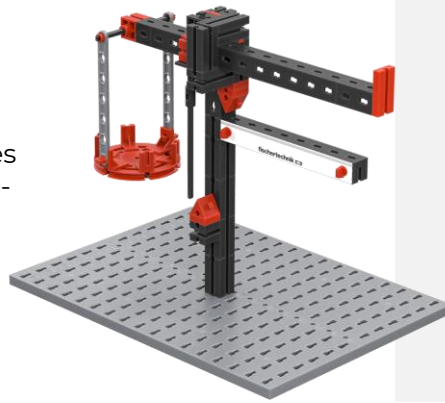


Modell 1

Balkenwaage (Hebel)

Um das Gewicht eines Gegenstands zu bestimmen, müssen wir das Verhältnis des Gewichts zu einem festgelegten Referenz- oder Einheitswert kennen. Das gelingt, indem zwei bewegliche Hebel in ein Gleichgewicht gebracht werden. Die Abbildung auf das Referenzgewicht erfolgt dann über eine geeignete Skala.



Datum

Name

Klasse

• Funktionsweise der Balkenwaage:

Die Balkenwaage basiert auf dem Prinzip des Hebels. Wird das Gewicht in der linken Waagschale erhöht, verlagert sich der Schwerpunkt, wodurch das Gleichgewicht gestört wird.

• Ausgleich durch Verschieben des Gewichts:

Um das Gleichgewicht wiederherzustellen, muss das verschiebbare Gewicht (bestehend aus vier schwarzen Grundbausteinen) auf der rechten Seite des Waagbalkens weiter nach außen geschoben werden.

• Zeiger als Kontrollinstrument:

Der Zeiger (eine schwarze Achse) zeigt an, ob die Waage im Gleichgewicht ist. Das Gleichgewicht ist erreicht, wenn der Zeiger exakt auf die Spitze des roten Winkelsteins zeigt.

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Baue die in Abb.1 gezeigte Balkenwaage und schneide die Vorlage für die Skala entlang der vorgegebenen Linien aus.

1. Befestigung der Skala:

Platziere die Skala am schwarzen Winkelträger. Befestige sie mit zwei S-Riegeln, sodass sie stabil sitzt und nicht verrutscht. Die Skala sollte gut sichtbar und korrekt ausgerichtet sein.

2. Markierung der Nullstellung:

- Stelle sicher, dass die Waagschale leer ist.
- Bringe die Waage durch Verschieben des Gegengewichts ins Gleichgewicht.
- Beobachte, wo die Spitze des roten Winkelsteins unter dem Gewicht auf die Skala zeigt.
- Markiere diese Position mit einem feinen Strich und schreibe eine „0“ daneben, um die Nullstellung zu kennzeichnen.

3. Überprüfung der Nullstellung:

Bewege die Waage vorsichtig und prüfe, ob sie nach dem Loslassen wieder exakt zur Nullstellung zurückkehrt.

THEMATISCHE AUFGABE

Jetzt ist die Skala einsatzbereit und die Waage kann kalibriert werden.

1. Waagschale mit Einheitsgewichten beschweren:

Verwende zum Beispiel Grundbausteine als Einheitsgewichte (BS30 = ca. 5 g oder BS 15 = ca. 2,5 g). Beschwere die linke Waagschale und verschiebe das Gegengewicht auf der rechten Seite des Balkens, bis der Zeiger exakt auf den unteren roten Winkelstein zeigt.

2. Markierungen setzen:

Markiere die Position des roten Winkelsteins auf der Skala für verschiedene Gewichtswerte (z. B. 5 g, 10 g, 15 g, ...).

3. Überprüfung:

Teste die Kalibrierung mit bekannten Gewichten und überprüfe die Abstände und Positionen der Markierungen.



Datum

Name

Klasse

1. Wie groß ist der Abstand zweier 10-g-Markierungen auf der Skala

2. Welches maximale Gewicht kannst du mit der Waage bestimmen?

3. Wenn die Waage im Gleichgewicht ist, welche physikalischen Größen sind dann gleich?

EXPERIMENTIERAUFGABE

1. Wie kannst du die Waage so verändern, dass sich der Messbereich verdoppelt? Nenne mindestens zwei Möglichkeiten.

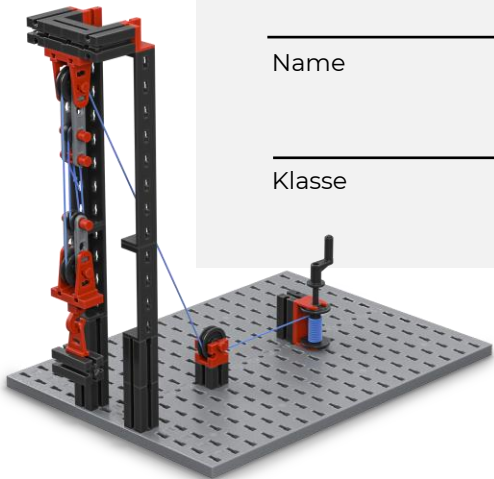
2. Du möchtest eine genauere Auflösung der Waage. Wie kannst du das erreichen? (Auch dafür gibt es mehrere Möglichkeiten.)



Modell 2

Flaschenzug und Wellrad

Eines der ältesten Getriebe überhaupt ist der Flaschenzug. Ohne ihn wären die beeindruckenden Steingebäude der Antike nie entstanden. Ein Flaschenzug bewirkt eine Kraftverstärkung, indem der Hub auf mehrere Seilschlingen verteilt wird. Die geleistete Arbeit – das Anheben eines Gewichts – bleibt dabei dieselbe, dafür muss (mit weniger Kraft) länger gezogen werden.



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Baue den hier gezeigten einfachen Flaschenzug

THEMATISCHE AUFGABE

In Abb. 2 sind drei verschiedene Seilführungen gezeigt, die jeweils zwei, drei und vier Rollen des Flaschenzugs verwenden. Setze sie nacheinander um und beantworte jeweils die untenstehenden Fragen.

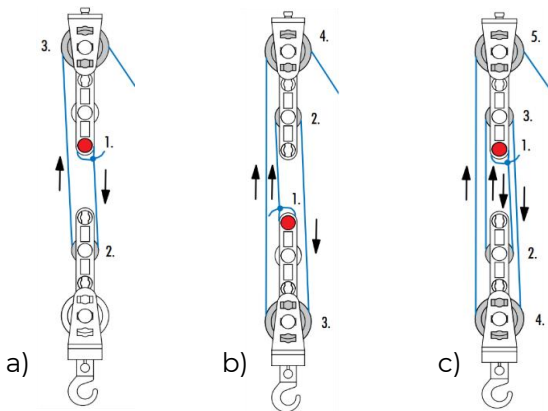
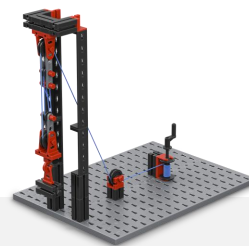


Abb. 2: Drei verschiedene Seilführungen mit a) zwei, b) drei und c) vier Rollen



1. Wie viele Kurbel-Umdrehungen benötigt die Seilwinde ohne Flaschenzug und wie viele in den Fällen a), b) und c), um einen Gegenstand um 10 cm anzuheben?

2. Welche Kraftverstärkung bewirken die drei Flaschenzug- Versionen a), b) und c) gegenüber einem Seilzug ohne Flaschenzug?

3. Warum wird dieser Flaschenzug-Typ auch „Faktorenflaschenzug“ genannt?

Datum

Name

Klasse

EXPERIMENTIERAUFGABE

Ergänze den Flaschenzug nun – wie in Abb. 3 gezeigt – um ein Wellrad.

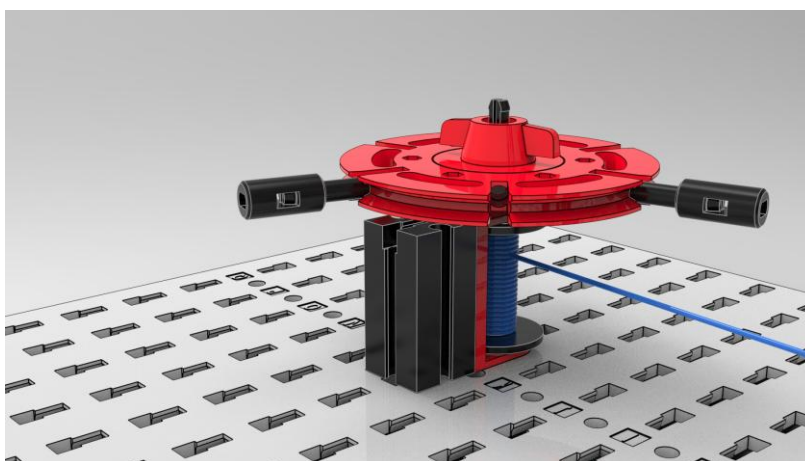


Abb. 3: Wellrad zum Flaschenzug



Erklärung des Wellrads als Hebel:

Das Wellrad funktioniert nach dem Prinzip des Hebels. Hierbei ist der Rastadapter das Zentrum des Hebels, also der Drehpunkt (die Achse). Die Kräfte wirken an unterschiedlichen Hebelarmen:

Kraft am Rastadapter:

Die Kraft, die auf den Rastadapter in der Mitte wirkt, stellt die Eingangsgröße dar.

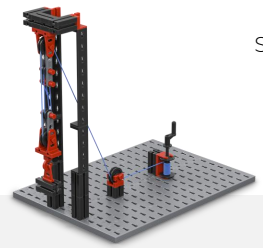
Kraft an der Seiltrommel:

Diese Kraft wird über den Hebelmechanismus auf die Seiltrommel übertragen und wirkt schließlich auf das Seil.

1. Welche Kraftverstärkung bewirkt das Wellrad mit a) einer Rastachse 30 und b) einer Rastachse 45 als Hebel?

2. Welchen „Preis“ bezahlt man beim Wellrad für die Kraftverstärkung?

3. Welche Kraftverstärkung ist einfacher zu erzielen – die am Wellrad oder die des Flaschenzugs? Nenne verschiedenen Vor- und Nachteile der beiden Kraftverstärker.



Datum

Name

Klasse

ZUSATZAUFGABE

Baue den in Abb.3 gezeigten einfachen Flaschenzug mit Motor und teste das Modell.



ZUSATZAUFGABE

Baue den in Abb.4 gezeigten einfachen Flaschenzug mit Motor und teste das Modell.

