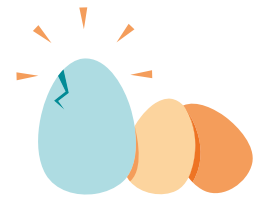
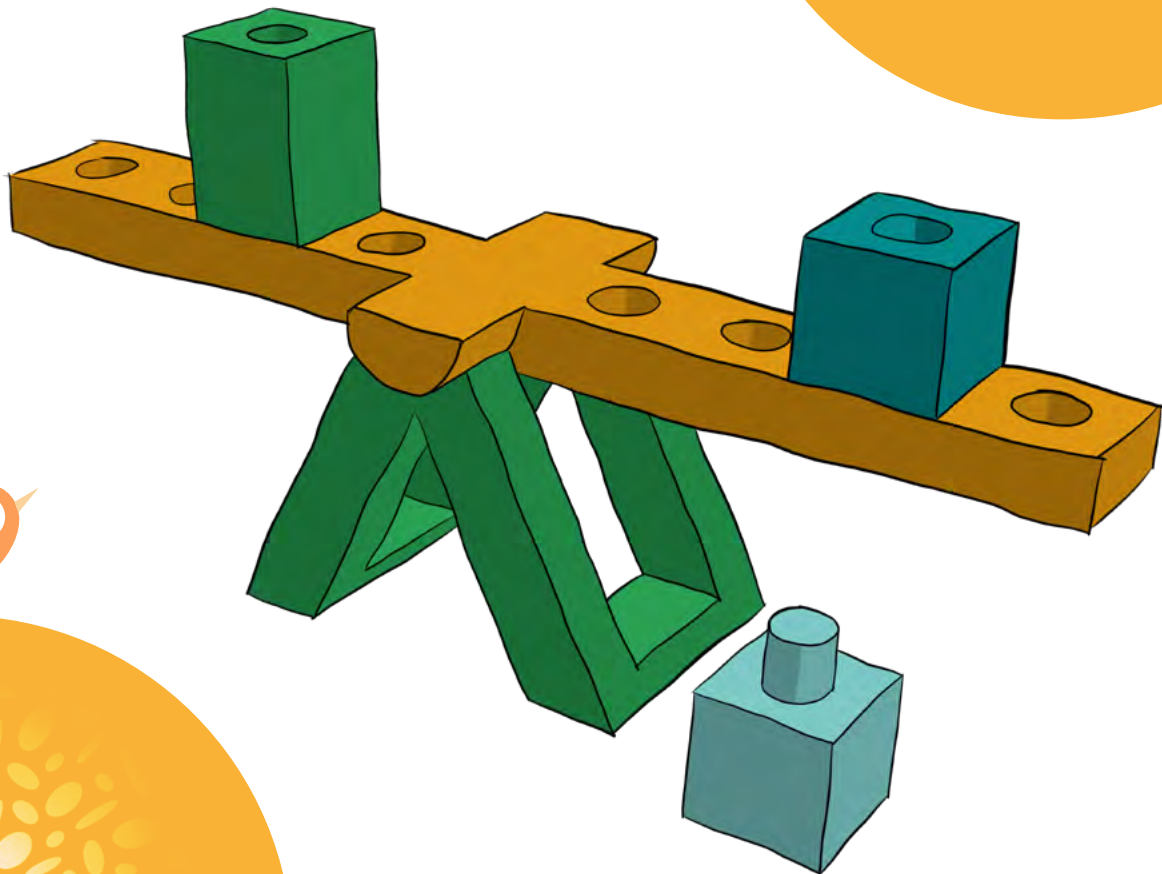


3D-DRUCK MACHT SCHULE!



7. - 10.
KLASSE



Arbeitsheft:

DAS HEBELGESETZ

Neues lernen mit neuen Technologien!

Nach einer kurzen Einführung in die Theorie des Hebelprinzips startet das Arbeitsheft direkt in die Anwendung: Schritt für Schritt werden die Benutzeroberfläche und die Arbeitsschritte des Modellierens in Tinkercad sowie mechanische Toleranzen und Grundlagen des Slicens erklärt. Damit können die Lernenden die Physik greifbar erleben und anhand vielfältiger Modellierungs- und Druckaufgaben ihre Prinzipien eigenständig erkunden und umsetzen.

Ein Kapitel mit Übungsaufgaben und Anwendungsbeispielen – von der Wippen-Basis bis hin zur Ausrichtung und Gewichtsoptimierung – sorgt dafür, dass die Theorie immer auch im praktischen Kontext erlebbar bleibt. Lehrkräfte profitieren von einem strukturierten Leitfaden, der sie bei der Einbindung des 3D-Drucks in den Unterricht unterstützt.

