

Ueber

# Geschichte der Gradmessungen

mit besonderer Beziehung auf den Zweck der  
mitteleuropäischen Gradmessung.

Von

DR. EDMUND WEISS.

Zwei Vorträge, gehalten am 14. und 21. März 1864.



In meinem letzten vorjährigen Vortrage bemühte ich mich, Ihnen meine Herren die Kenntnisse zu schildern, welche wir durch die Anstrengungen der Astronomen von der Beschaffenheit der Körper unseres Sonnensystemes erlangt haben. Daran anknüpfend will ich Sie heute wieder aus den endlosen Räumen des Himmels auf unsere Erde herabführen, und Ihnen zeigen in wie weit die Astronomie, die so nahe-liegenden Fragen: welche Gestalt hat der Schauplatz unseres Lebens? wo sind seine Grenzen? wie gross ist er? beantwortet hat. An Anstrengungen, diese Fragen zu lösen, hat es in keiner namhaften Cultur-epoche gefehlt, und es ist desshalb die Geschichte des Problemes vom engen Raume des heimathlichen Landes zur Kenntniss der Grösse des Erdballes sich zu erheben zu einem der denkwürdigsten Ereignisse in der Bildungsgeschichte der Menschheit geworden: es gibt kaum eine andere wissenschaftliche Frage, zu deren Lösung aufgeklärte Fürsten und Regierungen so viele Mittel aufgewendet haben, und keine zweite deren Beantwortung die geistigen Kräfte aller Nationen

so sehr in Anspruch genommen hat wie diese. Ich will es nun versuchen, in kurzen Zügen auseinanderzusetzen, durch welche Mittel man im Laufe der Zeiten nach und nach die Figur und Grösse der Erde kennen lernte; wie sich dabei allmählig der ursprüngliche Standpunkt der Frage umgestaltete, und dadurch in unseren Tagen jenes grossartige wissenschaftliche Unternehmen veranlasst wurde, das Generallieutenant Baeyer unter dem Namen mitteleuropäische Gradmessung vor wenigen Jahren ins Leben rief.

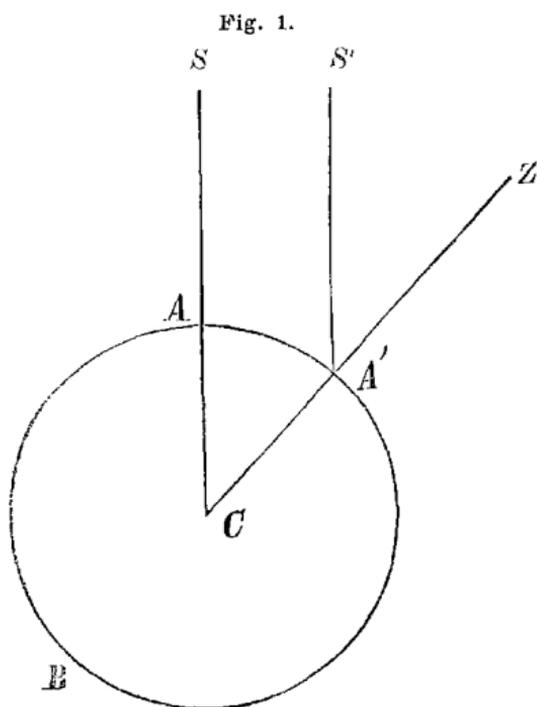
## I.

Es ist uns allen bekannt, dass einem Wanderer auf einer grossen Ebene oder noch mehr auf dem Meere die Erde als eine flache Scheibe sich darstellt, auf deren äussersten Grenze das Himmelsgewölbe zu ruhen scheint. Diesem Zeugnisse der Sinne entsprechen auch die ersten Vorstellungen über die Gestalt der Erde, die aus dem Alterthume auf uns gekommen sind. Nach Homer und Hesiod soll sie z. B. eine flache ringsum vom Okeanos umgebene Scheibe sein, deren westliche Grenze man zwei Tagereisen jenseits Sicilien setzte, während man über ihre Ausdehnung nach den andern Weltgegenden nach unvollständig erhaltenen Sagen sehr verschiedene Angaben machte. Auch Thales von Milet, der Begründer der jonischen Philosophenschule, hielt die Erde noch für eine Scheibe, liess sie aber auf dem Ocean schwimmen und führte zur Begründung dieser

Ansicht die Aussagen von Schiffern an, welche das Zischen der Sonne bei ihrem Eintauchen in das Meer gehört haben wollten. Später, als beim Verfall der Philosophenschulen vage Speculationen an die Stelle von Beobachtungen traten und jede Schule behauptete, das Universum sei nach ihren Begriffen von Zweckmässigkeit und Vollkommenheit eingerichtet, hielt man die Erde bald für einen Cylinder oder Würfel oder ein anderes Polyeder, je nachdem man die eine oder andere Gestalt für die vollkommenste erklärte, weil der Welt als dem Haupt- und Centalkörper des Universums die vollkommenste Figur eigen sein müsse.

Während man sich nun in den Philosophenschulen um die grössere oder geringere Vollkommenheit der einzelnen geometrischen Körper herumstritt, konnte es einer aufmerksameren Beobachtung nicht lange entgehen, dass mehrere alltägliche Erscheinungen mit der Annahme, die Erde werde von ebenen Flächen begrenzt, in Widerspruch stehen. Darunter ist vor allem die Erfahrung zu nennen, dass man beim Vorwärtsschreiten gegen die eingebildete Grenze des Horizontes allmählig zuerst die höchsten Theile entfernter Gegenstände die Gipfel von Bergen, Spitzen von Bäumen und Thürmen, und erst bei fortschreitender Annäherung successive immer tiefere Partien dieser Gegenstände zu Gesicht bekommt. Nicht minder musste es auffallen, dass bei Seereisen nach Süden früher unsichtbare Gestirne am nächtlichen Himmel sich erhoben und bei fortgesetzter Fahrt nach Süden

immer höher über denselben aufstiegen. Diese Erscheinungen sind genau jene, welche eintreten müssen, wenn man sich nicht auf einer platten Scheibe, sondern vielmehr auf einer sehr sanften Krümmung, auf einer gebogenen, aber so wenig gebogenen Fläche fortbewegt, dass der auf einmal sichtbare Theil derselben eben erscheint, ohne dass er es deswegen auch in der That ist. Es kann uns daher nicht Wunder nehmen zu hören, dass bereits mehr als 500 Jahre vor unserer Zeitrechnung Pythagoras und Eudoxus die wahre Gestalt der Erde ahnten, und dass sich zu den Zeiten von Archimedes und Aristoteles die Vorstellung von der Kugelgestalt



der Erde so weit Bahn gebrochen hatte, dass man schon Beweise für dieselbe beizubringen anfang. Je klarer aber diese Anschauung in der Folge der Zeiten wurde, desto mehr musste der Wunsch hervortreten, den Erdball seiner Grösse nach zu bestimmen, und es wurde auch bereits

etwa 250 Jahre vor Chr. von Erathosthenes der Versuch gemacht, den Erdumfang zu ermitteln. Die Grundsätze, von denen er hierbei ausging, sind die folgenden, in ihren Hauptzügen auch heute noch maassgebenden.

Stellen wir uns vor, die Erde sei eine vollkommene Kugel, so wird jeder ihrer Meridiane, deren einer (Fig. 1)  $ABA'$  sein möge, ein vollkommener Kreis sein. Sieht nun ein Beobachter in  $A$  einen Fixstern  $S$  während der Culmination gerade im Zenithe (Scheitelpunkte), d. h. in der Verlängerung jener Linie, die durch den Erdmittelpunkt und Beobachtungsort geht, so wird derselbe, wenn er im Erdmeridiane von  $A$  nach  $A'$  fortgeht, den Stern bei der Culmination in der Richtung  $A'S'$  erblicken, während sein Zenith  $Z$  jetzt in der Verlängerung der Linie  $CA'$  liegen wird. Der Stern steht also an dem neuen Beobachtungsorte um den Winkel  $S'A'Z$  vom Zenithe ab, oder da wegen der unendlichen Entfernung des Sternes die Linien  $AS$  und  $A'S'$  einander parallel sind, um den  $S'A'Z$  gleichen aber am Erdmittelpunkte gezählten Winkel  $SCZ$ . Findet nun z. B. der Beobachter, dass der Zenithabstand eines in  $A$  im Zenithe culminirenden Sternes in  $A'$  einen Grad beträgt, so weiss er auch, dass der von  $A$  nach  $A'$  zurückgelegte Weg am Mittelpunkte der Erde ebenfalls einen Bogen von Einem Grade, d. h. dem 360sten Theile des Umfanges entspricht. Hat er ferner durch irgend ein Mittel die Entfernung  $AA'$  gemessen, so hat er diese Grösse

nur mit 360 zu multipliciren, um den ganzen Erdumfang zu erfahren. Eine derartige Operation zur Bestimmung der Erddimensionen, die man aus leicht begreiflichen Gründen Gradmessung genannt hat, besteht also aus zwei abgesonderten Theilen, einem astronomischen und einem geodätischen. Die Aufgabe des ersten ist es, die Veränderung des Zenithabstandes eines bestimmten Sternes bei einer Ortsveränderung, und die des zweiten den dabei zurückgelegten Weg zu messen.

Um auf den ersten bekannten Versuch einer Gradmessung zurückzukehren, hatte Erathostenes gehört, dass am Tage der Sommersonnenwende zu Syene in Oberägypten des Mittags jeder Schatten verschwinde, und ein tiefer Brunnen bis zum Wasserspiegel erleuchtet werde. Daraus schloss er, die Sonne culminire an jenem Tage genau im Zenithe von Syene, und da er aus seinen Beobachtungen wusste, dass ihr Zenithabstand in Alexandrien, von dem er glaubte, es liege in demselben Meridiane wie Syene, zu derselben Zeit  $7\frac{1}{5}$  Grad betrage, wusste er auch, dass die Erdhalbmesser der beiden Orte einen Winkel von  $7\frac{1}{5}$  Grad einschliessen oder da dies gerade  $\frac{1}{50}$  des ganzen Umkreises ist, dass die Entfernung der beiden Orte den 50sten Theil des Erdumfanges beträgt. Den geodätischen Theil, die Messung der Entfernung beider Orte führte er nicht direct aus, wohl nur desshalb, weil es mit zu vielen Schwierigkeiten verbunden war, sondern nahm aus den An-

gaben der Karawanen die Entfernung zu 5000 Stadien an. Daraus folgt für den Umfang der Erde die Grösse von 250,000 Stadien, wofür man im Alterthum aber meist 252,000 setzte, weil dadurch ein Grad die runde Summe von 700 Stadien erhält. Wenn man bedenkt, dass ausser der vagen Angabe der Entfernung der beiden Orte, auch die Annahme, dass sie in einem und demselben Meridiane liegen, sehr fehlerhaft ist, muss man die Genauigkeit dieses Resultates, das in unserem Maasse den Erdumfang auf circa 5800 Meilen statt 5400 angibt, verhältnissmässig gewiss sehr gross finden. Eine zweite Messung des Erdumfanges soll zweihundert Jahre später Posidonius nach ähnlichen Grundsätzen ausgeführt haben, allein über die Resultate dieser Arbeit ist uns nichts Sicheres bekannt.