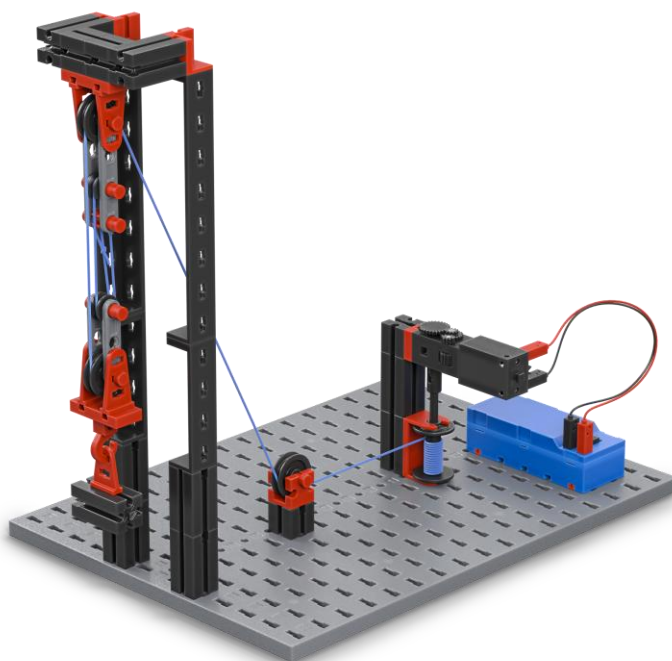
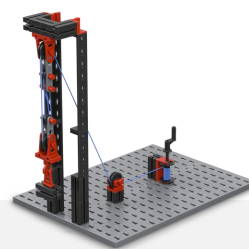


Abb. 3: Flaschenzug mit Motor



Datum

Name

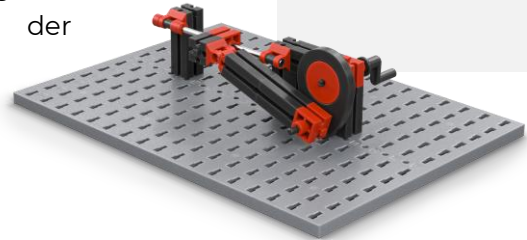
Klasse



Modell 3

Kurbel-Schub-Schere

Antriebe erzeugen in der Regel eine Drehbewegung. Für den Abtrieb wird jedoch oft eine Hin- und Herbewegung benötigt. Das gelingt mit Kurbelschwingen, einem Scherenhub und Schubkurbeln. Schubkurbeln spielen in Verbrennungsmotoren als „Kurbelwelle“ eine zentrale Rolle: Sie wandeln die Schubbewegung der Kolbenstange in eine Drehbewegung der Abtriebswelle.



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Das in Abb. 1 gezeigte Getriebe ist eine „Kurbelschwinge“: Damit wird eine Kreisbewegung (die der Exzentrerscheibe) in eine Schwingbewegung umgewandelt: Die Achse am oberen Ende des beweglich gelagerten Grundbausteins bewegt sich entlang eines Kreisbogens. Eine typische Anwendung für eine Kurbelschwinge ist ein einfacher Scheibenwischer.

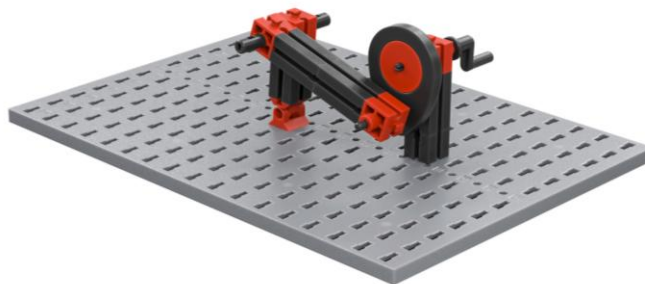
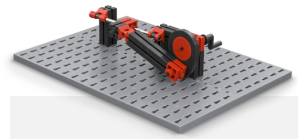


Abb.1: Kurbelschwinge

Erweitere die Kurbelschwinge zu einem Scheibenwischer mit zwei auseinander liegenden Wischblättern. (Die Wischblätter kannst du durch seitlich mit einem S-Riegel am Grundbaustein befestigte Statik-Streben simulieren.)

EXPERIMENTIERAUFGABE



1. Ein der Kurbelschwinge sehr ähnliches Getriebe ist die in Abb. 2 gezeigte „Schubkurbel“. Anders als bei der Kurbelschwinge wird hier die Kreisbewegung der Exzentrerscheibe jedoch nicht in eine Schwing-, sondern in eine Schubbewegung umgewandelt: Die Führung durch die Metallachse sorgt dafür, dass sich der Baustein 15 mit Bohrung auf einer geraden Linie hin und her bewegt.

Neben der bereits genannten Funktion als Kurbelwelle im Fahrzeugantrieb gibt es weitere sinnvolle Einsatzmöglichkeiten – z.B. als „Vorschubgetriebe“.

Erweitere die Schubkurbel zu einem solchen Vorschubgetriebe, das auf der Grundplatte ein Blatt Papier gleichmäßig um ein fest definiertes Stück weiterschiebt. Demonstriere die Funktionsweise.

Datum

Name

Klasse

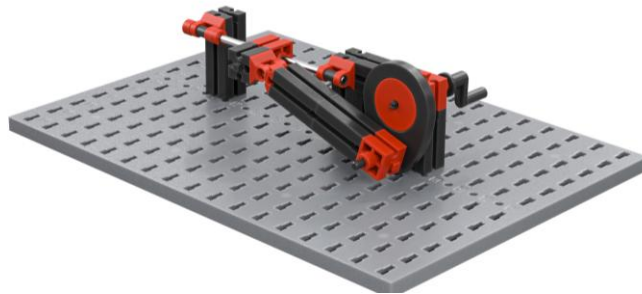


Abb.2: Schubkurbel

2. Abb. 3 zeigt einen Wagenheber mit Scherenhub, der mit einem Schneckengetriebe angehoben wird. Das Getriebe ist selbstsperrend, d.h. der Wagenheber bleibt stabil in der Position, die mit dem Schneckengetriebe eingestellt.

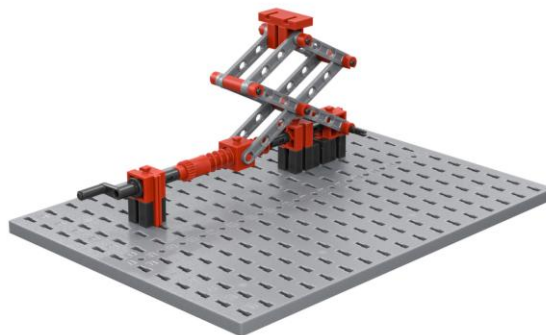
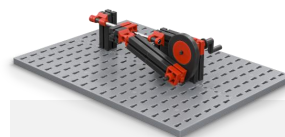


Abb. 3: Wagenheber mit Scherenhub und Schneckengetriebe



3. Baue den Wagenheber entsprechend der Abbildung 3. Dabei wirst du feststellen, dass der Wagenheber sich überraschend weit hebt. Überlege: Wie ließe sich der Hub weiter vergrößern? Nenne mehrere Möglichkeiten und vergleiche sie.



Datum

Name

Klasse

Zusatzaufgabe

Baue den in Abb.4 gezeigten Scherenhub mit Motor und teste das Modell.

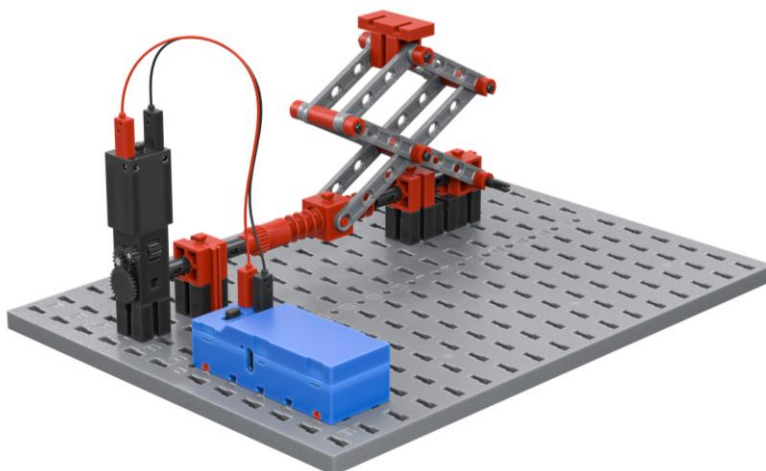


Abb. 4: Scherenhub mit Motor



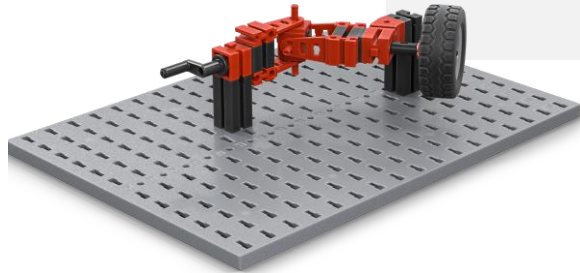
Modell 4 Kardanwelle

Manchmal liegen Antriebs- und Abtriebswelle eines Getriebes weder in einer Flucht noch parallel zueinander, sondern stoßen in einem stumpfen Winkel aufeinander. Dann muss die Bewegungsrichtung der Welle geändert werden. Das gelingt mit einem Kardangetriebe, auch als Kreuz- oder Kardangelenke bezeichnet.

Datum

Name

Klasse



KONSTRUKTIONSAUFGABE

Baue das in Abb. 1 abgebildete Kardangelenke nach. In welchem Winkel stehen die Antriebs- und die Abtriebsachse zueinander?



Abb.1: Kardangelenke

Wenn du die Antriebswelle über die Kurbel antreibst, wirst du feststellen, dass die Bewegung der Abtriebswelle nicht in derselben Gleichmäßigkeit erfolgt: Sie dreht sich mal schneller, mal langsamer als die Antriebswelle. Diesen Effekt nennt man „Kardan-Fehler“.

Die Erweiterung des Kardangelenks um zwei Winkelmesser erlaubt die Messung der Winkelbewegungen in zwei Achsen. So kann die Ausrichtung der beiden verbundenen Wellen zueinander präzise analysiert werden.

THEMATISCHE AUFGABE

Anleitung zur Erweiterung des Kardangelenks mit Winkelscheibe (Abb. 2 oder Bauanleitung):

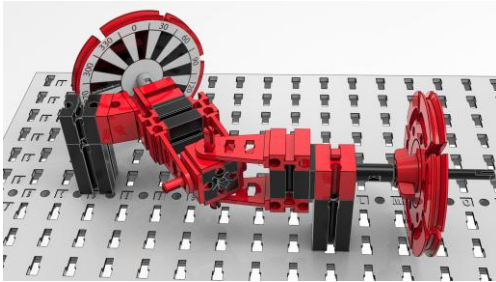


Abb. 2: Erweiterung des Kardangelenks um zwei Winkelmesser

Verlängerung der Antriebswelle:

- Befestige eine Rastkupplung und stecke eine Rastachse 45 ein, um die Antriebswelle zu verlängern.
- Ergänze eine Drehscheibe 60 mit Flachnabe so, dass die Nabenmutter in Richtung des Kardangelenks zeigt.
- Füge eine zweite Lagerung hinzu, bevor du die Rastkurbel wieder an der Welle anbringst.

Verlängerung der Abtriebswelle:

- Montiere eine zweite Drehscheibe 60 mit Flachnabe so, dass die Nabenmutter vom Kardangelenk weg zeigt.

Ergänzung für bessere Ablesbarkeit:

- Verlängere die Lagerung der Antriebs- und Abtriebswelle mit einem Baustein 15, auf dem ein Winkelstein 60° montiert ist. Dies erleichtert das Ablesen der Winkelscheiben.

Schneide die beiden Winkelscheiben (Abb. 3) aus, schneide in die Mitte ein Loch und schiebe sie so auf die beiden Achsen vor den Drehscheiben, dass sie auf der Antriebsachse zwischen Kurbel und Drehscheibe und auf der Abtriebsachse zwischen Rastkupplung und Drehscheibe eingeklemmt sind. Du kannst sie auch mit transparentem Klebeband an der Drehscheibe befestigen.

