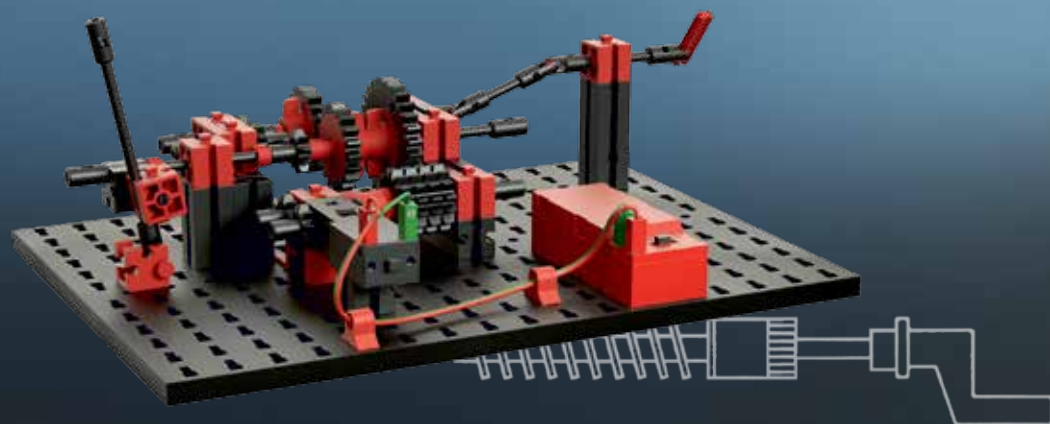
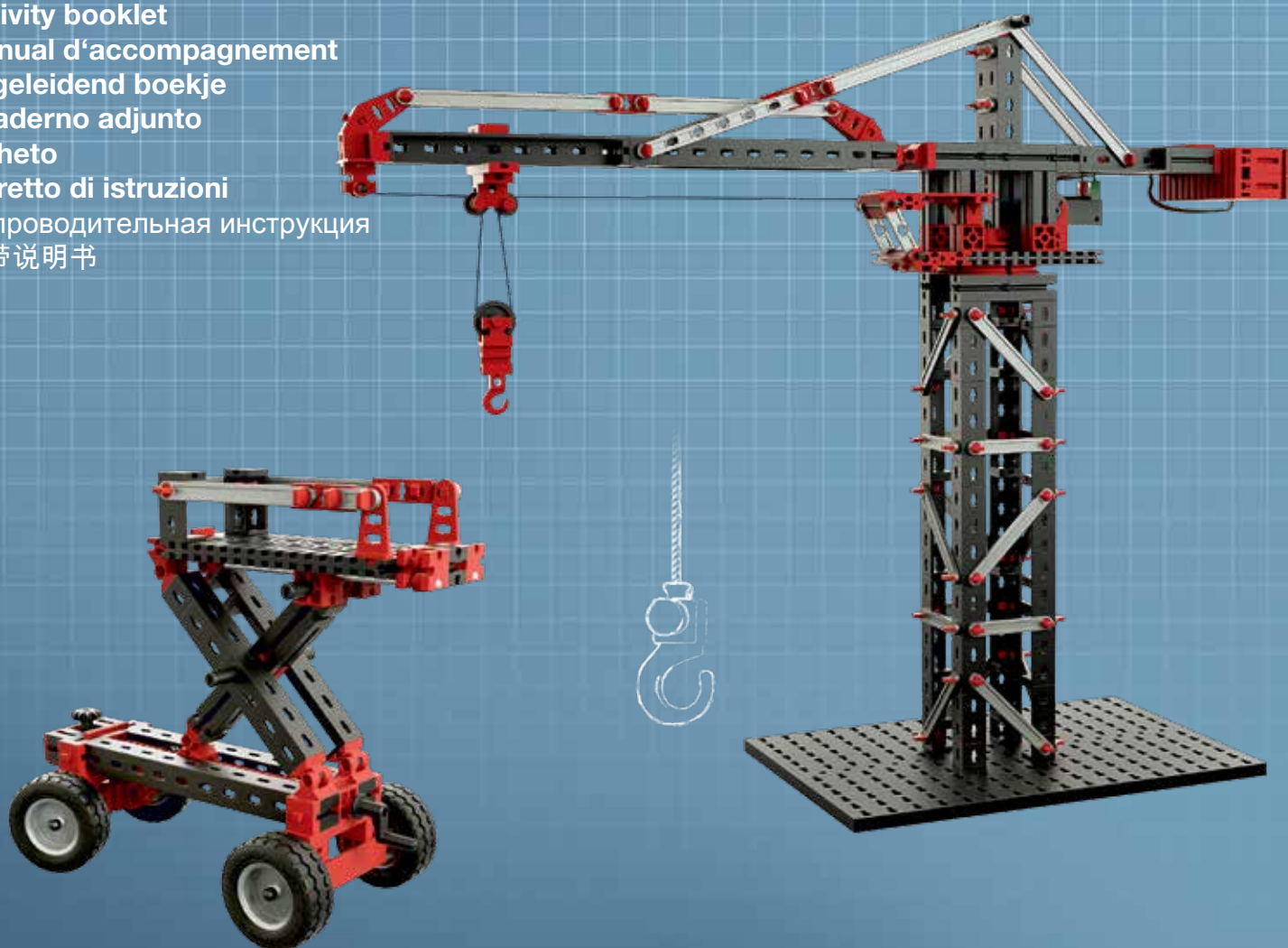




fischertechnik 

PROFI

Begleitheft
Activity booklet
Manual d'accompagnement
Begeleidend boekje
Cuaderno adjunto
Folheto
Libretto di istruzioni
Сопроводительная инструкция
附帶說明書



Mechanic & Static 2

30 MODELS

Inhalt



Maschinen in unserer Umgebung	2
Was ist Mechanik?	2
Der Elektromotor	2
Schneckenradgetriebe	3
Schranke	3
Drehtisch	4
Zahnradgetriebe	4
Kurbelgetriebe	4
Schiefe Ebene	6
Fahrzeugantriebe	7
Zahnradgetriebe mit Ketten	7
Vergleich der Lenkungsarten	9
Kardangelen	10
Schaltgetriebe mit mehreren Gängen	10
Planetengetriebe	12
Kegelradgetriebe	13
Küchenmaschine	13
Differentialgetriebe	14
Scherenhubtisch	15
Koppelgetriebe	16
Scheibenwischer	16
Viergelenkkette	16
Bügelsäge	17
Hebel	17
Balkenwaage	17
Waage mit Laufgewicht	18
Seilrollen-Flaschenzug	18
Die Welt der Statik	20
Tisch	20
Bockleiter	21
Balkenbrücke	21
Brücke mit Unterzug	22
Brücke mit Oberzug	22
Schrägseilbrücke	23
Kran	24

Maschinen in unserer Umgebung

► Wer schleppt heute noch schwere Lasten durch die Gegend? Wer bohrt ein Loch mit reiner Muskelkraft in eine Wand? Wer wäscht seine Wäsche noch mit einem Waschbrett? Fast niemand. Der Mensch hat viele Geräte erfunden, die ihm das Leben und die Arbeit erleichtern. Angefangen beim Mahlwerk einer Mühle über die Düsentriebwerke eines Jumbo-Jets bis hin zum Computer. Geräte, die dir eine Arbeit erleichtern oder sogar abnehmen können, nennt man in der Fachsprache Maschinen.

Maschinen können:	Beispiel:
● Lasten bewegen	● LKW, PKW, Kran, Bagger,...
● Werkstoffe bearbeiten	● Teigrührgerät, Betonmischer, Mixer,...
● Elektrische Energie in Bewegungsenergie umwandeln	● Elektromotor
● Daten verarbeiten	● Taschenrechner, Computer,...

Was ist Mechanik?

► In der Mechanik geht es um Wirkungen und Kräfte, die starre und sich bewegende Körper beeinflussen. Die Mechanik ist in verschiedene Bereiche wie z. B. Statik, Dynamik, Kinetik oder Thermodynamik gegliedert. Wir begrenzen uns auf zwei Bereiche: die Dynamik und die Statik.

Schon in der Antike haben Wissenschaftler die Bereiche der Mechanik untersucht. Die alten Dombaumeister haben mit immer höheren Kirchen das Gleichgewicht der Kräfte bis zum Äußersten ausgelotet. Heute übernimmt ein Statiker die Berechnungen für die Stabilität eines Bauwerks. Sein Beruf kommt – wie der Name schon sagt – aus dem mechanischen Teilbereich der Statik. Mehr darüber erfährst du im Thementeil Statik.

