

Paper-ID: VGI_191150



Festlegung der Länge des Normalmeters aus den Lichtwellenlängen als Naturmaßen

Hans Beran ¹

¹ *k. k. Obergeometer, Mödling*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **9** (12), S. 382–386

1911

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Beran_VGI_191150,  
  Title = {Festlegung der L{"a"}nge des Normalmeters aus den Lichtwellenl{"a"}  
    ngen als Naturma{\ss}en},  
  Author = {Beran, Hans},  
  Journal = {{{"0}sterreichische Zeitschrift f{"u"}r Vermessungswesen},  
  Pages = {382--386},  
  Number = {12},  
  Year = {1911},  
  Volume = {9}  
}
```



Objektivdiopter anzubringen wäre, ist horizontal und oben und unten durch Kurven begrenzt. Die eine Kurve kann man beliebig wählen, die andere ist dadurch bestimmt, daß der vertikale Abstand von der ersten Kurve an der Stelle D $\Delta = \frac{K}{D}$ betragen muß. Die Distanzmessung geschieht nun so, daß man

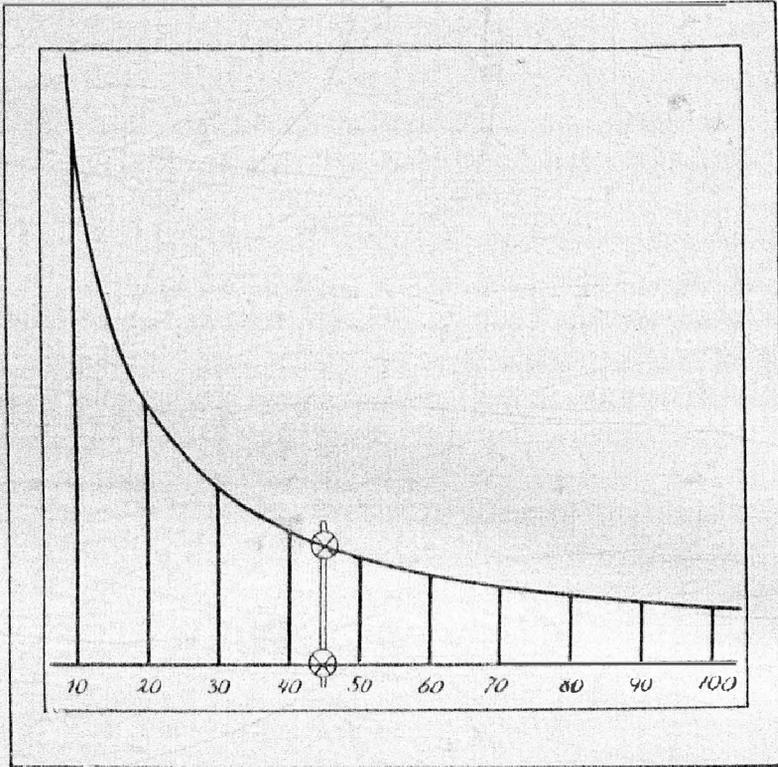


Fig. 2.

durch Verschiebung der Skala in horizontalem Sinn und des Auges in vertikalem Sinn jede Zielscheibe auf eine Kurve bringt. Die Ablesung an der Teilung ergibt unmittelbar die gesuchte Entfernung. Bei dem in der Zeichnung dargestellten Fall (Figur 2) ist die eine Kurve eine Gerade, die andere eine Hyperbel.

Festlegung der Länge des Normalmeters aus den Lichtwellenlängen als Naturmaßen.

Von k. k. Obergemeter **Johann Beran** in Mödling bei Wien.