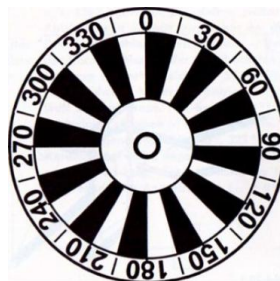
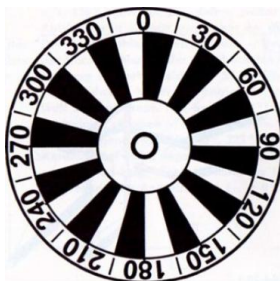
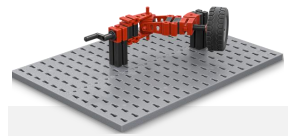


Abb.3 Scheiben mit Gradeinteilung als Winkelmesser



Datum _____

Name _____

Klasse _____





Bringe das Kardangelenk in dieselbe Position wie in Abb. 2 und richte die beiden Winkelmesser so aus, dass die Spitze des roten Winkelsteins mit der 0°-Anzeige „fluchtet“. Drehe nun die Kurbel in 15°-Schritten von 0° bis 180° und notiere den auf dem zweiten Winkelmesser auf der Abtriebsachse angezeigten Winkelwert.

Trage die Messergebnisse und die jeweilige Abweichung der Abtriebs- von der Antriebsachse („Delta“) in die folgende Tabelle ein.

Datum

Name

Klasse

Drehwinkel Antrieb	Drehwinkel Abtrieb	Δ	Drehwinkel Antrieb	Drehwinkel Abtrieb	Δ
0°	0°	0°	90°	90°	0°
15°			105°		
30°			120°		
45°			135°		
60°			150°		
75°			165°		
90°	90°	0°	180°	180°	0°



EXPERIMENTIERAUFGABE

Wie du gesehen hast, kann der Kardan-Fehler eines Kardangelenks erheblich sein. Der Fehler ist umso größer, je größer der Winkel ist, um den die Welle ausgelenkt wird.

Interessant ist aber: Wenn wir zwei Kardangelenke so zu einer Kardanwelle „hinter-einanderschalten“, dass Antriebs- und Abtriebswelle parallel liegen, dann heben sich die Kardan-Fehler der beiden Kardangelenke auf. Daher werden Kardangelenke bei gleichmäßigen Antrieben in der Praxis meist nur bei geringer Auslenkung oder paarweise in Gestalt einer Kardanwelle eingesetzt.

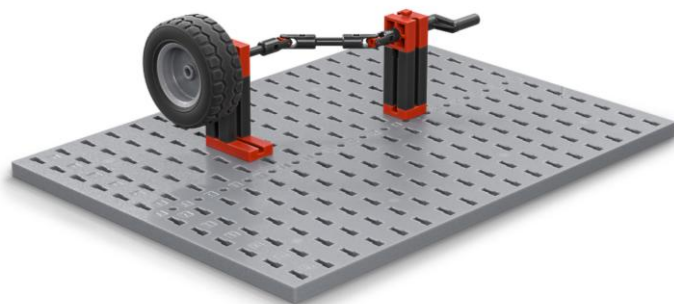


Abb. 4: Kardanwelle mit zwei Kardangelenken

Abb. 4 zeigt eine solche Kardanwelle. Konstruiere sie nach und löse mit ihrer Hilfe die folgenden Aufgaben:

1. Wie groß ist der maximale Winkel, in dem die beiden Kardangelenke noch „sauber“ drehen?

2. Montiere die beiden Winkelmesser auf der Antriebs- und der Abtriebswelle der Kardanwelle und überprüfe, ob der Kardanfehler tatsächlich aufgehoben ist.

3. Welche weiteren Getriebe fallen dir ein, mit denen man einen der Kardanwelle entsprechenden Achsversatz von Antrieb zu Abtrieb erreichen kann?

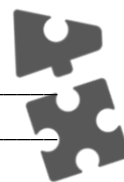
Was sind deren Vor- oder Nachteile im Vergleich mit einer Kardanwelle?



Datum

Name

Klasse



3. Welche weiteren Getriebe fallen dir ein, mit denen man einen der Kardanwelle entsprechenden Achsversatz von Antrieb zu Abtrieb erreichen kann?

Was sind deren Vor- oder Nachteile im Vergleich mit einer Kardanwelle?



Datum

Name

Klasse

Zusatzaufgabe

Erweitere die in Abb.4 gezeigte Kardanwelle mit einem Motor und teste das Modell.

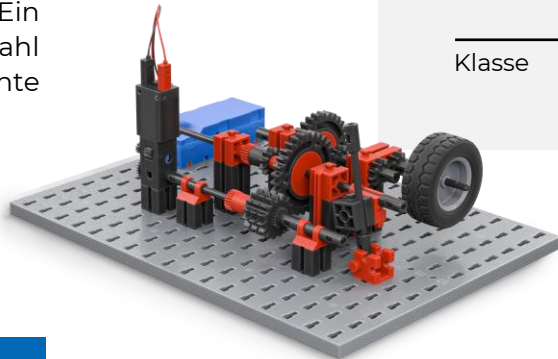


Abb. 4: Kardanwelle mit Motor



Modell 5 Schaltgetriebe

Getriebe mit veränderlicher Übersetzung nennt man Schaltgetriebe. Sie sind in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor nötig, da diese Motoren nur in einem begrenzten Drehzahlbereich effizient arbeiten. Ein Schaltgetriebe ermöglicht es, die Drehzahl der Antriebsachse an die gewünschte Drehzahl der Abtriebsachse anzupassen.



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Schaltgetriebe werden meist aus Zahnradgetrieben konstruiert. Im Folgenden unterscheiden wir die verwendeten Zahnräder anhand ihrer Zähnezahl: Das Zahnrad mit 30 Zähnen nennen wir Z30, das mit zehn Zähnen Z10 usw.

In Abb. 1 siehst du einen Antriebsstrang (mit Motor, vorne) und eine Abtriebswelle (mit Rad, hinten rechts im Bild). Dazwischen befindet sich eine (leere) Getriebeachse, die sich über einen Hebel (rechts) horizontal verschieben lässt.

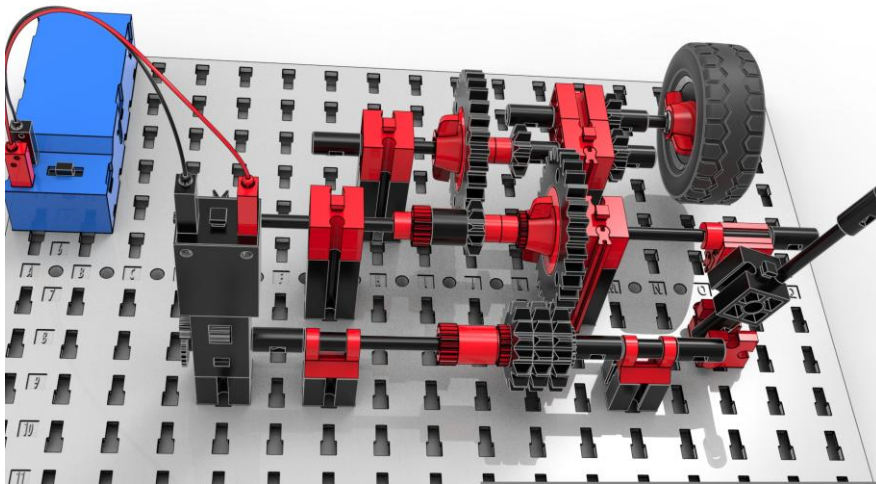
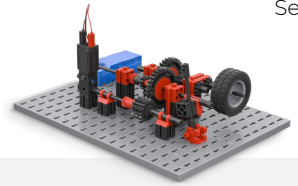


Abb. 1: Schaltgetriebe - Basiskonstruktion

Aufgabe:

Erweitere diese Ausgangskonstruktion zu einem Schaltgetriebe, mit dem zwei unterschiedliche Übersetzungen (auch „Gänge“ genannt) gewählt werden können.

THEMATISCHE AUFGABE



1. Welche Übersetzungen realisiert dein Getriebe? Wie groß ist der Unterschied der Umdrehungsgeschwindigkeiten der Abtriebsachse (bei gleicher Geschwindigkeit der Antriebsachse) in den beiden Gängen?

Datum

Name

Klasse

1. Dein Schaltgetriebe ist eines von mehreren, die mit den gegebenen Zahnrädern (Z10, Z15, Z20, Z30, Z40) konstruiert werden können. Welche weiteren Zweigang-Schaltgetriebe könntest du mit diesen Zahnrädern (und erforderlichenfalls anderen Abständen zwischen den Getriebeachsen) realisieren?

EXPERIMENTIERAUFGABE

1. Erweitere dein Zweigang-Schaltgetriebe zu einem Dreigang-Schaltgetriebe. Welche Übersetzungen realisiert dein Getriebe? Sind noch andere Konstruktionen möglich?

2. Ergänze dein Dreiganggetriebe um einen Rückwärtsgang.



Modell 6 Planetengetriebe



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

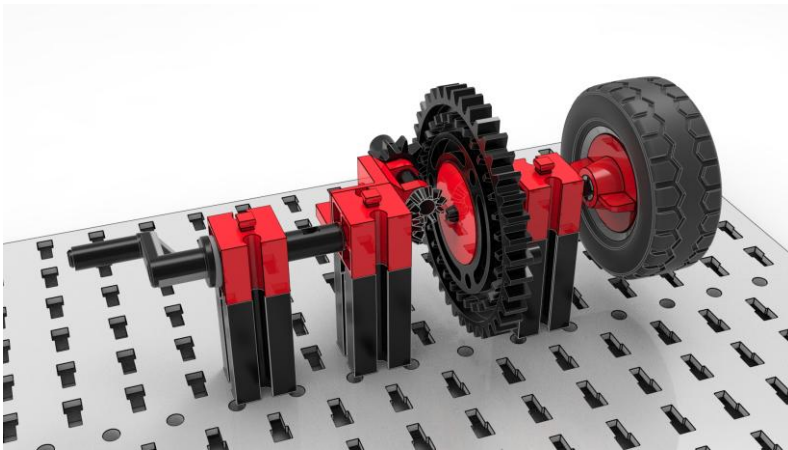
Abb. 1 zeigt ein koaxiales Getriebe mit Kegelzahnradern. Baue das Getriebe nach. Aufgabe: Welche Bewegungsänderung bewirkt es?



Abb. 1: Differenzialgetriebe

Ein koaxiales Getriebe kann auch eine Übersetzung enthalten. Das Getriebe in Abb. 2 verwendet ein Kronradgetriebe. Baue es nach.

Aufgabe: Welche Übersetzung realisiert es?



Datum

Name

Klasse

Abb. 2: Koaxiales Übersetzungsgetriebe mit Kronrad

THEMATISCHE AUFGABE

Planetengetriebe sind eine besondere Form koaxialer Übersetzungsgetriebe. Sie werden in der Regel als Stirnradgetriebe konstruiert, d. h. die Zähne der Zahnräder stehen senkrecht zur Achse (Welle). Planetengetriebe bestehen aus

- einem „Sonnenrad“ (einem Zahnrad in der Mitte),
- mehreren „Planetenrädern“, die um das Sonnenrad „kreisen“ und deren Wellen über einen Steg miteinander verbunden sind und
- einem „Hohlrad“, in dessen Innenzahnrad die Zähne der Planetenräder eingreifen.

Planetengetriebe lassen sich sehr kompakt konstruieren. Je nachdem, welche der drei Wellen eines Planetengetriebes – die des Sonnenrads, die des Stegs oder die des Hohlrads – man „fest“ montiert, erreicht man eine andere Übersetzung.

