

# Rad

## ACHSEN UND WELLEN

### HINWEISE

Mechanische Maschinen, zu denen auch Fahrzeuge gehören, wandeln vorwiegend eine Bewegung in eine andere Bewegung um. Dazu sind Bauteile zum Aufnehmen und zum Weiterleiten erforderlich.

Die Achse hält drehende Teile, ohne Kräfte bzw. Energie weiterzuleiten, z. B. die Vorderachse eines Fahrrads oder die Räder eines Eisenbahnwagens. Die Räder rotieren entweder auf feststehenden (starrten) Achsen oder sind fest mit der umlaufenden Achse verbunden.

Die Welle leitet Bewegung und Kraft bzw. die bereitgestellte Energie weiter, d. h., sie überträgt Drehbewegungen. Beispiele sind Antriebswellen von Maschinen, Getriebewellen von Fahrzeugen, Tretlagerwellen von Fahrrädern oder Kurbelwellen von Verbrennungsmotoren.

Lager führen Achsen und Wellen. Die Reibung (Gleitreibung) wird durch Schmiermittel gemindert. Je härter die Materialien zur Konstruktion der (Gleit-)Lager, desto kleiner die Reibung. Kugellager reduzieren die Reibung stark. Reibungsverluste entstehen, wenn bewegliche Teile aneinander oder an ihrer Auflage reiben. Der Wirkungsgrad der Energieumwandlung sinkt.

Damit ein Fahrzeug im Modellbau geradeaus fährt, müssen Achsen oder Wellen genau parallel montiert werden.

### HILFESTELLUNGEN

- Mit dem Schreinerwinkel Lage der Achsen oder Wellen anreissen, bevor die Grundform des Fahrgestells ausgesägt wird.
- Genutete Bretter zur Verfügung stellen. Grundform des Fahrgestells aussägen. In die Nut wird ein Metallröhrchen als Wellenlagerung gelegt und befestigt.
- Lehrhilfe Hilfsgerät Achsmontage zum Anzeichnen der Achs- und Wellenlager im PET-Flaschen-Fahrgestell benutzen.
- Beim Kauf von Lagern auf Durchmesser achten: Geeignet sind Messingrohre mit Innendurchmesser 3,2 und 4,2 mm für 3- bzw. 4-mm-Achsen und -Wellen.
- Befestigung von Rädern an Achsen oder Wellen (vgl. Lehrhilfe Radbefestigung).

Karosserie



Abb. 178 | Karosserie und Fachbegriffe zum Fahrgestell

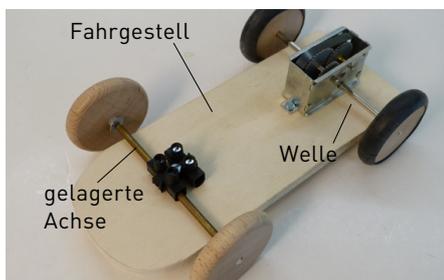


Abb. 179 | Begriffe wie «Fahrgestell», «Reduzierstück», «Achse», «Welle», «Lager» müssen thematisiert und geklärt werden.

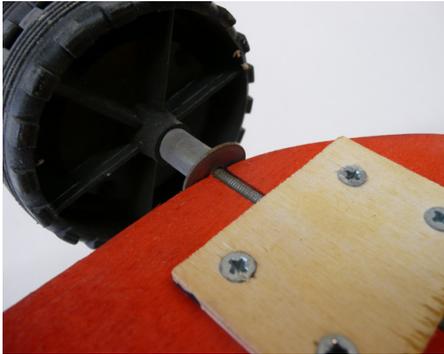


Abb. 180 | Achse im genuteten Brett und Abstandhalter durch einen Kunststoffrohrabschnitt

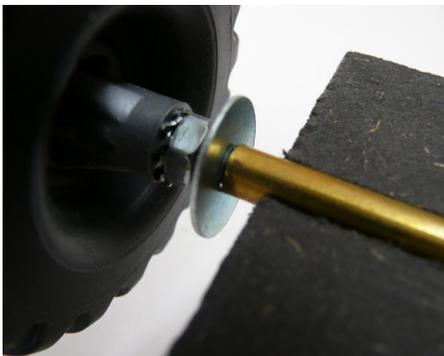


Abb. 181 | Abstandhalter mit gekonzertierten Muttern

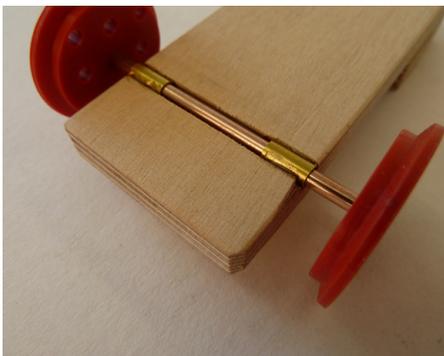


Abb. 182 | Messingrohr als Lager in die Nut eingeklebt.

