



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Handbuch der Vermessungskunde**

**Jordan, Wilhelm**

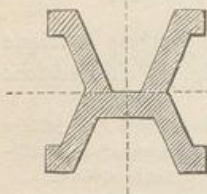
**Stuttgart, 1896**

§. 8. Komparatoren

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83087](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83087)

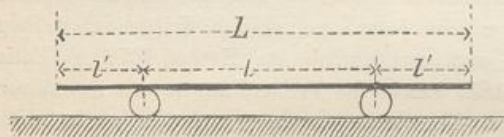
Fig. 4.  
Querschnitt der internationalen Platin-Iridium-Meterstäbe, natürliche Grösse.



heitsmomentes zur Profilfläche, oder es hat der so konstruierte Stab die grösste Tragfähigkeit bei kleinstem Volumen. (Das fragliche Verhältnis ist 26 mal günstiger als bei dem mètre des archives, Fig. 3.). Das gewählte Profil (Fig. 4.) hat noch einen Vorzug, es liegt nämlich die obere Fläche der Querverbindung (in Fig. 4. durch eine punktierte horizontale Linie hervorgehoben) in der neutralen Axe des Körpers, so dass bei eintretender Biegung keine Verlängerung oder Verkürzung in dieser Fläche stattfindet, insoweit es sich dabei um die mit den Biegungen verbundenen Drehungen des Querschnitts handelt. Die genannte Oberfläche ist zur Aufnahme der Striche bestimmt, welche zur Massbezeichnung dienen.

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 Prototypen. 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 Längensmasse. Entsprechend der Einteilung der Längensmasse 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.



Auf der hölzernen Unterlage  $AA\ BB$  erheben sich zwei eiserne Säulen  $CC$ , welche eine gut gehobelte eiserne Schiene von  $\perp$  förmigem Querschnitt tragen. Auf dieser Schiene gleiten vermittelt zweier Schlitten die zwei Mikroskope  $EE$ . Das Fadennetz des einen (rechtseitigen) Mikroskops ist nicht fest, sondern vermittelt einer Mikrometerschraube  $F$  beweglich. Dieses Mikroskop hat im wesentlichen dieselbe Einrichtung wie die bekannten Theodolit-Mikroskope.

Auf dem hölzernen Untergestell sind ferner zwei tischartige eiserne Platten  $GG$  aufgesetzt, und zwar mit Zwischenlage je zweier horizontaler Cylinder  $KK$ , welche um excentrische Axen drehbar sind, und dadurch die Tischplatten  $GG$  innerhalb eines Spielraums von 1—2<sup>m</sup> zu heben oder senken gestatten. Dieses Heben oder Senken ist notwendig, damit die Oberflächen der Massstäbe  $JJ'$ , welche verglichen werden sollen, immer in die deutliche Sehweite der Mikroskope gebracht werden können. Zwischen  $JJ'$  und  $GG$  sind noch Unterlagsplatten  $HH$  angebracht.

#### *Vergleichung zweier Strich-Masse.*

Wenn es sich um Vergleichung zweier Strich-Masse  $JJ'$  handelt, so werden dieselben in der beschriebenen Weise neben einander aufgelegt, so dass ihre Oberflächen in eine Ebene zusammenfallen, und zusammen mittelst der Mikroskope beobachtet werden können. Da die Unterlagsplatten  $HH$  mittelst besonderer Schrauben der Länge nach etwas Spielraum haben, kann man es dahin bringen, dass man mit dem einen (etwa dem linkseitigen) Mikroskop die zusammenfallenden Nullstriche beider Strichmasse zwischen den Mikroskopfäden sieht. Dann hat man zum Zweck der Vergleichung nur noch das andere (rechtseitige) Mikroskop auf die Endstriche der beiden Strichmasse einzustellen, und dabei den Abstand dieser beiden Endstriche mit der Mikrometerschraube zu messen.

Hiebei ist also vorausgesetzt, dass die einander entsprechenden Striche der zu vergleichenden Massstäbe *gleichzeitig* in das Gesichtsfeld der Mikroskope gebracht werden können, und dieses ist deswegen gewöhnlich thunlich, weil die Striche auf die eine Kante ausmündend gezogen sind.

#### *Vergleichung eines Strich-Masses mit einem Endmass.*

Mit Hilfe der besonderen Einrichtung, welche in Fig. 2. in 4 mal grösserem Massstab als Fig. 1. gezeichnet ist, kann man auch Strichmasse und Endmasse vergleichen.