Betrachte und konstruiere zunächst das folgende Planetengetriebe mit festem Steg und dem Sonnenradantrieb auf der Antriebswelle (Abb. 3):

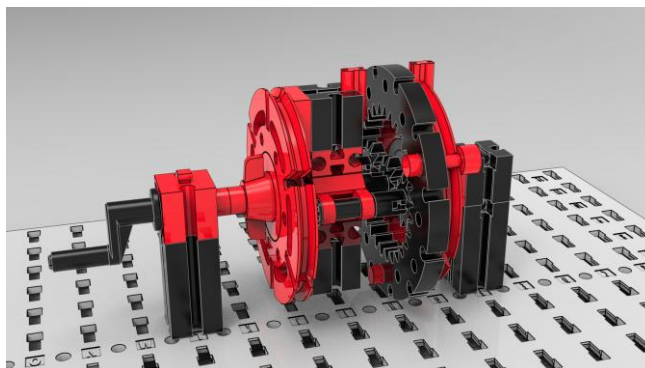


Abb. 3: Planetengetriebe mit festem Planetenradträger (Steg) und Sonnenradantrieb





Die Übersetzung dieses Planetengetriebes ist identisch mit der des einfachen Stirnradgetriebes (Abb. 4):

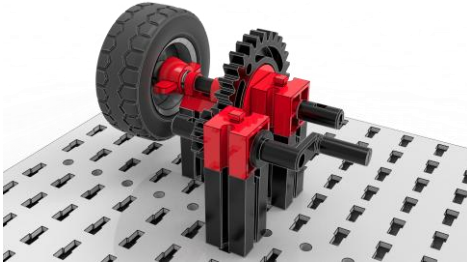


Abb. 4: Zum Planetengetriebe äquivalentes Stirnradgetriebe

Aufgabe:

Warum ist das so? Erläutere. Welches Übersetzungsverhältnis realisiert also das Planetengetriebe mit festem Steg und dem Sonnenrad als Antrieb?

Datum

Name

Klasse

EXPERIMENTIERAUFGABE

1. In dem Planetengetriebe in Abb. 3 ist der Steg fest. Konstruiere ein weiteres Planetengetriebe, in dem entweder das Sonnenrad oder das Hohlrad fest montiert ist.
2. Welche Übersetzungen erreicht man mit fischertechnik-Stirnrad-Planetengetrieben mit dem Innenzahnrad Z30? Vervollständige die folgende Tabelle:





EXPERIMENTIERAUFGABE

- 1. In dem Planetengetriebe in Abb. 3 ist der Steg fest. Konstruiere ein weiteres Planetengetriebe, in dem entweder das Sonnenrad oder das Hohlrad fest montiert ist.
- 2. Welche Übersetzungen erreicht man mit fischertechnik-Stirnrad-Planetengetrieben mit dem Innenzahnrad Z30? Vervollständige die folgende Tabelle:

Datum

Name

Klasse

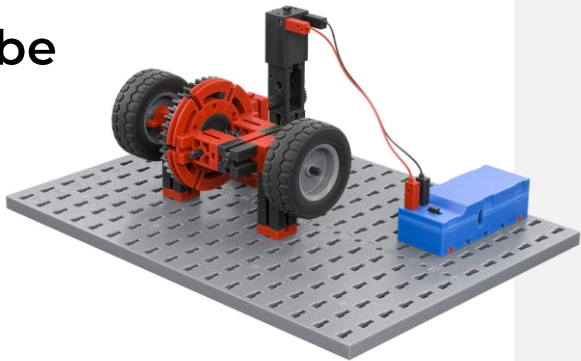
Fest	Antrieb	Abtrieb	Übersetzung	Richtungsumkehr
Steg	Sonnenrad	Hohlrad		ja/nein
Steg	Hohlrad	Sonnenrad		ja/nein
Hohlrad	Sonnenrad	Steg		ja/nein
Hohlrad	Steg	Sonnenrad		ja/nein
Sonnenrad	Steg	Hohlrad		ja/nein
Sonnenrad	Hohlrad	Steg		ja/nein

Wie du gesehen hast, sorgen einige der Getriebe für eine Richtungsumkehr. Wir kennzeichnen sie in der Übersetzungsgleichung durch ein Minus-Zeichen („-“).

- 3. Durch das „Hintereinanderschalten“ von Planetengetrieben lassen sich große Übersetzungen realisieren. Betrachte die drei verschiedenen Planetengetriebe. Welche zwei (verschiedenen) Getriebe würdest du koppeln, um eine möglichst große Übersetzung ins Langsame zu realisieren?



Modell 7 Differenzialgetriebe



Datum

Name

Klasse

Ohne Differenzialgetriebe könnte kein Auto um eine enge Kurve fahren – es ermöglicht den Rädern einer angetriebenen Starrachse sich unterschiedlich schnell zu drehen.

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Eine Sonderform eines Planetengetriebes ist das Differenzialgetriebe: Es ist ein Planetengetriebe aus Kegelzahnradern.

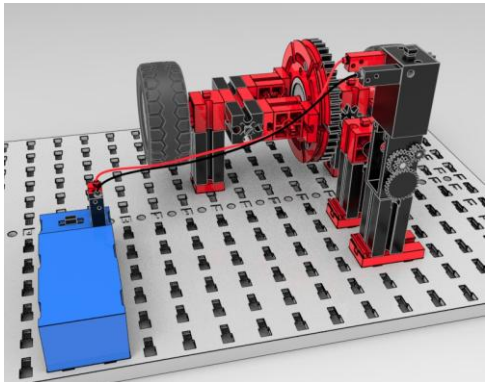
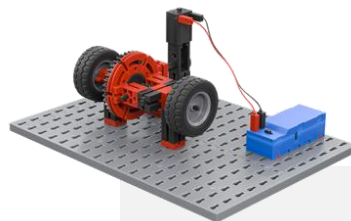


Abb. 1: Differenzialgetriebe

Konstruiere das Differenzial in Abb. 1.

Was passiert, wenn ein solcherart über ein Differenzialgetriebe angetriebenes Fahrzeug um eine enge Kurve fährt?



THEMATISCHE AUFGABE

1. Welche Bewegungsänderung realisiert das Differenzialgetriebe?

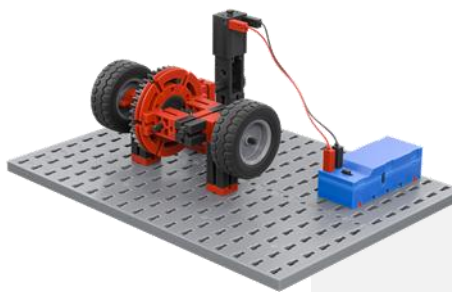
Datum

Name

Klasse

2. Simuliere, dass ein Rad blockiert (z. B. beim Bremsen), indem du es festhältst. Beschreibe, was passiert.





EXPERIMENTIERAUFGABE

1. Was passiert, wenn eines der Räder z. B. in sandigem Untergrund oder auf Eis durchdreht?

2. Als Maßnahme gegen durchdrehende Räder verfügen Geländefahrzeuge über eine „Differenzialsperre“, die das Differential quasi „überbrückt“. Wie könntest du so etwas an deinem Differentialgetriebe ergänzen?

Datum

Name

Klasse



Modell 8
Tisch



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Konstruktionsaufgabe

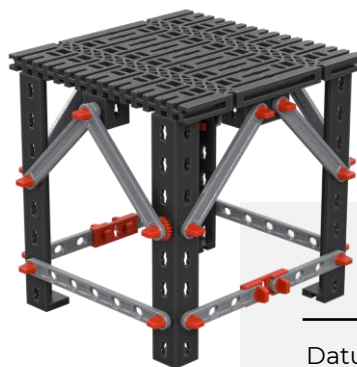
Baue den Tisch zunächst nach der Bauanleitung, aber lass die schrägen Verstrebungen weg.

Montiere die Beine **dicht beieinander**, wie auf diesem Bild.



THEMATISCHE AUFGABE

1. Gib' mit dem Finger Druck auf mehrere Punkte der Tischplatte. Was kannst Du über das Kippverhalten des Tisches sagen? Wie ist es um die Stabilität der Beine bestellt?



Datum

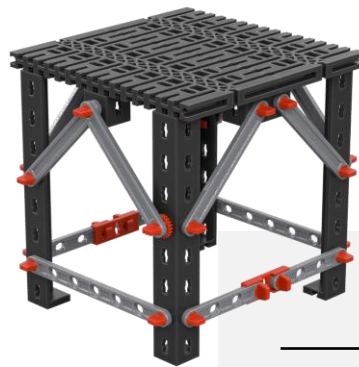
Name

Klasse

2. Konstruiere nun den Tisch gemäß der Bauanleitung.

Welche Verbesserungen weist das „neue Modell“ auf? Wo sind die Nachteile in der praktischen Anwendung?





EXPERIMENTIERAUFGABE

Wie kannst Du die Erfahrungen aus beiden Modellen kombinieren, damit sie die Vorteile beider Varianten vereinen?

Datum

Name

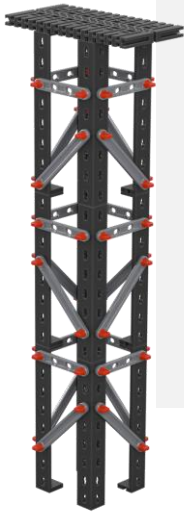
Klasse

Tipp:

Bau den verbesserten Prototyp in einem kleineren Maßstab (eine schwarze Platte als Tischplatte), dann brauchst Du weniger Teile.



Modell 9 Turm



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Baue den Turm nach der Anleitung, aber lasse die grausilbernen Statikstreben vorerst weg.
Der Turm besteht zunächst nur aus der Plattform und den Beinen.

Welche Mängel weist ein Turm auf, der auf diese Weise gebaut ist?

THEMATISCHE AUFGABE

Ergänze den Turm gemäß der Bauanleitung mit den Verstreibungen.
Teste, welche der beobachteten Mängel die Statikstreben durch ihre Versteifung beheben.





EXPERIMENTIERAUFGABE

Bei den diagonalen Aussteifungen gibt es einen besonderen Fall, der zunächst nicht auffällt: Richte die diagonalen Streben auf zwei gegenüberliegenden Seiten so aus, dass sie wie auf den anderen beiden Seiten verlaufen.

Es entsteht eine Spirale aus Streben. Welche Eigenschaft verliert der Turm dadurch?

Tipp:

Nimm' den Turm in beide Hände und teste, wie sich das Modell verformen lässt (aber bitte nicht so kräftig, dass das Material beschädigt wird) 😊

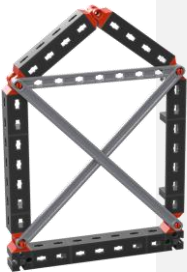
Datum

Name

Klasse



Modell 10
Fachwerk



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Konstruiere zunächst das einfache Fachwerkmodell.





THEMATISCHE AUFGABE

Statische Bestimmtheit beschreibt die Eigenschaft eines Systems, bei der alle unbekannten Kräfte und Momente allein durch die Gleichgewichtsbedingungen berechnet werden können. Sie ist ein zentraler Begriff in der Statik und charakterisiert die Lagerung ruhender Körper sowie den inneren Aufbau von Körpersystemen wie Fachwerken.

Ein Fachwerk ist statisch bestimmt, wenn alle Stabkräfte darin berechenbar sind. Diese Voraussetzung ist erfüllt, wenn das Fachwerk einfach konstruiert ist.

Datum

Name

Klasse

1. Ermittle die statische Bestimmtheit durch Ausprobieren.

Tipp: ist die Baugruppe in sich beweglich, ist sie statisch unterbestimmt. Kann ich eines oder mehrere Elemente weglassen und sie bleibt starr, ist die Baugruppe überbestimmt.

