Ueber das preussische Längenmaafs und die zu seiner Verbreitung durch Copien ergriffenen Maafsregeln.

Von Herrn Geh Rath und Ritter *Bessel*.

Die jetzt vollständig gewordene Durchführung von Maafsregeln, welche nicht allein die Festsetzung der Einheit des preussischen Längenmaafses, sondern auch die leichte Erlangung sehr genauer Copien derselben beabsichtigten, fordert mich auf, den Lesern der Astr. Nachr. das Wesentlichste davon mitzutheilen.

Jeder der, gleich mir, bemüht gewesen ist, genaue Längenmessungen, z. B. der Secundenpendellänge, oder eines Bogens auf der Erdoberfläche, auszuführen, wird bemerkt haben, daß die Erlangung des, diesen Messungen zum Grunde zu legenden Maafses, Schwierigkeiten darbietet, deren Ursache nicht etwa in dem Mangel eines Urmaafses, sondern in der Unzulänglichkeit der Mittel dasselbe zu copiren, gesucht werden muß. Ich kann dieses durch die Vergleichung dreier Copien der Toise du Perou belegen, welche ich im J. 1835, durch einen Apparat und eine Verfahrensart ausgeführt habe, deren Genauigkeit einen über einige Zehntausendtel der Linie gehenden Fehler unwahrscheinlich macht. Eine dieser Copien, von *Fortin* verfertigt und durch die gütigen Bemühungen der Herren *Arago* und *Zahrtmann* mit dem Urmaafse der Toise verglichen, befindet sich im Besitze der Königsberger Sternwarte; die beiden anderen gehören zu dem reichen Instrumentenvorrathe, welcher durch Herrn Etatsrath *Schumacher* in Altona gesammelt worden ist; die eine derselben ist gleichfalls von *Fortin*, die andere von *Gambey* verfertigt, und beide sind, nicht minder authentisch als die hiesige, nach ihrer Vollendung mit dem Urmaafse verglichen. Alle drei sind mit Certificaten versehen, welche ihre Längen:

der ersten = 1 Toise — 0^o0008

der zweiten = 1 Toise (genau)

der dritten = 1 Toise + 0,00021

bestimmen. Dagegen hat meine erwähnte Vergleichung dieser drei Copien untereinander, gezeigt, daß die zweite 0^o00333 kürzer, die dritte 0^o00390 länger ist als die erste. Man erhält hierdurch verbunden mit der pariser Angabe der Längen dieser Copien, drei Bestimmungen jeder von ihnen, z. B. für die erste:

durch ihr eigenes Certificat = 1 Toise — 0^o00080

— die 2te } und ihre { = — 0,00333

— die 3te } Certificate { = + 0,00411

Hieraus geht hervor, daß die Copien der Toise du Perou Unsicherheiten besitzen können, welche zwar für die meisten Anwendungen nicht von großer Bedeutung sind, jedoch keinesweges als unerheblich betrachtet werden dürfen, wenn Messungen beabsichtigt werden, denen die größte erreichbare Genauigkeit angeeignet werden soll. Ich finde auch nicht, daß das, was über die Vergleichung anderer Urmaafse mit ihren Copien bekannt geworden ist, eine größere Sicherheit verheißt.

Ich muß also der Meinung sein, daß die Mittel, welche bisher zum Copiren vorhandener Urmaafse ergriffen worden sind, noch etwas zu wünschen übrig lassen. Allein ich betrachte die Anordnung genügender Mittel dieser Art, als einen nicht minder wesentlichen Theil der Regulirung eines Maafs-systems, als die Festsetzung seiner Einheit selbst ist. Ich habe daher eine mir zu Theil gewordene Veranlassung benutzt, den Versuch der Herbeiführung einer Genauigkeit der Copien zu machen, welche die bisherige weit überschreiten und nichts Wesentlich erscheinendes mehr zu wünschen übrig lassen sollte. Diese Veranlassung ist mir durch den Auftrag der preussischen Regierung gegeben worden, unser Längenmaafs definitiv in Ordnung zu bringen; womit sich die Absicht der dänischen Regierung vereinigt hat, zugleich und übereinstimmend mit der in Preußen einzuführenden, ihre Längeneinheit festzusetzen. Inwiefern jetzt, durch die Verfolgung eines ordnungsmäßigen und Jedem zugänglichen Weges, zuverlässiges Längenmaafs erlangt werden kann, wird man aus dem Folgenden ersehen. Jedoch muß ich eine vollständigere Uebersicht über die Arbeiten mittheilen, welche aus den erwähnten Veranlassungen hervorgegangen sind; denn nur dadurch kann ich die das Copiren der Maafseinheit betreffenden Maafsregeln mit den übrigen wesentlichen Theilen des Geschäftes in die gehörige Verbindung bringen. Ein erschienenes Werkchen von mir:

