

Die neuen  
**Kilogramm- und Meterprototype.**

Von

**Viktor von Lang.**

---

Vortrag, gehalten den 18. Februar 1891.

Mit einer Abbildung im Texte.



„Treu und Glauben sei Eins, Eins Maß und Gewicht auch und Münze,  
Dann bricht die goldene Zeit für den Erdenball an.“

Budäus,<sup>1)</sup>

Das Maß- und Gewichtssystem aller Staaten, welche das metrische Maß eingeführt haben, beruhte bisher auf Copien des im Pariser Staatsarchive aufbewahrten Originalmeter und des Originalkilogramm. Diese Copien könnten natürlich nur zufällig genau gleich ihren Originalen sein; in Wirklichkeit weichen sie davon ab. Solches schadet aber gar nichts, wenn man nur den jedenfalls kleinen Betrag der Abweichungen kennt. Zu dem Zwecke mussten die Copien in Paris mit den Originalen direct verglichen werden, und zwar die Kilogramme mit der Wage, die Meter mittels

---

<sup>1)</sup> So übersetzt G. Karsten (Die internationale General-Conferenz für Maass und Gewicht in Paris 1889, Kiel 1890) das Distichon:

*Una fides, pondus, mensura, moneta sit una  
Et status illaesus totius orbis erit.*

Dasselbe findet sich in: Extrait ou Abregé du livre de Asse, du feu Mr. Budé, auquel les monnoyes, poids et mesures anciennes sont réduites à celles de maintenant. Revû de nouveau, corrigé et additionné. Paris 1550 in 12<sup>mo</sup>. Auch deutsch von Baumgarten, Halle 1750.

eines sogenannten Comparators. Diese Vergleichen wurden entsprechend der Ausbreitung des metrischen Systems zu sehr verschiedenen Zeiten vorgenommen, manche schon im Anfange unseres Jahrhunderts, wo die nöthigen Instrumente noch lange nicht den hohen Grad der Vollendung hatten wie jetzt. Die Instrumente erreichten ihre hohe Ausbildung ja gerade dadurch, dass man bei jeder neuen Vergleichung bemüht war, Verbesserungen einzuführen. Nachtheilig wirkte bei allen Vergleichen auch der Umstand, dass der Natur der Sache nach die angewandten Instrumente nicht dauernd aufgestellt waren, und dass daher die ganze Einrichtung jedesmal neu gemacht werden musste.

Dies alles führte zu Zweifeln über die Richtigkeit der für die verschiedenen Copien angenommenen Werte, und man wurde hierin noch mehr bestärkt, als man fand, dass sogenannte Normalmeter, welche in verschiedenen Ländern angefertigt worden waren, bis zu  $\frac{1}{10}$  Millimeter abwichen, ein Betrag, der nicht einmal für die Praxis zulässig ist.<sup>1)</sup> Man war geneigt, sogar die Unveränderlichkeit der Pariser Originale zu bezweifeln, und fürchtete, dieselben hätten im Laufe der Zeit Schaden gelitten.

Zur Beseitigung dieser Unsicherheit des metrischen Systems trat in Paris in den Jahren 1870 und 1872

---

<sup>1)</sup> Siehe W. Förster: Über das metrische System und die internationale Organisation des Maß- und Gewichtswesens. Berlin 1873.

eine internationale Commission zusammen, welche aus Fachmännern nahezu aller Länder der Erde bestand. Die Beschlüsse dieser Versammlung gipfelten in folgenden Wünschen: Es sollen auf Grund des Pariser Originalmeter und Kilogramm gleichzeitig nach den neuesten Erfahrungen eine größere Anzahl von Meter- und Kilogrammprototypen verfertigt und sorgfältigst untereinander verglichen werden. Diese Prototype sollen dann unter die einzelnen Staaten vertheilt werden, wodurch die Unabhängigkeit des metrischen Systems von dem Schicksale der Pariser Originale festgestellt wäre. Zur Ausführung der Vergleichen soll ein internationales Bureau in Paris gegründet werden und zur Leitung desselben ein permanentes internationales Comité eingesetzt werden, welches nebst allen einschlägigen wissenschaftlichen Arbeiten die beständige Controle über die Reinheit und Unveränderlichkeit des metrischen Systems zu führen hätte.<sup>1)</sup>

