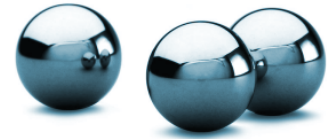




Reibung und Lager



Von TryEngineering - www.tryengineering.org

Klicken Sie hier, um Ihr Feedback zu dieser Unterrichtseinheit abzugeben.

Im Mittelpunkt dieser Lektion

Im Mittelpunkt dieser Lektion stehen das Konzept der Reibung und der Gebrauch von Kugellagern zur Reibungsreduzierung.

Zusammenfassung dieser Lektion

Die Aktivität „Reibung und Batterien“ untersucht das Konzept der Reibung und zeigt, wie diese durch Kugellager vermindert wird. Die Schüler und Schülerinnen lernen etwas über die verschiedenen Anwendungen von Kugellagern und wie sich das Design im Laufe der Zeit geändert hat und jetzt auch Rollenlager umfasst; sie lernen, die Reibung mit Murmeln zu testen und die Verwendung von Kugellagern in Gegenständen des täglichen Lebens zu erkennen.

Altersstufen

8-18.

Ziele

- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Reibung lernen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Kugellager lernen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen lernen, wie Ingenieure Kugellager verbessert und Rollenlager entwickelt haben.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen lernen, wie Rollen-/Kugellager in Maschinen eingesetzt werden und das tägliche Leben beeinflussen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Teamarbeit und Problemlösungen in Gruppen lernen.

Kompetenzerwartung

Als Ergebnis dieser Aktivität sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis der folgenden Konzepte entwickeln:

- ✦ Reibung
- ✦ Kugellager
- ✦ Konstruktionsdesign
- ✦ Problemlösung
- ✦ Teamarbeit

Aktivitäten dieser Lektion

Die Schüler und Schülerinnen werden etwas über Reibung lernen und erfahren, wie Kugellager die Reibung mindern und die Lebensdauer von Maschinen verlängern. Zu den behandelten Themen gehören Reibung, Kugellager, Konstruktionsdesign und Problemlösung. Die Schüler und Schülerinnen arbeiten mit Murmeln, mit denen sie Kugellager simulieren können, in Gruppen zusammen.

Ressourcen/Materialien

- ✦ Ressourcendokumente für Lehrer (liegen bei)
- ✦ Ressourcenblatt für Schüler (liegt bei)
- ✦ Schülerarbeitsblätter (liegen bei)

Abstimmung auf Lehrpläne

Siehe das beiliegende Lehrplan-Abstimmungsblatt.

Weiterführende Websites

- ✦ TryEngineering (www.tryengineering.org)
- ✦ Timken - Arten von Wälzlagern (www.timken.com/products/bearings/fundamen/compare.asp); in englischer Sprache.
- ✦ Timken: Vom Missouri zum Mars - Ein Jahrhundert führender Ideen im Fertigungsbereich (www.timken.com/aboutus/history/pdf/history.pdf); in englischer Sprache.
- ✦ Bearings 101 (www.bearings.machinedesign.com/BDEList.aspx); in englischer Sprache.
- ✦ ITEA Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (www.iteawww.org/TAA/Publications/STL/STLMainPage.htm); in englischer Sprache.
- ✦ McREL Compendium of Standards and Benchmarks (www.mcrel.org/standards-benchmarks) Eine absuchbare Zusammenstellung inhaltsbezogener Standards für Lehrpläne vom Kindergarten bis zur 12. Klasse. In englischer Sprache.
- ✦ Nationale Standards für die Wissenschaftsausbildung (www.nsta.org/standards); in englischer Sprache.

Literaturempfehlungen

- ✦ Timken: *From Missouri to Mars - A Century of Leadership in Manufacturing* (ISBN: 0875848877) (englisch)
- ✦ David Gordon Wilson, *Bicycling Science* (ISBN: 0262731541) (englisch)
- ✦ *Ball and Roller Bearings: Theory, Design and Application* (ISBN: 0471984523) (englisch)

Optionale Schreibaktivität

- ✦ Schreibe einen Aufsatz oder Absatz zur Beschreibung von drei verschiedenen Maschinen, in denen Kugel- oder Rollenlager zum Einsatz kommen. Inwiefern werden diese Maschinen mithilfe der Lager verbessert?