Das Bestreben der Völker, sich Naturmaße als Maßeinheiten zu bedienen, finden wir in der überall seit ältesten Zeiten sehr gebräuchlichen Benützung von, dem menschlichen Körper entnommenen, natürlichen Maßen, wie Elle (Ellenbogenlänge), Faust- und Fußlänge etc., mit welchen man bekanntlich selbst bis in die neueste Zeit hinein rechnete. Man ging dabei von dem ganz richtigen Prinzip aus, die Maße von der menschlichen Willkür unabhängig zu machen und ein derartiges Maß zu schaffen, welches immer aus der Natur selbst heraus kon-

struierbar sei; leider aber sind die der lebendigen Natur entnommenen Urmaße infolge ihrer primitiven und wechselnden Form für jene obgenannten Maßeinheiten sehr verschieden ausgefallen, so daß z. B. der Fuß, welches Maß am meisten verwendet wurde, in jedem Lande und in diesem oft sogar wieder in den einzelnen Gebietsteilen und Städten eine andere Längendimension aufwies. In manchen deutschen Provinzen, wie Schleswig, Holstein, Lauenburg etc., mit verhältnismäßig sehr kleinen Landgebieten, herrschte ein solcher Wirrwarr von Landmaßen, daß dort wahrhaft trostlose Zustände eintraten. In oder neben Kirchen und Rathäusern wurden Normalmaße zahlreich aufgehängt oder eingemauert.¹⁾ Insoferne jedoch war die Benützung des Fußmaßes in der Tat etwas unvergängliches, als man sich jedenfalls eine bestimmte Anschauung von einer solchen Länge schaffen konnte, auch wenn kein Urexemplar eines solchen Maßstabes überliefert worden wäre. Von den griechischen Stadien, ein Maß, welches willkürlich angenommen wurde, und von welchem auch ein Urmaß nicht erhalten blieb, wissen wir über ihre wahre Länge nichts Bestimmtes. Die große Anzahl verschiedener Maßsysteme erschwerte empfindlich den internationalen Handel und beschäftigte daher schon längere Zeit die Gelehrten, um eine Reformation des Maß- und Gewichtssystems herbeizuführen. Huygens machte bereits in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts den Vorschlag, die Länge des Sekundenpendels als Längeneinheit zu nehmen. Er war es, der als erster darauf hinwies, daß die Grundlage jedes Normalmaßes eine ewige unveränderliche Größe sein müsse — eine heute allgemein anerkannte Wahrheit. Der französische Astronom Pierre Picard verglich auch tatsächlich gelegentlich der Vornahme seiner Gradmessung zwischen Paris und Amiens, 1669–1670²⁾ die Kopie seines Normalmaßes mit der Länge des Sekundenpendels in Paris. Seine Pendelmessungen waren aber noch derart primitiver Natur, daß eine genaue Festlegung hiedurch ausgeschlossen war. Später am Ende des 18. Jahrhunderts wurde die Idee, die Länge des Sekundenpendels als Grundlage eines Normalmaßes zu nehmen, abermals aufgegriffen und sollte die Längeneinheit im 45. Breitengrad festgelegt werden. Bei dem Umstande, als die näheren Beratungen der französischen Kommission, der unter andern die berühmten Gelehrten Lagrange und Laplace angehörten, ergaben, daß die Bestimmung des Sekundenpendels von zweifellos veränderlichen Größen, wie die Zeiteinheit³⁾ und die Schwerkraft solche sind, abhängig ist, wurde diese Art einer Längenbestimmung gänzlich verworfen und seither auch nicht mehr in Erwägung gezogen. Eine etwas kuriose Idee war der von Böhm im Jahre 1750 gemachte Vorschlag, den Weg, den ein Körper im luftleeren Raume an einem bestimmten Punkte der Erdoberfläche in der ersten Sekunde zurücklegt, als Längeneinheit zu nehmen. Der französischen Revolution blieb es vorbehalten, auch hier bahnbrechend einzuwirken und mit den alten Maßsystemen aufzuräumen. Die französische National-

¹⁾ Z. B. beim Haupttore der Stephanskirche in Wien.

²⁾ Fortgesetzt 1685–1716 von De Lahire, Dominique Cassini und Jacques Cassini im Norden bis Dünkirchen, im Süden bis Collioure.