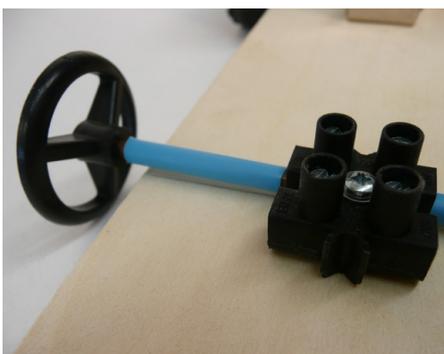


Abb. 183 | Achsmontage (Schweisstab) mit einem Lager in der Lüsterklemme (Schrauben nicht anziehen!), Abstandhalter ist hier ein Trinkhalm.

### STARRE ACHSEN MONTIEREN

**Achsen im genuteten Brett:** Geeignet für Achsen sind Schweiss- und Gewindestäbe. Die Nut muss etwas weniger tief sein als der Durchmesser der Achsen. Mit einem geklebten oder aufgeschraubten dünnen Sperrholzstück die Achse einklemmen. Alternativ lässt sich die Achse mit Zweikomponentenklebstoff befestigen.

**Abstandhalter:** Ein Kunststoffrohrstück, eine Lüsterklemme oder zwei gekonzertete Muttern auf der Innen- und Aussenseite verhindern das Hin- und Herrutschen.

**Einsteigerfahrzeuge:** Räder lassen sich auch mit Holzschrauben oder Nägeln am Fahrgestell fixieren. Dies erfordert genaues Anzeichnen und Vorbohren am Fahrgestell. Holzschrauben ohne Gewinde am Schaft wählen. Das Achsloch im Rad muss 0,5 mm grösser sein als der Schraubendurchmesser.

### BEWEGLICHE ACHSEN MONTIEREN

**Achsen im genuteten Holzbrett:** Achse aus Gewindestab (3 oder 4 mm). Messingrohr (Innendurchmesser 3,2 oder 4,2 mm) in Nut, eingeklebt oder eingeklemmt als Lager. Die Unterlagscheibe zwischen Nabe und Messingrohr vermindert die Reibung. Geeignet für alle Fahrzeuge (ausser Leichtbaumobilen).

Das Messingrohr zur Lagerung kann auch getrennt werden. So wird die Reibung noch kleiner. Geeignet für alle Fahrzeuge (ausser Leichtbaumobilen).

**Achsen in der Lüsterklemme:** Schweissstab in der Lüsterklemme festschrauben und diese in der Mitte mit einer Schraube auf dem Fahrgestell fixieren. So lässt sich die Achse justieren und bei Bedarf als Steuer einsetzen. Trinkhalm als Distanzhalter zwischen Lüsterklemmen und Nabe einsetzen. Geeignet beispielsweise für Federwerk- und Schwungmotoren.

**Achsen im Messingrohr:** Das Messingrohr ist das Lager des Schweisstabs. Es wird in der Lüsterklemme befestigt. Geeignet für Federwerk- und Schwungmotoren.

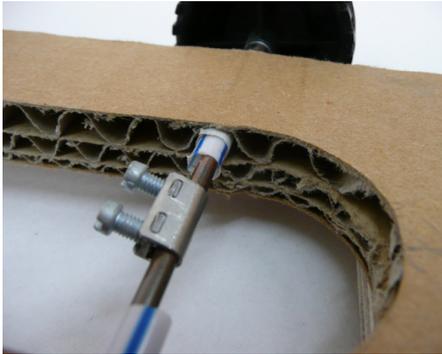


Abb. 184 | Lagerung im Wellkartonfahrzeugstell

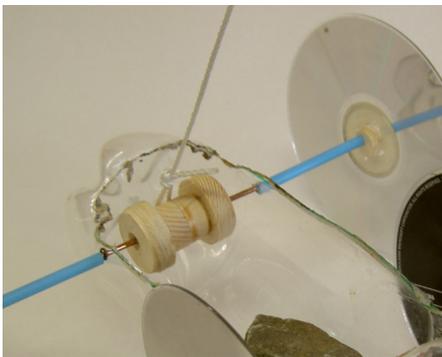


Abb. 185 | Kraftübertragung durch Spannung

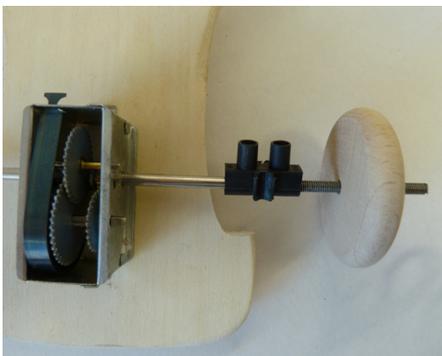


Abb. 186 | Welle verlängern mit einer Lüsterklemme.

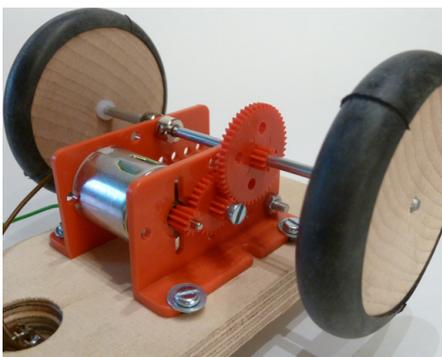


Abb. 187 | Bausatz Getriebemotor

### WELLEN MONTIEREN

**Lagerung im Wellkartonfahrzeugstell:** Welle aus Schweissstab in einem Trinkhalm lagern. An der Lüsterklemme kann eine Schnur oder ein Gummizug befestigt werden. Geeignet für Wellkartonfahrzeuge, alle Leichtbaumobile wie das PET-Spannmobil oder Modelle des Unterrichtsvorhabens Gummiflitzer.