Ergebnis:

2. Baue die Baugruppe nun so um, dass sie statisch bestimmt ist. Und skizziere hier Dein Ergebnis:





3. Belege nun mit der Knotenformel, dass Deine Variante tatsächlich statisch bestimmt ist.

Datum

Name

Klasse

EXPERIMENTIERAUFGABE

Baue mit den vorhandenen Teilen 3 weitere Baugruppen, die jeweils statisch bestimmt sind und begründe dies mit der Knotenformel.



Modell 12

Brücke, Balkenbrücke



Datum

Name

Klasse

THEMATISCHE AUFGABE

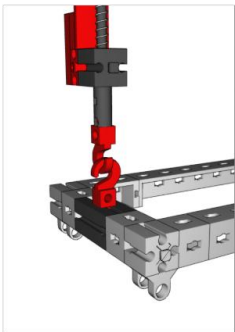
Äußerliche statische Bestimmtheit

Ermittle, ob die Brücke äußerlich statisch bestimmt gelagert ist. Tipp: betrachte hierzu das 2-dimensionale schematische Modell der Brücke. Skizziere und trage die relevanten Kräfte in Deine Skizze.

Skizze statisches System Balkenbrücke:

EXPERIMENTIERAUFGABE

1. Ersetze für das folgende Experiment das einwertige Lager (Loslager/ Gleitlager) durch die Federwaage und belaste die Brücke an verschiedenen Stellen mit einer Last.





Trage die gemessenen Werte der Federwaage in Abhängigkeit des Abstandes s_n in die folgende Tabelle ein.

Führe diesen Versuch mit 3 verschiedenen Gewichten durch. Beachte, dass die Federwaage nicht nur die Kraft anzeigt, welche aus der Gewichtskraft der Last (FL) resultiert, sondern auch die Hälfte des Eigengewichtes der Brücke ($130\text{ gr} / 2 = 65\text{ gr}$)

Abstand s_n	Lagerkraft F_n	Gewichtskraft F_L
$s_1 = 75\text{ mm}$		1 N
$s_2 = 150\text{ mm}$		1 N
$s_3 = 300\text{ mm}$		1 N
$s_1 = 75\text{ mm}$		2 N
$s_2 = 150\text{ mm}$		2 N
$s_3 = 300\text{ mm}$		2 N
$s_1 = 75\text{ mm}$		3 N
$s_2 = 150\text{ mm}$		3 N
$s_3 = 300\text{ mm}$		3 N

Datum

Name

Klasse

Tipp: Um die Gewichtskraft der jeweiligen Lasten zu ermitteln, kannst Du sie mit der Federwaage wiegen und diese direkt in die Tabelle eintragen, ohne das genaue Gewicht bestimmen zu müssen.





2. Baue nun nacheinander den Fachwerkober- und -unterzug gemäß der Bauanleitung an die Balkenbrücke.

Bestimme, ob der obere Längsträger des Oberzuges auf Zug oder Druck beansprucht wird. Wie sieht es dann beim Unterzug aus?

Datum

Name

Klasse

3. Was ist entscheidend, ob eine Brücke als Ober- Unterzugbrücke konstruiert ist?





Modell 13 Zweiseitiger Hebel



KONSTRUKTIONSAUFGABE

Konstruiere den zweiseitigen Hebel gemäß der Bauanleitung.



Datum

Name

Klasse

THEMATISCHE AUFGABE

Bestücke den zweiseitigen Hebel auf beiden Seiten mit Gewichten gleicher Größe. Positioniere die Gewichte auf beiden Seiten an der jeweils äußersten Stelle und beobachte was passiert. Der Hebel sollte nun im Gleichgewicht sein, also exakt horizontal stehen.

1. Verschiebe ein Gewicht in Richtung Drehachse. Was kannst Du feststellen?





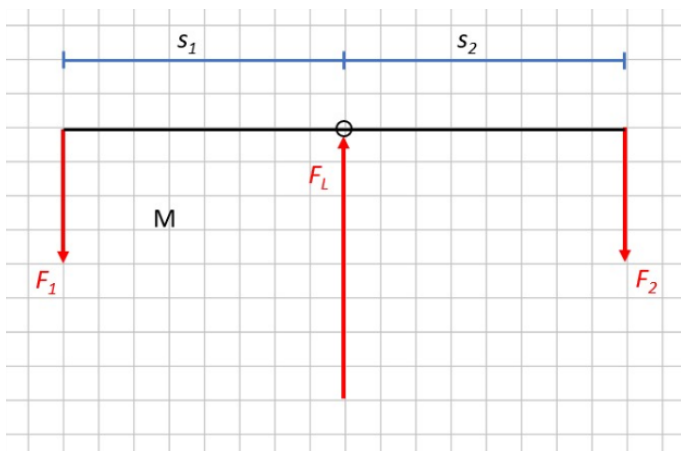
2. Gelingt es Dir, den Hebel ins Gleichgewicht zu bekommen, wenn Du auf einer Seite das Gewicht verdoppelst?

Datum

Name

Klasse

3. Stelle eine Vermutung auf, wie sich der Abstand s der Schwerachse des Gewichts zur Drehachse verhält.





4. Berechne die Momente um die Drehachse, welche aus den einzelnen Gewichten entstehen und bilde die Summe.



Datum

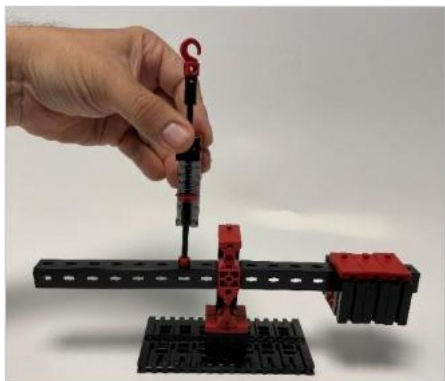
Name

Klasse

Wann ist der Hebel mathematisch im Gleichgewicht?

Was würde das für die Hebellänge bedeuten, wenn das Gewicht auf einer Seite verdoppelt würde?

EXPERIMENTIERAUFGABE



Halte die Federwaage so an das Modell, dass sie eine vertikale Druckkraft auf den linken Teil des Hebelarmes ausübt. Halte sie so hoch, dass der Hebelarm in exakt in der Gleichgewichtsstellung ist.

Ermittle so das Gewicht der Gegengewichte.





1. Was kannst Du zum Versuchsaufbau sagen?

Datum

Name

Klasse

2. Welche Vorteile hat es, die Waage dicht an der Drehachse zu positionieren? Wo liegen die Nachteile?

3. Was spricht für eine Messung weit von der Drehachse entfernt und was dagegen?

Tipp: Der Hebel muss auf beiden Seiten bei den Experimenten immer exakt gleich beschaffen sein, damit sich das Eigengewicht der beiden Seiten exakt aufhebt.

Wenn Du z.B. den Hebel nur auf einer Seite verlängerst, zählt das zugehörige Eigengewicht der Verlängerung zu dem eigentlichen Versuchsgewicht dazu. Auch die Wirkungslinie der Gewichtskraft entfernt sich aus der Drehachse, das resultierende Moment aus dieser Hebelhälfte wird größer.



Modell 14

Scheibenwischer-Gleichläufig



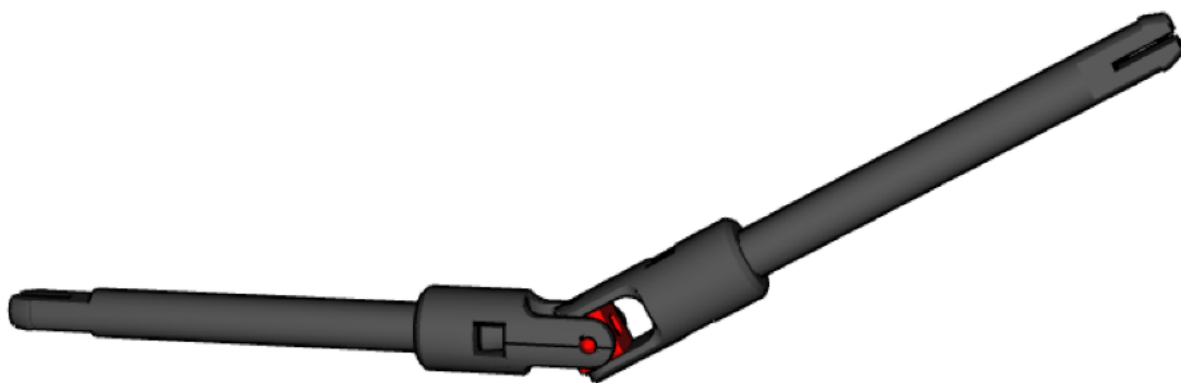
KONSTRUKTIONSAUFGABE

Datum

Name

Klasse

Bevor Du das Modell aufbaust, nimm eines der Kardangelenke, stecke zwei Rastachsen in die beiden Enden und teste die Funktion des Kardans von Hand.



1. Probiere, wie sich die beiden Achsen drehen lassen und sich die Drehbewegung – nicht nur gerade, sondern auch „geknickt“ überträgt.

Wie verhält es sich mit der Drehrichtung der Achsen?

2. Kann man das Kardan beliebig weit „abknicken“, sodass die Drehübertragung immer noch funktioniert?

3. Konstruiere das Modell nach Bauanleitung zuerst mit der Gelenkkurbel.



THEMATISCHE AUFGABE

So fließt die Kraft von der Gelenkkurbel zu den „Wischerblättern“:

- Von der Kurbel zum Zahnradgetriebe:** Die Bewegung geht zunächst auf ein größeres rotes Zahnrad Z20 mit 20 Zähnen. Dabei läuft die Übertragung über ein kleineres schwarzes Zahnrad Z10 mit 10 Zähnen. Ein mittleres Z10 sorgt nur für die Drehrichtungsumkehr: Zwei benachbarte Zahnräder drehen entgegengesetzt, das dritte wieder wie das erste.
- Der Exzenter als Schlüsselmechanik:** Der Exzenter – hier eine schwarze Platte mit Achse im Z20 – wandelt die gleichmäßige Drehung in eine Hin- und Her-Bewegung um. Sein „exzentrischer“ Punkt überträgt die Bewegung über die I-Strebe 45. Einfach, aber effektiv!
- Die erste Kurbel:** Die Hin- und Her-Bewegung gelangt zur ersten Kurbel, die sich entsprechend hin und her bewegt.
- Das Parallelkurbelgetriebe:** Über die I-Strebe 90 wird die Bewegung auf eine zweite Kurbel übertragen. Diese folgt der ersten Kurbel fast ohne Abweichung.
- Bewegung „um die Ecke“:** Da die Scheibenwischer schräg für die Windschutzscheibe montiert sind, leitet ein Kardangelen die Drehung vom waagerechten Getriebe weiter.
- Die Scheibenwischer:** Die Wischerblätter bewegen sich synchron, beide zugleich auf und ab – präzise und zuverlässig.

Datum

Name

Klasse

Aufgaben:

- Justiere das Exzenter: Stelle ein, wie weit der Ansatzpunkt der I-Strebe 45 vom Drehpunkt der Antriebsachse entfernt ist. Je weiter entfernt (je „exzentrischer“), desto größer der Schwenkbereich der Scheibenwischer. Verschiebe den Baustein 7,5 so, dass die Wischer bis ganz unten schwenken, ohne dass die Mechanik blockiert.
- Wie viele Umdrehungen der Kurbel braucht es, bis die Wischer einen Zyklus – hin und zurück – abschließen? Und warum?