Darstellung der Untersuchungen und Maafsregeln, welche, in den J. 1835 bis 1838, durch die Einheit des preussischen Längenmaafses veranlaßt worden sind. Bekannt gemacht durch das Ministerium der Finanzen und des Handels. Berlin 1839.

verfolgt das ganze Geschäft in seine Einzelheiten und kann daher das ergänzen, was die gegenwärtige Uebersicht zu wünschen übrig lassen wird.

Im J. 1816 ist ein Gesetz erschienen, wodurch die Länge des preussischen Fusses durch ein Urmaafs erklärt wird, welches damals bei dem Ministerio der Finanzen und des Handels niedergelegt worden ist. Dieses Urmaafs wird durch einen Stab von Eisen gegeben, welcher wenig länger ist als drei preussische Füsse, und auf welchen die Länge von drei Füssen, so wie auch ihre Eintheilungen in 36 Zolle und des letzten Zolls in 12 Linien, durch Striche aufgetragen sind, welche zwei, auf einer seiner breiteren Seiten, der ganzen Länge nach, in etwa 0,4 Lin. Entfernung von einander, gezogene Parallelen senkrecht durchschneiden. Die Striche sind auf Silber gezogen, und zwar für die Zolle auf Stiften dieses Metalls, für die Linien auf einer eingelegten Platte. Dieser Stab ist von Herrn *Pistor*; zugleich mit drei, an geeigneten Orten niedergelegten Copien, gefertigt worden. Die von dem Gesetze ausgesprochene Absicht, welche seine Verfertigung leitete, war, den preussischen Fuß = $139\frac{1}{13}$ des französischen zu machen und ihn dadurch dem, in Deutschland viel gebräuchlichen rheinländischen Füsse, so nahe zu bringen, als die über diesen bestehende Unsicherheit erlaubte.

Dieses Gesetz läßt einige Festsetzungen unerwähnt, welche zur unzweideutigen Erklärung des preussischen Fusses durch sein Urmaafs erforderlich sind. Als unzweifelhaft darf man indessen ansehen, daß dieser Fuß das Drittel der Entfernung der beiden äußersten Striche der Scale sein soll, gemessen in der Mitte zwischen den beiden Parallelen, zwischen welchen sie gezogen sind, und in derselben Wärme (= $16^{\circ}25$ des hunderttheiligen Thermometers), welche die Toise du Perou besitzen muß, wenn sie 6 französische Füsse lang sein soll. Dagegen glaube ich nicht, daß man die mangelnde Vorschrift über die Figur, welche der Stab haben muß, damit er drei französische Füsse angebe, ohne nachträgliche Festsetzung ergänzen darf. Diese Vorschrift würde ohne Zweifel nicht fehlen, wenn die von *Kater* gemachte Bemerkung des beträchtlichen Einflusses, welchen kleine Aenderungen der Figur eines Stabes auf die Entfernung zweier Punkte auf seiner Oberfläche äußern, im Jahre 1816 schon bekannt gewesen wäre. Sie hätte bestimmen müssen, ob der Stab, bei seinen Anwendungen, vollkommen gerade sein soll, oder ob er die Krümmung besitzen soll, welche er, bei seiner Auflegung an zwei bestimmten Punkten, durch seine eigene Schwere erhält. Ich finde, durch eine theoretische, von den Abmessungen des Stabes und der specifischen Schwere und Biegsamkeit seines Materials ausgehende Untersuchung, unter der Voraussetzung seines ursprünglich (d. h. ohne Spannung) geraden Zustandes, daß

die beiden äußersten seiner Theilstriche, dieselbe Entfernung von einander, welche sie in diesem Zustande besitzen, wieder erhalten, wenn man ihn an zwei, $0,2113$ seiner Länge von seinen Enden entfernten Punkten auflegt; daß diese Entfernung sich aber um $0,006482$ verkürzt, wenn er an den Enden aufliegt. Auch hätte bestimmt werden müssen, wie verfahren werden soll, wenn man den Stab, ursprünglich oder später, ohne Spannung nicht gerade finden sollte. Der Mangel dieser Bestimmungen erzeugt eine Unsicherheit der von ihrem Urmaafse entlehnten Einheit des preussischen Maafssystems, welche nur durch eine nachträgliche Untersuchung des jetzigen Zustandes desselben und eine hierauf gegründete Festsetzung, beseitigt werden könnte; welche aber nothwendig beseitigt werden muß, wenn die erste der an ein Maafssystem zu machenden Forderungen, nämlich daß es eine unzweideutige Einheit besitze, nicht unerfüllt bleiben soll.

