Nachdem Delambre und Mechain ihre Messung beendigt hatten, wurde eine Commission von Gelehrten ernannt, um auf dieselbe das neue Maßsystem zu gründen. Die Commission combinirte diese in Frankreich ausgeführte Gradmessung mit den früher in Peru und Lappland erhaltenen Resultaten und folgerte daraus, daß der Erdmeridian eine Ellipse sei, deren Abplattung $^1/_{292}$ betrüge und deren vierter Theil (der Bogen vom Aequator bis zum Pol) 5 130 074 Toisen lang sei. Der zehnmillionste Theil des Erdmeridianquadranten wurde als Einheit des Längenmaßes angenommen und Meter genannt.

Das Meter wurde also zu 0,513 074 Toisen oder zu 3′ 11,296 Pariser Linien festgesetzt.

Seitdem hat man durch Discussion der älteren und neueren Gradmessungen, welche in verschiedenen Gegenden der Erde ausgeführt worden waren, gefunden, daß die Abplattung der Erde größer sei, als die französischen Gelehrten angenommen hatten, daß sie $^1/_{299}$ betrage. Diese Modification im Werthe der Abplattung zieht eine entsprechende Aenderung in der Länge des Meridianquadranten nach sich, welcher in der That nicht 10 Millionen Meter, sondern 10 000 856 Meter lang ist.

Die halbe große Axe der Meridianellipse, also der Radius des Aequators, hat den erwähnten Messungen zufolge eine Länge von 6 377 398 Metern, die halbe kleine Achse dieser Ellipse aber, also die halbe Entfernung der beiden Erdpole beträgt 6 356 080 Meter. Der Unterschied zwischen beiden Halbmessern beträgt also 21 318 Meter.

Da 15 geographische oder deutsche Meilen auf einen Grad des Aequators gehen, so ist also der Umfang des Aequators 5400, der Aequatorialhalbmesser aber 860 deutsche Meilen. Der Polarhalbmesser ist ungefähr um 3 deutsche Meilen kleiner, als der Radius des Aequators.

Um sich eine deutliche Vorstellung von der Abplattung der Erde zu machen, denke man sich ein Umdrehungsellipsoid, dessen Aequatorialdurchmesser 1 Meter beträgt; es würde der Polardurchmesser, also die Umdrehungsaxe, ungefähr um 3 Millimeter kürzer sein müssen, wenn dieser Körper dem Erdellipsoid ähnlich sein sollte. Man begreift wohl, daß eine solche Abplattung dem bloßen Auge ganz unmerklich ist und daß genaue Messungen nöthig sind, um sie nachzuweisen.

Bedenkt man, daß der höchste Gipfel des Dhawalagiri nur 7820 Meter über der Meeresfläche liegt und daß der Chimborazo nur 6530 Meter hoch ist, so sieht man leicht, daß die Erhebungen der mächtigsten Gebirge kaum in Betracht kommen können im Vergleich zu den Dimensionen der Erde. Auf einem Erdglobus von 1 Meter Durchmesser dürften die Gebirgszüge des Himalaya in Asien und der Andes von Südamerika noch nicht die Höhe von 1 Millimeter erreichen, wenn das richtige Größenverhältniß eingehalten werden sollte.

21 **Axendrehung der Erde.** Im vorigen Capitel haben wir die tägliche Bewegung der Himmelskugel sammt allen Gestirnen kennen gelernt, und es ist nun die Frage, wie diese Erscheinung zu erklären sei. Auf den ersten

Anblick scheint es am einfachsten, dem unmittelbaren Eindrucke sich hingebend, diese scheinbare Bewegung für eine wirkliche zu nehmen, d. h. also anzunehmen, daß die Erde feststehe und daß sich das ganze Himmelsgewölbe sammt allen Gestirnen in je 24 Stunden wirklich um die Weltaxe, und zwar in der Richtung von Ost nach West umdrehe.

Diese Ansicht war im Alterthume und durch das ganze Mittelalter hindurch wirklich die herrschende. In dem Maße aber, als sich die astronomischen Kenntnisse erweiterten, wurde die Hypothese einer wirklichen täglichen Umdrehung der Himmelskugel mehr und mehr unwahrscheinlich und mußte endlich der Lehre von der Axendrehung der Erde weichen.