Weiterführende Übung für ältere Schüler und Schülerinnen

- ✦ Ältere Schüler und Schülerinnen untersuchen in Team, ob andere Lagerformen Vorteile gegenüber den derzeitigen Kugel- oder Rollendesigns haben könnten. Warum bzw. warum nicht?



Für Lehrer:

Abstimmung auf Lehrpläne

Hinweis: Alle Unterrichtspläne dieser Serie sind mit den vom National Research Council veröffentlichten und von der National Science Teachers Association unterstützten *National Science Education Standards* (Lernziele in den Naturwissenschaften) und darüber hinaus mit den *Standards for Technological Literacy* (Standards für technische Bildung) der International Technology Education Association abgestimmt.

◆ National Science Education Standards, Kindergarten bis 4. Klasse (4-9 Jahre)

INHALTSSTANDARD B: Naturwissenschaft

Als Ergebnis ihrer Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ✦ Eigenschaften von Gegenständen und Werkstoffen
- ✦ Position und Bewegung von Gegenständen

INHALTSSTANDARD E: Wissenschaft und Technologie

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen Folgendes entwickeln:

- ✦ Fähigkeiten zu technologischen Designs

INHALTSSTANDARD G: Geschichte und Wesen der Wissenschaft

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ✦ Wissenschaft als menschliches Bestreben

◆ National Science Education Standards, 5. bis 8. Klasse (10-14 Jahre)

INHALTSSTANDARD B: Naturwissenschaft

Als Ergebnis ihrer Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ✦ Eigenschaften und Veränderungen von Eigenschaften in der Materie
- ✦ Bewegungen und Kräfte
- ✦ Energieübertragung

INHALTSSTANDARD E: Wissenschaft und Technologie

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen Folgendes entwickeln:

- ✦ Fähigkeiten zu technologischen Designs
- ✦ Verständnis von Naturwissenschaft und Technologie

INHALTSSTANDARD G: Geschichte und Wesen der Wissenschaft

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ✦ Wissenschaft als menschliches Bestreben
- ✦ Geschichte der Wissenschaft

◆ National Science Education Standards, 9. bis 12. Klasse (14-18 Jahre)

INHALTSSTANDARD B: Naturwissenschaft

Als Ergebnis ihrer Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ✦ Bewegungen und Kräfte
- ✦ Wechselwirkung zwischen Energie und Materie

INHALTSSTANDARD E: Wissenschaft und Technologie

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen Folgendes entwickeln:

- ✦ Fähigkeiten zu technologischen Designs
- ✦ Verständnis von Naturwissenschaft und Technologie

INHALTSSTANDARD F: Wissenschaft in persönlichen und sozialen Perspektiven

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ✦ Wissenschaft und Technologie angesichts örtlicher, nationaler und globaler Herausforderungen



Für Lehrer: Abstimmung auf Lehrpläne (Fortsetzung)

INHALTSSTANDARD G: Geschichte und Wesen der Wissenschaft

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ✦ Historische Perspektiven

◆ **Standards für technische Bildung - alle Altersstufen**

Technologie und Gesellschaft

- ✦ Standard 6: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis der Rolle der Gesellschaft bei Entwicklung und Gebrauch von Technologie entwickeln.
- ✦ Standard 7: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis des Einflusses von Technologie auf die Geschichte entwickeln.

Design

- ✦ Standard 8: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis von Designattributen entwickeln.
- ✦ Standard 9: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis von Konstruktionsdesigns entwickeln.

Fähigkeiten für eine technologische Welt

- ✦ Standard 13: Die Schüler und Schülerinnen müssen Fähigkeiten zur Beurteilung der Auswirkungen von Produkten und Systemen entwickeln.

