

Buugeng



Schwierigkeitsgrad: ***

Thema: Mechanik

Kosten: ca. 50 €

Bauzeit: ca. 12 bis 20 h

Buugeng

Ein Buugeng ist ein Jonglageinstrument aus Holz. Er besteht aus zwei S-förmig geschnittenen Holzteilen, die man auf eindrucksvolle Weise rotieren lassen kann.

Erfunden wurde er von dem Artisten Dai Zaobab. Im englischen Sprachraum nennt man den Buugeng auch S-Staves, was auf deutsch soviel wie S-Stöcke bedeutet.

Die Eigenschaften des Drehimpulses lassen sich gut an diesem Gerät erklären, obwohl man beim Spielen mit dem Buugeng keine hohen Rotationsgeschwindigkeiten benötigt.

Ziel dieses Projekts ist aber vor allem der Spaß am Herstellen und Spielen mit dem eigenen Buugeng.

Bauanleitung:

Die Bauanleitung für den Buugeng besteht aus folgenden Teilen:

1. Die Bauanleitung mit den Bauplänen.
2. Die zu der Bauanleitung gehörenden Bilder.

In der Anleitung wird Schritt für Schritt der Bau eines Buugengs erklärt. Da mit einer Stichsäge und einer Bohrmaschine gearbeitet wird, ist der Bau nicht ganz ungefährlich. In der Anleitung wird darauf hingewiesen, wann besondere Vorsichtsmaßnahmen angebracht sind.

Versuche:

1. Versuche zunächst einmal, einen einzelnen Buugeng richtig rotieren zu lassen. Unter http://www.homeofpoi.com/lessons_all/teach/Forward-Spin-4_48_177 zeigt Dai Zaobab, wie das geht.
2. Wie viele verschiedene Möglichkeiten gibt es, den Buugeng um seine Mitte rotieren zu lassen? Warum wird zum Spielen nur eine Achse davon verwendet? Um welche Achse lässt er sich am leichtesten drehen?
3. Setze dich mit angezogenen Armen auf einen Drehstuhl und lasse dich in Rotation versetzen. Strecke dann die Arme langsam aus und ziehe sie langsam wieder zu dir zurück. Was passiert? Der Effekt wird noch deutlicher, wenn du je ein Gewicht in jede Hand nimmst.

Erklärung:

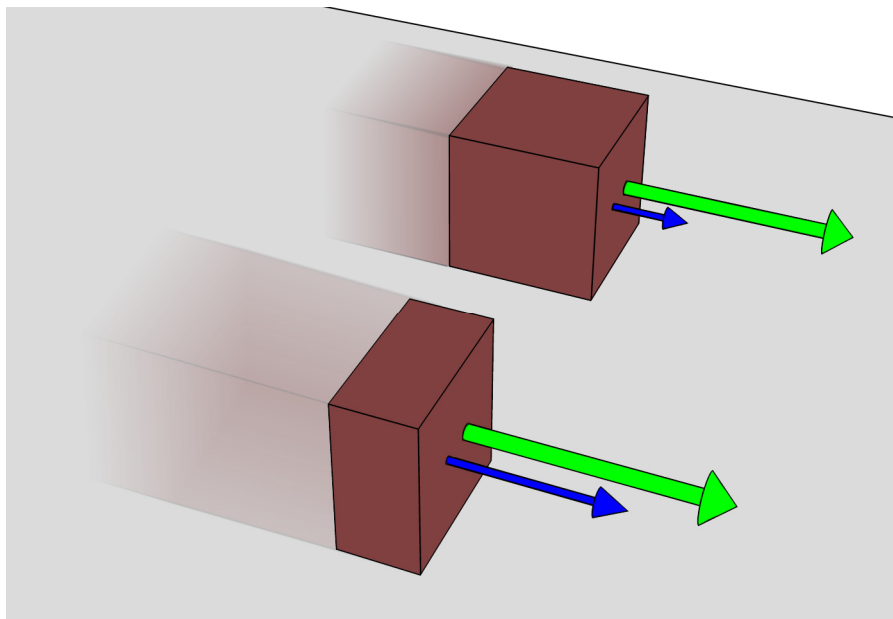
Der Drehimpuls ist für die Dynamik von Rotationsbewegungen verantwortlich. Er setzt sich aus Rotationsgeschwindigkeit, der Massenverteilung und der Drehachse zusammen.

