

nächste Modell hat ebenfalls Wilh. Sedlbauer in München verfertigt; es ist der Hebelapparat nach Christian Huygens (geb. 1629, gest. 1695 in Leiden), dem wir ausser astronomischen Forschungen bekanntlich wesentliche Fortschritte auf dem Gebiete der Mechanik verdanken. Ich erinnere, abgesehen von der Pendellehre, an seine Erklärung der Schwungkraft, der Gestalt der Erde, der Lehre vom Stoss u. s. w.

Hier einschlägig ist ferner das Hebelgestell zur Roberval'schen Wage. Legt man den Drehpunkt eines gleicharmigen Hebels in den Mittelpunkt einer Rolle, und seine Angriffspunkte in die Punkte, in denen die Seilteile von der Rolle abgehen, so haben wir die Wirkung der festen Rolle. Diese macht nur eine drehende Bewegung, an dem einen Ende des Seils wirkt die Last, an dem anderen die Kraft; macht aber die Rolle noch eine fortschreitende Bewegung dazu, so nennt man sie lose Rolle, d. h. die Last wirkt an der Schere der Rolle, das eine Ende des Seiles ist mit einem festen Punkt verbunden, und am anderen greift die Kraft an. Beide Systeme bilden bekanntlich das Fundament des Uhrgewichtszuges. Zur Vergrößerung des mechanischen Vorteils der Rolle wendet man Rollenverbindungen oder Flaschenzüge an, die sogen. dritte Potenz. Sie wird praktisch vorgeführt an einem Modell des Flaschenzuges, bei dem Gleichgewicht herrscht, nachdem bei acht Rollen die Last achtmal so gross ist als die Kraft. Dafür steht aber auch der Weg der emporzubehenden Last in umgekehrtem Verhältnis zum Weg der Kraft. Hieraus ist zuerst die goldene Regel der Mechanik abgeleitet worden, das sogen. Prinzip der Arbeit: Der mechanische Nachteil ist ebenso gross, wie der mechanische Vorteil oder, was man durch eine Maschine (es brauchen nicht gerade Rollen zu sein) an Kraft gewinnt, das verliert man am Wege. Und zwar Stevin (gest. 1620 in Leiden), der u. a. auch das archimedische Prinzip ergänzte, war es, der die goldene Regel zuerst an Rollensystemen — das Museum zeigt ein sehr instruktives Modell von solchen — 1587 abgeleitet hat. Auf Grund dieser Erfahrung entdeckte er auch das Gesetz der schiefen Ebene. Die Erkenntnis des Gesetzes legte er 1605 in seiner Schrift „Hypomnemata mathematica. Ein Wunder und doch kein Wunder“, nieder. Aber auch Heron von Alexandrien hat die schiefe Ebene und ihren mechanischen Vorteil schon gekannt. Das zum Stevinschen Gesetz gehörige Demonstrationsobjekt des Museums besteht aus zwei an ihren höchsten Punkten einander zugekehrten, in der Höhe verstellbaren schiefen Ebenen, je mit einem Schienenpaar belegt, auf dem ein vierrädriger Wagen als Last und ein ebensolcher auf der zweiten schiefen Ebene als Kraft fungiert. Da hier die Kraft parallel zur schiefen Ebene wirkt und bei der einfachen schiefen Ebene Gleichgewicht zwischen Last und Kraft entsteht, wenn die Höhe der Ebene sich zu ihrer Länge verhält wie die Kraft zur Last, so schloss Stevin umgekehrt, dass, wenn auch die Kraft auf eine, und zwar kürzere schiefe Ebene gelegt würde, selbst bei gleich grosser Kraft und Last eine Bewegung entstehen muss, die, zu einer Kette ausgebildet, das Perpetuum mobile liefern könnte. Ein Trugschluss, den Stevin rasch erkannte.

Ein anderes Modell, der Universität München gehörig, stellt eine schiefe Ebene mit Schnecke und Rad dar. Die beiden anderen, nach Art der schiefen Ebene wirkenden einfachen Maschinen sind der Keil und die Schraube. Die Entstehung des Keiles (vierte Potenz genannt) kann man sich etwa so denken, dass zwei schiefe Ebenen mit ihrer Basis verbunden und zu einem zusammenhängenden Körper zusammengesetzt werden. Er ist eine bewegliche schiefe Ebene. Um die Wirkung des Keils zu zeigen, hat der berühmte Mathematiker S'Gravensande (1688 bis 1742 zu Leiden) einen Apparat konstruiert, bei dem sich ein verstellbarer Keil zwischen zwei beschwerten Walzen (die als Seitendruck wirkende Last) je nach der Keilbreite und der auf den Keil verwendeten Kraft einzwängt. Ist das Verhältnis von Kraft zur Last das gleiche wie zwischen Rücken und Seite des Keils, so tritt am Keil Gleichgewicht ein. Schliesslich lässt sich bekanntlich auch die Schraube (fünfte Potenz) in ihrer Wirkung auf die schiefe Ebene zurückführen, da der Schraubengang nichts anderes ist als die Hypotenuse eines als schiefe Ebene um einen Zylinder gewundenen rechtwinkligen Dreiecks. Das hier einschlägige Modell ist als Lastenheber gedacht. Lassen