In der That lassen sich alle Erscheinungen der täglichen Bewegung der Gestirne auch durch die Hypothese vollkommen erklären, daß sich die Erde in 24 Stunden in der Richtung von West nach Ost, also der scheinbaren Bewegung des gestirnten Himmels entgegen, um ihre Axe dreht.

Untersuchen wir nun, welche Gründe gegen die wirkliche Rotation des Himmels und für die Axendrehung der Erde sprechen.

Die Dimensionen der Erde sind verschwindend klein gegen die Entfernung der Gestirne von uns; wenn sie also wirklich in 24 Stunden alle um die Erde herumlaufen sollten, so müßte die Geschwindigkeit dieser Bewegung eine ganz enorme sein.

Eine so große Geschwindigkeit ist an und für sich wenig wahrscheinlich, die Unwahrscheinlichkeit wurde aber noch auffallender, nachdem man zu der Ueberzeugung gekommen war, daß es keineswegs ein festes Himmelsgewölbe gebe, an welchem alle Gestirne gleichsam befestigt sind, daß keineswegs alle Sterne gleich weit von uns entfernt, daß wenigstens der Mond, die Sonne und die Planeten uns weit näher sind als die Fixsterne; denn nun hätte man, um die Erscheinungen der täglichen Bewegung ohne die Axendrehung der Erde zu erklären, annehmen müssen, daß die Gestirne in demselben Maße schneller in ihren täglichen Bahnen fortlaufen, in welchem sie weiter entfernt sind.

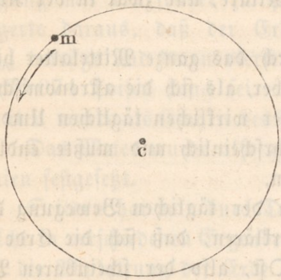
Die Unwahrscheinlichkeit einer solchen Annahme stieg bis zur Absurdität, nachdem man zu richtigen Vorstellungen über die Größe und Entfernung der Gestirne gekommen war. Das Volumen der Sonne ist fast $1\frac{1}{2}$ Millionen Mal größer, als das der Erde, und eine solche Masse sollte in 24 Stunden einen Kreis durchlaufen, dessen Halbmesser 20 Millionen Meilen ist, während die winzige Erde sich nicht einmal um ihre Axe dreht!?

Selbst wenn wir der Fixsterne, welche noch unendlich weiter entfernt sind als die Sonne, gar nicht gedenken, müßten solche Betrachtungen allein schon genügen, die Hypothese von einer wirklichen täglichen Bewegung der Gestirne zu beseitigen, während sich für die Axendrehung der Erde noch weitere Beweise beibringen lassen, die wir sogleich näher betrachten wollen.

Wenn sich die Erde wirklich um ihre Axe dreht, so muß sich die Schwungkraft auf ihrer Oberfläche geltend machen, und zwar muß sie um so bedeutender werden, je mehr man sich dem Aequator nähert.

Ein Körper $m$, welcher den Punkt $c$ umkreist (Fig. 42), äußert fortwährend ein Streben, sich von diesem Mittelpunkte zu entfernen, und zwar ist der Weg $p$, um welchen sich $m$ in einer Secunde von $c$ entfernen würde, wenn andere Kräfte es nicht hinderten und ihn in der Kreisbahn zurückhielten, gleich $\frac{2\pi^2 r}{t^2}$, wenn $r$ den Halbmesser der Kreisbahn, $t$ die Umlaufszeit in Secunden und $\pi$ das Peripherieverhältniß 3,14 bezeichnet. Da $2\pi r$ gleich ist dem Umfang des Kreises, den wir mit $u$ bezeichnen wollen, so ist auch

Fig. 42.




$$p = \frac{3,14 \,.\, u}{t^2}.$$

Der Umfang $u$ des Kreises, welchen ein auf dem Erdäquator befindlicher Körper bei jeder vollen Umdrehung der Erde um ihre Axe zurückzulegen hat, ist nahezu gleich 40 000 000 Meter, die Umlaufszeit $t$ = 24 Stunden = 98 400 Secunden, und also

$$p = \frac{3,14 \,.\, 40\,000\,000}{98\,400^2} = 0,017 \text{ Meter},$$

d. h. wenn sich die Erde in 24 Stunden wirklich um ihre Axe dreht, so muß die dadurch entstehende Schwungkraft so groß sein, daß ein auf dem Erdäquator befindlicher Körper sich in einer Secunde um 0,017 Meter von dem Erdmittelpunkte entfernen würde, wenn die Schwere es nicht verhinderte.