Der größte Teil des Spiels mit dem Buugeng wird vom **Drehimpuls** bestimmt. Der Drehimpuls entspricht dem „normalen“ Impuls einer **geradlinigen Bewegung**. Der Impuls einer geradlinigen Bewegung setzt sich aus der **Masse** des Körpers und seiner **Geschwindigkeit** in Form eines Produkts zusammen:

$$\text{Impuls} = \text{Masse} * \text{Geschwindigkeit}$$

Im Bild unten sind zwei Massen abgebildet, die sich nach rechts bewegen. Die untere Masse ist halb so schwer wie die obere, bewegt sich aber mit der doppelten Geschwindigkeit (blaue Pfeile). Daher ist der Impuls bei beiden gleich groß (grüne Pfeile).

Vergrößert man Masse oder Geschwindigkeit eines Gegenstandes, vergrößert sich ebenso der Impuls. Dies ist der Grund warum eine Gewehrkugel trotz ihres relativ geringen Gewichts so großen Schaden anrichten kann.



Der Impuls ist eine **Erhaltungsgröße**, d.h. in einem abgeschlossenen System bleibt der Impuls zeitlich unverändert. Im Weltraum lässt sich dies für die geradlinige Bewegung eines Körpers nachvollziehen. Ohne eine äußere Kraft bewegt sich ein einmal beschleunigter Gegenstand immer weiter geradeaus. Auf der Erde kommen fast immer Reibungseffekte dazu, sodass sich die Impulserhaltung oft nicht ohne Weiteres veranschaulichen lässt. Bemerkbar macht sie sich aber dann, wenn die beteiligte Reibungswerte gering sind, wie zum Beispiel beim Schlittschuhlaufen, Eisstockschießen oder beim Billardspiel.

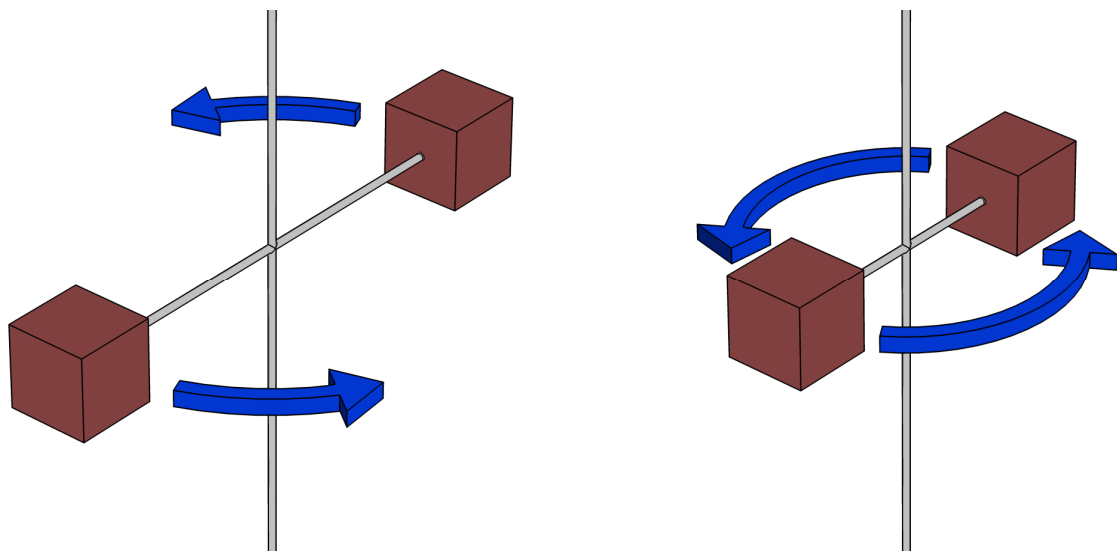
Bei einer **Drehbewegung** wird der Impuls durch den **Drehimpuls** ersetzt. Dieser setzt sich aus der **Verteilung der Masse** des sich drehenden Körpers und der **Winkelgeschwindigkeit** zusammen. Die Winkelgeschwindigkeit ist einfach der Drehwinkel pro Zeit, so wie die „normale“ Geschwindigkeit

dem zurückgelegten Weg pro Zeiteinheit entspricht.