Diese Wünsche fanden durch eine 1875 in Paris versammelte diplomatische Conferenz ihre Erfüllung. Es wurde die Convention du mètre entworfen und von 16 Staaten alsbald ratificiert, 5 Staaten traten noch in der Folgezeit bei. Auf Kosten dieser Staaten wird das internationale Bureau des Poids et Mesures unter-

---

<sup>1)</sup> Weiteres über die getroffenen internationalen Abmachungen siehe bei F. Ris, Zur Geschichte des internationalen Maß- und Gewichtsbureaus und der neuen Prototype des Meters und des Kilogramms. Bern 1890.

halten, für welches die französische Nation den Pavillon de Breteuil und das dazu gehörige Terrain im Parke St. Cloud als fürstliches Geschenk widmete. Die Leitung und ausschließliche Oberaufsicht über dieses Bureau führt ein permanentes Comité, welches, aus 14 Mitgliedern aus den verschiedenen Staaten bestehend, sich alle Jahre einmal in Paris versammelt. Das Comité wird gewählt von der Conférence générale, worin alle Staaten durch einen oder mehrere Vertreter repräsentiert sind und die sich alle zehn Jahre in Paris versammeln soll.

Die erste Aufgabe des internationalen Bureaus war nun die Vergleichung der neuen Meter- und Kilogrammprototype, deren Herstellung einer eigenen französischen Metercommission überlassen wurde. Herstellung und Vergleichung der neuen Prototype erforderten aber 14 Jahre, so dass erst im Jahre 1889 die allgemeine Meterconferenz einberufen werden konnte, welche dann die bisherigen Arbeiten sanctionierte und die Vertheilung der Prototype durch das Los vornahm.

Ich werde Ihnen nicht alle Details der Herstellung dieser Prototype erzählen, insbesondere werde ich gerade über den wichtigsten Theil, über die Vergleichung derselben mich kurz fassen müssen. Sie werden aber auch so den Eindruck bekommen, dass die „Metrologie“, d. i. die Wissenschaft, die sich mit Maßvergleichen beschäftigt, mit staunenswerter Genauigkeit arbeitet, dass sie Dinge misst und wägt,

die fast keine Ausdehnung und kein Gewicht mehr haben.

Nachdem wir überhaupt nicht streng wissenschaftlich vorgehen können, werden Sie auch gestatten, dass ich mit dem Kilogramm beginne, obwohl dasselbe, da es aus dem Meter abgeleitet ist, historisch später zu behandeln wäre.

Das Kilogramm ist theoretisch die Masse von einem Kubikdecimeter, oder was dasselbe von einem Liter Wasser, wenn letzteres die Temperatur von  $4^{\circ}$  C hat. Es wäre fehlerhaft, statt Masse zu sagen: das Kilogramm ist das Gewicht von einem Liter Wasser. Das Gewicht ist die Kraft, mit welcher die Masse von der Erde angezogen wird: diese Anziehung ist aber verschieden stark auf verschiedenen Punkten unseres Welttheiles, sie nimmt ab nach dem Äquator hin und auch wenn wir uns in die Höhe begeben. Würde ich auf diesen Tisch hier steigen, so würde ich durch diese geringe Erhebung von ungefähr einem Meter schon um 30 Milligramm, also beiläufig um das Gewicht einer Briefmarke, leichter geworden sein.

Die Masse eines Körpers ist dagegen unveränderlich und auch gerade dasjenige, was für das gewöhnliche Leben von Bedeutung ist. Für den Käufer von einem Kilo Fleisch ist es natürlich ganz gleichgiltig, wie stark dasselbe von der Erde angezogen wird, dagegen von Wichtigkeit, dass er immer dieselbe Masse von Fleisch erhalte. Die Masse eines Körpers bestimmen wir freilich mit der Wage, weil an einem und demselben Orte

der Erde gleichen Massen auch gleiche Gewichte entsprechen. Wir würden aber zu kurz kommen, wenn man uns das Fleisch mit einer Federwage zumisst, die am Äquator geacht worden war. Die Masse, welche die Feder am Äquator bis zum ersten Kilostrich spannt, würde in unseren Breiten den Zeiger weiter treiben, hier hat schon eine kleinere Masse das Gewicht von einem Kilogramm.