Immer dann, wenn Maschinen oder Getriebe in Bewegung gesetzt werden, sind sie dynamisch. Die **Dynamik** beschreibt die Änderung der Bewegungsgrößen, beispielsweise beim Drehen einer Welle, bei einer Hin- und Herbewegung oder einer Zahnradübertragung. Die Dynamik ist also die Lehre von den Bewegungsänderungen. Was das genau ist, lernst du in den folgenden Kapiteln kennen.

Der Elektromotor

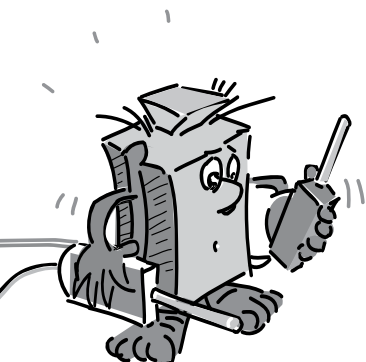


► Der Motor ist ein möglicher Antrieb für eine Maschine. Man unterscheidet zwei Arten von Motoren: Verbrennungsmotoren und Elektromotoren. Ein Auto z. B. wird von einem Verbrennungsmotor angetrieben. Einen so komplizierten Motor hast du natürlich nicht in deinem Baukasten, dafür

aber einen Elektromotor, kurz auch E-Motor genannt.

Elektromotoren sind die Antriebe für die meisten Maschinen des Alltags. Sie können überall eingesetzt werden, wo elektrische Energie zur Verfügung steht.

► Der Elektromotor in deinem Baukasten hat eine sehr hohe Drehzahl, d. h. er dreht sich so schnell, dass du eine einzelne Umdrehung gar nicht erkennen kannst. Dein Motor ist aber sehr „schwach“, er kann also keine Lasten heben und auch kein Fahrzeug antreiben. Um die schnellen Umdrehungen zu verringern und den Motor „stärker“ zu machen, benötigt man ein Getriebe.



► Um die hohe Drehzahl des Motors zu drosseln, eignet sich am besten ein Schneckenradgetriebe. Dabei wird auf die Motorwelle, das ist die Stange, die aus dem Motorengehäuse herausragt, eine Schnecke aufgesetzt. Die Schnecke treibt ein Zahnrad an. Man verwendet diese Art von Getriebe dort, wo auf engem Raum hohe Umdrehungszahlen herabgesetzt werden sollen. Ein Schneckengetriebe arbeitet selbsthemmend, d. h. das Schneckenrad kann durch die Schnecke zwar angetrieben werden, umgekehrt sperrt das Getriebe jedoch.

► Schranken und Kräne verwenden dieses Getriebe, weil hier die sichere Sperrwirkung der Schnecke verhindert, dass die Schranke oder die anhängende Last den Antrieb „zurückdrehen“.

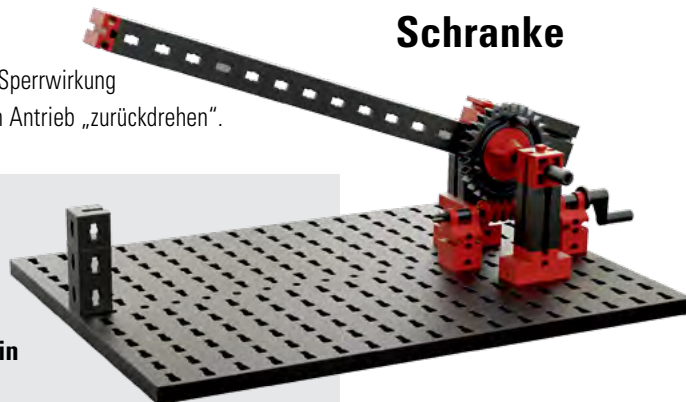
Schneckenradgetriebe

Schranke



Aufgabe:

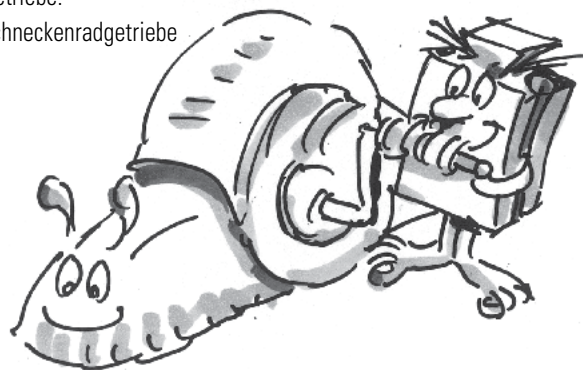
- Baue das Schrankenmodell nach.
 - Drehe die Schranke mit der Kurbel nach oben.
 - Wie oft musst du die Kurbel drehen, um die Schranke in die Senkrechte zu bekommen?
 - Versuche, die Schranke mit den Fingern nach unten zu ziehen.
- Was fällt dir auf?



Du hast sicher einige Male an der Kurbel drehen müssen, um die Schranke um 90° zu bewegen. Konntest du die Schranke nach unten ziehen? Siehst du, das versteht man unter einem selbsthemmenden Getriebe. Mit der kleinen Kurbel konntest du bequem die große Schranke anheben, du hast also mit dem Schneckenradgetriebe die Antriebskraft gesteigert.

Das Schneckenradgetriebe hat viele Vorteile:

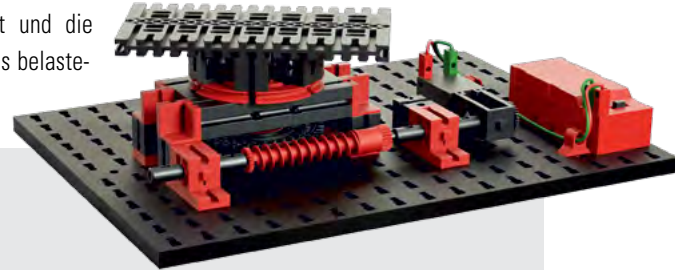
- Es ist platzsparend
- Es reduziert die Umdrehungszahl des Antriebs um ein Vielfaches
- Es ist selbsthemmend
- Es steigert die Kraft des Antriebs
- Aber es ändert auch die Richtung der Drehbewegung um 90° .



Drehtisch

► Der Mechanismus des Schneckengetriebes wird in vielen Maschinen angewendet. Ein einfaches Beispiel dafür ist der Drehtisch, dein nächstes Modell.

Bei diesem Modell soll die Drehzahl verringert und die Drehrichtung geändert werden. Der Widerstand des belasteten Drehtisches darf den Motor nicht anhalten.



Aufgabe:

- Baue den Drehtisch nach.
- Stelle einen Topf mit Wasser oder Erde auf die Drehtischplatte, natürlich nur einen Topf, der auch auf die Platte passt.
- Kann der kleine Motor tatsächlich den großen Topf drehen?



Zahnradgetriebe

► In diesem Kapitel lernst du Getriebe aus Zahnrädern näher kennen. Zahnräder gehören zu den ältesten und robustesten Maschinenelementen. Es gibt sie in verschiedenen Arten und Größen.

Eine ähnliche Funktion wie bei einem Zahnradgetriebe kennst du von deinem Fahrrad. Allerdings sind hier die Zahnräder durch Kettenräder und eine Kette ersetzt.

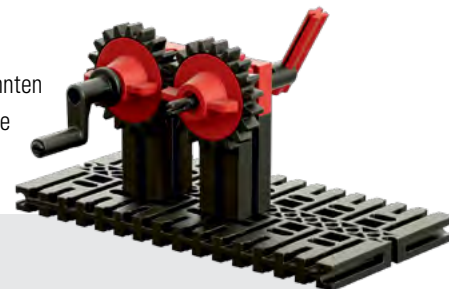
Mit Zahnradgetrieben kann man Drehbewegungen übertragen und verändern.

Ein Zahnradgetriebe kann:

- eine Drehbewegung weiterleiten
- eine Drehzahl ändern
- eine Drehkraft erhöhen oder verringern
- oder eine Drehrichtung ändern

Kurbelgetriebe

► In den folgenden Modellen baust du Zahnradgetriebe mit gerade verzahnten Stirnrädern auf. Stirnräder verwendet man immer dann, wenn die Drehbewegung auf eine parallel liegende Welle übertragen werden soll.



Aufgabe:

- Baue das Kurbelgetriebe 1 nach
- Drehe die Kurbel ein Mal. Wie oft dreht sich die Welle mit dem zweiten Zahnrad?
- Drehe die Kurbel im Uhrzeigersinn. In welche Richtung dreht sich das Abtriebsrad und somit die zweite Welle?



