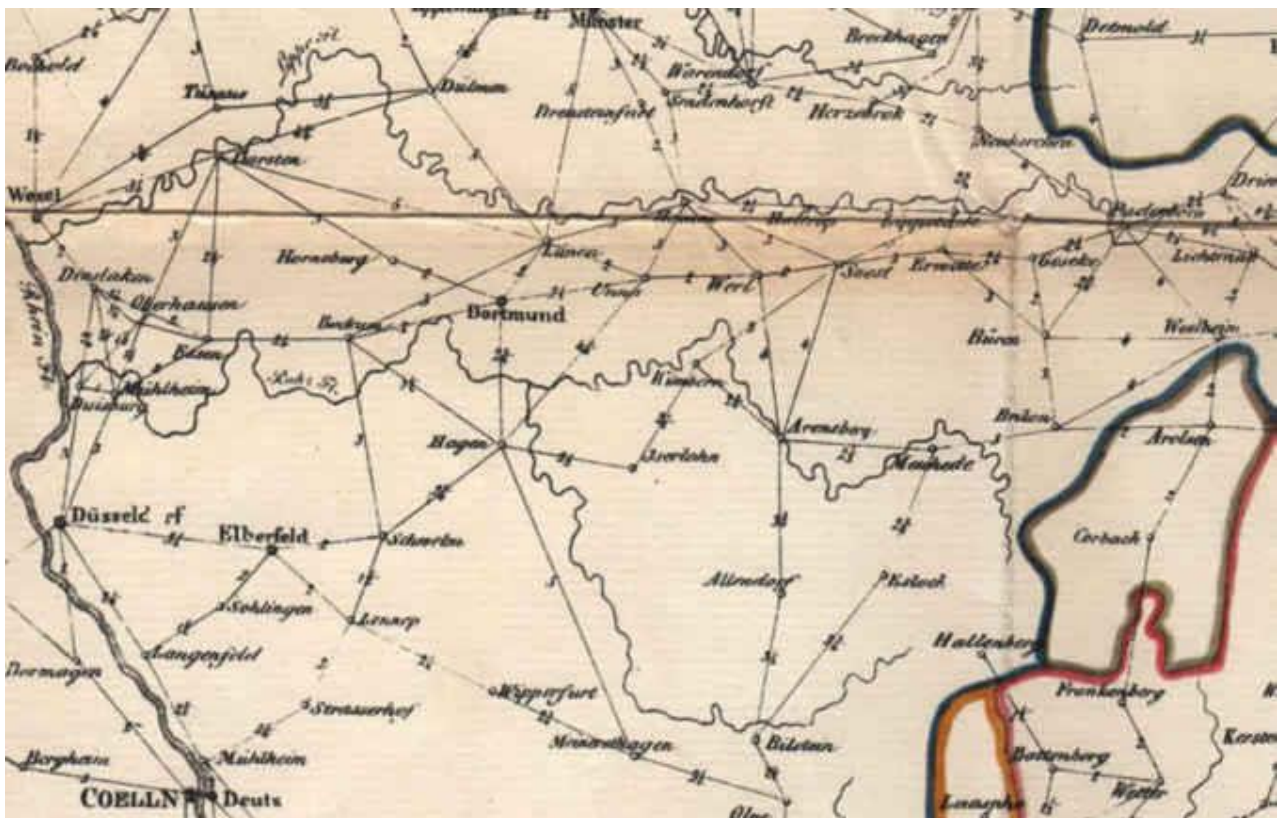
⁶⁷ Foto: Norbert Kaiser (CC BY-SA 3.0)

⁶⁸ Foto: Peter Göbell, Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung / <https://zeitreise-bb.de/kleindenk-2/>

8.2.7 Die Postmeile

Die Postmeile war bis in die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts in Europa ein gängiges Längenmaß. Hiernach berechneten die Postverwaltungen ihre Gebühren. Die Entfernungsangaben auf den Postmeilensäulen wurden in Postmeilen oder Stunden angegeben.

Im Königreich Preußen gab es steinerne Wegbegleiter ähnlich den Postsäulen in Sachsen. Die Entfernungen waren allerdings nicht in Stunden, sondern Meilen angegeben. Eine Meile entsprach in Preußen einer Strecke von etwa 7,5 km und auch gleichzeitig der Zeit, die eine Postkutsche in einer Stunde zurücklegte.



Postwege im rheinisch-westfälischen Raum⁶⁹

Der Ausschnitt aus einer Karte aus dem Jahre 1821 zeigt die Postwege im Rheinisch-Westfälischen Raum. Solche Karten waren so etwas wie verbindliche Kursbücher. Die Entfernungsangaben zwischen den Städten wurden in Postmeilen bzw. in Stunden angegeben. Die Fahrzeiten bezogen sich auf Fahrten auf intakter Straße ohne Radbruch. Diese Angaben waren Basis für die Reise- oder Transportkosten und dienten dem Reisenden zur Orientierung sowie dem Postilion zur Einhaltung des Fahrplans.

⁶⁹ Quelle: Verein für Computergenealogie e.V. Nutzung der Abbildung von Horst Reinhardt genehmigt



An den Poststrecken waren in entsprechenden Abschnitten Postmeilensäulen oder Distanzsteine mit Meilen- bzw. Stundenangaben aufgestellt.

Der Ausgangspunkt der preußischen Hauptpoststraße von Köln nach Berlin war die Hohe Straße im Kölner Zentrum. Dort war der Nullpunkt der Distanzangabe. Solche Meilensteine findet man noch vereinzelt in Ostwestfalen wie diesen hier an der Bundesstraße 1, der alten Postchaussee Köln-Berlin, nach 17 Meilen (127 km) von Köln⁷⁰.

8.2.8 Myriameter- und Kilometersteine⁷¹

Myriametersteine sind Vermessungsmarken. Ein Myriameter (altgriechisch: myrias für „zehntausend“) entspricht 10 000 Metern, also 10 Kilometer.