Die Entfernung von einander, in welcher die beiden äußersten Striche dieses Stabes erschienen, während er auf einer Fläche ruhte, welche wenig von der Ebene verschieden gewesen sein kann, habe ich mit der Toise verglichen, und dadurch erfahren, daß die Absicht, den preussischen Fuß = $139,13$ Linien des französischen zu machen, durch Herrn *Pistor* so vollständig erreicht worden ist, daß sich kein Unterschied davon angeben läßt, indem der aus dieser Vergleichung hervorgegangene weit innerhalb der Grenzen der bisherigen Unbestimmtheit des preussischen Fusses, so wie auch der Unsicherheit der Copien der Toise, liegt. Indem man Mittel ergreift, die preussische Maafseinheit von jeder Unbestimmtheit völlig frei festzusetzen, hat man also nicht sowohl eine vorhandene Bestimmung derselben, als die Absicht, welcher gemäß sie versucht worden ist, zu verfolgen. Offenbar bleibt die Erfüllung dieser Absicht, und damit die zu treffende Wahl der Einheit des preussischen Maafssystems, in denselben Grenzen willkürlich, in welchen das, aus Copien der Toise du Perou abzuleitende französische Maafs (durch welches die Absicht ausgesprochen ist) willkürlich bleibt. Aber diese Willkür hat keinen weiteren Einfluß auf das preussische Maafssystem, sondern nur Einfluß auf das Verhältniß seiner Einheit zu der Einheit des französischen. Jene Einheit kann, der Natur jedes neu einzuführenden, oder von einer vorhandenen Unbestimmtheit zu befreienden Maafssystems zufolge, in der That willkürlich, oder innerhalb gewisser Grenzen willkürlich, festgesetzt werden. Ich habe für das Angemessenste gehalten, über das was im gegenwärtigen Falle willkürlich bleibt, so zu verfügen, daß ich die Einheit des preussischen Maafssystems, so genau = $139,13$ solcher Linien, deren die Königsberger Copie der Toise $863,9992$ hat, gemacht habe, als sehr sorgfältige Messungen diese Länge haben

angeben können. Die dieser Copie der Toise gemäße Annahme des französischen Maafses habe ich den Annahmen, welche auf die beiden anderen Copien hätten gegründet werden können, vorgezogen, nicht etwa weil ich die erstere für sicherer hielte, oder weil sie zwischen den beiden anderen liegt, sondern weil dieselbe Annahme schon den Messungen der Pendellängen in Königsberg, Güldenstein und Berlin und des Bogens auf der Erdoberfläche, worauf die Ostpreussische Gradmessung beruht, zum Grunde gelegt worden ist.

Ich muß nun die Mittel angeben, durch welche die unzweideutige Festsetzung der Einheit des preussischen Maafsystems erlangt worden ist. Man konnte diese Einheit entweder durch die Entfernung zweier Punkte (oder Striche) auf einer Oberfläche, oder durch die Entfernung zweier Oberflächen, erklären; bekanntlich ist die Erklärung des englischen Fusses von der ersten, des französischen von der zweiten Art. Ich habe, in der schon erwähnten Schrift, die Gründe vollständig darzustellen gesucht, wodurch die Wahl zwischen beiden Arten der Einrichtung eines Urmaafses geleitet werden kann, und bin dadurch zu dem Schlusse gelangt, daß es in jeder Beziehung am vortheilhaftesten ist, ein Endflächenmaafs zum Urmaafse zu wählen. Seine Vorzüge bestehen in erreichbarer und leichter vor Beeinträchtigung durch Zufälligkeiten zu schützender, völliger Unzweideutigkeit; in der Möglichkeit, ihm eine größere Dauerhaftigkeit zu geben; in der größeren Leichtigkeit seines Copirens. Es ist also ein Endflächenmaafs zum Urmaafse der preussischen Längeneinheit gewählt worden. Dieses ist ein Stab von Gußstahl, dessen quadratische Durchschnitte Seiten von 9 Linien haben; seine Endflächen sind durch abgekürzte Kegel von Sapphir armirt, deren größere Grundflächen sich im Inneren des Stabes befinden, und deren kleinere sehr wenig über seine ebenen Endflächen hervorragen; diese Kegel sind in Gold gebettet und die Construction ihrer Befestigungsart beabsichtigt, die Unveränderlichkeit ihrer Entfernungen von einander, trotz der Zufälligkeiten, welche das Urmaafs bei seinen Anwendungen erfahren mag, zu verbürgen; ihre Härte schützt sie vor Abnutzung und Beschädigung. Die Entfernung der äußeren Oberflächen der Sapphire, in der Axe des Stabes und in der Wärme von $16^{\circ}25$ des hunderttheiligen Thermometers gemessen, dient zur Erkennung von drei preussischen Fussen. Eine Vorschrift über die Auflegungsart des Stabes bei seiner Anwendung ist unnöthig, da selbst die, die Entfernung seiner Endflächen am meisten verkürzende, nur eine Wirkung von $0^{\circ}0000145$ äufsert.

