

Lernwerkstatt Bewegungsmechanismen

TEIL A: MASCHINENELEMENTE

EINFÜHRUNG

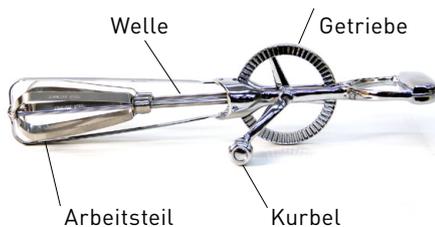


Abb. 216 | Handmixer sind einfache Maschinen: Sie bestehen aus Kurbel, Getriebe mit Zahnrädern, Welle und Arbeitsteil.

HINWEISE

Eine Analyse von Bewegungsübertragungen eignet sich für Schülerinnen und Schüler mit geringen Kenntnissen. Es müssen Modelle mit den gewünschten Bewegungen vorbereitet werden. Bewegungen lassen sich mit Kurbeln, Wellen, Schubstangen, Pleueln, Rädern und Nocken weiterleiten. Lehrpersonen verwenden die technischen Begriffe, Lernende auf der Primarstufe machen Erfahrungen damit.

Mit einer Welle sind meist alle weiteren mechanischen Teile verbunden. Dreht die Welle gleichmässig und leicht, so ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass die weiteren Maschinenteile auch leicht drehen. Dazu braucht es funktionierende Lager. Lager und Welle müssen aufeinander abgestimmt werden: Ist eine stabile Lagerung bei wenig Reibung gefragt, braucht man in der Technik vielfach Kugellager (vgl. Lernwerkstatt Fahrzeuge, S. 356).

Wichtige Übertragungsteile in Maschinen sind Wellen und Kurbeln: Sie drehen sich und leiten Kräfte weiter. Eine Kurbel besteht aus Welle und Hebel.

Eine Kurbel ist ein Hebel, der an einer drehenden Welle befestigt ist und eine Drehbewegung in eine wiederkehrende Bewegung umwandelt (hin und her, auf und ab). Es können an einer Welle auch mehrere Kurbeln eingesetzt werden. Häufig werden Kurbeln eingesetzt, um Wellen in Drehung zu versetzen.

Neben Kurbeln können auch Nocken Drehbewegungen in Auf- und ab-Bewegungen umwandeln. Schneckenocken bewirken ein Ereignis pro Umdrehung, je nach Form der Nocken bewirken sie auch mehrere Ereignisse. Nocken lassen sich durch exzentrische Lagerung auch aus kreisrunden Scheiben fertigen. Im Gegensatz zu Kurbeln haben Nocken die Eigenschaft, Informationen speichern zu können. Mithilfe von Nocken wurden vor dem Computerzeitalter industrielle Prozesse gesteuert, beispielsweise Waschmaschinen, die Nocken als Zeitgeber zur Steuerung ihrer Funktionen benutzten. Spielmusikdosen funktionieren vergleichbar.

Der Teil, der durch den Nocken bewegt wird, heisst Stössel. Stössel lassen sich so auf- und abbewegen und kombiniert mit Reibrädern zusätzlich um die eigene Achse drehen.



Abb. 217 | Maschine zum Thema mechanisches Theater einer 5.-Klässlerin: Sichtbar sind Maschinenteile wie beim Handmixer, aber auch neue Elemente wie Nocken, Reibrad und Pleuel.

TEIL B: HEBEL

EINFÜHRUNG

Bereits in den Anfängen der Menschheit war der Hebel ein wichtiges Werkzeug, um grosse Steine oder Baumstämme zu bewegen. Der griechische Wissenschaftler Archimedes erkannte im 3. Jahrhundert v. Chr. als Erster die Hebelgesetze. Durch einen langen Hebelarm können mit kleinem Kraftaufwand grosse Kräfte erzeugt werden.

Der Hebel gilt als einfachste kraftsteigernde Maschine überhaupt und gehört zu den ersten Maschinen der Technikgeschichte. Ein Hebel ist drehbar gelagert und hat immer einen Drehpunkt. Hebel lassen sich nicht nur zur Kraftsteigerung, sondern auch zur Weiterleitung von Kräften einsetzen. Man unterscheidet zwischen ein- und zweiarmigen Hebeln.