Um 1870 wurde der Rhein beginnend in Basel rheinabwärts neu vermessen und in gleiche Abschnitte eingeteilt.



Myriameterstein in Düsseldorf

Nach jeweils 10 000 Metern wurde ein Stein aufgestellt, auf dem in römischen Ziffern dargestellt wurde, um den wievielten Stein es sich flussabwärts handelte. Man nannte diese Steine darum auch Myriameter- oder 10 000-Metersteine. Die Strecke von Basel bis zu diesem Stein (Düsseldorf) beträgt **LVIII** km, das bedeutet 58 mal 10 000 Meter (580 km).

Weitere Angaben sind:

- 31,844 m über AP (Höhe über Amsterdamer Pegel, später Normalnull)
- 217,780 KM von der Landes Grenze (zu Rheinbayern = Pfalz von 1816 bis 1945)

⁷⁰ Bildquelle: Forschungsgruppe Meilensteine e.V., Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung

⁷¹ Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Myriameterstein#Andere_Myriametersteine

Kilometersteine

Neben den Myriametersteinen findet man am Rhein auch Distanzsteine mit Kilometerangaben.

Auf dem Stein der Abbildung ist die Distanz von Basel bis zu seinem Standort in Wesel mit 650,000 Kilometern angegeben. Die Reststrecke nach Rotterdam beträgt 174,453 Kilometer, die Entfernung zur niederländischen Grenze 36,703 Kilometer.



Kilometerstein in Bonn

Heute haben die alten Myriameter- oder Kilometersteine ausgedient, denn die neue Kilometrierung des Rheins beginnt nicht mehr in Basel, sondern an der Rheinbrücke in Konstanz und endet hinter Rotterdam⁷². Das bedeutet, dass der Rhein um 166,6 km „länger“ geworden ist.



Rheinkilometer 0 in Konstanz



Rheinkilometer 1031 kurz vor der Mündung

⁷² <https://www.wikiwand.com/de/Kilometrierung#/Rhein>

Nicht nur an Wasserstraßen wurden Myriametersteine aufgestellt sondern auch an Bahnlinien und Landstraßen. Die Königlich Sächsischen Staatseisenbahnen beispielsweise verwendeten zur Stationierung ihrer Eisenbahnstrecken auch Myriametersteine. Des Weiteren sind noch Myriametersteine an Straßen erhalten geblieben, wie bei Tochheim in Sachsen-Anhalt.



Myriameterstein
Tochheim (Sachsen-Anhalt)⁷³

8.2.9 Neue Entfernungszeichen an den Straßen in Deutschland



Preußischer Rundsockelstein⁷⁴
(vor 1872)



Württemberg Kilometerstein
(von 1872 bis 1888)

Am 1. Januar 1872 trat im Deutschen Reich das Gesetz zur Einführung des metrisch-dezimalen Maß- und Gewichtssystems in Kraft. Dadurch veränderte sich an den Landstraßen die Beschriftung der Distanzsteine mit Entfernungsangaben.

Der württembergische Kilometerstein hat an der flachen Seite zwei weitere Hinweise. Die Ziffer 25 im Kreis bedeutet, dass dieser der 25. Stein seit Anfang der Straße ist und „Str. 83“ besagt, dass es sich hier um die württembergische Staatsstraße 83 handelt. In Württemberg war es üblich, auch die Höhe des Standortes über dem Meeresspiegel anzugeben, hier 460,0 Meter.

Stationszeichen

Heute sind die Kilometersteine von den Straßenrändern verschwunden und Schritt für Schritt von sogenannten Stationszeichen⁷⁵ ersetzt worden. Der Grund der Einführung eines bundesweit neuen Systems war, dass beim bisherigen Sys-

⁷³ Foto: Dr.-Ing. Henry Bergmann, Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung

⁷⁴ Foto: Radler59 (CC BY-SA 4.0)

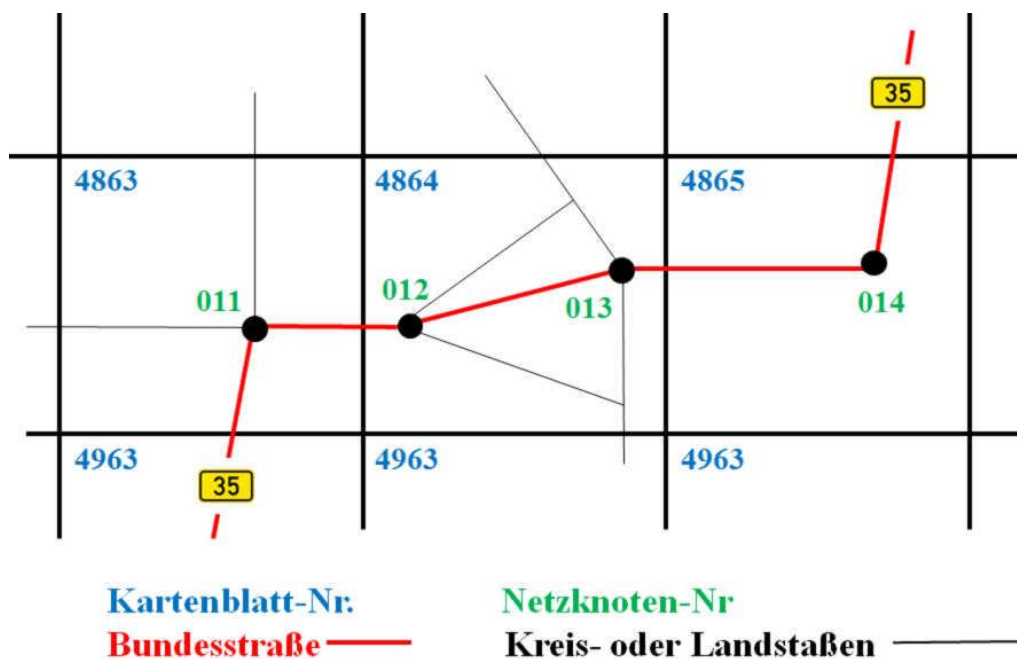
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Krimnitz_Preuussischer_Rundsockelstein.jpg

⁷⁵ <https://de.wikipedia.org/wiki/Stationszeichen>

tem der Kilometersteine bei Änderungen von Straßenverläufen die alten Entfernungsangaben zum Teil nicht mehr stimmen und dadurch das Auffinden beispielsweise eines Unfallortes durch Rettungskräfte erschwert ist.

