



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Vermessungskunde

Jordan, Wilhelm

Stuttgart, 1896

§. 7. Normalmasse

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83087](#)

Das Instrument hat unten einen unbeweglichen Kreis *A* und damit fest verbunden eine Schiene *SS* mit zwei Mikroskopen *M₁* und *M₂*.

Eine zweite Schiene *TT* mit zwei Mikroskopen *M₃* und *M₄* ist drehbar gegen den Unterlagskreis *A*, so dass die Schienen *SS* und *TT* unter jedem Winkel gegen einander gestellt werden können.

Auf den beweglichen Kreis *B* kann ein zu untersuchender Teilkreis mit den Unterlagsschrauben *FF* aufgeschraubt werden, und ob der Kreis sich dann beim Um-drehen von *B* richtig in einer *Ebene* dreht, kann mit dem Fühlhebel *D* untersucht werden.

Die 4 Mikroskope *M₁ M₂ M₃ M₄* werden nicht mit Tageslicht, sondern mit künstlicher Lampenbeleuchtung *F₁ F₂ F₃ F₄* abgelesen.

Noch eine Eigentümlichkeit ist zu erwähnen: Man kann zwar die zwei Schienen *SS* und *TT*, und damit auch die Mikroskop-Ebenen *M₁ M₂* und *M₃ M₄* beliebig gegen einander drehen, doch wäre es nicht möglich, den Winkel zwischen *M₁ M₂* und *M₃ M₄* auch = Null zu machen, wegen der Dicke der Mikroskope, wenn nicht besondere Vorsorge getroffen wäre, darin bestehend, dass zwar die Mikroskope *M₁* und *M₂* rechtwinklig zur Kreisebene *B* gerichtet sind, die beiden anderen Mikroskope *M₃* und *M₄* aber ein wenig *schief* gestellt werden können, so dass man z. B. mit *M₁* und *M₃* denselben Strich einer Kreisteilung einstellen kann.

Eine ähnliche Anordnung mit Messungsreihen seit 1872, hat Nagel in Dresden mitgeteilt in der Zeitschrift „Civilingenieur“, 33. Band, 1887, 8. Heft. Es ist an einem Repsold'schen Theodolit mit gewöhnlichen Mikroskopen, noch ein beweglicher *Hilfs-Arm* mit zwei diametralen Mikroskopen angebracht, der in 4 Stellungen gegen den Haupt-Arm zur Teilungs-Untersuchung benutzt wurde.

Hiezu gehört auch:

Schmidt. Bestimmung der Teilungsfehler am Pistorischen Meridiankreise der Berliner Sternwarte. Berlin, Dümmier.

Broch. Über die Etalonnierung der Unterabteilungen eines Stabes, die Bestimmung der progressiven Fehler einer Mikrometerschraube. Trav. et mém. du bureau intern. des poids et mesures. 5. 1886, S. 1. Bespr. in d. Beibl. zu d. Annalen d. Physik u. Chemie 1887, S. 487.

Änderung von Teilstrichen. Bei dieser Gelegenheit mag auch erwähnt werden, dass man bei den feinsten metronomischen Untersuchungen an Strichmassen Andeutungen gefunden hat, dass die Teilstriche sich mit der Zeit ändern. Diese zunächst unglaublich klingende Behauptung kann aber begründet sein, denn die Striche, welche in poliertes Metall gerissen werden, erzeugen in der gleichförmigen molekularen Struktur des Metalls gewissmassen Wunden, welche kleine molekulare Änderungen als Nachwirkung hervorbringen können. Es kommt dabei auch darauf an, ob und wie weit die Risse geglättet („ebarbiert“) werden. Die optische Strichmitte, auf welche man die Fäden einstellt, ist nun jedenfalls abhängig von der Beschaffenheit der Strichränder, und wenn hier kleine Änderungen durch allmähliche Ausgleichung molekularer Spannungen eintreten, so kann die Strichmitte für mikroskopisches Ablesen sich ändern.

§ 7. Normal-Masse.

Ein *Massstab* ist ein Werkzeug zur Ausführung von Längenmessungen. Ein Massstab, welcher diesem Zwecke nicht unmittelbar dient, sondern mittelbar dadurch, dass andere Massstäbe nach ihm reguliert werden, heisst ein *Normal-Massstab*.