Dieser Stab ist von Herrn *Baumann* in Berlin verfertigt worden, welchem ausgezeichneten Künstler ich auch alle übrigen

Apparate verdanke, welche im Laufe meiner Beschäftigungen mit dem preussischen Längenmaafse, angewandt worden sind. Ich vermeide hier jede Beschreibung dieser Apparate, indem ich auf die in meiner angeführten Schrift gegebene und die sie erläuternden Zeichnungen verweise. Ich glaube aber nicht unerwähnt lassen zu dürfen, daß ich den Apparat, welcher zu der Vergleichung verschiedener Copien der Toise untereinander, so wie auch einer von ihnen, sowohl mit dem 1816 verfertigten Strichmaafse, als auch mit dem neuen Endflächenmaafse dienen sollte, so habe einrichten lassen, daß die miteinander zu vergleichenden Maafsstäbe und die Mikrometer, durch welche ihre Vergleichung erlangt wird, sich in einem Bade von Weingeist befinden; nur durch dieses Mittel kann, meinen Erfahrungen zufolge, die Wärme der miteinander zu vergleichenden Stäbe erfolgreich ausgeglichen werden, und nur bei seiner Anwendung darf man hoffen, die Genauigkeit der Messungen über ein Tausendtel einer Linie hinauszutreiben. Ferner glaube ich erwähnen zu müssen, daß ich die Messung des Unterschiedes zwischen der doppelten Länge von drei preussischen Fussen und der Länge der Toise, nicht etwa durch eine Scale, sondern durch ein neues, weit sichereres, auf Berührung beruhendes Verfahren erlangt habe. Die Mikrometerschrauben des Apparats habe ich einer strengen Prüfung unterworfen und daraus die Kenntniß der Verbesserungen ihrer unmittelbaren Angaben gezogen, welche zwar nur in den Zehntausendteln der Linie stattfinden, jedoch zu den übrigen Unvollkommenheiten der Messungen nicht ein so kleines Verhältniß haben, daß ihre Vernachlässigung als ganz gleichgültig angesehen werden dürfte.

Den beschriebenen Stab, welcher jetzt das preussische Urmaafs geworden ist, habe ich an acht verschiedenen Tagen 48mal mit der Königsberger Copie der Toise verglichen, und daraus gefolgert, daß seine Länge $417,38939$ solcher Linien ist, deren jene $863,9992$ besitzt. Die sich am meisten von diesem Mittel entfernende Messung ist $0^{\circ}00051$ davon verschieden; der mittlere Fehler einer Messung ist $\pm 0^{\circ}000254$, des angegebenen Mittels aus allen $\pm 0^{\circ}0000375$. Ich habe auch keine Ursache, beständig in Einem Sinne wirkende Fehler zu fürchten, und halte daher das Resultat dieser Messungen für äußerst genau.

Der der Verfertigung des Stabes zum Grunde gelegten Absicht zufolge, sollten drei preussische Füsse $= 3.139,13 = 417,39$ Linien des als französisches angenommenen Maafses sein. Eine sehr kleine Abweichung des Stabes von dieser Absicht, welche zwar wohl nach seiner Vollendung durch genaue Messungen erkannt, nicht aber vor derselben vermieden werden konnte, kann nicht Ursache werden, sie zu verlassen. Demzufolge ist die Länge des Stabes nicht als drei

preussische Fufse, sondern 0,00061 französische, oder 0,00063 preussische Linien kürzer als diese, erklärt worden, und der Stab hat die Aufschrift:

Urmaafs der preussischen Längeneinheit. 1837.