Das neue System teilt eine Straße in Abschnitte ein. Ein Abschnitt ist die Strecke zwischen zwei Netzknoten⁷⁶ wie Straßenkreuzungen oder Einmündungen. Die Netzknoten haben eine eindeutige Nummerierung. Die Abschnitte sind ausgehend von einem definierten Ausgangspunkt fortlaufend in einer vorgegebenen Richtung nummeriert. Innerhalb jedes Abschnitts beginnt die Zählung der Kilometer wieder bei null⁷⁷. Dieses System besitzt den Vorteil, dass bei Änderungen, etwa wenn sich eine Straße durch den Bau einer Ortsumgehung verlängert oder bei Begradigungen verkürzt, nur dieser Abschnitt neu vermessen und markiert werden muss.

In einer topographischen Karte im Maßstab 1:25 000 mit dem gesamten Straßennetz der Bundesrepublik Deutschland sind alle Netzknotenpunkte aufgeführt. Die Karte ist in übersichtlichen Kartenfelder unterteilt, die in einer Straßeninformationsbank⁷⁸ digital gespeichert sind. Die Felder sind dort jeweils mit einer 4-stelligen Zahl auffindbar.



Diese Abbildung⁷⁹ zeigt schematisch einen Kartenausschnitt, mit den Kartenblattnummern 4863 bis 4865 und den Netzknotenpunkten 011 bis 014 im Verlauf einer Bundesstraße.

⁷⁶ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Netzknoten>

⁷⁷ Vgl. <https://www.cz.de/Celler-Land/Aus-dem-Landkreis/Kilometersteine-neben-der-Fahrbahn-verschwinden>

⁷⁸ Die Straßeninformationsbank stellt umfassende, präzise und aktuelle Informationen über Straßennetz, Straßenzustand und Straßennutzung für die überörtlichen Straßen bereit. Sie ist das zentrale Informationssystem für die Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen.

⁷⁹ Zeichnung: Klaus Schröter



Weißer Täfelchen (Stationszeichen) sind im Abstand von 200 Metern in die Leitpfosten eingelassen. Hiermit ist eine eindeutige Positionsbestimmung am Straßenrand möglich. Die Ausführungen unterscheiden sich je nach Bundesland.



Die ersten vier Stellen (rot markiert) bestehen aus der Nummer des Ausschnitts aus der topografischen Karte im Maßstab 1:25 000. Die folgenden drei Stellen (blau markiert) bezeichnen die Nummer des Netzknottes. Der Standort dieses Stationszeichens ist der Netzknottenpunkt 3. Hier beginnt mit Kilometer 0,0 ein neuer Abschnitt in Richtung Netzknottenpunkt 2 (braun markiert). Stationszeichen sollten die Straßenbezeichnung (grün markiert) enthalten.

Auch auf vielen deutschen Autobahnen sind bereits die alten Kilometerzeichen gegen neue Stationszeichen ausgetauscht worden.



Alte km-Anzeige



Neues Stationszeichen

8.2.10 Heutige Wegstreckenmessung

Die einfachste Dokumentierung einer gefahrenen längeren Wegstrecke ist mit der bereits erwähnten Hodometer-Methode oder Messradmethode möglich. Das Produkt aus Anzahl der Umdrehungen eines Messrades über die gesamte zu messende Strecke ergibt nach Multiplikation mit dem Radumfang die Gesamtlänge der Wegstrecke.

Das Prinzip der Hodometer-Methode wurde z. B. lange bei mechanisch arbeitenden Kfz-Tachometern angewendet und von elektronischen GPS-basierten Navigationssystemen abgelöst.

Die Messradmethode wird jedoch auch heute noch vielseitig angewendet, z. B. im Straßenbau, bei Vermessungen von Sportanlagen, bei der Dokumentation von Straßenverkehrsunfällen durch die Polizei usw.



9 Alte Längenmaße in der Öffentlichkeit

Vor etwa 2000 Jahren galt als Längenstandard im gesamten Römischen Reich der Fuß mit 0,296 m. Durch den Zerfall in das Ost- und Weströmische Reich und den darauf folgenden Niedergang des Weströmischen Reiches um etwa 500 n. Chr. entstanden in den Gebieten nördlich der Alpen zahlreiche, sich stets weiter verändernde Klein- und Kleinststaaten, die ihre Souveränität auch unter dem Mantel des Heiligen Römischen Reichs bis zum 18. Jahrhundert behielten. Dadurch gelangten die einflussreichen Interessensgemeinschaften wie Handelsverbände und Handwerksgilden zu immer mehr Macht. Dass dadurch auch das Maß- und Gewichtssystem jeweils zum Vorteil einzelner Verbände geändert wurde, war nicht zu vermeiden, denn einheitliche Standards unter staatlichem Schutz gab es nicht. Es entstand eine fast unüberschaubare Vielfalt an Maßen und Gewichten. Selbst in unterschiedlichen Regionen eines Kleinstaates konnten Maße unterschiedlicher Maßstandards existieren – oft auch unter gleicher Bezeichnung. Für unterschiedliche Waren gab es oft jeweils eine eigene Maßeinheit.

So gab es Ellen für Leinen- oder Wolltuche oder für entsprechende Garne. Diese Vielzahl verleitete manchen Händler, auf den Märkten zu betrügen. Betrügereien waren somit Tür und Tor geöffnet. Verlässliche Maße waren aber für den Handel unentbehrlich. Aus diesem Grund wurden die örtlich gültigen Maße an öffentlichen Gebäuden wie beispielsweise an Rathäusern oder Kirchen, die sich meist in unmittelbarer Nähe der Marktplätze befanden, angebracht und somit der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Es war verboten, andere Maße auf dem Markt zu verwenden.

