OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 181

P. Méchain J. Delambre

Grundlagen des dezimalen metrischen Systems

.

J. Borda C. Cassini

Versuche über die Länge des Sekundenpendels in Paris

Verlag Harri Deutsch

OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 181

Pierre Francois André Mechain
1744-1804

Jean Baptiste Joseph Delambre
1749-1822

Jean Charles Borda
1733-1799

Jaques Dominique Cassini
1748-1845

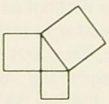
OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 181

Grundlagen
des dezimalen metrischen Systems
oder
Messung des Meridianbogens zwischen den Breiten
von Dünkirchen und Barcelona,
ausgeführt im Jahre 1792 und in den folgenden.

Redigiert von Delambre, ständigem Sekretär des Instituts für die mathematischen Wissenschaften, Mitglied des Bureau des Longitudes, der Königlichen Gesellschaften in London, Upsala und Kopenhagen, der Akademien zu Berlin und Schweden, der Italienischen und Göttinger Gesellschaft und Mitglied der Ehrenlegion.

von
Pierre F.A. Méchain
Jean B.J. Delambre

in Auswahl übersetzt und herausgegeben von
W. Block



Verlag Harri Deutsch

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei
Der Deutschen Bibliothek erhältlich.
Zu recherchieren auch unter:
<http://www.ddb.de/online/index.htm>

ISBN 3-8171-3181-X

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches - oder von Teilen daraus - sind vorbehalten.
Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden.
Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.
Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.
© Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt am Main, 2000
1. Auflage Engelmann Verlag, Leipzig
2. Auflage 2000
Druck: Rosch - Buch Druckerei GmbH, Scheßlitz
Printed in Germany

Inhalt.

Seite

I. Vorbemerkungen 5

II. Bestimmung des Meters 71

III. Versuche über die Länge des Sekundenpendels in Paris von *Borda* und *Cassini*. 103

IV. Bericht über die Messung des Meridianbogens zwischen den Breitenkreisen von Dünkirchen und Barcelona und über die Länge des hieraus abgeleiteten Meters, der Kommission für Maß und Gewicht am 11. Floréal des Jahres VII erstattet 149

V. Letzte Bemerkungen über das Meter 162

VI. Bericht von *Tralles* an die Kommission über die Einheit des Gewichts im dezimalen metrischen System nach den Arbeiten von *Lefèvre-Gineau*, am 11. Prairial des Jahres VII erstattet 172

VII. Definitives Meter. 188

Anmerkungen 193

Vorbemerkungen.

Die zwei Fragen nach der Größe und der Gestalt der Erde, die seit langen Zeiten die Astronomen und Geometer beschäftigen, scheinen niemals völlig erschöpft werden zu können. Die Alten haben sich nur mit der ersten beschäftigt, die zweite schien ihnen, gleich nachdem sie aufgeworfen war, gelöst zu sein. In dem Augenblick, in welchem man die Krümmung der Erdoberfläche und die konvexe Gestalt des Meeresspiegels bemerkt hatte, schloß man sofort, daß die Erde eine Kugel sei. In einer Zeit, in der man am Himmel nur Kreise sehen wollte, als man nur geradlinige und kreisförmige Bewegungen erfassen konnte, dachte man nicht daran, den geringsten Zweifel gegen eine Lehre zu erheben, die eine große Einfachheit in der Theorie mit einer für die Praxis ausreichenden Genauigkeit vereinigte. Man nahm es also bis auf *Huygens* und *Newton* als sicher hin, daß die Erde sphärisch sei. Bei dieser Hypothese genügte es, einen beliebigen Meridianbogen zu messen, um einen Globus konstruieren zu können, der im kleinen die Erde darstellte, und auf dem man in ihren wahren Verhältnissen die verschiedenen Länder zeichnen konnte, die ihre Oberfläche ausmachen. *Eratosthenes* scheint als erster gezeigt zu haben, wie man diese fundamentale Operation der Geographie ausführt. Ohne sein Observatorium zu verlassen, machte er die ersten Vorschläge über den Weg, den man verfolgen müsse, um die Größe der Erde zu bestimmen. Er hatte gelesen oder gehört, daß in Syene an den Tagen der Sonnenwende die Brunnen bis zum Grund erleuchtet seien; daß die senkrecht stehenden Körper mittags keine Schatten werfen. Daraus schloß er, daß Syene unter dem Wendekreis liegen müsse. Die Höhe der Sonne bei Sonnenwende, die er selbst in Alexandria beobachten konnte, gab ihm den Breitenunterschied oder die Zahl der Meridiangrade zwischen den Parallelen der beiden Städte. Der Weg zwischen beiden war etwa 5000 Stadien lang; er führte ungefähr einen Meridian entlang: daraus schloß er, daß der Längenunterschied Null sei. Der Breitenunterschied schien ihm der 50. Teil eines Vollkreises

