



## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

43. Bewegungen auf der rotierenden Erde. Foucaultsches Pendel

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

(Fig. 51) nachweisen, welcher aus einer Kugel besteht, deren Drehungsachse vermöge ihrer Aufhängung in drei ineinander drehbaren Ringen unbehindert jede beliebige Stelle annehmen kann. Versetzt man die Kugel durch Abziehen einer auf ihre Achse gewickelten Schnur in rasche Umdrehung, so bleibt die Achse mit sich selbst parallel, wie man auch den ganzen Apparat drehen und neigen mag. Beispiele von Drehung um freie Achsen bieten uns die Planeten und unter diesen die Erde dar. Die Erdachse würde, wenn die Erde eine vollkommene Kugel wäre, immerdar mit sich selbst parallel und stets nach dem Polarstern gerichtet bleiben. Aus der Anziehungskraft der Sonne auf die den Erdäquator umgürtende Anschwellung entspringt aber eine störende Kraft, welche die zur Ebene der Erdbahn (Ekliptik) unter einem Winkel von  $66,5^\circ$  geneigte Erdachse zur Bahnebene senkrecht zu stellen strebt. Ähnlich wie beim Kreisel ändert aber die Erdachse ihre Neigung zur Erdbahn nicht, sondern beschreibt im Verlauf von etwas mehr als 25800 Jahren einen Kegel von etwa  $47^\circ$  Öffnung um das auf der Ekliptik errichtete Lot, so daß im Laufe der Jahrtausende nach und nach immer andere Sterne die Rolle des Polarsterns übernehmen werden; so wird z. B. nach etwa 12000 Jahren der schöne Stern Wega Polarstern sein. Diese kegelförmige Bewegung der Erdachse hat zur Folge, daß die Nachtgleichenpunkte auf der Ekliptik jährlich um etwa 50 Bogensekunden nach Westen vorrücken, und wird daher das Vorrücken oder die Präzession der Nachtgleichen genannt.



Fig. 51.  
Bohnenbergers  
Rotationsapparat.

**43. Bewegungen auf der rotierenden Erde. Foucaultsches Pendel.** Da alle Körper auf der Erde an der Erddrehung teilnehmen, so besitzen sie einen gewissen Betrag von kinetischer Energie, und verhalten sich infolgedessen, wenn sie auf der Erde in Bewegung gesetzt werden, anders als wenn die Erde sich nicht drehte.

Die Geschwindigkeit der Körper infolge der Erddrehung ist um so größer, je weiter die Körper von der Erdachse entfernt sind; sie ist größer auf der Spitze eines Turmes als an seiner Basis. Läßt man einen Stein von der Spitze herabfallen, so behält er während des Falles die größere Geschwindigkeit vom Westen nach Osten, die er auf der Spitze besaß, bei; er eilt also den unteren Partien voraus und zeigt beim Auffallen eine östliche Abweichung von dem Punkte, der lotrecht unter dem Ausgangspunkt liegt. Versuche haben diese Überlegung bestätigt. Reich fand z. B. bei einer Falltiefe von 158,5 m eine östliche Abweichung von 28,4 mm.

Denkt man sich ein Pendel über den Nordpol der Erde aufgehängt, so behält vermöge der Trägheit die Schwingungsebene des Pendels ihre Richtung im Raume bei, während die Erde samt dem auf ihr stehenden Beobachter sich unter dem Pendel von West nach



Ost dreht; der Beobachter wird daher die Schwingungsrichtung des Pendels in bezug auf die Erdoberfläche von Ost über Süd nach West, also nach rechts hin, sich drehen und in 24 Stunden einen ganzen Umlauf vollenden sehen. Am Äquator tritt diese scheinbare Drehung der Schwingungsebene eines Pendels nicht ein, weil der Aufhängungspunkt hier keine Drehung, sondern nur eine Fortführung von West nach Ost (zusammen mit einer stetigen Veränderung der Vertikallinie im Raume) erfährt. An jedem zwischen Pol und Äquator gelegenen Ort kann die Bewegung der Erdoberfläche aufgefaßt werden als zusammengesetzt aus einer Drehung um eine lotrechte Achse, wie

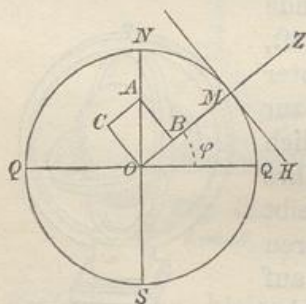


Fig. 52.

Zum Foucaultschen Pendelversuch.

sie am Pol, und aus einer Fortführung, wie sie am Äquator stattfindet; nur die erstere Bewegung gibt zu einer scheinbaren Drehung der Schwingungsrichtung des Pendels, auf der nördlichen Erdhälfte nach rechts, auf der südlichen nach links herum, Anlaß, welche daher um so langsamer erfolgt, je näher der Ort dem Äquator liegt.