Das zu vergleichende Endmass wird hiebei ganz in der vorher beschriebenen Weise behandelt, es ist  $J$  oder  $J'$ , und liegt auf einer der beiden Platten  $H$ . Die andere Platte  $H$  wird weggenommen, und statt derselben werden nun die in Fig. 2. links und rechts gezeichneten Anschlag-Cylinder aufgeschraubt.

Diese Cylinder  $a'$  und  $a''$  stecken in Hülzen  $a$  und haben infolge von eingelegten Federn das Bestreben, in der Richtung gegen einander aus den Hülzen herauzutreten, d. h. sie drücken beiderseits gegen das Endmass  $bb$ , welches in Fig. 2. dazwischen gelegt ist.

Wenn  $b$  in horizontale Schneiden endigt, so wird man  $a''$  in eine vertikale Schneide oder  $a'$  in eine Rundung endigen lassen u. s. w.; für die Betrachtung der Wirkungsweise des Apparates ist diese Unterscheidung unwesentlich.

Auf den Cylindern  $a'$  und  $a''$  sind Platten  $c$  aufgesetzt, welche nach vorn vorgebogen und mit feinen Strichen  $d$  und  $d'$  versehen sind. (Die auf der anderen Seite befindlichen Schrauben  $e$  dienen zur Höhenregulierung für die Striche  $d$ .)

Man denke sich nun die Cylinder  $a'$  und  $a''$  auf der einen Tischplatte  $G$  befestigt, und ein Endmass  $bb$  zwischen die Cylinder-Enden  $a'$  und  $a''$  eingelegt. Auf der anderen Tischplatte  $G$  (bzw. auf der Zwischenplatte  $H$ ) liegt ein Strich-Massstab  $J$ , und man bringt es nun dahin, dass die Indexstriche  $d$  und  $d'$  der Cylinder an der Kante des Strichmasses anliegen und gleichzeitig mit den benachbarten Strichen des Strichmasses in den Mikroskopen erscheinen. Man behandelt dann die Striche  $d$  und  $d'$  wie die Anfangs- und Endstriche eines Strichmasses und macht die Strichmass-Vergleichung in der früher angegebenen Weise.

Es handelt sich noch darum, die Länge  $dd'$  auf die Länge  $aa'$  zwischen den Enden der Anschlag-Cylinder zu reduzieren, und dieses geschieht dadurch, dass man nach Entfernung des Massstabes  $bb$  den einen Cylinder abnimmt und ihn unmittelbar an den anderen Cylinder anstossend wieder befestigt. Es stoßen dann die Cylinder-Enden  $a$  und  $a'$  zusammen, während die Indexstriche  $d$  und  $d'$  einen kleinen Zwischenraum zwischen sich lassen, den man misst und an der vorhergehenden Vergleichung in Rechnung bringt.

Einige andere, zum Teil sehr sinnreiche und doch einfache Verfahren zur gegenseitigen Vergleichung von Endmassen und Strichmassen berichtet „Zachariae, Die geodätischen Hauptpunkte“, deutsch von Lamp, Berlin 1878, S. 96–98.

#### Komparator für hölzerne Latten.

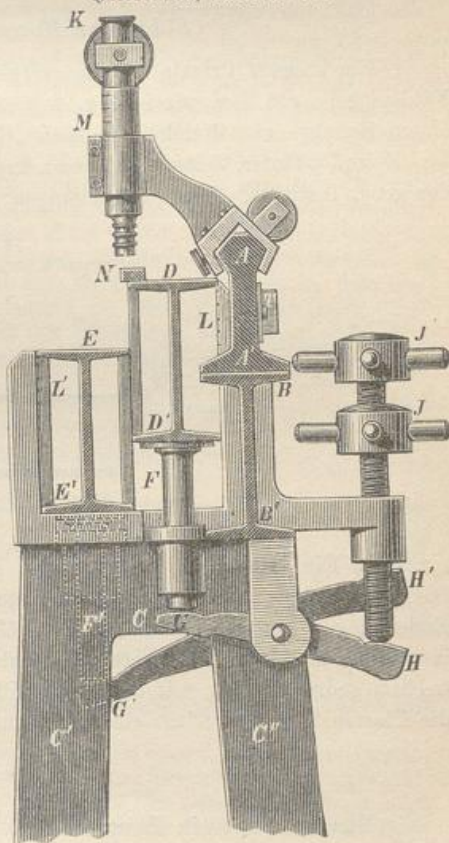
Im wesentlichen nach demselben Grundgedanken wie der vorher beschriebene aichamtliche Meter-Komparator, jedoch länger und stärker, ist der Komparator für Nivellierlatten und ähnliche Massstäbe, dessen Querschnitt in Fig. 3. gezeichnet ist.