Aus meinen früheren Angaben und wenn ich Ihnen sage, dass ich beiläufig die Masse von 100 *kg* besitze, können Sie leicht ausrechnen, dass ein einziges Kilogramm durch Erhebung um  $\frac{1}{3} m$  ungefähr um  $\frac{1}{10}$  Milligramm leichter werden muss. So gering dieses Gewicht ist (der dreihundertste Theil einer Briefmarke), so werden doch jetzt Wagen verfertigt, die so kleine Unterschiede mit Sicherheit erkennen lassen. Bei solchen Wagen ist es daher nicht mehr gleichgiltig, ob das Kilogrammstück auf der Wagschale liegt oder ob es an einem Faden  $\frac{1}{3} m$  unter derselben hängt, wie das bei Wägungen im Wasser vorkommt, wovon wir alsbald sprechen werden. Ich freue mich, sagen zu können, dass zu den besten Wagen der Neuzeit die hier in Wien von Herrn A. Rüprecht verfertigten gehören. Auf einer von ihm gelieferten Wage wurden auch die Vergleichen der neuen Kilogrammprototype ausgeführt.

Der theoretischen Bestimmung des Kilogramm musste die wirkliche Construction eines Prototypes folgen, d. h. eines Metallstückes, das die gleiche Masse



wie ein Liter Wasser bei 4<sup>0</sup> C. hat; Metallstück und Wasser sollten also im leeren Raum gleich schwer sein. In der Luft können sie dann nicht mehr gleich schwer sein, da ja in der Luft, so wie in den Flüssigkeiten, jeder Körper so viel an seinem Gewichte verliert, als das Gewicht der verdrängten Luft oder Flüssigkeit beträgt. Es ist dies das bekannte Archimedische Princip, welches auch zur Construction des Kilogramm benutzt wurde. Die directe Methode liefert nämlich keine genauen Resultate. Man könnte wohl einen Hohleylinder von bekannten Abmessungen machen, aber wegen der Erscheinungen am Rande von Flüssigkeiten nicht genau beurtheilen, ob der Cylinder schon mit Wasser voll ist oder nicht. Wie Sie wissen, kann man ja ein Trinkglas sogar so füllen, dass die Flüssigkeit höher steht als der Rand des Glases.

Dagegen liefert das Archimedische Princip ein gutes Verfahren zur Bestimmung des Kilogramm. Man hieng unter die eine Wagschale der Wage einen Messingcylinder, dessen Höhe und Durchmesser genau abgemessen waren, tarierte ihn, brachte dann ein Gefäß mit Wasser so an, dass der Messingcylinder ins Wasser tauchte und bestimmte, wieviel derselbe leichter wurde. Man fand so, indem man das altfranzösische Gewicht benutzte, dass ein Liter Wasser von 4<sup>0</sup> C. das Gewicht von 2 Pfund, 5 Gros, 35 Grains haben muss.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Die Arbeiten welche zur Herstellung des Archivmeter und des Archivkilogramm führten, finden sich gesammelt in

Die fernere Aufgabe bestand nun darin, einen Platincylinder von dem angegebenen Gewicht zu verfertigen. Diesem Cylinder wurde eine Form gegeben, bei der die Höhe gleich ist dem Durchmesser. Die Messung der Höhe und des Durchmessers führt aber nicht zur genauen Bestimmung des Volumens des Platincylinders, da seine Kanten etwas abgerundet sind und auch der Durchmesser an verschiedenen Stellen etwas verschieden ist. Und doch wäre eine sehr genaue Kenntnis dieses Volumens nothwendig, um die beschriebenen Wägungen auf den luftleeren Raum reducirern zu können, wie aus dem früher Gesagten hervorgeht.

In der That hat man auch das Archivkilogramm im Wasser gewogen, sein Gewichtsverlust gibt ja das Volumen, da jedem Gramm Wasser das Volumen von einem Cubikcentimeter entspricht. Diese Wägungen haben aber große Bedenken in betreff der Unveränderlichkeit des Originalkilogramm wachgerufen, so dass man in späterer Zeit solche Versuche nicht mehr damit anstellte. Das Kilogramm zeigt nämlich auf seiner Oberfläche Poren, in welchen noch Schmirgelkörner lagern, die offenbar vom Abschmirgeln des Cylinders herrühren, als er auf sein richtiges Gewicht gebracht

---

dem Werke: Base du système métrique décimal, ou mesure de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1792 et années suivantes par M. M. Méchain et Delambre, t. I, Paris 1806, t. II, Paris 1807, t. III, Paris 1810.

wurde.<sup>1)</sup> Beim Wägen im Wasser ist aber die stets vorhandene Gefahr noch größer, dass einzelne dieser Schmirgelkörner sich loslösen, wodurch das Gewicht des Kilogramm eine Verringerung erleidet.

