



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

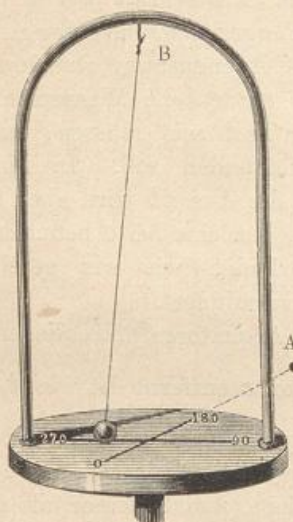
22. Foucault's Pendelversuch

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

Wäre die ganze Erde eine flüssige, in 24 Stunden um ihre Axe rotirende Masse, so müsste offenbar zwischen dem Aequatoreal- 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 $\frac{1}{292}$ 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 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 in flüssigem Zustande befand, schon genähert 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.

Fig. 46.



Es lässt sich dies sehr leicht mit Hülfe der Vorrichtung Fig. 46, 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 anderen unter der Schwingungsebene des Pendels hindurchgehen. Hat man z. B. das Pendel einmal in der Verticalebene in Schwingung gesetzt, welche man sich durch den Aufhängepunkt *B* des Pendels und irgend einen ausserhalb des Apparates gelegenen feststehenden Punkt *A* gelegt denken kann, so wird das Pendel stets in dieser Ebene schwingen, wie der Apparat auch gedreht wird. Liegt z. B. in einem bestimmten Moment der Durchmesser 0 — 180 der Scheibe gerade unter der Bahn

der Pendelkugel, so wird dieselbe nach einer viertel Umdrehung der Scheibe über den Durchmesser $90 - 270$ hinweggehen, welche unterdessen in die Verticalebene von AB gelangt ist.

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, welche in diesem Moment die Ebene der Meridiane $0 - 180$ einnimmt, in Schwingung versetzt, so wird es in dieser Schwingungsebene verharren, während die Erde mit ihren Meridianen unter dem in unveränderter Lage bleibenden Schwingungsbogen des Pendels fortrotirt.

Bei der fortdauernden Rotation der Erde werden also der Reihe nach die verschiedenen Meridiane unter dem Schwingungsbogen 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 Pendel, welches ursprünglich in der Richtung vom Nordpol nach Paris hin oscillirte, wird nach zwei Stunden gegen die Ostküste von Grönland, nach vier Stunden gegen Neufundland hin schwingen.

Es sei nun C (Fig. 47, a. f. S.) der Mittelpunkt der Erde, P der Nordpol, Q der Südpol, O ein Ort der Erdoberfläche, in welchem ein Pendel aufgestellt und in Schwingungen versetzt ist. Bei der Drehung der Erde um ihre Axe beschreibt die Verbindungslinie OC den Mantel eines Kegels, dessen Spitze im Mittelpunkte C der Erde liegt, während der Punkt O sich in dem Parallelkreise DE bewegt. Wir können uns die Drehung der Erde um ihre Axe PQ ersetzt denken durch zwei Drehungen um zwei auf einander senkrechte Axen, welche beide in der Ebene des Meridians liegen und durch den Mittelpunkt der Erde C gehen, und von denen die eine mit der Linie CO zusammenfällt, während die andere (CB) senkrecht darauf steht und den Meridian von O in B trifft. Die Lage dieser beiden Axen ändert sich fortwährend, und jede beschreibt den Mantel eines Kegels, dessen Spitze in C liegt.

Wir wollen jetzt annehmen, dass in einer kurzen Zeit, z. B. in einer Zeitsecunde, der Punkt O durch die Drehung der Erde um ihre Axe PQ nach O' kommt. Der Punkt O könnte aber offenbar auch durch eine Drehung der Erde um die Axe CB nach O' kommen, dabei würde sich aber die Lage der Pole verändern, es würde P nach einem Punkte P' und Q nach Q' kommen. Der grösste Kreis $P'O'Q'$ würde nun gegen den grössten Kreis POQ einen Winkel $PO'P'$ oder $QO'Q'$ bilden, und wir können offenbar den Meridian $P'Q'$ in die Lage PQ bringen, wenn wir der Kugel noch eine Drehung um die Verticale CO' des Ortes O' um den Winkel $PO'P'$ geben. Dabei wird der Punkt B nach einem Punkte B' kommen, und da der Winkel $B'CO' = 90^\circ$ ist, so wird der Bogen BB' gleich dem sphärischen Winkel $B'O'B' = PO'P'$ werden. Es sei nun $F'G'$ ein Stück des Aequators, welches zwischen den Meri-

Die Drehung, welche die Erde während einer Secunde um die verticale Axe CO' erhält, ist demnach $= 15'' \sin \varphi$, und diese muss sich in der Schwingungsebene des Pendels bemerklich machen. Es erfolgt zwar auch eine Drehung der Erde um die Axe BC , d. h. um eine der Mittagslinie von O parallele Axe, diese wird aber dadurch, dass die Schwingungsebene sich in Folge der Schwerkraft immer vertical stellt, vollständig compensirt, so dass sie sich dem Beobachter nicht bemerklich macht.