Ein Massstab an und für sich genügt noch nicht zur Festsetzung eines Masses, weil der Stab bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Länge hat, es muss deswegen noch angegeben werden, bei welcher Temperatur der Massstab die normale

Länge hat, und damit der Massstab auch bei anderen Temperaturen brauchbar ist, muss die Ausdehnung bekannt sein.

Die Normal-Temperatur ist bei verschiedenen Massen verschieden; insbesondere haben wir:

beim Metermass	Normal-Temperatur	$= 0^\circ \text{C} = 0^\circ \text{R}$,
beim alten Pariser Mass	"	$= 13^\circ \text{R} = 16,25^\circ \text{C}$,
beim englischen Mass	"	$= 62^\circ \text{F} = 16,67^\circ \text{C} = 13,33^\circ \text{R}$.

Der Ausdehnungs-Coëfficient.

Wenn ein metrischer Stab bei der Temperatur 0° die Länge L_0 hat und bei der Temperatur t° die Länge L_t , so setzt man eine Gleichung fest von der Form:

$$L_t = L_0 (1 + \alpha t) \quad (1)$$

und man nennt α den Ausdehnungs-Coëfficienten des Stabes.

Dieses ist die gewöhnliche Annahme, und wenn für alle Gebrauchs-Temperaturen t , der Coëfficient α denselben Wert hat, so ist hiezu nichts weiteres zu bemerken. Für die feineren Untersuchungen ist aber die Annahme eines *konstanten* α nicht mehr genügend, und man nimmt dann statt (1) eine quadratische Funktion:

$$L_t = L_0 (1 + \alpha t + 2\beta t^2) \text{ oder } L_t = L_0 (1 + (\alpha + 2\beta t) t) \quad (2)$$

Um in solchen Fällen eine unzweideutige Definition zu haben, citieren wir nach dem Werke: „Travaux et mémoires du bureau international des poids et mesures“, Tome II, Seite C. 30 und Tome III, Seite C. 19 folgendes:

Man nennt in Bezug auf die vorstehende Gleichung (2):

$$\begin{aligned} \alpha + 2\beta t &\text{ wahrer Ausdehnungs-Coëfficient bei } t^\circ \\ \alpha + \beta t &\text{ mittlerer Ausdehnungs-Coëfficient von } 0^\circ \text{ bis } t^\circ. \end{aligned}$$

Als Beispiel nehmen wir aus: „travaux et mémoires“ III, Seite C. 19 für einen Platin-Iridium-Stab, der an und für sich mit I₂ bezeichnet wurde:

$$\begin{array}{ll} \alpha = 0,000\,008\,594\,6 & \beta = 0,000\,000\,001\,26 \\ \pm & \pm \\ 13\,5 & 56 \end{array}$$

es ist also der mittlere Ausdehnungs-Coëfficient von 0° bis t° :

$$\text{Stab I}_2: \quad \alpha_{(t)} = 10^{-9} (8\,594,6 + 1,26 t) \quad (3)$$

und der wahre Ausdehnungs-Coëfficient bei t° :

$$\text{Stab I}_2: \quad \alpha_t = 10^{-9} (8\,594,6 + 2,52 t) \quad (4)$$

Bei weniger scharfen Messungen lässt man das zweite Glied (mit β) fort, und redet dann von dem Ausdehnungs-Coëfficienten α schlechthin, doch muss man denselben für jeden Stab besonders bestimmen, weil verschiedene Stäbe aus demselben Metall oder derselben Legierung doch nicht genau gleiche Ausdehnungen haben, z. B. hat ein anderer in „travaux et mémoires“ III. Seite C. 43 erwähnter Platin-Iridium-Stab, der mit I bezeichnet ist, statt des obigen (3) den Wert:

$$\alpha_{(t)} = 10^{-9} (8\,602,9 + 2,09 t).$$

Da man aber durchaus nicht immer in der Lage ist, Ausdehnungs-Coëfficienten zu bestimmen, nimmt man für viele Zwecke die *Mittelwerte*, welche bereits bestimmt worden sind. Namentlich ist es wichtig, Ausdehnungs-Coëfficienten, die einmal an-

genommen sind, in demselben Falle unverändert beizubehalten, damit wenigstens die Differenzen von Ausdehnungen in der Rechnung richtig bleiben.