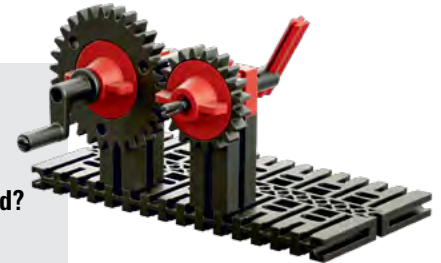
Wenn du auf diese Art ein Fahrzeug bewegen möchtest, würdest du nur sehr langsam von der Stelle kommen. Außerdem würdest du rückwärts fahren. Dieses Modell soll dir auch nur zeigen, wie man ein einfaches Getriebe aufbaut und berechnet.

Berechnung des Übersetzungsverhältnisses von Zahnradgetrieben

	Antriebsrad	Abtriebsrad
Rad Nr.	1	2
Zähnezahl eines Zahnrades	Z_1	Z_2
Umdrehungszahl	n_1	n_2
Drehrichtung (links/rechts)		

Aufgabe:

- Baue das Kurbelgetriebe 2 nach
- Drehe die Kurbel ein Mal. Wie oft dreht sich die Welle mit dem zweiten Zahnrad?
- Drehe die Kurbel im Uhrzeigersinn. In welche Richtung dreht sich das Abtriebsrad und somit die zweite Welle?



Wenn du auf diese Art ein Fahrzeug bewegen möchtest, würdest du schon etwas schneller von der Stelle kommen, als mit deinem ersten Modell. Berechne auch für dieses Getriebe die Übersetzung.

Berechnung des Übersetzungsverhältnisses von Zahnradgetrieben

	Antriebsrad	Abtriebsrad
Rad Nr.	1	2
Zähnezahl eines Zahnrades	Z_1	Z_2
Umdrehungszahl	n_1	n_2
Drehrichtung (links/rechts)		

Schiefe Ebene

► Bist du auch schon mal mit dem Rad oben auf einem Hügel gestanden und wusstest nicht, welche der beiden Straßen du bergab nehmen sollst? Die steile Strecke, wo ordentlich Tempo entsteht, oder den flachen Weg auf dem du zwar langsamer bist, aber dafür weiter vorankommst. Aber stimmt das überhaupt? Rolllt man auf der flachen Strecke weiter als auf der steilen Straße? Lass es uns doch einfach ausprobieren, in einem Experiment.

Aufgabe:

- Baue das „Modell „Schiefe Ebene“ mit dem dazugehörigen Fahrzeug auf, wie in der Bauanleitung beschrieben.
- Setze das Fahrzeug präzise oben in die Startposition ein, so dass es parallel zur Rampe abwärts rollt. Messe den zurückgelegten Weg mit einem Metermaß und trage den Wert in die Tabelle ein. Wiederhole den Vorgang noch zweimal, denn drei Messwerte sind besser als einer.
- Verkürze nun die Rampe auf etwa die halbe Länge, indem du einige Bausteine entfernst. Wiederhole dann die drei Testläufe und trage auch die neuen Werte in die Tabelle ein.

	Lange Rampe	Kurze Rampe
1. Wegstrecke in cm:		
2. Wegstrecke in cm:		
3. Wegstrecke in cm:		

Bist du überrascht? Es macht (fast) kein Unterschied ob die Rampe steil oder flach ist. Was beeinflusst dann die Rollweite? In unserem Experiment ist es die gespeicherte Lageenergie*, auch potenzielle Energie genannt. Eine Energie die ein Körper durch seine Höhenlage hat. Das Auto oben auf der Rampe oder du mit deinem Fahrrad auf dem Hügel. Als du hochgefahren bist, hast du Bewegungsenergie in Lageenergie umgewandelt. Diese bestimmte Menge an Lageenergie kannst du beim Bergabrollen wieder in Bewegungsenergie zurückwandeln, auch kinetische Energie genannt.. Egal, ob du sie mit gleichmäßigem oder unregelmäßigem Tempo umwandelst, du schaffst damit die gleiche Wegstrecke.

(*Andere physikalische Effekte, mit geringem Einfluss auf das Ergebnis, bleiben bei dieser Betrachtung außen vor.)



► Du hast jetzt schon viel über Getriebe gelernt und kannst dieses Wissen an einem Modell ausprobieren. Baue das Fahrzeug 1 auf. Du hast mit dem Motor und dem Getriebe jetzt einen richtigen Fahrzeugantrieb.



Fahrzeugantriebe

2



Damit es noch schneller geht, baue Fahrzeug 2 nach. Dein Mobil fährt nun 1,5 mal so schnell wie sein Vorgänger. Dafür hat diese Übersetzung aber ihre Probleme am Berg.

Das Fahrzeug 3 hat einen „umgekehrten“ Getriebeaufbau wie das Fahrzeug 2. Wie verändert sich wohl seine Geschwindigkeit im Vergleich zu den anderen Modellen?

Mit den drei Zahnradgetrieben hast du einmal eine Übersetzung 1:1 mit gleichbleibender Drehzahl und gleichem Drehmoment geschaffen. Dein zweites Modell hat das Übersetzungsverhältnis 1:1,5 und ein vermindertes Drehmoment. Das bedeutet, dass es schneller ist, aber weniger „Kraft“ hat. Das Fahrzeug 3 hat das Übersetzungsverhältnis 2:1 und fährt somit langsamer als die beiden anderen, deshalb nennt man es Untersetzung. Diese Art von Übertragung hat den Vorteil, dass es „stärker“ ist, also ein höheres Drehmoment hat. Dieser Effekt wird z. B. bei einem Traktor ausgenutzt. Er fährt zwar langsamer als ein Pkw, hat dafür aber viel mehr Kraft.

► Alle drei Getriebeübersetzungen kennst du von deiner Fahrradschaltung. Auch hier treibst du vorne das große und hinten das kleine Ritzel an, um schneller auf der Ebene zu fahren. Am Berg wechselst du aber bestimmt auf ein kleineres Übersetzungsverhältnis, wie 1:1. oder wenn es ganz steil wird auf 2:1.



3

Zahnradgetriebe mit Ketten

4



indem sie die Maschinenteile in einem bestimmten Zusammenspiel halten.

Sollen größere Distanzen zwischen zwei Wellen überbrückt werden, verwendet man so genannte Zugmittelgetriebe. Als Zugmittel werden Riemen oder Ketten eingesetzt. Sie verbinden die An- und Abtriebsräder über längere Distanzen miteinander,




Aufgabe:

- Baue das Fahrzeug mit Kettenantrieb zuerst nur mit einer Kurbel statt mit dem Motor nach.
- Drehe die Kurbel ein Mal. Wie oft dreht sich das Rad?
- Drehe die Kurbel im Uhrzeigersinn. In welche Richtung dreht sich das Rad?

Berechnung des Übersetzungsverhältnisses von Zahnradgetrieben

	Antriebsrad	Abtriebsrad
Rad Nr.	1	2
Zähnezahl eines Zahnrades	Z_1	Z_2
Umdrehungszahl	n_1	n_2
Drehrichtung (links / rechts)		

Ein solches Getriebe hast du auch an deinem Fahrrad. Die Strecke zwischen dem Pedalantrieb und dem Hinterrad wird dabei mit einer Kette überbrückt. An einem Mountainbike oder einem Rennrad hast du natürlich nicht nur einen Gang, sondern du kannst zwischen vielen Gängen wählen. Das heißt, du passt deine Geschwindigkeit in Abhängigkeit der aufzuwendenden und übertragenen Kraft und Drehzahl an. Deine Zahnräder nennt man in diesem Fall nicht mehr Stirnräder, sondern Kettenräder.

Baue den Motor in dein Fahrzeug mit Kettenantrieb. Genauso funktioniert die Übertragung auch bei einem Mofa oder Motorrad. Bestimmt kannst du jetzt auch ein eigenes Motorrad aus deinen fischertechnik-Teilen bauen.

► Um Fahrzeuge lenkbar zu machen gibt es verschiedenste Systeme.

Wir betrachten zwei davon. Die Achsschenkellenkung eines motorgetriebenen Fahrzeugs und die Drehschemellenkung des Bollerwagens.

Bei der moderneren Achsschenkellenkung werden nicht die Räder mitsamt einer durchgehende Achse gedreht, wie noch bei der Drehschemellenkung, sondern schwenkbare Räder mit einem Lenksystem verbunden. Das Lenken beginnt mit dem Lenkrad. In diesem steckt eine Stange, an deren Ende ein kleines Zahnrad befestigt ist. Das Zahnrad greift in eine querliegenden Zahnstange ein, die ebenfalls Zähne hat. Dreht du jetzt am Lenkrad nach links oder rechts, dreht sich auch das kleine Zahnrad und schiebt die Zahnstange nach links oder rechts. An den Enden der Zahnstange sind schwenkbare Radträger mit Hebeln befestigt. Der Hebel am Radträger ist mit der Zahnstange verbunden. Verschiebt sich die Zahnstange, verdreht sie den Hebel und mit ihm den Radträger mit dem daran befestigten Rad.