Aus dem eben mitgetheilten sehen wir, dass die Kenntniss von der Kugelgestalt der Erde bereits mehrere Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung sehr verbreitet war, und dass man auch schon den Umfang derselben nach ganz richtigen Principien so genau bestimmt hatte, als es die damaligen Hilfsmittel gestatteten. Allein in den folgenden traurigen Zeiten des Verfalles der Römerherrschaft, und unter den Stürmen der Völkerwanderung gingen diese richtigen Vorstellungen über die Gestalt der Erde wieder spurlos verloren, und damit hörten selbstverständlich auch die Versuche, ihre Grösse zu ermitteln, auf. Nur eine kurze Zeit lebten im achten und neunten Jahrhun-

derte bei den Arabern unter einer Reihe kunstsinniger Chalifen die Wissenschaften wieder auf, und es wurde dadurch das Wissen der Griechen vor gänzlichem Untergange gerettet und in manchen Stücken namhaft erweitert. So wurde unter anderm auch die Frage über die Grösse der Erde unter diesem Volke zu allererst der Gegenstand einer genauen Messung, indem der Chalife Almamon im Jahre 827 durch seine Mathematiker in der Wüste Singar (Sennar) am arabischen Meerbusen eine Gradmessung auf folgende Weise ausführen liess. In der Wüste theilten sich die Mathematiker in zwei Gruppen, die eine mass von dem angenommenen Standpunkte in der Mittagslinie nach Norden so lange fort, bis sie den Nordpol um einen Grad höher, die anderen nach Süden, bis sie ihn um einen Grad tiefer erblickte. Bis dahin hatte die erste 56, die zweite  $56\frac{2}{3}$  arabische Meilen gemessen. Nachdem sie die Messungen wiederholt, und nochmals dieselben Resultate gefunden hatten, entschieden sie sich für den letzteren Werth als den genaueren und setzten  $56\frac{2}{3}$  Meilen für die Länge eines Meridiangrades fest. Bei dieser Gradmessung zeigt sich im geodätischen Theile ein bedeutender Fortschritt gegen die von den Alexandrinern unternommenen, indem hier der zurückgelegte Weg nicht mehr wie dort bloß geschätzt, sondern durch eine eigens zu diesem Zwecke angestellte Messung eruiert wurde. Das gefundene Resultat können wir jedoch leider mit dem unserer Tage nicht mehr ver-

gleichen, weil ihre Maasseinheit in Verlust gerathen ist. Wir besitzen nämlich über dieselbe nur die völlig ungenügende Angabe, dass eine arabische Meile 4000 der sog. schwarzen Ellen enthält, dass jede Elle aus 25 Zoll besteht, und jeder Zoll die Breite von 5 oder nach andern 6 mit den Bäuchen aneinandergelegten Gerstenkörnern hat.

Dieser Versuch blieb vereinzelt, da die Araber sehr bald andern vorstürmenden rohen Völkerschaften erlagen, und im Abendlande die Barbarei noch bis zum Ende des 15. Jahrhunderts fort dauerte, wo sich bei dem allgemeinen Wiedererwachen der Wissenschaften die Lehre von der Kugelgestalt der Erde abermals Bahn brach, hoffentlich um nie mehr aus dem Bewusstsein des Menschengeschlechtes zu verschwinden, aber nur sehr langsam und nach hartnäckigem Kampfe die Oberhand gewann. Die Controversen drehten sich hauptsächlich um die Antipoden, deren Vorhandensein man bei der Annahme der Kugelgestalt der Erde zugeben musste, aber für unmöglich hielt, weil man glaubte, dieselben müssten geradeaus in den Himmel hinabfallen. Erst die Entdeckung Amerikas, das man bekanntlich anfangs für Indien hielt, zerstreute nach und nach die letzten Zweifel, und als man im Anfange des 16. Jahrhunderts die Kugelgestalt der Erde endlich allgemein zugab, nahm man das Problem, ihre Grösse zu bestimmen, alsbald wieder auf. Die erste Gradmessung der neueren Zeit, die erste überhaupt in Europa unternommene, führte

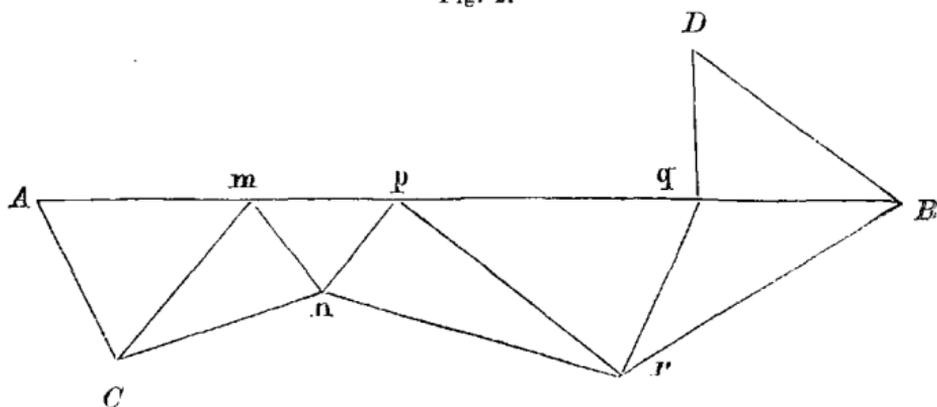
nämlich schon im Jahre 1525 der als Arzt und Mathematiker bekannte Fernel im Meridiane von Paris aus. Er bestimmte sich zuerst die Polhöhe von Paris, und reiste dann gegen Amiens so weit nördlich, bis er auf einen Punkt kam, dessen geographische Breite die von Paris um einen Grad überstieg. Hierauf maass er die terrestrische Entfernung zwischen Paris und diesem Punkte dadurch, dass er die Strecke mit einem Wagen in möglichst gerader Richtung durchfuhr und dabei die Umdrehungen des einen Rades, dessen Umfang er sich sehr genau bestimmt hatte, zählte. Dieses Verfahren, das man damals vielfach zum Messen von Entfernungen anwendete, kann, wie man auf den ersten Blick sieht, kein sehr genaues Resultat liefern und es können sich ausserdem bei der Zählung der Umdrehungen des Wagenrades sehr leicht Irrthümer einschleichen, da die Zahl derselben bei nur einigermaassen bedeutenden Entfernungen sehr gross wird; (bei Fernel z. B. überstieg dieselbe 17,000 um ein namhaftes). Eine weitere sehr mühsame, wohl die mühsamste aller bisherigen Gradmessungen war jene, die der Engländer Norwood hundert Jahre später unternahm. Er maas von 1663 bis 1635 den ganzen mehr als 40 Meilen langen Bogen zwischen London und York direct mit der Messkette, und corrigirte die gemessene Strecke wegen der Krümmungen und Unebenheiten des Weges.

Alle bisher genannten Gradmessungen hatten das Gemeinsame, dass man die Länge der ganzen Strecke

zwischen beiden Endpunkten vollständig durchmaass. Eine directe Messung so grosser Strecken, wie hier in Betracht kommen, ist aber von allen andern Schwierigkeiten abgesehen, schon wegen der Terrainungleichheiten allein nicht mit der nöthigen Genauigkeit ausführbar. Denn wenn man von der Figur der Erde spricht, versteht man darunter nicht ihre physische, sondern jene ideale Gestalt, welche entsteht, wenn man sich die über die Meeresfläche hinausragenden Berge und Länder entfernt denkt; mit andern Worten jene Gestalt, welche das Meer bilden würde, wenn wir uns die Oberfläche der Meere unter dem Festlande fort nach allen Seiten erweitert vorstellen, bis sie sich vollständig schliesst. Diese Gestalt ist nun jene, die wir unter der Bezeichnung Figur der Erde verstehen, und jene, mit deren Bestimmung die Gradmessungen sich beschäftigen. Es müssen daher auch alle auf der physischen Erdoberfläche vorgenommenen Messungen erst durch geeignete Reductionen auf diese ideale Figur gebracht werden, ehe sie zur Bestimmung der Grösse und Gestalt der Erde verwendet werden können. Eine solche Reduction ist aber bei einer directen Messung, die über Berge und Thäler hinwegführt, ohne Beeinträchtigung der Genauigkeit nicht ausführbar, wie wohl von selbst einleuchtet, und es begründet daher die Einführung der Triangulationen durch den auch als Physiker rühmlichst bekannten niederländischen Geometer Willebrord Snellius eine neue Epoche in der Geschichte der Erdausmessungen.

Das Wesen dieser neuen Methode besteht darin, dass man die directe Messung der Entfernung der beiden Endpunkte des zu suchenden Bogens durch die möglichst genaue Messung einer verhältnissmässig kurzen Grundlinie der Basis, und Winkelmessungen und Rechnung ersetzt. Der Vorgang dabei ist etwa folgender:

Fig. 2.