**Kraftübertragung durch Spannung:** Als Welle wird ein Schweiss- oder Gewindestab eingesetzt. Auf die «Flickzapfenrolle» (oder auf eine hölzerne Fadenspule) wird die Schnur (oder das Gummiband) aufgerollt, die an einer Spannfeder z. B. aus Polystyrol befestigt ist.

**Welle verlängern:** Die Länge der Welle eines Federwerkmotors ist gegeben. Notfalls lässt sie sich mit einer Lüsterklemme und einem Gewindestab oder einem Schweissstab verlängern. Geeignet für Federwerk- und Schwungmotorfahrzeuge.

**Getriebemotor-Werkpackung:** Mit Stellringen wird die Welle gegen das seitliche Verschieben gesichert.

### GETRIEBEMOTOR ZUSAMMENSETZEN

- Anleitung lesen und Übersetzungsverhältnis festlegen.
- Ritzel senkrecht aufstellen, Motorwelle aufsetzen, mit einem Hammer vorsichtig auf das Ende der Motorwelle schlagen und die Welle eintreiben.
- Die langen Metallschrauben im vorderen Winkel in nicht benötigte Bohrungen stecken und Abstandrollen auf die Schrauben schieben. Motor einlegen, zweiten Winkel auf die Schrauben schieben und die Muttern locker aufschrauben.
- Welle in gewünschtes Zahnrad (fester Sitz = kleine Bohrung = meist rot) einschlagen. Soll das Zahnrad verschoben werden, hält man die Welle mit einer Zange und schiebt das Zahnrad drehend.
- Ein Zahnrad auf jeder Welle hat jeweils festen Sitz (rot), die anderen laufen lose. Rohrabschnitte oder Muttern dienen als Abstandhalter.
- Bei der Verwendung von Zahnradern 30/10 wird das erste Zahnrad mit einer Metallschraube, die sich das Gewinde selbst schneidet, im Winkel befestigt.
- Die Elektromotoren sind meist für Spannungen zwischen 1,5–4,5 V (typischerweise 3V) angelegt. Getriebe immer wieder testen, ggf. beide Winkel etwas bewegen. So lässt sich ein klemmendes Zahnrad evtl. lösen.
- Notfalls kann auch ein 0,5 mm größeres Lagerloch gebohrt werden. Wenn das Getriebe läuft, Abstandrollen bzw. Muttern der Metallschrauben definitiv anschrauben. Ein Tropfen Öl im Getriebe mindert die Reibung.



Abb. 188 | Hilfsgerät Achsmontage mit einstellbarer Breite



Abb. 189 | Einklemmen des unregelmässigen Behältnisses mit Keilen.



Abb. 190 | Hilfsgerät Achsmontage starr für PET-Flaschen (Bezug [www.do-it-werkstatt.ch](http://www.do-it-werkstatt.ch))

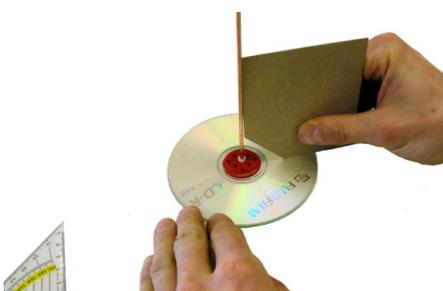


Abb. 191 | Rad-Achse-Winkelkontrolle

## ACHSMONTAGE

### ACHSLÖCHER BEI RECYCLINGBEHÄLTER

Mit diesem Hilfsmittel können bei PET- oder andere Flaschen Löcher angezeichnet und Achs- oder Wellenlagerungen parallel gestochen werden.

#### Vorgehen

- Flasche in Hilfsgerät Achsmontage mit Keilen und Schiftholz einklemmen. Darauf achten, dass der Abstand zum Hilfsgerät überall gleich gross ist.
- Spitz zugefeilter Schweissstab (3 mm) mit dem Heissluftföhn erhitzen. Handschuhe tragen.
- Heissen Stab in Führungsnut legen und langsam durch die Flasche stossen.
- Gleiches Vorgehen für das zweite Loch auf der gegenüberliegenden Seite. Zum Richten wird ein Stab in den bereits gestochenen Löchern belassen. Diesen mit der Hand in die Nut drücken und erst dann das dritte und vierte Loch stechen.

#### Tipps

- Falls der Stab mit Kraft in die Flasche gestossen werden muss, neu erhitzen.
- Falls die gelagerte Achse «reibt», muss mit einem zugespitzten 4-mm-Schweissstab minimal nachgestochen werden.

### RADMONTAGE MIT CD

Um CDs als Räder zu verwenden, muss eine Nabe am Rad befestigt werden, hier mit Stufenscheiben mit Lochdurchmesser 4 mm, Achsen- oder Wellendurchmesser 3 mm.