Hebel sind Bestandteil der Lebenswelt der Kinder und Jugendlichen. Bereits auf dem Spielplatz kommen sie mit Hebeln in Kontakt: mit der Schaukel, der Schaufel oder Spielgeräten im Sandkasten. Im Alltag oder im Werkraum benutzen Schülerinnen und Schüler Geräte, Maschinen und Werkzeuge, die mithilfe der Hebelwirkung funktionieren.

HINWEISE

Bei der Verschiebung des Drehpunkts ändert sich auch der Weg der Hebelarme. Nach den ersten vier Einstiegsexperimenten (Kraftwirkung des Hebels) braucht es für die nachfolgenden Experimente (Weiterleitung von Kräften, Hebelmechanismen 1–6) das unten stehende Material pro Partnerteam. Der Mechanismus darf nicht von vorne sichtbar sein.

Klassenmaterial für Experimente pro Partnerarbeit

4 Kartonstreifen etwa 200 × 20 mm, 7 Pinnwandknöpfe, 2 Musterklammern, 1 Unterlage (Weichpavate-, Styropor- oder Wellkartonplatte).

Mit einer Lochzange oder mit einem Loch Eisen (Lochdurchmesser 5 mm) lassen sich die Drehpunkte lochen.

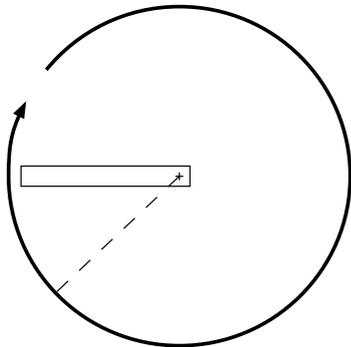


Abb. 218 | Einarmiger Hebel: Der Hebel dreht sich um eine Achse, er wirkt also in einer kreisförmigen Bewegung.

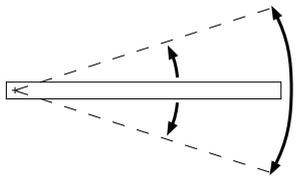


Abb. 219 | Einarmiger Hebel: Der Ausschlag ist mit zunehmendem Abstand vom Drehpunkt grösser.

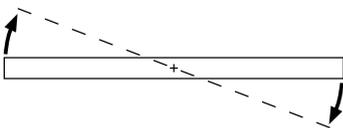


Abb. 220 | Zweiarmiger Hebel: Der Ausschlag ist mit Drehpunkt in der Mitte auf beiden Seiten gleich gross.

Anwendungen

Der Geissfuss, die Beisszange oder der Nussknacker sind bekannte Anwendungen des Hebelgesetzes: Je weiter hinten die Griffe gefasst werden, desto weniger Kraft braucht es, um den Nagel zu ziehen.



Abb. 221 | Mit dem Geissfuss lassen sich auch grosse Nägel mit wenig Kraft ausziehen.

TEIL C: KURBELMECHANISMEN

EINSTIEG

Im Mittelalter wurde an der Kurbel eine drehbar gelagerte Schubstange angebracht, die sich hin- und herbewegte. Aus Kurbel und Welle entwickelten sich deshalb die Kurbelschwinge und das Kurbelgetriebe, die aus verschiedenen gelenkartig verbundenen Teilen wie Kurbel, Gestell, Pleuelstange und Schwinge bestanden. So wurde beispielsweise eine Säge angetrieben, heute ein Scheibenwischer. In Benzin- und Dieselmotoren wird die Hin- und Herbewegung der Kolben mit denselben Maschinenelementen in eine Drehbewegung umgewandelt.

