

r , welche nur $\frac{1}{n}$ so weit von c entfernt ist wie d , so ist hier freilich die Schwerkraft 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 ergibt, 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 Schwerkraft um $\frac{1}{292}$ kleiner, als sie ohne die Rotation der Erde sein würde, sie ist um $\frac{1}{292}$ 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 Umdrehung der Erde die Gesamtkraft, welche das Wasser in der Röhre dc gegen den Erdmittelpunkt treibt, um $\frac{1}{292}$ kleiner ist, als die entsprechende Kraft, welche auf das Wasser in der Röhre ca wirkt, wenn also Gleichgewicht stattfinden soll, so muß die Wasser säule in der Aequatorialröhre cd um $\frac{1}{292}$ länger sein als die Wasser säule in der Polarröhre ca .

Wäre die ganze Erde eine flüssige, in 24 Stunden um ihre Aze rotirende Masse, so müßte offenbar zwischen dem Aequatorial- und dem Polarhalbmesser dasselbe Größenverhältniß bestehen, wie wir es eben für die Wasser säulen in den hypothetischen Röhren berechnet haben; oder, mit anderen Worten, die Erde müßte eine Polarabplattung von $\frac{1}{292}$ 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 in fließenden Umständen bei der Rechnung berücksichtigt hätte. Es unterliegt demnach wohl keinem Zweifel, daß die Abplattung der Erde eine Folge ihrer Umdrehung ist, und daß sie zu der Zeit, als sie sich noch im flüssigen Zustande befand, schon dieselbe Umdrehung 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.

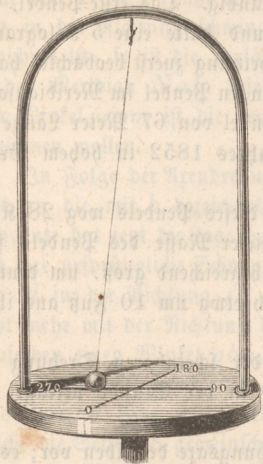
Es läßt sich dies sehr leicht mit Hülfe der Vorrichtung, Fig. 44, welche auf irgend eine verticale Umdrehungsaxe, etwa auf die einer Schwungmaschine aufgesteckt werden kann, bewerkstelligen. Auf einem horizontalen runden Brette ist ein Bügel von Metalldraht befestigt, von dessen Mitte ein Faden herabhängt, 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 Aze 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-

drehung der Scheibe nimmt der Durchmesser 90 — 270 dieselbe Stellung ein, die ursprünglich 0 — 180 einnahm, in diesem Augenblick wird also das Pendel

Fig. 44.



in der Ebene des Bügels oscilliren und in Beziehung auf die Scheibe erscheint jetzt die Schwingungsebene des Pendels um 90° gedreht. Dauert die Drehung der Scheibe in gleicher Richtung fort, so wird allmählig der Quadrant von 90 — 180, dann der von 180 — 270 u. s. w. unter der Schwingungsebene des Pendels hingehen. In dem Maße, in welchem die Scheibe von der Rechten zur Linken gedreht wird, in dem Maße scheint sich die Schwingungsebene des Pendels in Beziehung auf die Scheibe in entgegengesetzter Richtung, also von der Linken zur Rechten zu drehen.

In demselben Verhältniß, wie dieses Pendel zur gedrehten Scheibe, würde sich offenbar ein gerade über dem einen Pol, etwa dem Nordpol der Erde, aufgehängtes Pendel zur Erdoberfläche verhalten. Nehmen wir an, das Pendel werde in der Ebene der Meridiane 0 und 180° in Schwingung versetzt, so wird es in dieser Schwingungsebene, der Ebene also, welche die genannten Meridiane zu Anfang der Oscillationen einnahmen, verharren, während die Ebene der Meridiane 0 — 180° selbst ihre Stellung verändert, indem sie sich um die Erde dreht, deren Verlängerung die Gleichgewichtslage des Pendels bildet.

Bei der fortdauernden Rotation der Erde werden der Reihe nach die verschiedenen Meridiane unter der Schwingungsebene des Pendels durchpassiren; in Beziehung auf die Erdoberfläche scheint sich also die Schwingungsebene des Pendels zu drehen und zwar in der Richtung von Ost nach West, weil die Erde in entgegengesetzter Richtung rotirt.

Ein an irgend einer Stelle des Erdäquators aufgehängtes Pendel kann von einer solchen scheinbaren Drehung der Schwingungsebene natürlich nichts zeigen. Hat man auf dem Aequator ein Pendel etwa in der Ebene des Meridians in Schwingung versetzt, so wird die Schwingungsebene auch im Meridian bleiben.