3. Die beiden „Wischerblätter“ (die beiden schwarzen I-Streben 90) überlappen sich, wenn sie waagrecht unten liegen.

a) Welcher muss oben liegen, welcher darunter?

Datum

Name

Klasse

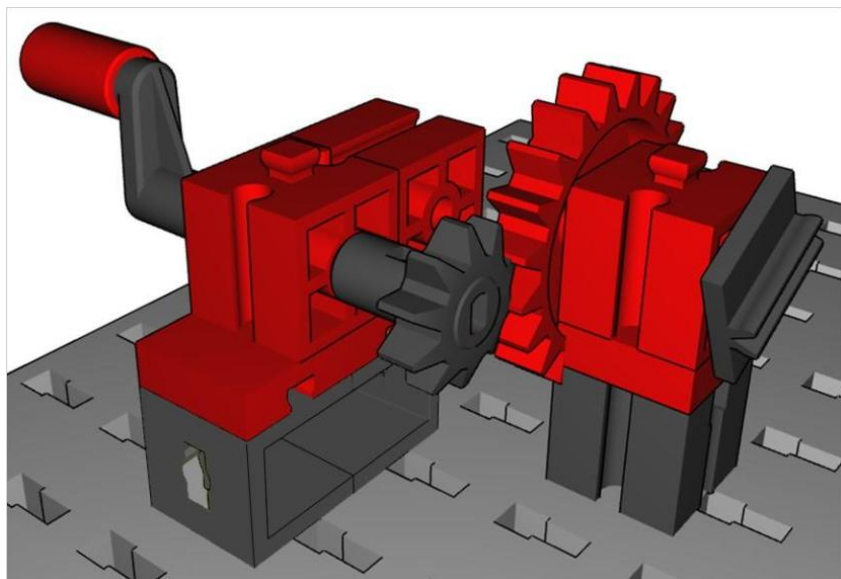
b. Was passiert, wenn die Wischer in der falschen Reihenfolge übereinander liegen?

c) Beschreibe in ganzen Sätzen, warum dann dieses Problem auftritt.





EXPERIMENTIERAUFGABE



Datum

Name

Klasse

1. Entferne das mittlere Zahnrad Z10. Versetze dann die Halterung des ersten Z10 so, dass dieses direkt ins Z20 eingreift, wie dieser Bildausschnitt zeigt:

Drehe an der Kurbel. Was hat sich geändert?





2. Justiere den Exzenter so, dass der Ansatzpunkt der I-Strebe 45 extrem weit vom Drehpunkt der Antriebsachse entfernt ist („vergrößere die Exzentrizität“). Was passiert beim Kurbeln?

Datum

Name

Klasse

3. Versuche, den Antrieb „umzukehren“: Drehe an einem der Wischer selbst. Schwenke den Wischer hin und her. Was beobachtest Du?

Zusatzaufgabe

Konstruiere das Modell mit Motor und teste es.

ANLAGEN

Weiterführende Informationen

- [1] Wikipedia: [Stirradgetriebe](#).
- [2] Wikipedia: [Exzenter](#).
- [3] Wikipedia: [Koppelgetriebe](#).
- [4] Wikipedia: [Kreuzgelenk](#).



Modell 15 Scheibenwischer-Gegenläufig



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Konstruiere das Modell nach Bauanleitung. Achte auf die richtige Anordnung und Ausrichtung der Kurbeln und der Streben der Exzenter. **Aufgabe:** Justiere den Exzenter wieder so, dass der Schwenkbereich der Wischer geeignet ausfällt. Die Wischer sollen unten flach liegen, aber nicht blockieren.

THEMATISCHE AUFGABE

Die beiden Wischerblätter (die grau-silbernen I-Streben 90) überlappen wieder.

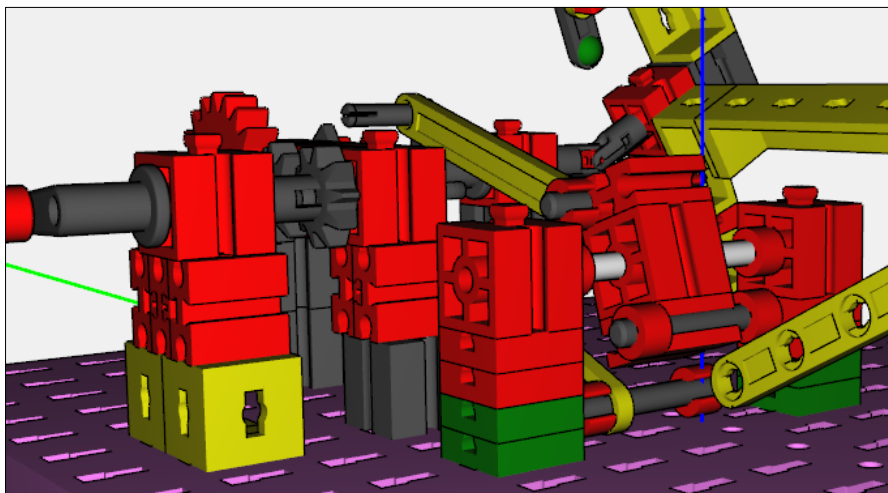
1. Warum ist diese Überlappung in einem echten Fahrzeug wichtig?

2. Da die Wischer überlappen, liegt wieder einer über dem anderen. Der obere sollte also etwas früher starten, sich nach oben zu bewegen, als der untere, damit die Wischerträger sich nicht behindern oder sogar beschädigen. Obwohl beide Wischer vom selben Antrieb bewegt werden, müssen sie also leicht abweichend voneinander gesteuert werden. Der Antrieb ist also nicht symmetrisch, sondern unsymmetrisch. Beschreibe die zwei Konstruktionsmerkmale im Modell, die diese Asymmetrie bewirken:

EXPERIMENTIERAUFGABE



Unter den beiden roten Bausteinen 15 mit Bohrung des mittig liegenden Zentral-Exzentrers befinden sich je zwei Bausteine 5, damit die richtige Höhe erreicht wird. Du hast noch vier unverbaute Bausteine 5 im Baukasten übrig.



Datum

Name

Klasse

Erhöhe die Lage der mittig liegenden Exzenter-Achse durch Unterbau von je einem bzw. je zwei weiteren Bausteinen 5 (im Bild grün) unter den beiden Bausteinen 15 mit Bohrung.

Verbessert oder verschlechtert sich die Funktionsweise der Mechanik, wenn die Drehachse des mittleren Exzentrers verändert wird?





Verbessert oder verschlechtert sich die Funktionsweise der Mechanik, wenn die Drehachse des mittleren Exzenters verändert wird?

Datum

Name

Klasse



Modell 16

Scheibenwischer-Parallel



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

In dieser Version stehen die Wischerblätter immer senkrecht und werden so auch über die Windschutzscheibe geführt. Das sieht man z.B. bei der großen Frontscheibe eines Omnibusses. Konstruiere das Modell laut Bauanleitung. Beachte bitte, dass die beiden Kurbeln für die Wischerarme in diesem Modell nach unten zeigen.

THEMATISCHE AUFGABE

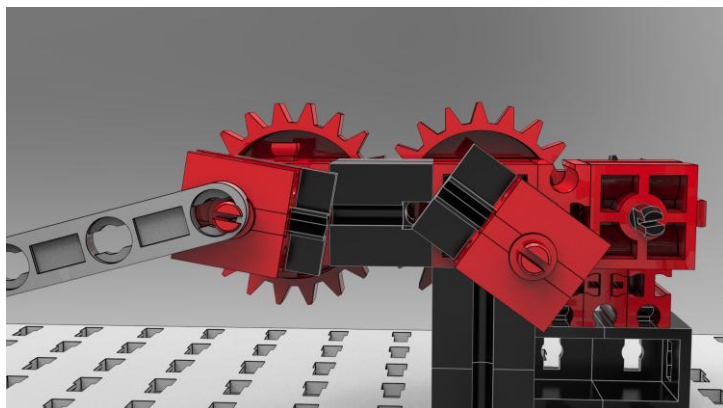
In „Ruheposition“ sollen sich die beiden Wischerblätter ganz außen befinden (in der Mitte würden sie die Sicht zu stark einschränken). Die beiden Exzenter müssen nun in zweierlei Hinsicht justiert werden:

1. Justiere die Exzentrizität (den Abstand zwischen der Drehachse eines Exzenter und dem Ansatzpunkt der I-Strebe 45 daran) so, dass sich ein geeigneter Schwenkbereich ergibt. Die Wischbereiche beider Wischer sollen sich überlappen, damit auch wirklich die gesamte Scheibe gewischt wird.
Die Exzentrizität muss also groß genug sein, dass die Wischer etwas über das mittlere der 9 Löcher im waagerechten Statikträger zwischen den Wischern hinausbewegt werden.
2. Die Wischer dürfen sich in der Mitte nicht behindern oder stoßen – das würde die Mechanik blockieren. Einer der Wischer muss daher etwas früher von außen nach innen schwenken. Dafür hat jeder Wischerarm einen eigenen Exzenter. Der zeitliche Versatz wird erreicht, indem die Exzenter leicht gegeneinander verdreht montiert werden:



 Datum

 Name

 Klasse


Konstruktiv kannst Du das erreichen, wenn Du eines der Zahnräder Z20 etwas abziehst und um einen oder mehrere Zähne versetzt anbringst. Damit befinden sich die Exzenter beim Starten nicht im selben Winkel zum Rest des Modells. Das nennt man Voreilung (bei dem schon etwas weiter gedrehten Exzenter) bzw. Nacheilung (beim etwas zurückliegenden Exzenter).

Wenn wir möchten, dass der Wischer auf der Fahrerseite zuerst startet (weil das der für den Fahrer wichtigere ist): Welcher der beiden Exzenter muss dann vor- und welcher nacheilen?



EXPERIMENTIERAUFGABE



1. Spiele mit der Größe der Vor-/Nacheilung zwischen den beiden Exzentern. Bei wie vielen Zähnen Versatz zwischen den beiden Z20 ergibt sich eine gute Funktion des Modells?

Datum

Name

Klasse

2. Was passiert, wenn man den Versatz zu groß macht, und was ist daran ungünstig?

ANLAGEN

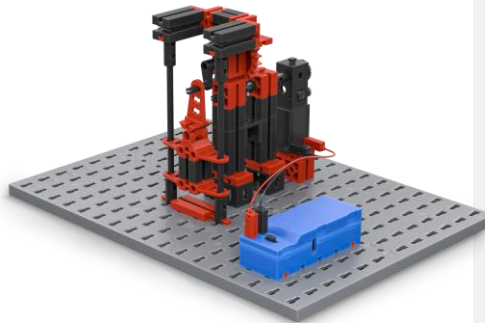
Weiterführende Informationen

[1] Wikipedia: [Parallelogrammführung](#).

[2] fischerwerke: Vor- und Nacheilung. In: fischertechnik Experimente+Modelle, hobby 1 Band 2, 1973. In der [fischertechnik-Datenbank](#) (PDF, [direkter Link](#)), S. 5053.