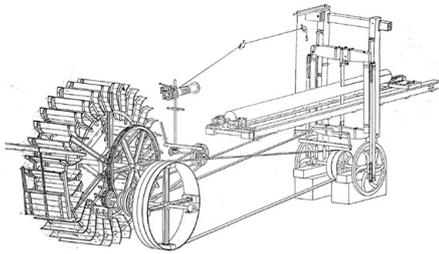


Abb. 222 | Säge mit Mühlradantrieb

HINWEISE

Kurbelmechanismen sind Bestandteil der Lebenswelt der Kinder und Jugendlichen. Spielzeugkräne mit Seilwinden, Seilbahnen und viele Aufziehspielzeuge funktionieren mit Kurbel. Die Bedeutung der Handkraft für den Antrieb einer einfachen Maschine, Erfahrungen und Verständnis für wichtige Maschinenelemente fördern das Technikinteresse und stehen im Zentrum der Analysen, der Experimente und der späteren Umsetzungen.

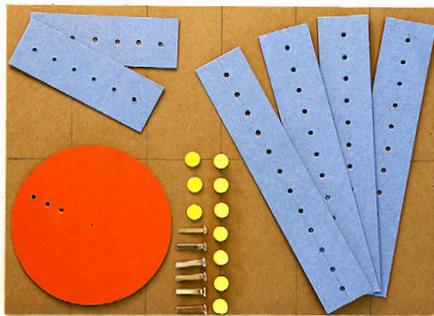


Abb. 223 | Material

Klassenmaterial für Experimente pro Partnerarbeit

4 Kartonstreifen $35 \times 200 \times 2$ mm, 2 Kartonstreifen $35 \times 100 \times 2$ mm, 1 Bierdeckel (oder Kartonscheibe Durchmesser etwa 110 mm), 10 Stecknadeln, 3 Reissnägeln, 5 Musterklammern, 1 Grundplatte Wellkarton etwa $210 \times 290 \times 10$ mm.

Abdeckkarton für die Blackbox der Lehrperson: Das Experiment soll verdeckt vorgezeigt werden, sodass die Schülerin oder der Schüler die Lösung nicht sieht.



