

Es ist ganz typisch für die Naturwissenschaft, dass Phänomene zuerst beschrieben und später erklärt werden. Erst ca. 1600 gelang Galilei die korrekte Beschreibung von Wurfbewegungen, bis zu deren Erklärung dauerte es weitere 70 Jahre.

### 2.3 Gravitationsgesetz Entwicklung der Mechanik

#### **Kinematik:**

..... von Bewegungsbahnen

auf der Erde: ..... (Galilei)

am Himmel: ..... (Kepler) L  
SEP

#### **Dynamik:**

..... von Bewegungsbahnen

auf der Erde: ..... (Newton)

am Himmel: ..... (Newton) L  
SEP

#### Newton und der Apfel



Dass Newton die zündende Idee hatte, als ihm ein Apfel auf den Kopf fiel, gehört wohl ins Reich der Legende. Die Anekdote zeigt aber genau den Knackpunkt dieser Entwicklung: **Newton wendet seine Gesetze für irdische Bewegungen auf die Himmelsmechanik an.**

#### Newton's Gravitationsgesetz



## Anwendung: Erdanziehung auf eine Person auf der Oberfläche

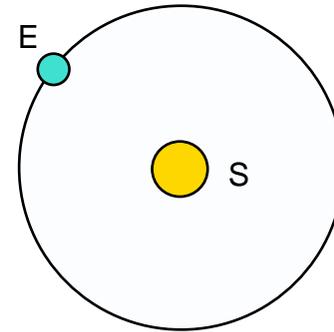
Zunächst probieren wir die Formel gleich mal in einem naheliegenden Beispiel aus:

**Bestimme die Gravitationskraft auf eine Person ( $m = 50 \text{ kg}$ ) auf der Erdoberfläche und vergleiche.**

## Bestimmung der Sonnenmasse

In ihrer Grundform werden wir diese Formel nur selten benutzen, da die Massen der Himmelskörper zunächst mal nicht bekannt sind. Im Umkehrschluss ermöglicht uns die Formel aber gerade diese unbekannt Massen zu bestimmen.

**Bestimme die Masse unserer Sonne aus dem Erdumlauf.**



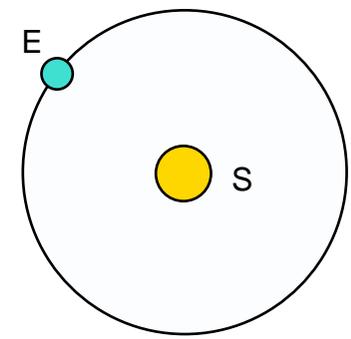
Um die Masse eines Himmelskörpers zu bestimmen, benötigen wir einen  
..... Körper, der den ..... umkreist. Aus der Gleichheit  
von ..... und ..... ergibt sich die  
**Masse des Zentralgestirns**, die Masse des zweiten Körpers fliegt bei der Rechnung raus.

*Beachte: Dieses Konzept gilt in der vereinfachenden Betrachtung, dass das Zentralgestirn quasi ruht, während der zweite Körper umläuft. Sofern der zweite Körper viel leichter ist, geht das näherungsweise in Ordnung.*

Nachdem Kepler mit seinen Gesetzen "nur" die Bewegung der Planeten beschrieben hatte, gelang es Newton, das dritte Kepler-Gesetz physikalisch zu begründen.

**Ermittle aus der Kräftebetrachtung des vorherigen Beispiels eine andere Darstellung des Terms  $T^2/r^3$  aus dem dritten Kepler-Gesetz.**

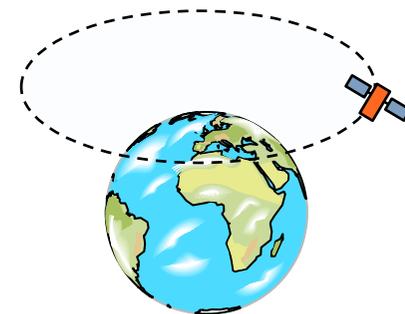
## Newton und Kepler: Das allgemeine Kepler-Gesetz



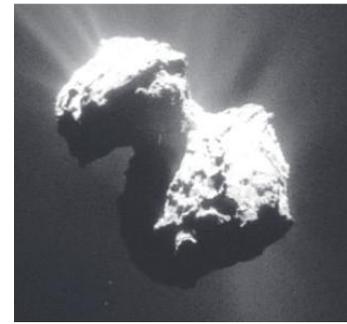
Beachte: Der Quotient ist jeweils nur für ein Zentralgestirn konstant.  
Für ein anderes Zentralgestirn ergibt sich ein anderer Wert.

### Anwendung: Flughöhe von Kommunikationssatelliten

An Nachrichten- und Kommunikationssatelliten stellt man meist die Forderung, dass sie sich immer über demselben Bereich der Erdoberfläche befinden, um permanent für die Nutzer zur Verfügung zu stehen (z.B. Satellitenfernsehen).  
Berechne die Flughöhe auf dieser "geostationären Bahn".



## Übungsaufgabe: Zusammenhalt eines Kometen



Im Abitur 2016 tauchte eine knifflige Kräftebetrachtung zum Kometen Tschurjumow-Gerasimenko auf, die wir an dieser Stelle lösen können:

**"Die Gestalt des Kometen TG kann durch zwei Kugeln vom Radius 1,4 km modelliert werden, die über ein Zwischenstück mit vernachlässigbaren Ausmaßen verbunden sind. Senkrecht auf dem Zwischenstück steht die Rotationsachse um die sich der Komet einmal in 12,4 h dreht. Es wird angenommen, dass sich die Masse  $1,0 \cdot 10^{13}$  kg gleich auf beide Kugeln verteilt. Durch Ausgasen des Kometen in Sonnennähe besteht die Möglichkeit, dass das Zwischenstück bricht. Untersuchen Sie auf Grundlage des obigen Modells, ob die beiden Kometenhälften dann auseinanderdriften würden."**

### **Selbst-Check:**

- **Newton und der Apfel**
- **Bestimmung der Sonnenmasse**
- **allgemeines Keplergesetz**
- **geostationäre Bahn**

### **Aufgabe:**

*Auf Leifiphysik findet man hierzu zwei Tests sowie einige Aufgaben unter Teilgebiet Mechanik - Gravitationsgesetz und -feld - Gravitationsgesetz von Newton – Aufgaben. Die leichten (grünen) reichen völlig aus.*