Dieser poröse Zustand der Oberfläche hängt damit zusammen, dass man bis auf die neuere Zeit das Platin nicht schmelzen konnte. Man schied es aus einer chemischen Verbindung als Pulver ab und vereinigte dieses Pulver in der Glühhitze durch Hämmern zu einem soliden Ganzen. Das Platin zeigt nämlich dieselbe Eigenschaft, die das Eisen so unschätzbar macht, d. i. die Eigenschaft sich schweißen zu lassen. Aber solche geschweißte Platinstücke sind doch nicht so homogen wie die jetzt mit Hilfe der Knallgasflamme durch Schmelzung erzeugten Stücke, wenigstens das Originalkilogramm zeigt die beschriebenen, sehr bedenklichen Poren an seiner Oberfläche.

Wenn nun auch die Befürchtung nicht ungegründet ist, dass das Pariser Kilogramm nicht mehr vollkommen seine ursprüngliche Masse besitzt, so kommt hierbei das weniger in Betracht, dass dadurch das Kilogramm aufhört, ein sogenanntes Urmaß zu sein, d. h. ein solches, welches, wenn es verloren gegangen, aus seiner

---

<sup>1)</sup> Siehe: C. A. Steinheil, Über das Bergkrystall-Kilogramm, auf welchem die Feststellung des bayrischen Pfundes nach der Allerhöchsten Verordnung vom 28. Februar 1809 beruht. Abh. des math.-phys. Classe der kgl. bair. Akademie der Wissensch., IV. Band (in der Reihe der Denkschriften der XIX. Band). München 1846. S. 168.

Definition absolut genau wieder hergestellt werden könnte. In absolutem Sinne war nämlich das Kilogramm nie ein Urmaß, dazu wäre vor allem nöthig, dass das Meter ein Urmaß wäre, dies ist aber, wie wir noch besprechen werden, auch nur näherungsweise der Fall. Außerdem wurde die Bestimmung der Masse eines Liters Wasser von 4<sup>0</sup> C. von verschiedenen Forschern wiederholt und etwas verschieden gefunden von den Kilogrammcopien, die sie von Paris bezogen hatten.

Es ist nicht unmöglich, dass das Pariser Kilogramm vielleicht um  $\frac{1}{10000}$  falsch ist gegen seine theoretische Definition. Die genaue Ermittlung der Masse eines Liter Wasser auf Grund der neuen Maßeinheiten wird eine wichtige Aufgabe für das internationale Bureau bilden.

Bei der Construction der neuen Kilogrammprototype hat man sich auch nicht weiter an die theoretische Definition gehalten, sondern wie bisher das Stück Platin, das im Pariser Staatsarchiv aufbewahrt wird, als Masseneinheit festgesetzt. Freilich büßt hiedurch das Kilogramm den Charakter eines Urmaßes ein, da aber gleichzeitig 40 Copien gefertigt wurden, die mit größter Genauigkeit unter sich verglichen sind, ist das weitere Schicksal des Pariser Archivkilogramm bedeutungslos geworden.

Die neuen Prototype sind aus einer Legierung von 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Platin und 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Iridium gefertigt. Diese Legierung ist sehr widerstandsfähig gegen chemische

Angriffe und bedeutend härter als das reine Platin, nimmt auch eine sehr schöne Politur an. Die Gestalt der neuen Prototype ist die gleiche wie die des Archivkilogramm: ein Cylinder von gleichem Durchmesser und Höhe. Die Herstellung dieser Cylinderstücke im Rohen, welche durch die Firma Johnson Matthey & Co. in London geschah, war mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Die Legierung durfte nämlich von fremden Metallen vorschriftsmäßig nur einen äußerst geringen Procentsatz enthalten. Namentlich fürchtete man einen größeren Gehalt an Eisen. Die Reinigung des Platins besonders aber des Iridiums von den fremden Metallen erforderte große Mühe und erst die Auffindung ganz neuer chemischer Methoden.<sup>1)</sup> Schließlich aber gelang das Werk, und die genannte Firma erzeugte in einer Schmelzung 65 kg der angegebenen Legierung von der vorschriftsmäßigen Zusammensetzung. Aus diesem Stück wurden nun die einzelnen Cylinder hergestellt und von dem Mechaniker Collot in Paris nahezu auf ihr richtiges Gewicht gebracht und poliert.