Abb. 224 | Abdeckkarte

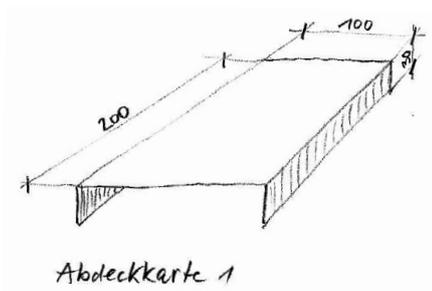


Abb. 225 | Masse der Abdeckkarte

LÖSUNGEN

HEBELMECHANISMUS 1

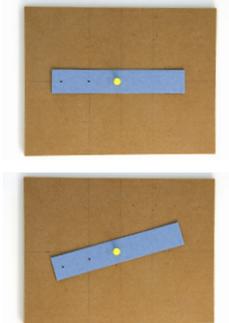


Abb. 226 | Zwei gleich lange Hebel

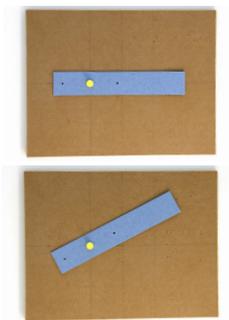


Abb. 227 | Zwei verschieden lange Hebel

HEBELMECHANISMUS 2

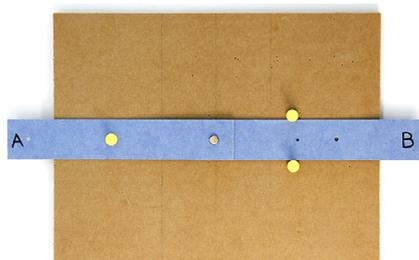


Abb. 228 | Ausgangsposition

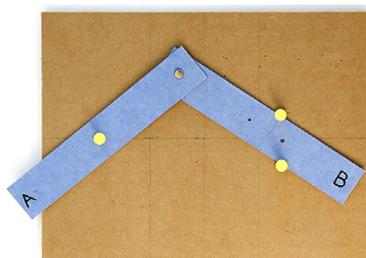


Abb. 229 | Endposition

HEBELMECHANISMUS 3

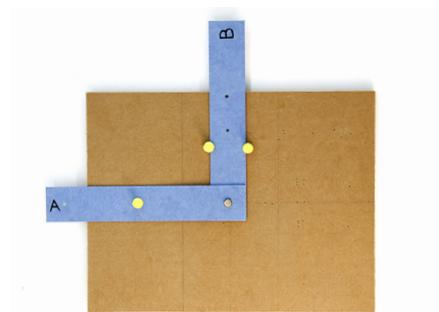


Abb. 230 | Ausgangsposition

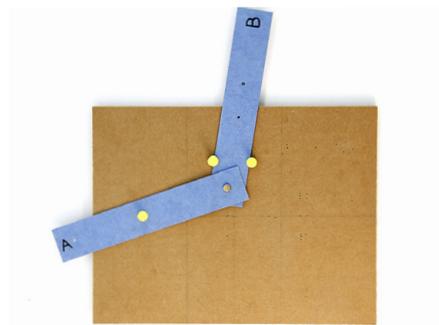


Abb. 231 | Endposition

HEBELMECHANISMUS 4

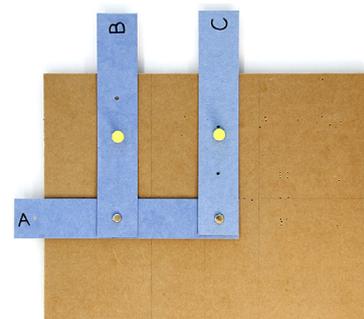


Abb. 232 | Ausgangsposition

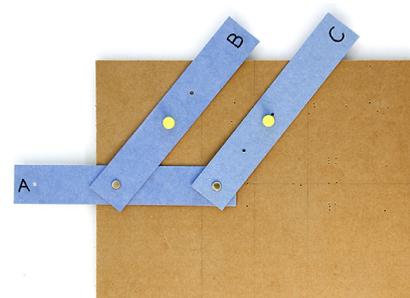


Abb. 233 | Endposition

HEBELMECHANISMUS 5

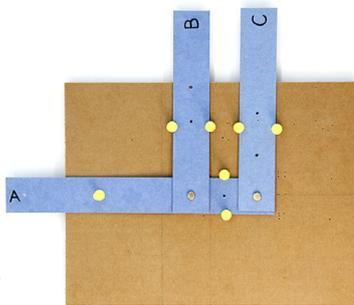


Abb. 234 | Ausgangsposition

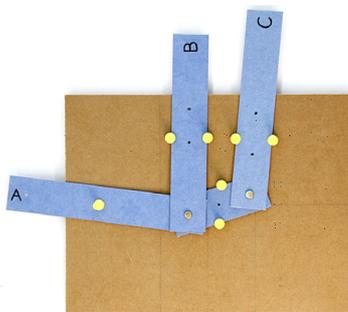


Abb. 235 | Endposition

HEBELMECHANISMUS 6

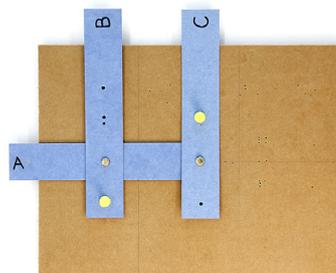


Abb. 236 | Ausgangsposition

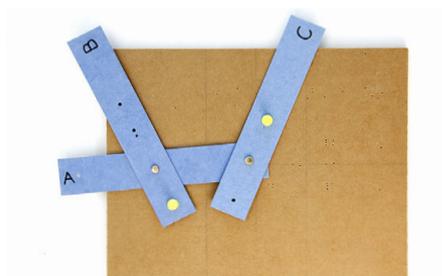


Abb. 237 | Endposition

RAD MIT SCHWINGE

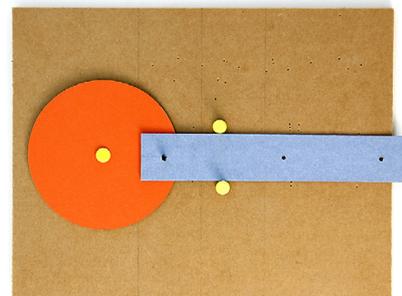


Abb. 238 | Ausgangsposition

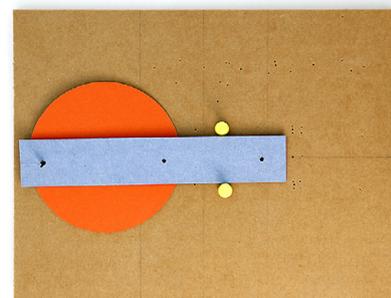


Abb. 239 | Endposition

KURBEL MIT SCHWINGE

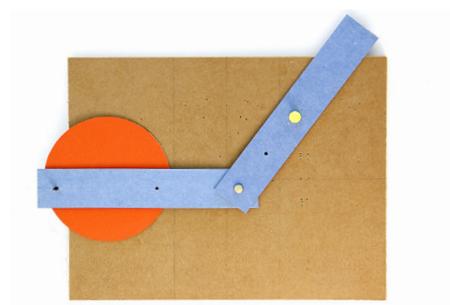


Abb. 240 | Ausgangsposition

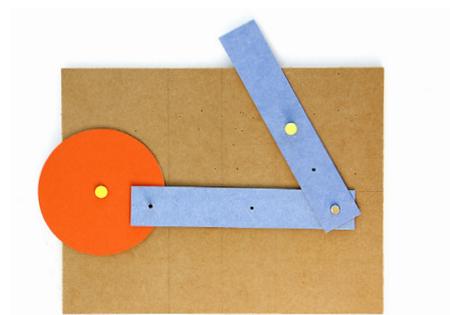


Abb. 241 | Endposition

KURBEL MIT ZWEI SCHWINGEN

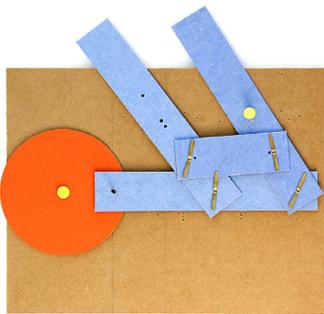


Abb. 242 | Ausgangsposition

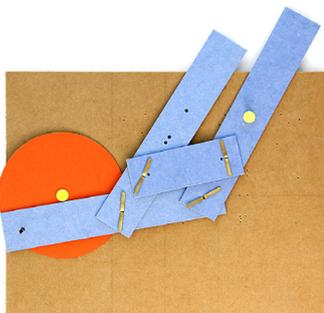


Abb. 243 | Endposition

KURBEL MIT GEGENGLEICHEN SCHWINGEN

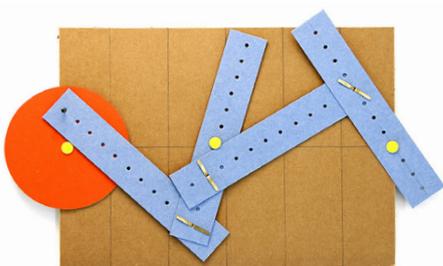


Abb. 244 | Ausgangsposition

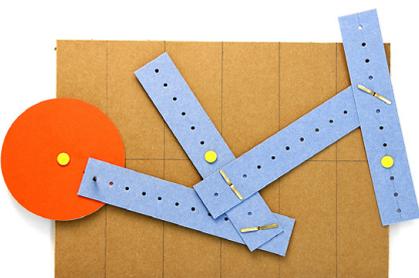


Abb. 245 | Endposition