Vergleich der Lenkungsarten



1 Lenksäule



2 Zahnrad
3 Zahnstange



4 Deichsel



5 Drehzapfen
6 Drehschemel
7 Achse

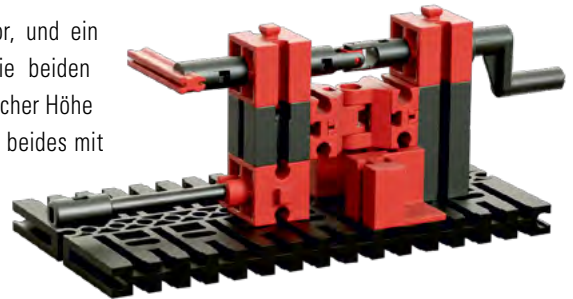


► Die Drehschemellenkung ist die einfachste und älteste, die der Mensch entwickelt hat. Sie ist einfach aufgebaut, robust und kann sogar aus Holz gefertigt sein. Die Kelten (ca. 600–30 v. Chr.) entwickelten sie vor langer Zeit für ihre Wagen. Gerade weil sie so einfach und robust ist, wird sie auch heute noch bei vielen Anhängewagen, Handkarren und Pferdefuhrwerken verwendet.

Die Drehschemellenkung hat einen schemelartigen Träger für Achse und Räder. Dieser steckt auf einem drehbar gelagerten Zapfen in der Bodenplatte (Deichsel), der am Drehschemel befestigt ist.

Kardangelenk

► In der Antriebstechnik hat man meist einen Motor, und ein Maschine die angetrieben werden soll. Oft sind die beiden Elemente ein Stück voneinander entfernt, nicht auf gleicher Höhe oder bewegen sich auch noch hin und her. Würde man beides mit einer starren Welle verbinden so würde sie unweigerlich brechen. Eine weiche biegsame Welle wiederum wäre zu schwach um große Kräfte zu übertragen.



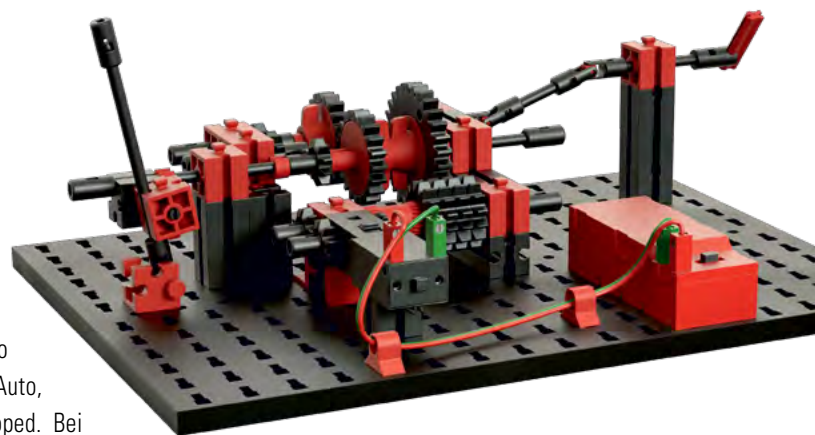
Aufgabe:

- Baue das Kardangelenk auf, wie in der Bauanleitung beschrieben.
- Verschiebe den angetriebenen Teil in verschiedenen Positionen, drehe dabei an der Kurbel und beobachte die Bewegung, die das Gelenk ausführen muss, besonders in einer stark angewinkelten Position.

Ist es nicht erstaunlich wie man eine rotierende Bewegung einfach um die Ecke biegen kann? Das Kardangelenk oder auch Kreuzgelenk genannt, ist ein Gelenk, das sowohl biegsam als auch stabil ist. Ohne dieses Gelenk würde sich in vielen Bereichen unseres Alltags nichts mehr drehen. Ein gutes Beispiel dafür ist die Kardanwelle im nächsten Modell „Schaltgetriebe“.

Schaltgetriebe mit mehreren Gängen

► Mit dem folgenden Aufbau erweiterst du die einfachen Zahnradübertragungen durch eine Schaltung mit mehreren Gängen. So entsteht ein Getriebe, wie in einem Auto, einer Bohrmaschine oder einem Moped. Bei diesem Modell handelt es sich um ein Verbundgetriebe, das heißt, ein Getriebe, das aus mehr als nur zwei Zahnrädern besteht. Erforsche doch mal die Übersetzungswirkung von hintereinandergeschalteten Zahnrädern und Zahnradpaaren. Die zweifach „geknickte“ Welle am Ausgang des Getriebes ist etwas ganz Besonderes. Mit dieser Kardanwelle kann man eine Drehbewegung räumlich versetzen und dabei noch um die Ecke leiten. Das ist zum Beispiel nötig, wenn das anzutreibende Teil ständig auf- und abschwingt, wie die Hinterachse eines Autos.



Aufgabe:

- Baue das Getriebe nach.
- Schalte den Motor ein und bewege den „Schalthebel“ langsam von Gang 1 nach Gang 3. Achte darauf, dass die Zahnräder eines Ganges exakt ineinander greifen.
- Notiere deine Beobachtungen.



Beobachtung der einzelnen Gänge

Gang Nummer	1	2	3
Beobachtung schneller/langsamer			
Drehrichtung gleich/entgegengesetzt			

Dieses Getriebe steuert in Gang 3 in eine andere Richtung als in Gang 1 und Gang 2. Das liegt daran, dass hier drei Zahnräder in einer Reihe sind.

Immer dann, wenn eine ungerade Zahl von Zahnrädern hintereinander liegen, hat das Abtriebsrad die gleiche Drehrichtung wie das Antriebsrad. Dieser Effekt wird bei einem Auto genutzt, um rückwärts zu fahren.

Weitere Experimente:

- Baue dein eigenes Modell mit unterschiedlich vielen Zahnrädern in einer Reihe auf.
- Ersetze die Drehscheibe durch eine Seiltrommel. So hast du eine Seilwinde wie in einem Kran, für unterschiedlich schwere Lasten.
- Kannst du noch mehr Gänge in deine Getriebe einbauen? Experimentiere mit den Zahnrädern aus deinem fischertechnik-Baukasten.
- Expertenaufgabe: Baue ein Getriebe mit einer Kette.



Planeten- getriebe

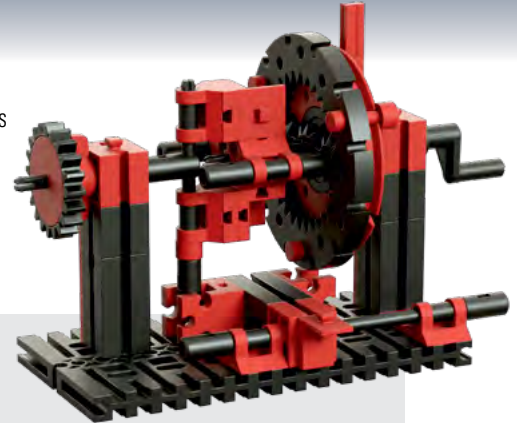


► Ein Planetengetriebe ist ein sehr komplexes System aus unterschiedlichen Zahnradarten. Es wird in vielen Bereich eingesetzt, z. B. als Rührwerk in einer Küchenmaschine oder als Automatikgetriebe im Auto. Dort ist der Aufbau allerdings etwas komplizierter.

Aufgabe:

- Baue das Planetengetriebe nach.
- Drehe an der Kurbel, dem „Antrieb“, und beobachte, welche Wellen, Zahnräder und Zahnradverbunde du dadurch in Rotation versetzt.

Mit dem Schieber, so nennt man den Hebel im unteren Teil deines Modells, kannst du entweder den Planetenradträger oder das Hohlrad festhalten, so dass sich jeweils eines der beiden Teile nicht mehr drehen kann.