Vorher hatte man schon auf dieselbe Weise drei Kilogramme verfertigt, welche mit dem Archivkilogramm verglichen und solange abgeschliffen wurden,

---

1) Die Details der Herstellung und Vergleichung der neuen Kilogramm- und Meterprototype siehe in: Rapport sur la construction, les comparaisons et les autres opérations ayant servi à déterminer les équations des nouveaux prototypes métriques; présenté par le Comité international des poids et mesures, rédigé par le Dr. J. René Benoit. Paris 1889.

bis sie natürlich auf leeren Raum reduciert nahezu dasselbe Gewicht hatten. Namentlich eines dieser Kilogramme mit der Bezeichnung *KIII* zeigte vollkommene Übereinstimmung, so dass man sagen konnte, dieses Kilogramm ist identisch mit dem Archivkilogramm, wenigstens so weit als das Volumen des letzteren bekannt ist.

Dieses Kilogramm *KIII* wurde nun als neues internationales Prototyp bestimmt, dasselbe wird mit  $\mathcal{K}$  bezeichnet und bildet für die Zukunft die Einheit des Gewichtssystems aller Länder. Mit diesem internationalen Prototyp, welches im Keller des internationalen Bureaus aufbewahrt ist, wurden nun die vierzig nationalen Prototyp aufs sorgfältigste in Luft verglichen und die Abweichungen derselben auf den leeren Raum reduciert; diese Abweichungen halten sich in den Grenzen von  $0.244\text{ mg}$  im zu viel und von  $0.953\text{ mg}$  im zu wenig. Österreich erhielt bei der Verlosung die beiden mit  $K_{14}$  und  $K_{33}$  bezeichneten Prototypen von dem ersteres um  $0.247\text{ mg}$ , letzteres um  $0.061\text{ mg}$  zu leicht ist.

Natürlich wurde auch, wie dies bei jeder exacten Messung nöthig ist, die Sicherheit der angegebenen Zahlen bestimmt. Es gelingt dies dadurch, dass man dieselbe Messung oftmals wiederholt. Die verschiedenen Messungen geben natürlich etwas verschiedene Werte, aber der größte Theil dieser Werte wird nicht viel von einander abweichen; je näher sich diese Werte zusammendrängen und je seltener große Ab-

weichungen sind, desto wahrscheinlicher wird der Mittelwert aller Beobachtungen werden. Beispielsweise kann man bei dem jetzt im Besitze Österreichs befindlichen Kilogramm Nr. 33 eins gegen vierzehnhundert wetten, dass der Betrag, um welchen es gegen das internationale Kilogramm  $\mathfrak{K}$  zu leicht ist, bis auf  $0.01\text{ mg}$  mehr oder weniger richtig sein muss.

Behufs der Reduction auf den leeren Raum musste natürlich auch das Volumen der neuen Kilogramm-prototype aufs sorgfältigste bestimmt werden. Hier war es leicht, da diesen Prototypen das Wägen im Wasser nicht das geringste schadet, ihre Oberfläche ist ja spiegelglatt und wird durch nichts alteriert.

Ich komme nun zu dem Meter. Dasselbe wurde auch mit Hilfe des bisherigen Längenmaßes construiert. Die Einheit des letzteren, Toise genannt, entspricht beiläufig unserer früheren Klafter. Durch das Gesetz vom 10. December 1799 wurde nun die Länge des Meter gleich  $443.296$  Linien der Toise festgesetzt.

Man hatte nämlich auf Grund der Gradmessung zwischen Dünkirchen und Barcelona den vierten Theil des Pariser Meridians zu  $5,130.740$  Toisen berechnet; dividirt man nun die letztere Zahl durch  $10$  Millionen, so erhält man die gesetzliche Länge des Meter.

Bei der Berechnung des ganzen Erdmeridians aus dem gemessenen Stück desselben, bei welcher Rechnung, wie sich später herausstellte, ein kleiner Rechenfehler begangen wurde, setzte man die Abplattung der

Erde gleich  $\frac{1}{334}$ . Jetzt nimmt man aber auf Grundlage der vielen Gradmessungen, welche seither in verschiedenen Ländern ausgeführt wurden, als wahrscheinlichsten Wert  $\frac{1}{294}$  an. Mit diesem Wert wird natürlich die Länge des Pariser Meridians ebenfalls geändert, so dass der Quadrant oder der vierte Theil des Meridians nicht genau 10,000.000 *m*, sondern um etwa 856 *m* mehr betragen dürfte.