#### Vorgehen mit Stufenscheiben

- Loch in der Stufenscheibe ansenken und Reduzierstücke hineinschlagen. Es sind auch Stufenscheiben mit Lochdurchmesser 3 mm erhältlich. In diesen halten die Schweisstäbe ohne Reduzierstücke, drehen aber bei Belastung durch.
- Wenig Kunststoffkleber auf Stufenscheibe auftragen, ablüften lassen und in der Mitte der CD fest andrücken.
- Achse aus 3-mm-Schweissstab ablängen, anfasen und mit dem Hammer in die Reduzierstücke schlagen. Die CD muss dabei flach auf einer Unterlage liegen, sonst zerbricht sie.
- Winkel von Rad und Achse kontrollieren: Mit dem Geodreieck ein rechtwinkliges Kartonquadrat anzeichnen, ausschneiden und eine Ecke abschneiden.



Abb. 192 | Hilfsgerät Achsmontage  
(Bezug [www.do-it-werkstatt.ch](http://www.do-it-werkstatt.ch))

#### HILFSGERÄT ACHSMONTAGE, BAUPLAN 1:3

##### Hinweis

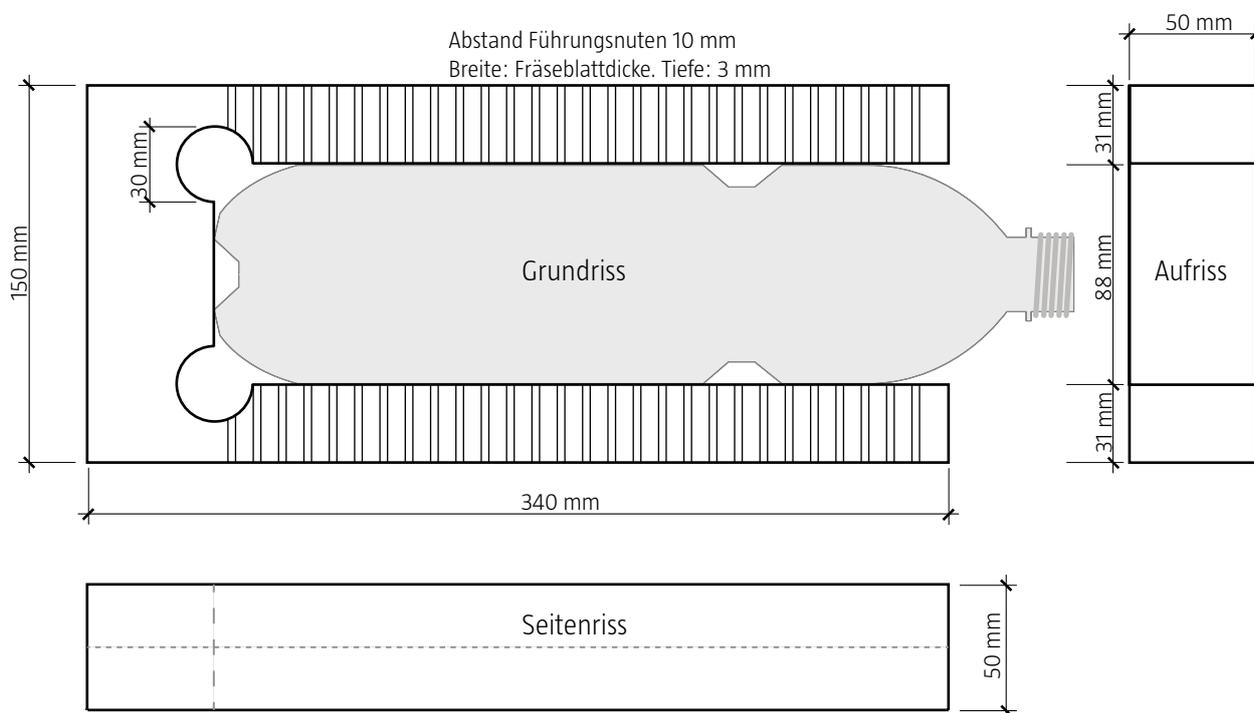
Diese Kopiervorlage lässt sich mithilfe des Kopierapparats auf das Originalmass vergrössern. Vorsicht: Beim Ausdrucken des PDFs die Druckoption «Tatsächliche Grösse» anklicken.

##### Material

2 MDF-Platten 340 × 150 × 25 mm, Platten verleimen oder dickere Dimension verwenden. Das Hilfsgerät Achsmontage muss 50 mm dick sein.

##### Vorgehen

- Platten verleimen.
- Hilfsgerät Achsmontage mit Kreissäge nuten (nur Lehrperson).
- Innenausschnitt anzeichnen.
- 30-mm-Löcher bohren.
- Mit Bandsäge (oder Stichsäge) aussägen.



## GETRIEBEDOKTOR

Getriebebausätze sind hilfreich. Der Zusammenbau ist in der Anleitung beschrieben. Es können Probleme auftreten, bei denen die Ursache nicht auf den ersten Blick klar ist. Die Lösung muss der Mechaniker («Getriebedoktor») finden.