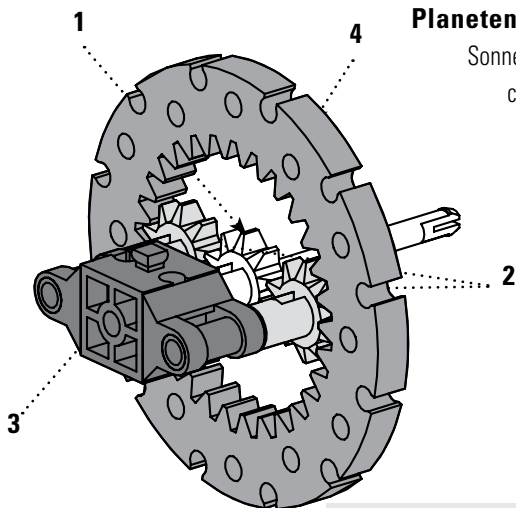


Die Aufgabe eines Planetengetriebes ist einfach. Es ermöglicht eine Änderung des Übersetzungsverhältnisses unter Last, d. h. ohne Trennung des Kraftflusses zwischen Antrieb und Abtrieb. Durch die Innenverzahnung des Hohlrades sind die Zahnräder besonders kompakt angeordnet. Für den Rückwärtsgang ist bei einem Planetengetriebe keine zusätzliche Welle mit Rücklaufgrad nötig.

Das Planetengetriebe besteht im einfachsten Fall aus **Sonnenrad (1)**, **Planetenrädern (2)**, **Planetenradträger (3)** und **Hohlrad (4)**. Bei diesem einfachen Planetenradsatz ist ein Sonnenrad in der Mitte über mehrere Planetenräder mit einem innenverzahnten Hohlrad formschlüssig verbunden. Sonnenrad, Planetenradträger oder Hohlrad können jeweils antreiben, angetrieben werden oder festgebremst sein. Um dein Getriebe so richtig auszuprobieren, hast du den Schieber.

Ohne ein zusätzliches Zahnrad ist durch Festbremsen des **Planetenradträgers (3)** das Getriebe so einzustellen, dass der Abtrieb einmal über den Planetenträger und einmal über das Hohlrad erfolgt.

Dieser Vorgang wird in der Kraftfahrzeugtechnik verwendet, um einen Rückwärtsgang zu schalten. Dabei muss der Antrieb (die Kurbel) mit dem Sonnenrad und der Achsantrieb mit dem Hohlrad verbunden sein



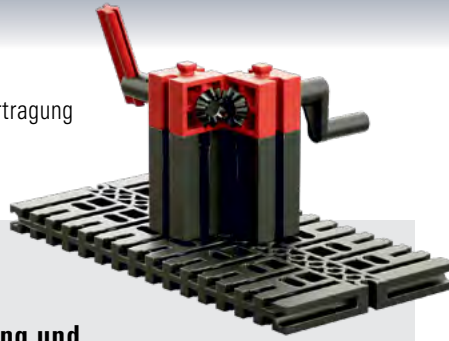
Aufgabe:

- Teste die Eigenschaften deines Planetengetriebes, indem du zunächst den Planetenradträger feststellst und dann das Getriebe am Hohlrad antreibst.
- Ergänze die folgende Tabelle:

Antrieb	Planetenradträger	Hohlrad
Drehrichtung		
Untersetzung		



► Mit dem Kegelrad lernst du jetzt eine einfache Zahnradübertragung kennen.



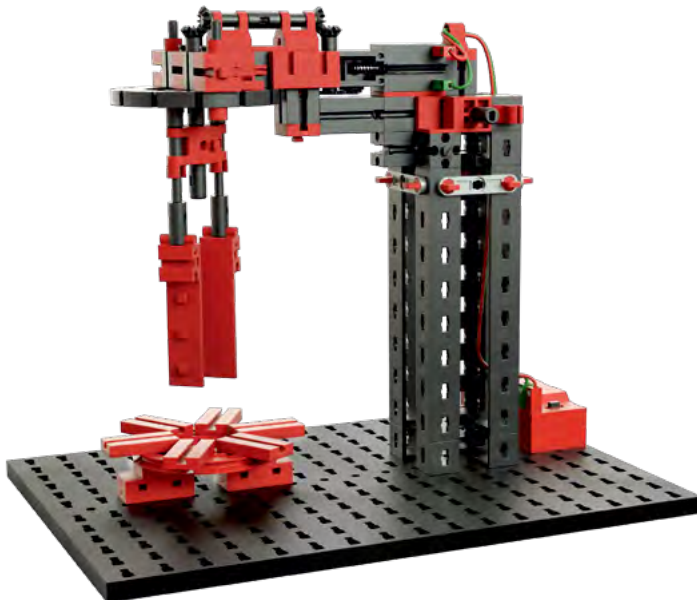
Kegelrad- getriebe

Aufgabe:

- Baue das Getriebemodell nach.
- Beobachte, wie sich Drehzahl, Drehrichtung und Drehmoment bei diesem Modell ändern.



Dieses Getriebe ändert nur die Richtung der Drehbewegung um 90°, Drehzahl und Drehmoment bleiben gleich.



► In diesem Modell werden Kegelradgetriebe und Planetengetriebe kombiniert. Baue es wie in der Bauanleitung gezeigt nach.

Das fischertechnik-Rührgerät ist ein Modell für echte Profis. Kennst du alle Zahnräder und Getriebearten, die hier zusammenwirken? Dieses Modell kann sehr schön variiert werden. Baue es nach deinen Vorstellungen um. Auf die Unterlage kannst du einen Becher stellen, dessen Inhalt du umrühren kannst.

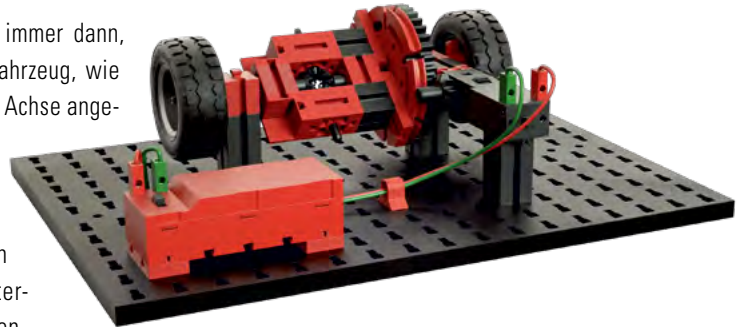
Küchenmaschine



Differential- getriebe

► Ein Differential braucht man immer dann, wenn bei einem mehrspurigen Fahrzeug, wie einem Auto, mehrere Räder einer Achse angetrieben werden. Differentiale erfüllen zwei Aufgaben: Die Aufteilung der Antriebsleistung auf zwei Achsen und den Ausgleich von Drehzahlunterschieden zwischen diesen Zweigen.

In dieser Funktion kommt das Differential an zwei Stellen zum Einsatz:



Achsdifferential: Wird an der Achse eingesetzt, um die Leistung von der Kardanwelle auf zwei Antriebswellen zu den Rädern aufzuteilen.

Zentraldifferential: Wird zwischen zwei Achsen eingesetzt, um die Leistung zwischen Vorder- und Hinterachse zu verteilen.

Aufgabe:

- Baue das Getriebemodell nach.
- Beobachte, wie sich Drehzahl, Drehrichtung und Drehmoment bei diesem Modell ändern. Halte dazu abwechselnd das eine und andere Abtriebsrad fest, dann den Drehkörper (die Aufnahme der Mittelkegelräder) in der Mitte.
- Notiere deine Beobachtungen in der Tabelle:



Festhalten	Abtriebsrad 1	Abtriebsrad 2
Drehzahl		
Drehrichtung		

Das Differential scheint ein richtiges Zaubergetriebe zu sein.

Die häufigste Anwendung findet es im Auto: wenn man mit einem Fahrzeug eine Kurve fährt, legt das äußere Rad mehr Weg zurück, als das kurveninnere Rad. Ohne Differenzial würden die angetriebenen Räder auf der Straße abradert und schneller verschleifen.

Das Differential an der Achse hat noch eine andere Eigenschaft: Es teilt die Drehmomente in gleichem Verhältnis (50:50) auf und leitet sie an die Räder weiter.

► Der Scherenhubtisch zeigt dir, wie man eine Drehbewegung mit Hilfe von Schraubenspindel, Gelenken und Hebeln in eine parallele Auf- und Abbewegung umwandelt.

Scherenhubtisch



Aufgabe:

- Baue den Scherenhubtisch auf.
- Stelle einen Becher mit Wasser auf die Plattform.
- Wie bewegen sich Plattform und Becher, wenn du an der Kurbel drehst?

