

Visualisierung der Keplergesetze mit einem Potenzialmodell

Andreas Heithausen* & Matthias Kühn*

*Institut für integrierte Naturwissenschaften, Abteilung Physik, Universität Koblenz-Landau,
Universitätsstraße 1, 56070 Koblenz
Email: heithausen@uni-koblenz.de, matthiasmkuehn@web.de

Kurzfassung: In diesem Poster wird ein Potenzial-Modell mit variabler Oberfläche vorgestellt, mit dem sich Gravitationsfelder verschiedener Stärke einfach simulieren lassen. Mit Hilfe eines Objekterkennungsprogramms wird untersucht, inwieweit die Bewegung einer Kugel auf der Modelloberfläche tatsächlich der eines Planeten um die Sonne entspricht. Es zeigt sich, dass die Bahnen der Kugeln sich allenfalls in modifizierter Form mit den Keplergesetzen beschreiben lassen.

1. Das Potenzialmodell

Für diese Untersuchungen wurde ein Ring-Modell mit 60cm Durchmesser erstellt [1,2]. Die Oberfläche besteht aus Elasthan, einem Stoff der für die Herstellung von Badeanzügen verwendet wird. Durch eine Schnur, die in der Mitte der Rückseite angebracht ist, kann die Oberfläche verschieden stark gekrümmt werden. Dadurch lassen sich unterschiedlich starke Gravitationsfelder simulieren. Mithilfe eines Objekterkennungsprogramms haben wir die Bahnen von Kugeln auf der Oberfläche vermessen und untersucht, inwieweit sich die Keplerschen Gesetze auch quantitativ nachweisen lassen.

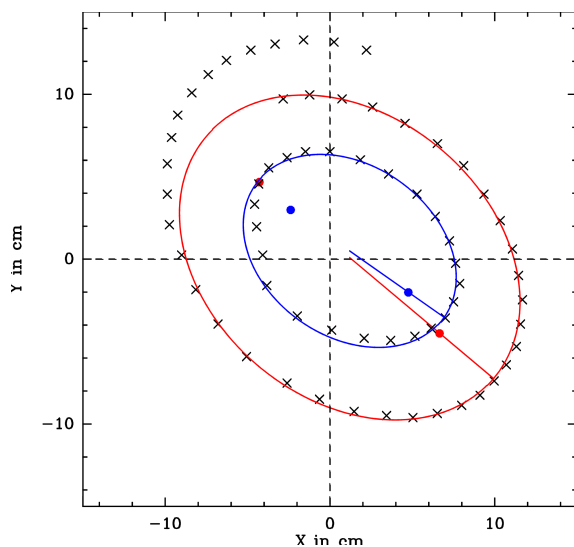


Abb. 1: Zwei verschiedene Bahnen einer Kugel auf der Modelloberfläche. Die Messpunkte sind durch X gekennzeichnet, der Fit von Ellipsen an einen Teil der Bahnen durch die rote und blaue Kurven. Die blauen und roten Punkte kennzeichnen die Lage der Brennpunkte der beiden Ellipsen. Die großen Halbachsen und die Lagen der Mittelpunkte der zwei Ellipse sind durch die Linien ins Zentrum der jeweiligen Ellipsen angedeutet.

2. Das 1. Keplersche Gesetz

Alle Planeten bewegen sich auf Ellipsen um die Sonne, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

Unsere Messungen sind in Abbildung 1 dargestellt. Aufgrund der Reibung auf der Oberfläche wird die Kugel ständig gebremst und ihre Bahn ist eine Spirale. Nur stückweise lassen sich Ellipsen verifizieren. Aus der Abbildung ist außerdem zu sehen, dass die Brennpunkte nicht mit dem Mittelpunkt des Potenzialmodells zusammenfallen.

3. Das 2. Keplersche Gesetz

Der Radiusvektor der Planeten überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.