zu sein. Der Umfang der Erde mußte infolgedessen 250000 Stadien sein. Er setzte ihn zu 252000 Stadien an, damit ein Grad die runde Zahl von 700 Stadien enthielte. Diese Resultate sind, wie man sieht, nicht hervorragend genau, sie genügten indessen für die Geographie seiner Zeit. Um auf seinem Globus oder in seinen Karten jeden beliebigen Ort in bezug auf Alexandria aufzuzeichnen, genügte es ihm, die Himmelsrichtung und die Entfernung zu kennen; oder, wenn die Breiten und die Entfernung zweier Orte bekannt war, konnte man sie an die entsprechenden Stellen des Globus setzen. Es war dieses eine wesentliche Unterstützung für die Geographie, die nur ein Mann leisten konnte, der bei vielem Scharfsinn die gesamten Kenntnisse seiner Zeit in sich vereinigte. Einige Neuere haben seinen Messungen eine höhere Genauigkeit zuerteilen wollen, als sie beanspruchen können. Diese Messungen der Alten, von denen wir nur unsichere Überlieferungen besitzen, sind für die, welche die Systematik lieben, sehr bequem. Sie haben alle etwas unbestimmtes an sich, das man nach neuen Beobachtungen bestimmt, oder nach Hypothesen, die man sich macht. Man findet darin alles, was man will, also man kann in ihnen immer nur das lesen, was man aus anderen Quellen weiß, man kann aus ihnen nichts entnehmen, was auch nur im geringsten unsere Kenntnisse fördert. Wenn neuere Forscher nicht ausgeführt hätten, was *Eratosthenes* nur angedeutet hat, würde uns seine berühmte und so oft besprochene Messung nur lehren, daß die Entfernung von Alexandria nach Syene ungefähr der 50. Teil eines Kreises ist. Seine Teilung des Grades in 700 Stadien hat für uns gar keinen Sinn, da uns nichts das Stadion, das er verwendet hat, definiert. Andere Geographen haben den Grad in eine andere Zahl von Stadien eingeteilt, d. h. sie haben die Zahlen von *Eratosthenes* in andere gleichwertige übertragen, wie wir es machen, wenn wir zur Bequemlichkeit des Rechnens die Minuten und Sekunden in Dezimalteile des Grades oder umgekehrt verwandeln. Derartige Änderungen sind belanglos, nur die Form ist geändert, und die verschiedenen Gradmessungen der einzelnen alten Autoren haben eine noch weniger reelle Existenz als die des *Eratosthenes*, von denen sie nur eine Art Übersetzung darstellen. Die des *Posidonius* ist die einzige, über die uns einige Einzelheiten erhalten sind. Aber seine Angaben waren noch viel unbestimmter als die von *Eratosthenes*. *Riccioli* erwähnt mit guten Gründen, daß diese Entfernung von gerade

5000 Stadien zwischen Rhodus und Alexandria, Alexandria und Syene, Syene und Meroe sehr verdächtig ist; es genügt dieses, um zu zeigen, daß jene drei Gradmessungen nur grobe Annäherungen sind, über die so viel und so lange zu streiten sich nicht der Mühe verlohnt. Eine noch ältere Gradmessung ist, wie man sagt, die, welche *Aristoteles* in seinem Werk über den Himmel erwähnt, aber es ist bemerkenswert, daß *Aristoteles* an dieser Stelle nichts darüber erwähnt, daß die Erde wirklich ausgemessen ist. »Die Mathematiker, welche die Größe der Erde zu berechnen versuchen, sagen, daß sie einen Umfang von 400000 Stadien hat.« *»Ὅσοι τὸ μέγεθος ἀναλογίζεσθαι πειρῶνται . . .«* Würde er sich so ausdrücken, wenn er von einer tatsächlichen Messung reden wollte? Und das Präsens *πειρῶνται*, sie versuchen, kann man dabei an eine vor *Aristoteles* Lebzeiten unternommene Messung denken?

Und was die Araber für die Erdmessung getan haben, ist noch weniger genau. *Almamun* versammelte, wie man sagt, seine Astronomen in den Ebenen von Sinjar, nachdem sie dort die Polhöhe gemessen hatten, wie, ist nicht gesagt, trennten sie sich in zwei Abteilungen und zogen, die einen nach Süden, die anderen nach Norden, und maßen, so gut sie konnten, den Weg den sie zurücklegten, wobei sie von Zeit zu Zeit die Polhöhe bestimmten, bis sie auf beiden Seiten eine Differenz von einem Grad zwischen ihrer Breite und dem Punkt der Abreise gefunden hatten. Aus dieser Messung der beiden Grade ergab sich ein Wert, welcher noch weniger genau zu sein scheint, als der der Astronomen aus Alexandria*).

Alle diese Messungen waren von der Art, wie die von *Fernel*, über die man am wenigsten gestritten hat, weil *Fernel* nicht so alt ist, und weil seine Gradmessung von Amiens seitdem auf zuverlässigere Art wiederholt ist. Wie die Araber, hat auch er sich nach Norden zu bewegt, bis er die Polhöhe um einen Grad vergrößert fand. Wie *Eratosthenes*, *Posidonius* und die Araber nahm er an, daß sein Weg vollständig auf einem Meridian verlief. Man weiß nicht, ob die Araber sich in dieser Annahme sehr getäuscht haben. Der Fehler betrug bei *Posidonius* 2 Grad in der Länge, bei *Eratosthenes* 3; *Fernel* war glücklicher; Amiens liegt tatsächlich unter dem gleichen Meridian wie Paris, wenigstens ist die Abweichung nur einige

*) Sie fanden den Grad zu $56^2/_3$ Meilen. *Paucton*, Metrologie p. 123 behauptet, es müßte $66^2/_3$ heißen.