Die Kaiserl. Normal-Aichungs-Kommission hat in den metronomischen Beiträgen Nr. 1, herausgegeben von Foerster, Berlin 1870, Seite 17, folgende Werte angenommen:

Kupfer	Ausdehnungs-Coëfficient	$\alpha = 0,000\ 017\ 17$	(5)
Messing	"	$0,000\ 018\ 86$	
Zinn	"	$0,000\ 024\ 83$	
Eisen	"	$0,000\ 011\ 26$	

Aus den „travaux et mémoires“, III. Seite C. 43—C. 44 entnehmen wir folgende Mittelwerte:

Platin-Iridium	Ausdehnungs-Coëfficient	$\alpha = 0,000\ 008\ 573$	(6)
Platin	"	$0,000\ 008\ 898$	
Silber	"	$0,000\ 018\ 340$	
Eisen	"	$0,000\ 011\ 063$	
Stahl	"	$0,000\ 010\ 420$	

Glas " " $0,000\ 008\ 392$

Einige andere zuweilen in Frage kommende Mittelwerte sind:

Blei	Ausdehnungs-Coëfficient	$\alpha = 0,000\ 028$	(7)
Bronce	"	$0,000\ 018$	
Gold	"	$0,000\ 014$	
Guss-Eisen	"	$0,000\ 011$	
Zink	"	$0,000\ 033$	
Tannenholz	"	$0,000\ 004$	

Endmasse und Strichmasse.

Die Längenmasse werden in zwei wesentlich verschiedene Gattungen eingeteilt, die man Endmasse und Strichmasse nennt.

Ein Endmass bestimmt eine Länge als äussersten Abstand seiner Teile in der Axrichtung.

Ein Strichmass bestimmt eine Länge als Querabstand zweier auf seiner Oberfläche eingerissener Parallelstriche.

Verschiedene Mass-Systeme.

Jedes Einheitsmass ist ursprünglich willkürlich, und deshalb ist die grosse Mannigfaltigkeit der Masse erklärlich. Die älteren Masse sind meist vom menschlichen Körper hergenommen, z. B. der Fuss, die Elle u. s. w. und insofern willkürlich.

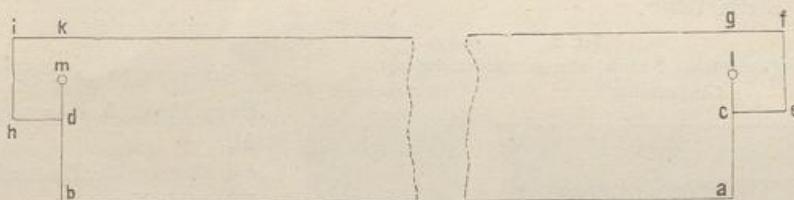
Auch das Meter, welches die früheren Masse jetzt fast verdrängt hat, ist ursprünglich willkürlich, und der Umstand, dass 1 Meter nahezu der zehnmillionste Teil des Erdquadranten ist, ist metronomisch gleichgültig.

Wir geben in Folgendem einen Abriss der Geschichte der französischen Masse, aus welchen das heutige internationale Metersystem hervorgegangen ist. (Zunächst nach Nr. 5 der metronomischen Beiträge, zur Geschichte und Kritik der Toisenmassstäbe, von C. F. W. Peters, herausgegeben von der K. Normal-Aichungs-Kommission, Berlin 1885.)

Am Anfang des 18. Jahrhunderts befand sich in Paris am Fuss der Treppe des Grand Chatelet als Normalmass für öffentlichen Gebrauch eine eiserne Schiene mit zwei Vorsprüngen, zwischen welche ein Massstab von der Länge einer Toise hindurchgeschoben werden konnte.

Etwa um 1735, vor dem Abgang der Gradmessungs-Expedition nach Peru, wurden nach dem rohen Chatelet-Normal zwei feinere Toisen angefertigt in der Form der nachstehenden Fig. 1.

Fig. 1.
Die Peru-Toise (Toise du Pérou).



Die beiden Toisen bestanden aus eisernen Stangen, an den Enden b d und a e hälftig eingeschnitten, so dass $ab = cd$ die Toisenlänge vorstellt. Die eine dieser Stangen, später unter dem Namen „Toise du Pérou“ bekannt, hatte auch noch zwei Punkte m und l , deren Abstand als Toise in Wirklichkeit in Peru gedient hat. Die andere Toise, später „Toise du Nord“ genannt, sollte ursprünglich als Kontroll-Normal in Paris zurückbleiben, während die erste nach Peru abging, indessen nach dem Abgang der Peru-Expedition entschloss man sich rasch auch zu der Polar-Expedition, welcher man 1736 die zweite Toise mitgab.