Sei bei einer Gradmessung die Länge der Linie  $AB$  (Fig. 2) zu suchen, so wird man als Basis die Strecke  $AC$  möglichst genau messen und dann von einem geeigneten Punkte in der Linie  $AB$ , etwa von  $m$  aus den Winkel  $AmC$ , und von  $C$  aus den Winkel  $ACm$  beobachten. In dem Dreiecke  $ACm$  sind nun ausser der Seite  $AC$  noch die zwei Winkel bei  $C$  und  $m$  bekannt, es ist daher vollständig bestimmt, und man kann nach den Vorschriften der Trigonometrie die Seiten  $Am$  und  $mC$  berechnen. Reiht man nun an das Dreieck  $AmC$  ein neues  $mnC$  an, und misst man in demselben die Winkel bei  $C$  und  $n$ , so sind in ihm wieder (aus der jetzigen Messung) zwei Winkel

und (aus der früheren Rechnung) die eine Seite  $mC$  bekannt, daher kann man genau, so wie früher, die Seite  $mn$  durch Rechnung finden. Auf dieselbe Art reiht man nach und nach eine ganze Kette von Dreiecken aneinander, bis man den zweiten Endpunkt erreicht: also etwa hier an die ersten beiden noch die Dreiecke  $mnp$ ,  $pnr$ ,  $prq$  und  $qrB$ . Die schliessliche Zusammensetzung der Linie  $AB$  aus den einzelnen nach einander bekannt gewordenen Stücken hat dann keine weiteren Schwierigkeiten. Es ist nämlich sehr einfach:

$$AB = Am + mp + pq + qB.$$

Ausser der Messung der Basis ist, wie man sieht, keine weitere Längenmessung nöthig, es führen die viel einfacheren und weit expediteren Winkelmessungen durch eine Reihe von Dreiecken (Triangeln) zum Ziele. Bei den neueren Gradmessungen werden nicht blos die zwei nöthigen, sondern zur Controle alle drei Winkel jedes Dreieckes gemessen und zum Schlusse der Arbeit, in der Nähe des Endpunktes noch eine zweite Basis, die Controlebasis, z. B. hier  $qD$ . Diese Basis kann man nämlich auch aus dem Dreiecke  $qDB$  berechnen, wenn man in demselben die Winkel bei  $q$  und  $B$  beobachtet, und es muss, wenn alles richtig ausgeführt ist, der durch die Rechnung erhaltene Werth mit der Messung genau übereinstimmen. Uebrigens ist die Basismessung jetzt der schwierigste und empfindlichste Theil der ganzen geodätischen Operation, da man ausser der Veränderung der Messstangen durch

die Temperatur noch eine Reihe anderer Nebenumstände in Rechnung ziehen muss, um ein den Anforderungen der Neuzeit Genüge leistendes Resultat zu erzielen und jene Genauigkeit zu erreichen, die man mit unsern jetzigen Hilfsmitteln erreichen kann. Als eine Probe hiervon will ich das Resultat der im Jahre 1862 bei Josephstadt in Böhmen unter der Direction des Major Ganahl von den Offizieren des geographischen Institutes ausgeführten Basismessung hersetzen. Es wurde die Basis zweimal gemessen, zuerst (Fig. 2) in der Richtung  $AC$  und dann wieder zurück von  $C$  nach  $A$ . Für ihre Länge ergab dabei:

die erste Messung:  $2772^{\circ} 1' 0'' 6\frac{4}{10}'''$ ,

die zweite Messung:  $2772^{\circ} 1' 0'' 11\frac{7}{10}'''$ .

Es weichen also beide Messungen nur um  $5\frac{3}{10}$  Linien von einander ab, was bei einer Länge von 2772 Klaftern also nahe  $\frac{3}{4}$  Meilen gewiss staunenerregend wenig ist.

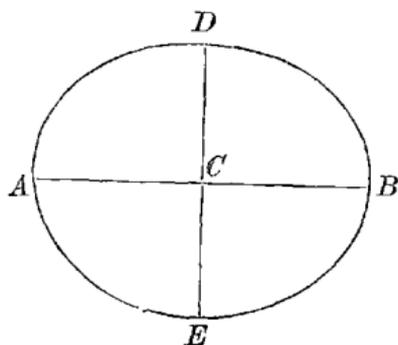
Nach der soeben besprochenen Triangulierungsmethode führte auch ihr Erfinder Snellius im Jahre 1615 eine Gradmessung in den Niederlanden aus, und wollte einige Jahre später seine Messungen noch erweitern und ganz Holland mit einer Dreieckskette überziehen, allein der Tod raffte ihn hinweg, ehe er die letzte Hand an die Berechnung seiner Beobachtungen anlegen konnte. Es stellte daher erst die nächste im Jahre 1670 von Picard in Frankreich ausgeführte Gradmessung die grossen Vorzüge der neuen Methode in das gehörige Licht.

Die Picard'sche Gradmessung hat in mancher Beziehung ein bedeutendes historisches Interesse. Sie gab Newton die Mittel an die Hand, seine Gravitationstheorie, die Basis der neueren theoretischen Astronomie zu begründen, und ist die erste, bei welcher die Hilfsmittel der neueren Zeit in Anwendung kamen. Innerhalb der 50 Jahre, die seit den Messungen von Snellius verstrichen waren, war das Fernrohr in der Astronomie eingeführt worden, und während jener bei den Winkelmessungen noch einfacher Diopter sich bedienen musste, konnte Picard schon ein Fernrohr mit Kreuzfäden benützen. Ueberdies hatte der letztere bei der Berechnung eine unvergleichlich leichtere Arbeit, als der erstere, da mittlerweile durch Berechnung von Logarithmentafeln die Auflösung der Dreiecke mittelst Logarithmen möglich geworden war, wodurch die Arbeit unglaublich abgekürzt wird.

Bisher hatte man allgemein als feststehend angenommen, dass die Erde, abgesehen von den Unebenheiten auf ihrer Oberfläche, eine vollkommene Kugel sei. Am Ende des 17. Jahrhunderts begann man aber zu ahnen, dass diese aus dem Alterthume herübergebrachte Vorstellung ebenso unrichtig sei wie jene, nach der die Planeten in excentrischen Kreisen sich bewegen sollten, und dass so wie die letzteren nach den von Kepler ein halbes Jahrhundert früher entdeckten Gesetzen durch Ellipsen, so auch die Figur

der Erde durch ein Rotationsellipsoid\*) zu ersetzen sei. Die erste Veranlassung dazu gab eine Beobachtung, die *Richer* im Jahre 1672 bei einer wissenschaftlichen Reise auf der in der Nähe des Aequators liegenden Insel *Cayenne* machte. Dort ging seine aus Paris mitgenommene Pendeluhr täglich um zwei Minuten zu langsam, und er musste das Pendel derselben bedeutend verkürzen, ehe sie mit der dortigen Zeit in Uebereinstimmung blieb. Nach Paris zurückgekehrt, ging sie ihm aber jetzt täglich zwei Minuten zu schnell, und es war daher klar, dass die in *Cayenne* vorgenommene Verkürzung des Pendels nicht wegen einer Veränderung desselben während der Reise, sondern aus andern Ursachen nöthig geworden war. *Newton* und fast gleichzeitig *Huyghens* suchten den Grund dieser Erscheinung in der Verminderung der Schwere von den Polen gegen den Aequator hin,

Fig. 3.



\*) Unter Rotationsellipsoid versteht man einen Körper, der durch die Umdrehung einer Ellipse um eine ihrer Achsen erzeugt wird. Ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid, wie nach dem Folgenden die Erde eines ist, entsteht,

wenn eine Ellipse um die kürzere Achse, also in der bestehenden Figur (3), wenn die Ellipse  $ABDE$  um die Achse  $DE$  gedreht wird.

welche die durch die Rotation der Erde erzeugte Fliehkraft herbeiführt. Durch die Drehung der Erde um ihre Achse wird nämlich jeder Punkt ihrer Oberfläche gezwungen, täglich einen Kreis zu beschreiben, dessen Halbmesser die Entfernung des Punktes von der Umdrehungsachse ist. Bei dieser Drehung wird eine Kraft in's Leben gerufen und zwar dieselbe, welche man bemerkt, wenn man einen an einem Faden befestigten schweren Körper rasch im Kreise herumbewegt. Man muss den Faden festhalten, damit der Körper nicht entfliehe, und die hiezu erforderliche Kraft wird desto stärker, je grösser die Schnelligkeit der Bewegung ist. Eine solche Fliehkraft erhält jeder Punkt an der Oberfläche der Erde durch deren Drehung um ihre Achse, und da sich dabei die dem Aequator näheren Gegenden schneller bewegen, als die von ihm entfernteren, ist in den ersteren diese Fliehkraft grösser als in den letzteren. Allerdings können die Gegenstände auf der Erdoberfläche dieser Fliehkraft nicht folgen und die Erde verlassen, weil die Anziehungskraft derselben sie stärker zurückhält als die Fliehkraft sie zu entfernen sucht; allein die Intensität der Anziehungskraft wird durch sie vermindert, und zwar nach dem oben Gesagten am Aequator um einen grösseren Betrag als in der Nähe der Pole, und es scheint desshalb die Schwerkraft am Aequator geringer zu sein, als an den Polen. Allein noch mehr: die Fliehkraft muss überdies, wie Newton und Huyghens theoretisch

zeigten, die ursprüngliche Kugelgestalt der Erde in eine eiförmige Figur, in die eines an den Polen abgeplatteten Ellipsoides umgewandelt haben. Dies ist eine zweite Ursache, welche eine Verminderung der Schwere gegen den Aequator zu nach sich zieht, da in einer solchen eiförmigen Gestalt die Aequatorialgegenden vom Mittelpunkte der Erde, dem Sitze der Schwerkraft, weiter entfernt sind, als die Polarregionen.

Die Rotation der Erde um ihre Achse führt also in doppelter Beziehung eine Verminderung der Schwerkraft bei der Annäherung an den Aequator, und darum eine Verlangsamung des Ganges einer Pendeluhr herbei. Denn wenn ein Pendel in Schwingungen versetzt wird, so bleibt unter sonst gleichen Umständen die Dauer einer Schwingung immer gleich, so lange die Schwerkraft sich nicht ändert: wird dieselbe stärker, so schwingt das Pendel lebhafter, schneller, wird sie jedoch schwächer, so schwingt es träger, langsamer. Die Beobachtung Richer's gab daher, wenn die Erklärung derselben die Richtige war, auch einen und zwar den ersten directen Beweis für die Rotation der Erde.

An der Umdrehung der Erde um ihre Achse zweifelte man übrigens damals nicht mehr; aber weniger einleuchtend war es, dass dieselbe eine Gestaltveränderung bedingen sollte. Es suchte deshalb auch Huyghens seine Theorie durch Erfahrungsgründe zu unterstützen und wies vor allem andern darauf hin, dass eine weiche Thonkugel, die auf eine

Achse gesteckt und schnell gedreht wird, sich an den Enden der Achse abplattet und in der Mitte erweitert. Gegen dieses Argument kann man allerdings einwenden, dass wohl die weiche Thonkugel, nicht aber die feste Erdrinde, die vielmehr einer Holzkugel gleiche, sich abplatteln könne. Darauf erwiederte Huyghens sehr scharfsinnig Folgendes. Die Oceane müssen sich so wie die früher erwähnte Thonkugel diesem Gesetze unwiderstehlich fügen, und wenn das Festland sich an den Polen in gleicher Entfernung vom Erdmittelpunkte befände, wie am Aequator, so müsste das Meer in den letzteren Regionen sich nothwendig über dasselbe erhoben und es dadurch überschwemmt haben. Unter dem Aequator liegen aber gerade grosse, beträchtlich erhabene Ländermassen; deshalb muss der feste Theil der Erde dort einmal in Folge der Fliehkraft herausgetreten sein, und um dies thun zu können, sich damals in einem flüssigen Zustande befunden haben und erst später zu der jetzigen Gestalt erstarrt sein.