Minuten. Die geodätische Messung bestand in dem Zählen der Umdrehungen eines Rades seines Wagens. Das Mittel war wenig zuverlässig, die der Griechen ebenso wenig; die der Araber werden nicht besser gewesen sein. Das Resultat von *Fernel* war ziemlich richtig, es war ein glücklicher Zufall. Wenn die Griechen und Araber ebenso glücklich gewesen wären, was aber nicht der Fall ist, so würde man daraus noch keine Folgerungen ziehen können.

Snellius benutzte eine bessere Methode: *Bailli* sagt, daß sie die von *Eratosthenes* und der Alten wäre. Diese Behauptung ist zum mindesten sehr grundlos.

Snellius maß eine Basis, an die er Dreiecke anschloß, er berechnete daraus die Strecke auf dem Meridian und maß die Polhöhen an den beiden Enden. Das entspricht genau der jetzigen Methode, der Unterschied besteht nur in den mechanischen Hilfsmitteln, den Rechenmethoden und der Sorgfalt, die man jetzt anwendet: aber man findet nichts entsprechendes bei den Alten, wenn man sie ohne Voreingenommenheit liest und nicht mehr in ihren Schriften finden will, als sie selbst darin niedergelegt haben.

Riccioli hat, um Gradlängen und den Radius der Erde zu messen, verschiedene Methoden erdacht, welche er sorgfältig in seinem Werk: »Neue Geographie«, beschrieben hat; abgesehen davon, daß sie nur bei sehr kleinen Bogen angewendet werden konnten, hatten sie noch den Nachteil, mehr oder weniger von der astronomischen und terrestrischen Strahlenbrechung abzuhängen. Die verschiedenen Werte, zu denen er nacheinander durch seine verschiedenen Methoden gelangte, bewiesen zur Genüge, daß sie wenig Vertrauen verdienten, und sie sind heute sämtlich aufgegeben. Die einfachste von diesen, die er von *Kepler* übernommen hatte, bestand in der Lösung von folgender theoretisch sehr einfachen Aufgabe: Kennt man die geradlinige Entfernung zweier Orte und die Winkel ihrer Verbindungslinie zum Zenit, so sollen hieraus die Abstände der Orte vom Erdmittelpunkte berechnet werden; eine Aufgabe, die sich darauf reduziert, in einem geradlinigen Dreieck, in welchem man eine Seite und die beiden anliegenden Winkel kennt, die anderen Seiten zu berechnen. Aber es ist klar, daß die terrestrische Strahlenbrechung die beiden Winkel verändert. Man darf sich also auf diese Methode nicht verlassen, und man versteht das, was *Picard* und *Cassini* über sie in ihren Werken über die Messung und Größe der Erde gesagt haben.

Norwood, der zum Teil auf die Methode von *Snellius*, zum Teil auf die von *Fernel* zurückgriff, maß einen größeren Bogen mit größerem Instrumentarium und versuchte, mittels eines Winkelmeßinstrumentes alle Abweichungen der Linie, die er maß, nach den Methoden der Feldmeßkunst auszuwerten, täuschte sich aber, trotz aller Sorgfalt, um etwa 400 Toisen auf einen Grad.

Picard, welcher in Gemeinschaft mit *Auzout* den Astronomen dadurch einen bedeutenden Dienst erwiesen hatte, daß er bei den großen Instrumenten Fernrohr und Mikrometer an Stelle von Dioptern anwandte, benutzte die Methode von *Snellius*, erzielte eine bisher unbekannte Genauigkeit und Sicherheit und lieferte endlich ein Resultat, auf das man sich verlassen konnte, und auf welches man sich 60 Jahre verließ. Später erkannte man indessen, daß er sich in seinem Himmelsbogen um einige Sekunden geirrt hatte; aber infolge eines glücklichen Zufalles kompensierte sich der Fehler dadurch, daß die Länge der Toise, die er anwendete, um ungefähr ein Tausendstel kürzer war als die, welche als Modell für die Toise der Akademie der Wissenschaften gedient hatte. *Picard* erhielt also für seinen Grad von Amiens 57060 Toisen, d. h. 15 Toisen weniger, als wir durch unsere Messung gefunden haben. Aber wenn man seinen Fehler beim Himmelsbogen erkannt hätte, ohne an den Unterschied seiner Toise und der der Akademie zu denken, so hätte sich sein Grad zu 57183 oder 57167 Toisen unter Berücksichtigung der Refraktion ergeben, und der Fehler hätte etwa 100 Toisen betragen; aber er wurde um $^2/_3$ durch die Messungen der Grundlinie bei Villejuif und Juvisi vermindert, die mit soviel Sorgfalt und so zahlreichen Wiederholungen von 1740 bis 1756 angestellt wurde*).