wir die Windungen einer Schraubenspindel in die Zähne eines Wellrades eingreifen, so entsteht die Schraube ohne Ende. Eine solche „Schraube ohne Ende mit Stirnrad und Welle“ hat die Akademie der Wissenschaften dem Museum gestiftet, das ausserdem noch eine Schraubenmaschine von J. A. Wiesenpaitner, Eichstätt (Besitzerin: die Münchener Universität) und eine solche von André Zetl, München 1801, besitzt. — An allen diesen Maschinen möchte zunächst gezeigt werden, dass mit ihnen eine selbsttätige Kraft nicht erzeugt werden kann, dass sie vielmehr sämtlich nur den Zweck haben, eine günstigere Wirkung einer Kraft zu erzielen. Mit Hilfe des gleicharmigen Hebels und der festen Rolle kann die Kraftwirkung, mit Hilfe der übrigen Maschinen an Kraft oder an Geschwindigkeit gewonnen werden. Was die Modelle anbetrifft, so fallen die älteren Originale durch die schöne, teilweise sogar künstlerische Ausführung angenehm in die Augen. Selbst bei rein technischen Apparaten war es unseren Vorfahren unmöglich, sich dem Nützlichkeitsprinzip bedingungslos zu unterwerfen.

Die nächste Kojie enthält die „Darstellung des Prinzips vom Kräfteparallelogramm und seiner Anwendung“. Das Prinzip der Zusammensetzung der Kräfte wurde von Stevin 1587, von Galilei 1609, und von Newton 1687 erkannt, und zwar von Stevin bei Untersuchung der Spannungsverhältnisse im Seilpolygon, von Galilei bei der Darstellung der Wurfbewegung, aber erst von Newton als besonderer Satz ausgesprochen in seinen „Prinzipien der Naturphilosophie“. Der Satz: „Wenn zwei Kräfte unter einem Winkel gleichzeitig auf einen Punkt wirken, so wird die Richtung und Stärke ihrer Mittelkraft durch die Diagonale eines Parallelogramms (Kräfteparallelogramm) dargestellt, dessen Seiten die Richtung und Stärke der Seitenkräfte ausdrücken.“ Dieser Satz wird durch den bekannten Apparat mit den zwei Gewichtszugkräften und der das Gleichgewicht herstellenden Mittelkraft illustriert, ferner durch eine ältere Zugdiagonalmaschine und einen sehr schönen Apparat der Firma Wilh. Sedlbauer in München: zwei als Stoss wirkende Seitenkräfte bewegen eine aufgehängte Billardkugel in der Richtung der Diagonale. Das nächste Modell lässt Kräfte mit verschiedenen Angriffspunkten wirken. Hier zeigt sich, dass die Zusammensetzung parallel gleichgerichteter Kräfte, die an zwei Punkten eines starren Körpers angreifen, sich ersetzen lassen durch eine einzige Kraft, welche gleich der Summe der erstgenannten Kräfte ist. Der Apparat zur Demonstration der Standfestigkeit besteht aus einem am Boden in einem Scharnier liegenden Turm, dessen Gewicht durch anhängbare Metallgewichte vergrößert werden kann. Die Gesetze des Schwerpunktes und des Gleichgewichtes starrer Körper werden an chinesischen Purzelmännchen, am schiefen Turm, dessen Schwerpunkt unterstützt ist, an der schiefen Pyramide und am sogen. Stehauf entwickelt und bewiesen. Nach diesen Modellen ist wohl mit Absicht der Tribometer (Reibungsmesser) eingeschaltet, um vor Entwicklung der Bewegungsgesetze an die Hindernisse der Bewegung zu erinnern.

Wir reden von Bewegung eines Körpers, sobald wir eine Veränderung seiner Lage wahrnehmen. Die Grösse der Bewegung messen wir durch die Geschwindigkeit, d. h. durch den Weg, den der Körper in einer Sekunde zurücklegt. Der Körper kann in gleichförmiger Bewegung bleiben oder einen Zuwachs an Geschwindigkeit (Beschleunigung) erhalten, die, wenn sie gleichmässig bleibt, genau so zunimmt wie die Zeit der Bewegung. Ueber die Bewegung des freien Falles (Einwirkung der Schwerkraft) hat schon Galilei eingehende Versuche angestellt. Deshalb hat das Deutsche Museum die von Galilei benutzten Apparate nachbilden lassen und seinen Untersuchungen eine eigene Abteilung gewidmet, zu der die Fallrinne Galileis in ein Drittel natürlicher Grösse, dann sein Pendel (auf den wir später noch genau zurückkommen werden), verschiedene Tafeln, die Galileischen Sätze über den Fall enthaltend, ein Ballistikon (Wurfmaschine) zur Demonstration der Wurfbewegung, ein Apparat zur Demonstration der Wurfparabel nach S'Gravensande 1742 und schliesslich einige Modelle der Atwoodschen Fallmaschine zählen. Das einfachste Modell derselben besteht aus einem flachen Kasten, in dessen Boden ein Stab mit zwei im Winkel zueinander gerichteten Fallrinnen steckt. Im Gegensatz hierzu ist die von