Diese kam schon 1737 wieder nach Paris zurück, während die Peru-Toise erst 1748 wieder ankam.

Die Vergleichung ergab im Jahr 1752, dass die Peru-Toise um 0,04 Linien länger war, als die nordische; man erklärte das durch Rosten der letzteren bei einer Havarie im bottnischen Meerbusen.

Im Jahre 1766 erschien eine Verfügung des Königs Ludwig XV, nach welcher die Toise du Pérou an Stelle der Toise du Chatelet als Normalmass in Frankreich eingeführt wurde. (1 Toise = 6 Pariser Fuss = 72 Pariser Zoll = 864 Pariser Linien.) Von 1813—1831 wurden verschiedene Kopien der Toise genommen.

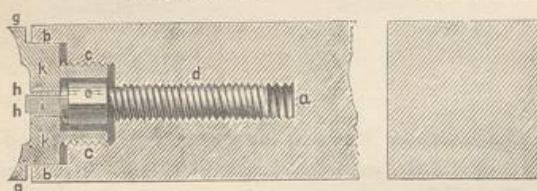
Die Toise kam später in Vergessenheit, und ob die im Jahre 1854 neu gereinigte, jetzt als „Toise du Pérou“ betrachtete Stange wirklich die Stange von 1735 oder nur eine Kopie derselben ist, blieb eine Zeit lang zweifelhaft, ist aber jetzt durch die Ermittelungen von Wolf in Paris als erwiesen anzusehen. Jedenfalls sind die vorhandenen Kopien der ursprünglichen Peru-Toise von Wichtigkeit. C. F. W. Peters hat 14 solcher Kopien in Betracht gezogen und durch Zusammenstellung dessen, was über die Vergleichung dieser Stäbe mit der alten Peru-Toise oder der Kopien unter sich bekannt ist, Endergebnisse gefunden, z. B. diese:

Ursprüngliche Peru-Toise	= 864,00000 Pariser Linien
Dänische Toise, Fortin = D	= 864,00238 "
Besselsche Toise = B	= 863,99920 "
Dänische Toise Gambey = G	= 863,99493 "
Englische Ordnance-Toise = T^2	= 864,06228 "

Die Normal-Temperatur des Toisen-Masses ist $13^{\circ} R. = 16,25^{\circ} C.$; dieses stammt von der Gradmessung in Peru 1735 her, wo die Mittel-Temperatur = $13^{\circ} R.$ angenommen wurde.

Die Besselsche Toise, welche hier mit genannt ist, wurde von Bessel dazu benutzt, um ein preussisches Normalmass in einem Stabe von 3 preussischen Fuss herzustellen. Unsere Fig. 2 zeigt die Einzelheiten desselben nach Tafel II des Werkes: „Darstellung der Untersuchungen und Massregeln, welche in den Jahren 1835—1838 durch die Einheit des preussischen Längenmasses veranlasst worden sind, von F. W. Bessel, Berlin 1839“.

Fig. 2.
Besselsche Normal-Stange (natürl. Grösse).
Längenschnitt. Querschnitt.



Erklärungen zu Fig. 2.:
Hauptkörper *b*, *c*, *a* von Gussstahl,
e d eingedrehte Eisenschraube,
i Sapphir-Kegel,
h Goldbettung,
g k Pressschraube.

Bessel hielt ein Endmass für sicherer als ein Strichmass, indem er die massgebenden Enden möglichst hart machte, nämlich von Sapphir (*i* Fig. 2.), und die Verbindung durch Gold vor Rost schützte.

Der Stahlstab hat die Aufschrift:

„Urmass der preussischen Längeneinheit 1837. Dieser Stab, in der Wärme von $16,25^{\circ}$ des hundertteiligen Thermometers, in seiner Axe gemessen, ist 0,00063 Linien kürzer als drei Fusse.“

Dieser Stab wurde durch das Gesetz vom 10. März 1839 als preussisches Urmass bestimmt.