In Folge der Axendrehung der Erde muß demnach der Weg, welchen ein frei fallender Körper in der ersten Fallsecunde durchläuft, am Aequator um 0,017 Meter kleiner sein als an den Polen.

Der Fallraum der ersten Secunde in der Nähe der Pole beträgt 4,909 Meter; ist derselbe nun am Aequator in der That um 0,017 Meter kleiner, so wäre demnach die Kraft, mit welcher ein Körper gegen die Erdoberfläche niedergezogen wird, in Folge der Axendrehung am Aequator um $^1/_{292}$ kleiner als an den Polen.

Eine solche Verminderung der Schwerkraft von den Polen nach dem Aequator hin findet aber in der That Statt. Beim freien Fall der Körper sie nachzuweisen, würde freilich schwer halten; wir besitzen aber im Pendel ein viel empfindlicheres Mittel, die Intensität der Schwere zu messen, und die Pendelversuche bestätigen diese Abnahme vollständig.

Im Jahre 1672 machte der französische Astronom Richer eine wissenschaftliche Reise nach Cayenne, welches nur 5° nördlich vom Aequator liegt. Als er hier seine Pendeluhr aufstellte, deren Gang zu Paris genau war regulirt worden, fand er, daß sie täglich $2^1/_2$ Minuten nachging; er mußte das Pendel nahe um $^5/_4$ Linien verkürzen, um den richtigen Gang wieder herzustellen. Es konnte dies um so weniger einer Störung der Uhr während der

Reise zugeschrieben werden, als die Uhr, nach Paris zurückgebracht, nun wieder 148 Secunden täglich vorging, so daß das Pendel wieder auf seine ursprüngliche Länge gebracht werden mußte.

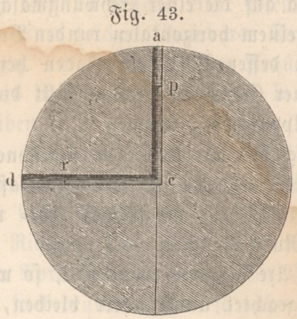
Man stellte später die genauesten Beobachtungen in verschiedenen Gegenden der Erde an, um die Länge des Secundenpendels zu ermitteln. Die folgende Tabelle enthält eine Reihe solcher von Sabine gemachten Bestimmungen.

| Ort. | Breite. | Länge des Secundenpendels in Pariser Zollen. |
|---|---|---|
| St. Thomas . . . . . . | 0° 24′ 41″ | 39,012 |
| Ascension . . . . . . . . | 7 55 48 S. | 39,024 |
| Jamaika . . . . . . . . | 17 56 7 N. | 39,035 |
| New-York . . . . . . . | 40 42 43 N. | 39,101 |
| London . . . . . . . . . | 51 31 8 N. | 39,139 |
| Drontheim . . . . . . . | 63 25 54 N. | 39,174 |
| Spitzbergen . . . . . . | 79 49 58 N. | 39,215 |

Da nun die beschleunigende Kraft der Schwere der Länge des Secundenpendels proportional ist, so ist durch diese Versuche erwiesen, daß in der That die Schwerkraft von den Polen nach dem Aequator hin abnimmt, und diese Abnahme ist im Wesentlichen durch die von der Axendrehung der Erde herrührende Schwungkraft bedingt.

Die Abplattung der Erde selbst, welche wir im vorigen Paragraphen kennen lernten, ist eine Folge ihrer Axendrehung. Um dies darzuthun, wollen wir uns die Erde zunächst als eine feste Kugel denken, in welcher sich zwei Canäle $ac$ und $dc$ befinden, welche im Mittelpunkte der Erde zusammentreffen, und von denen der eine beim Nordpol $a$, der andere an einem Punkte $d$ des Aequators mündet (Fig. 43). Diese beiden Canäle seien nun mit Wasser gefüllt, so werden beide Wassersäulen durch die Schwerkraft gegen den Mittelpunkt $c$ hin angezogen, und zwar gleich stark, wenn keine Axendrehung stattfindet; in diesem Falle werden die Wassersäulen $cd$ und $ca$ gleich hoch sein müssen, wenn Gleichgewicht stattfinden soll. In Folge der Rotation um die Axe $ab$ wird aber der Zug der Schwere, den eine bei $d$ befindliche Wasserschicht erleidet, wie wir gesehen haben, um $1/_{292}$ vermindert.