Die Längenmaße waren entweder im Mauerwerk eingemeißelt, als Eisenstäbe im Mauerwerk verankert oder an Ketten dort befestigt. Sie dienten nicht nur dem Handel, sondern waren auch die Längenstandards für das Bauwesen in der Stadt. Die folgenden vier Abbildungen zeigen Beispiele⁸⁰.



Eingemeißelte Elle (54,5 cm) an der Kirche St. Maurice in Sultz, Frankreich.



Eiserne Elle (63,2 cm),
Pfarrkirche St. Johann,
Bad Saulgau



Eiserne Elle (40,2 cm),
Rathaus Aschersleben



Eiserne Elle, ca. 55,4 cm,
Wallfahrtskirche
Kälberau

⁸⁰ Otto Schott, Historische Maße an öffentlichen Gebäuden, auf Plätzen oder in Museen, Maß und Gewicht, Beiheft Nr. 22, Mai 2020 / Verwendung der Abbildungen von Otto Schott genehmigt

10 Reduktionstabellen

Durch die Vielzahl unterschiedlicher Standards der Längenmaße in Deutschland wie in ganz Europa waren der regionale und der überregionale Handel mit Garnen, Bändern, Tuchen usw. erschwert. Beim Handel mit Partnern aus Regionen mit anderen Längenstandards musste man komplizierte Umrechnungen der Warenmengen vornehmen, um keine Verluste zu machen.

8	yagan	Pariser Paris	7
8	yagan	Englische Gärten	6
5	yagan	Florentinische Bratsen	6
80	yagan	Genuesische Palmi	231
5	yagan	Hamburger	6
5	yagan	Leipziger	6
52	yagan	Neapolitan. Bratsen	35
125	yagan	Neapolit. Cannaes	42
20	yagan	Nürnberg	21
8	yagan	Pariser Stäbe	6
19	yagan	Venediger Bratsen	21
70	yagan	Wiener	63

Dazu dienten Reduktionstabellen, in denen regionale Standards mit fremden Standards ins jeweilige Verhältnis gesetzt waren. Das Beherrschen der Bruchrechnung und des Dreisatzes waren bei den Umrechnungen Voraussetzung. Sie waren recht zeitaufwändig und nicht immer fehlerfrei.

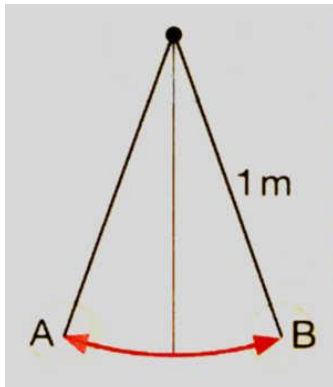
Diese Reduktionstabelle⁸¹ aus dem Jahre 1736 gilt für die Brabanter Elle und stellt deren Größe ins Verhältnis zu anderen wichtigen europäischen Ellenmaßen.

11 Mètre, ein neues Längenmaß

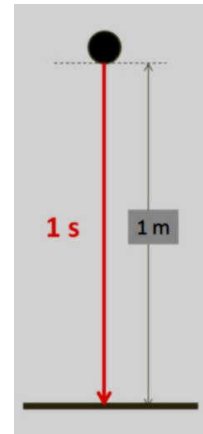
Es musste etwas Entscheidendes zur Vereinheitlichung der Maße geschehen. Bereits im 17. und verstärkt im 18. Jahrhundert verdichteten sich – vor allem in Kreisen des Handels und der Naturwissenschaften – Bestrebungen, sich weltweit auf eine einheitliche Längeneinheit zu einigen, die, sollte einmal das Muttermaß verloren gehen, „für jedermann aus der Natur reproduzierbar sein“ sollte. Weiter sollten einheitliche Standards für Hohlmaße und Gewichte von dieser Längeneinheit abgeleitet werden. Die Unterteilung der neuen Maße sollte dezimal erfolgen.

Die Frage war nur, welche Naturkonstante als Basis für das neue Maß- und Gewichtssystem dienen sollte. In der internationalen Wissenschaft stritt man sich. Verbreitet war die Meinung, das neue Längenmaß sollte sich auf eine bestimmte Strecke auf unsere Erde beziehen. Weiter wurde vorgeschlagen, die Länge eines Pendels mit einer sogenannten Halbschwingung von einer Sekunde als neuen Standard zu verwenden. Auch die Fallstrecke eines Körpers in einer bestimmten Zeit wurde als Basis einer neuen Längeneinheit vorgeschlagen.

⁸¹ Nachdruck einer historischen Handschrift, Jubiläumsausgabe zum zehnjährigen Bestehen des Vereins Maß und Gewicht, Verein für Metrologie e. V., 1996.



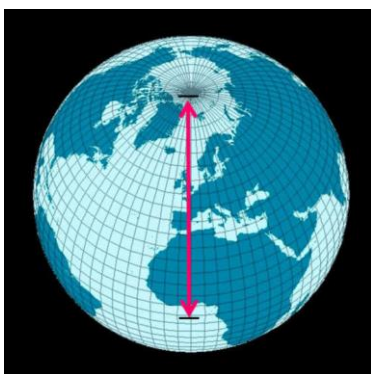
Sekundenpendel



Fallstrecke in 1 Sekunde

Die Vorschläge Sekundenpendel und Fallstrecke wurden recht schnell verworfen, denn sowohl die Schwingungsdauer eines Pendels als auch die Fallgeschwindigkeit eines Körpers sind auf der Erde aufgrund der unterschiedlichen Gravitation von Standort zu Standort verschieden und somit keine Naturkonstanten.

