

GRAVITATION

Aus historischer Sicht ist war die Untersuchung der Bewegung von Planeten und Sternen für die Entwicklung der Physik von grosser Bedeutung. Das Fehlen von Störeinflüssen wie Luftwiderstand und Reibung ermöglichte es, die neu gefundenen Gesetze in einem beinahe perfekten „Laboratorium“ zu überprüfen.

Im Folgenden wird eine Übersicht über die wichtigsten Resultate gegeben.

Kinematik

Johannes Kepler (1571 – 1630) gelang es, die beobachteten Planetenbahnen mit Hilfe von drei einfachen geometrischen Gesetzen zu beschreiben.

1. KEPLER'SCHES GESETZ

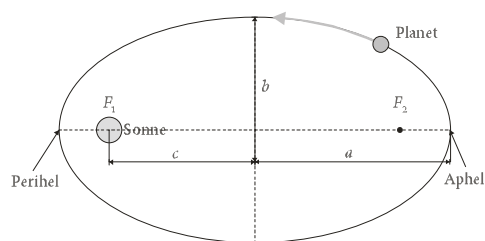
Die Planeten bewegen sich auf Ellipsen, in deren gemeinsamem Brennpunkt die Sonne steht.

2. KEPLER'SCHES GESETZ (Flächensatz)

Die Verbindungsstrecke Sonne – Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleich grosse Flächen.

3. KEPLER'SCHES GESETZ

Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben ihrer grossen Bahnhalbachsen.



a grosse Bahnhalbachse
 b kleine Bahnhalbachse
 c lineare Exzentrizität

ABBILDUNG 1: Planetenbahn

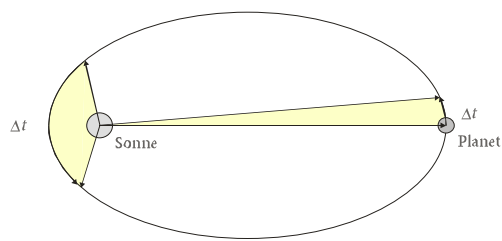


ABBILDUNG 2: Flächensatz

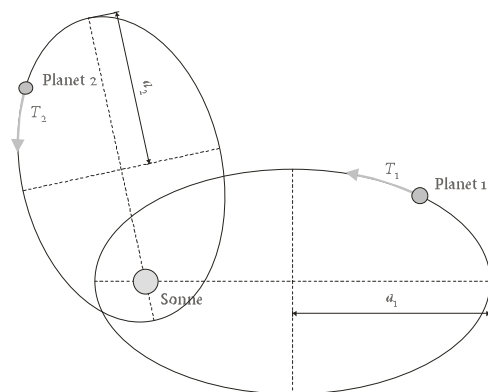


ABBILDUNG 3: Bahnen von zwei verschiedenen Planeten

Dynamik

Ausgehend von den Kepler'schen Bewegungsgesetzen und seinen eigenen dynamischen Axiomen leitete Isaac Newton (1643 - 1727) das Gravitationsgesetz her, welches die Kraft zwischen Himmelskörpern beschreibt. Eine wichtige Erkenntnis gelang ihm mit der Feststellung, dass das gleiche Kraftgesetz auch für die Erdanziehung verantwortlich ist.

GRAVITATIONSGESETZ

Die Anziehungskraft zwischen zwei Massen m_1 und m_2 (punkt- oder kugelförmig) ist proportional zu ihren Massen und umgekehrt proportional zum Quadrat ihres Abstands r :

$$F_G = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Der Wert der *Gravitationskonstanten* G wurde erstmals durch Henry Cavendish (1731 - 1810) mit Hilfe einer Torsionswaage gemessen. Sie gehört bis heute zu den Naturkonstanten, die man nur mit relativ geringer Genauigkeit kennt.

Energetik

Aus dem Gravitationsgesetz kann die Gravitationsarbeit abgeleitet werden.

GRAVITATIONSARBEIT

Die Arbeit zum Verschieben einer Masse m im Gravitationsfeld einer Masse M vom Abstand r_A zum Abstand r_B ist proportional zu den beiden Massen und zur Differenz der Kehrwerte der Abstände:

$$W_{A \rightarrow B} = G \cdot M \cdot m \cdot \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

Wie bei der Lageenergie kann auch bei der Gravitationsenergie der Nullpunkt beliebig gewählt werden. Eine geeignete Wahl ist ein unendlich weit entfernter Punkt, wodurch die Gravitationsenergie immer negativ ist.

GRAVITATIONSENERGIE

Die Energie einer Masse m im Gravitationsfeld M im Abstand r (Nullpunkt im Unendlichen) ist proportional zu den beiden Massen und umgekehrt proportional zum Abstand:

$$E_G = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r} \quad (E_G = 0 \text{ für } r \rightarrow \infty)$$