

wir als weitere geradlinige Bewegung die Hin- oder Herbewegung oder Hubbewegung.

Die Führung in krummer Bahn wird an Kurvenerzeugungen, am Kreuzzirkel, Ellipsenzirkel u. s. w. gezeigt, und schliesslich die Parallelführungen (Mechanismen, die einen Körper so führen, dass alle seine Lagen einander parallel sind) am Parallellineal, am Diagonallineal, an der Räderparallelführung, der Hebelparallelführung und der Schraubenparallelführung

Bei der Uebertragung der Bewegung gelangen wir wieder zu der oben verlassenen Kollektion von Kurbelgetrieben, bezw. zu den Modellen, die die Umdrehungsübertragung durch die Kurbel veranschaulichen. Die hauptsächlichsten Modelle der Schubkurkel, die, wie bekannt, z. B. an der Drehbank die hin- und hergehende (auf- und abgehende) Bewegung der Bleuelstange in eine Radbewegung überträgt, haben wir bereits kurz erwähnt. Nun kommen wir zu den Modellen, die die Umdrehungsübertragung durch Räder zur Anschauung bringen. Zunächst wird an Friktionsräderpaaren, bezw. Körpern die gleichförmige Uebertragung der rotierenden Bewegung vorgeführt: Kegelrad (mit im stumpfen Winkel zusammenstossenden Achsen) auf Scheibenrad, Kegelrad auf Kegelrad und Paraboloid auf Paraboloid. Den Reigen der Zahnradpaare eröffnet das Modell der Zahnäder mit geraden Zähnen und parallelen Achsen (Stirnäder), hieran schliesst sich an das Modell der Zahnäder mit geraden Zähnen und rechtwinkligen Achsen, wobei die Zähne wegen der Unterbringbarkeit im Winkel noch innen abgefast sind, d. h. die Räder haben Kegelform, daher der Name Kegelräder, konische oder Winkelräder; dass die Kegelräder auch in beliebigen Winkeln ineinandergreifen können, wird an einem sehr instruktiven Demonstrationsmodell mit ablesbaren Gradskalen gezeigt. Das nächste Modell besteht aus zwei parallelachsigen Zahnädern mit verschrägten Zähnen, Schnecken- oder Schraubenäder genannt. Die gleichen Zähne mussten sich an dem Modell ergeben, dessen Radachsen kreuzweise zueinander stehen (Hyperbelräder). Verschrägte Zähne hat auch das Rad an der unendlichen Schraube, die auch mit Geschwindigkeitsmesser, bezw. Tourenzähler ausgestattet im Modell vorhanden ist. Schliesslich ist noch ein zusammengesetztes Räderwerk zu sehen, bei dem das kleinere angetriebene Rad ein drittes, grösseres, auf derselben Welle steckendes Rad packt und mit vergrösserter Geschwindigkeit ein kleineres, viertes Rad in Drehung versetzt. Das letztere steckt auf derselben Achse wie das Antriebsrad.

Gegenüber diesen Objekten ist auf der anderen Seite der Kojen die Verzahnung an sehr schönen und lehrreichen Modellen veranschaulicht. Zunächst die Punktverzahnung, bei der das Zahnprofil auf einen Punkt, einer scharfen Ecke, zusammengeschumpft ist, und bei der bekanntlich die Teilkreise gleichzeitig Rollkreise sind. Nebenan steht das Modell der Evolventenverzahnung (einfach gekrümmte Zahnflanken), und weiter das der Cykloidenverzahnung (doppelt gekrümmte Zahnflanken). Natürlich fehlen auch nicht Muster der Triebstockverzahnung und der verschiedenen Arten des Zahnstangentriebs. Besonders erwähnenswert ist ferner ein Modell von Sperrädern mit Kurbelantrieb, die an einem Vollrad und einem Hohlrad die zweifache Funktion des Sperrkegels erkennen lassen. Ein Modell, das die Kegelstumpfbewegung auf einen Zylinder überträgt, leitet zu den verschiedenen Arten von Transmissionen über, solchen mit gleicher Bewegung und gekehrter; sie geben ein anschauliches Bild dieser wichtigen Zwischenmaschinen und ihrer vielseitigen Verwendbarkeit.

Die lange Reihe der kinematischen Ketten wird sodann würdig beschlossen durch die Vorführung der Uebertragung einer geradlinigen Hin- und Herbewegung (Hubbewegung) in eine rotierende, mit welchem Mechanismus bekanntlich das Problem des mit Handgriffen zu treibenden Fahrrades praktisch gelöst ist. Dieses Modell findet beim Publikum dieselbe Bewunderung, wie der Kurbelantrieb einer Triebstockverzahnung, bei der das Triebstockrad nach jeder Umdrehung die Richtung wechselt, ohne dass die Drehrichtung der Kurbel geändert zu werden braucht.