An allen zwischen dem Pol und dem Aequator befindlichen Punkten wird nun die Schwingungsebene des Pendels in Folge der Aendrehung der Erde eine solche Drehung zeigen müssen, und zwar auf der nördlichen Hemisphäre in der Richtung Ost, Süd, West u. s. w., auf der südlichen aber in der Richtung Ost, Nord, West u. s. w. Die Größe dieser Drehung wird in gleichen Zeiten um so bedeutender sein, je näher man sich dem einen Pole befindet.

Foucault war es, der zuerst auf den glücklichen Gedanken kam, daß die scheinbare Drehung der Schwingungsebene eines einfachen Pendels eine noth-

wendige Folge der Umdrehung der Erde sei, daß man also mittelst eines solchen Pendels, welches stundenlang fortzuschwingt, einen directen Beweis für die Aend-
drehung der Erde liefern kann.

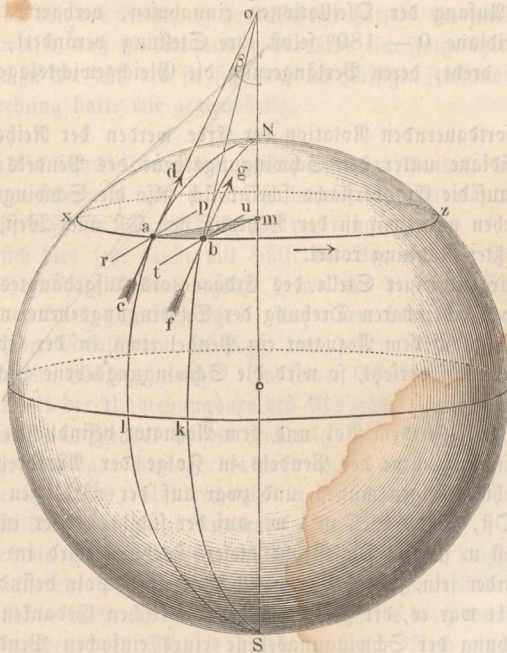
Der Versuch bestätigte seine Erwartung vollständig. Das erste Pendel, mit dem er experimentirte, war nur 2 Meter lang und hatte eine 5 Kilogramm schwere Kugel. Nachdem er an demselben die Erscheinung zuerst beobachtet hatte, wiederholte er den Versuch mit einem 11 Meter langen Pendel im Meridiansaale der Pariser Sternwarte und endlich mit einem Pendel von 67 Meter Länge im Pantheon zu Paris, welches zu Anfang des Jahres 1852 in hohem Grade das Interesse des großen Publicums erregte.

Die unten mit einer Spitze versehene Kugel dieses Pendels wog 28 Kilogramm und hing an einem Stahldraht. Bei dieser Masse des Pendels sind seine Schwingungen nach 5 bis 6 Stunden noch hinreichend groß, um deutlich beobachtet zu werden, wenn die Kugel ursprünglich etwa um 10 Fuß aus ihrer Gleichgewichtslage entfernt worden war.

Untersuchen wir nun, welches die Größe der scheinbaren Drehung der Schwingungsebene, welche am Pol offenbar 15° in der Stunde beträgt, für verschiedene Orte der Erdoberfläche sein muß.

Fig. 45 stelle die Erdkugel, *NS* die Umdrehungsaxe derselben vor; es sei ferner *abz* der Parallelkreis, auf welchem der Pendelversuch angestellt wird, und *m* sei der Mittelpunkt dieses Parallelkreises.

Fig. 45.



Läßt man nun in a das Pendel schwingen, so wird die Linie, welche die Pendelkugel bei ihrem Hin- und Hergange beschreibt, eine gerade Linie sein (wenn man von der geringen Krümmung abstrahirt), welche in der Horizontalebene von a liegt. Läßt man das Pendel gerade in der Richtung des Meridians, also in der Richtung schwingen, welche in unserer Figur durch den Pfeil cd bezeichnet ist, so ist die verlängerte Schwingungslinie jedenfalls eine Tangente an den Meridian Nal . Diese Tangente schneidet die verlängerte Erdaxe in o . Der Winkel aom ist die geographische Breite des Ortes a , welche wir mit φ bezeichnen wollen.

In Folge der Arendrehung der Erde gelangt aber der Punkt a nach einiger Zeit an die mit b bezeichnete Stelle und die in b an den Meridian gelegte Tangente hat jetzt die Lage bo , die Pendelkugel aber, welche vermöge der Trägheit ihre ursprüngliche Schwingungsrichtung beizubehalten strebt, oscillirt parallel mit cd in der Richtung fg , die Schwingungen des Pendels fallen also jetzt nicht mehr mit der Richtung des Meridians zusammen, sondern sie machen mit demselben einen Winkel gbo , dessen Werth wir nun ermitteln wollen.

