

Bau eines Sonnenmodells mit 1 Million Erden

Autor: Natalie Fischer, Haus der Astronomie, Heidelberg (19.6.2012)

Stichworte: Sonne, Erde, Maßstab, Entfernungen, Größenverhältnisse

Zielgruppen: Kindergarten Grundschule astronomisch Interessierte
5.-6. Klasse 7.-10. Klasse Kursstufe

Dauer: Bau des Modells 1 Tag (zuzüglich Trockenzeit)

Lernziele: Bau eines Modells zur Visualisierung des Größenunterschieds und des Abstands von Erde und Sonne.



Abbildung 1: Schätzfrage auf der Explore Science 2012: Wie viele Erden passen in unsere Sonne? (Foto: Natalie Fischer)

1. Einleitung

Das Weltall ist ein Ort, an dem alles groß ist: die Himmelskörper, ihre Entfernungen voneinander, die Zeiträume, in denen Dinge passieren. Modelle helfen uns, diese riesigen Zahlen miteinander zu vergleichen. In dieser Aktivität wird ein Sonnenmodell hergestellt, das mit Erdkugeln gefüllt ist. Berechnungen zeigen, dass ca. 1 Million Erdkugeln in die Sonne hineinpassen.

2. Mathematische Beschreibung

Bevor wir starten, sollten wir einen Blick auf die Zahlenwerte werfen, mit denen wir es zu tun haben:

Durchmesser der Sonne: 1,39 Millionen km
 Durchmesser der Erde: 12 742 km
 Abstand der Erde von der Sonne: 149,6 Millionen km

Wir sehen:

$$\frac{\text{Durchmesser Sonne}}{\text{Durchmesser Erde}} = \frac{1,39 \text{ Millionen km}}{12742 \text{ km}} = 109$$

109 Erden nebeneinander reichen vom einen Sonnenrand zum anderen.

$$\frac{\text{Abstand Erde Sonne}}{\text{Durchmesser Sonne}} = \frac{149,6 \text{ Mio km}}{1,39 \text{ Millionen km}} = 108$$

Der Abstand der Erde von der Sonne beträgt etwa 108 Mal dem Durchmesser der Sonne.

Wie oft passt die Erde in die Sonne hinein

Für eine grobe Abschätzung teilen wir das Volumen der Sonne durch das Volumen der Erde:

$$V_{\text{Kugel}} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\frac{V_{\text{Sonne}}}{V_{\text{Erde}}} = \frac{r_{\text{Sonne}}^3}{r_{\text{Erde}}^3} = (109)^3 = 1,3 \text{ Millionen}$$

Aber:

Wenn wir wirklich kleine Erdbällchen in eine Sonnensphäre füllen möchten, müssen wir die Tatsache berücksichtigen, dass wir die Erdbällchen nicht quetschen können. Es werden Hohlräume zwischen den Kügelchen sein.

Werfen wir nun einen Blick in eine Mathematik- oder Chemiebuch. Dort finden wir unter dem Stichwort "Dichteste Kugelpackung" eine Formel, die uns die dichteste Packungsdichte bei Kugeln berechnet:

$$P = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0,7405 = 74,05\%$$

Diese Formel stammt von Carl Friedrich Gauß. Sie bedeutet, dass nur 74,05% des zur Verfügung stehenden Raumes tatsächlich mit den kleinen Bällen ausgefüllt ist. Der Rest ist leer.

Das bedeutet, in unsere Sonne passen

$$N = P \cdot \frac{V_{\text{Sonne}}}{V_{\text{Erde}}} = 0,7405 \cdot 109^3 = 964 202 \approx 1 \text{ Million}$$

Erdkugeln hinein.

Auswahl der Materialien

Es gibt viele Materialien, mit denen sich unser Sonnenmodell bauen ließe. Berücksichtigen wir aber, dass wir tatsächlich ca. 1 Million kleine Erdkügelchen benötigen, sollten wir einen Blick auf die

möglichen Kosten werfen: selbst bei einem Stückpreis von nur 0,01 Cent würden uns 1 Million Erdkugeln schon 100€ kosten!

Senfkörner

Eine gute und preiswerte Möglichkeit sind Samenkörner. Empfehlenswert sind zum Beispiel weiße oder die noch etwas kleineren schwarzen Senfsamen. Sie sind nahezu kugelförmig und preiswert.



Schwarze Senfsamen haben im Durchschnitt einen Durchmesser von ca. 1,5mm, also muss der Durchmesser unserer Sonnensphäre $109 \cdot 1,5\text{mm} = 16,3\text{cm}$ betragen. Tatsächlich gibt es Acrylsphären mit einem Durchmesser von 16 cm zu kaufen. Dafür würde man 2,14 l schwarze Senfsamen benötigen. Bei einer Dichte von ca. 0,89kg/l würde die Sonne dann etwa 1,8 kg wiegen.