Diese aus theoretischen Annahmen gefolgerten Schlüsse lassen sich aber auch durch unmittelbare Messung auf der Erde prüfen. Ist dieselbe eine Kugel, so ist jeder ihrer Meridiane ein Kreis, und man muss in der Meridianrichtung überall linear gleich weit fortschreiten, um den Scheitelpunkt am Himmel um einen Grad verschoben zu sehen. Ist jedoch die Erde ein an den Polen abgeplattetes Ellipsoid, so sind die Meridiane Ellipsen, und es fallen die Bögen am

Pole flacher aus, als unter dem erhabeneren und mehr gekrümmten Aequator, und es muss desshalb das einer Verrückung des Scheitelpunktes am Himmel von einem Grade entsprechende Meridianstück dort länger als hier gefunden werden. Zur Entscheidung dieser Frage glaubte man auch im Anfange des 18. Jahrhunderts an den in Frankreich ausgeführten Messungen ein hinreichendes Material zu besitzen, da man auf Picards Vorschlag seine Messung erweitert, und im Meridiane von Paris einen  $8\frac{1}{3}$  Grad umfassenden ganz Frankreich durchschneidenden Bogen gemessen hatte. Als diese Arbeit im Jahre 1718 vollendet war, war man über das Resultat das sie lieferte, nicht wenig überrascht. Es folgte nämlich aus derselben, dass die Länge eines Grades im südlichen Frankreich grösser als im mittleren und im mittleren wieder grösser als im nördlichen sei, dass also die Länge der Grade mit der Annäherung an den Pol abnehme. Nach der Abplattungstheorie von Newton und Huyghens hatte man erwartet, die nördlichen Grade werden die grösseren sein, den Messungen zufolge waren sie aber gerade die kleineren, und die Erde schien darnach ganz gegen alle Erwartung ein an dem Aequator statt ein an den Polen abgeplattetes Ellipsoid zu sein. Allein trotzdem hielten die englischen Gelehrten die Behauptung fest, die Erde sei an den Polen, und nicht am Aequator abgeplattet und führten gegen das Zeugniß der Messung an, dass man aus der Vergleichung nahe liegender Bögen überhaupt

keinen sicheren Schluss auf die Gestalt der Erde ziehen könne, da der Unterschied in der Länge der einzelnen Grade in diesem Falle ein sehr geringer ist, und deshalb die Beobachtungsfehler zu störend einwirken können. So werde auch nur durch die Beobachtungsfehler die Länge der einzelnen Grade im nördlichen und südlichen Frankreich so entstellt, dass die ersteren, obwohl sie in der That die längeren seien, die kürzeren zu sein scheinen. Zu einem definitiven Resultate über die wahre Figur der Erde könne man nur durch Vergleichung der Länge der Grade sehr entfernter Meridianbögen, etwa der Länge der Grade in der Nähe des Aequators und in der Nähe des Poles zu gelangen hoffen, weil dann der Unterschied in der Länge die Beobachtungsfehler weit übersteigen würde. Diesen einzig richtigen Weg den Streit zu beendigen schlug auch, auf Anrathen des Cardinal Fleury, die französische Regierung ein, indem sie im Jahre 1735 zwei Expeditionen zu Gradmessungen ausrüstete. Die eine unter der Leitung von Bouguer und Condamine, denen sich auch der Botaniker Jussieu und der spanische Seefahrer Ulloa anschlossen, sollte in der Nähe des Aequators und zwar in Peru, und die andere unter Maupertuis und Clariaut, zu denen sich später der schwedische Physiker Celsius gesellte, im hohen Norden, in der Nähe des Polarkreises, die Länge eines Grades bestimmen.

Die von Maupertuis geleitete Expedition voll-

endete zuerst ihre Arbeiten. Noch im Jahre 1736 wurde fast ganz auf dem Eise des Torneafusses eine Basis gemessen und schon im folgenden Jahre die ganze Operation beendet. Weit länger, nämlich nahe zu zehn Jahre, dauerte jedoch die peruanische Expedition, weil die Theilnehmer an derselben ihre Arbeiten mit grösserer Genauigkeit ausführten, ferner die Messung auf den Hochebenen von Quito über einen Bogen von 3 Grad Länge ausdehnten, während Maupertuis sich mit einem von etwas weniger als 1 Grad begnügte, und ausserdem noch andere wissenschaftliche Zwecke verfolgten.

Um die Resultate der beiden Expeditionen mit einander vergleichbar zu machen, hatte die Pariser Akademie zwei einander vollkommen gleich lange eiserne Messstangen verfertigen lassen, deren Länge mit dem im Gebrauche befindlichen Maasse, der französischen Klafter oder Toise übereinstimmte, und die eine derselben der lappländischen, die andere der peruanischen Expedition mitgegeben, um damit die Grundlinien zu messen. Bei der Rückfahrt wurde die lappländische Toise durch Schiffbruch beschädigt, die peruanische aber unversehrt zurückgebracht. Diese letzte dient jetzt unter dem Namen „Toise von Peru“ als Vergleichungsmaass in allen cultivirten Ländern, da alle gangbaren Maasse mit genauen Copien derselben auf's schärfste verglichen worden sind.

Das Resultat dieser glänzenden wissenschaftlichen Expedition war eine unumstössliche Bestätigung der

Lehren von Newton und Huyghens, da sich aus den Messungen ergab, dass ein Grad unter dem Polarkreise um nahe 700 Toisen länger als am Aequator und noch immer beiläufig 320 Toisen länger als in der Breite von Paris sei. Mit der Constatirung dieses Umstandes traten die Gradmessungen in eine neue Phase, da es sich von nun an bei ihnen nicht mehr bloß darum handelte, die Grösse der Erde zu bestimmen, sondern vor allem ändern die Gestalt derselben zu ermitteln. Man musste jetzt vor allem darauf bedacht sein, den Unterschied des äquatorialen und polaren Durchmessers des Erdkörpers, die sogenannte Abplattung zu finden, was man durch Combination der Längen zweier gemessener Gradbögen zu erreichen suchte. Allein es stellte sich bei der Bearbeitung der vorhandenen Messungen sehr bald heraus, dass man für die Abplattung sehr verschiedene Werthe erhielt, je nachdem man die einzelnen Gradmessungen mit einander combinirte. Dies Resultat entmuthigte jedoch keineswegs, sondern spornte im Gegentheile nur zu neuen Anstrengungen an und führte Gradmessungen in allen Ländern der Erde herbei. Ausser der Messung, die der Jesuit Thomas bereits im Jahre 1702 in der Ebene von Peking auf Befehl des chinesischen Kaisers Camby veranstaltet hatte, an der sich auch ein kaiserlicher Prinz betheiligte, wurden in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts noch 7 Gradmessungen unternommen, und zwar eine am Cap der guten Hoffnung, eine in

Pennsylvanien, eine in Ostindien und eine während des Zuges von Napoleon in Aegypten. Ausser diesen wurden in Europa noch drei auf Betrieb des Jesuiten *Boscovich* ausgeführt, eine im Kirchenstaate, eine in den Ebenen von Turin und eine zwischen 1762 und 1769 in Oesterreich von *Liesganig*. Die oesterreichische ist an Ausdehnung wohl die bedeutendste aller zuletzt genannten, indess bei ihr wurden später verschiedene Ungenauigkeiten nachgewiesen und sie konnte deshalb keine rechte Bedeutung gewinnen. Dasselbe Schicksal traf auch die übrigen Messungen, theils weil ihre Ausdehnung zu gering ist und theils weil sie mit unverlässlichen Instrumenten angestellt wurden; allein sie zeigen dennoch, welehen Anklang die Arbeiten auf diesem Gebiete im vorigen Jahrhunderte fanden.

Alle bisherigen Leistungen stellte jedoch die zweite französische Gradmessung in Schatten. Die Idee zu derselben ging während der französischen Revolution von der Pariser Academie aus, in der officiellen Absicht, für ein neues Maass- und Gewichtsystem der Republik eine feste Grundlage zu schaffen, in Wahrheit aber um die Gelehrten im Dienste der Republik zu beschäftigen und dadurch vor dem Schicksale *Lavoisiers* zu bewahren, zugleich aber auch das grosse seit Jahrhunderten in Frankreich mit Vorliebe verfolgte Problem der Bestimmung der Figur und Grösse der Erde seiner Lösung näher zu bringen. Das Unternehmen wurde, wie gesagt, als eine Na-

tionalangelegenheit betrachtet. Die Republik wollte mit allem Hergebrachten brechen, sie wollte Neues an die Stelle des Alten setzen, dies mochte gut oder schlecht sein: man wollte nicht mehr mit den alten Maassen messen, nicht mehr mit den alten Gewichten wägen, nicht mehr nach den alten Zeitabtheilungen zählen, nicht mehr mit dem alten Gelde zahlen, kurz es sollte mit der Republik eine in jeder Beziehung neue Epoche eintreten. Was insbesondere das Längemaass betrifft, wollte man die alte Toise durch eine neue, aus der Natur selbst hergenommene Maasseinheit ersetzen und entschied sich nach längerem Schwanken sie aus der Grösse des Erdkörpers selbst abzuleiten, um ein nur mit ihm vergängliches Normalmaass zu erlangen. Dieses Maass, das Meter, sollte der zehnmillionste Theil der Entfernung vom Aequator bis zu dem Pole der Erde sein, und die Messung eines langen Meridianbogens, die man möglichst genau auszuführen beschloss, als Grundlage für das neue metrische System dienen. Der Entschluss hierzu wurde 1792 gefasst und es wird ein stets denkwürdiges Ereigniss bleiben, dass die Ausführung glücklich beendet wurde zu einer Zeit, in der die Schreckensscenen der Revolution kaum beendet waren, keine bleibend consolidirte Regierung den Staat lenkte, und feindliche Heere von den Grenzen abgehalten werden mussten. Schon im Jahre 1799 hatten Mechain und Delambre nicht nur die beantragte Gradmessung zwischen Dünkirchen und Barcelona

beendet, sondern konnten auch schon die Resultate derselben der zur Revision des Maass- und Gewichtsystemes eingesetzten Commission übergeben. Mechain war übrigens damit noch nicht zufrieden: er wollte die Messung bis zu der  $2\frac{3}{4}$  Grad südlicher liegenden Insel Formentera ausdehnen, erlag aber vor der Beendigung des Unternehmens im Jahre 1804 den zu bedeutenden Anstrengungen in jenen ungesunden Gegenden. Die Vollendung der Operation wurde sodann von der Pariser Academie Biot und Arago übergeben, welche dieselbe 1806 zu einem vorläufigen Abschlusse brachten, nachdem ein Meridianbogen von  $12\frac{1}{2}$  Grad oder beiläufig 190 Meilen Länge gemessen worden war.