### PROBLEM, URSACHE UND LÖSUNG

#### Ursachen und Massnahmen, wenn das Getriebe klemmt

- Wellen drehen nicht: evtl. mehr Spiel zwischen Abstandhalter und Lagerung nötig.
- Montageschrauben auf Grundbrett behindern die Zahnräder.
- Achsschraube beim ersten Zahnrad nach dem Ritzel zu fest angezogen: Schraube etwas lockern.
- Nicht parallele Montage der Montageplatte: Schrauben lockern, Platten richten und Schrauben wieder anziehen.
- Distanzschrauben (Schraube im schwarzen Röhrchen) zu fest angezogen: Muttern lockern.
- Leimreste zwischen den Zähnen der Zahnräder: mit Ahle oder Reissnadel entfernen.

#### «Festsitzende» Zahnräder drehen auf Achse

- Wichtig: Enden der Achsen nach dem Ablängen immer versäubern. Ein bestehender Grat beschädigt das Bohrloch und weitet es aus (allenfalls Zahnräder austauschen).

#### Klebesicherung

- Vorsicht: sauber arbeiten und nicht zu früh belasten.
- Geeignet: Spezialsekundenkleber für Kunststoffe mit Primer für Polyolefine (nur unter Aufsicht der Lehrperson).
- Mässig geeignet: Zweikomponentenklebstoff schnellfest (Metallachse ausserhalb des Zahnrads leicht aufrauen).
- Ungeeignet: Heissleim, Sekundenleim, Bastelkleber, Schraubensicherung.

#### Weitere Lösungsmöglichkeiten

- Batterieleistung erhöhen, z. B. 3 V statt 1,5 V.
- Untersetzungsverhältnis verändern.
- Motor umpolen (bei falscher Drehrichtung).

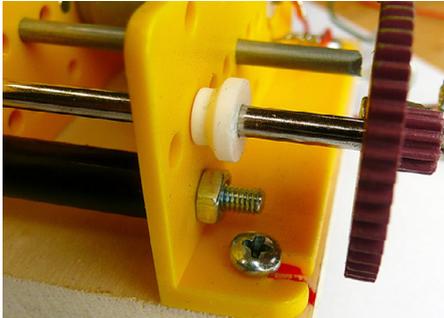


Abb. 193 | Montageschraube klemmt das Zahnrad ein.

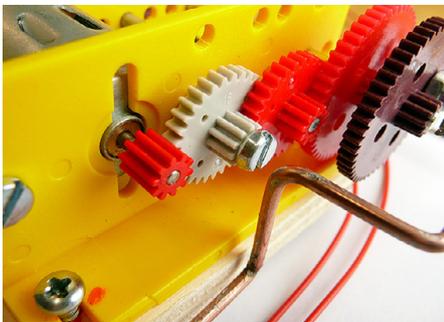


Abb. 194 | Achsschraube beim ersten Zahnrad nach dem Ritzel zu fest angezogen.



Abb. 195 | Leimsicherung Sekundenkleber für Kunststoffe



Abb. 196 | Oberstufenprojekt, mit Getriebemotorantrieb und auswechselbaren Figuren. Als Einstieg eignet sich das Video «How to Make Automata. Mechanisms & Methods» von Gery (2006, [www.cabaret.co.uk](http://www.cabaret.co.uk)).

## MECHANISCHES THEATER

### HINWEISE

Mechanische Theater faszinieren. Der Schwierigkeitsgrad der Konstruktion ist abhängig von der Anzahl, der Übertragungsart und der Form der Bewegungen. Die Aufgabenstellung muss den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler entsprechen. Die Lernwerkstatt Bewegungsmechanismen schafft Voraussetzungen und gibt auch technologische Hinweise. Die Lehrhilfe Mechanisches Theater fasst Tipps und Tricks zusammen.

### KONSTRUKTION

Ein mechanisches Theater mit ein bis zwei Bewegungsübertragungen ist auch für jüngere Schülerinnen und Schüler machbar. Ein Theater zu bauen, wie abgebildet mit drei Maschinengestellen und vier verschiedenen Bewegungen, ist eine anspruchsvolle Aufgabe, insbesondere dann, wenn das Theater motorisiert ist.

Dreht die Welle gleichmässig und mit wenig Reibung, so ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass die weiteren Maschinenteile auch leicht drehen. Dazu braucht es funktionierende Lager. Lager und Welle müssen aufeinander abgestimmt werden. Meist werden Kurbeln eingesetzt, um Wellen in Drehung zu versetzen. An einer Welle können auch mehrere Kurbeln einsetzen. Neben Kurbeln können auch Nocken Drehbewegungen in Auf-und-ab-Bewegungen umwandeln. Nocken aus kreisrunden Scheiben fertigen und exzentrisch lagern. Der Teil, der durch den Nocken bewegt wird, heisst Stössel. Stössel lassen sich dadurch auf und ab bewegen und, kombiniert mit Reibrädern, zusätzlich um die eigene Achse drehen. Ausserdem sind Schubstangen und Pleuel einsetzbar.

Als Forschungsaufgabe können Leuchtdioden eingebaut werden, um interessante Beleuchtungseffekte zu erreichen, die die Schülerinnen und Schüler zusätzlich mithilfe einer Nockenwelle steuern können.



Abb. 197 | Erste Modelle in leicht bearbeitbaren Gestellen erleichtern das Experimentieren.