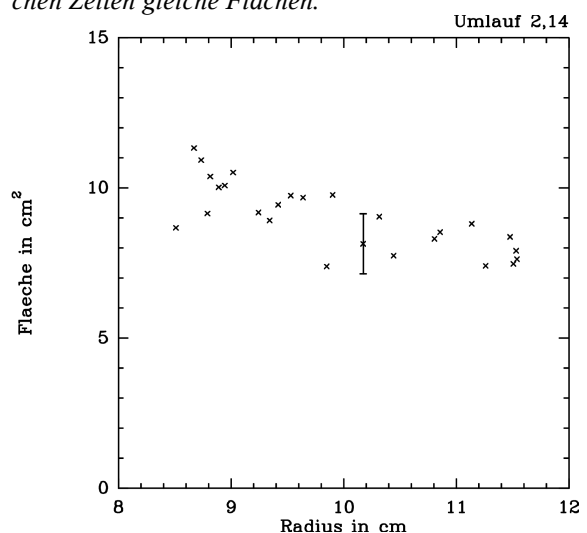


Abb. 2: Die Abhängigkeit der Fläche, die der Mittelpunktstrahl zwischen zwei Messpunkten durchläuft, vom Radius für einen Umlauf der Kugel um das Zentrum. Die Messpunkte sind durch X gekennzeichnet. Ein typischer Messfehler ist durch den Fehlerbalken dargestellt.

Dieses Gesetz ist nur annähernd erfüllt, wie man aus der Abbildung 2 sehen kann. Es gibt einen Trend, dass bei größeren Radien kleinere Flächen durchlaufen werden.

4. Das 3. Keplersches Gesetz

Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer großen Halbachse.

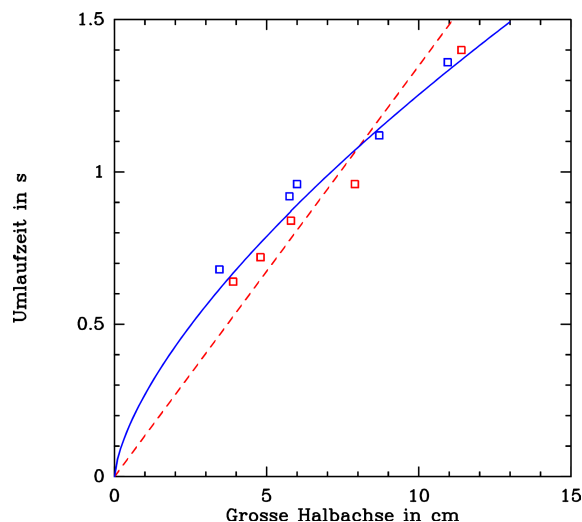


Abb. 3: Korrelation zwischen großer Halbachse und Umlaufzeit für die Bahnen der Kugel auf der Modelloberfläche. Die blauen und die roten Messpunkte gehören zu unterschiedlichen Messreihen mit gleicher Oberflächenkrümmung, aber unterschiedlichen Startwinkeln der Einschussapparatur. Die gestrichelte Linie ist der Fit einer Nullpunktgeraden an die Messpunkte. Die durchgezogene blaue Linie zeigt den erwarteten Verlauf nach dem 3. Keplerschen Gesetz.

Dieses Gesetz ist annähernd erfüllt (s. Abb. 3.). Allerdings ist nach unseren Messungen auch ein linearer Zusammenhang zwischen großer Halbachse und Umlaufzeit nicht ausgeschlossen. Einen solchen Zusammenhang würde man aufgrund der Form der Oberfläche erwarten, die eher $z \propto \ln r$ als $z \propto r^{-1}$ entspricht [2].

5. Fazit

Unsere Untersuchungen zeigen, dass die Bahnen von Kugeln auf einem Potenzialmodell mit variabler Oberfläche mehr oder weniger stark von den Keplerschen Gesetzen abweichen, so dass sich das Modell nur mit Einschränkungen zur Demonstration der Keplerschen Gesetze eignet.

Dieser Posterbeitrag ist eine stark gekürzte Version unserer Untersuchungen; eine ausführliche Beschreibung finden Sie in [3].

6. Literatur

- [1] Heithausen, A., Didaktik der Physik, Berlin 2008, Tagungs-CD, DD 7.20
- [2] Kühn, M., Heithausen, A., (2009), Didaktik der Physik, Bochum 2009, Tagungs-CD DD 4.3
- [3] Heithausen, A., Kühn, M., 2010, *Astronomie und Raumfahrt in der Schule*, (im Druck)