Bei der Besprechung dieser Gradmessung wurde die Idee berührt, eine von der Natur selbst gegebene Grösse als Maasseinheit festzusetzen, ein Naturmaass einzuführen. Diese Idee war damals nicht mehr neu. Bereits Huyghens hatte den Vorschlag gemacht, die Länge des Sekundenpendels als Naturmaass zu verwenden, und ein solcher Wunsch wurde auch von Bouguer und Condamine nach Vollendung ihrer Gradmessung auf einem unter dem Aequator aufgestellten Monumente in Form einer Inschrift aufs neue ausgesprochen; allein dies waren bisher blos Wünsche geblieben, an eine Ausführung schritt man jetzt das erste Mal. Der Vorschlag, ein Naturmaass einzuführen, hat in der That etwas Bestechendes, und es ist kein Wunder, dass er überall

Eingang fand, zumal er von den berühmtesten Gelehrten jener Zeit unterstützt wurde; aber nichtsdestoweniger ist er unausführbar, wie sich sogleich zeigt, wenn man den Zweck einer Messung näher ins Auge fasst.

Der Zweck einer Messung ist bekanntlich der, das Verhältniss einer Grösse zu einer andern Grösse, dem Maasse, zu bestimmen, weil Jedem, der das Maass kennt, durch Angabe dieses Verhältnisses auch die erstere bekannt wird. Aus dieser Erklärung folgt von selbst, dass die Maasseinheit eine willkürliche Länge ist; es ist vollkommen gleichgültig, wie man sie wählt, und es kommt nur darauf an, die einmal gewählte Länge unverändert zu erhalten, weil mit dem Verluste des Maassstabes auch jede Einsicht in die Grösse der damit gemessenen Gegenstände verloren geht. Ein Beispiel hiervon bietet uns die oben erwähnte Gradmessung der Araber: es ist uns die Grösse ihres Maassstabes, nämlich die Länge einer schwarzen Elle nicht bekannt, daher auch unbekannt das Resultat der mit dieser Maasseinheit ausgeführten Messung.

Damit aber die Maasseinheit unverändert erhalten werde, ist eine materielle Darstellung derselben, ein Etalon nöthig, und dieser die Grundlage des ganzen Maasssystemes. Man würde nun, falls die Natur einen Gegenstand immer in einer absolut genau gleichen Länge hervorbrächte, unfehlbar auf den Gedanken gerathen sein, die Länge desselben zur Einheit des Maasssystemes zu wählen, und dies wäre

in der That ein Naturmaass. Allein dieser Fall kommt in der Natur nicht vor, und will man dennoch die Idee eines Naturmaasses festhalten, so muss man etwas durch ein willkürlich angenommenes Maass Gemessenes zum Naturmaasse erheben, und dies erhält dadurch eine veränderliche Länge. Wir können nämlich nichts absolut genau messen oder beobachten, nur nähern können wir uns dem Werthe einer zu beobachtenden Grösse. Geschärfte Beobachtungskunst kann allerdings eine sehr grosse Annäherung herbeiführen, aber die unvollkommene Natur unserer Sinne kann sie nicht in Vollkommenheit verwandeln. Macht man daher in der Natur etwas zum Maasse, dessen Grösse man erst durch Messen erkennt, z. B. im gegenwärtigen Falle einen Theil des Erdmeridianquadranten, so verpflanzt man die Unvollkommenheit des Messens auf das Maass selbst, und es erhält dieses eine veränderliche Länge, weil jede neue, mit genaueren Hilfsmitteln vorgenommene Messung seine Grösse genauer kennen lernt, und daher im allgemeinen einen von dem früheren abweichenden Werth ergeben wird. Die Unbequemlichkeiten und Verwirrungen, die ein häufiger Wechsel des Maasssystemes im socialen Leben hervorruft, sind aber so bedeutend, dass ein solcher schlechterdings nicht eintreten darf, und deshalb in der Praxis die Einführung eines Naturmaasses eine Illusion ist. Dies bewahrheitete sich auch bei der Einführung des metrischen Systemes. Es würde doch entschieden unvernünftig gewesen

sein, von jedem, der die Länge eines Meters haben will, zu fordern, dass er sich dieselbe durch Anstellung einer Gradmessung verschaffe: man musste vielmehr auf ein Mittel bedacht sein, sie sobald als möglich allgemein bekannt zu machen und zu diesem Zwecke decretirte man, es sollen fortan  $443\frac{3}{10}$ \*) Linien der Toise von Peru die neue Maasseinheit, das Meter sein. Damit hatte man die Idee des Naturmaasses schon fallen lassen, und nichts weiter gethan, als einem gewissen und zwar nicht gerade bequemsten Theile des alten Maasses einen neuen Namen gegeben. Denn wollte man nach diesem Beschlusse noch immer die ursprüngliche Definition des Meters festhalten, so hätte man im Grunde nichts anderes decretirt, als dass die Länge des Erdmeridianquadranten das Zehnmillionenfache von  $443\frac{3}{10}$  Pariser Linien sei, was man doch nicht wohl decretiren konnte. Wir kennen den Erdumfang jetzt schon weit genauer als damals, und wissen auch, dass das Meter nicht unerheblich kleiner ist als der zehnmillionste Theil des Erdmeridianquadranten, allein desswegen das Meter zu ändern, ist bisher noch Niemanden in den Sinn gekommen.

Nach dieser Abschweifung mögen noch in Kürze die neueren Gradmessungen angeführt werden.

Eine der wichtigsten ist die englische, die von der Südküste Englands an durch ganz Schottland bis

---

\*) Genauer  $443\frac{206}{1000}$  Linien.

Saxavord auf den Schetlandsinseln geführt ist. Die Amplitude des ganzen Bogens beträgt  $10\frac{1}{5}$  Grad (160 Meilen), und da diese Messung wiederholt mit der früher erwähnten französischen verbunden wurde umfasst der ganze im Westen Europas gemessene Bogen ein Meridianstück von 22 Grad Länge.

Eine zweite grössere Gradmessung dieses Jahrhunderts ist die ostindische, die von Lambton begonnen und nach dessen Tode von Everest bis zum Fusse der Himmelayakette geführt wurde. Der letztere hat auch die kühne Idee angeregt, diese Messung noch weiter, durch den ganzen Continent Asiens hindurchzuführen bis zur Mündung des Jennisei, wodurch sie einen Bogen von 65 Grad umfassen würde: allein dieser schöne Plan erscheint in jetziger Zeit wenigstens wegen der hohen Gebirge Centralasiens und des rohen Zustandes der Bewohner der nördlichen Steppen noch unausführbar.

Ausser den beiden eben genannten wurden im Herzen von Europa drei kleinere aber sehr genaue Gradmessungen ausgeführt; die eine von Gauss in Hannover, die zweite von Schuhmacher in Schleswig-Holstein, die dritte von Bessel und Baeyer in Preussen, und mehrere ältere revidirt und dabei erweitert: so die von Maupertuis durch Svanberg und Ofverbom, und die von Lacaille am Cap durch Maclear. Zu diesen tritt noch hinzu die russisch-scandinavische Gradmessung, die grösste aller bisher vollendeten. Sie wurde im Jahre 1817 begonnen und

1855 vollendet, und besteht aus einer zusammenhängenden Triangulation, welche 259 Dreiecke enthält, zwischen denen im Ganzen 10 Grundlinien zur Controle und Vergleichung in verschiedenen Theilen des Bogens gemessen sind. Diese Gradmessung umfasst einen Bogen von mehr als 25 Grad Länge (380 Meilen), beginnt an der untern Donau bei Ismaël, durchzieht im Meridiane von Dorpat ganz Russland, setzt dann nach Schweden über und reicht bis Hammerfest auf der Insel Kval-Ö im nördlichen Eismeere. Das Unternehmen wurde noch durch den glücklichen Umstand begünstigt, dass es Struve und Tenner, jenen beiden Männern, durch deren Bemühungen dasselbe ins Leben gerufen wurde, vergönnt war, durch alle 40 Jahre hindurch an ihrer gemeinschaftlichen Schöpfung arbeiten und wirken zu können.

Ueberblicken wir nun den gegenwärtigen Stand der Gradmessungen, so finden wir zunächst in Europa zwei grosse Breitengradmessungen: im Westen die französisch-englische, im Osten die russisch-scandinavische. In Mitteleuropa vermessen wir jedoch eine ähnliche Gradmessung, und besitzen nur drei kleinere isolirte in Norddeutschland, und ausser Europa noch eine ausgedehntere, auf Kosten Englands durchgeführte, die ostindische. Aus dieser Zusammenstellung ersieht man allsogleich, dass hauptsächlich England, Frankreich und Russland durch Ausführung von Messungen sich Verdienste um die Erforschung der Gestalt der Erde erworben haben, und dass in

dieser Beziehung Deutschland sehr weit zurücksteht. Wenn aber auch das letztere im praktischen Theile mit den früher genannten Ländern nicht concurriren kann, steht es mindestens im theoretischen Theile in erster Linie, nicht nur durch Verbesserung der Beobachtungsmethoden und Erfindung neuer, jetzt unentbehrlicher Instrumente, sondern hauptsächlich durch eine wesentliche Umgestaltung der Berechnungsart der Gradmessungen.

Die französischen Gelehrten Laplace, Legendre etc. suchten die Beobachtungsfehler hauptsächlich im geodätischen Theile der Operation, und betrachteten den astronomischen als fehlerfrei. Unter dieser Voraussetzung berechneten sie nun jenes Rotationsellipsoid, das sich am besten den damals vorhandenen Messungen anschloss, konnten aber keine befriedigende Uebereinstimmung erzielen: es blieben selbst bei den besten Messungen unausgleichbare Fehler von 50 und mehr Toisen übrig. An solchen nahm man aber mit Recht Anstoss und folgerte daraus, dass die Figur der Erde von der angenommenen elliptischen Form merklich abweiche, ohne jedoch eine klare Vorstellung über die Natur und Ursache dieser Abweichung sich bilden zu können. Die deutschen Astronomen hingegen setzten nach dem Vorgange Wahlbergs die Fehler nicht so sehr auf Rechnung des geodätischen Theiles der Operation, sondern vorwiegend auf die astronomischen Bestimmungen, und diese Verlegung der Fehlerquelle, verbunden mit der Anwendung

strengerer Rechnungsmethoden, hat uns erst zu einer genauen Kenntniss der Figur unseres Wohnsitzes und der Natur und Ursache der Unregelmässigkeiten seiner idealen Oberfläche verholfen. Um eine Vorstellung von der Wirkung dieser Verlegung der Fehlerquelle zu bekommen, bedenke man nur, dass eine Aenderung der Polhöhe um Eine Secunde auf der Erde einer Strecke von 16 Toisen entspricht, mit andern Worten, ein Fehler von Einer Secunde in der Bestimmung der Polhöhe an einem von zwei um einen Grad von einander entfernten Beobachtungsorten, verändert die Länge des zwischen ihnen enthaltenen Grades um 16 Toisen. Die oben erhaltenen Fehler von 50 Toisen entsprechen daher einem Fehler von 3 Sekunden in der Bestimmung der Polhöhen, und es werden dadurch die grossen Zahlen in kleine Winkelunterschiede von wenigen Sekunden verwandelt. Freilich bleibt jetzt erst die Frage zu erörtern, ob diese Winkelunterschiede nicht etwa ebenso unwahrscheinlich sind, wie die grossen Fehler in den Längenmessungen. Darauf werden wir später zurückkommen.