³⁾ Bedingt durch die Veränderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde.

versammlung nahm am 26. März 1791 den Erdmeridianquadranten als unwandelbare Basis an und ordnete die Vermessung eines Teiles desselben an, um eine fundamentale natürliche Maßeinheit zu gründen, die unveränderlich und leicht auffindbar sein sollte. Noch ehe die neue Vermessung ausgeführt war, wurde vom Konvent am 1. August 1793 das Meter als der zehnmillionste Teil des Erdmeridianquadranten als obligatorisches Längenmaß proklamiert.

Wegen der damals obwaltenden Unsicherheit über das Verhältnis der Länge der Toise du Pérou zum Umfange eines Meridians, und weil man das Resultat der neuen Gradmessung nicht abwarten wollte, um erst dann das Metermaß einzuführen, wurde eine Länge von 443·44 Linien der Toise du Pérou als *mètre provisoire* erklärt und die definitive Einführung des Metermaßes in Frankreich durch das Gesetz vom 25. Juni 1800 angeordnet. Als die neue Gradmessung von Delambre und Méchain 1792—1808 zwischen Dünkirchen $51^{\circ} 2' 8.85''$ n. B. und Barcelona (Montjoux) $41^{\circ} 21' 44.96''$ n. B. ausgeführt war, zeigte sich nach der gegebenen Definition, daß ein Meter 443·296 Pariser Linien betrug. Das hierüber veröffentlichte Werk lautet: «Base du système métrique décimal, ou mesure du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1702 et années suivantes, par M. M. Méchain et Delambre, rédigée par M. Delambre. Tome premier Paris janvier 1806, tome second Paris juillet 1807, tome troisième Paris novembre 1810». Nunmehr verzichtete man aus sehr begreiflichen Gründen, das Meter je nach der dem Standpunkte der geodätischen Wissenschaft veränderlichen Korrektur zu verbessern, und so auf's neue die Grundlagen des metrischen Systems zu ändern, und behielt die einmal gesetzlich festgesetzte, ursprünglich willkürlich gewählte Länge von 443·296 Pariser Linien als definitive Länge des Meters, als sogenanntes Konventionmeter¹⁾ bei. Auf solche Art war man definitiv vom Naturmaß abgekommen. Hiedurch ist aber auch nicht viel verloren, denn eine weitere spätere Herleitung des Meters aus den Erdkörperdimensionen bei einem eventuellen Verlust des Urmeters ist abgesehen davon, daß doch bei jeder Gradmessung mit fortschreitender Wissenschaft entschieden stets verschiedene Genauigkeiten erzielt werden, schon aus dem Grunde sicherlich nicht zu verbürgen, da die Erddimensionen (Länge des Meridians) selbst durch die fortschreitende Abkühlung des Erdinnern im Laufe der Jahrtausende unzweifelhaft Veränderungen unterworfen sind. Die seinerzeitige Absicht der geistig hervorragenden und bedeutenden Männer des damaligen napoleonischen Frankreich, ein unorganisches und unveränderliches Kontrollmaß zu schaffen, war zunichte geworden. Nichtsdestoweniger bildet heute das Metermaß die Grundlage des Maßsystemes. Es wurde 1820 in Belgien, 1872 in Deutschland und 1876 in Österreich²⁾ eingeführt, neuerdings neben dem nationalen System auch in England und Rußland als zulässig erklärt. Es gilt hiernach gegenwärtig in ganz Europa, außerdem in Mexiko, Kolumbia, Venezuela, Argentinien, Uruguay, in der asiatischen Türkei und in Algerien. Im britischen Weltreich und in den vereinigten Staaten von Nordamerika ist es zugelassen.

¹⁾ *mètre vrai et définitif*.

²⁾ Gesetz vom 23. Juni 1871, R.-G.-Bl. Nr. 16 ex 1872.