Nach der angegebenen gesetzlichen Bestimmung wurde nun das Archivmeter hergestellt, dasselbe ist aber nach dem Vorhergehenden kein eigentliches Urmaß. Es besteht in einem Platinstab von 25 *mm* Breite, 4 *mm* Höhe und 1 *m* Länge, da es ein sogenanntes Endmaß ist, bei welchem die Endflächen gerade um ein Meter abstehen. An den Enden sieht man aber noch zahlreiche parallele Striche, welche offenbar von der Schmirgelscheibe herrühren, mit welcher man den Platinstab auf die festgesetzte Länge abschliff.<sup>1)</sup> Diese Striche werden von feineren gekreuzt, die auf ein Poliermittel hinweisen. Bilden solche Striche schon eine große Unsicherheit über die Länge des Meter, so wird dies noch gesteigert dadurch, dass die Striche in den Mitten der beiden Endflächen niedergedrückt sind, wodurch kleine Flecke auf dem gestrichelten Grunde entstanden. Dies rührt offenbar von der Anwendung von sogenannten Fühlhebeln her, wie sie zur Vergleichung

---

<sup>1)</sup> Siehe: Commission internationale du mètre. Réunions générales de 1872. Procès-verbaux. Paris 1872, p. 124.



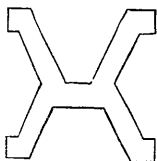
von Endmaßen angewendet werden. Der kurze Arm eines Hebels liegt an der Endfläche des Meter, der längere aber vergrößert den Unterschied des Meter gegen ein anderes. Offenbar wurden in früheren Zeiten die Fühlhebel zu stark an die Endflächen des Archivmeter gedrückt, wodurch das fleckige Aussehen entstand. Es bleibt dies immer ein schwieriger Punkt in der Anwendung der Fühlhebel und man zieht daher auch jetzt die Vergleichung mittels zweier Mikroskope bei weitem vor.

Mit dem Mikroskop kann man aber nicht die Mitten der Endfläche anvisieren, die Anwendung von Mikroskopen bedingt die Construction des Meter als Strichmaß. Ein solches Strichmaß (*mètre à traits*) ist länger als 1 *m*, auf seiner Oberfläche sind aber gerade in der Entfernung von einem Meter zwei Striche gezogen.

Mit Mikroskopen kann man die Vergleichung zweier Meter auch vornehmen, wenn beide sich in einer Flüssigkeit befinden. Es ist dies das einzige Mittel, um sicher sein zu können, dass beide Stäbe genau gleiche Temperaturen haben. Hierbei muss aber noch die Flüssigkeit, als welche Wasser benutzt wurde, beständig umgerührt werden, weil es sich sonst in Schichten von verschiedener Temperatur absetzen würde. Man sieht hieraus, wie wichtig es ist, dass auch die Meterstäbe aus einem Materiale gefertigt seien, das chemischen Angriffen großen Widerstand entgegensetzt.

Die im Wasser befindlichen Stäbe nehmen offenbar noch sicherer gleiche Temperatur an, wenn sie nicht mit ihrer ganzen untern Fläche auf einer Unterlage aufliegen, sondern nur in zwei Punkten durch Rollen unterstützt sind. Dies hat noch einen anderen Vortheil, da hiedurch Reibung zwischen der unteren Fläche des Meter und der Unterlage fast ganz vermieden wird. Eine solche Reibung würde nämlich bei kleinen Temperaturänderungen die Ausdehnung oder Zusammenziehung des Meterstabes verhindern, welcher dann nicht die wahre, der betreffenden Temperatur entsprechende Länge zeigt.

Soll aber der Stab nur in zwei Punkten unterstützt werden, so muss er einen hohen Grad von Steifigkeit besitzen, sonst krümmt sich derselbe und nimmt die Form einer Schlangenlinie an.