Bisher ist blos von den Breitengradmessungen, nämlich jenen in der Richtung von Süd nach Nord vorgenommenen gesprochen worden. Um jedoch das Bild der Bestrebungen, die zur Ermittlung der Form des Erdkörpers gemacht worden sind, zu vervollständigen, müssen noch die Längengradmessungen besprochen werden, nämlich jene Gradmessungen, die

in der Richtung von Ost nach West ausgeführt wurden oder eben vorbereitet werden. Wie es nun bei den ersteren die Aufgabe des astronomischen Theiles ist, den Unterschied der geographischen Breite zweier Orte zu bestimmen, so kommt es bei diesen auf die Bestimmung des geographischen Längenunterschiedes an. Allein die Ermittlung des letzteren war bisher mit weit grösseren Schwierigkeiten verknüpft als die Ermittlung des Unterschiedes der geographischen Breiten, weil es dabei auf die genaue Uebertragung der Zeit von einem Orte auf den andern ankommt. Daher erklärt es sich, dass die Längengradmessungen seltener sind, und bisher noch nicht den Erfolg hatten wie die Breitengradmessungen. Seit wenigen Jahren ist übrigens die Hauptschwierigkeit bei der Bestimmung der Längenunterschiede durch Anwendung des Telegraphen zur Zeitübertragung gehoben, und es lässt sich bereits jetzt schon übersehen, dass die Längengradmessungen in Kürze die Breitengradmessungen um ein bedeutendes überflügelt haben werden. Mit der Aufzählung der einzelnen misslungenen Versuche von Längengradmessungen seit Cassini wollen wir uns nicht aufhalten, sondern nur folgende erwähnen.

1) Die französisch-sardinisch-österreichische. Sie beginnt in der Breite von  $46^{\circ}$  an der Westküste Frankreichs bei Marennes, geht über Turin und Mailand und endet bei Padua. Es ist dies die einzige grössere ganz vollendete Längengradmessung.

2) Die französisch-bayerisch-österreichische. Sie

beginnt bei Brest und reicht im Parallele von Paris, Strassburg und München bis Wien. Auch bei dieser Messung sind sämtliche Operationen vollendet, allein die Berechnung derselben noch nicht vollständig ausgeführt.

3) Die bedeutendste aller Operationen, die bisher zur Erforschung der Grösse und Figur der Erde ausgeführt wurden, verspricht die eben im Zuge befindliche Messung des längsten europäischen Parallelbogens zu werden, nämlich jenes der in der Breite von  $52^{\circ}$  ganz Europa von Valentia an der Westküste Irlands angefangen bis an seine Ostgrenze durchschneidet, und darüber hinaus noch tief nach Asien hinein, bis Orsk in Sibirien verfolgt werden soll. Diese Messung wird den immensen Bogen von 70 Längengraden umfassen, und eine Länge von circa 650 Meilen repräsentiren. Den Plan zu derselben entwarf O. Struve im Jahre 1857 und die Vollendung dieses Unternehmens steht bereits in naher Aussicht, da der geodätische Theil, die Messung der Dreiecksketten auf dieser angedehnten Linie schon fertig vorliegt, also nur noch die Längenunterschiede astronomisch bestimmt werden müssen, welche Arbeit im heurigen Frühjahr begonnen werden wird.

## II.

Um zu einem sicheren Schlusse über die Genauigkeit, welche durch die bisherigen Gradmessungen in der

Bestimmung der Erddimensionen erlangt worden ist, zu gelangen, dürfte es am passendsten sein, die erhaltenen Werthe selbst anzuführen. Für die Grösse des Erdkörpers nimmt man gewöhnlich noch jene Werthe an, welche Bessel im Jahre 1841 aus der strengen Berechnung der 10 damals vorhandenen hinreichend genauen Gradmessungen abgeleitet hat. Sie sind, wenn man der Kürze wegen den Aequatorialhalbmesser (Fig. 3  $AC$ ) mit  $a$ , den Polarhalbmesser ( $CD$ ) mit  $b$ , und die Abplattung, unter der man den Werth des Bruches  $\frac{a-b}{a}$  versteht mit  $e$  bezeichnet:

$$a = 3,272.077 \text{ Toisen} = 859\frac{4}{10} \text{ Meilen,}$$

$$b = 3,261.139 \text{ Toisen} = 856\frac{6}{10} \text{ Meilen,}$$

$$\text{und } e = \frac{1}{299}.$$

Seither sind aber wieder mehrere Gradmessungen, wie die grosse russisch-scandinavische hinzugekommen, und früher vorhandene beträchtlich erweitert worden, so dass uns jetzt zur Bestimmung der Figur der Erde nahe die doppelte Anzahl gemessener Grade zu Gebote stehen. Wir müssen desshalb jenes Resultat als das genaueste ansehen, welches Oberst James, der Leiter der englischen Triangulation vor wenigen Jahren aus der Verbindung sämtlicher Messungen, die zusammengenommen eine Länge von 79 Meridiangraden bilden, herleitete. Seine Angaben sind:

$$a = 3,272.532 \text{ Toisen} = 859\frac{6}{10} \text{ Meilen,}$$

$$b = 3,261.410 \text{ Toisen} = 856\frac{7}{10} \text{ Meilen,}$$

$$e = \frac{1}{294}.$$

Nach ihnen zeigt die Erde unter dem Aequator eine Anschwellung von 11.122 Toisen oder nicht ganz 3 Meilen, was beiläufig die dreifache Höhe der höchsten Gipfel des Himalayagebirges beträgt. Sehr lehrreich ist ferner eine Vergleichung dieses Resultates mit dem von Bessel. Man sieht sogleich, dass die Berechnung der Erddimensionen aus der doppelten Zahl gemessener Breitengrade die früheren Resultate nicht mehr wesentlich ändern konnte. Der Aequatorialhalbmesser hat sich etwas mehr geändert, als der Polarhalbmesser, aber selbst bei ersterem beträgt die Aenderung bloß 455 Toisen, beiläufig  $\frac{1}{9}$  Meile, eine im Vergleiche zu seiner ganzen Länge sehr geringe, die Unebenheiten der physischen Erdoberfläche bei weitem nicht erreichende Grösse.

Man könnte allerdings sagen, die nahe Uebereinstimmung beider Resultate sei bloß das Werk eines Zufalles und es werden durch neu hinzutretende Messungen die für die Erddimensionen angenommenen Werthe vielleicht noch sehr bedeutende Modificationen erleiden. Dem ist jedoch nicht so. Wir haben noch ein anderes Mittel die Richtigkeit der aus den Gradmessungen gefolgerten Gestalt der Erde zu prüfen, und dies sind Pendelbeobachtungen. Wie schon früher erwähnt worden, gab die Aenderung des Ganges einer Pendeluhr die erste Veranlassung, eine Abweichung der Erde von der Kugelgestalt anzunehmen und es wurde dort ausführlicher besprochen, wie die Fliehkraft und Abplattung zusammenwirken, eine

Abnahme der Intensität der Schwerkraft bei der Annäherung an den Aequator hervorzubringen, und dadurch die Schwingungsdauer eines Pendels zu vergrössern. Es ist nun begreiflich, dass man auch umgekehrt aus der Wirkung auf die Ursache zurückschliessen kann, d. h. dass man durch Rechnung die Figur der Erde ableiten kann, wenn man die Schwingungsdauer eines und desselben Pendels an verschiedenen Erdorten ermittelt hat. In der Praxis geht man übrigens etwas anders zu Werke. Die Schwingungsdauer eines Pendels wird bekanntlich kleiner, wenn man dasselbe verkürzt. Statt nun die Aenderung der Schwingungsdauer, auf die es hier allein ankommt, beim Uebergange von einem Orte zum andern zu messen, gibt man dem Pendel eine solche Länge, dass es eine Schwingung genau in einer Secunde vollzieht, und misst jetzt die Verschiedenheit der Länge der Sekundenpendel an verschiedenen Erdorten. Derartige Pendelbeobachtungen sind in grösserer Zahl vorzüglich bei der letzten französischen Gradmessung, dann von Kater und Sabine ausgeführt worden. Sabine berechnete diese auf der ganzen Erde zerstreuten Pendellängenbestimmungen und fand aus ihnen für die Abplattung  $\frac{1}{289}$ . Der Unterschied dieses Werthes, und jenes aus den Gradmessungen gefolgerten scheint grösser, als er wirklich ist. Denn bei Ausführung der Rechnung überzeugt man sich alsbald, dass die Verschiedenheit von 10 Einheiten im Nenner des Abplattungswerthes, die

zwischen diesem und dem Bessel'schen Werthe vorkommt, blos eine Aenderung von 380 Toisen in der Länge des Polarhalbmessers bedingt. Der Unterschied kommt also wieder den Unebenheiten der physischen Erdoberfläche bei weitem nicht gleich.

Es weist mithin alles darauf hin, dass die Unsicherheit unserer Werthe der Erddimensionen, d. h. ihr möglicher Fehler schon von weitaus geringerer Grösse sei, als die sichtbaren Ungleichheiten der Oberfläche. Aus unserer Jugendzeit erinnern wir uns aber noch, dass diese Unebenheiten nicht einmal die Dicke des Papierüberzuges eines grossen Erdglobus betragen, und jetzt finden wir, dass wir bereits bis auf noch weit kleinere Grössen genau die Erddimensionen kennen. Wir können daher wohl mit vollkommener Beruhigung sagen, es werden neue Gradmessungen die noch vorhandene Unsicherheit in engere Grenzen einschliessen, allein nicht mehr eine erhebliche Aenderung in den von uns angenommenen Werthen herbeizuführen vermögen.