Dieser Stab, in der Wärme von 16° 25 des hunderttheiligen Thermometers, in seiner Axe gemessen, ist 0,00063 Linien kürzer, als drei Fufse.

erhalten. Hierdurch wird er die unzweideutige und einzige Erklärung des preussischen Fusses. Um hierüber keine Undeutlichkeit zu lassen, bemerke ich noch, daß die frühere gesetzliche Bedeutung des im J. 1816 verfertigten Strichmaafses diesem jetzt gesetzlich entzogen und dem neuen Endflächenmaafse beigelegt worden ist.

Zugleich ist die Vergleichung des hierdurch fest bestimmten preussischen Fusses mit dem französischen erlangt worden. Nimmt man diesen so an, wie er den angeführten drei Messungen der Pendellänge und der Gradmessung zum Grunde gelegt worden ist, so ist das Verhältniß beider $139,13:144 = 1:1,03500323 = 0,96618056:1$ so nahe richtig, als die angeführten Messungen es haben ergeben können. Ihr mittlerer Fehler ist noch keine volle Einheit der 7^{ten} Decimalstelle.

Ich komme nun zu den Mitteln, welche ergriffen worden sind, um Copien des preussischen Maafses zu gewähren. Eine authentische Copie davon muß ein Stab von weichem Gußstahl (von demselben Material aus welchem das Urmaafs verfertigt worden ist) sein; beide haben auch gleiche Dicke und gleiche, oder sehr nahe gleiche Länge. Statt der Endflächen von Sapphir, welche das Urmaafs besitzt, hat die Copie Endflächen von gehärtetem Stahl, welche, nach ihrer festen Verbindung mit dem Stabe, eben und genau senkrecht auf seine Axe abgeschliffen und polirt sind. Um diese Endflächen vor Staub und Rost zu schützen, werden sie durch cylindrische Kapseln von Messing verdeckt, welche auf die cylindrisch abgedrehten Enden des Stabes geschoben werden. Die so eingerichteten Stäbe verfertigt Herr *Baumann*. Wenn sie gänzlich vollendet sind, werden sie mit dem Urmaafse verglichen, wodurch man ihre Länge (in der Wärme, in welcher die Vergleichung vorgenommen ist) in preussischem Maafse ausgedrückt, erfährt. Dann erhält der Stab die Aufschrift:

(Jahrszahl). Dieser Stab, in der Wärme von ** Graden des hunderttheiligen Thermometers, in der Axe seiner cylindrischen Enden gemessen, ist ** Linien länger (oder kürzer) als drei preussische Fufse.

Durch diese Aufschrift wird er zur authentischen Copie des preussischen Maafses. Um eine solche zu erlangen, muß man sich an die Königl. Normal-Eichungs-Commission in

Berlin wenden, welche derselben auch die Originalvergleichungen beilegt, woraus die in den Stab eingegrabenen Zahlen hervorgegangen sind. Die Kosten einer solchen Copie betragen 60 preussische Thaler.