Misst man dann mit dem Mikroskope den horizontalen Abstand der beiden Striche, so fällt derselbe zu klein aus. In dieser Hinsicht ist die Form und das Material des Archivmeter ganz unbrauchbar. Man wählte daher für die neuen Prototype statt des weichen reinen Platins die früher besprochene sehr harte Platin-Iridium-Legierung und gab dem Querschnitte eine von Tresca vorgeschlagene Form, welche an die Buchstaben *H* und *X* erinnert und die in obestehender Figur in natürlicher Größe abgebildet ist.

Die neuen Meterstäbe sind freilich um die Hälfte schwerer als das Archivmeter, welches 2 *kg* wiegt,

ihre Steifigkeit ist aber vielmal größer. Unterstützt man sie an ihren Enden und hängt in der Mitte 10 kg an, so senkt sich diese Mitte nur um 2 mm. Ein weiterer Vorthheil der gewählten Form ist ferner die durch sie bedingte große Oberfläche, wodurch der Stab natürlich desto schneller die Temperatur der Umgebung annimmt.

Die Unterstützung an beiden Enden ist natürlich der ungünstigste Fall. Bei den Vergleichen wurden die Stäbe nahezu bei  $\frac{1}{5}$  und  $\frac{4}{5}$  ihrer Länge auf Rollen gelegt. Man kann nämlich mathematisch nachweisen, dass in diesem Falle die Mittelfläche eines Stabes in horizontaler Richtung gemessen ihre Länge nicht ändert. Die obere Fläche des Stabes wird länger, die untere ebensoviel kürzer, die Mitte bleibt gleich lang. Dies erklärt, warum der Querschnitt der neuen Stäbe nicht vollkommen symmetrisch nach oben und unten gewählt wurde. Die Mittelleiste der Stäbe liegt nämlich etwas tiefer, als es die Symmetrie erfordern würde, damit die obere Fläche der Leiste gerade in die Mitte des ganzen Stabes fällt. Auf dieser Mittelfläche ist nun an jedem Ende ein ovaler Fleck hochpoliert, auf welchem ein System dreier paralleler Striche gezogen ist, die durch zwei parallele Striche gekreuzt werden. Der mittlere der drei Striche ist es, welcher die Länge des Meter an beiden Enden fixiert.

Das schwierige Aufpolieren der ovalen Flecke und das Ziehen der Striche wurde mit großem Geschick von der französischen Metercommission ausgeführt, während

die Verfertigung der Stäbe der früher genannten englischen Firma überlassen blieb. Da es wegen möglichen Zwischenfällen nicht gerathen schien, die zur Verfertigung von 30 Stäben nöthigen 165 Kilogramm der Legierung auf einmal zu schmelzen, so wurde dies in fünf Abtheilungen vorgenommen. Die fünf Gussstücke wurden jedes in drei Theile getheilt und daraus drei neue Gussstücke hergestellt, von denen jedes je einen Theil der früheren Stücke enthielt. Auf diese Weise ist die Gleichartigkeit aller Stäbe gesichert. Aus den drei Gussstücken wurden nun durch Hämmern, Ziehen und Hobeln, allerdings erst nach Überwindung verschiedener Schwierigkeiten, die 30 Stäbe hergestellt.

Vor der Verfertigung dieser Stäbe war schon ein ähnlicher Stab ( $J_2$ ) gemacht worden, welcher nach der Tracierung der Striche mit dem Archivmeter bei verschiedenen Temperaturen verglichen wurde und als Ausgangspunkt für die weiteren Vergleichen diente. Aber wie geschah diese Vergleichung, da ja das Archivmeter ein Endmaß,  $J_2$  dagegen ein Strichmaß ist? Es gelang dies durch eine von Fizeau angegebene Methode. Jeder Endfläche des Archivmeter wurde nämlich in der Mitte eine Spitze aus Platin fast bis zur Berührung gegenübergestellt. Man sieht dann im Mikroskope die Spitze und ihr durch die Endfläche hervorgebrachtes Spiegelbild. Die Mitte zwischen beiden, auf welche das Fadenkreuz des Mikroskopes eingestellt wird, fällt offenbar mit der Endfläche zusammen.

