Zu einer Uhr im modernen Sinne gehört unbedingt ein schwingender Regulator, d. h. ein Pendel oder eine Unruh; eine diesen gleichwertige mechanische Feinmeßvorrichtung für Zeitintervalle hat man nämlich bisher noch nicht gefunden, und die Blütezeit der genauen Zeitmessung datiert erst von dem Augenblicke an, wo Galilei auf die Idee der Anwendung des Pendels kam, der Sage nach veranlaßt durch Beobachtung der Schwingungen eines Kronleuchters in der Kathedrale zu Pisa, die ihn mehr fesselten als die feierliche kirchliche Handlung, was bei Galileis Charakter auch durchaus glaubhaft klingt.

Eine der Hauptaufgaben des schwingenden Reglers besteht darin, die ihm zuströmende überschüssige und außerdem veränderliche Energie des antreibenden Werkes aufzunehmen und irgendwie — etwa durch den Schlag des Zahnes gegen die Ruhefläche — in Wärme zu verwandeln. Empfängt der Regler auch selber etwas von diesem Überschuß, so wächst seine Schwungweite im allgemeinen um ein Geringes (beim Rieflergang ist es umgekehrt!), was aber unschädlich ist, sofern er genügend isochronisch ist. Fürchtet man jedoch, z. B. bei einer Turmuhr, daß aus solcher Inkonstanz des Antriebes Mißhelligkeiten entstehen könnten, so schaltet man eben ein Nachspannwerk vor den Gang, oder man baut es mit dem Gang zusammen zu einer Hemmung mit konstanter Kraft.

Wie steht es aber nun mit unserem sphärischen Pendel? Seine Fähigkeit, überschüssige Energie aufzunehmen und in Wärme zu verwandeln, beruht fast ausschließlich auf der Existenz des Luftwiderstandes und nur zu einem ganz geringen Teil auf der sogenannten elastischen Nachwirkung der Aufhängefeder, falls eine solche (und nicht etwa ein Kreuzgelenk) zur Befestigung verwandt ist. Von einer Schwingung ist beim sphärischen Pendel keine Rede, was gar nicht genug betont werden kann; denn das Charakteristische der Schwingung ist die fortwährende Umkehr der Bewegungsrichtung. Somit kommt dem sphärischen Pendel auch keineswegs irgendeine physikalisch feststehende „Schwingungsdauer" zu, wie dem gewöhnlichen ebenen Pendel. Da ist es denn gar nicht weiter verwunderlich, daß das rotierende „Pendel" den Gang der Uhr im höchsten Grade abhängig macht von der Stärke der Antriebskraft einerseits und von der wechselnden Größe des Luftwiderstandes andererseits. Freilich, so schlecht wie ein gewöhnlicher Windfang mit festen Flügeln wirkt der Apparat nicht, weil sich die Kugel bei wachsender Drehzahl weiter von der Mitte entfernt und dann einen größeren Widerstand an der Luft findet. (Vergl. meinen Aufsatz über den Foucault-Regulator in Nr. 49 der Deutschen Uhrmacher-Zeitung, Jahrgang 1921.) Besonders verkehrt wäre es, eine solche „Uhr" als Jahresuhr mit Federzug ohne Schnecke oder Lotz-Mechanismus (vergl. Deutsche Uhrmacher-Zeitung, Jahrgang 1923, Seite 109) auszuführen; sie wird sicher in der letzten Zeit vor dem neuen Aufzuge erheblich gegen die erste Epoche verlieren.