Die Messungen von *Picard* wurden bis Dünkirchen und Collioure durch *Cassini* und *Lahire* fortgesetzt. Dieses neue Unternehmen, das gegen 1683 begonnen und lange Zeit unterbrochen wurde, konnte erst gegen 1718 beendet werden, und das Buch, in der die Einzelheiten aller Operationen enthalten sind, wurde in den Abhandlungen der Akademie für das gleiche Jahr gedruckt.

Diese ganze Arbeit beruhte auf der Grundlinie von *Picard*.

---

*) Degré du méridien entre Paris et Amiens, von Maupertuis, Clairault, Camus und Lemonnier. Paris 1740. S. LIX.

Zur Kontrolle maß man indessen noch zwei andere am Meeresstrand, die eine bei Dünkirchen, die andere bei Perpignan. Bei der ersten fand man nur eine Toise Unterschied zwischen der Berechnung und der Messung; bei der zweiten waren es anfangs drei; indessen wurde nach Anbringung einiger Korrektionen der Unterschied geringer, und man begnügte sich dann, ohne zu erwähnen, in welchem Sinne die beiden Abweichungen lagen, zu erklären, daß Beobachtungen und Rechnungen in genügender Übereinstimmung wären.

Die Größe der Erde war so einigermaßen zuverlässig von den französischen Astronomen bestimmt, und man begann alsbald, über die Form der Meridiane zu streiten.

Huygens und *Newton* hatten aus der Theorie gefunden, daß die Erde nach den Polen zu abgeplattet sein müßte. Die Messung der $8^1/_2$ Grade von Dünkirchen bis Collioure deutete auf eine Verlängerung hin: ein Resultat, das nicht nur den Folgerungen aus der von *Richer* beobachteten Verringerung der Länge des Sekundenpendels am Äquator widersprach, sondern auch den Beweisführungen von *Huygens* und *Newton*. *Mairan* versuchte in den Abhandlungen von 1720 alles mögliche, um die Beobachtungen am Pendel und die Gradmessungen miteinander in Einklang zu bringen und zu beweisen, daß beide gleich gut sein konnten. *Desaguliers* behauptete in den Transactions philosophiques, daß die Hypothese von *Mairan* unmöglich wäre. Der Streit nahm kein Ende: Verschiedene Autoren schlugen mehr oder weniger einfache Mittel vor, um die Frage zu lösen; das zuverlässigste war offenbar die Messung von zwei Graden, den einen in der Nähe des Äquators, den andern in der Nähe des Poles. Diese Messungen würden die Abplattung beweisen. Man hatte nicht diese Messungen abgewartet, um Bedenken an der Genauigkeit der in Frankreich ausgeführten zu erheben; man fühlte die Notwendigkeit, sie zu verifizieren. *Cassini*, Graf von Thury, unterzog sich der Aufgabe gemeinsam mit *Lacaille* im Jahre 1739. Ihre Arbeit erschien unter dem Titel Méridienne vérifiée 1744 in den Abhandlungen der Akademie, und es blieb kein Zweifel mehr an der Verlängerung der Grade nach dem Pol zu. Diesen Schluß bestätigte noch die Messung eines Längengrades, die die gleichen Astronomen ausführten. Alles sprach also für die Abplattung: Die Größe dieser allein bot nur noch Stoff zu neuen Untersuchungen, schwierigeren und mühsameren als alle früheren.

Seit dieser Zeit waren mehrere Grade in verschiedenen Län-

dern gemessen. *Lacaille* am Kap der guten Hoffnung, *Boscowich* im Kirchenstaat, *Beccaria* in Piemont, *Liesganig* in Österreich und Ungarn, folgten mit mehr oder weniger Erfolg den in Frankreich gegebenen Beispielen; endlich maßen *Mason* und *Dixon* einen Grad in Pennsylvanien, ohne ein Dreieck zu verwenden, indem sie die Toise tatsächlich auf den ganzen Bogen der Erdoberfläche auftrugen. Weit davon entfernt, die Unsicherheit zu beseitigen, die über die Größe der Abplattung bestand, war der Vergleich der Messungen nur geeignet, um Zweifel an der Ähnlichkeit und der Regelmäßigkeit der Krümmung der Meridiane zu veranlassen. Dieser Verdacht wurde noch durch die letzten Messungen bestärkt. Später wird man vielleicht einsehen, daß die Breitenkreise sich ebenso wie die Meridiane von Kreisen unterscheiden, und daß die Erde kein genauer Umdrehungskörper ist; aber wenn man den Beweis erlangt, daß alle Teile der Erdoberfläche unregelmäßig gestaltet sind, so wird man wenigstens ungefähr wissen, in welche Grenzen diese Unregelmäßigkeiten sich einschließen lassen, und man kann diese Grenzen mehr und mehr einengen; schon jetzt ist gezeigt, daß, wenn man den Fehler zuläßt, die Erde als elliptisches Sphäroid anzusehen, dieser Fehler für die Praxis völlig belanglos ist.