Abb. 198 | Hilfsmittel zum Stechen der Löcher bzw. Lager der Wellen (Plan Hilfsgerät Achsmontage)



Abb. 199 | Das Fixieren erleichtert das Ausschneiden.



Abb. 200 | Reibrad an Kurbelwelle aus Gewindestab und Schweisstab, Kupplung mit Lüsterklemme

### IDEEN ENTWICKELN

Erste Erfahrungen mit Bewegungsmechanismen lassen sich mit Tetra Paks machen. Nach einer Analyse von einfachen Bewegungsübertragungen können die Schülerinnen und Schüler Übertragungen entwickeln.

Das Tetra Pak dient als Gestell, mit selbst hergestellte Rädern (vgl. Lehrhilfe Herstellung des Kreiselteilers), Rundstäben und Sperrholzresten sollen die Mechanismen entwickelt oder nachgebaut werden.

### MEHRERE MASCHINENGESTELLE

Bei zwei Gestellen für zwei (oder mehr) Maschinen sollten die PET-Flaschen

- gleich gross sein,
- zuerst in einem Sperrholzstreifen (max. 8 mm) eingeschraubt werden; dazu müssen im gewünschten Abstand Löcher gebohrt werden (28 mm oder 25 mm und mit Rundfeile ausfeilen).

Hilfsgerät Achsmontage benutzen. →App

### AUSSCHNEIDEN DES GESTELLS

PET-Flaschen eignen sich als Gestell. Sie sind leicht bearbeitbar, stabil und transparent: Der Mechanismus ist sichtbar.

Um den Mechanismus einzubauen, muss eine «Serviceöffnung» eingebaut werden. Diese mit einer Schablone und wasserfestem Filzstift einzeichnen, in den Ecken mit einer erhitzten Ahle Löcher stechen und mit einer spitzen Schere die Öffnung ausschneiden.

### REIBRAD

Holzrad, befestigt mit einem Reduzierstück 4/3: Der Gewindestab lässt sich wie eine Schraube in die Plastikhülse eindrehen. Ein Gummiring aus einem alten Fahrradschlauch verbessert die Haftung. Seitlich lassen sich Lager für die Welle mit der erhitzten (runden) Ahle stechen. Etwas zu grosse Löcher für die Wellenlagerung führen zu weniger Reibung. Die Kurbel mit einer Lüsterklemme befestigen, als Abstandhalter z. B. PVC-Schläuche einsetzen.

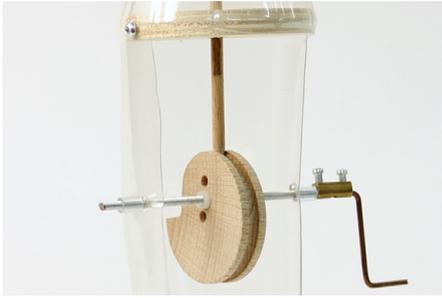


Abb. 201 | Kurbel mit Nockenrad: Ein Reduzierstück im 4-mm-Loch verhindert das Durchdrehen.



Abb. 202 | Schubstange mit Pleuel, geführt mit Kartonunterlagsscheiben



Abb. 203 | Befestigung der Figuren mit Lüsterklemmen (Hase entsteigt Zylinder und Clown hebt Hut)

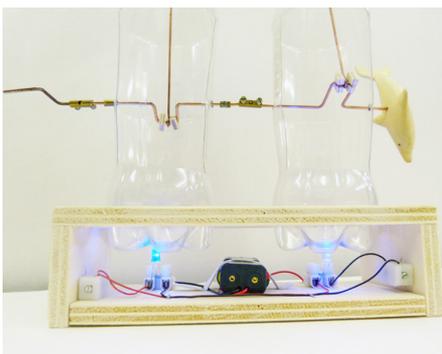


Abb. 204 | Mit blauen Leuchtdioden beleuchtetes Aquarium, parallel und ohne Widerstand geschaltet, Stromquelle 3 V

#### NOCKENWELLE

Das Nockenrad, hier aus einem Rillenrad gefertigt, ist exzentrisch gelagert und mit einem Reduzierstück befestigt. Der Stößel muss unten angepasst auf die Grösse der Rille rund geschliffen werden. Um den Stößel, die Schubstange oder das Reibrad zu lagern, muss ein zweites Lager, z. B. in Form einer Holzscheibe, mit Holzschrauben befestigt werden.

#### SCHUBSTANGE UND PLEUEL

Eine Schubstange, die Verbindung zwischen Pleuel und Kurbel, muss genau gebogen und seitlich und oben zweifach gelagert werden, sonst funktioniert die Übertragung nicht. Je grösser die Kurbel ist, desto grösser ist die Auf-und-ab-Bewegung des Pleuels.

#### VERBINDUNG DER WELLEN

Für Verbindungen eignen sich Lüsterklemmen mit einem Innendurchmesser von 3 mm. Sie lassen sich aus Elektrikerlüsterklemmen selbst herstellen (Plastik mit Eisensäge wegsägen) oder «ausgepackt» kaufen. Als Abstandhalter Karton- oder Polystyrolscheiben ausstanzen oder Sperrholzteile bohren, aussägen.

