3. Ist die Bahnellipse so weit ausgerundet, daß sie beinahe zum Kreise geworden ist, wie dies bei den ab und zu an Uhren zu findenden Umlaufpendeln zu sehen ist, so läßt sich der Winkel γ leicht berechnen. Es zeigt sich dann, daß rund $5 \cdot \frac{l^2}{\alpha^2} \sqrt{l}$ Sekunden vergehen, bis sich die nicht zu große Ellipsenbahn ganz herumgedreht hat, worin l die Pendelstangenlänge bis zum Kugelmittelpunkt und a die Entfernung ist, die die Kugel durchschnittlich von der Bahnmitte innehält. Beide Strecken sind in Metern in die Formel einzusetzen. Diese Tatsache ist für den Betrieb der für die Zeitmessung im Grunde genommen ganz unbrauchbaren Kugelpendel von einer gewissen Bedeutung. Hat die Pendelstange z. B. eine Länge von 0,5 m und läuft mit 10^0 Ausschlag um, so ist $a = 0{,}5 \cdot \sin 10^0 = 0{,}5 \cdot 0{,}174 = 0{,}087$ m, und die volle Bahndrehung dauert nach obigem $5 \cdot \frac{0{,}5^2}{0{,}087^2} \cdot \sqrt{0{,}5} = 117$ Sekunden. In solchem Falle geht der Umlauf nämlich ganz besonders rasch von statten, wie die unter 2 angebene Regel voraussehen ließ. Durch Versuch läßt sich das leicht nachprüfen, denn solchen Bahndrehungen gegenüber fällt natürlich die wirkliche Erddrehung gar nicht ins Gewicht.

Dies alles gilt für einen auf dem Aequator befindlichen Beobachtungsstand, oder anders ausgedrückt, für eine stillstehende Erde. Es zeigte sich also, daß die Bahn auch hier die Richtung im Raume nicht beibehält, wenn sie auch nur um ein geringes von der geradlinigen Form abweicht.

B. Das Pendel auf der wirklichen Erde

Wie ist es nun aber auf der wirklichen, sich drehenden Erde, z. B. bei uns in Deutschland, das vom Aequator weit abliegt? Und vor allem, welche Kräfte sind es, die hier die Drehung der Bahnebene veranlassen und wie stark sind sie?

Stellen wir uns als Insassen eines ohne Beschleunigung oder Bremsung geradeaus fahrenden D-Zuges vor. In ihm leben wir genau wie im Zimmer, trinken Kaffee usw. und könnten sogar Billard spielen, wenn der Lauf des Wagens ruhig genug wäre. Versuchten wir aber dasselbe im Karussell, so würde der Billardstoß schmählich mißlingen, und die Kugel liefe in einer krummen Bahn über das grüne Tuch, das sich ja in Wirklichkeit unter ihr herumdreht. Es macht daher den Eindruck, als sei eine geheimnisvolle Kraft am Werke, die die Kugel zur Seite treibt. Die Scheinkraft nennt man in der Mechanik die Corioliskraft; ihr unterliegt jeder Körper, der sich auf einer rotierenden Unterlage umherbewegt, also z. B. auf der Erde. Auch die Pendellinse macht hiervon keine Ausnahme. Man kennt die Corioliskraft nach Größe und Richtung sehr genau, und wenn man sie samt der allbekannten, bei jeder Rotation auftretenden Flieh- oder Zentrifugalkraft mit in seine Betrachtungen einbezieht, so kann man die Bewegungen genau so behandeln, als erfolgten sie auf einer wirklich feststehenden Unterlage. Und das wollen wir jetzt mit der auf der Erdoberfläche hin- und herspazierenden Pendellinse tun.

Abb. 1 stellt die um ihre Achse AA in einem Sterntage gleich 86164 Sekunden einmal herumrotierende Erdkugel vor. Zu der in der Richtung G auf einen Gegenstand K wirkenden Schwere kommt nun infolge der Erdrotation die Flieh- oder Schleuderkraft Z hinzu, die eine Ablenkung des Lotes nach dem Aequator hin in die Richtung R hervorruft. Z ist aber sehr klein, denn es beträgt nach den Regeln der Mechanik bloß $\frac{\cos \varphi}{300}$ des Gewichts, worin φ der Breitengrad ist. Das bedeutet also am Aequator, wo $\cos \varphi = 1$ ist, eben $^1/_{300}$ der Schwere. In unserm Experimentierzimmer denken wir uns die Fliehkraft Z einfach mit der Schwere vereinigt, denn in diesem kleinen Raume ist sie überall gleich groß. Auf die Pendelbewegung hat das natürlich keinen anderen Einfluß, als daß die Lotrichtung um ein ganz geringes Maß abgelenkt wird und die Schwingungsdauer ein ganz klein wenig länger ist als ohne Zentrifugalkraft. Diese beeinflußt also die eigentliche Schwingungsbahn gar nicht.