Modell 17 Exzenterpresse



Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

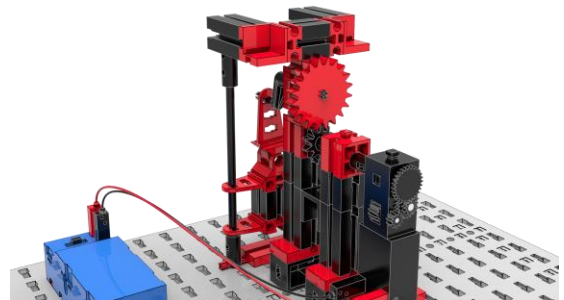
Pressen gibt es in vielen Größen und Anwendungsbereichen: Kleine Tablettenpressen formen wenige Millimeter große Medizin-Tabletten, während riesige Hydraulikpressen von bis zu 20 Metern Höhe mit Kräften von mehreren hundert Tonnen Metallteile wie Leuchtengehäuse oder Motorhauben unter hoher Temperatur formen.

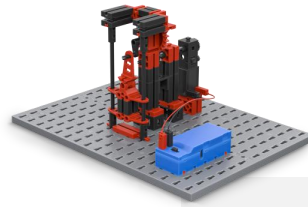
Eine einfache Bauart ist die Exzenter-Pressen. Ähnlich wie bei den Scheibenwischermodellen drückt ein Exzenter den Pressekopf oder „Stempel“ senkrecht oder waagrecht gegen einen Anschlag. Das dazwischenliegende Werkstück wird dabei gepresst.

Aufgabe: Konstruiere das Modell laut Anleitung. Achte darauf, dass die senkrecht stehenden Achsen so justiert sind, dass sich der auf- und abfahrende Pressenkopf leichtgängig bewegen kann.

THEMATISCHE AUFGABE

Der Motorantrieb geht über ein kleines Zahnradgetriebe auf den Exzenter. Wozu dient das Getriebe?





EXPERIMENTIERAUFGABE

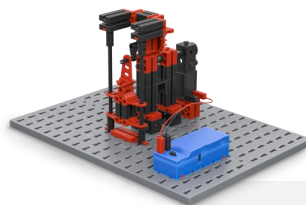
Durch die Exzenter-Kurbel und das Gelenk im Pressenkopf wird die Drehbewegung in eine **lineare Auf- und Ab-Bewegung** umgesetzt. In die Presse könnten unterschiedlich hohe zu pressende Werkstücke eingelegt werden.

Lege Gegenstände unterschiedlicher Dicke unter die Presse, etwa Papier, Knet oder dünne Holzstückchen.

1. In welcher Position hat die Presse die größte Presskraft?

2. Warum ist das so?





ANLAGEN

Weiterführende Informationen

[1] Wikipedia: [Exzenterpresse](#)

Datum

Name

Klasse



technika



Modell 18

Presse-Kniehebelpresse



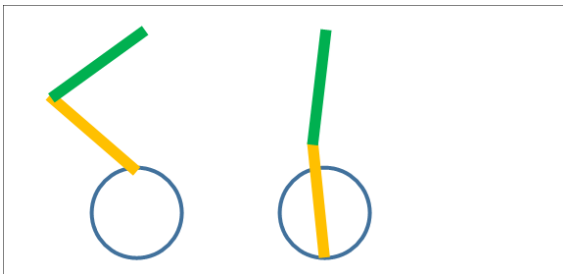
 Datum

 Name

 Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

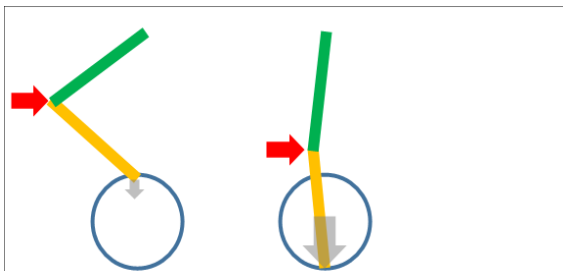
Ein Kniehebel funktioniert wie das menschliche Kniegelenk. Betrachten wir vereinfacht das Bein eines Radfahrers und sein Pedal:



Der Oberschenkel ist grün, der Unterschenkel orange, die Pedalbahn als blauer Kreis dargestellt. Links sehen wir das angewinkelte Bein, wenn das Pedal oben steht. Rechts ist das Bein fast durchgestreckt – und das aus gutem Grund: In dieser Position kann es die größte Kraft auf das Pedal ausüben.

Nun ersetzen wir das Bein durch zwei gelenkig verbundene Hebel. Die Gelenke oben und unten entsprechen Hüfte und Fuß, das mittlere ist das Knie. Statt Muskelkraft wirkt hier Druck direkt aufs Knie, um die Hebel zu bewegen.

Der rote Pfeil in der zweiten Zeichnung zeigt, wie die Kraft direkt aufs Knie wirkt und die Hebel bewegt:



Das Modell zeigt, wie sich eine kleine Kraft durch eine clevere Hebelkonstruktion in eine große Kraft umwandeln lässt. Durch die gelenkige Verbindung der Hebel kann eine relativ geringe Kraft (rote Pfeile) an einer bestimmten Stelle eine deutlich größere Kraft (graue Pfeile) erzeugen – allerdings mit einer langsameren Bewegung.

Diese mechanische Kraftverstärkung basiert auf dem Prinzip des Hebels und kommt in vielen technischen Anwendungen vor, etwa bei Pressen, Kniehebelpressen oder auch bei menschlichen Gelenkbewegungen.

Aufgabe: Konstruiere das Modell nach Anleitung. Beim Aufbau des Modells solltest du darauf achten, dass alle Achsen gut ausgerichtet sind, damit der Pressenkopf sich ohne Widerstand bewegen kann und die Kraftübertragung optimal funktioniert.

THEMATISCHE AUFGABE



1. Benenne die drei Komponenten (Baugruppen) des Modells, über die die Drehkraft des Motors bis zur Presskraft im Pressenkopf verläuft



Datum

Name

Klasse

2. Vergleiche a) die Wirkung der Kombination aus Exzenterkurbel und dem daran angebrachtem Hebel (die I-Strebe 30) mit b) der Wirkung der beiden Hebel in der Kniehebelmechanik. Was ist der Unterschied, was ist gleich?



EXPERIMENTIERAUFGABE

Lege Gegenstände unterschiedlicher Dicke unter die Presse, etwa Papier, Knet oder dünne Holzstückchen und vergleiche das Modell mit der Exzenterpresse.

Ist die maximale Kraft dieses Kniehebel-Pressenmodells kleiner, gleich oder größer?



Datum

Name

Klasse

ANLAGEN

Weiterführende Informationen

- [1] Wikipedia: [Kniehebel](#).
- [2] Wikipedia: [Kniehebelpresse](#).



ANLAGEN

Weiterführende Informationen

- [1] Wikipedia: Kniehebel.
- [2] Wikipedia: Kniehebelpresse.



Datum

Name

Klasse



Modell 19

Schiefe Ebene mit Kleinkraftmesser



KONSTRUKTIONSAUFGABE



Datum

Name

Klasse

Konstruiere das Modell nach Bauanleitung zunächst ohne Kraftmesser und die beiden Aufstellhilfen.

- Stelle sicher, dass der Wagen leichtgängig rollen kann. Seine vier Räder müssen leicht laufen. Die beiden waagerechten Räder sollen ihn gerade in der Spur halten.
- Du kannst die schiefe Ebene leicht anheben und sehen, wie stark ein am Ende aufgesetzter Wagen beschleunigt. Der Wagen wird von der etwas federnden Strebe abgefangen.

THEMATISCHE AUFGABE

1. Lass die Bahn unten auf dem Tisch liegen. Sofern der Tisch gerade steht, liegt sie jetzt genau waagrecht. Für die folgenden Überlegungen nennen wir diesen Zustand den Aufstellwinkel von 0° gegenüber der Waagerechten.
 - a) Schiebe den Wagen ans Ende der Bahn (weg von der gelenkigen Aufhängung an der Grundplatte). Hebe die Bahn langsam mit der Hand an. Warum fängt der Wagen nicht schon bei der kleinsten Auslenkung an, loszufahren?



- b. Beobachte, wie der Wagen stärker beschleunigt, wenn Du ihn bei stärker angehobener Bahn loslässt. (Die Statikstrebe unten fängt ihn weich ab, aber übertreibe es nicht – das Modell oder Bauteile können sonst beschädigt werden.)

2. Ergänze nun das Modell um den Kraftmesser und den beiden Aufstellhilfen. Damit können wir die auftretenden Kräfte auch zahlenmäßig erfassen und auswerten. Stell sicher, dass der Kraftmesser auf seiner Skala „0“ anzeigt, wenn die Feder darin gerade ganz entspannt ist.

Bei fischertechnik werden I-Streben längs an Bauteilen wie Statikträgern angebracht. Ihr Maß richtet sich nach dem Raster von 15 mm – das ist der Abstand zwischen zwei Löchern der Träger. I-Streben sind stets ein ganzzahliges Vielfaches dieses Maßes.

X-Streben hingegen sind für die Montage im 45°-Winkel gedacht. Ihre Länge folgt den Regeln des Satzes des Pythagoras: Sie entsprechen ganzzahligen Vielfachen von 15 mm multipliziert mit $\sqrt{2}$.

- a. Versuche herzuleiten, warum die „Aufstellhilfe 45°“ mit den X-Strebenlängen 84,8 mm und Statiklaschen 21,2 bei senkrechter Ausrichtung einen Aufstellwinkel von genau 45° ergibt.





- b. Warum ergibt die „Aufstellhilfe 30°“ mit den I-Streben 60 und Statiklaschen 15 in senkrechter Ausrichtung einen 30° Aufstellwinkel?

 Datum

 Name

 Klasse

3. Messen wir die Kraft in Newton (N), die der Wagen bei verschiedenen Aufstellwinkeln auf den Kraftmesser ausübt:
- Bei waagerecht liegender Bahn wird die Kraft 0 N betragen.
 - Bei senkrecht aufgestellter Bahn ist es die gesamte Gewichtskraft des Wagens (damit er dabei nicht aus der Bahn fällt, musst Du ihn leicht festhalten – möglichst ohne Kraft nach oben oder unten auszuüben).
 - Uns interessieren aber auch Winkel zwischen 0° und 90°.





Wir haben verschiedene Möglichkeiten, den Aufstellwinkel festzustellen:

- Die beiden Bausteine 7,5 auf dem Boden der Bauplatte sind dafür gedacht, ein Geodreieck darauf zu stellen und an die Bahn zu halten. Der Nullpunkt des Geodreiecks soll genau in der Mitte des Lochs der Gelenksteine liegen. Dann kannst Du am dünnen Schlitz im Verbindungsstück 45, der unten in der Bahn steckt, den gerade aktuellen Aufstellwinkel gut ablesen. Vielleicht macht ihr das in Zweier-Teams – jemand hält die Bahn, jemand anderes liest den Winkel ab.
- Die beiden Aufstellhilfen 30° (die kürzere) und 45° (die längere) werden in die Strebenadapter (die wie Federnocken aussehen, aber einen runden Zapfen tragen) aufgeklipst, die sich bei etwa 2/3 der Bahnlänge befinden. Der angegebene Aufstellwinkel wird dann erreicht, wenn die Streben genau senkrecht nach unten zeigen und die Bausteine 15 am unteren Ende satt und gerade auf der Grundplatte stehen.

Datum

Name

Klasse

Wichtig: Die Bausteine stehen dann *nicht* so, dass sie in die Nuten der Bauplatte eingeschoben werden sollten – dann stünden die Streben *nicht* genau senkrecht. Die Bausteine liegen einfach nur flach auf der Grundplatte auf. Die Streben verlaufen von ihrer Aufhängung an der Bahn genau senkrecht herunter.

a. Trage die gemessene Kraft in eine Tabelle wie die folgende ein:

Aufstellwinkel	Gemessene Kraft (in N)	Anteil der gemessenen Kraft an der Gewichtskraft (bei 90° Aufstellwinkel), in Prozent
0°	0,0 N	0 %
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		
90°		100 %





b) Bei welchem Winkel ist die ausgeübte Kraft gerade halb so groß (50 %) wie die Gewichtskraft?

