Potentielle Energie auf der Erde und im Kosmos (Bild/Folie zum Text: feld.doc)

Man sagt, Energie sei gespeicherte Arbeit. Der Speichervorrat der potentiellen Energie eines sich im Gravitationsfeld befindlichen Körpers wird reduziert, wenn sich der Körper in Richtung der Anziehungskraft verschiebt, wobei die Anziehungskraft am Körper (positive) Arbeit verrichtet. Umgekehrt wächst der Speichervorrat, wenn negative Arbeit verrichtet wird, d. h., wenn Verschiebungsrichtung und Kraftrichtung zueinander entgegengesetzt sind. Die Änderung der potentiellen Energie □E_{pot} eines verschobenen Körpers hängt also mit der Arbeit W wie folgt zusammen: □$E_{\text{pot}}=-W$.
Die mechanische Arbeit ist definiert als das Produkt aus Kraft F und Weg s ($W=F\cdot s\cdot\cos$□), wobei der Winkel □ zwischen Verschiebungsrichtung und Kraftrichtung darüber entscheidet, wie viel und unter welchem Vorzeichen Arbeit verrichtet wird. Sind Verschiebungsrichtung und Kraftrichtung gleichgerichtet, so gilt $W=F\cdot s$, sind sie einander entgegengesetzt, so gilt $W=-F\cdot s$.
Die potentielle Energie eines Körpers der Masse m soll nun in Bezug auf ein Nullniveau im Abstand r_0 zu der das Gravitationsfeld erzeugenden Masse M angegeben werden, bei dem sie Null sei. Die bisherige Betrachtung der potentiellen Energie beschränkte sich auf die Vereinfachung, dass sich ein Körper ausgehend von der Erdoberfläche (Höhe Null) in einer Höhe h befindet und dass die Gewichtskraft (=Gravitationskraft in Erdbodennähe) als konstant angenommen wird. Damit ergibt sich eine potentielle Energie in Bezug auf die Erdoberfläche, die immer positiv ist und die sich berechnet aus (Details: $E_{\text{pot}}=-W_{0,1}$, $W_{0,1}=-F\cdot(r_1-r_0)$, $h=r_1-r_0$)

$$\boxed{E_{\text{pot}}=m\cdot g\cdot h.}$$

Würde man ausgehend von der Erdoberfläche in die Tiefe gehen („negative Höhe“: $r_1-r_0=-h$), so erhielte man eine negative potentielle Energie

$$\boxed{E_{\text{pot}}=-m\cdot g\cdot h.}$$

Dazu stelle man sich ein Loch im Erdboden vor. Ein Körper in diesem Loch ist an dieses gebunden. Die negative potentielle Energie stellt die Arbeit dar, die frei wird, wenn der Körper tiefer und tiefer in dieses Loch fällt und dabei seine Bindung an dieses Loch erhöht. (je tiefer das Loch, desto größer die Bindungsenergie).

Zur Beschreibung der potentiellen Energie eines Planeten im Gravitationsfeld der Sonne kann nicht mehr mit einer konstanten Kraft gerechnet werden. Bei der sich mit dem Abstand veränderlichen Gravitationskraft erhält man die Arbeit aus Wegintegral der Kraft (Näherung siehe naeherung.doc). Mit $r_1>r_0$ erhält man dann

$$E_{\text{pot}}=-W_{0,1}=\int_{r_0}^{r_1}F\cdot\mathrm{d}r=\gamma\cdot M\cdot m\cdot\int_{r_0}^{r_1}\frac{\mathrm{d}r}{r^2}=\gamma\cdot M\cdot m\cdot\left(\frac{1}{r_0}-\frac{1}{r_1}\right).$$

Wird die Masse m ausgehend von r_0 unendlich weit von M entfernt ($r_1=\infty$), so erhält man

$$\boxed{E_{\text{pot}}=\gamma\cdot M\cdot m\cdot\left(\frac{1}{r_0}\right).}$$

Zur Beschreibung der Bindungsverhältnisse (z. B. eines Planeten) ist es sinnvoll das Nullniveau (r_0) beim Abstand Unendlich anzusiedeln. Betrachtet man nun eine Verringerung des Abstandes von r_0 nach r_1 ($r_1<r_0$, man denke dabei an den zuvor genannten analogen Fall der „negativen Höhe“), so erhält man entsprechend eine negative (abnehmende) potentielle Energie, d. h. je weiter die Verschiebung nach innen erfolgt (je kleiner r ist), desto mehr potentielle Energie wird frei (und desto größer wird die Bindungsenergie).

$$\boxed{E_{\text{pot}}=-\gamma\cdot M\cdot m\cdot\left(\frac{1}{r_1}\right).}$$