Der Hauptteil ist eine Eisenschiene  $AA'$  (aus einer Eisenbahnschiene hergestellt), 3,5<sup>m</sup> lang und mit einer durchlaufenden Millimeterteilung versehen.  $DD'$  und  $EE'$  sind zwei Träger, welche durch die auf der anderen Seite angebrachten Schrauben  $J$  und  $J'$  durch Hebel  $HG$  und  $H'G'$  der Höhe nach gestellt werden können.

$N$  ist ein aufgelegter Massstab, der durch das Mikroskop  $M$  verglichen wird.

Weiteres hierüber haben wir früher in der „Zeitschrift für Instrumentenkunde“, 1881, S. 41–47 mitgeteilt.

Fig. 3.  
Latten-Komparator.  
Querschnitt, Massstab 1:6.



(Karlsru. u. Hannov. Sammlung,  
Mechaniker Sickler.)

### Normalstellung der Mikroskop-Axen.

Wenn man bei einem Längen-Komparator der bisher beschriebenen Art die Laufschiene der Mikroskope und die Unterlagsplatten mit Libellen gut horizontal stellt, so ist nur noch die Frage zu beantworten, ob die Mikroskop-Axen vertikal sind. Wenn letzteres nur wenigstens genähert der Fall ist, so kann man bereits Vergleichen machen, weil kleine Neigungen der Mikroskop-Axen bei den immer nahezu gleichen Höhen-Einstellungen wenig ausmachen.

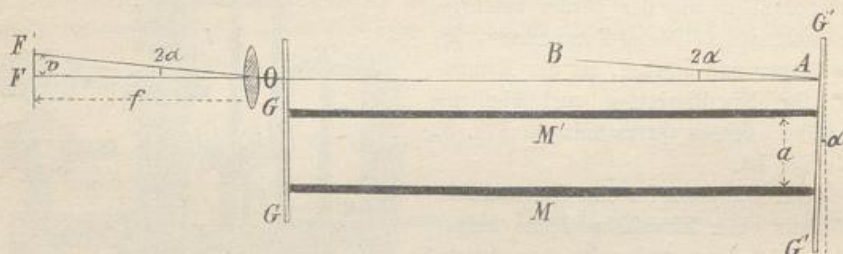
Um jedoch die Mikroskop-Axen genau vertikal zu stellen, hat man das Mittel des Quecksilber-Horizontes; man stellt nämlich unter ein Mikroskop ein Gefäß mit Quecksilber und beobachtet darin das Spiegelbild der Fäden, welches sich mit den Fäden selbst decken soll. Jedoch muss man dazu die Fäden *beleuchten*; das geschieht durch einen kleinen seitwärts angebrachten Spiegel, den wir aus anderer Veranlassung beschrieben haben in „Grundzüge der astr. Zeit- und Ortsbestimmung“, Berlin 1885, S. 225.

Eine andere Untersuchung über Mikroskop-Axen-Neigung u. s. w. gab die frühere, 3. Auflage dieses Bandes, 1890, § 9. Auch ist hier zu citieren: „Weinstein, Handbuch der physikalischen Massbestimmung“, II. Band, Berlin 1888, S. 72–89.

### Fühlspiegel-Komparator von Steinheil.

Ein anderes Prinzip der Massvergleichen, für Endmasse geeignet, ist das des Fühlspiegels, von dem wir in Fig. 4. wenigstens den Grundgedanken darstellen (nach einem Berichte von Steinheil in dem „Gen.-Ber. d. Europ. Gradm. für 1869“, S. 76 bis 80 und „Tinter, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins“, 1871, S. 40, und „Publ. des geod. Instituts. Massvergleichen“, II. 1876).

Fig. 4.  
Fühlspiegel-Komparator von Steinheil.