Kosten:	1,8 kg Schwarzer Senfsamen:	18€
	16 cm Acrylsphäre:	4€.

Bitte beachten Sie, dass es die Acrylsphären nicht in allen möglichen Größen gibt. Eventuell muss man den Kompromiss eingehen, dass die Sphäre etwas zu groß oder zu klein für die ausgewählten Erdkugeln ist.

Polystyrolkugeln

Möchten wir lieber blaue „Erdkugeln“ verwenden, um auch den Wiedererkennungsgrad der Erden zu steigern, dann kommen Samenkörner nicht in Frage, denn sie würden beim Färben anfangen zu keimen. Alternativ bieten sich Kugeln aus Polystyrol an. Polystyrolkugeln werden zum Beispiel benutzt, um Sitzsäcke zu füllen oder um Außenwände zu isolieren. Sie haben Durchmesser von ca. 2,7-3mm, so dass der Durchmesser unserer Sonnensphäre ca. 30cm betragen muss. Für eine solche Kugel benötigen wir ca. 14 Liter Polystyrolkugeln. Bei einer Dichte von 18kg/m^3 würde die Sonne dann etwa 250g wiegen.

Kosten:	14 l Polystyrolkugeln/EPS Perlen:	2€ (27€/300l)
	30 cm Acrylsphäre:	25€
	Acrylfarbe (Dunkelblau):	2€

Sie sehen, dass die Materialauswahl und damit die Kosten durchaus den Maßstab unseres Modells mit beeinflussen. Kleine Holzkugeln wären zwar hübscher, aber unsere Sonne würde bei Erdkugeln mit einem Durchmesser von 5mm über 32kg wiegen und wäre sehr teuer (1000 5mm Kugeln kosten 12€, das wären dann 12 000€)!

Entfernungen

Einer kurzer Blick auf die Entfernung Erde-Sonne zeigt, dass unsere 30cm Sonnenlösung auch hier ganz gut ist: ca. 32 m Abstand hätten die Erde und das Sonnenmodell voneinander ($108 \cdot 0,3\text{m} = 32,4\text{m}$). Das ist eine praktikable Entfernung für einen Schulversuch.

Maßstab

Um den Maßstab unseres Modells zu berechnen, müssen wir den wahren Durchmesser durch den Modelldurchmesser teilen:

$$\frac{\text{Durchmesser Sonne}}{\text{Durchmesser Sonnenmodell}} = \frac{1,39 \text{ million km}}{30 \text{ cm}} = 4,63 \text{ Milliarden}$$

Der Maßstab beträgt also 1:4 630 000 000.

Das heißt, 1 cm in unserem Modell entsprechen 46 000 km in der Realität. Wenn unsere Schüler also durch diese Modellsonnen system laufen, dann legen sie pro Schritt (ca. 80cm) eine Strecke von 3,7 Millionen km zurück. Nehmen sie sich pro Schritt eine Sekunde Zeit, so wären sie in Wirklichkeit 10 Mal schneller als das Licht (die Lichtgeschwindigkeit beträgt 300 000km/s)!

3. Bauanleitung der Sonnenkugel

Materialien Sonne

- 1 Acrylkugel (30 cm Durchmesser, 2teilig)
- 14 l Polystyrolkügelchen (EPS Perlen) zum Befüllen von Sitzsäcken, ca. 3mm Durchmesser
- Acrylfarbe (dunkelblau)
- Tasse
- Glasschüssel
- Kunststoffbox mit Deckel
- Föhn
- Feinmaschiges Wäschenetz
- Bohrmaschine
- Einmalhandschuhe
- Transparentes Klebeband
- Trichter

So wird's gemacht:

Schritt 1



Ziehen Sie die Gummihandschuhe an und geben Sie etwas von der blauen Farbe in die Glasschüssel. Verdünne Sie sie mit Wasser.



Schritt 2



Füllen Sie vorsichtig etwa eine Tasse voll EPS-Bällchen in die Schüssel und vermischen Sie sie mit der Farbe. Sind sie ausreichend eingefärbt, nehmen Sie immer eine weitere Tasse weiße Bällchen dazu und wiederholen Sie den Vorgang so oft, bis keine flüssige Farbe mehr in der Schüssel ist.

Schritt 3



Nun geht es ans Trocknen der nassen Minierden. Füllen Sie dazu etwa 3 Tassen der nassen blauen Erdbällchen in das Wäschenetz und schließen Sie es bis auf einen kleinen Spalt. Stecken Sie in diesen Spalt den Föhn ein Stück hinein und stellen Sie ihn an. Nach wenigen Minuten tanzen die trockenen Bällchen durch das Netz. Es hilft, wenn man den Föhn mit Netz in der einen Hand hält und mit der anderen Hand die Bälle immer wieder nach oben schupst.

Schritt 4



Die trockenen Kügelchen werden in einem ausreichend großen Behälter gesammelt. Achtung: die Bällchen können leicht wegfliegen! Auf diese Weise bitte alle Bällchen einfärben.