- **Schritt-für-Schritt-Erklärungen: Von der Modellierung bis zum finalen Druck werden alle Arbeitsschritte verständlich und nachvollziehbar erklärt.**
- **Für Lehrkräfte und Lernende: Praktische Tipps und klare Anleitungen machen das Hebelgesetz lebendig und motivieren zum Entdecken und Ausprobieren.**
- **Fächerübergreifend lernen und doppelt profitieren: Die Kombination aus Theorie und Praxis vermittelt parallel physikalische Grundlagen und technisches Know-how im 3D-Druck.**



www.tutolino.net



team@tutolino.net

IMPRESSUM

Tutolino UG (Haftungsbeschränkt)

c./o. The Drivery GmbH
Mariendorfer Damm 1
12099 Berlin

 Tutolino-Education Network

 tutolino_educationnetwork

Alle Rechte vorbehalten.
1. Auflage, Oktober 2024

Inhaltsverzeichnis

▲ Theorie

Allgemeines	6
Jetzt kommt die Formel	6
Es gibt noch mehr?	7
Übungen	7

▲ Modellieren

Einleitung	8
Die Benutzeroberfläche	8
Wippen Basis	10
Exportieren	13
Toleranzen	14
Testmodelle	14
Wippenbalken	15
Gewichte	16

▲ Slicen

Wippenbalken Orientierung	18
Gewicht vom Gewicht	18

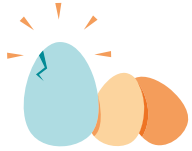
▲ Übungsaufgaben

Aufgabe 1	20
Aufgabe 2	21
Aufgabe 3	21

Überblick

Hier sind alle Informationen für die erfolgreiche Planung der Unterrichtseinheiten zusammengefasst. Falls nötig, findest du unter www.tutolino.net noch weitere hilfreiche Hinweise zu den unten genannten Kategorien.

▲ Schwierigkeitsgrad



Anfänger



▲ Projektdauer

4-6

Schulstunden je 45 Min.

▲ Unterrichtsform



Kleingruppen



▲ Druckzeit und Materialmenge

Druckteil	Druckzeit	Materialmenge	Gesamt
Wippen Basis	2 Std. 10'	17 g	
Wippen Balken	2 Std. 40'	22 g	
8 Gewichte	5-6 Std.	30 g	
			~10 Std. , 69 g

Weiterhin werden in der folgenden Anleitung folgende Software sowie Farben verwendet:



PL20312
Tieforange



PL60020
Petrolgrün



PL30733
Feuerrot



PL60386
Grasgrün

Software

Farben*

Theorie

▲ Allgemeines

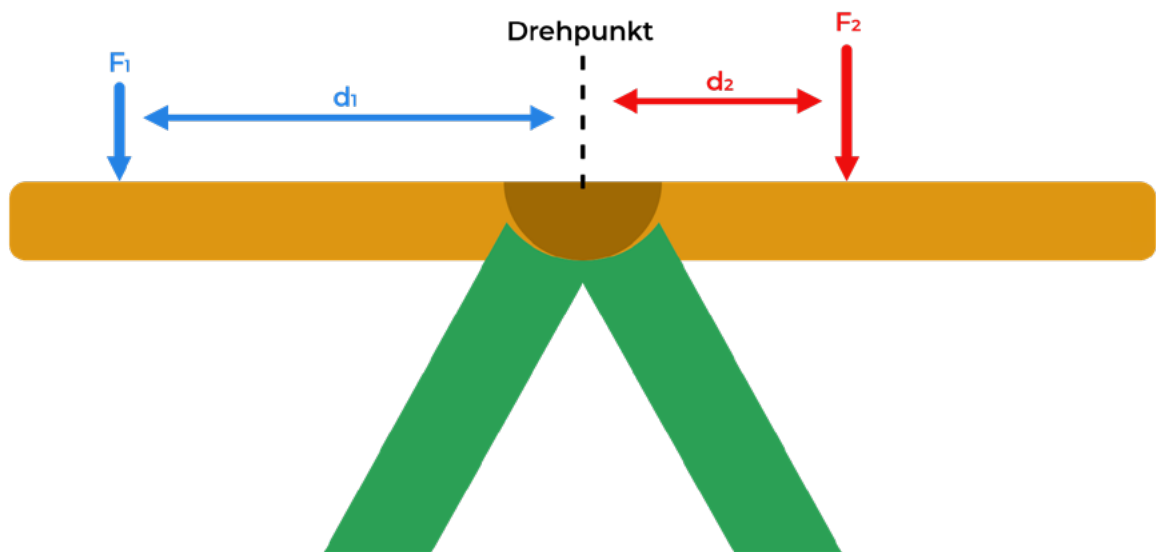
Das Hebelgesetz ist eines der wichtigsten physikalischen Konzepte im alltäglichen Leben. Von eher allgemeinen Anwendungen wie Türen, bis hin zu Werkzeugen wie Lochern, wird das Hebelgesetz zur Erleichterung mechanischer Aufgaben genutzt.

Ein klassisches Beispiel für das Hebelgesetz ist eine Wippe. Je weiter außen du auf ihr sitzt, desto leichter lässt sie sich herunterdrücken. Im Gegenzug ist die Bewegung außen länger als innen, um auf den gleichen Neigungswinkel zu kommen.

Distanz und Kraft stehen hier also in einem festen Verhältnis zueinander, und dieses können wir auch berechnen!