In Fig. 4 sind  $M$  und  $M'$  zwei Endmasse, welche verglichen werden sollen. Dieselben befinden sich in paralleler Lage im Abstand  $a$ , und stoßen links mit ihren Enden gegen eine ebene Glasplatte  $GG$  an. Wenn diese Masse  $M$  und  $M'$  gleich lang sind, so wird eine zweite Glasplatte  $G'G'$ , welche gegen die anderen Enden (rechts) gedrückt wird, mit der ersten Platte  $GG$  parallel sein; andernfalls machen die Platten  $GG$  und  $G'G'$  einen kleinen Winkel  $\alpha$ , entsprechen der Gleichung:

$$\sin \alpha = \frac{M' - M}{a}$$

Nun hat man ein Fernrohr  $FO$ , rechtwinklig zur Glasplatte  $GG$  gerichtet; und wenn  $G'G'$  parallel  $GG$  ist, so wird  $FOA$  mit  $FO$  gemeinsam nach  $F$  reflektiert. Wenn dagegen der erwähnte kleine Winkel  $\alpha$  vorhanden ist, so bekommt man zwei

Reflexionspunkte  $F$  und  $F'$ , deren Abstand  $v = 2f \sin \alpha$  ist, also in Verbindung mit der ersten Gleichung:

$$M' = M = \frac{av}{2f}$$

Insofern  $a$  erheblich kleiner ist als  $f$ , giebt ein Fehler an  $v$  einen entsprechend kleinen Einfluss auf die Massvergleiche  $M' - M$ .

Man hat die Fühlspiegel-Vergleichung von Endmassen früher namentlich deswegen gewählt, weil man dabei die Stäbe in einer *Flüssigkeit* vergleichen kann, was das beste Mittel zur sicheren und gleichmässigen Temperatur-Bestimmung ist; indessen in neuer Zeit macht man auch mikroskopische Strich-Vergleichungen in der Flüssigkeit, wie aus dem Nachfolgenden zu ersehen ist.

#### *Mass-Vergleichungen des internationalen Mass- und Gewichts-Bureaus.*

Zum Abschluss unserer Betrachtungen über Massvergleiche wollen wir noch einen Auszug vorführen aus dem Werke: „Travaux et mémoires du bureau international des poids et mesures“, Tome II, Paris 1883, Seite C 3 — C 147, und Tome III, 1884, Seite C 3 u. ff. mesures de dilatation et comparaisons des règles métriques.

1. Verfahren im Allgemeinen. Die Messungen der Ausdehnungen der metrischen Strichmasse wurden nach dem von dem schwedischen General Wrede, Mitglied des internationalen Mass- und Gewichts-Bureaus angegebenen Verfahren ausgeführt, welches im wesentlichen in der aufeinander folgenden Vergleichung zweier Stäbe besteht, welche nach einander unter die Objektive zweier vertikaler im Abstand von  $1^m$  befestigter Mikrometer-Mikroskope gebracht werden. Die Messungen werden wie bei gewöhnlichen Vergleichungen zweier Meter gemacht, mit dem einzigen Unterschied, dass jeder der Stäbe in einen besonderen Trog mit Flüssigkeit eingeschlossen ist, und dass die Stäbe hierin im allgemeinen verschiedene Temperaturen haben, welche nach Umständen reguliert werden können. Auch kann die Temperatur des einen Stabes während der Dauer der Vergleichungen konstant erhalten werden, und man erhält dadurch die Ausdehnung des anderen Stabes unmittelbar. Der Vorteil der Methode besteht darin, dass ihre Ergebnisse unabhängig von dem absoluten Abstand der Mikroskop-Axen sind, dieser Abstand braucht nur während der kurzen Zeit des Übergangs von einem Stab zum anderen als konstant oder während abwechselnden Übergangs als gleichförmig veränderlich angenommen zu werden.

Der Vergleich-Apparat besteht hiernach im wesentlichen aus zwei fest aufgestellten Mikroskopen und einer zwischen beiden befindlichen Schienen-Wagen-Einrichtung, mittelst welcher die in Tröge eingeschlossenen Meterstäbe rasch unter die Mikroskope geschoben werden können.

2. (C. 4.) Der Komparator besteht aus zwei Mikroskopen, welche auf Steinpfeilern im Abstand von  $1^m$  gut fundiert sind; dazwischen bewegt sich ein Wagen auf Schienen, welcher die Vergleichs-Stäbe mit ihren Trögen unter die Mikroskope bringt.

3. (C. 12.) Richtigstellung aller Teile.

4. (C. 13.) Die Mikroskope. Objektiv von  $36^{mm}$  Brennweite, Ganghöhe der Schraube =  $0,75^{mm}$ , 1 Umdrehung giebt  $0,1^{mm}$ , die Trommel ist in 100 Teile geteilt, giebt also sehr nahe  $0,001^{mm} = 1^u$ , Gesichtsfeld =  $1,1^{mm}$ , Okular Ramsden, Vergrößerung 90- bis 95fach.