KURBELGETRIEBE

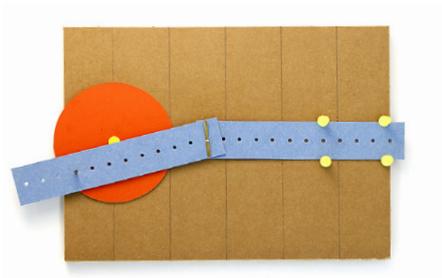


Abb. 246 | Ausgangsposition

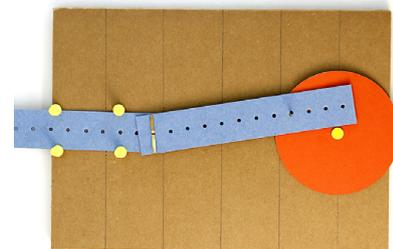


Abb. 247 | Endposition

Lernwerkstatt Fahrzeug

ERLÄUTERUNGEN

HINWEISE

Mit dem Technikmuseum Fahrzeuge entsteht ein Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. Sie erkennen Objekte aus ihrem Umfeld und können eigene Spielzeuge mitbringen. Dieser Posten der Lernwerkstatt eignet sich auch als Einstieg ins Thema und kann mit Bildern aus der Fotosammlung ergänzt werden. In diesem Fall ist das Unterrichtsverfahren «Wache Anschauung» geeignet. →II-01

RADGRÖSSE

Hinweise

Grundsätzlich haben grosse, schmale Räder weniger Rollreibung und rollen deshalb weiter als kleine, dicke Räder. Genau gleich ist es bei Pneus, etwa bei Fahrrädern: Grosse, schmale und hart gepumpte Pneus eines Rennfahrrads haben weniger Rollreibung als kleine, dicke eines Mountainbikes. Fahrräder und Fahrzeuge mit schlecht aufgepumpten Rädern brauchen deshalb mehr Kraft bzw. Treibstoff. Eindrücklich ist die Tatsache, dass ein Eisenbahnrad zehnmal weniger Rollreibung erzeugt als ein Autorad auf Asphalt.¹

Bei Leichtbaufahrzeugen, insbesondere mit Rückstoss- oder mit Luftschaubenantrieb, eignen sich deshalb vor allem CD-Räder.

Technikverständnis/Lebensweltbezug

Das Rad gilt als eine der ältesten und zugleich eine der wichtigsten Erfindungen der Menschheit. Um 4000 v. Chr. wurde das erste Rad, das sogenannte Scheibenrad, erfunden.

Um 2000 v. Chr. wurde das Rad weiterentwickelt zum sogenannten Speichenrad, das im Vergleich zum Scheibenrad bereits eine Leichtbaukonstruktion war. 1845 entwickelte der Engländer Robert William Thomson den ersten Luftreifen aus Gummi, der in weiterentwickelter Form heute für Autos, Fahrräder und viele andere Fahrzeuge eingesetzt wird.