Stellt man sich in erster Näherung vor, daß der Luftwiderstand, den die Kugellinse erfährt, der Geschwindigkeit proportional sei, so lassen sich die Verhältnisse leicht rechnerisch behandeln. Bedeutet nämlich α den Winkel, den die Pendelstange im Betriebe mit der Lotrechten bildet, l die Stangenlänge bis zur Linsenmitte, in Metern gemessen, und n die Umdrehungszahl pro Sekunde, so besteht die mathematisch genaue Beziehung:

$$\cos \alpha = \frac{1}{4 \cdot n^2 \cdot l}, \qquad (1)$$

aus der man den Winkel α bestimmen kann, der zu einer gegebenen sekundlichen Drehzahl n gehört. Der Kundige, der weiß, daß $\cos \alpha$ nie größer als 1 sein kann, erkennt aus dieser Gleichung, daß ein Ausschlag des Pendels überhaupt nur dann zustande kommen kann, wenn die sekundliche Drehzahl größer als $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{l}}$ ist; z. B. beginnt bei $l = 20$ cm $= \frac{1}{5}$ m der Ausschlag erst bei einer Drehzahl von mindestens 1,11 Umläufen pro Sekunde.

Zu dieser Gleichung (1), die die Größe des Ausschlages zu berechnen gestattet, gesellt sich eine zweite, die den Einfluß des vom Werk ausgeübten Drehmomentes M, in mkg gemessen, kennzeichnet. Ist k eine vom Barometerstande und von der Größe der Linse abhängige Zahl, die mit beiden wächst, so gilt:

$$M = k \cdot \left(6{,}28 \cdot n \cdot l^2 - \frac{0{,}39}{n^3}\right). \qquad (2)$$

Hieraus kann man, wenn man die notwendige Rechenarbeit nicht scheut, den Einfluß der Drehkraft M auf den Lauf des Werkes feststellen. Der Kundige erkennt zugleich, daß es überhaupt keine Drehgeschwindigkeit n gibt, bei der der Einfluß dieser Drehkraft auch nur näherungsweise verschwände oder, in der Sprache der Präzisionsuhren-Technik ausgedrückt: hier gibt es keinen oskulierenden Isochronismus, wie beim gewöhnlichen Pendel mit Federaufhängung. Dies niederschmetternde Resultat dürfte genügen.

Bemerkt sei noch eins: Bei allen obigen Ausführungen ist vorausgesetzt, daß sich das sphärische Pendel in einem Kreise bewegt und nicht etwa an der Führungsstange mit seiner Spitze hin- und herreibt. Tut es dies, so beschreibt es eine Art Ellipse, die aber ihre Lage fortwährend ändert, ähnlich wie es die elliptische Erdbahn unter dem störenden Einfluß des großen Planeten Jupiter tut. Die dann auftretenden, sehr verwickelten Bewegungserscheinungen wollen wir hier nicht weiter verfolgen, sondern nur feststellen, daß der Ausschlagwinkel α dann um seine Mittellage mit einer Schwingungsdauer pendelt, die größer ist als ein Viertel der ganzen Umlaufszeit. — Diese Erscheinung nennt der Astronom bei der Erde die Variation der Länge des Perihels. Sie besteht darin, daß sich die große Achse der Erdbahnellipse pro Jahr zurzeit um 11,7 Bogensekunden im Sinne der Erdbewegung selber weiterdreht. Daher dauert die Rückkehr der Erde bis zum Punkte der größten Sonnennähe („anomalistisches" Jahr genannt) etwas länger als der eigentliche Umlauf, nämlich 365,25967 mittlere Sonnentage. Bei der Berechnung der Zeitgleichung ist hierauf Rücksicht zu nehmen. Auch der Mond zeigt eine analoge Erscheinung; aber bei ihm dreht sich die um die Erde geschlungene Bahnellipse bereits in 8,8 Jahren einmal herum. Hier sind die schwierigsten Probleme der theoretischen Astronomie zu finden. Ihr größter Meister war Peter Andreas Hansen (1795 bis 1874), der einstige Uhrmachergehilfe und mathematische Autodidakt.

Karl Wilhelm Naundorff

Von Wilhelm Rondke, Crossen a. d. O.

Über keinen unserer Fachgenossen ist wohl mehr geschrieben, gedruckt und gestritten worden, als über den Uhrmacher Wilhelm Naundorff. Durch seine Behauptung, daß er der Sohn des hingerichteten Königs Ludwigs XVI. von Frankreich sei, hatte er es in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts meisterlich verstanden, die Gemüter in Europa zu erregen und durch seine abenteuerlichen Märchen in Bewegung zu halten.