5. (C. 14.) Neben-Apparate zur Regulierung der Temperatur in den Trögen mit Hilfe von Wasser-Zirkulation.

6. (C. 16 und Tome III C. 11.) Als Flüssigkeit wurde zuerst Glycerin genommen, aber wieder aufgegeben, weil die Klebrigkeit sich als Hindernis gleichförmiger Temperatur-Verteilung zeigte; ähnlich verhält es sich mit vegetabilischen Ölen. Petroleum stört durch die gesundheitschädlichen Dämpfe. Reines Wasser wurde schliesslich ausreichend gefunden für Platin, Messing und Bronze, dagegen für Eisenstäbe wurde als nicht angreifende Flüssigkeit nach verschiedenen Versuchen, gesättigte Borax-Lösung genommen.

Die Stäbe sind in der Regel 25<sup>mm</sup> tief in die Flüssigkeit eingetaucht, und die mikrometrische Messung durch eine 25<sup>mm</sup> tiefe Flüssigkeits-Schicht geschieht nahezu mit derselben Genauigkeit wie durch Luft.

7. (C. 20 und Tome III. C. 6.) Künstliche Beleuchtung in der Axe der Mikroskope, durch einen Spiegel unter 45°.

8. (C. 26.) Einstellen auf deutliche Schweite, nach Foerstes Theorie „l'influence de la mise au foyer sur les mesures mikrométriques“.

9. (C. 30.) Ausdehnungs-Coëfficienten (vgl. unseren früheren § 7. S. 53—54).

10. u. ff. (C. 30) Thermometer und (C. 62) Barometer.

30. (C. 104 und Tome III. C. 7.) Periodische Schraubenfehler (vgl. unseren früheren § 6. S. 48—50).

31. (C. 118 und Tome V. Seite 47) Fortschreitende Schraubenfehler.

### §. 9. Ältere Basis-Messungen.

Die ersten Basis-Messungen waren nichts anderes als Linien-Messungen im wesentlichen von ähnlicher Art, wie sie der Landmesser mit Messlatten heute noch macht, jedoch mit besonderer Sorgfalt ausgeführt.

So begann Snellius 1615 (vgl. unseren Band I. 4. Aufl. 1895, S. 478); und auch die Franzosen massen im 17. und auch noch im 18. Jahrhundert mit hölzernen Latten.

Ähnliche Messungen kamen in Deutschland auch noch in diesem Jahrhundert vor; so berichtet z. B. Benzenberg aus dem Jahre 1805 in dem Buche „Über das Cataster“, Bonn 1818, S. 20—21: „Die Standlinien wurden mit hölzernen Messstangen gemessen, die 12 Fuss lang waren, mit Ölfarbe angestrichen und an beiden Seiten mit Kupfer beschlagen. Diese wurden über kleine Brücken gelegt, die in eine Länge von 1000 Fuss durchs Feld gebaut wurden, und auf denen sich eine viermalige Messung fortsetzte, während dass hinten die Brücken abgebrochen und vorne wieder angebaut wurden. 22 Feldmesser wurden bei der Messung der Standlinien gebraucht.“

Folgendes sind Benzenbergs Angaben für die 4malige Messung bei Mündelheim, wobei wir sogleich die Reduktion in Metermass und eine Genauigkeits-Berechnung zufügen:

	Fuss	Zoll	Linien	Meter	$v$	$v^2$
1.	24062	1	8,1	= 7551,9867	+ 14,9 <sup>mm</sup>	222
2.	24062	1	5,0	= 7551,9799	+ 21,7	471
3.	24062	3	3,6	= 7552,0292	— 27,6	762
4.	24062	2	7,1	= 7552,0107	— 9,1	83
Mittel	24062	2	3	= 7552,0016		1538 = [ $v^2$ ]

Man berechnet hieraus:

Mittlerer Fehler einer Messung:

$$m = \sqrt{\frac{1538}{3}} = \pm 22,6^{\text{mm}}$$

Mittlerer Fehler des Mittels aus allen 4 Messungen:

$$M = \frac{m}{\sqrt{4}} = \pm 11,3^{\text{mm}}$$

Mittlerer Fehler einer Messung von 1<sup>km</sup> Länge:

$$m_1 = \frac{m}{\sqrt{7,552}} = \pm 8,2^{\text{mm}} \quad (1)$$