Diese Nachricht würde kaum Anspruch haben, die Aufmerksamkeit Derer zu erregen, für welche der Besitz zuverlässigen Längenmaafses einen Werth hat, wenn ich nicht zugleich die Art der Vergleichung der Copien näher erläutern wollte, um dadurch ein Urtheil über den Grad ihrer Zuverlässigkeit herbeizuführen. Der Apparat, welcher die Vergleichen ergibt, besteht im Wesentlichen aus zwei sehr feinen, mit *Repsold'schen* Wasserwagen-Fühlhebeln versehenen, auf einem 7 Zoll 2 Linien starken Balken von Mahagoniholz befestigten Mikrometern, zwischen welche abwechselnd das Urmaafs und die Copie gebracht werden können. Beide Stäbe liegen, um dieses zu bewirken, nebeneinander, auf einem Wagen von Messing, welcher, auf 5 einander parallel und senkrecht auf die Mikrometerlinie gelegten Schienen, vor und zurück geführt, so wie auch an zwei Orten arretirt wird, nämlich genau da, wo die Axe entweder des einen, oder des anderen Stabes sich in der Mikrometerlinie befindet. Bei der Anwendung fährt man erst den Wagen bis zu einer der Arretirungen, bringt dadurch einen der Stäbe zwischen die Mikrometer und diese dann zur Berührung mit seinen Endflächen; dann zieht man die Mikrometer zurück, führt den Wagen bis zur zweiten Arretirung und wiederholt das Vorige an dem anderen Stabe. Hierdurch erhält man eine Vergleichung der Längen beider Stäbe; allein es ist ein Grund vorhanden, welcher nothwendig macht, die Vergleichung nach der Umwendung beider Stäbe zu wiederholen. Das mittlere Resultat beider Vergleichungen ist, insofern nur die Messungsfehler in Betracht gezogen werden, schon eine sehr beträchtliche Annäherung an die Wahrheit; denn der Apparat ist so gut gemacht und seine Mikrometer sind so fein, daß, bei gehöriger Prüfung und Berücksichtigung ihrer Schrauben eine einzelne Messung nicht mehr als wenige Zehntausendtel einer Linie zweifelhaft läßt. Allein diese Genauigkeit der Messungen würde keinen Werth haben wenn man nicht Mittel gefunden hätte, beide Stäbe stets in so nahe gleicher Wärme zu erhalten, daß so kleine Theile einer Linie nicht durch eine Ungleichheit derselben alle Bedeutung verlieren. Um die aus der Wärme hervorgehende Schwierigkeit der genauen Vergleichung beider Stäbe richtig zu würdigen, muß man bemerken, daß eine Aenderung derselben um ein Vierundvierzigstel eines hunderttheiligen Grades, eine Längenänderung der Stäbe von ein Zehntausendtel Linie her vorbringt; daß weit größere Unterschiede der Wärmen beider Stäbe aus der Verschiedenheit der Wärmestrahlung nach und von den entgegengesetzten Seiten des Zimmers, in welchen

der Apparat sich befindet, hervorgehen können und werden, daß die Ausgleichung vorhandener Wärmeverschiedenheiten der Stäbe, ohne die Hülfe einer beide umgebenden Flüssigkeit, so äußerst langsam vor sich geht, daß man weit eher erwarten kann, eine neue Ungleichheit entstehen, als eine vorhandene ganz verschwinden zu sehen. Die Schwierigkeit, wovon hier die Rede ist, wird nicht eher ein sehr fühlbares Hinderniß der Messungen, als bis man anfängt von ihnen eine Sicherheit zu fordern, welche beträchtlich innerhalb eines Tausendtels einer Linie liegt; grössere Ungleichheiten der Wärme sind verhältnißmässig leicht zu vermeiden. Wenn frühere Maafsvergleichen durch diese Schwierigkeit nicht in ihrem Fortgange gehemmt worden sind, so darf man daraus, meiner Meinung nach, nicht auf ihr Nichtvorhandensein schliessen; sondern man muß annehmen, daß die Sicherheit der Resultate der Messungen, welche man entweder von den getroffenen Einrichtungen zu erwarten berechtigt war, oder welche man für hinreichend hielt, nicht so eng begrenzt war, daß kleine Wärmeverschiedenheiten sie wesentlich hätten beeinträchtigen können.

Das sich am ersten darbietende Mittel, das aus Ungleichheiten der Wärme beider Stäbe hervorgehende Hinderniß ihrer genauen Vergleichung zu beseitigen, wäre das Messen in einem Weingeistbade gewesen, welches schon bei den oben erwähnten, früheren Messungen so gute Dienste geleistet hatte. Bei aufmerksamer Betrachtung zeigte sich aber, daß die Verfolgung dieses Mittels die Zahl der Möglichkeiten, das Urmaafs zu beschädigen, vermehrt haben würde, wenn es ihm auch, bei der Anwendung gehöriger Vorsicht, keine Gefahr bringen kann. Da es sich hier um die Ergreifung einer Maafsregel handelt, welche nicht etwa jetzt allein, sondern während einer unbestimmt langen Zeit befolgt werden soll, so ist meine Meinung, daß man sie so wählen muß, daß dadurch auch Unachtsamkeit und Nachlässigkeit nicht leicht die Kraft erhalten, einen nachtheiligen Einfluß auf das Urmaafs auszuüben. Ich glaubte daher, auf die Anwendung einer Flüssigkeit Verzicht leisten, und ein anderes Mittel, den Zweck zu erreichen, suchen zu müssen. Offenbar wurde es nun wesentlich, die Copien von demselben Material, denselben Abmessungen und derselben Art der Bearbeitung zu machen, welche das Urmaafs besitzt; denn ohne diese Uebereinstimmungen verschwindet alle Aussicht, die Wärme beider Stäbe, trotz der äußeren Störungen und des nie fehlenden Schwauens der Wärme der sie umgebenden Luft, fortwährend gleich zu erhalten.