Die Massenverteilung bezüglich der Drehachse wird als **Trägheitsmoment** bezeichnet und ist ein umfangreicherer mathematischer Ausdruck.

$$\text{Drehimpuls} = \text{Trägheitsmoment} * \text{Winkelgeschwindigkeit}$$

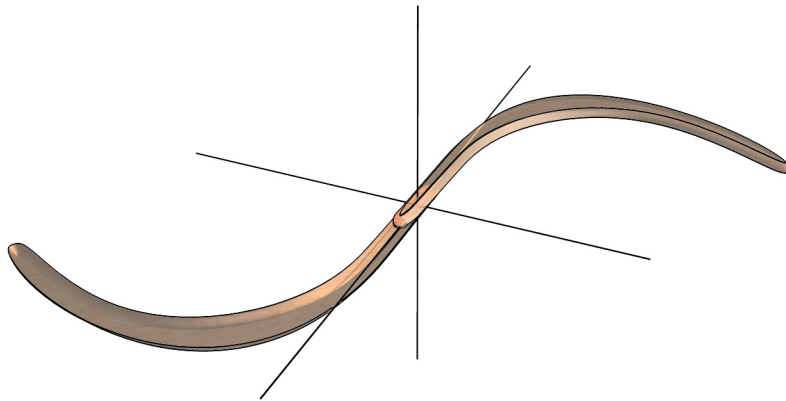
Je weiter die rotierenden Massen von der Drehachse entfernt sind, desto größer wird das Trägheitsmoment. Dies lässt sich experimentell überprüfen, indem man ein kleines Massestück an einer Schnur befestigt und die Schnur wie ein Lasso kreisen lässt. Hält man die Schnur kurz, lässt sich das Gewicht leicht in Rotation bringen. Ist sie dagegen lang, braucht man mehr Kraft zur Beschleunigung der Masse, da sich ihr Trägheitsmoment vergrößert hat.



Abgebildet sind hier zwei verschiedene Systeme, bei denen jeweils zwei Massen um eine Drehachse rotieren. Die Länge der Pfeile symbolisieren unterschiedliche Rotationsgeschwindigkeiten. Das Trägheitsmoment der linken Anordnung ist größer als das auf dem rechten Bild. Der Drehimpuls der beiden Anordnungen ist aber wieder gleich groß, da das geringere Trägheitsmoment auf der rechten Seite durch eine höhere Winkelgeschwindigkeit kompensiert wird.

Besonders wichtig bei der Betrachtung des Trägheitsmoments ist, dass es von der Ausrichtung der Drehachse abhängig ist. Dies bedeutet, dass bei einem Körper völlig verschiedene Trägheitsmomente auftreten können, je nachdem um welche Achse der Körper rotiert.

Jedes Objekt besitzt drei Hauptträgheitsachsen, die durch die jeweilige Form und Massenverteilung des Objektes bestimmbar sind. Lässt man ein um eine beliebige Achse rotierendes Objekt los, dann wird es sich über kurz oder lang um die Hauptträgheitsachse mit dem kleinsten oder mit dem größten Trägheitsmoment drehen. Der Buugeng besitzt eine Hauptträgheitsachse entlang der Schraube, eine parallel zum Griff und eine senkrecht zu den beiden anderen Hauptträgheitsachsen. In der Abbildung auf der nächsten Seite sind diese Achsen zum besseren Verständnis eingezeichnet.



Auch der Drehimpuls ist eine Erhaltungsgröße. Das bedeutet, dass das Produkt aus Trägheitsmoment und Winkelgeschwindigkeit eines in sich abgeschlossenen Systems konstant bleibt. Lässt man sich zum Beispiel auf einem Bürostuhl mit angezogenen Armen von einer zweiten Person in Rotation versetzen und streckt dann die Arme aus, dreht man sich deutlich langsamer. Zieht man die Arme zum Körper, dreht man sich wieder schneller.

Die hohe Drehgeschwindigkeit bei der Pirouette einer Eiskunstläuferin macht sich denselben Effekt zu Nutze. Durch das Heranziehen der Arme wird das Trägheitsmoment geringer. Damit der Drehimpuls aber unverändert bleibt, muss die Winkelgeschwindigkeit zunehmen und sie dreht sich schneller.

Links:

Hier findet ihr Videos von Dai Zaobab, die das Spiel mit dem Buugeng erklären:

http://www.homeofpoi.com/lessons_all/teach/Library-Staff-S-Staff-Buugeng-4_48_0

Darstellung der Trägheitsmomente verschiedener Körper:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Trägheitsmoment>

Die Impulserhaltung wird eindrucksvoll am Verlust einer Werkzeugtasche bei Außenarbeiten an der Raumstation ISS gezeigt:

http://www.youtube.com/watch?v=1vXdRUIZ_EM&feature=fvw