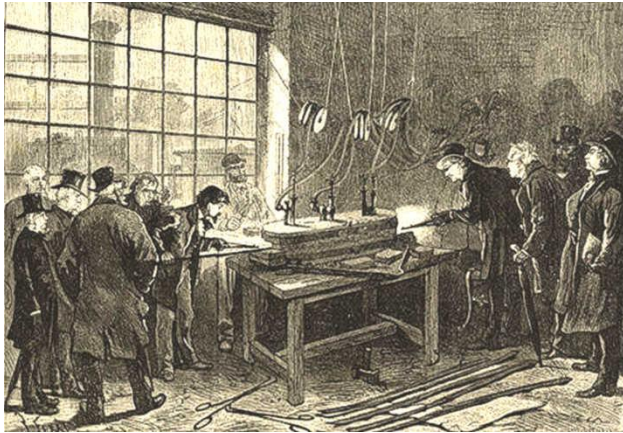
Manche Wissenschaftler waren auf dem richtigen Weg und brachten körperlose Naturkonstanten wie die Wellenlänge des Schalls oder des Lichtes als Basis für die Längeneinheit ins Spiel. Beim Schall besteht das Problem, dass je nach Luftdruck die Welle kürzer oder länger sein kann, und beim Licht, dass es aus einem Spektrum kurzer bis langer Wellen besteht. Am sinnvollsten erschien der Vorschlag, das neue Längenmaß auf der Oberfläche unserer Erde zu suchen, womit man sich von der einzig richtigen Methode verabschiedete, nämlich der Findung einer körperlosen Naturkonstante.



Am 26. März 1791 beschloss die Regierung Frankreichs, dass der zehnmillionste Teil des Erdquadranten – das ist die Strecke vom Pol zum Äquator – die neue Längeneinheit sein soll und beendete vorerst die Diskussionen über die geeignetste Naturkonstante als Basis für die neue Längeneinheit.

Die Vermessung einer Teilstrecke des Erdquadranten zwischen Dünkirchen und Barcelona wurde mitten in den französischen Revolutionswirren und während des französisch-spanischen Krieges von den beiden Astronomen Jean-Baptiste Delambre und Pierre-François Mechain ausgeführt. Wegen der schwierigen und gefährlichen Zeitumstände dauerte das Projekt – statt wie vorgesehen ein Jahr – lange sieben Jahre. Der aus dieser Vermessung für den zehnmillionsten Teil des Erdquadranten berechnete Wert entsprach 443,440 Pariser Linien.

Am 1. August 1793 gab man diesem neuen Längenmaß den Namen Mètre. Auf Grundlage dieses Wertes wurde 1795 ein erster Messingprototyp als Provisorium hergestellt, da die Auswertung der Vermessung noch nicht endgültig abgeschlossen war.



Erst im Jahre 1873 erschien von dem historisch wichtigen Ereignis diese Abbildung in einer Zeitung. Die Öffentlichkeit war offensichtlich an einem neuen Längenstandard nicht sehr interessiert.

Nach genauer Auswertung der Triangulationen zwischen Dünkirchen und Barcelona wurde 1799 ein zweiter Urmeter⁸² als Endmaß aus Platin hergestellt.



Der erste provisorische Urmeter von 1795 aus Messing (0,013 % zu lang)



Der zweite Urmeter von 1799 aus Platin (0,02 % zu kurz)

Die beiden ersten Urmeter aus Messing und Platin von 1795 und 1799 werden in Sèvres südwestlich von Paris im Internationalen Büro für Maße und Gewichte aufbewahrt.

Die Übernahme des zweiten Urmeters aus Platin als endgültige Maßeinheit wurde am 20. Mai 1875 von der „Internationalen Meterkonvention“ von siebzehn Staaten beschlossen, auch vom Deutschen Reich.

⁸² Der spätere Prototyp (Mètre définitiv) war leider noch ungenauer als der frühere (Mètre provisoire)



Da der Urmeter aus reinem Platin nicht die erforderlichen Eigenschaften besaß, wurde er am 26. September 1889 von der Generalkonferenz für Maß und Gewicht durch einen neuen Meterprototypen ersetzt, jetzt aus einer beständigen Legierung aus 90% Platin und 10% Iridium.



Auf diesem Normal mit X-förmigem Querschnitt (20×20 mm) befinden sich Strichgruppen für Längen von Millimetern, Zentimetern, Dezimetern und einem Meter. Kopien dieses Meterprototyps wurden an die Eichinstitute vieler Länder vergeben.

Man hat sehr bald erkannt, dass die Länge des Urmeters nicht wie beabsichtigt über den Erdumfang reproduzierbar war, da sich die Erde stetig verformt. Darum basierte der Urmeter nicht auf einer Naturkonstante, wie man im 18. Jahrhundert noch annahm. Es musste folglich eine andere unumstößliche Definition gefunden werden. Am 20. Oktober 1983 wurde darum der Meter neu definiert und an eine absolut unveränderbare Naturkonstante gebunden.

12 Neue Definition des Meters

Aus der Erkenntnis, dass jeder Gegenstand auf dieser Erde der Gefahr ausgesetzt ist, durch äußere Einflüsse seine Form zu verändern, konnte man sich erst jetzt dazu entschließen, die Länge des Urmeters durch eine unveränderliche physikalische Naturkonstante zu beschreiben, nachdem die dazu notwendigen technischen Voraussetzungen zur Verfügung standen.

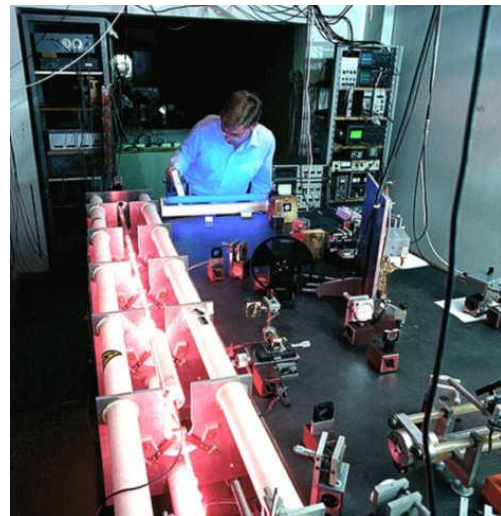
Trotz aller Sorgfalt war klar, dass Meterprototypen nicht unveränderlich sind. Schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde vorgeschlagen, den Meter über die Wellenlängen von Spektrallinien zu definieren. Erst mit der Entwicklung der Krypton-86-Spektrallampe ließ sich Licht mit ausreichender Präzision für eine Neudefinition des Meters erzeugen. 1960 wurde der Meter definiert als das 1.650.763,73fache der von Atomen des Nuklids ^{86}Kr beim Übergang vom Zustand $5d_5$ zum Zustand $2p_{10}$ ausgesandten, sich im Vakuum ausbreitenden Strahlung.