Um den Einfluß der Ein- und Ausstrahlungen der Wärme zu vermeiden, ließ ich den ganzen Vergleichungsapparat, d. i. die Mikrometer, den Wagen und die darauf liegenden zu vergleichenden Stäbe, durch einen genau anschließenden Deckel

von Mahagoniholz verdecken, aus welchem nur die Knöpfe und Trommeln der Mikrometerschrauben hervorragten, und welcher nur zwei verglasete Oeffnungen hat, unter welchen sich die Scalen der auf den Stäben liegenden Thermometer befinden; auch diese Oeffnungen sind durch Holz verdeckt, welches nur, wenn man ablesen will, abgehoben wird. In diesem Zustande stellte ich den Apparat in meinem Zimmer auf und verglich die Längen der beiden Stäbe, nachdem sie hinreichend lange nebeneinander gelegen hatten; obgleich dieses nur dann geschah, wenn ich die Wärme im Zimmer nicht für schnell wachsend oder abnehmend hielt, so ergaben doch die von Zeit zu Zeit vorgenommenen Wiederholungen der Vergleichen, Schwankungen des Längenunterschiedes beider Stäbe zu erkennen, welche oft über ein Tausendtel einer Linie gingen. Ich versuchte nun Aenderungen der Stellung des Apparats, beziehungsweise auf die Fenster und den Ofen, und umgab diesen durch einen Schirm; allein der Erfolg wurde nicht besser; vielmehr führten diese Versuche zu der Ueberzeugung, daß nur ein weit gleichförmiger erwärmter Raum, als ein geheiztes Zimmer ist, einen besseren hervorbringen könne.

Ich brachte daher den Apparat in ein unbewohntes und ungeheiztes Zimmer des Kellergeschosses der Sternwarte, verschloß dieses und ging nur von Zeit zu Zeit hinein, um eine Vergleichung zu machen. Unter diesen Umständen gelangen die Vergleichen erwünschtermaassen, und damit war die Bedingung gefunden, unter welcher die versuchte Verfahrensart den beabsichtigten Erfolg wirklich herbeiführt. Damit man diese näher beurtheilen könne, führe ich an, daß unter 14 vollständigen Vergleichen des preussischen Urmaasses mit einer Copie, keine Abweichung von ihrem Mittel vorkommt, welche bis auf 0^10002 stiege, und daß nur 4 darunter sind, deren Abweichung 0^10001 überschreitet. Eine solche vollständige Vergleichung setzt 8 Messungen des Längenunterschiedes beider Stäbe voraus, und nach der ersten Hälfte derselben eine Umwendung beider. Jede dieser beiden Hälften der Vergleichung erfordert einen Zeitaufwand von einer Viertelstunde oder etwas mehr; zwischen beiden mag man einen Tag verstreichen lassen, damit der Einfluß der Körperwärme des Beobachters, welcher bei dem Abnehmen der Verdeckung des Apparats und der Umwendung der Stäbe nothwendig eintritt, hinreichende Zeit erhalte, sich auszugleichen.

Die durch dieses einfache und leicht anzuführende Verfahren zu erlangenden Copien des preussischen Längenmaasses besitzen eine Sicherheit, welche, wie ich glaube, alle Wünsche befriedigen wird. Sie haben auch den Vorzug, unmittelbar von dem Urmaasse, und nicht etwa von einer

vermittelnden Copie derselben, genommen zu werden. Diesen, mir sehr erheblich erscheinenden und das Urmaafs in seine rechte Stellung versetzenden Vorthail konnte man durch die Härte seiner Endflächen herbeiführen, indem hierdurch die Furcht beseitigt wird, daß lange fortgesetzte, häufige Vergleichen seine Länge ändern mögten. Auch gegen Zufälle, welche aus Unvorsichtigkeit entstehen können, schützt das Verfahren bei den Vergleichen das Urmaafs so sehr als möglich: als Aufbewahrungsort ist ihm nämlich sein Lager auf dem Vergleichungs-Apparate angewiesen, welcher selbst sich in einem, gegen äussere Ereignisse möglichst gesicherten Raume befindet, welcher nur geöffnet wird, wenn eine Copie verglichen werden soll. Bei einer solchen Vergleichung darf das Urmaafs nur einmal mit den Händen berührt werden, nämlich bei seiner Umwendung auf seinem Lager; es ist kaum möglich, daß es bei dieser Gelegenheit falle, oder heftige Stöße erfahre, und überdies glaube ich, daß es sich gegen Zufälle dieser Art ziemlich unempfindlich erweisen würde. In der That ist ein Stab von Stahl, von 9 Linien Dicke, so fest, daß eine beträchtliche Kraft erfordert wird, um die Grenze seiner Elasticität zu übertreffen.