#### BEFESTIGUNG DER FIGUREN

Starre Teile, hier links der Hut des Zauberers und rechts der Clown, lassen sich am Sperrholzboden anleimen oder anschrauben. Im Boden braucht es ein 28-mm-Loch (oder ein mit der Rundfeile ausgefeiltes 25-mm-Loch). So kann der PET-Deckel zum Befestigen gebraucht werden. Die Figuren werden mit Lüsterklemmen angeschraubt: In durchgehendes Loch Holz- oder Metallschraube einsetzen. Bewegliche Verbindungen mit Metallschrauben und Festhaltemuttern oder Musterklammern montieren. Auf minimale Reibung achten.

#### BELEUCHTUNG

Beispielsweise Aquarien lassen sich mit Leuchtdioden beleuchten (Abb. 204). Besonders schön wirkt das Theater, wenn in die PET-Flasche etwas Wasser eingefüllt wird. Je nach Spannungsquelle und Schaltung müssen unterschiedliche Widerstände in den Stromkreis eingesetzt werden (vgl. Lernhilfe Elektrische Bauelemente). Falls zusätzlich ein Getriebemotor betrieben wird, müssen zwei Spannungsquellen verwendet werden, oder es muss allenfalls experimentell ein passender Widerstand (etwa 1–5 Ohm) am Motor vorgeschaltet werden.

## RADBEFESTIGUNG

### HINWEISE

Räder lassen sich beweglich auf Achsen oder starr auf Wellen befestigen. Ein gut gelagertes Rad auf einer Achse dreht mit wenig Reibung in der Nabe, das Fahrzeug benötigt weniger Antriebskraft. Ein gut fixiertes Rad auf einer Welle dreht bei Kraftübertragungen in der Nabe nicht durch.

Räder können mittels Messingrohrstücken oder Reduzierstücken auf allen Achsen und Wellen montiert werden. Empfehlenswert ist ein Materiallager an Messingrohrstücken, Reduzierstücken, Lüsterklemmen, Muttern, Festhaltemuttern, Hülsen, Distanzhülsen, Unterlagsscheiben, Fächerscheiben, Stellringen und Gummiringen.

### RÄDER AUF ACHSEN

Eine Lüsterklemme innen und aussen an der Nabe verhindert ein Verrutschen des Rads. Die Unterlagsscheibe vermindert die Reibung. Räder auf Gewindestabachsen können mit gekonterten Muttern oder Stoppmuttern gesichert werden.

### RÄDER AUF WELLEN

Bei Wellen aus Gewindestäben wird das Rad mittels Muttern auf beiden Seiten geklemmt. Damit sich die Muttern nicht lösen, werden sie mit Fächerscheiben gesichert (Abb. 206), gekontert, oder es werden Stoppmuttern verwendet. Bei grosser Belastung hält diese Fixierung unter Umständen nicht, und das Rad dreht durch.

Zur Befestigung von Rädern aus Holz kann neben der Zentrumsbohrung ein Loch gebohrt werden. Darin lässt sich ein Lüsterklemmeneinsatz (ohne Plastikummantelung, Abb. 207) einkleben. Die Stelle unter der Stell-schraube wird leicht flach gefeilt.

Zahnräder lassen sich analog auf einer Welle befestigen. Dazu den Lüsterklemmeneinsatz mit dem Heissluftföhn erhitzen und in die Nabe des Zahnrad pressen. Zahnrad und Lüsterklemme müssen auf der Welle sein, so lassen sich beim Einpressen beide Teile richten.

Im Handel gibt es Zahnräder mit sechseckigen Naben zur Aufnahme einer Schraubnabe oder eines aufsteckbaren Stellrings.



Abb. 205 | Räder auf Achsen lassen sich mit Lüsterklemmen, Reduzierstücken, Gummi- oder Stellringen sichern.



Abb. 206 | Fester Sitz auf Welle: Befestigung mit Mutter, gesichert mit Fächerscheibe



Abb. 207 | Fester Sitz auf Welle mit eingeklebtem Lüsterklemmeneinsatz

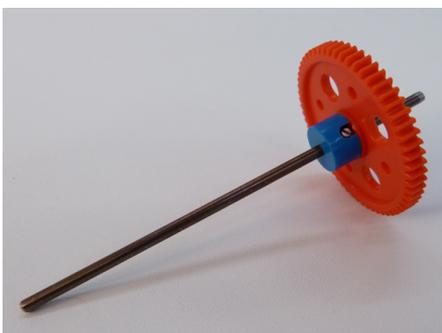


Abb. 208 | Zahnräder mit Schraubnabe und Stellring

## RÄDER UND RAUPEN

### HINWEISE

Räder aus Holz, Kunststoff und Gummi sind im Fachhandel günstig erhältlich. Mit CDs, Holz oder Karton können selbst Räder hergestellt werden (vgl. Lehrhilfe Herstellung des Kreiselteilers). Nicht alle Räder sind für jedes Fahrzeug geeignet.