Wollte man jedoch daraus schliessen, dass fortan die Gradmessungen unnütz seien, indem sie uns nur immer wieder eine neue Bestätigung dessen liefern können, was wir ohnehin wissen, so gäbe man sich einer argen Täuschung hin. Es geht hier wie bei jedem Studium der Natur: jeder Schritt vorwärts eröffnet uns ein immer weiteres Feld der Forschung. Wir dürfen nicht vergessen, dass das obige Resultat ein mittleres ist, und jenes Ellipsoid angibt, welches

alle vorhandenen Messungen so genau als möglich repräsentirt. Von dieser mittleren Figur kommen aber an einzelnen Punkten so ansehnliche Abweichungen vor, dass man sie Beobachtungsfehlern schlechterdings nicht zuschreiben kann. Es wurde schon erwähnt, dass bei den älteren verglichenen Messungen die Polhöhenbestimmungen bis zu drei Secunden steigende Abweichungen darboten. Schon diese übertreffen weit die Fehler, welche mit neueren Instrumenten und Anwendung der gehörigen Vorsichten, bei astronomischen Beobachtungen zugelassen werden können, und doch sind dies noch bei weitem nicht die grössten Abweichungen, die wir jetzt kennen. Im französisch-englischen Meridianbogen beläuft sich die unausgleichbare Discordanz zwischen Rechnung und Beobachtung in Cowhythe (einer englischen Station) auf 10 Secunden und erreicht im französisch-sardinisch-österreichischen Parallelbogen jenseits der Alpen im Pothale in der Nähe von Mailand 20, in der von Turin jedoch sogar die enorme Höhe von 48 Secunden.

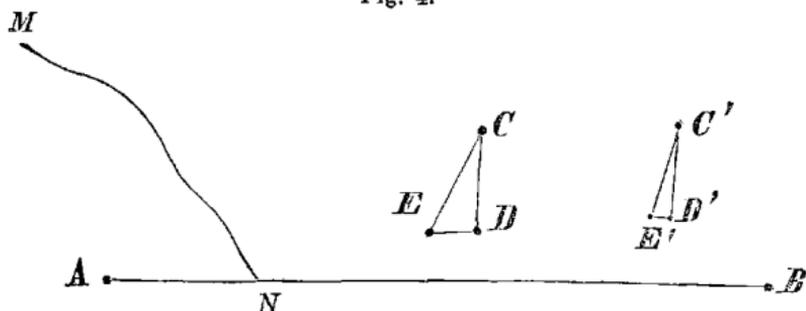
Vorkommnisse dieser Art nöthigen uns anzunehmen, dass die Form der Erde wohl im Allgemeinen sich der Form eines Rotationsellipsoides anschliesst, dass aber an vielen Stellen nicht unerhebliche Abweichungen von dieser mittleren Figur vorhanden sind. Nach früheren Bemerkungen verstehen wir unter Figur der Erde jene ideale Gestalt, welche das Wasser bilden würde, wenn die ganze Erde vom Meere in der Ruhe bedeckt wäre. Diese Erklärung zeigt sogleich eine

sehr wichtige und wesentliche Eigenschaft der idealen Figur, nämlich die, dass in jedem Punkte die Richtung der Schwerkraft die Oberfläche genau senkrecht durchschneidet. Wäre dies nicht der Fall, so würde das Wasser nicht in Ruhe kommen können, indem es als Flüssigkeit durch den kleinsten auf seine Oberfläche nicht senkrecht wirkenden Druck in Bewegung geräth. Durch diese Eigenschaft ist auch die Möglichkeit gegeben, an jeder selbst der unebensten Stelle der Erde die Richtung ihrer idealen Oberfläche zu erkennen; sie muss nämlich der Oberfläche parallel sein, die eine Flüssigkeit darbietet, wenn sie in einem Gefässe zur Ruhe gekommen ist. Die Ruhe kann aber, wie gesagt, nur eintreten, wenn die Kraft senkrecht auf die Oberfläche der Flüssigkeit gerichtet ist, und deshalb steht auch alles, was in der Richtung der Kraft befindlich ist, wie der Faden eines ruhig hängenden Bleiloths senkrecht auf der Oberfläche der Erde. Das Bleiloth gewährt also ein zweites Mittel, die Richtung der Erdoberfläche zu eruiren.

Dies vorausgeschickt erkennt man leicht, dass ungleiche Massenvertheilungen auf der Erde eine Abweichung der idealen Figur von der eines Rotationsellipsoides bedingen. Nach dem Gravitationsgesetze wirkt nämlich jeder Körper anziehend auf seine Umgebung, und zwar im Verhältnisse seiner Masse und im umgekehrt quadratischen seiner Entfernung. Denken wir uns nun, es sei  $AB$  (Fig. 4) ein Stück der Erdoberfläche, so wird ein in  $C$  aufgehängtes

Bleiloth in der Ruhe die auf  $AB$  senkrechte Richtung  $CD$  annehmen. Ist jedoch in  $A$  ein grosser Berg  $MN$  vorhanden, so wird dieser das Bleiloth an-

Fig. 4.

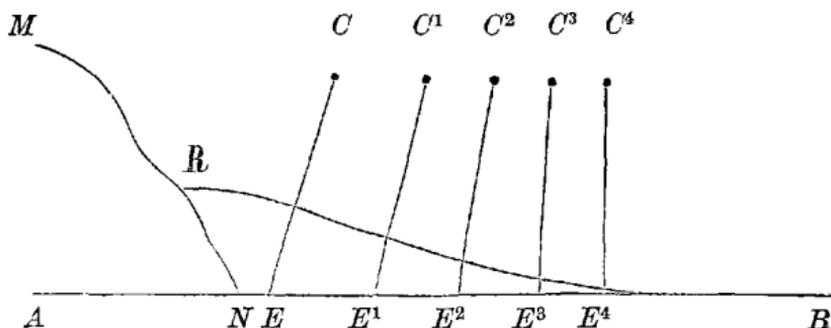


ziehen und dieselbe Wirkung ausüben, als ob man an einem Faden mit einer schwachen Kraft das Loth in der Richtung  $DE$ , nämlich zum Berge hinziehen würde, und es wird dasselbe in Folge dessen nicht mehr in der Lage  $CD$ , sondern in der  $CE$  zur Ruhe gelangen. In einem zweiten, dem Berge entfernteren Punkte  $C'$  wird wohl noch eine Anziehung des Berges stattfinden, allein nur mehr eine weit kleinere, daher wird auch die Ablenkung des Lothes aus der Linie  $C'D'$  in die  $C'E'$  schon geringer sein, und in noch weiterer Entfernung ganz unmerklich werden.

Es ist ferner leicht zu zeigen, dass so wie Bergmassen auch Partien im Innern der Erde, die sich durch grössere Dichte auszeichnen, das Bleiloth von seiner ursprünglichen Richtung ablenken werden. Solche locale Ablenkungen des Bleiloths, die sog. Localattractionen haben aber einen wesentlichen Einfluss

auf die ideale Figur der Erde. Denn sei wieder  $AB$  (Fig. 5) ein Stück der idealen Erdoberfläche, wenn in  $A$  kein Berg vorhanden wäre, so wird das

Fig. 5.



Bleiloth, nach Hinzutreten der Wirkungen des Berges  $MN$  successive in den Richtungen  $CE$ ,  $C^1E^1$ ,  $C^2E^2$ ,  $C^3E^3$ ,  $C^4E^4$ , in welcher letzteren schon keine Ablenkung mehr bemerkbar ist, zur Ruhe gelangen. Nach dem, was wir uns aber unter idealer Oberfläche der Erde vorstellen, muss sie dem früher Gesagten zufolge senkrecht zur Richtung des Bleiloths stehen, es wird daher jetzt nicht mehr  $AB$  die ideale Erdoberfläche sein können, sondern vielmehr die Linie  $BE^4R$ , welche alle Lagen des Bleiloths senkrecht durchschneidet, als ideale Oberfläche angesehen werden müssen. Da nun die Localattractionen auf die astronomischen Beobachtungen mit ihrer ganzen Grösse wirken, weil wir alle unsere Instrumente nur nach dem Bleiloth oder was auf dasselbe hinauskömmt, der Wasserwage rectificiren können, und sich daher alle astronomischen Beobachtungen nicht auf die ur-

sprüngliche Richtung der Zenithlinie  $DC$  (Fig. 4), sondern die durch die Localattraction geänderte  $EC$  beziehen, liegt der Gedanke wohl sehr nahe, dass die früher erwähnten grossen Abweichungen der astronomischen und geodätischen Bestimmungen solchen durch Localattractionen verursachten wellen- oder mantelförmigen Erhebungen der idealen Erdoberfläche über die angenommene mittlere Form derselben zuzuschreiben sind. Ebenso sieht man aber auch, dass man diese Abweichungen wird benützen können, um die Form und Grösse dieser wellenartigen Erhebungen zu erforschen.

Dass Localattractionen vorhanden seien, wusste man schon lange und es wurden bereits von Newton theoretische Untersuchungen darüber angestellt und auch schon von Bouguer, freilich ohne befriedigenden Erfolg, der Versuch gemacht, den Werth der durch den Chimborazzo verursachten Ablenkung durch Beobachtungen zu bestimmen. Wegen der grossen Unebenheiten und Ungleichheiten der Erde müssen wohl überall Lokalattractionen vorkommen, dieselben bleiben aber meist so klein, dass sie innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler liegen; doch gibt es auch Orte, an denen sie eine bedeutende Grösse erreichen. So bewirkt, um nur ein Beispiel anzuführen, der 3000 Fuss hohe steil abstürzende ziemlich isolirt dastehende Berg Schehallien in Nordschottland nach den Beobachtungen eine Abweichung des Bleilochs von 12 Sekunden.

Fassen wir das Frühere zusammen, so sehen wir, dass wir wieder am Anfange einer neuen, der dritten und letzten Aera in der Geschichte des Problems stehen, die Gestalt und Grösse der Erde zu erforschen. Es ist nicht nur durch theoretische Ueberlegungen, sondern auch durch Beobachtungen erwiesen, dass die Erde keine regelmässige, sondern eine unregelmässige Gestalt besitzt und zwar eine Gestalt, die sich zu einer regelmässigen verhält, wie die unregelmässige Oberfläche eines bewegten Wassers zu der ebenen, eines ruhigen. Kennen gelernt haben wir nun die ebene Oberfläche, die zwischen den mantel- und wellenförmigen Erhebungen sich mitten hindurchzieht: es bleibt uns jetzt die Aufgabe, tiefer einzudringen und die Gestalt und Grösse der Abweichungen der Form der Erde von der mittleren, ellipsoidischen zu studiren. In unserer Kenntniss der Figur der Erde gleichen wir einem Wanderer, der zum ersten Male den Kamm eines hohen, eine weite Aussicht gewährenden Gebirges erstiegen hat. Zuerst lässt er sein Auge über die ganze vor ihm ausgebreitete Landschaft hinüberschweifen, um dadurch einen Ueberblick über den allgemeinen Charakter derselben zu gewinnen. Dann erst, nachdem ihm dies gelungen, verweilt sein Blick länger auf einzelnen Theilen der Gegend, um ihre Eigenthümlichkeiten zu erforschen. Den ersten allgemeinen Ueberblick über die Form unserer Erde haben wir uns nun endlich nach 2000jährigem Streben darnach verschafft; es

bleibt uns jetzt noch übrig, die Detailstudien zu beginnen.