Reibung und Lager



Für Lehrer: Ressourcen für Lehrer

◆ Ziel dieser Lektion

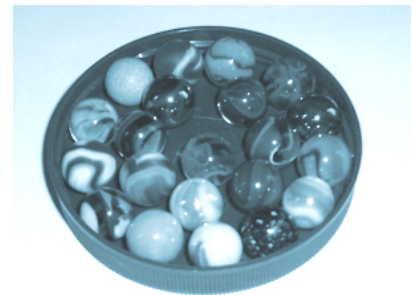
In dieser Lektion soll die Reibung untersucht werden, indem demonstriert wird, wie Kugel- und Rollenlager die Reibung in einem Maschinendesign abbauen. Die Schüler und Schülerinnen vergleichen die Reibungsreduzierung beim Schieben eines Deckels über mehrere verschiedene Flächen, wenn mittels Murmeln eine Wechselwirkung mit der Fläche erzeugt wird; sie lernen etwas über Kugellager und darüber, wie sich dieses Produkt mit der Zeit entwickelt hat; sie arbeiten in Teams, um das Phänomen der Reibung zu untersuchen.

◆ Lektionsvorgaben

- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Reibung lernen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen lernen, wie das Einbeziehen von Kugellagern in ein Maschinendesign die Reibung mindern kann.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Maschinen lernen, in denen Kugel- oder Rollenlager zum Einsatz kommen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Teamarbeit lernen.

◆ Materialien

- Ressourcenblatt für Schüler
- Schülerarbeitsblatt
- Ein Materialsatz pro Schülergruppe:
 - Glasdeckel (von einem Mayonnaiseglas oder ähnlichen Behälter)
 - 25 gleich große Murmeln (größer als die Tiefe des benutzten Deckels)
 - Buch
 - Teppichstück



◆ Verfahren

1. Zeigen Sie den Schülern die verschiedenen Informationsblätter für Schüler. Diese können in der Klasse gelesen oder als Hausaufgabe des vorausgegangenen Abends zum Lesen aufgegeben werden.
2. Bilden Sie Gruppen zu 3 oder 4 Schüler und stellen Sie jeder Gruppe einen Materialsatz zur Verfügung.
3. Lassen Sie die Schüler beim Versuch, den Deckel (mit offenem Teil nach unten) des Glases über verschiedene Oberflächen – Schreibtisch, Fliesenboden, Teppichstück – zu bewegen, den Reibungswiderstand fühlen.
4. Lassen Sie die Schüler als Nächstes genügend Murmeln in den Deckel legen, um dessen Innenraum fast gänzlich mit Murmeln zu füllen. (Nicht zu viele Murmeln in den Deckel legen; sie müssen sich frei bewegen lassen.) Lassen Sie die Schüler den Deckel mithilfe eines Buches umdrehen, damit sie selbst feststellen können, wie viel leichter sich der Deckel über die gleiche Oberfläche wie zuvor bewegen lässt.
5. Probieren Sie eine Variante dieses Versuchs, bei der der Deckel oben mit einem Buch oder anderen Gewicht beschwert wird (zunächst mit, dann ohne Murmeln). Ermöglicht die Murmelunterlage ein einfacheres Bewegen bei verschiedenen Gewichten?
6. Bitten Sie die Schüler, verschiedene Maschinen zu nennen, die Kugel- oder Rollenlager beinhalten, und das Schülerarbeitsblatt auszufüllen.
7. Jede Schülergruppe liest ihre Liste mit Maschinen der Klasse vor und erklärt, inwiefern die Lager Design und/oder Funktion der jeweiligen Maschine verbessern.

◆ Benötigte Zeit

Eine 45-Minuten-Sitzung

Reibung und Lager



Ressource für Schüler: Was ist Reibung? Wie wird diese durch Kugellager vermindert?