Fig. 43.




Betrachten wir aber eine zweite in der Aequatorialröhre liegende Wasserschicht bei

$r$, welche nur $\frac{1}{n}$ so weit von $c$ entfernt ist wie $d$, so ist hier freilich die Schwungkraft $n$mal geringer, allein auch die Kraft, mit welcher die Schicht $r$ gegen $c$ hin gezogen wird, ist, wie sich aus dem Gesetze der allgemeinen Massenanziehung ergiebt, $n$mal kleiner als das Gewicht einer gleichen Wasserschicht bei $d$; mithin ist auch hier bei $r$ der Zug der Schwere gegen $c$ durch die Schwungkraft um $^1/_{292}$ kleiner, als sie ohne die Rotation der Erde sein würde, sie ist um $^1/_{292}$ kleiner als die Zugkraft, welche auf die gleich weit von $c$ abstehende Schicht $p$ in der Polarröhre wirkt. Da nun dasselbe für alle entsprechenden Schichten der beiden Röhren gilt, so ist klar, daß in Folge der Axendrehung der Erde die Gesammtkraft, welche das Wasser in der Röhre $dc$ gegen den Erdmittelpunkt treibt, um $^1/_{292}$ kleiner ist, als die entsprechende Kraft, welche auf das Wasser in der Röhre $ca$ wirkt, wenn also Gleichgewicht stattfinden soll, so muß die Wassersäule in der Aequatorialröhre $cd$ um $^1/_{292}$ länger sein als die Wassersäule in der Polarröhre $ca$.

Wäre die ganze Erde eine flüssige, in 24 Stunden um ihre Axe rotirende Masse, so müßte offenbar zwischen dem Aequatorial- und dem Polarhalbmesser dasselbe Größenverhältniß bestehen, wie wir es eben für die Wassersäulen in den hypothetischen Röhren berechnet haben, oder, mit anderen Worten, die Erde müßte eine Polarabplattung von $^1/_{292}$ zeigen. Die auf diesem Wege berechnete Abplattung stimmt beinahe vollständig mit der durch Gradmessungen ermittelten überein, und diese Uebereinstimmung würde noch größer sein, wenn man alle hier influirenden Umstände bei der Rechnung berücksichtigt hätte. Es unterliegt demnach wohl keinem Zweifel, daß die Abplattung der Erde eine Folge ihrer Axendrehung ist, und daß sie zu der Zeit, als sie sich noch im flüssigen Zustande befand, schon dieselbe Axendrehung hatte wie gegenwärtig.

22 **Foucault's Pendelversuch.** Ein einfaches Pendel, welches in einer bestimmten Ebene schwingt, wird seine Oscillationsebene unverändert beibehalten, wenn nicht äußere Kräfte es aus derselben verdrängen.

Es läßt sich dies sehr leicht mit Hülfe der Vorrichtung, Fig. 44, welche auf irgend eine verticale Umdrehungsaxe, etwa auf die einer Schwungmaschine aufgesteckt werden kann, bewerkstelligen. Auf einem horizontalen runden Brette ist ein Bügel von Metalldraht befestigt, von dessen Mitte ein Faden herabhängt, welcher eine Bleikugel trägt. In seiner Gleichgewichtslage fällt dieses einfache Pendel mit der Umdrehungsaxe des Apparates zusammen.

Bringt man das Pendel in der Richtung der mit 0 — 180 bezeichneten Linie aus seiner Gleichgewichtslage, so wird es, alsdann sich selbst überlassen, über der Linie 0 — 180, also rechtwinklig zur Ebene des Bügels hin- und herschwingen, so lange der ganze Apparat in Ruhe bleibt.

Wird aber die Scheibe um ihre verticale Axe langsam umgedreht, so wird die Schwingungsebene des Pendels dessenungeachtet unverändert bleiben, es wird also der Reihe nach ein Durchmesser der Scheibe nach dem andern unter der Schwingungsebene des Pendels hindurchgehen. Nach einer Viertel-Um-