Die Lichtgeschwindigkeit war schon lange als geeignete unveränderbare Naturkonstante Diskussionsgegenstand. Unter der Lichtgeschwindigkeit versteht man die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht als elektromagnetische Welle im Vakuum. Weitere Beispiele für elektromagnetische Wellen sind Radiowellen, Mikrowellen, Wärmestrahlung, Röntgenstrahlung und Gammastrahlung. Sie gehören zu den fundamentalen Naturkonstanten.

Erst als eine ausgereifte Lasertechnik und genaue Zeitmessungen durch Atomuhren zur Verfügung standen, konnte die Längeneinheit Meter mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes im Vakuum definiert werden, die mit 299.792.458 m/s ermittelt wurde. Danach ist 1 Meter die Strecke, die ein Laserstrahl im Vakuum in etwa dreihundert millionstel Sekunden zurücklegt. Seit dem 20. Oktober 1983 gilt international diese Definition für die Länge eines Meters.

Wegen der erforderlichen höchsten Genauigkeit bei der neuen Definition für den Meter mittels Laserlicht sind komplizierte, hochpräzise Messmethoden erforderlich. Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig verfügt über entsprechende Einrichtungen.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
in Braunschweig⁸³



⁸³ Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung PTB Braunschweig

13 Verfahren zur präzisen Messung von Längen⁸⁴

Präzise Längen- und Entfernungsmessungen sind unumgängliche Notwendigkeiten. Die Bereiche Hoch- und Tiefbau, Straßen- und Brückenbau, Maschinenbau, Fahr- und Flugzeugbau, um nur einige zu nennen, sind ohne präzise Längenmessungen undenkbar. Dabei kann die Messung von Abständen oder Entfernungen zwischen zwei Punkten auf unterschiedlicher Weise erfolgen, mit direkter oder indirekter Messung.



Direkte Längenmessung mit Zollstock oder Maßband

Indirekte Längenmessung z. B. mit Laserstrahl

13.1 Direkte Messung (Berührungsmessung)

Diese Methode findet Anwendung bei der Vermessung von Abständen im Bereich von etwa 50 m bis hin zu kleinsten Abständen im Mikrometerbereich.

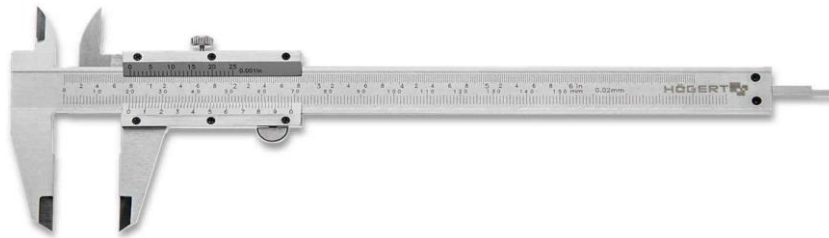
Ab dem Zentimeterbereich aufwärts kommen die üblichen Messverfahren mit Klappmaßen (Zollstöcken) oder Maßbänder zum Einsatz. Selbst bei längeren Strecken führen diese Methoden zum Ziel, wobei zu berücksichtigen ist, dass viele kleine Messfehler summieren und Ergebnisse verfälschen können. Für diese Bereiche eignen sich besser indirekte, berührungslose Messverfahren.

Für präzise Messungen sehr kleiner Längen bzw. Distanzen bis zu 0,01 Millimeter – z. B. bei der Qualitätsprüfung von einfachen Drehteilen – verwendet man mechanische Präzisionsmessinstrumente wie Messschieber oder Mikrometerschrauben.

⁸⁴ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Entfernungsmessung>



Messung der Spurweite an Eisenbahngleisen^{85, 86}



Messschieber („Schieblehre“) bis 155 mm



Mikrometerschrauben

Solche Messinstrumente werden in vielen Bereichen unserer hochtechnisierten Welt angewendet. Diese Verfahren setzen allerdings einfache Formen wie quader-, zylinder- oder kugelförmige Werkstücke voraus. Bei kompliziert geformten Werkstücken reichen diese Messmethoden in der Regel nicht mehr aus. Dafür werden taktile Messverfahren angewendet. (Auch optische Verfahren sind möglich, siehe Kapitel 12.2.1.)

13.1.1 Lehren⁸⁷

Lehren sind keine Mess- sondern Prüfgeräte. Mit ihnen werden Istzustände von Gegenständen zur Kontrolle von Maß und Form geprüft.

Unveränderbare Lehren liefern eindeutige Aussagen. Entweder entspricht der Prüfling einer Vorgabe oder nicht (genau = kein Ausschuss, zu groß oder zu klein = Ausschuss).