Die Vergleichung ergab, dass das Meter  $J_2$  bei  $0^0$  um  $6.03 \mu$  kürzer ist als das Archivmeter;  $\mu$  bedeutet hier „Mikron“, d. i. der tausendste Theil eines Millimeter oder der millionste Theil eines Meter. Hier konnte man nicht wie beim Kilogramm durch fortgesetzte Versuche das Meter  $J_2$  um die Größe von  $6.03 \mu$  corrigieren, sondern man beschloss, als neues internationales Prototyp unter den 30 neuen Meter, dasjenige zu wählen, welches nach seiner Vergleichung die geringste Abweichung vom Archivmeter zeigen würde. Auch suchte man bei der Tracierung der neuen Meter dieselben etwas länger als  $J_2$  zu machen: man erreichte hiedurch, dass die Abweichungen der neuen Meter von dem Archivmeter zwischen den Grenzen von  $2.81 \mu$  im zu viel und  $2.84 \mu$  im zu wenig blieben. Eines dieser Meter ( $M_6$ ) war gegen das Meter  $J_2$  um  $6.03 \mu$  zu lang, die Länge des  $M_6$  ist daher bis auf eine verschwindende Größe genau gleich dem Archivmeter. Dieses Meter wurde somit zum neuen internationalen Prototyp ( $\mathfrak{M}$ ) gewählt und jedes andere Meter noch mit ihm verglichen.

Österreich erhielt die Meter  $M_{15}$  und  $M_{19}$ , welche gegen  $\mathfrak{M}$  um beziehungsweise  $0.9$  und  $1.1 \mu$  zu lang sind. Will man wieder eins gegen vierzehnhundert wetten, so kann man behaupten, dass die Abweichung des Meter Nr. 19 zwischen den Grenzen  $1.3$  und  $0.9 \mu$  liegt, dass also der Wert des Meter Nr. 19 höchstens um  $0.2 \mu$  ungenau ist. Dies ist eine sehr große Genauigkeit. Sie begreifen es wenn ich Ihnen sage, dass schon

ausgezeichnete Mikroskope dazu gehören, um Linien getrennt erkennen zu lassen, die um  $0.4 \mu$  abstehen.

Bei der Vergleichung befanden sich die Meterstäbe, wie schon erwähnt, im Wasser, und zwar geschah die Vergleichung bei sieben verschiedenen Temperaturen, um die gefundenen Abweichungen auf  $0^0$  reducieren zu können. Dazu musste man aber wenigstens für einen Stab die Änderung seiner Länge mit der Temperatur direct ermitteln; dies geschah mit dem Meter  $M_6$ , neben welchem sich ein Meter befand, das im schmelzenden Eise lag und daher immer die Temperatur von  $0^0$  und die gleiche Länge bewahrte. Das Wasser, in welchem das Meter eingetaucht war, wurde nun successive von  $0^0$  bis  $38^0$  erwärmt; war die Temperatur constant, so wurden abwechselnd die beiden Meter unter die Mikroskope geschoben und ihre Abweichung bestimmt. Man erhält aus diesen Versuchen die Längenänderung des Meter Nr. 6 mit der Temperatur und es schadet hiebei nichts, wenn auch die Entfernung der beiden Mikroskope sich im Laufe der Untersuchung langsam ändern würde. Die Mikroskope waren freilich auf zwei Steinpfeilern angebracht, aber auch dies schützt erfahrungsgemäß nicht gegen kleine Änderungen die durch Temperaturschwankungen, Senkungen, und ähnliche Einflüsse veranlasst werden.

Die Messung der Ausdehnung führt freilich auch zu einer weiteren Aufgabe, nämlich zu der Aufgabe, die Temperatur genau anzugeben. Für gewöhnlich bestimmen wir letztere durch die scheinbare Ausdehnung

des Quecksilbers im Glase. Hiedurch wird die Temperatur von der Zusammensetzung und dem Zustande des Glases abhängig. Nun ist aber nicht nur die Zusammensetzung auch anscheinend gleicher Glassorten sehr verschieden, sondern es ändert sich auch der gespannte Zustand des Glases, in den es durch das Aufblasen zu einer Kugel versetzt wurde, continuierlich. Selbst gute Thermometer können Ablesungen geben, die um Zehntelgrade abweichen. Um mit Quecksilberthermometer vergleichbare Resultate zu erhalten, mussten erst jahrelange Studien gemacht werden, auf welche mir heute nicht mehr möglich ist einzugehen. Ich kann aber sagen, dass die jedem Meter beigegebenen zwei Quecksilberthermometer, mit Hilfe von Reductionstabellen die Temperatur bis auf  $\frac{1}{100}$  Grad zu ermitteln gestatten.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Lang Viktor Edler von

Artikel/Article: [Die neuen Kilogramm- und Meterprototype. 513-535](#)