Die genauere Kenntniss der Unregelmässigkeiten der idealen Erdoberfläche werden uns aber Gradmessungen, ausgeführt nach denselben Grundsätzen wie bisher, nämlich Messungen in einzelnen Meridianen oder Parallelkreisen, mögen sie auch noch so weit fortgeführt werden, nicht lehren. Denn in den seltensten Fällen werden die früher erwähnten wellenförmigen Erhöhungen sich über grössere Länderstriche ausdehnen, sie werden im Gegentheile meist im Umkreise weniger Meilen eingeschlossen sein. Um sie daher vollständig kennen zu lernen, muss man eine Parzelle der Erdoberfläche nicht nur in einer oder der andern Richtung durchmessen, sondern mit einem dichten Netze astronomisch und geodätisch wohl bestimmter Punkte überdecken. Dies hat bereits vor mehr als dreissig Jahren der grosse Königsberger Astronom Bessel in einem Briefe an Humboldt ausgesprochen, wenn er darin sagt\*): „Zerstreute Beobachtungen auf weiten Flächen vereinzelt werden uns allerdings wenig mehr lehren, als wir schon wissen, aber wichtig wäre es, wenn man alle Messungen über die ganze Oberfläche von Europa mit einander verbinde, und alle astronomisch bestimmten Punkte in diese Operation hineinzöge.“ Diesen schönen Ge-

---

\*) Humboldts Kosmos IV 161.

danken hat Generallieutenant Baeyer, Bessel's greiser Mitarbeiter in einer eigenen Denkschrift im Jahre 1861 nicht nur neuerdings angeregt, sondern es ist seinen Bemühungen auch gelungen, denselben ins Leben zu rufen. In der angezogenen Denkschrift zeigte er zuerst, dass in Mitteleuropa gerade dort, wo wir oben schon eine ausgedehntere Gradmessung vermissten, in einem Streifen, der von den Parallelen von Christiania und Palermo, und den Meridianen von Bonn und Krakau begrenzt wird, alle Bedingungen zu einer Gradmessung im Sinne der heutigen Anforderungen so vollständig vereinigt sind, als ob er seit Jahrhunderten dazu vorbereitet worden wäre. In diesem Streifen liegen mehr als dreissig Sternwarten, so dass sich bereits eine grosse Zahl astronomisch gut bestimmter Punkte vorfindet. Ueberdies sind in demselben stellenweise die nöthigen Dreiecksmessungen schon vorhanden und auch deren Verbindung theilweise hergestellt, so dass nur noch die Lücken auszufüllen sind, um das Material zu einer vollständigen Gradmessung beisammen zu haben.

Allein ausserdem, dass, wie wir eben gesehen, ein Theil der Vorarbeiten für die Gradmessung bereits vorhanden ist, sind in diesem Trapeze die Localverhältnisse so günstig, wie nicht leicht in einem vergleichungsweise so engen Raume irgendwo zum zweitenmale auf Erden. Es umfasst dieser Streifen ganz Italien, in dessen nördlichem Theile, wie wir schon wissen, ganz ungewöhnliche Abweichungen

vorkommen, deren Ursachen durch diese Gradmessung erforscht werden können. In den Bereich desselben fällt ausserdem die ganze Alpenkette, Europa's compactester und ausgedehntester Gebirgsstock, und es ist dadurch eine treffliche Gelegenheit geboten die Localanziehungen von Bergmassen zu prüfen. Endlich wird durch die angeführten drei Längengradmessungen eine so vollständige Verbindung mit dem französisch-englischen Meridianbogen hergestellt, dass es möglich werden wird, die Krümmung der Nord- und Ostsee, und eines Theiles des Mittelmeeres zu finden, und dadurch die interessante Frage zu lösen, ob die Abplattung der Meere mit jener übereinstimmt, die den umschliessenden Ländern eigen ist: eine Frage, deren Beantwortung bisher noch nie versucht werden konnte.

Nachdem Baeyer in der schon mehrfach erwähnten Denkschrift gezeigt hatte, dass diese und eine Reihe anderer Fragen durch eine, im Sinne unserer Zeit vollständige Gradmessung in Mitteleuropa erledigt werden könnten, bewog er die preussische Regierung, den Staaten Mitteleuropas den Vorschlag zu machen, einer derartigen Gradmessung beizutreten, und sich zu diesem Zwecke zur Durchführung eines einheitlichen Planes zu vereinigen. Die Aufforderung hatte den gewünschten Erfolg, und schon wenige Monate nachher hatten nicht nur fast alle beteiligten Staaten ihre Mitwirkung zu diesem Unternehmen zugesagt, sondern auch bereits jene Männer namhaft gemacht,

die sie mit der Leitung der betreffenden Arbeiten be-  
traut hatten, so dass noch im Frühjahr 1862 eine  
Conferenz in Berlin zusammentreten konnte, um die  
Principien festzusetzen, nach denen gearbeitet werden  
sollte.

Was nun speciell die Betheiligung Oesterreichs  
an diesem Unternehmen betrifft, sind zu Leitern der  
Arbeiten bei demselben General Fligely, Director  
des militär-geographischen Institutes, v. Littrow,  
Director der k. k. Sternwarte und Professor Herr  
ernannt worden. Von Oesterreich liegt beiläufig die  
ganze westliche Hälfte im Bereiche jenes Erdstriches,  
über den die mitteleuropäische Gradmessung geführt  
werden soll, und dieses Land war auch eines der  
ersten, welches die Arbeiten für dieselbe aufnahm.  
Denn schon im Sommer des Jahres 1862 begannen  
die Officiere des geographischen Institutes die geodä-  
tischen Arbeiten mit der Messung einer Basis in  
Böhmen, in der Nähe von Josephstadt. Davon aus-  
gehend wurde im vorigen Jahre die Triangulation  
Böhmens in Angriff genommen und vorerst der An-  
schluss der österreichischen und preussischen Drei-  
ecksketten bewerkstelligt, während im heurigen Jahre  
der Anschluss mit Sachsen hergestellt und der mit  
Bayern angebahnt werden soll.

Auch die astronomischen Bestimmungen wurden  
bereits im vorigen Jahre, und zwar gleichzeitig an  
zwei Punkten begonnen. Auf dem einen, dem Gru-  
licher Schneeberge, beobachtete Prof. Herr, und

bestimmte dort die geographische Breite und Richtung der Mittagslinie. Den zweiten Punkt, eine etwa  $1\frac{1}{2}$  Meile nördlich von Prag liegende Anhöhe, den Dabltzer Berg, hatte Director v. Littrow zur Bestimmung übernommen und es wurde mir von ihm die ehrenvolle Aufgabe zugetheilt, die betreffenden Beobachtungen auszuführen. Auf dem Dabltzer Berge wurde ausser der geographischen Breite und Richtung der Mittagslinie noch der Unterschied der geographischen Länge mit der Sternwarte von Leipzig bestimmt, der letztere in Verbindung mit Professor Bruhns, dem Director jener Sternwarte.

Anfangs hatten wir mit mancherlei Ungemach zu kämpfen. Am letzten August wüthete in der Umgegend von Prag ein Orkan mit einer in unseren Breiten seltenen Heftigkeit, die durch vielfache Verheerungen sich kundgab. Dem Feldobservatorium auf der Höhe des Dabltzer Berges vermochte er allerdings keinen erheblichen Schaden zuzufügen, allein die kleine Colonie, welche neben demselben sich gebildet hatte, verschonte er nicht. Es wurde die in der Nähe stehende Triangulirungspyramide aus dem Boden herausgehoben, auf die Telegraphenleitung, welche das Observatorium mit dem Telegraphenamte in Prag verband, geschleudert, und diese dadurch eine weite Strecke zerstört. Ausserdem wurde die Hütte, welche für die zur Bewachung des Observatoriums bestimmte Mannschaft aufgestellt worden war, in Stücke gerissen, wobei leider der eine der Wache

haltenden Soldaten unter den Trümmern den Tod fand, während der zweite glücklicherweise mit dem blossen Schrecken davonkam, und jetzt in Schleswig-Holstein gegen die Dänen kämpft.

Trotz dieses Unglücks und der durch dasselbe herbeigeführten Verzögerung gelangen die astronomischen Bestimmungen doch noch so vollständig, als es nur immer wünschenswerth sein kann. Die Längendifferenz mit Leipzig wurde durch beiläufig 2000 von jeder Station gegebene Signale verschiedener Art bis auf  $\frac{1}{100}$  Zeitsekunde genau ermittelt und ebenso die Breite und die Richtung der Mittagslinie durch mehrere hundert Beobachtungen bis auf wenige Bruchtheile einer Bogensekunde.

Im Vorstehenden sind die vorzüglichsten Unternehmungen, welche die Frage nach der Grösse und Gestalt unseres Wohnsitzes hervorgerufen, besprochen worden, und es hat sich dabei ergeben, dass durch die Ausdauer und Energie, mit welcher der Osten und Westen Europas an der Lösung dieser Aufgabe gearbeitet haben, dieselbe in unseren Tagen zu einem vorläufigen Abschlusse gediehen ist. Wir haben gesehen, dass wir die Gestalt der Erde im Allgemeinen mit einer für alle Zwecke hinreichenden Genauigkeit kennen und dass jetzt die Aufgabe an uns herangetreten ist, die an einzelnen Orten vorkommenden merkwürdigen Abweichungen von der mittleren Krümmung der Erdoberfläche genauer zu untersuchen und deren Ursache zu erforschen. Dazu den ersten Bei-

trag zu liefern, bleibt Mitteleuropa, insbesondere Deutschland vorbehalten und dasselbe ist, wie zum Schlusse gezeigt wurde, auch bereits mit Eifer an die Ausführung dieser schwierigen Unternehmung gegangen. Freuen können wir uns insbesondere darüber, dass Oesterreich, vermöge seiner Lage berufen ist, sich mit einem namhaften Beitrage an diesem Werke zu betheiligen, weil wir in Folge dessen hoffen können, dass wenn einst in späterer Zeit von den Unternehmungen zur Erforschung der Gestalt der Erde gesprochen werden wird, Oesterreichs Namen dabei einen ehrenvollen Rang einnehmen werde, und in nicht gar ferner Zukunft seine Leistungen auf diesem Gebiete denen der anderen Staaten sich ebenbürtig werden gegenüberstellen können.

---

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1865

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Weiss Edmund

Artikel/Article: [Ueber Geschichte der Gradmessungen mit besonderer Beziehung auf den Zweck der mitteleuropäischen Gradmessung. 81-134](#)