◆ Reibung

Der Begriff „Reibung“ beschreibt, wie viel Widerstand vorliegt, wenn zwei Objekte gegeneinander bewegt werden. Je größer der Widerstand, desto schwieriger werden glatte Bewegungen der beiden Gegenstände. Bei einer geringeren Reibung bewegen sich die Objekte leicht und glatt gegeneinander. So hat z. B. ein Stück Gummi, das über einen Teppich geschoben wird, eine höhere Reibung als ein glattes Schulbuch. In Maschinen reiben einzelne Teile aneinander und die erhöhte Reibung kann zu einem schnelleren Verschleiß dieser Teile führen.

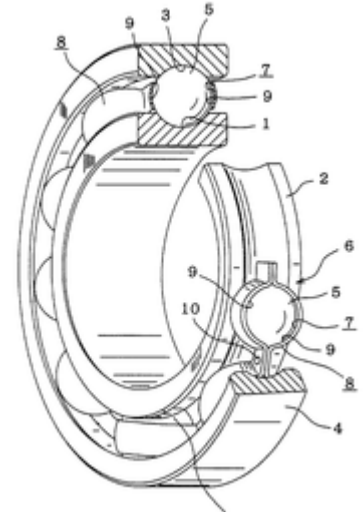
◆ Kugellager

Der Begriff „Kugellager“ bedeutet bisweilen eine Lagereinheit, die kugelförmige Lager als Rollelemente verwendet. Er bedeutet aber auch eine einzelne Kugel in einer Lagerbaugruppe. Kugellager werden aus vielen verschiedenen Werkstoffen gefertigt, z. B. Keramik, Metallen, Edelstahl und anderen hybriden Materialien. Sie reduzieren die Reibung, wodurch Maschinen länger halten. Sie können auch einen leiseren Maschinenbetrieb ermöglichen. Hinter Lagern steckt ein einfaches Prinzip -- dass Objekte leichter rollen als gleiten. Wenn zwei Objekte aneinander entlanggleiten, wie ein Buch auf einem Tisch oder ein Deckel auf einem Teppich, bewirkt die Reibung zwischen den beiden Oberflächen eine Verlangsamung der Bewegung. Wenn diese Gegenstände statt dessen übereinander rollen könnten, würde die von ihnen berührte Oberfläche begrenzt und die Reibung reduziert.

◆ Rollenlager

Ein Rollenlager ist ein Lager, das eine Last trägt, indem runde Elemente zwischen die beiden Teile eingefügt werden.

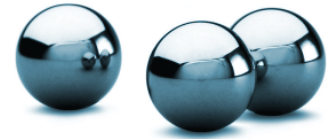
Die relative Bewegung der Teile bewirkt ein Rollen (Pendeln) der runden Elemente mit wenigen Gleitbewegungen. Bei der Abbildung rechts handelt es sich um ein patentiertes Design für umschlossene Radiallager aus dem USD-Patent Nr. 6074099, in dem die Kugeln zwischen den runden Teilen eingeschlossen sind. Eines der frühesten und bekanntesten Rollenlager besteht aus Gruppen von Baumstämmen, die auf den Boden gelegt werden, bevor ein großer Felsblock darauf abgelegt wird. Wenn der Fels gezogen wird, rollen die Stämme unter geringer Gleitreibung den Boden entlang. Wenn ein Baumstamm am Ende austritt, wird er nach vorne gebracht, damit der Fels daraufrollen kann. Ein solches Lager lässt sich leicht imitieren, indem du mehrere Bleistifte auf einen Tisch legst und dann deine Hand darauf legst.



◆ Fahrräder ohne Kugellager? Achterbahnen ohne Rollenlager?

Fahrräder sind ein ausgezeichnetes Beispiel für eine Maschine, in der zur Reibungsreduzierung Kugellager verwendet werden. Kugellager sind in den Pedalen zu finden, in der vorderen und hinteren Radnabe und in dem Rohr, an dem die Griffe angebracht sind. Kugellager befinden sich aber auch in Skateboards und Rollschuhen! Über diese Beispiele hinaus sind Kugellager ein wichtiges Designelement von Fördertürmen, Flugzeugen und Automobilen. Rollenlager werden in Achterbahnen eingesetzt!