Diese Gradmessungen und die nicht weniger sorgfältig angestellten Messungen an Pendeln in verschiedenen Gegenden hatten den Gedanken an ein universelles und unveränderliches Maß auftauchen lassen, dessen Original aus der Natur zu wählen wäre. *Picard*, welcher die beiden Operationen miteinander verbunden hatte, um zu allen Zeiten den Wert seiner Toise wieder feststellen zu können, schlug die Pendellänge als ein solches Universalmaß vor, und gab ihm den Namen astronomischer Radius. Er versprach, diese Länge und seine Toise sorgfältig in seinem großartigen Observatorium, das soeben fertig geworden war, aufzubewahren. Man mußte es später bereuen, diese kluge und so leichte Vorsichtsmaßregel außer acht gelassen zu haben.

Cassini schlug in seinem Werke: »Über die Größe und Gestalt der Erde«, auf Seite 158 und 159 einen geometrischen Fuß vor, der dem sechstausendsten Teil der Minute des Vollkreises entsprechen sollte, oder auch eine Elle von zwei dieser Längen, was der zehnmillionste Teil des Halbmessers der Erde sein sollte, oder auch endlich eine Toise von sechs dieser Fuß, so daß der Grad 60 000 Toisen gehabt hätte. Dieser Vor-

schlag unterschied sich wenig von dem *Moutons*, der in einem in Lyon im Jahre 1670 gedruckten Werke als Einheit die Minute eines Grades vorschlug, die er Meile nannte. Die Unterteilungen dieser großen Einheit waren dezimal, und er nannte sie centuria, decuria, virga, virgula, decima, centesima und millesima, oder stadium, funiculus, virga, virgula, digitus, granum, punctum (Observationes diametrorum S. 427).

Dieser Vorschlag eines aus der Natur entnommenen Universalmaßes fand Beifall und wurde oft wiederholt, aber ohne einen Erfolg; man glaubte ihn damit erledigen zu können, daß man ihn bereits den Alten zuschrieb. *Paucton* sagt auf Seite 102 seiner »Metrologie« ausdrücklich, daß das natürliche Prototyp, auf das die Alten ihre Messungen bezogen hätten, das Maß der Erde sei; und kurz vorher, daß Ägypten diesen authentischen Modul aufbewahre; und auf Seite 109: Die Seite der großen Pyramide, 500 mal genommen, ist genau das Maß des durch die Neueren gemessenen Grades. Aus dieser Hypothese erklärt sich alles mit wunderbarer Leichtigkeit, aber nur wenn man $684^1/_5$ Fuß als Seite der Basis annimmt. Indessen nach Messungen französischer Astronomen und Ingenieure in Ägypten ist diese Seite $716^1/_2$ Fuß, und diese Länge gibt für den Grad 2700 Toisen mehr, als er nach unsern Messungen haben sollte.

Bailli, der seinem Leser ähnliche Gedanken wie *Paucton* entwickelt, spricht wenigstens nur eine wahrscheinliche Vermutung aus (Geschichte der neueren Astronomie, Band I, Seite 156). Die Alten, sagt er, hatten wie wir den Gedanken, ihre Maße unveränderlich zu machen, indem sie sie aus der Natur herleiteten, und dieser Gedanke, der heute noch nicht ausgeführt ist, scheint damals verwirklicht gewesen zu sein. Wie *Paucton* nimmt er als Grundmaße seines Systems die Seite der Pyramide und die Elle, die er zu 20,54 Zoll ansetzt. Indessen ist nach unsern Ingenieuren die Elle des Nilmessers 19,992 Zoll und die Seite der Pyramide $716^1/_2$ statt $684^1/_5$ Fuß. Wir wollen keine weiteren Betrachtungen über alle diese auf so schwachen Fundamenten erbauten Systeme anstellen; es ist aber bedauerlich, daß so viele Autoren sich bemüht haben, in den Werken der Alten alles das zu finden, was die Neueren in besserer Art besitzen, und sich nicht mehr damit beschäftigt haben, die späteren Entdeckungen vorzubereiten, welche diese Werke zweifellos auch enthalten, und uns das zu lehren, was wir noch nicht wissen.

Wie es sich auch endlich mit allen diesen Vermutungen

verhalten mag, die Maße, welche bei den alten Völkern, deren Geschichte wir kennen, verwendet wurden, mögen als Ursprung die Arbeiten eines unbekannten Volkes gehabt haben, von dem Erinnerungen nicht einmal bis zu den Griechen und Römern gelangt sind; der Gedanke eines universellen, aus der Natur abgeleiteten Maßes mag den Neueren zu verdanken sein oder mag in vorhistorischer Zeit verwirklicht sein: endlich sehen wir ihn glücklich ausgeführt. Er ist von allen guten Erfolgen der französischen Revolution derjenige, welchen wir am wenigsten teuer erkauft haben werden, und wenn diese große Veränderung einige Widersprüche hervorgerufen hat, so kamen sie einzig von jenem Geist der Trägheit und Gleichgültigkeit, welcher stets zu Beginn die nützlichsten Neueinrichtungen bekämpft.