Wir begeben uns nunmehr in den Saal: **Mathematik und Mechanik.** Hier werden an zahlreichen Modellen zunächst die einfachen Maschinen und ihre einfachsten Verbindungen, mit

anderen Worten die Elemente des Maschinenbaues (die ja auch für den Uhrenbau die gleichen sind) praktisch vorgeführt. Zur Orientierung des Publikums sind ausserdem grosse und leichtfasslich gehaltene Erklärungstafeln aufgestellt, die neben den physikalischen Lehrsätzen Hinweise auf deren geschichtliche Entwicklung und Anwendung in der Praxis enthalten. Auf ihren Inhalt werden wir gelegentlich auszugsweise zurückkommen.

In der Aufstellung bereits wurde die natürliche Scheidung in zwei Gruppen betont, hier die auf den Gesetzen des Hebels beruhenden Maschinen, hier die Maschinen, die auf die Gesetze der schiefen Ebene zurückzuführen sind. Beginnen wir mit den erstgenannten. Da wird vor allem an einem von E. Leypolds Nachf., Köln a. Rh., verfertigten einfachen Modell das Hebelprinzip demonstriert. Die zugehörige Tafel erinnert daran, dass das Urwesen, das Grundsätzliche des Hebels bereits dem Archimedes von Syrakus (287 bis 212 v. Chr.), dem wir ja eine ziemliche Anzahl von geometrischen und mechanischen Lehrsätzen verdanken, bekannt war. Er ist auch der Begründer der Lehre vom Gleichgewicht der festen und flüssigen Körper. Andere seiner Lehrsätze handeln vom Flaschenzug, der Schraube ohne Ende und dem Archimedischen Prinzip (Ermittlung des Inhalts eines Körpers aus der Wasserverdrängung). Die Schrift über das Hebelgesetz benannte er „de aequiponderantibus“. Die praktische Anwendung des Hebels findet sich sodann bei Heron von Alexandrien (Schüler des Ktesibios) um 120 v. Chr., der bereits einige auf dem Luftdruck beruhende Apparate kannte und die Spannkraft des Dampfes als bewegendende Kraft verwendet haben soll. Heron, der berühmte Mathematiker und Mechaniker — wir werden ihm noch öfters begegnen — verfasste zwei Bücher „Ueber die Verfertigung der Automaten“, dann eine „Anweisung über die Kunst, mit dem Diopter zu operieren“, und ein „Lehrbuch der Messkunst“ u. a. (Heronbrunnen!).

Unsere Sammlung zeigt die Anwendung des Hebelgesetzes zuerst am Rad an der Welle (Wellenrad, erste mechanische Potenz), erfunden von dem griechischen Mathematiker Pappus 390 n. Chr., das bekanntlich an einer Walze befestigt ist, sich mit ihr um dieselbe Achse dreht, und sonach nichts anderes ist als ein Hebel mit zwei ungleichen Armen. Das Modell, mit entsprechenden Gewichten für Kraft und Last behangen, führt in überzeugender Weise das Verhältnis zwischen Kraft und Last im Zusammenhang mit dem Verhältnis zwischen den Halbmessern der Welle und des Rades und zwischen Last-, bezw. Kraftweg vor. Die mit einem Handgriff versehene Speiche des Rades (Halbmesser des Rades) ergibt die Kurbel. Auf dem Prinzip des Wellenrades beruht auch der Radhaspel, dessen Modell die Math.-phys. Sammlung des bayrischen Staates beige-steuert hat. An einigen weiteren Modellen und Tafeln wird die Wirkung der zweiten mechanischen Potenz, des Lastenhebels, demonstriert. Hier lernen wir am Hebel mit einem Arm und dem Hebel mit zwei gleichen oder zwei ungleichen Armen den mechanischen Vorteil der veränderten Kraftrichtung, der grösseren Geschwindigkeit (wenn der Kraftarm kürzer als der Lastarm) und des Kraftgewinnes, und den mechanischen Nachteil des Zeitverlustes kennen. Zu diesem Kapitel werden verschiedene, sehr interessante Modelle gezeigt, die eine Fortsetzung der Hebelgesetze geben. So der potenzielle Hebel des Leonardo da Vinci (1452 bis 1519), Modell der Firma Wilh. Sedlbauer in München. Dieser potenzielle Hebel illustriert den Lehrsatz: „Das Produkt aus Kraft und senkrechtem Abstand der Kraftrichtung vom Drehpunkt nennt man das statische Moment. Am Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn die statischen Momente von Kraft und Last einander gleich sind.“

Ferner ist Demonstrierung des Hebelprinzips nach Galilei (1564 bis 1642) ein eigenes Modell angefertigt worden. An diesem zeigt sich, dass ein Wagbalken (einer gleicharmigen Wage), an dessen Enden eine prismaförmige Last hängt, dann noch im Gleichgewicht bleibt, wenn die Last in zwei ungleich grosse Teile zerschnitten wird, sofern nur von den Schnittpunkten zum Wagbalken je eine senkrechte Verbindung hergestellt wird. Der aufgehängte Wagbalken bleibt aber auch dann noch im Gleichgewicht, wenn nur von den Mittelpunkten der Teilprismen aus eine senkrechte Verbindung zum Wagbalken betätigt wird. Das