Da nun in jeder Secunde eine scheinbare Drehung der Schwingungsebene des Pendels im Betrage von $15'' \sin \varphi$ und entgegengesetzt der wirklichen Bewegung der Erde stattfindet, so wird die Ebene sich im Laufe eines Tages, in welcher Zeit die Erde eine vollständige Drehung von 360° um ihre Axe ausführt, im Betrage von $360^\circ \sin \varphi$ herumdrehen. In einem Tage wird also diese Drehung an den Polen $= 360^\circ$, am Aequator $= 0^\circ$ und an jedem Orte von der geographischen Breite $\varphi = 360^\circ \sin \varphi$ sein.

An allen zwischen dem Pol und dem Aequator befindlichen Punkten wird demnach die Schwingungsebene des Pendels in Folge der Axendrehung der Erde eine 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 aber in gleichen Zeiten um so bedeutender sein, je näher man sich einem Pole der Erde befindet. 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	$90^\circ -$	15°
Königsberg	$54^\circ 42'$	12,83
München	48 8	11,31
Rom	41 54	10,16
Mexico	19 25	5,04
Cayenne	4 56	1,31

Foucault war es, der zuerst auf den glücklichen Gedanken kam, dass die scheinbare Drehung der Schwingungsebene eines einfachen Pendels eine nothwendige Folge der Umdrehung der Erde sei, dass man also mittelst eines solchen Pendels, welches stundenlang fortschwingt, einen directen Beweis für die Axendrehung der Erde liefern kann.

Der Versuch bestätigte seine Erwartung vollständig. Das erste Pendel, mit welchem er experimentirte, war nur 2 m lang und hatte

eine 5 kg schwere Kugel. Nachdem er an demselben die Erscheinung zuerst beobachtet hatte, wiederholte er den Versuch mit einem 11 m langen Pendel im Meridiansaale der Pariser Sternwarte und endlich mit einem Pendel von 67 m Länge im Pantheon zu Paris, welches zu Anfang

Fig. 48.

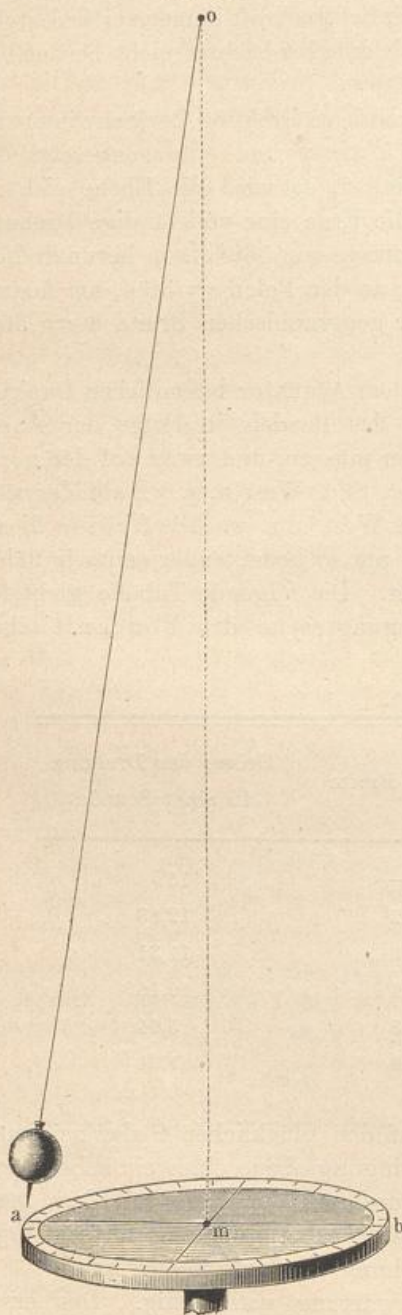
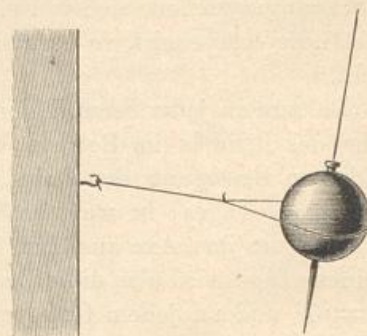


Fig. 49.