Seit langer Zeit hatte die erstaunliche und ärgerliche Verschiedenheit unserer Maße Widerspruch der besten Köpfe hervorgerufen; mehr als einmal hatte man der Regierung Reformvorschläge unterbreitet, die sie prüfen ließ; aber trotz der günstigsten Berichte, trotz des guten Willens der Minister und besonders des Generalkontrolleurs der Finanzen *Orry*, waren diese Vorschläge stets verworfen oder in Vergessenheit geraten. Im Jahre 1788 wurde der Wunsch nach gleichartigen Maßen in den Instruktionen einiger Abgeordneten erwähnt, einige Gelehrte äußerten sich dazu [1]). Die Geister waren damals geneigt, alle nützlichen Reformen mit Enthusiasmus aufzunehmen. Das unstimmige System unserer Maße hatte, abgesehen von den tatsächlichen Schwierigkeiten, den Grundfehler, welcher seine Aufhebung beschleunigte: der Wirrwarr, der darin herrschte, war zum großen Teil ein Werk der Feudalität, die niemand mehr zu verteidigen wagte, und deren Spuren man überall verschwinden lassen wollte. Dieses einzige glückliche Zusammentreffen der Umstände erwirkte im Jahre 1790 dem Vorschlag von *Talleyrand*, der heute Minister der auswärtigen Angelegenheiten ist, eine günstige Aufnahme in der konstituierenden Versammlung. Am 6. Mai erstattete *Bonnai* seinen Bericht, und am 8. des gleichen Monats faßte die Versammlung den Beschluß, nach dem »der König gebeten wurde, an S. M. den König von England zu schreiben und ihn zu bitten, das englische Parlament zu veranlassen, mit der Nationalversammlung gemeinsam an der Festsetzung der natürlichen Einheit von Maß und Gewicht mitzuwirken, damit unter den Auspizien von zwei Nationen Abgesandte der Akademie der Wissenschaften sich in

gleicher Zahl mit Mitgliedern der Königlichen Gesellschaft zu London an einem als zweckmäßig befundenen Orte vereinigen können, um unter der Breite von 45 Grad oder jeder andern, die sich als geeigneter herausstellen sollte, die Pendellänge zu bestimmen und daraus ein unveränderliches Modell für alle Maße und Gewichte abzuleiten«.

Der Beschluß wurde am 22. August sanktioniert. Die Akademie ernannte eine Kommission, die sich aus *Borda*, *Lagrange*, *Laplace*, *Monge* und *Condorcet* zusammensetzte. Ihr Bericht wurde in den Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften im Jahre 1788 Seite 7 veröffentlicht und datiert vom 19. März 1791. Man findet darin die Gründe auseinandergesetzt, welche zugunsten der drei verschiedenen Einheiten, zwischen denen die Wahl getroffen werden konnte, sprachen. Die erste Einheit ist das Sekundenpendel. Die Kommission glaubte, daß man das unter 45° Breite schwingende wählen müßte, aus dem Grunde: »weil es das arithmetische Mittel von allen Pendeln ist, die alle ungleich lang sind und unter den verschiedenen Breiten Sekunden schlagen; aber man kann im allgemeinen dazu bemerken, daß die Pendellänge ein heterogenes Element in sich schließt, die Zeit, und ein willkürliches, die Einteilung des Tages in 86 400 Sekunden. Indessen ist es möglich, eine andere Längeneinheit zu finden, die nicht von einer anderen Einheit abhängt. Diese Einheit, die von der Erde selbst abgeleitet ist, wird den anderen Vorzug haben, daß sie vollkommen allen tatsächlichen Maßen entspricht, die man auch im täglichen Gebrauche auf die Erde bezieht, wie die Entfernung zwischen zwei Punkten ihrer Oberfläche oder die Größe von Teilen dieser Oberfläche. Es ist auch viel natürlicher, die Entfernung zweier Punkte auf ein Viertel eines der Kreise der Erdoberfläche zu beziehen, als auf die Länge eines Pendels«.

Die Kommission entschloß sich für diese Art der Einheit und konnte nun nur noch zwischen dem Viertelkreis des Äquators oder eines Meridians wählen; dieses sind die beiden anderen Einheiten, die wir oben erwähnt haben.

»Die regelmäßige Form des Äquators ist nicht sicherer als die Ähnlichkeit oder regelmäßige Form der Meridiane; die Größe des Himmelsbogens, die der auszumessenden Strecke entspricht, kann weniger genau bestimmt werden; endlich kann man sagen, daß jedes Volk an einem der Meridiane der Erde wohnt, aber nur ein Teil am Äquator.«

»Das Viertel des Meridians sollte also die tatsächliche Ein-

heit werden, und der zehnmillionste Teil davon die gebräuchliche. Man würde auf die übliche Teilung des Meridianquadranten in Grade, des Grades in Minuten, der Minute in Sekunden verzichten; aber man konnte die alte Teilung beibehalten, ohne der Einheit des Maßsystems zu schaden, da die Dezimalteilung, die der arithmetischen Skala entspricht, für die gewöhnlichen Messungen vorzuziehen ist, und man würde so für die Längenmessungen zwei Systeme der Unterteilung haben, von denen das eine für umfangreiche Messungen, das andere für kleine das zweckmäßige ist. Die Meile zum Beispiel kann nicht gleichzeitig ein einfacher Bruchteil eines Grades und das Vielfache einer Toise in runden Zahlen sein. Die Unbequemlichkeiten dieses doppelten Systems würden ewig dauern, die des Wechsels schnell vorübergehen.«