Der Winkel gbo und der Winkel aob sind Wechselwinkel, folglich ist $gbo = boa$ (Fig. 45). Betrachten wir aber die Dreiecke abo und abm , welche die Seite ab gemeinschaftlich haben, so ist klar, daß sich der Winkel amb (den wir mit α bezeichnen wollen) zu dem Winkel boa (der durch β bezeichnet sein mag) verhält wie bo zu bm , oder daß

$$\alpha : \beta = bo : bm;$$

es ist aber $bm = bo \cdot \sin. \varphi$, $bo = bo \cdot \sin. \varphi$, folglich haben wir

$$\alpha : \beta = 1 : \sin. \varphi,$$

$$\beta = \alpha \cdot \sin. \varphi \quad (1).$$

Nun aber ist β der Winkel, um welchen sich die Schwingungsebene des Pendels gegen den Meridian gedreht hat, während der Beobachtungsort von a nach b gegangen ist; α aber ist der Winkel, um welchen sich unterdessen die Erde gedreht hat, also der Winkel, um welchen sich ein auf dem Pol aufgehängtes Pendel in derselben Zeit gegen den Meridian gedreht haben würde. Nach der obigen Gleichung bei 1) erhält man also die Größe, um welche sich die Schwingungsebene des Foucault'schen Pendels an irgend einem Orte in einer gegebenen Zeit drehen muß, wenn man die gleichzeitige Drehung des Polarpendels mit dem Sinus der geographischen Breite multiplicirt.

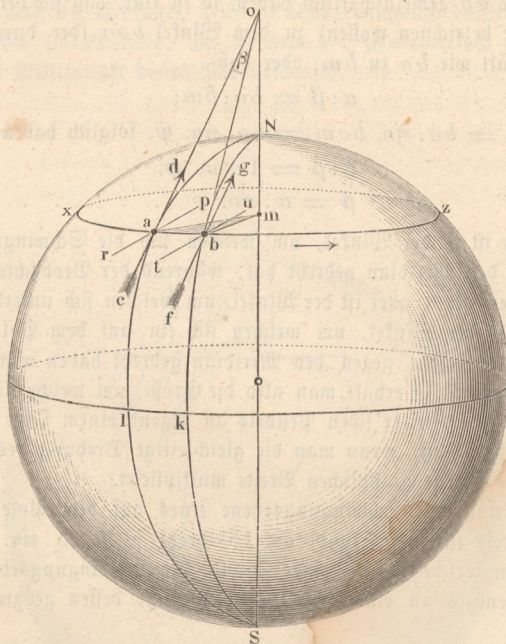
Da sich nun die Schwingungsebene eines auf dem Pole aufgehängten einfachen Pendels in einer Stunde um 15° dreht, so ist $15 \cdot \sin. \varphi$ die Anzahl der Grade, um welche sich in einer Stunde die Schwingungsebene des Foucault'schen Pendels an einem Orte drehen muß, dessen geographische Breite φ ist.

Die fragliche Drehung der Schwingungsebene nimmt also ab mit der Entfernung vom Pol, sie wird $= 0$ auf dem Aequator, weil hier $\sin. \varphi = 0$. Die folgende Tabelle giebt für einige Orte die Drehung der Schwingungsebene des Foucault'schen Pendels während einer Stunde an:

Ort.	Geograph. Breite.		Größe der Drehung in einer Stunde.
Nordpol	90°	—	15°
Königsberg	54°	42'	12,83
München	48	8	11,31
Rom	41	54	10,16
Mexico	19	25	5,04
Cayenne	4	56	1,31

Wir waren in obiger Demonstration der Einfachheit der Betrachtung wegen von der Annahme ausgegangen, daß die Schwingungsebene des Pendels in a ursprünglich in der Richtung des Meridians stattfindet; es ist übrigens durchaus nicht nöthig, daß man gerade von dieser Schwingungsrichtung ausgehe. Nehmen wir an, das Pendel schwinde ursprünglich in der Richtung rp (Fig. 46), welche

Fig. 46.



einen Winkel pad mit dem Meridian macht, so wird, wenn der Beobachtungsort von a nach b gelangt ist, nun die Schwingungsrichtung tu des Pendels einen Winkel ubo mit dem Meridian machen, welcher um gb , also um β größer

ist als *pad*, die Schwingungsebene hat sich also auch jetzt scheinbar um den Winkel β nach Osten gedreht, also gerade so viel, als ob die Schwingungen in der Meridianebene begonnen hätten.

Obgleich die Aendrehung der Erde schon vorher zu den unzweifelhaftesten Lehren der Physik gezählt wurde, so erregte doch der Foucault'sche Pendelversuch in der ganzen physikalischen Welt das größte Interesse; er wurde an vielen Orten wiederholt und überall bestätigt gefunden, wo man hinreichend lange Pendel mit genügender Sorgfalt aufgehängt und Alles beseitigt hatte, was störend auf die Regelmäßigkeit des Ganges hätte einwirken können.

Zu den gelungensten Wiederholungen des Foucault'schen Pendelversuchs in Deutschland sind besonders die von Schwerd im Speyerer und die von Garthe im Kölner Dome angestellten zu rechnen.