Die Temperatur-Ausdehnung des Normalmasses fand Bessel = 0,004375 preuss. Linien für $1^{\circ} C.$, oder da der Stab 432 preuss. Linien lang ist, Ausdehnung = 0,000010127 der Länge für $1^{\circ} C.$

Der preussische Fuss selbst ist dadurch = 139,13 Pariser Linien bestimmt.

Ausser der schon oben genannten „Darstellung“ u. s. w. sind hier noch weitere Besselsche Schriften zu citieren: „Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels“, Berlin 1828, S. 126. „Gradmessung in Ostpreussen“, S. 22. „Populäre Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände“, Hamburg 1848, S. 307—325.

Nach dieser Abschweifung, betreffend das preussische Normalmass von 1837, kehren wir zur Geschichte des Toisen- und Metermasses zurück:

Das neue französische Masssystem vom Jahr 1791 bestimmte als Einheit das Meter, welches möglichst genau der zehnmillionste Teil des Erdmeridian-Quadranten sein sollte. Das Dekret, welches den von der Akademie vorgeschlagenen Plan annahm, ist vom 26. März 1791 und die Genehmigung erfolgte 4 Tage nachher („Delambre, Base du système métrique“ I. S. 19).

Nach vorübergehender Anwendung eines provisorischen Meters von 443,44 Par. Linien wurde auf Grund der Delambreschen Gradmessung das „wahre und definitive“ Meter (mètre vrai et définitif) = 443,296 Pariser Linien festgesetzt. Die Normal-

temperatur für das Metermass wurde anders gewählt als bei dem alten Pariser Mass. Während nämlich letzteres die Normaltemperatur 18° R. = $16,25^{\circ}$ C. hat, ist die Normaltemperatur des Metermasses = 0° R. = 0° C., d. h. gleich der Temperatur des schmelzenden Eises.

Demzufolge wurde ein Platinstab hergestellt, dessen Länge bei 0° ist = $\frac{443,296}{864}$

derjenigen Länge, welche die Peru-Toise bei 13° R. hat. (Base du système métrique Band III. S. 622.) Der genannte Platinstab, dessen Querschnitt (Fig. 3.) ein Rechteck von 25^{mm} Breite und 4^{mm} Höhe ist, befindet sich noch in Paris, Fig. 3.
er heißt gewöhnlich „mètre des archives“. Querschnitt des „mètre des archives“ in natürlicher Größe.

Obgleich hiernach das Metermass längst sicher gestellt zu sein scheint, so sind doch erst in neuerer Zeit die nötigen Vorkehrungen zu einer befriedigenden Sicherstellung desselben in Angriff genommen worden. Das französische Urplatinmeter (mètre des archives) entspricht nämlich in mehrfacher Beziehung nicht den heutigen wissenschaftlichen Anforderungen.

Um die damit verbundenen Übelstände zu heben, versammelte sich im Sommer 1870 eine internationale Kommission, welche jedoch wegen des Krieges zu keinen Resultaten kam. Die Kommission ist zum zweitenmale im Herbst 1872 in Paris zusammengetreten, jedoch erst im Jahr 1875 kamen die Verhandlungen zum Abschluss. Dieselben haben eine internationale Meter-Konvention ergeben, woran sich allmählich fast alle Kulturstaaten der Erde angeschlossen haben.

Der Wortlaut der Konvention ist mitgeteilt in dem Deutschen Reichsgesetzblatt Nr. 19 vom 5. Sept. 1876, S. 191—212, derselbe ist abgedruckt in der „Zeitschr. f. Verm.“ 1877, S. 280—290. Die neuesten Bestimmungen für das metrische Massensystem in Deutschland sind enthalten in dem Gesetze vom 11. Juli 1884 (Reichsgesetzblatt 1884, Nr. 20).

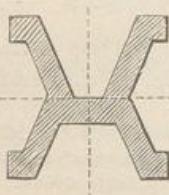
Die Verhandlungen der internationalen Kommission, welche vom 24. Sept. bis 12. Okt. 1872 in Paris stattfanden, sind mitgeteilt in den „Annales du conservatoire des arts et métiers“, Nr. 37, Tome X, 1^{er} fascicule. Paris 1873. Wir entnehmen hieraus folgendes:

Es sollen 30 Meterstäbe hergestellt werden, welche möglichst gleich dem Pariser Archiv-Meter zu machen und unter sich zu vergleichen sind, worauf sie unter die beteiligten Staaten verteilt werden, und künftig die Grundlage aller Massvergleichungen bilden werden.