Schritt 5



Lassen Sie Ihre Schüler mal ihre Hände in die Box stecken: so fühlt sich die Zahl "1 Million" an.

Schritt 6



Mit einer Bohrmaschine nun vorsichtig ein Loch in die obere Hälfte einer Sphäre bohren (ca. 10mm). Am besten dazu mit einem kleinen Bohrer vorbohren und sich langsam steigern.

Schritt 7



Füllen Sie nun so viele Kügelchen wie möglich in die andere Halbkugel und schließen Sie beide Kugelhälften mit einem Klick. Eigentlich sollte sich die Kugel nun nicht mehr von



alleine öffnen, aber es ist besser, die Naht zusätzlich mit einem Streifen Klebeband rundherum zu sichern.

Schritt 8



Nun werden die anderen Bällchen mit einem Trichter oder einem kleinen Löffel durch das gebohrte Loch in die Kugel gefüllt. Das dauert eine Weile. Am Schluss wird das Loch mit einem Stück Klebestreifen geschlossen. So lassen sich auch immer wieder Kügelchen nachfüllen, wenn es notwendig sein sollte.

Fertig!



4. Bauanleitung der Sonnenoberfläche

Material Sonnenoberfläche

- Kleister
- Breiter Pinsel
- Seidenpapier (gelb)
- Acrylkugel (30 cm Durchmesser)
- Alufolie
- Einmalhandschuhe

So wird´s gemacht:

Schritt 1



Rühren Sie den Kleister nach Anleitung an. Die Acrylkugel wird nun von außen mit Alufolie eingepackt und diese schön glatt gestrichen. So lässt sie die Sonnenoberfläche später einfacher von der Acrylsphäre ablösen. Das gelbe Seidenpapier wird in handliche Stücke gerissen.

Schritt 2



Streichen Sie die Kugeloberfläche (Alufolie) mit Kleister an. Das geht bei der Größe der Kugel gut mit der Hand (bei Bedarf Einmalhandschuhe anziehen). Bringen Sie dann die erste Schicht Seidenpapier an, so dass



sich die Stücke großzügig überlappen. Tragen Sie nun weiteren Kleister auf, bis das Papier gut durchfeuchtet ist und wiederholen Sie den Vorgang, bis nichts mehr von der Alufolie durchscheint (3-4 Schichten).

Schritt 3

Lassen Sie die Sphäre nun mindestens zwei Tage gut trocknen.

Schritt 4

Lösen Sie den gelben Sonnenmantel von der Acrylkugel. Das ist beim ersten Mal ein wenig schwierig, da sich das Papier beim Trocknen ein wenig zusammenzieht. Bei Bedarf kann man die Sonnenoberfläche auch noch bemalen (weil vielleicht doch noch etwas Alufolie durchscheint). Aber Achtung: die Hülle ist nicht ganz starr, daher könnte die Farbe reißen. Die Alufolie sollte aus Stabilitätsgründen nicht entfernt werden.

Fertig!

Bei Bedarf kann noch eine zweite Hälfte angefertigt werden, dann ist das Sonneninnere gut versteckt. Um den Größenunterschied zwischen Sonne und Erde im Vorfeld deutlich zu machen, kann noch eine Kordel mit einer kleinen Erde um die Sonnenkugel gelegt werden.



Drehen! →



5. Anwendungsbeispiel

Die Schüler sehen die in ihre gelbe Hülle verpackte Sonnenkugel. Regen Sie sie dazu an, über die relativen Größen von Sonne und Planeten zu sprechen, insbesondere der Erde. Je nach Alter der Schüler können sie die Maße der Himmelskörper im Internet oder in anderen Quelle recherchieren. Im Laufe der Diskussion können Sie auch eine kleine Erdkugel als Vergleich zu dem Sonnenmodell legen. Fragen Sie die Schüler, wie oft die Erde ihrer Meinung nach in die Sonne passen würde. Je nach Alter der Schüler können sie es schätzen oder auch berechnen (siehe Abschnitt 2). Entfernen Sie die gelbe Sonnenoberfläche von der Sonne und lösen Sie das Rätsel auf: ca. eine Million Erden passen in die Sonne hinein – und so viele Kugeln befinden sich in dem Sonnenmodell.

Sprechen Sie nun über die Entfernung Sonne – Erde. Auch hier können die Schüler wieder auf die gleiche Weise aktiv werden. Im Modell müsste die Erde ca. 32m von der Sonnenkugel entfernt sein. Lassen Sie Ihre Schüler diese Distanz abmessen/ablaufen. Blicken Sie von der Sonne zur kleinen Erdkugel: Ist sie noch zu erkennen?

Blicken Sie von der Position der Erde zur Sonne: so groß, wie uns das Sonnenmodell aus dieser Entfernung erscheint, so groß erscheint uns auch die echte Sonne am Himmel!