Vgl. Lernhilfe Geschichte des Rads

ACHSEN

Hinweise

Die Metallachse im Metallloch erzeugt am wenig-

sten Reibung, das Testfahrzeug rollt so am weitesten. Die grösste Reibung entsteht in der Kombination Holz auf Holz: Ein Gewicht erzeugt noch mehr Reibung, und deshalb fährt ein schweres Testfahrzeug mit schlecht gelagerten Wellen die kürzeste Strecke.

Als Achsen dienen vorzugsweise Schweiss- oder Gewindestäbe, die in Metall oder Kunststoff gelagert sind.

Technikverständnis/Lebensweltbezug

In der Alltagstechnik werden meist Kugellager eingesetzt, die reibungsarme Lagerungen ermöglichen. Schwebende Lagerungen (mit Magnetfeldern) werden bei sehr hohen Drehzahlen verwendet, sie sind reibungs- und damit auch wartungsfrei.

Das Kugellager besteht aus einem Aussenring, einem Innenring und dazwischen liegenden Kugeln. Wenn nun z. B. der Innenring zu drehen beginnt, reiben nicht mehr wie beim durchgeführten Posten die beiden Metallteile gegeneinander, sondern die dazwischenliegenden Kugeln beginnen zu drehen. Die drehenden Kugeln haben somit eine niedrigere Reibung, und die Räder rollen besser.

HAFT- UND GLEITREIBUNG

Hinweise

Die Reibung verhindert, dass Gegenstände hin und her gleiten. Dank der Haftreibung liegt das Buch fest auf dem Tisch. Wenn das Buch geschoben wird, überwindet man die Haftreibung, und die Gleitreibung ist dann abhängig von Unebenheiten und der glatten bzw. rauen Oberfläche. Die Gleitreibung ist immer kleiner als die Haftreibung. Auf den Rundstaben bestimmt dann die Rollreibung das Geschehen. Diese ist erheblich kleiner als die Gleitreibung, weil es beim Rollen nur noch wenig Kontaktpunkte zwischen Tisch und Rollen gibt.