»Wenn man diese Grundsätze annimmt, führt man nichts Willkürliches in das Maßsystem ein, als nur die arithmetische Skala, nach der seine Unterteilungen sich notwendig regeln müssen; auch für die Gewichte wird keine willkürliche Annahme gemacht, als nur die Wahl der homogenen und leicht neu beschaffbaren Substanz, die sich immer in dem gleichen Grade der Reinheit und Dichte reproduzieren lassen muß, auf die man die Gewichte anderer Körper bezieht, wie z. B. wenn man als Ausgangssubstanz destilliertes Wasser wählt, das im leeren Raume gewogen oder auf den leeren Raum reduziert wird und bei der Temperatur verwendet wird, bei der es aus dem festen in den flüssigen Zustand übergeht.«

»Wir schlagen also vor, sofort einen Meridianbogen von Dünkirchen bis Barcelona zu messen, ein Bogen, der etwas über $9\frac{1}{2}^{\circ}$ umfaßt; dieser Bogen dürfte von genügend großer Ausdehnung sein, und er enthält etwa 6° nördlich und $3\frac{1}{2}^{\circ}$ südlich von der mittleren Breite. Zu diesen Vorteilen kommt noch der, daß seine beiden Endpunkte gleichzeitig in Meereshöhe liegen. Um dieser letzten Bedingung zu genügen, die den Vorteil hat, unveränderliche und durch die Natur bestimmte Höhenpunkte zu bieten, um den gemessenen Bogen zu vergrößern, um ihn auf eine gleichmäßige Art zu verteilen, um ihn endlich bis über die Pyrenäen hin auszudehnen und sich damit den möglichen Einflüssen des Gebirges auf die Instrumente zu entziehen, schlagen wir vor, ihn bis Barcelona auszudehnen.«

»Die notwendigen Arbeiten würden hierfür also sein: 1. Den Breitenunterschied zwischen Dünkirchen und Barcelona zu be-

stimmen und überhaupt alle astronomischen Messungen auszuführen, die sich als nützlich erweisen. 2. Die alten Grundlinien zu messen, die für die Gradmessung bei Paris und für die Arbeiten zur Karte von Frankreich verwendet sind. 3. Durch neue Beobachtungen die Dreiecksketten zu bilden, die zur Meridianmessung verwendet sind, und sie bis Barcelona fortzusetzen. 4. Unter 45° Beobachtungen darüber anzustellen, durch die festgestellt wird, wieviel Schwingungen in einem Tage, im leeren Raum, in Meereshöhe, bei der Temperatur des schmelzenden Eises ein einfaches Pendel macht, dessen Länge gleich dem zehnmillionsten Teil des Meridianquadranten ist, damit man, wenn diese Zahl einmal bestimmt ist, dieses Maß aus Pendelbeobachtungen wiederfinden kann. Man vereinigt hierdurch die Vorzüge des Systems, das wir gewählt haben, mit dem, das die Pendellänge als Einheit aufstellte. Diese Beobachtungen können angestellt werden, bevor jener zehnmillionste Teil bekannt ist, denn kennt man die Schwingungszahl eines Pendels bekannter Länge, so genügt es späterhin, die Beziehungen dieser Länge zu jenem zehnmillionsten Teil zu kennen, um hieraus die gesuchte Zahl mit Sicherheit ableiten zu können. 5. Durch neue sorgfältig angestellte Versuche das Gewicht eines gegebenen Volumens destillierten Wassers im leeren Raum beim Gefrierpunkt festzustellen. 6. Endlich auf die jetzt vorgeschlagenen Längenmaße alle im Handel gebräuchlichen Längen-, Flächen- und Hohlmaße, sowie die verschiedenen Gewichte, die im Gebrauch sind, zu reduzieren, um später, wenn die neuen Maße bestimmt sind, mittels einfacher Regeldetrirechnungen sie durch diese ausdrücken zu können.«

»Wir haben nicht geglaubt, die Mitwirkung anderer Staaten abwarten zu müssen, weder zur Entscheidung über die Wahl der Maßeinheit, noch zum Beginn der Messungen. Denn wir haben bei der Wahl jede Willkür ausgeschaltet; wir haben nur Elemente angenommen, die für alle Völker gleichartig sind. Die Wahl des 45. Breitenkreises ist nicht durch die geographische Lage von Frankreich bestimmt; dieser ist nicht als ein fester Punkt des Meridians betrachtet, sondern nur als der Punkt, an dem die mittlere Länge des Sekundenpendels und die mittlere Länge eines bestimmten Bruchteils des Meridians einander entsprechen. Endlich haben wir den Meridian allein gewählt, auf dem man einen Bogen findet, der die Meereshöhe ausnutzt, und durch den mittleren Breitenkreis geschnitten wird, ohne indessen von so großer Ausdehnung zu sein, daß er die

Messung zu schwierig macht. Man findet also in diesen Vorschlägen nichts, was auch nur den geringsten Einwand einer Art von Bevorzugung gestatten kann.«

»In einem Wort, wenn jede Erinnerung an diese Arbeiten verschwinden würde, und nur die Ergebnisse erhalten blieben, so würden diese keine Handhabe bieten, um das Volk feststellen zu können, das den Plan dazu gefaßt und diesen in die Tat umgesetzt hat.«