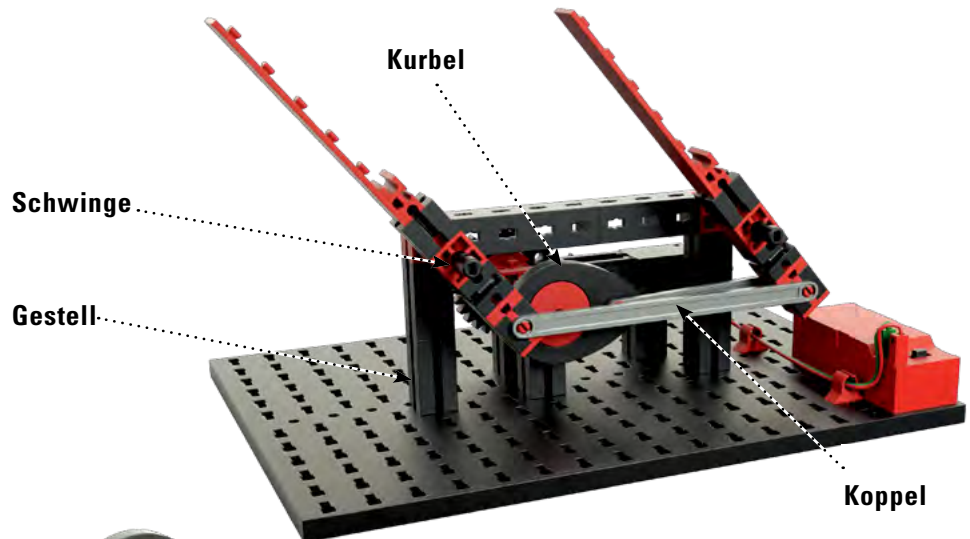


Die Schraubenspindel bewegt die Schneckenmutter hin und her. Durch diese Bewegung wird über das Gelenk die Plattform auf und ab bewegt. Da der Drehpunkt der beiden Gelenke in der gemeinsamen Mitte ist, verläuft der Hub, also die Auf- und Abbewegung der Plattform, parallel zur Schraubenspindel. Beide Gelenke legen den gleichen Weg zurück, wie bei einer Schere. Daher der Name Scherenhubtisch.

Koppel- getriebe

Scheiben- wischer

► Weißt du eigentlich wie ein Scheibenwischer funktioniert? Das nächste Modell zeigt es dir. Hier wird eine Drehbewegung in eine hin- und hergehende oder schwingende Bewegung umgewandelt. Dazu braucht man eine Kurbel- oder Nockenscheibe. Dieses Getriebe nennt man Kurbelschwingengetriebe. Es wandelt eine Drehbewegung in eine geradlinige Bewegung um und besteht als doppelte Viergelenkkette aus folgenden Teilen:



Viergelenk- kette



► Die Viergelenkkette besteht, wie der Name schon sagt, aus vier Gelenken, also Punkten, an denen sich etwas drehen kann. Eine vereinfachte Darstellung der Viergelenkkette zeigt dir, wie sie funktioniert. Kennst du die Bauteile?

Aufgabe:

- Baue die Viergelenkkette auf.
- Beobachte, wie die einzelnen Bauteile zusammenspielen.
- Welche Bauteile bewegen sich und welche nicht? Beschreibe die Art ihrer Bewegung in die Tabelle:

Bauteil	Bewegt sich (ja/nein)	Art der Bewegung
Kurbel		
Koppel		
Schwinge		
Gestell		



Das Gestell ist starr und nimmt die Bewegungen auf. Die Kurbel muss ganze Umdrehungen machen können und die Koppel überträgt die Bewegung der Kurbel zur Schwinge. Die Schwinge beschreibt in ihrer Bewegung nur einen Bogen, da sie am Gestell gelagert ist.

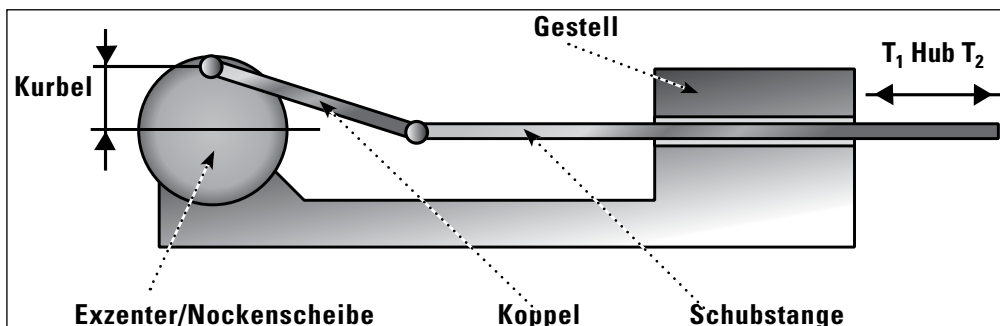
Damit das Getriebe funktioniert, müssen die Längen der vier Bauelemente der Kurbelschwinge in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen.

Mechanic & Static 2



► Den Effekt der Kurbelschwinge gibt es auch in anderen Bereichen. Lange Zeit war die Bügelsäge ein großer Helfer der Metallbauer. Ihr einfacher Aufbau hilft dir, ein Koppelgetriebe besser zu verstehen.

Bei dieser Getriebeart wird eine Drehbewegung in eine geradlinig hin- und hergehende Bewegung umgewandelt. Die jeweiligen Endpunkte, an denen die Säge nicht mehr weiter kann, werden als Totpunkte (T1 und T2) bezeichnet.



Mit der Sperrklinke (rechts von der Bügelsägenachse) kannst du den Sägebügel in der oberen Stellung fixieren.

Aufgabe:

- Baue das Getriebemodell nach.
- Messe den Hub deiner Säge.



► Um den Preis einer Ware zu bestimmen, hat man schon vor 4000 Jahren die Menge der Ware mit Gewichten verglichen. Das machte man mit Hilfe einer Balkenwaage, mit der die Balance von zwei Gewichtskräften gemessen wurde. Bei deinem Modell ist es ein im mittleren Drehpunkt gelagerter Balken, der an den Enden zwei Schalen trägt. Die beiden Zeiger in der Mitte des Waagbalkens müssen beim Gleichgewicht der Kräfte in einer Linie sein.

Aufgabe:

- Baue die Balkenwaage nach.
- Lege auf beide Waagschalen je einen fischertechnik-Baustein. Stimmt deine Waage?
- Suche nun zwei Gegenstände, die deiner Meinung nach das gleiche Gewicht haben. Lege sie auf die Waagschalen.
- Stimmt deine Vermutung?



Diese Waage funktioniert nach dem Prinzip der gleichlangen Hebel. Ein Hebel ist ein gerader, drehbar gelagerter Balken, auf den zwei Kräfte wirken. Die Abstände zwischen den Ansatzpunkten der Kräfte und dem Drehpunkt heißen Hebelarme. Beide Seiten neben dem Drehpunkt sind gleich lang und gleich schwer. Das Prinzip dieser Waage kennst du von einer Wippe. Damit die Hebel im Gleichgewicht sind, muss das Gewicht, das auf den Hebeln ruht, und ihr Abstand zum Drehpunkt der Waage gleich sein.



Hebel

Balkenwaage

Waage mit Laufgewicht

► Es braucht schon etwas Geduld, um zwei Gewichte zu finden, die genau gleich schwer sind. Eine Weiterentwicklung der Balkenwaage ist daher die Waage mit einem Laufgewicht. Auch diese Waage arbeitet nach dem Prinzip der gleich langen Hebel, nur wird hier mit den Drehmomenten getrickst. Die beiden Seiten neben dem Drehpunkt sind die Kraftarme. Je weiter außen ein Gewicht an einem Kraftarm hängt, desto höher ist seine Kraft. Mit Hilfe des Schiebers kann also das Drehmoment in einem Kraftarm geändert werden. Den Arm mit der Waagschale nennt man Lastarm.



Aufgabe:

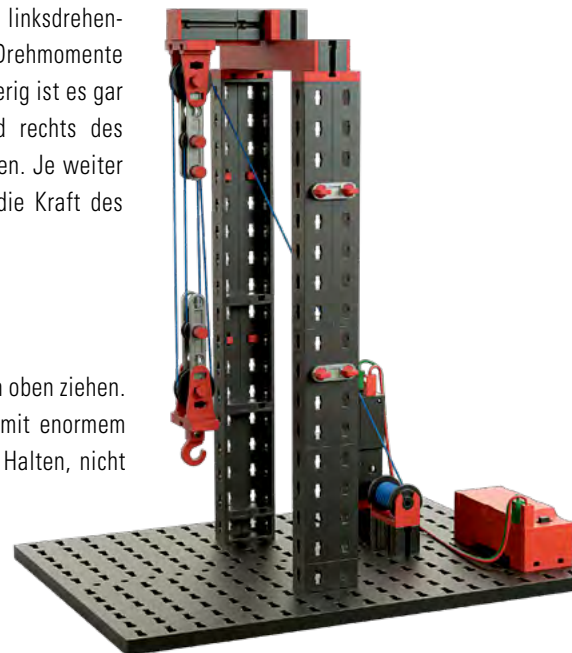
- Baue die Waage mit Last- und Kraftarm und Laufgewicht nach.
- Reguliere das Laufgewicht so, dass die Waage unbelastet im Gleichgewicht ist. Der Zeiger in der Mitte der Waage hilft dir dabei.
- Belaste die Waagschale mit einem Gewicht. Gleiche mit dem Laufgewicht aus.