Datum

Name

Klasse

EXPERIMENTIERAUFGABE

Wir können unsere schiefe Ebene auch als Waage für den Wagen betrachten, die wir in verschiedenen Aufstellwinkeln betreiben. Wenn wir bei 90° Aufstellwinkel die komplette Gewichtskraft (in N) messen, können wir über die Erdbeschleunigung g (die Beschleunigung, die ein frei fallender Körper auf der Erdoberfläche durch die Gravitation erfährt) die Masse (in kg) des Wagens berechnen. Es gilt:

$$F = m \cdot a$$

Die Kraft F ist gleich der Masse m des Körpers multipliziert mit der Beschleunigung a . Daraus folgt:

$$m = \frac{F}{a}$$

Die Beschleunigung a ist in unserem Fall die Erdbeschleunigung. Die mittlere Erdbeschleunigung (sie ist wegen nicht ganz gleichmäßiger Masseverteilung nicht überall auf der Erde exakt gleich) beträgt $g_N = 9,80665 \text{ m/s}^2$. Wenn wir die Kraft F in N (Newton) am Kraftmesser ablesen, können wir also seine Masse zu

$$m = \frac{F}{g_N}$$

bestimmen. Wir haben g_N auf fünf Nachkommastellen genau vorliegen – super! Können wir dann also die Masse m unseres Wagens in kg auch auf fünf Nachkommastellen genau ausrechnen? Auf zehntel oder sogar hundertstel Gramm?





Das hängt davon ab, wie genau wir die Kraft überhaupt messen können!

Die Messung bei senkrecht gestellter Bahn (90° Aufstellwinkel) zeigt z.B. eine Gewichtskraft von $0,8\text{ N}$ an. Grundsätzliche verschiedenartige Fehlermöglichkeiten kommen hier zum Tragen:

- **Systematische Fehler** entstehen dadurch, dass wir irgendetwas schon grundsätzlich falsch machen. Das klingt schlimmer, als es ist: Viele systematische Fehler können wir gar nicht vermeiden.
 - So haben wir beispielsweise eine uns quantitativ nicht bekannte Reibung in den Rollen des Wagens und in der Lagerung der Achse mit der Feder.
 - Wir könnten die Skala nicht genau richtig angebracht haben – z.B. etwas versetzt zur richtigen Position – und so alle Kraftmessungen um einen bestimmten Betrag falsch ablesen.
 - Die Skala könnte nicht korrekt bedruckt worden sein.
 - Wir wissen nicht, welche Erdbeschleunigung genau an dem Ort herrscht, an dem wir die Messungen vornehmen (wobei sie überall bei ca. $9,81\text{ m/s}^2$ liegen wird).
 - Wir könnten schräg auf die Skala schauen und somit eine verfälschte Ablesung bewirken.
 - Und, und, und... Es ist gut, systematische Fehler zu kennen, aber sie in Zahlen zu fassen, ist meistens schwierig.

- **Ablesefehler und statistische Fehler:**

Die können wir „quantifizieren“, also in Zahlen angeben, mit denen wir rechnen können. Wir müssen abschätzen, wie genau wir die Skala ablesen können. Ein Teilstrich der Skala entspricht $0,1\text{ N}$. Wir können sorgfältig gerade drauf schauen, alles gut justieren, und dennoch selbst mit geübtem Auge bestenfalls $1/10$ Skalenteilung zuverlässig und reproduzierbar ablesen. Das wären also $1/10$ von $0,2\text{ N} = 0,02\text{ N}$. Wir können die Kraft also gar nicht genauer als auf $0,02\text{ N}$ ablesen!

 Datum

 Name

 Klasse




Nun können wir aber berechnen, wie genau unsere Messung der Kraft prozentual ist: 0,02 N Ablesefehler bei einem Gewicht von 0,8 N sind also

$$\frac{0,02N}{0,8N} = 0,025 = 2,5\%$$

Unser Messfehler beträgt also 2,5 % (systematische Fehler nicht einkalkuliert!).

Mit einem Wert dieser Genauigkeit gehen wir also in unsere Formel :

$$m = \frac{F}{g_N}$$

Da m proportional zu F ist (g_N ist eine Konstante), wird auch die berechnete Masse m mit einer Ungenauigkeit von 2,5 % zu versehen sein.

1. Berechne mit $F=0,8\text{ N}$, Ablesefehler von $0,02\text{ N}$ und g_N die Masse des Wagens in kg bzw. g und gib den zu erwartenden Fehler ebenfalls in kg an.

Datum

Name

Klasse





Wiederhole die Messung in dem Aufstellwinkel, bei dem die Kraft am Kraftmesser nur halb so groß wie die Gewichtskraft ist. Berechne, wiederum mit Ablesefehler 0,02 N und unter Verwendung von g_N , die Masse und die Genauigkeit der Berechnung (wiederum beides in kg bzw. g).

 Datum

 Name

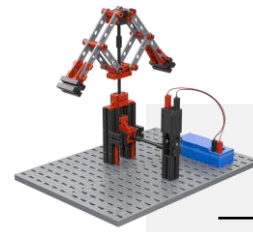
 Klasse

ANLAGEN

Weiterführende Informationen

- [1] Wikipedia: [Schiefe Ebene](#).
- [2] Dennis Rudolph: Messfehler und Fehlerbetrachtung. Auf [gut-erklärt.de](#).
- [3] Ulf Konrad: Fehlerrechnung. Auf [ulfkonrad.de](#).
- [4] Ulf Konrad: Fehlerfortpflanzung. Auf [ulfkonrad.de](#).
- [5] Wikipedia: [Fehlerfortpflanzung](#). Hinweis: Die verwendete Mathematik führt bis über die Sekundarstufe hinaus.
- [6] Dr. Alexey Chizhik: [Messfehler](#). Georg-Augustin-Universität Göttingen. Hinweis: Dieser Link ist für Interessierte, die einmal schauen möchten, wie weit man mit Fehlerrechnung gehen kann. Das Niveau ist das eines Physikstudiums. Durch Vorwärtsblättern mit dem Link





Modell 20

Fliehkraftregler/Zentrifugalkraft



Die Zentrifugalkraft, auch Fliehkraft genannt, entsteht durch die Trägheit eines Körpers bei Dreh- oder Kreisbewegungen. Sie wirkt radial von der Rotationsachse nach außen. Wir erleben sie oft im Alltag: Beim Kettenkarussell werden die Sitze nach außen gedrückt, in der Salatschleuder fliegt das Wasser nach außen, und ein Zweiradfahrer muss sich in die Kurve legen, um die Kraft auszugleichen. .

Datum

Name

Klasse

KONSTRUKTIONSAUFGABE

Konstruiere das Modell nach Bauanleitung.

Es entspricht im Aufbau einem sogenannten Fliehkraftregler. 1788 entdeckte MATTHEW BOULTON den Fliehkraftregler beim Windmühlenbau. Ein Kontroll-Instrument, das die Fliehkraft nutzt, um die Drehzahl einer Maschine zu regeln. Mit JAMES WATT setzte er daraufhin den Fliehkraftregler zur Drehzahlregelung von Dampfmaschinen ein.

THEMATISCHE AUFGABE

- Überall wo Kreisbewegungen stattfinden, wirkt auch eine Fliehkraft. Die Fliehkraft ist größer je schneller eine Kurve durchfahren wird und je enger die Kurve ist. Welche zwei Möglichkeiten gibt es für den Fahrer, die Fliehkraft zu reduzieren?

- Welche Formel beschreibt die Berechnung der Fliehkraft (Zentrifugalkraft) mit der Geschwindigkeit?

a) $F = m \cdot a$

b) $F = m \cdot \frac{v^2}{r}$

c) $F = m \cdot r \cdot \omega^2$

THEMATISCHE AUFGABE



Überall wo Kreisbewegungen stattfinden, wirkt auch eine Fliehkraft. Die Fliehkraft ist größer je schneller eine Kurve durchfahren wird und je enger die Kurve ist. Welche zwei Möglichkeiten gibt es für den Fahrer, die Fliehkraft zu reduzieren?

Datum

Name

Klasse

Welche Formel beschreibt die Berechnung der Fliehkraft (Zentrifugalkraft) mit der Geschwindigkeit?

- a) $F = m \cdot a$
 b) $F = m \cdot \frac{v^2}{r}$
 c) $F = m \cdot r \cdot \omega^2$

Die Fliehkraft kann noch auf zwei weitere Arten berechnet werden. Entweder rechnest du mit der Radialbeschleunigung oder du rechnest mit der Winkelgeschwindigkeit. Kennst du die Formeln?

Formel Radialbeschleunigung:

Formel Winkelgeschwindigkeit:



3. Die Fliehkraft kann noch auf zwei weitere Arten berechnet werden. Entweder rechnest du mit der Radialbeschleunigung oder du rechnest mit der Winkelgeschwindigkeit. Kennst du die Formeln?

Formel Radialbeschleunigung: _____

Formel Winkelgeschwindigkeit: _____



Datum

Name

Klasse

EXPERIMENTIERAUFGABE

1. Drehe an der Kurbel des Modells und erhöhe langsam die Geschwindigkeit.

Was kannst du beobachten? Wie verhält sich der Baustein 15 (B15) entlang der Drehachse bei zunehmender Geschwindigkeit (ω)?

- a) B15 senkt sich
- b) B15 hebt sich

2. Was passiert mit der Winkelweite α bei zunehmender Geschwindigkeit (ω)?

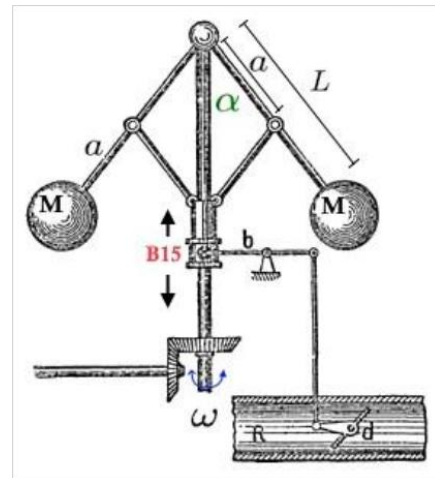
- a) α wird größer
- b) α wird kleiner

3. Was würde mit B15 passieren, wenn bei gleichbleibender Rotationsgeschwindigkeit ω die Gewichte M erhöht werden?

- a) B15 senkt sich
- b) B15 hebt sich

4. Was passiert mit der Winkelweite α , wenn bei gleichbleibender Rotationsgeschwindigkeit ω die Gewichte M erhöht werden?

- a) α wird größer
- b) α wird kleiner



Watt'scher Regulator





5. James Watt benutzte den Fliehkraftregler, um die Arbeitsgeschwindigkeit der von ihm verbesserten Dampfmaschine konstant zu halten. Kannst du dessen Funktionsweise erklären?

Datum

Name

Klasse

ANLAGEN

Bauanleitungen und Vorlagen für die Modelle:

Modell 20: Bauanleitung Modell Fliehkraftregler.

Weiterführende Informationen

- [1] Wikipedia: [Zentrifugalkraft](#)
- [2] LeifiPhysik: [Fliehkraftregler](#)
- [3] studyflix: [Fliehkraft](#)