Es ist vielleicht noch nöthig, daß ich die Art, wie die Länge einer Copie durch ihre Aufschrift angegeben wird, rechtfertige. Diese Aufschrift giebt nicht etwa ihre Länge, so wie sie bei der Vergleichung unmittelbar, d. h. durch den Zustand des Urmaafses, welchen die Wärme zur Zeit der Vergleichung mit sich brachte gemessen, erschien, sondern ihre Länge in wahren preussischen Maafse. Um diese kennen zu lernen, mußte man die Veränderungen kennen, welche Wärmeänderungen in der Länge des Urmaafses hervorbringen; man mußte eine besondere Untersuchung vornehmen, wodurch die Ausdehnbarkeit des Urmaafses durch die Wärme bestimmt worden ist. Sie ist auf einen eigenen Apparat gegründet worden, dessen Beschreibung und Zeichnung man in meiner erwähnten Schrift findet, und welcher ergeben hat, daß die Wirkung jedes hunderttheiligen Grades des Steigens des Thermometers auf die Länge des Urmaafses, $\equiv 0,004375$ preussische Linien ist. Hierdurch wird die Länge bekannt, welche die Copie in der, zur Zeit ihrer Vergleichung stattgefundenen Wärme besitzt; wie sie in jeder anderen, z. B. der Normalwärme der preussischen Maafsstäbe ($\equiv 16^{\circ}25\text{ C}$) ist, kann man nur nach Erlangung der Kenntniß ihrer Ausdehnbarkeit durch die

Wärme erfahren, welche, so wie die Ergreifung aller Mittel zur Benutzung der Copie, ihrem Besitzer überlassen bleiben muß. Wüßte man, daß das Urmaafs und die Copie gleiche Ausdehnbarkeit durch die Wärme besäßen, so würde man, durch die unmittelbare Angabe der Vergleichung, in welcher Wärme diese auch vorgenommen sein mag, ihre Länge in der Normalwärme erfahren; allein, wenn auch beide aus einem gleichen Material (weichem Gufsstahl) bestehen, so scheint doch dadurch ihre gleiche Ausdehnbarkeit nicht so sicher verbürgt zu werden, daß man für angemessen halten könnte, dem Besitzer der Copie in dem Urtheile vorzugreifen, ob er die Annahme der gleichen Ausdehnbarkeit machen, oder durch eine eigene, sich auf seine Copie beziehende Untersuchung ersetzen will. Will er das erstere, so erhält er die Länge der Copie in der Normalwärme, indem er ihrer auf dem Stabe eingegrabenen Länge, die Veränderung des Urmaafses zwischen dieser, und der Wärme zur Zeit der Vergleichung hinzusetzt.

Nachdem die leichte und sichere Art der Vergleichen von Copien mit dem Urmaafse, wovon ich das Wesentliche angeführt habe, gefunden und erprobt war, wurde der Apparat von Königsberg nach Berlin gebracht, dort ein Zimmer für ihn eingerichtet, welches die als nöthig erkannten Eigenschaften besitzt, und seine fernere Anwendung der Königl. Normal-Eichungs-Commission überlassen. Diese hat ihrerseits, um nichts zu wünschen übrig zu lassen, Herrn *Baumann* — den Künstler selbst, der den Apparat verfertigt hat — mit der Anstellung der Vergleichen beauftragt.

Man wird aus dem, was ich jetzt, seinen Hauptgesichtspunkten nach, auseinandergesetzt habe, erschen, in wiefern die Absicht erreicht worden ist, ausser der Festsetzung des preussischen Längenmaafses (von dessen Vergleichung mit dem französischen ich oben das Nöthige gesagt habe) auch die Möglichkeit und Leichtigkeit seines, selbst für wissenschaftliche Anwendungen hinreichend genauen Copirens herbeizuführen. Ich selbst hege die Hoffnung, daß es in der Folge keine Schwierigkeit mehr haben wird, das lange gefühlte Bedürfnis der Erlangung zuverlässigen Längenmaafses zu befriedigen, und zwar nicht allein in Berlin, sondern auch in Copenhagen, wo Herr Etatsrath *Schumacher* ganz ähnliche Maafsregeln ergriffen hat und gleichfalls der allgemeinen Benutzung bald eröffnen wird.

Bessel.