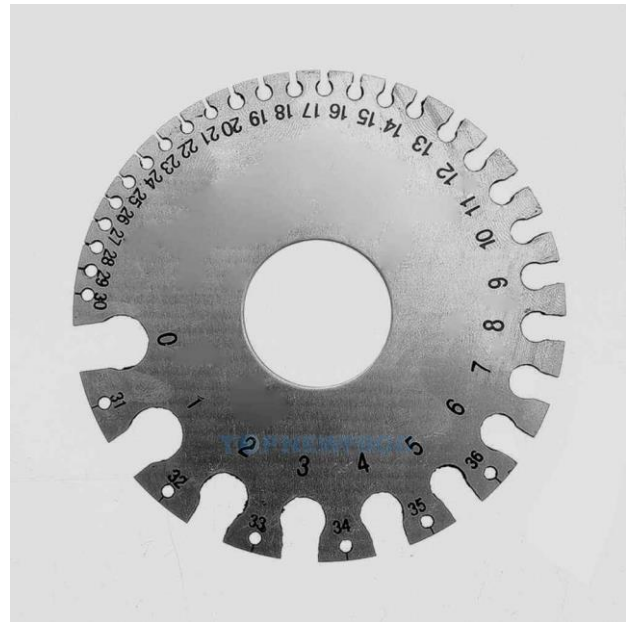
⁸⁵ <https://www.vermesser.co.at/leistungen/gleisvermessung/> Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung

⁸⁶ <https://www.nextsense-worldwide.com/de/schnelle-und-praezise-messung-der-gleisgeometrie.html> / Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung VERMESSUNGSBÜRO BOLTER+SCHÖSSER, Bludenz, Österreich

⁸⁷ [https://de.wikipedia.org/wiki/Lehre_\(Technik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Lehre_(Technik))



Rachenlehre⁸⁸



Drahtlehre

Im Gegensatz zu den unveränderbaren Lehren kann mit verstellbaren Lehren (Schieblehren, Mikrometerschrauben) erkannt werden, ob der Prüfling den Vorgaben entspricht oder wenn nicht, die Abweichungen in Zahlen anzeigen.



Mit Fühlerlehren ist man in der Lage, Spaltbreiten zu ermitteln. Sie finden immer dann Anwendung, wenn das Messen mit Messschiebern oder anderen Messgeräten wegen der geringen Abstände nicht möglich oder sehr umständlich ist

Fühlerlehre (auch Fächerspion oder Ventillehre)

13.1.2 Taktiles Messverfahren

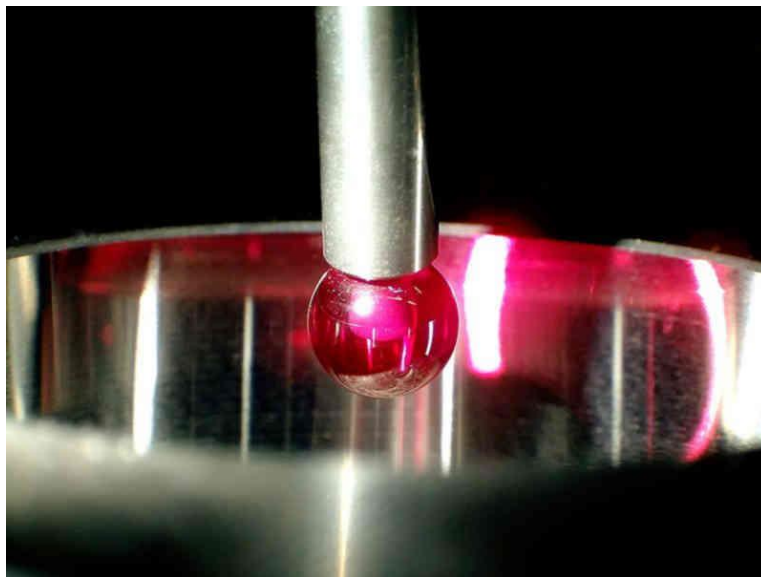
Die taktile Messung wird als die genaueste Methode der Messtechnik für geringe Abstände angesehen. Sie kommt dort zum Einsatz, wo es um äußerst gleichmäßige Oberflächen und Formgenauigkeit beispielsweise eines Drehteils ankommt. Sie ist eine Methode, um die Rauheit bzw. die Glätte von Werkstückoberflächen zu prüfen oder computergesteuert deren Form an bestimmten Stellen abzutasten, um zu erkennen, ob sich die Messwerte im Toleranzbereich befinden.

⁸⁸ VOGEL GERMANY Präzisions-Messwerkzeuge und Prüfmittel, Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung

Taster bzw. Sensoren berühren das Bauteil Punkt für Punkt. Hieraus ergibt sich die gesamte Geometrie des Prüflings, was einen Soll-Ist-Vergleich ermöglicht⁸⁹.



Taktile Vermessung eines Werkstücks⁹⁰



Messtaster mit Rubinkugel als Messspitze.

⁸⁹ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Koordinatenmessger%C4%84t>

⁹⁰ Foto: 3D Pagelt GmbH, Berlin, Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung

Vgl. https://www.3d-vermessung-berlin.de/img/taktile_Vermessung/Taktile_Vermessung_Kolben.jpg

13.1.3 Endmaße

Endmaße sind quader-, zylinder- oder kugelförmige Körper, die der Prüfung und Kalibrierung von Messgeräten und Prüfmitteln dienen. Sie bestehen aus sehr harten, abriebfesten Materialien wie Stahl oder Keramik und verkörpern eine mit einer hohen Genauigkeit bestimmte Länge.

Am gebräuchlichsten sind Endmaße aus Stahl, die, wenn sie gepflegt werden, den meisten Anforderungen genügen. Keramik-Endmaße dagegen sind pflegeleicht, haben eine sehr hohe Verschleißfestigkeit, eine stahlähnliche Wärmeausdehnung und ein geringes Gewicht, sind aber deutlich teurer.



Endmaßsatz aus Stahl⁹¹



Endmaßsatz aus Keramik⁹²



Prüfung einer digitalen Schieblehre mit einem 18-mm-Endmaß



Prüfung eines Endmaßes mit einem taktilen Messverfahren⁹³

13.2 Indirekte Messung (berührungslose Messung)

Die indirekte Messung kommt dann zum Einsatz, wenn große Strecken wie beim Bau von Straßen, Brücken oder Tunnel vermessen werden müssen. Frühe Methoden wurden bereits im Kapitel 5.1. beschrieben.

Bei der indirekten Messmethode werden Entfernungen nicht selbst gemessen, sondern von ihnen abhängige Größen. So können beispielsweise bei geodätischen Vermessungen über die Winkelfunktionen vertikale und horizontale oder über die Laufzeit eines Lasersignals die Längen von Strecken bestimmt werden.