Seilrollen-Flaschenzug

Damit ein Hebel im Gleichgewicht ist, muss die Summe der linksdrehenden Drehmomente mit der Summe der rechtsdrehenden Drehmomente übereinstimmen. Das hört sich kompliziert an, doch so schwierig ist es gar nicht. Das Gesetz sagt aus, dass beide Arme, links und rechts des Drehpunkts, gleich schwer, aber nicht gleich lang sein müssen. Je weiter ein Gewicht vom Drehpunkt entfernt ist, desto größer ist die Kraft des Hebels und somit auch sein Gewicht.

► Stell dir vor, du möchtest deinen Freund an einem Seil nach oben ziehen. Obwohl er genauso schwer ist wie du, schaffst du es nur mit enormem Kraftaufwand. Die Seilrolle an der Decke hilft dir nur beim Halten, nicht beim Heben. Das Flaschenzugmodell stellt dir aber einige Möglichkeiten vor, wie du es ganz leicht schaffst, auch schwere Lasten zu heben.





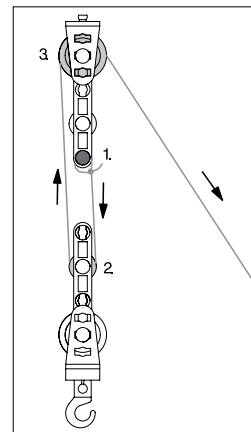
Flaschenzug mit 2 Seilrollen

Aufgabe:

- Baue das Flaschenzugmodell mit 2 Seilrollen (eine feste und eine lose Seilrolle).
- Hänge an den Haken ein Gewicht.
- Ziehe am Seil und messe, wie weit du ziehen musst, um deine Last 10cm anzuheben. Brauchst du dazu viel Kraft?
- Notiere deine Beobachtungen in der Tabelle

	Zuglänge in cm	Kraftaufwand nach Gefühl	Anzahl Seilteile
2 Seilrollen			

Bei diesem Modell hat sich die eingesetzte Kraft auf die Hälfte reduziert. Wie verhält es sich mit der Zuglänge?



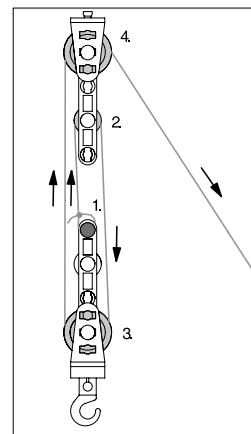
Flaschenzug mit 3 Seilrollen

Aufgabe:

- Erweitere dein erstes Modell zu einem Flaschenzug mit 3 Seilrollen. Schau dazu in die Bauanleitung.
- Ziehe wieder am Seil und messe, wie weit du jetzt ziehen musst, um deine Last 10cm anzuheben. Brauchst du dazu viel Kraft?
- Notiere und vergleiche deine Beobachtungen in der Tabelle:

	Zuglänge in cm	Kraftaufwand nach Gefühl	Anzahl Seilteile
3 Seilrollen			

Nachdem du nun die Wirkungsweise eines Flaschenzugs kennst, kannst du einen Flaschenzug mit vier Seilrollen bauen. Außerdem wird der Motor als Ersatz für deine Kraft eingebaut.



Flaschenzug mit 4 Seilrollen

Aufgabe:

- Erweitere das Modell zu einem Flaschenzug mit 4 Seilrollen und Motor.
- Befestige mit Hilfe von Haushaltsgummis eine Geldbörse mit Münzgeld am Haken.
- Schafft es der Motor, die Münzen anzuheben?

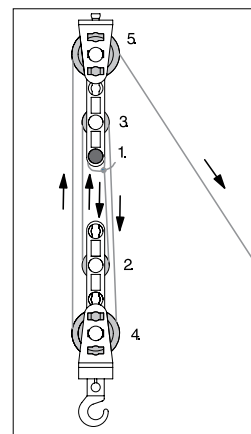
Um schwere Lasten mit wenig Kraft heben zu können, braucht man Flaschenzüge mit zwei, vier oder sechs Rollen. Wenn man das Gewicht der Rollen und die Reibungskräfte vernachlässigt, reduziert der Flaschenzug die Kraft, je nach Zahl der Rollen, auf die Hälfte, ein Viertel bzw. ein Sechstel.

Im Falle dieses Flaschenzuges muss der Motor nur 1/4 der Last heben.

Einen Nachteil hat das allerdings: Wenn die Last um 10cm hochgezogen wird, wie weit muss dein Motor dann das Seil aufspulen?

☐ 10 cm ☐ 20 cm ☐ 30 cm ☐ 40 cm

Die Physik kennt die Arbeitsweise deines Flaschenzuges und hat dazu ein Gesetz erfunden, man nennt dieses Gesetz die „goldene Regel“. Sie besagt: „Arbeit kann nicht gespart werden, alles was an Kraft gespart wird, muss an Zeit und Weg zugelegt werden!“



Die Welt der Statik

► Die Statik untersucht die Bedingungen, unter denen die an einem Körper angreifenden Kräfte im Gleichgewicht sind. Sie ist damit die Grundlage aller Berechnungen und Konstruktionen von Bauwerken wie Brücken oder Häusern. Auf Bauteile der Statik wirken unterschiedliche Belastungen. Das Gewicht einer Konstruktion nennt man Eigenlast. Das Gewicht von Personen, Möbeln, Tellern oder sogar Autos nennt man Verkehrslast

Tisch

► Auch dein Tisch ist ein statischer Gegenstand. Er trägt sowohl sein eigenes Gewicht, also die Eigenlast, als auch die Verkehrslasten. Das sind Teller, Tassen, Speisen oder Getränke, die auf einem Tisch stehen, aber auch das versehentliche Anstoßen des Tisches.

Damit ein Tisch alle diese Lasten aufnehmen kann, braucht er eine Menge statischer Besonderheiten.

Verspannung

Strebe



Aufgabe:

- Baue den Tisch nach.
- Achte darauf, dass die Streben richtig verbunden sind.
- Belaste den Tisch zunächst von oben. Als nächstes drückst du seitlich gegen die Tischplatte, dann gegen eines der Tischbeine. Was passiert jeweils?



Die statischen Merkmale deines Modelltisches sind die abgewinkelten Tischbeinen. Sie sind durch den Winkel bereits nach zwei Seiten stabil. Die Rahmenkonstruktion des Tisches ist zusätzlich verstrebt und verspannt. Mit den gelben Streben zwischen den Tischbeinen wird der Rahmen auf Druck und Zug hin stabilisiert. Die Krönung der Statik sind allerdings die Verbindungsstellen, die Dreiecke entstehen lassen. Dreiecke sind auch dann stabil, wenn die Stäbe an den Verbindungsstellen bewegliche Gelenke haben. Solche Dreiecke werden als statische Dreiecke bezeichnet. Dein Modelltisch ist also in dreierlei Hinsicht statisch stabil. Alle Verbindungsstellen nennt man in der Statik Knoten.

Aufgabe:

- Entferne die Verspannungen und belaste den Tisch. Welche Auswirkung hat das auf die Statik des Tisches?
- Füge die Verspannungen wieder hinzu. Entferne die Streben. Belaste den Tisch erneut. Wie stabil ist dein Tisch jetzt?
- Nun baue auch die Verspannungen wieder ab. Belaste den Tisch. Was kannst du beobachten?



► Einen sehr einfachen statischen Aufbau hat die Bockleiter. Auch sie hat abgewinkelte Beine, die verstrebt sind. Die Verstrebungen dienen als Leitersprossen. Die Bockleiter besteht aus zwei einzelnen Leitern, die oben in einem Drehpunkt verbunden sind. Dazu kommt noch eine Verspannung der beiden Leitern im unteren Teil.

Bockleiter

Verspannung

Aufgabe:

- Baue die Bockleiter zunächst ohne die Verspannung auf.
- Richte die Bockleiter auf und belaste sie durch Druck auf die Sprossen und dem oberen Drehpunkt. Bleibt die Leiter stabil?
- Montiere nun an deiner Leiter die Verspannung. Führe den Versuch noch einmal durch. Bleibt die Leiter jetzt stehen?



Eine Bockleiter besteht aus zwei gleichen Hälften, die oben mit einem Drehpunkt verbunden sind. Je nach Anstellwinkel der beiden Hälften bleibt die Leiter auch ohne Verspannung stehen. Aber ab einem bestimmten Punkt rutschen die „Füße“ der Leiter und die Leiterhälften werden auseinandergedrückt. Mit der Verspannung wird die Leiter stabilisiert.