Kürzlich brachte eine Zeitungsnotiz die Kunde, daß auch das reformierende China der seit dem Jahre 1875 bestehenden Meterkonvention beizutreten gewillt ist.

Das internationale Prototyp des Meters ist im internationalen Maß- und Gewichtsbureau («Bureau International des poids et mesures» in Breteuil bei Sevrès nahe bei Paris) niedergelegt. Dieses Bureau liefert für die einzelnen Staaten Urmaße aus Platin(90⁰/₀)-Iridium (10⁰/₀) mit H-förmigen Querschnitt und Strichmaß versehen, welche von den Normal-Eichungskommissionen der einzelnen Länder aufbewahrt werden.

Die allgemeine Verbreitung des Metermaßes hat wesentlich auf die Förderung des Handels und Verkehrs gewirkt. Inzwischen ist man aber trotzdem noch immer auf der Suche nach einem Körper, der stets dieselben Abmessungen liefert, wo er sich auf der Erdoberfläche auch befinden mag. In französischen Gelehrtenkreisen schlägt man vor, die Durchschnitts-Barometerhöhe am Meerespiegel für die Schaffung eines neuen Maßes zu wählen.¹⁾ In diesem Falle würde das neue Meter um 3.3 *cm* länger als das bisherige. Die Einwände, die gegen diese neue Maßeinheit geltend gemacht werden müssen, sind der unausgesetzte Wechsel des Luftdruckes.

Neuestens wird, besonders in Frankreich und Deutschland, als Grundlage zur Schaffung eines neuen Normalmaßes die Länge der Lichtwellen vorgeschlagen, die von dem Dampfe eines einheitlich zusammengesetzten chemischen Körpers, eines Elementes, ausgesandt werden. Die Länge dieser Wellen wird von irdischen Einflüssen nicht verändert. Die erste Idee hierzu gab der englische Physiker Maxwell, indem er vorschlug, die Wellenlänge der D Linie im Spektrum des Natrium-Dampfes als ein solches anzunehmen. Die Methode der Lichtwellenmessung war jedoch damals noch so unzureichend, daß die Genauigkeit der Vergleichung des Meters mit der Wellenlänge auf zirka $\frac{1}{4}$ *mm* bloß heranreichte und daher zur Maßbestimmung resp. Vergleichung nicht geeignet war. Es mußte doch erstrebt werden, daß Maßstäbe, welche direkt aus dem Naturmaß hergestellt werden, auf dem Komparator keine Differenzen zeigen.

Erst die beiden amerikanischen Gelehrten Michelson und Morley nahmen in den achziger Jahren neue Messungen mit Hilfe von Interferenz-Erscheinungen vor, auf Grund welcher Versuche das internationale Maß- und Gewichts-komitee in Paris den Physiker Michelson aufforderte, seine aufsehen-erregenden Arbeiten in Paris fortzusetzen und die insoferne ein sehr befriedigendes Resultat zeigten, als die gleiche Genauigkeit wie bei Vergleichung durch den Komparator erzielt werden konnte. Vorbereitenderweise wurde für eine große Anzahl von Metaldämpfen die Lichtwellenlänge im luftleeren Raume bestimmt, so insbesondere für das Kadmium, da dessen Dampf speziell die feinsten Spektrallinien ergibt.

Die Meßmethode ist im Prinzip sehr einfach: es sind die Wellenlängen, die einem Meter entsprechen, für eine bestimmte Linie des Spektrums zu zählen. Es entfallen z. B. auf eine Länge von 10 *cm* rund 150.000 bis 200.000 Lichtwellen. Auf die Ausführung der Messung selbst, sowie die Beschreibung der

¹⁾ Siehe I. Jahrgang Seite 154 dieser Zeitschrift.

äußerst komplizierten Bestimmungsinstrumente kann hier nicht eingegangen werden und mögen bloß einige Angaben der erzielten Resultate genügen.