Reibung und Lager



Ressource für Schüler: Geschichte des Kugellagers - Produktevolution

◆ Geschichte

Ein frühes Beispiel einer Holzkugel als Unterlage eines drehbaren Tisches wurde aus den Überresten eines römischen Schiffes im Nemisee in Italien geborgen. Das Wrack wurde auf das Jahr 40 v. Chr. datiert. Von Leonardo da Vinci wird gesagt, er habe schon um 1500 eine Art von Kugellager beschrieben. Eines der Probleme bei Kugellagern besteht darin, dass sie aneinander reiben können und somit zusätzliche Reibung verursachen, was aber verhindert werden kann, indem die Kugeln in einem Käfig eingeschlossen werden. Das von einem Käfig umschlossene Kugellager wurde im 17. Jahrhundert erstmals von Galileo beschrieben.

◆ Innovationen

Henry Timken, ein Visionär und Neuerer bei der Herstellung von Kutschen, ließ im Jahr 1898 das Kegelrollenlager patentieren. Ihm schwebte ein Unternehmen vor, das auf der Lösung eines großen, uralten technischen Problems beruhte: der Reibung, also der Kraft, die die Bewegung von in Kontakt miteinander befindlichen Objekten behindert. „Wer etwas konstruieren könnte, das die Reibung fundamental reduzieren würde“, beobachtete Timken, „würde etwas erreichen, was für die Welt von echtem Wert wäre.“ Im folgenden Jahr gründete er die Timken Company, um seine Innovation zu produzieren.



Henry Timken

◆ Produktdesign und -verbesserungen

Als Henry Timken seine Entwicklungsarbeit in Angriff nahm, war das vorherrschende Lager immer noch das einfache Gleitlager, das mit nur geringfügigen Veränderungen schon seit der Antike in Gebrauch war. Es handelte sich dabei im Wesentlichen um eine Metallauskleidung in dem Loch um eine sich drehende Welle, wobei die eigentliche Reibungsreduzierung zum größten Teil von der Schmierung abhing. Henry begann, mit Kugellagern zu experimentieren, die aber schnell verschlissen. Er kam zu dem Schluss, dass Rollenlager für Fahrzeuge wie Automobile viel versprechender seien, da das Gewicht der Last, das natürlich viel höher war als bei Fahrrädern, auf die gesamte Länge der Rollen verteilt werden konnte,



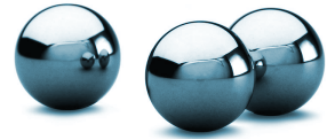
im Gegensatz zu dem einzigen Kontaktpunkt an jeder Kugel in einem Kugellager. Henry versuchte es zunächst mit geraden Rollen, entschied sich dann aber für die Kegelform, womit die Lager Kräften aus allen Richtungen standhalten konnten. Die Timken Company hat seit 1899 über sechs Milliarden Lager hergestellt und baut heute Lager vieler verschiedener Arten.

◆ Industrien und Anwendungen

Kugellager kommen in den meisten Industriebranchen zum Einsatz, darunter in den Sektoren Transport, Luft- und Raumfahrt, Fertigung, Landwirtschaft und Sport/Unterhaltung. Beispiele für Kugel- oder Rollenlager finden sich in Flugzeugfahrwerken, Windturbinen, Satelliten und Walzwerken. Miniaturlager sind in medizinischen Anwendungen, z. B. zahnärztlichen Geräten, anzutreffen.



Reibung und Lager



Schülerarbeitsblatt:

Erster Schritt:

Lies die Informationsblätter für Schüler, um etwas über Lager und Geschichte und Evolution von Kugel- und Rollenlagern zu lernen.