Kenntnisse über den Einfluss der Reibung sind im Zusammenhang mit den Umsetzungen entscheidend. Grundsätzlich gilt: Je weniger Reibungsfläche, desto schneller fährt ein Fahrzeug.

Die Erfindung des Rads und ihre technisch-kulturelle Bedeutung wird handelnd erfahren und lässt sich mit der Lernhilfe Erfindung des Rads vertiefen.

Technikverständnis/Lebensweltbezug

Die alten Ägypter verwendeten vermutlich Rollen,

¹ Hartmann et al. 2004, S. 73.

um die mehr als zwei Millionen Steine von je über 2 t Gewicht für die Cheopspyramiden von weit her zu holen. Auch heute wird das System noch gebraucht: In Flughäfen werden die Gepäckstücke auf langen Rollensystemen befördert. Sehr schwere Geräte werden von Spezialfirmen über kurze Distanzen auf Luftrollen bewegt.

GLEIT- UND ROLLREIBUNG

Hinweise

Die Kugeln rollen zuerst, da sie nur an einem Punkt die Fläche berühren und damit kaum Reibung erzeugen, denn die Rollreibung ist immer kleiner als die Gleitreibung. Die Reihenfolge der Kugeln ist abhängig von der Gewichtskraft der Kugeln und von der Oberfläche (Rollwiderstandskoeffizient). Beim Gleiten hängt die Reibung ab von der Gewichtskraft, dem Material des Gegenstands und dem Material der Fläche, auf dem der Gegenstand gleitet (Gleitwiderstandskoeffizient).

Reihenfolge: 1. Stahlkugel, 2. Murmel, 3. Holzkugel, 4. Korkkugel, 5. Mutter, 6. Unterlagsscheibe, 7. Holzwürfel, 8. Flickzapfen.

Mehrere Versuche erhöhen die Zuverlässigkeit des Experiments.

ROLLREIBUNG MIT KUGELLAGER

Hinweise

Murmeln mit Deckel funktionieren wie ein Kugellager. Die Rollreibung ist geringer als beim Experiment mit den Rundstäben, weil die Fläche, auf der das Buch und die Murmeln sich berühren, viel kleiner ist. Zudem drehen sich Walzen nur in zwei Richtungen, während sich Kugeln in alle Richtungen bewegen können.

Je besser etwas gelagert ist und je leichter etwas ist, desto weniger Reibung wird erzeugt. Bei Leichtbaufahrzeugen, angetrieben mit schwachen Motoren, ein wichtiger Faktor.

FAHRGESTELL UND LEICHTBAU

Hinweise

Leichte Materialien eignen sich grundsätzlich. Allerdings ist die Wasserfestigkeit zu prüfen, wenn das Fahrzeug draussen fahren soll. In der Realität sind vor allem Faserverbundkunststoffe (z. B. Karbon) oder Aluminium im Einsatz. Weitverbreitet ist auch der konstruktive Leichtbau. →III-26 →tud.ch

Leichtbau ist in der Technik zunehmend ein wichtiges Thema, sei es im Transportwesen, im Bauwesen oder im Sport. Technische Innovationen werden

benutzt, um Gewichtsersparnisse zu erreichen. Das Ziel ist immer, Energie zu sparen, sei es bei der Produktion, beim Transport oder bei der Entsorgung.

Technikverständnis/Lebensweltbezug

Fahrgestell und Karosserie – was ist der Unterschied?

Das Fahrgestell wird auch als Chassis bezeichnet und ist das tragende Element eines Fahrzeugs. Am Fahrgestell sind die Radaufhängungen, das Getriebe, der Motor und die Karosserie befestigt. Fahrgestelle werden aus Stabilitätsgründen aus Stahl hergestellt.