Man kann nämlich die Zerlegung und Zusammensetzung nach dem Parallelogramm, die wir für geradlinige Bewegungen kennen gelernt haben, auch auf Drehungen anwenden, wenigstens auf jedes sehr kleine Stück einer Drehung. Stellt der Kreis  $NQS$  (Fig. 52) den durch den Ort  $M$  der Erdoberfläche, dessen geographische Breite  $MOQ = \varphi$  ist, gezogenen Meridian vor, so kann eine kleine Drehung um die Achse  $NOS$ , deren Betrag durch die Strecke  $OA$  auf der Achse angedeutet werden möge, als die Resultante zweier Drehungen angesehen werden, einer vom Betrage  $OB$  um die vertikale Achse  $OMZ$  des Beobachtungsortes und einer zweiten vom Betrage  $OC$  um die zum Horizont  $MH$  parallele Achse  $OC$ . Denkt man sich diese Überlegung in jedem Augenblicke auf die Erddrehung angewandt, so sieht man, daß die für das Foucaultsche Pendel wirksame Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde in der Breite  $\varphi$  nicht  $15^\circ$  beträgt, wie am Pol, sondern nur  $15^\circ \cdot \sin \varphi$ , d. h. die Geschwindigkeit der scheinbaren Drehung der Pendelebene ist dem Sinus der geographischen Breite proportional; die Dauer einer ganzen Umdrehung ist diesem Sinus umgekehrt proportional und beträgt  $24 : \sin \varphi$  Stunden.

In München z. B. braucht die Schwingungsebene des Pendels zu einer ganzen Umdrehung 32 Stunden 13 Minuten, in Berlin 30 Stunden 15 Minuten.

Die Bewegung des Foucaultschen Pendels ist so, als ob auf den Pendelkörper außer der Schwerkraft, die die Schwingungen unterhält, noch eine Kraft wirkte, die die bewegte Masse senkrecht zur Richtung ihrer Bewegung nach rechts hin abzulenken sucht. Diese scheinbare Kraft, die ebenso wie die Zentrifugalkraft nur eine Äußerung der Massenträgheit ist, hat man als die ablenkende Kraft der Erddotation bezeichnet. Ihre Größe, so weit sie der Erdoberfläche parallel wirkt, ist durch den Ausdruck  $2v\omega \sin \varphi$  gegeben, in dem  $v$  die Geschwindigkeit des bewegten Körpers,  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit der Erde und  $\varphi$  die geographische Breite bedeutet. Diese scheinbare Kraft tritt bei jeder Bewegung einer Masse auf der Erdoberfläche in Wirksamkeit. So strömt die Luft



nicht in derjenigen Richtung, in der die Luftdruckunterschiede in der Atmosphäre sie zu treiben suchen, sondern sie weicht von der Richtung, in der der Luftdruck am stärksten abnimmt, der sog. Richtung des Gradienten, stets auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links um beträchtliche Winkel ab, wie man aus jeder Wetterkarte ansehen kann. Ein besonderer Fall sind die Passate, die als Nordost- bzw. Südostwinde wehen, während die treibende Kraft in Richtung der Meridiane wirkt. An ihnen ist der Einfluß der Erdrotation auf die Bewegungserscheinungen auf der Erde zuerst erkannt worden (Hadley, 1735).

Alle die hier beschriebenen Tatsachen und Beobachtungen sind ebensoviele Beweise für die Achsendrehung der Erde.

44. **Zentralbewegung.** Die in (40) behandelte kreisförmige Bewegung unter dem Einfluß einer Zentralkraft kommt nur dann zustande, wenn der Körper eine ganz bestimmte Geschwindigkeit senkrecht zur Richtung der Zentralkraft besitzt. Wir betrachten jetzt den allgemeinen Fall der Bewegung eines Körpers, der, nachdem ihm eine Anfangsgeschwindigkeit erteilt worden, der Einwirkung einer Zentralkraft überlassen wird, d. h. einer Kraft, die stets nach einem

festen Mittelpunkte (Zentrum) hin gerichtet ist. Der Körper, der vermöge seiner Trägheit in der Richtung  $AB$  (Fig. 53) mit der ihm erteilten Anfangsgeschwindigkeit in gleichförmiger Bewegung fortzugehen bestrebt ist, wird durch die nach dem Mittelpunkte  $O$  wirkende Zentralkraft von der Linie  $AB$  abgezogen; ist  $AC$  die Strecke, um welche diese Kraft ihn dem Zentrum nähert in der Zeit, während welcher er vermöge der Trägheit von  $A$  bis  $B$  gelangen würde, so findet man den Ort  $D$ , welchen er nach dieser Zeit tatsächlich einnimmt, als Durchschnittspunkt der Linien  $CD$  und  $BD$ , die beziehungsweise parallel mit  $AB$  und  $AC$  gezogen werden. Der Weg, welchen der Körper von  $A$  bis  $D$

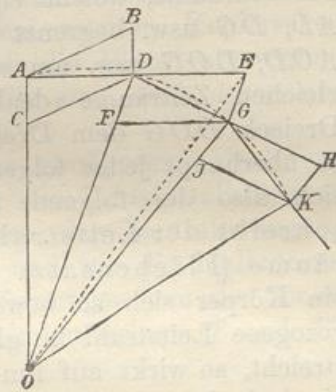


Fig. 53.  
Zentralbewegung.

zurücklegt, ist eigentlich bogenförmig gekrümmt, fällt aber um so genauer mit der geraden Verbindungslinie  $AD$  zusammen, während eines je kleineren Zeitraumes wir die Bewegung betrachten. Nehmen wir daher diesen Zeitraum hinlänglich klein an (und wir können ihn uns ja so klein denken, wie wir immer wollen), so darf der Weg von  $A$  bis  $D$  als geradlinig angesehen werden. Während eines zweiten gleichgroßen Zeiteilchens würde nun der Körper vermöge seiner Trägheit unter Beibehaltung seiner in  $D$  vorhandenen Richtung und Geschwindigkeit die Strecke  $DE = AD$  zurücklegen, wenn er nicht durch die von  $D$  nach  $O$  hin wirkende Kraft von der Linie  $DE$  um die Strecke  $DF$  abgezogen und nach dem Endpunkte  $G$  des Parallelogramms  $DEGF$  zu gehen genötigt würde. Ebenso wird er während