Ganz anders ist es mit der nun zu besprechenden Corioliskraft. Ihre Größe ist genau angebbar. Bewegt sich die Pendellinse (oder die Billardkugel) mit einer Geschwindigkeit von v Metern je Sekunde vorwärts, so entsteht infolge der Erddrehung (oder der Drehung des Karussells) eine Scheinkraft, die die Linse (oder die Kugel) aus ihrer Bahn abzulenken sucht und bei der Linse von G Kilogramm Gewicht die Größe hat:

$$14{,}6 \cdot G \cdot v \cdot \sin \alpha \text{ Milligramm.}$$

Darin ist α der Winkel zwischen der Drehachse der Erde (d. h. der Linie, die man sich vom Pendel-Aufstellungspunkt zum Polarstern gezogen denkt) und der Richtung der Linsenbewegung. Auch die Richtung dieser Kraft ist bekannt: sie steht senkrecht auf jener Linie zum Polarstern und auf der Pendelbahn.

Faßt man alle in Betracht kommenden Umstände zusammen, so zeigt sich, daß die Pendellinse aus ihrer Bahn durch eine seitliche Kraft C (Abb. 4) herausgelenkt wird, die auf der nördlichen Erdhälfte immer nach rechts wirkt, wenn man an der Bahn in der Bewegungsrichtung des Pendels entlang sieht, und die unabhängig davon ist, ob das Pendel von Ost nach West oder sonstwie schwingt. Ihre Größe ist: $C = 2 \cdot \frac{G}{g} \cdot v \cdot \frac{2\pi}{86\,164} \cdot \sin \varphi$ Gramm, worin G das Gewicht der Linse in Gramm ist, $g = 9810$ und v die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Linse in Millimetern je Sekunde; φ aber ist der Breitengrad des Ortes. Besonders bemerkenswert ist, daß C in keiner Weise von der Richtung der Bewegung abhängt, so daß es gleichgültig ist, ob sie von Nord nach Süd oder sonstwie vor sich geht. In der Mitte der Bahn ist C am größten; es ist aber auch hier ein sehr kleiner Wert, denn er macht z. B. bei einem Sekundenpendel von 5 kg Linsengewicht und 4^0 seitlicher Auslenkung auf dem 50. Breitengrade nur 12,5 Milligramm aus. Diese Kraft genügt aber, um die Linse, die in A ihre Laufbahn begonnen hat, bis zum Rückkehrpunkte B (Abb. 4) um die Strecke $y = \frac{T \cdot \sin \varphi}{137} \cdot l$ Millimeter von der Stelle abzulenken, wo sie eigentlich hinkommen sollte. Darin ist l der halbe Ausschlag in Zentimetern und T die Schwingungsdauer. Durch ständige Wiederholung dieser Ablenkung wandert das Pendel langsam im Kreise herum, und zwar um etwas weniger als $360 \cdot \sin \varphi$ Bogengrade je Tag, bei uns also rund um 276 Grade. Und das ist eben die Foucault-Ablenkung. Uebrigens muß die Pendelfeder der Präzisions-

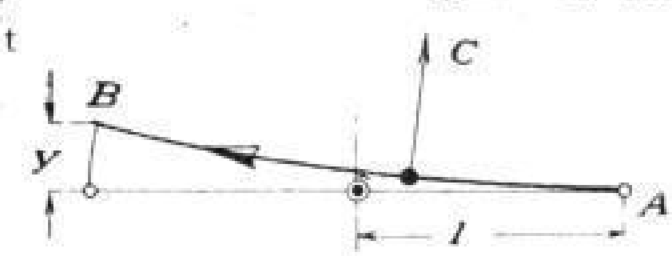

Abb. 4