Die Karosserie ist der Fahrzeugaufbau und bestimmt Aussehen und Form eines Fahrzeugs. Die Karosserien wurden lange Zeit aus Stahlblech gefertigt, heute benutzt man zunehmend Leichtbaumaterialien wie Aluminium, Kunststoff und insbesondere Karbon.

Vgl. Lernhilfen Leichtbau →III-26

VERKABELUNG

Hinweise

Es braucht einen einfachen Stromkreis mit Schalter, mit dem Elektromotor als Verbraucher. Konkret: Ein Prüfkabel führt direkt von der Batterie zur einen Klemme des Elektromotors, ein zweites Prüfkabel ebenfalls von der Batterie zum Schalter, ein drittes vom Schalter zur zweiten Klemme des Motors. Die Umkehr der Drehrichtung erfolgt durch Umpolen am Motor oder an der Batterie.

Bei den Unterrichtsvorhaben Elektroleichtmobil und Racer braucht es keine weiteren Kenntnisse über Schwachstrom. Die Lernwerkstatt Elektrizität und Energie führt zu erweiterten Kenntnissen.

Technikverständnis/Lebensweltbezug

Im Elektroauto sehen viele Experten die Zukunft, die Entwicklung ist rasant. Lithium-Akkumulatoren speichern wesentlich mehr Energie als Akkus älterer Bauart, haben aber immer noch nicht die Speicherkraft eines Benzin- oder Dieseltanks. Die Reichweite für Elektrofahrzeuge ist deshalb zurzeit noch eingeschränkt.

Elektrische Energiespeicher sind schwer. Elektrisch betriebene Fahrzeuge erfordern, um überhaupt konkurrenzfähig zu sein, deshalb als Kompensation Leichtbauweise. Um die Sicherheit zu garantieren, werden Leichtbaumaterialien wie faserverstärkte Kunststoffe (Karbon) konstruktiv eingesetzt.

Elektroautos sind Nullemissionsfahrzeuge, sofern

die elektrische Energie aus regenerativen Quellen wie Sonne und Wind kommt. Die Entwicklung dieser weniger umweltbelastenden Fahrzeuge schreitet mit rasanten Schritten voran. So werden die Batterietechnologien weiterentwickelt, um kostengünstiger mehr Reichweite zu erzielen. Zudem muss die Fahrzeugkonstruktion durch Leichtbau unter Verwendung von neuen Werkstoffen einen Beitrag zur Verbrauchsreduktion leisten, ohne einen Kompromiss bezüglich Sicherheit einzugehen.

Für den Stadtgebrauch lohnt sich eine Anschaffung bereits jetzt, und die Autoindustrie rechnet in naher Zukunft mit einem Boom konkurrenzfähiger elektrisch betriebener Fahrzeuge.

Vgl. Grundlagen Mobilität und Energie →III-25

ENERGIEEINHEIT

Hinweise

Solarfahrzeuge sind wetterabhängig und im Vergleich zum Batteriebetrieb auch in der realen Welt weniger leistungsfähig. Allerdings fahren auch batteriebetriebene Fahrzeuge nur so lange, bis die Energie verbraucht ist.

Solarfahrzeuge aus Leichtbaumaterial, beispielsweise PET, sind in der Herstellung, auch im Modellbau, teuer und haben ähnliche Nachteile wie das Flugzeug Solar Impulse von Pionier Bertrand Piccard. Der Film «Solartaxi – Um die Welt mit der Kraft der Sonne» über den Schweizer Louis Palmer und der Vergleich zur aktuellen Entwicklung der Solartechnologie vertiefen das Thema.

Technikverständnis/Lebensweltbezug

Der Schweizer Wissenschaftler und Abenteurer Bertrand Piccard umflog allein mit Sonnenkraft die Welt. Beim Flugzeug Solar Impulse sind die Batterien das grosse Problem. Aus Gewichtsgründen kommt nur eine begrenzte Menge der Stromspeicher an Bord. Die müssen reichen, um das Flugzeug durch die Nacht zu tragen, bis am Morgen die Solarzellen auf den Flügeln wieder Strom liefern.

Vgl. Lernhilfen Batterien