### PLASTIK- UND GUMMIRÄDER

Je nach Gummihärte haften die Räder unterschiedlich. Beim Kauf auf die Grösse des Zentrumslochs achten. Dabei gilt: Ist die Bohrung gleich gross wie der Durchmesser der Achse, klemmt das Rad. Bei leicht grösserer Bohrung (plus 0,2 mm) dreht das Rad auf der Achse. Mit Reduzierstücken (vgl. Lehrhilfe Zahnradangebot) können Unterschiede überbrückt werden.

### CD-RÄDER

CD-Räder sind geeignet für schnelle, geradeaus fahrende Fahrzeuge. Vorsicht beim Verkleben mit der Nabe (vgl. Lehrhilfen Achsmontage und Radbefestigung): Durch den Kleber entstehen Spannungen, und die CD bricht bereits bei geringer Biegung. Durch Zusammenkleben mehrerer CDs werden die Räder stabiler, aber auch schwerer. Mit Bohrungen erhält man leichte Räder, z. B. für das Leichtmobil.

### HOLZRÄDER

Holzräder gibt es in allen Variationen. Mit gerader und abgerundeter Lauffläche, als Rillenräder und mit unterschiedlichen Zentrumsbohrungen. Räder aus Sperrholz oder Dreischichtplatten können selbst hergestellt werden (vgl. Lehrhilfe Herstellung des Kreiselteilers).

### SPEZIALRÄDER UND RAUPEN

Holzrad mit Spikes, geeignet für Uphill-Racer →VIII-04: Holzrad aus Dreischichtplatte herstellen, Nägel einschlagen und Köpfe abklemmen. Raupenband geführt und angetrieben von Rillenrädern. Raupenbänder gibt es in unterschiedlichen Grössen.



Abb. 209 | Industriell und selbst (handwerklich) gefertigte Räder



Abb. 210 | CD-Räder



Abb. 211 | Spezialräder und Raupen



Abb. 212 | Erhältlich mit 10, 20, 30, 40, 50 oder 60 Zähnen

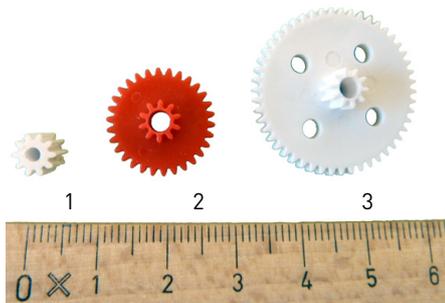


Abb. 213 | Doppelzahnräder Modul 0,5

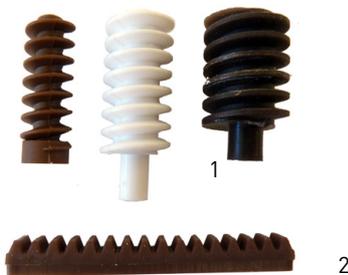


Abb. 214 | Antriebsschnecken und Zahnstange Modul 1



Abb. 215 | Distanzhalter (1 und 2) von Zahnradern auf Achsen bzw. Wellen. Reduzierstücke (3) für die Reduktion des Durchmessers von 4/3 mm, 4/2 mm oder 3/2 mm

## ZAHNRÄDERANGEBOT

### HINWEISE

Damit ein Getriebe funktioniert, müssen Modul und Zahnform der Zahnräder einheitlich sein. Das Modul eines Zahnrad bestimmt sich aus dem Teilkreisdurchmesser (Durchmesser auf halber Zahnhöhe), geteilt durch die Anzahl Zähne. Meistens wird in der Schule Modul 1 eingesetzt. Kettenräder sehen ähnlich aus wie Zahnräder, lassen sich aber nur für den Kettenantrieb verwenden.

### ZAHNRÄDER MIT MODUL 1

Bei Zahnradern mit Modul 1 entspricht der Durchmesser der Zahnzahl (in mm). Orange: Loser Sitz auf 4-mm-Welle. Grün: Fester Sitz auf 3-mm-Welle. Sollen diese Zahnräder auf der Achse drehen, müssen sie ausgebohrt werden (0,1 mm grösser).

Im Handel sind auch Zahnräder, Kegelräder und Antriebsschnecken mit achteckigen Stecknaben erhältlich.

### DOPPELZAHNRÄDER MIT MODUL 0,5

Diese Zahnräder passen zu vielen Getriebemotor-Werkpackungen. Mit Bohrung 2,9 mm für festen Sitz auf der Welle oder 3,1 mm für mitdrehende Zahnräder. Abgebildet sind: Motorenritzel (1), Doppelzahnrad mit 30/10 Zähnen (2), Doppelzahnrad mit 50/10 Zähnen (3).

### ANTRIEBSSCHNECKEN UND ZAHNSTANGE

Antriebsschnecken (1) haben eine kleine Bohrung und passen auf die Motorenwelle. Zahnstangen (2) lassen sich bei Lenkungen einsetzen.

### BEFESTIGUNG UND DISTANZHALTER

Entsprechend dem Durchmesser der Achsen bzw. Wellen müssen Zahnräder gekauft werden, üblich sind die Bohrungen von 3 und 4 mm. Stellringe (1) oder Distanzscheiben (2) verhindern das Verrutschen von mitdrehenden Zahnradern. Reduzierstücke (3) überbrücken Differenzen zwischen der Bohrung und dem Durchmesser der Achse oder Welle.