► Eine optimale Brücke hat vier Eigenschaften: Sie ist sicher, lang, billig und sieht gut aus. Mit deinem ersten Brückenmodell lernst du einen Klassiker der Brückenbauweise kennen.

Balkenbrücke

Aufgabe:

- Baue das Brückenmodell nach.
- Belaste die Brücke in der Mitte.
- Wo könnte diese Brücke verwendet werden?



Für geringe Belastungen und Spannweiten ist diese Einfeldbalkenbrücke hervorragend geeignet. Sie erfüllt alle Anforderungen. Wird der Abstand zwischen den Auflagern allerdings größer, verliert die Brücke ihre Stabilität.

Brücke mit Unterzug

► Die Brücke mit Unterzug erinnert an Hängebrücken, die über wilde Schluchten gespannt sind. Mit der Konstruktion einer Hängebrücke hat sie aber fast nichts gemeinsam. Warum das so ist, erfährst du in den Experimenten mit dem Modell.



Aufgabe:

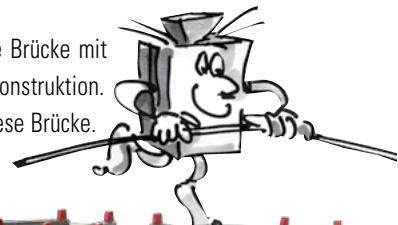
- Baue die Brücke mit Unterzug nach.
- Belaste die Brücke in der Mitte. Verwende diesmal ein etwas schwereres Gewicht.



Bei den Belastungsversuchen hast du sicher festgestellt, dass deine Brücke sehr stabil ist und große Druckkräfte aufnehmen kann. Die Brücke mit Unterzug funktioniert mit der Fachwerkbauweise. Diese Bauart ist zwar für große Belastungen, nicht aber für große Spannweiten geeignet. Die größten Spannweiten erreicht man mit Hängebrücken, die aber nicht so große Kräfte aufnehmen können. Die Brücke mit Unterzug und die Hängebrücke sehen also nur ähnlich aus. Statisch unterscheiden sie sich vollkommen.

Brücke mit Oberzug

► Wesentlich längere Spannweiten und Belastungen kann die Brücke mit Oberzug (Oberzug) aufnehmen. Auch sie hat eine Fachwerkskonstruktion. Streben, Verspannungen und statische Dreiecke stabilisieren diese Brücke.



Aufgabe:

- Erweitere dein erstes Brückenmodell zu der Brücke mit Oberzug.
- Belaste die Brücke wieder in der Mitte.
- Wie hat sich die Stabilität der Brücke verändert?
- Bezeichne in der Zeichnung alle dir bekannten statischen Elemente: den Oberzug, die Streben, die Verspannungen und die Auflager.



Diese Brückenform ist belastbarer als die Balkenbrücke. Die Druckkraft wird jetzt nicht nur auf einen Balken übertragen, sondern verteilt sich auf die zusätzlichen Bauteile. Der Obergurt besteht aus gekreuzten Diagonalen, die jeweils an den oberen Knoten der Seitenelemente befestigt sind. Die Diagonalen am Obergurt verhindern eine Verwindung der Brücke. Ragen die Streben nach oben, bezeichnet man diese Brückenkonstruktion als Hängewerk.

► Möchtest du noch längere Spannweiten erreichen, als mit den Fachwerkskonstruktionen? Wie wäre es mit einer Schrägseilbrücke? Sie ist sehr lang, sieht hervorragend aus – aber ist sie auch belastbar?

Schrägseilbrücke



Aufgabe:

- Baue die Schrägseilbrücke auf.
- Belaste die Brücke links und rechts des Mittelpfeilers mit einem Gewicht und vergleiche die Stabilität mit den Fachwerkskonstruktionen.



Und, wie hat sich deine Schrägseilbrücke im Vergleich geschlagen?

Wie schafft es die Brücke, so stabil zu sein obwohl sie nur an Seilen* hängt? Ich werde es dir verraten: Gerade die Seile und deren Anordnung sind der Trick.

Die Brücke besteht aus drei Hauptbestandteilen: Mittelpfeiler (Pylonen), Stahlseile und Brückentafel. Und ihre hohe Belastbarkeit verdankt sie einer raffinierten Konstruktion.

Die senkrechten Kräfte, die die Brückentafel nach unten ziehen, werden über die Seile in den Mittelpfeiler übertragen, der sie in den Boden ableitet.

Damit sieht eine Schrägseilbrücke nicht nur hervorragend aus, sie kann auch schon mal 1000 Meter überspannen – von Stütze zu Stütze.

(* In deinem Modell übernehmen Streben die Aufgabe der Seile.)

Kran

► Bei den bisherigen Modellen aus den Bereichen Mechanik, Hebel und Statik konntest du Erfahrungen in diesen Bereichen sammeln. Im Abschlussmodell werden diese Erfahrungen nun miteinander verbunden. Der Kran ermöglicht dir, das Zusammenspiel von Bauteilen und Baugruppen zu erkennen und die Statik auf ihre Belastbarkeit hin zu testen.

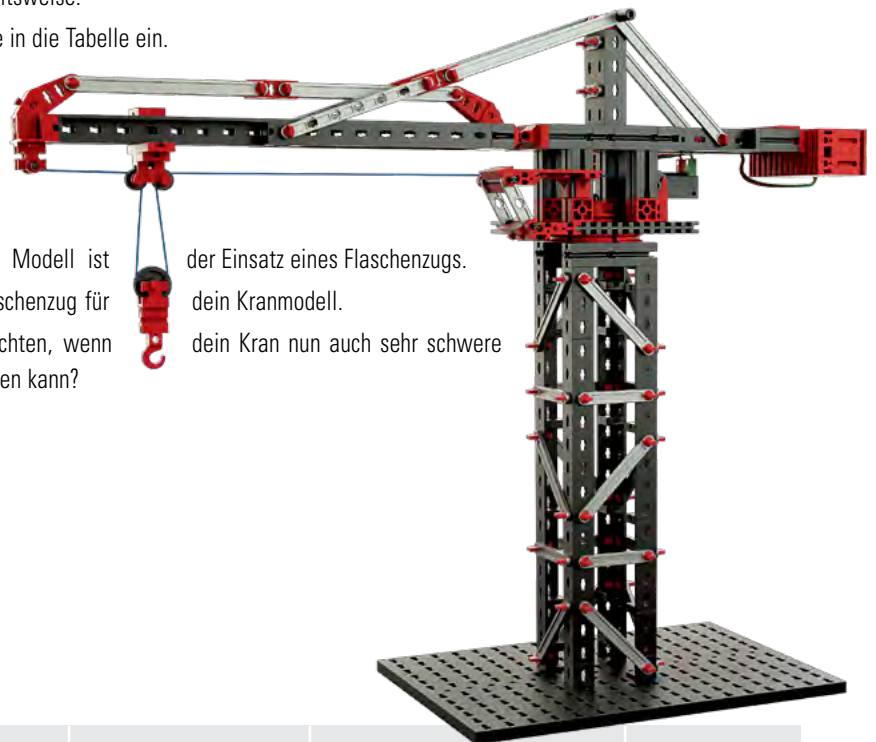
Aufgabe:

- Baue den Kran auf, wie in der Bauanleitung beschrieben.
- Montiere zuerst den feststehenden Turm mit seiner Rahmenkonstruktion. Kennst du die statischen Elemente, die verwendet werden? Notiere in der Tabelle.
- Als Nächstes wird der Ausleger mit dem Drehkranz aufgebaut. Der Ausleger des Krans ist eine bestimmte Form von Hebel. Wie hält der Kran dennoch sein Gleichgewicht? Wie wird der Ausleger stabilisiert? Ergänze auch hier die Tabelle.
- Wozu dient die Laufkatze am Ausleger? Verschiebe sie und beobachte was mit der Hakenhöhe passiert.



Für die Anhebung von Lasten stehen die mehrere Getriebearten zu Auswahl.

- Baue die möglichen Getriebe in dein Kranmodell ein.
- Vergleiche ihre Arbeitsweise.
- Trage die Ergebnisse in die Tabelle ein.



Die Krönung für dein Modell ist

- Entwickle einen Flaschenzug für
- Was musst du beachten, wenn Lasten heben und senken kann?

der Einsatz eines Flaschenzugs.

dein Kranmodell.

dein Kran nun auch sehr schwere

Baugruppe	Vorteile/ Besonderheiten	Einsatzmöglichkeiten	Bauteile
Mechanik			
Statik			
Hebel			