Es ergeben sich aus den Michelson'schen Messungen¹⁾ bei verschiedenen Beobachtungsreihen, die in der Zeit vom Oktober 1892 bis März 1893 ausgeführt wurden, für die roten, grünen und blauen Strahlen bei einer Lufttemperatur von 15° des Quecksilberthermometers und einem Luftdruck von 760 *mm* folgende Werte:

1 *m* = 1,553.163·5 Wellenlängen rot, dah. 1 Wellenlänge rot = 0·643.847.22 μ ²⁾
 1 *m* = 1,966.249·7 « grün, « 1 « grün = 0·508.582.40 μ
 1 *m* = 2,083.372·1 « blau, « 1 « blau = 0·479.991.07 μ

Für spektroskopische Untersuchungen ist seit dem Jahre 1905 als Einheit die Wellenlänge des roten Lichtes des Kadmiumspektrums festgesetzt. Vor einigen Jahren haben die französischen Physiker Benoit, Fabry und Pérot³⁾ nach bequemeren und schnelleren Methoden eine Untersuchung durchgeführt, die sich auf den Vergleich des in Paris aufbewahrten Urmeters mit der Wellenlänge des Lichtes, und zwar gleichfalls des roten Lichtes des Kadmiumspektrums bezog. Es wurde festgestellt, daß das Urmeter gleich 1,553·164·13 Wellenlängen λ des roten Lichtes des Kadmiumspektrums beträgt. Daraus berechnet sich die Wellenlänge λ zu 0·643.846.96 Mikron. Diese Werte liegen so nahe den vor zirka 14 Jahren auf gleichem Wege ermittelten, daß man schließen kann, daß sich das in Paris aufbewahrte Urmaß im Laufe dieser Zeit nicht verändert hat. Ein genauer Bericht über diese Untersuchung findet sich in den «Comptes rendus» Band 144.

Es scheint hiemit also bei der Beständigkeit der Lichtwellenlänge des besonders geeigneten Kadmium, daß dessen Dampf speziell als dereinstige Grundlage eines neuen Maßsystems und bei dem engen Zusammenhang, in dem Maß- und Gewichtssystem stehen, auch eines neuen Gewichtssystems in Aussicht gestellt wird.

Kleine Mitteilungen.

Auszug aus dem Staatsvoranschlag 1912. Für das Jahr 1912 werden die ordentl. Ausgaben für den Grundsteuerkataster und dessen Evidenzhaltung mit 6,116.894 K veranschlagt, daher gegenüber dem 1911 präliminierten Betrage per. 5,860.408 K höher um 256.486 K

Mehrbeträge bei den persönlichen Bezügen sind entstanden

1. Durch Einstellung eines Evidenzhaltungs-Inspektors in Niederösterreich und 6 Geometerstellen infolge Errichtung von 3, bezw. 1 und 2 neuen Vermessungsbezirken in Böhmen, Schlesien und Bukowina (pro 1911 mit einer Tangente von 15.826 Kronen vorgesehen), dann 10 Grundbuchsgeometern und 30 Eleven für Galizien, und außerdem 28 Eleven für die übrigen Kronländer. 2. Durch ad personam Ernennungen und 3. durch die Vorrückung in höhere Gehaltsstufen der Beamten und Diener, durch den gesetzlichen Anspruch auf höhere Adjuten der Eleven und durch Vorrückung von Kanzleioffizianten in höhere normale Jahresbezüge. Außer den präliminierten 711 Evidenzhaltungsbeamten, 301 adjutierten und 10 unadjutierten Evidenzhaltungs-Elven gehören auch 57 Geometer

¹⁾ Eggert: Michelson, Détermination expérimentale de la valeur du mètre en longueurs d'ondes lumineuses. Trav. et Mém. du bur. intern. des poids et mesures Tome XI, Paris 1895.

²⁾ μ = Mikromillimeter = 0·001 *mm*.

³⁾ Benoit, Fabry et Pérot, Nouvelle détermination du mètre en longueurs d'ondes lumineuses. Compt. rend. hebdom. 1907.