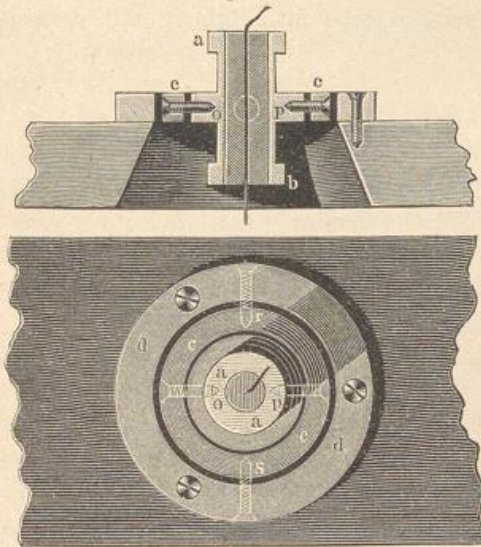
des Jahres 1852 in hohem Grade das Interesse des grossen Publicums erregte.

Die unten mit einer Spitze versehene Kugel dieses Pendels wog 28 kg und hing an einem Stahldraht. Bei dieser Masse des Pendels sind seine Schwingungen nach fünf bis sechs Stunden noch hinreichend gross, um deutlich beobachtet zu werden, wenn die Kugel ursprünglich etwa um zehn Fuss aus ihrer Gleichgewichtslage entfernt worden war.

Um die Drehung der Schwingungsebene des Pendels gegen die Erdoberfläche beobachten und messen zu können, wird auf dem Boden eine kreisförmig getheilte Scheibe angebracht, deren Mittelpunkt m , Fig. 48, vertical unter dem Aufhängepunkt o des Pendels liegt. Nehmen wir an, dass die Pendelkugel zu Anfang ihrer Bewegung gerade über dem Durchmesser ab hinschwinge, so wird sie nach der Zeit t , $2t$, $3t$ u. s. w. in der Richtung eines Durchmessers schwingen, welcher einen Winkel von 10, 20, 30 u. s. w. Grad mit ab macht.

Es versteht sich von selbst, dass der Ort, an welchem das Foucault'sche Pendel aufgehängt ist, vor Luftströmungen geschützt ist; ebenso muss dafür gesorgt sein, dass die Pendelkugel beim Beginn ihrer Oscillationen frei von jeder seitlichen Bewegung ist. Es wird dies auf folgende Weise erreicht: die aus ihrer Gleichgewichtslage entfernte Kugel wird, wie man in Fig. 49 sieht, mit einem Faden umfasst, welcher an einem seitlich befindlichen festen Gegenstande befestigt ist. Wenn nun die Pendelkugel in dieser Lage vollständig zur Ruhe gekommen ist, wird unter Vermeidung jeder Erschütterung der Faden mittelst eines angezündeten Streichhölzchens abgebrannt und dadurch die Oscillation des Pendels eingeleitet.

Fig. 50.



$$\frac{1}{2}$$

Um jede, von einer etwaigen Torsion oder Biegung des Drahtes herrührende Störung zu vermeiden, kann man auch die Cardani'sche Aufhängung in Anwendung bringen, welche in Fig. 50 in einer Form dargestellt ist, welche ursprünglich für einen anderen, später zu besprechenden Apparat construirt war.

Das obere Ende des Aufhänge drahtes ist in der Axe einer Messinghülse ausgespannt und dann die Höhlung derselben mit Blei ausgegossen. Um zu verhindern, dass der Draht etwa durch das Gewicht der Pendelkugel aus der Bleimasse herausgezogen wird, kann man sein oben aus der Bleimasse hervorragendes Ende umbiegen und zwei- oder dreimal um die Messinghülse herum winden. In ihrer Mitte nun ist die Hülse *ab* von einem Messingringe *c* umgeben, welcher um die diametral einander gegenüberstehenden Zapfen *o* und *p* drehbar ist. Die beiden horizontalen Zapfen *o* und *p* werden aber von dem Messingringe *c* getragen, welcher selbst wieder um die diametral einander gegenüberstehenden Zapfen *r* und *s* drehbar ist, deren Axe rechtwinklig steht zu der Axe von *o* und *p*. Die Zapfen *r* und *s* endlich werden von einem Messingringe *d* getragen, welcher auf einem die ganze Vorrichtung tragenden Brett befestigt wird.

Bei dem Foucault'schen Versuch war das obere Ende des Stahldrahtes durch ein gleich weites, in eine starke Metallplatte gebohrtes Loch hindurchgezogen und auf der oberen Fläche dieser Metallplatte befestigt; die Metallplatte selbst war aber unbeweglich an dem Gewölbe befestigt, von welchem das Pendel herunter hing.

Um jede, von einer etwaigen Torsion oder

Obgleich die Axendrehung 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 Sicherheit aufgehängt und Alles beseitigt hatte, was störend auf die Regelmässigkeit des Ganges hätte einwirken können.

Zu den gelungensten Wiederholungen des Foucault'schen Pendelversuches in Deutschland sind besonders die von Schwerd im Speyerer und die von Garthe im Kölner Dome angestellten zu rechnen. Ebenso ist der Versuch in der Universitätskirche zu Freiburg mit dem besten Erfolge wiederholt.