Als Material für diese Normalmeter ist eine *Legierung* von 90% Platin mit 10% Iridium gewählt. Das aus reinem Platin bestehende mètre des archives hat eine sehr poröse Struktur, dagegen hat die erwähnte Legierung von Platin und Iridium folgende Vorteile: 1) Diese beiden Metalle krystallisieren in demselben System, nämlich dem regulären, und haben die gleiche Dichte 21,15. 2) Die Legierung hat noch nahezu dieselbe Dichte wie die einzelnen Metalle, wodurch eine innige Verbindung gesichert ist. 3) Von allen Metallen (mit Ausnahme des hier nicht in Betracht kommenden Arsen und Osmium) haben Platin und Iridium die geringste Ausdehnung durch die Wärme, nämlich etwa 0,000009 für 1° C.

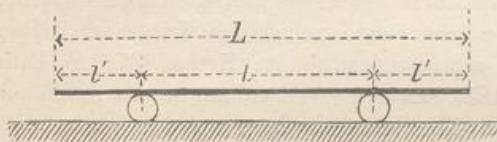
Die Stäbe werden prismatisch hergestellt mit einem in Fig. 4. (S. 56) in natürlicher Größe gezeichneten Querschnittsprofil. Die Wahl dieses Profils ist das Ergebnis vieler Erwägungen, es fand sich nämlich für dasselbe das günstigste Verhältnis des Träg-

Fig. 4.
Querschnitt der internationalen Platin-Iridium-Meterstäbe, natürliche Grösse.



Die Unterlage der neuen Normalmeter soll nicht eine kontinuierliche sein, sondern aus zwei Rollen bestehen, damit der Temperatur-Ausdehnung keinerlei Hindernis bereitet wird.

Fig. 5.
Rollen-Unterlage der internationalen Massstäbe.



Allerdings findet bei dem Auflager auf zwei Rollen ein Einschlagen durch das Eigengewicht des Stabes statt, doch ist dasselbe sehr klein. Die Verteilung der Stützen ist am günstigsten, wenn (entsprechend Fig. 5.) die Beziehung stattfindet:

$$l' = 0,394 l \text{ oder } l = 0,559 L$$

Wenn diese Verhältnisse eingehalten werden, so beträgt für das in Fig. 4. gezeichnete Profil die Einschlagtiefe nur $0,00863\text{mm}$ und die entsprechende Verkürzung des Stabes nur $0,0000004\text{mm}$.

Über den neuesten Stand dieser Sache wird Auskunft gegeben in folgenden Schriften:

Mitteilungen der Kaiserl. Normal-Aichungskommission, 1. Reihe, Berlin 10. Dezember 1890 Nr. 10. Die Beziehungen der metrischen, der altfranzösischen und der englischen Längeneinheit zu einander, abgedruckt in „Zeitschr. f. Vermessungsw.“ 1890, S. 265—269.

Die internationale Organisation des Mass- und Gewichtswesens und die neuen Prototype. Mitt. d. K. Norm.-Aich.-Komm. 1890, Nr. 11, S. 139. Bespr. in d. „Zeitschr. f. Instrumentenkunde“ 1890, S. 296—298; d. „Zeitschr. f. Vermessungsw.“ 1890, S. 506—508.

Weitere Litteraturangaben s. „Zeitschr. f. Verm.“ 1892, S. 473, Normal-Aichungs-Kommission, und „Zeitschr. f. Verm.“ 1895, S. 433, Bureau international des poids et mesures.

§ 8. Komparatoren.

Ein Komparator ist ein Apparat zur Vergleichung zweier Längenmasse. Entsprechend der Einteilung der Längenmasse in Endmasse und Strichmasse hat man verschiedene Komparatoren.

Ein Komparator für Strichmasse, welcher aber zugleich auch zur Vergleichung von Endmassen eingerichtet werden kann, ist in Fig. 1. und Fig. 2. S. 57, gezeichnet. Derselbe ist von Mechaniker Reichel in Berlin konstruiert, und gehört dem Gr. bad. Oberaichungsamt Karlsruhe. (Mit ähnlichen Komparatoren sind alle deutschen Oberaichungsämter ausgerüstet.)

Fig. 1. zeigt den eigentlichen Komparator in Längs- und Queransicht.