Zweiter Schritt:

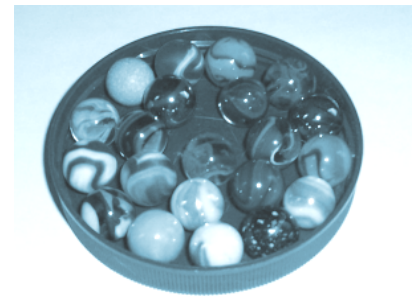
Arbeite in Gruppen von 3-4 Mitschülern und versuche, den ausgeteilten Deckel mehrere Oberflächen (Buch, Schreibtisch, Fußboden, Teppich) entlang zu bewegen.

Frage:

1. Was war der Unterschied bezüglich der Reibung beim Schieben des Deckels über die verschiedenen Oberflächen? Bei welcher Oberfläche trat die größte Reibung auf? Warum?

Dritter Schritt:

Fülle den Deckel mit gerade so vielen Murmeln, dass sein Innenraum fast gänzlich mit Murmeln angefüllt ist. (Nicht zu viele Murmeln in den Deckel legen; sie müssen sich frei bewegen lassen.) Drehe den Deckel mithilfe eines Buches um und versuche, ihn die gleichen Oberflächen wie zuvor entlang zu bewegen, wobei die Murmeln (als Kugeln) jetzt die Reibung reduzieren.



Fragen:

3. Was war der gefühlte Reibungsunterschied, als die Murmeln sich unter dem Deckel drehten?

4. Erleichterten die Murmeln das Schieben des Deckels auf allen Oberflächen? Oder nur auf einigen? Bei welcher Oberfläche trat jetzt, wenn überhaupt, die größte Reibung auf? Warum?

Vierter Schritt:

Probiere eine Variante dieses Versuchs, bei der der Deckel oben mit einem Buch oder anderen Gewicht beschwert wird (zunächst mit, dann ohne Murmeln).

Fragen:

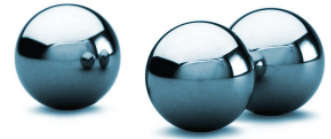
5. Ermöglicht der Murmelboden ein einfacheres Bewegen, wenn er beschwert wird?

6. Kannst du dir eine praktische Anwendung für eine Vorrichtung wie diese vorstellen? Wer muss Gegenstände mit schweren Gewichten bewegen? Inwiefern wäre diese Vorrichtung dabei eine Hilfe?

7. Nenne drei verschiedene Maschinen, in denen Kugel- oder Rollenlager zur Anwendung kommen.

1. _____ 2. _____ 3. _____

Reibung und Lager



Optionales Schülerarbeitsblatt Ihr seid die Ingenieure! Problemlösung mit Rollenlagern

◆ Anleitung

Ihr seid die Ingenieure! Arbeitet als Team und entwickelt einen Plan, bei dem ihr mithilfe von Rollenlagern einen der Tische im Klassenzimmer mit den bereitgestellten Materialien 3 m weit verschiebt. Besondere Herausforderung: Zum Bewegen des Tisches darf nicht mehr Kraft ausgeübt werden, als sie durch Druck mit dem Zeigefinger möglich ist. Ihr könnt bis zu 100 Bleistifte und so viel Klebeband wie nötig verwenden.

◆ Materialien

Ein Materialsatz pro Schülergruppe:

- 100 Bleistifte
- Klebeband
- Gummibänder
- Teppichstück

Erster Schritt:

Trage deine geplante Lösung unten als Zeichnung ein.

Zweiter Schritt:

Probiere deinen Plan aus! Sieh zu, ob du den Tisch nur mit dem Zeigefinger bewegen kannst.

Fragen:

1. Hat dein Designplan funktioniert? Warum bzw. warum nicht?
2. Welche Änderungen musstest du an deinem Plan vornehmen, um eine effektivere Lösung zu erzielen?
3. Warst du in der Lage, den Tisch nur mit der Kraft in deinem Zeigefinger zu verschieben?