⁹¹ Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung Fa. Prüfmittel24 GmbH

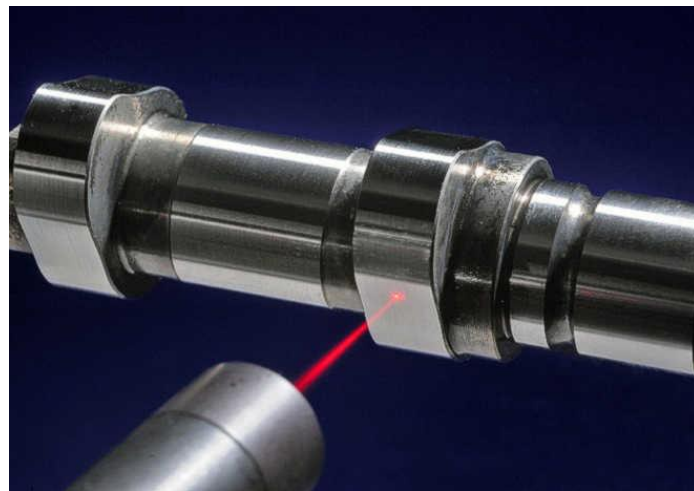
⁹² Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung Fa. Helios Preiner GmbH

⁹³ <https://www.directindustry.com/prod/tesa/product-24600-974772.html> / Foto: TESA SARL, Nutzung mit freundlicher Genehmigung: Klaus W. Ebel

13.2.1 Optische Vermessungen von Werkstücken⁹⁴

Neben den taktilen Messverfahren können mit optischen Sensoren Oberflächen von sehr komplizierten Werkstücken vermessen und Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche bis zu 0,001 mm in sehr kurzer Zeit erkannt werden.

Solche Messverfahren kommen vor allem bei der Qualitätsprüfung von Zahnrad-, Wellen- oder Schneckenfertigungen zum Einsatz. Überall da, wo es auf höchste Präzision ankommt wie beispielsweise im Getriebe- und Turbinenbau oder in der Luft- und Raumfahrttechnik, ist die exakte Maßhaltigkeit von Wellen, Lagern und Verzahnungen unabdingbar.



Optische Vermessung einer Nockenwelle⁹⁵

Forscher am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT haben einen interferometrischen Abstandssensor entwickelt, der geometrische Eigenschaften von Wellen, zum Beispiel Nocken- oder Kurbelwellen, mit Sub-Mikrometer-Genauigkeit absolut messen kann⁹⁶.

⁹⁴ <https://www.ipm.fraunhofer.de/de/gf/produktionskontrolle-inlinemesstechnik/anw/verzahnungsmessung-bauteil-klassifikation.html>

⁹⁵ Foto: Fraunhofer ILT, Aachen, Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung

⁹⁶ <https://www.springerprofessional.de/automobil---motoren/bidirektionaler-sensor-bd-1-misst-form-und-rauheit-von-wellen-in/6589574>

13.2.2 Computertomographische Messungen



Motorblock aus Aluspritzguss⁹⁷

Die bis jetzt beschriebenen Messverfahren stoßen an ihre Grenzen, wenn die zu prüfenden Objekte qualitätsentscheidende Innenstrukturen aufweisen wie beispielsweise bei einem Motorblock aus Aluspritzguss. Es ist dann meist kaum möglich, mit Tast- oder optischen Sensoren sichere Messergebnisse zu erzielen. In solchen Fällen wird die Computertomographie angewendet. Diese Methode führt zu hochpräzisen Messdaten.

13.2.3 Entfernungsmessung mit Laserstrahlen

Das Prinzip der Entfernungsmessung mittels Laserstrahl ist einfach und wird von uns fast täglich angewendet, zum Beispiel mit preiswerten Entfernungsmessgeräten, wie man sie im Baumarkt kaufen kann. Sie sind so etwas wie eine Stoppuhr mit Laser. Sie messen die Zeit, die ein Lichtpuls vom Gerät zu einem lichtreflektierenden Gegenstand und zurück benötigt und errechnen daraus den Abstand. Verbreitete Einsatzgebiete von Geräten zur Distanzmessung sind beispielsweise Laserpistolen der Polizei und Laser-Theodolite zur Landvermessung.



Laserpistole



Laser-Theodolit⁹⁸

13.2.4 Entfernungsmessung mit Funk- und Radiowellen

Wie alle elektromagnetischen Wellen wie Licht und Laserstrahlen breiten sich auch Funk- oder Radiowellen nahezu mit Lichtgeschwindigkeit aus und werden

⁹⁷ Bild: Mein Autolexikon.de, Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung

⁹⁸ Foto: Fa. Strobel Diamant, Bildnutzung mit freundlicher Genehmigung

praktisch von allen Objekten reflektiert. Die Hälfte der gesamten Laufzeit ist das Maß für die Entfernung zwischen Beobachter und Objekt.

Das machte man sich beispielsweise bereits im Zweiten Weltkrieg zur Ortung und Geschwindigkeitsmessung von Flugzeugen zu Nutze.

Die Nutzung von Radiowellen zur Entfernungsmessung wird heute allgemein mit dem Begriff Radarmessung belegt (Radar = Abkürzung für „radio direction and ranging“, frei übersetzt „funkgestützte Richtungs- und Abstandsmessung“).

Die Funkwellenmethode wird heute vorwiegend bei Entfernungsmessungen eingesetzt. Es können Entfernungen zwischen wenigen Zentimetern und mehreren Millionen Kilometern gemessen werden. Dieses Prinzip findet häufig bei der Raum- und zivilen Luftfahrt Anwendung.

Das wohl verbreitetste Anwendungsgebiet stellt das GPS-System dar (Global Positioning System). Eine große Zukunft verbirgt sich hinter dem Oberbegriff „Autonomes Fahren“.

Worüber sich Autofahrer öfter ärgern, sind die automatischen Geschwindigkeitskontrollen, die auf Radarmessungen beruhen. Diese Methode wird vorwiegend bei stationären Anlagen („Starenkästen“) angewendet.