Die Kommission schlug der Akademie vor, sechs verschiedene Kommissionen für die sechs verschiedenen Arbeiten des Vorschlages zu ernennen. Aber vor allem mußte das Projekt der Nationalversammlung unterbreitet werden. Das wurde unverzüglich ausgeführt, denn das Dekret, das den durch die Akademie vorgeschlagenen Plan billigte, datiert vom 26. März 1791; die Sanktionierung erfolgte vier Tage danach. Das Gesetz bestimmte außerdem, daß der König die Akademie der Wissenschaften mit der Ernennung der Kommissare beauftragen sollte, die sich unverzüglich mit jenen Arbeiten beschäftigen sollten, besonders mit der Messung des Meridianbogens zwschen Dünkirchen und Barcelona.

Die verschiedenen Kommissionen wurden auch sofort ernannt, wie aus einer Schrift mit dem Titel: »Bericht über die Arbeiten der Akademie über den Plan der Gleichförmigkeit von Maß und Gewicht« (Abh. von 1788, Seite 17) hervorgeht; man glaubte indessen nur, eine Kommission mit den astronomischen und geodätischen Arbeiten beauftragen zu müssen, die zur Bestimmung der Größe des Meridians dienen sollten.

Man beschäftigte sich ohne Verzug mit den zu den verschiedenen Arbeiten notwendigen Instrumenten. Der Versuch, den man mit dem Repetitionskreis bei der Verbindung der Messungen von Paris und Greenwich im Jahre 1787 gemacht hatte, und der Erfolg, den mit ihm *Borda*, *Cassini* und *Méchain* bei der Messung der Sonnen- und Sternhöhen erzielt hatten, bewiesen, daß dieses infolge der kleinen Dimensionen so handliche Instrument vorteilhaft die großen Sektoren und Viertelkreise, die man bis dahin verwendet hatte, ersetzen konnte. Es existierte indessen nur ein solches Instrument, das im Jahre 1787 geprüft war; es war außerdem fast vollständig unbenutzbar. Der Mechaniker *Lenoir* begann, vier andere von etwas größerem Radius zu konstruieren. Er fertigte außerdem die großen Platinmaßstäbe an, die zur Messung der Grundlinien gedient haben, einen weiteren Maßstab aus Platin für die

Pendelbeobachtungen, zwei Kugeln aus Gold und aus Platin für den gleichen Zweck, endlich arbeitete er mit *Borda* und *Lavoisier* an allen Versuchen über die relative Ausdehnung von Platin und Messing mit[2]).

Am 15. Juni 1792 begannen *Cassini* und *Borda* im Observatorium mit den Pendelmessungen und setzten sie bis zum 4. August fort. Ihr Apparat war an der Mauer befestigt, die heute die beiden Quadranten des Mauerkreises trägt. Die Versuche über die relative Ausdehnung von Messing und Platin wurden im folgenden Jahre vom 24. Mai bis 5. Juni in dem Garten des Hauses, das *Lavoisier* damals am Boulevard Nouvelle Madelaine besaß, ausgeführt, und die Begrenzungspfeiler, die man dazu fest aufgebaut hatte, sind so stehen geblieben, wie man ihre Erhaltung für nützlich hielt. Man kann die Einzelheiten dieser verschiedenen Versuche aus zwei Abhandlungen von *Borda* entnehmen.

Fünfzehn Monate waren seit dem Erlaß des Gesetzes, das die Messung des Meridians befohlen hatte, vergangen. Der Mechaniker, der durch andere Arbeiten, wie wir oben erwähnten, beschäftigt war, hatte erst die vier Repetitionskreise und einige Signale mit parabolischem Spiegel beendet, die als Signale in der Nacht in Fällen, wo die gewöhnlichen Signale zu schwierig zu sehen waren, sei es infolge der großen Entfernung, oder von Nebel, Verwendung finden sollten. Eine Proklamation des Königs, die in der Absicht, uns unsere Arbeiten zu erleichtern, erlassen war, um unsere Signale, Leuchtspiegel und Beobachtungsgestelle unter den besonderen Schutz der Verwaltungsbehörden zu stellen, diese Proklamation, eine der letzten Akte einer zu Ende gehenden Herrschaft, wurde uns erst am 24. Juni zugestellt, also zu einer Zeit, wo sie nur vorübergehenden Nutzen haben konnte; bald darauf wurde sie in unseren Händen nur ein bloßer Titel, der, anstatt uns zu nützen, uns nur verdächtig machte.

Méchain reiste am 25. mit den beiden ersten vollendeten Kreisen ab. Er hatte den speziellen Auftrag, den südlichen Teil des Meridians zu messen. Wir waren übereingekommen, daß er die 170000 Toisen von Barcelona bis Rodez messen sollte. Mein Auftrag war die Messung der 380000 Toisen von Rodez bis Dünkirchen. Der Grund für diese ungleiche Teilung war der, daß der spanische Teil vollkommen neu war, während der Rest schon zweimal gemessen war, und wir waren überzeugt, daß jener viel mehr Schwierigkeiten bieten würde.