▲ Jetzt kommt die Formel!

Auf unserer Wippe haben wir nun ein Gewicht jeweils auf jeder Seite. Die Gewichte üben verschieden starke Kräfte F_1 und F_2 auf die Wippe aus, und haben verschiedene Distanzen d_1 und d_2 zum Drehpunkt in der Mitte.



Wenn nun die Wippe ausbalanciert steht, dann gilt folgendes Verhältnis:

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

Ein hilfreicher Merksatz dafür ist „**Kraft mal Kraftarm ist gleich Last mal Lastarm**“, wobei die „Arme“ jeweils die Distanzen zum Mittelpunkt sind.

Natürlich ist es meistens so, dass wir drei der Werte bereits kennen, aber einer noch fehlt.

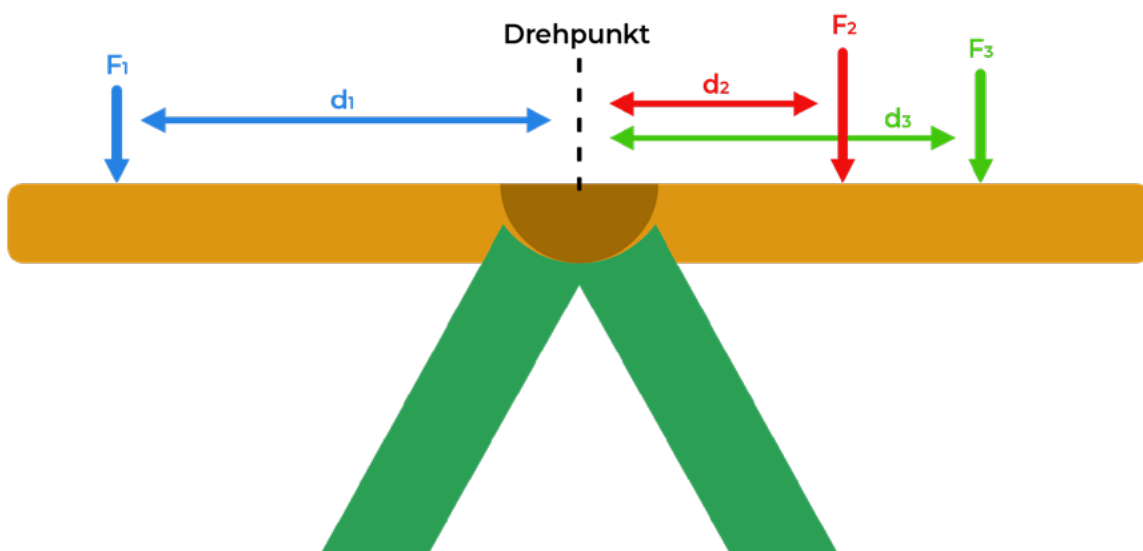
→ **Kannst du die Formel jeweils nach F_2 und d_2 umstellen?**

Kann ich jetzt nur Wippen berechnen?

Mit dieser Formel Kannst du noch vieles Mehr berechnen!
In unserem Beispiel sind die Gewichte auf verschiedenen Seiten, aber genau so gut zeigt das Verhältnis, wie viel Kraft bei einer anderen Distanz nötig wäre, oder welche Distanz für eine vorgegebene Kraft nötig ist, um den Selben effekt zu erzielen.

▲ Es gibt noch mehr?

Manchmal sind mehr als zwei Gewichte auf der Wippe, wie berechnen wir das?



In der ursprünglichen Formel stand $F \cdot d$ für eine Kraft mit Position. Für mehrere Kräfte können wir diese Segmente also einfach addieren.

Für dieses Beispiel bedeutet das also:

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2 + F_3 \cdot d_3$$

▲ Übung

Wir kennen folgende Werte:

$$F_1 = 4g$$

$$d_1 = 5\text{cm}$$

$$F_2 = 2g$$

$$d_2 = 2\text{cm}$$

$$d_3 = 4\text{cm}$$

→ Wie schwer ist F_3 , wenn die Wippe ausbalanciert ist?

Modellieren

Bevor wir unsere Wippe drucken können, müssen wir sie zuerst Modellieren. Dafür benutzen wir ein Programm namens TinkerCAD. Dabei ist TinkerCAD kein Programm, was man auf dem Computer installiert. Stattdessen ist es komplett online von einem Internet Browser aus bedienbar.

Wofür steht eigentlich "CAD"?

CAD steht für "Computer Assisted Design", und bezeichnet im Allgemeinen Programme, mit denen 3D Bauteile modelliert werden können. Im Wesentlichen unterscheiden sich CAD Programme von anderen 3D Programmen dadurch, dass es hier mehr auf klar definierte **geometrische Formen** ankommt, als auf künstlerische Skulpturen.



Tipp!

Mit der Klassen Funktion muss nur der Lehrer einen Account haben. Die Schüler können sich dann über einen Zugangscode einloggen und ihre eigenen Modelle erstellen. So kann das Modellieren im Unterricht gut organisiert werden!

Die Benutzeroberfläche

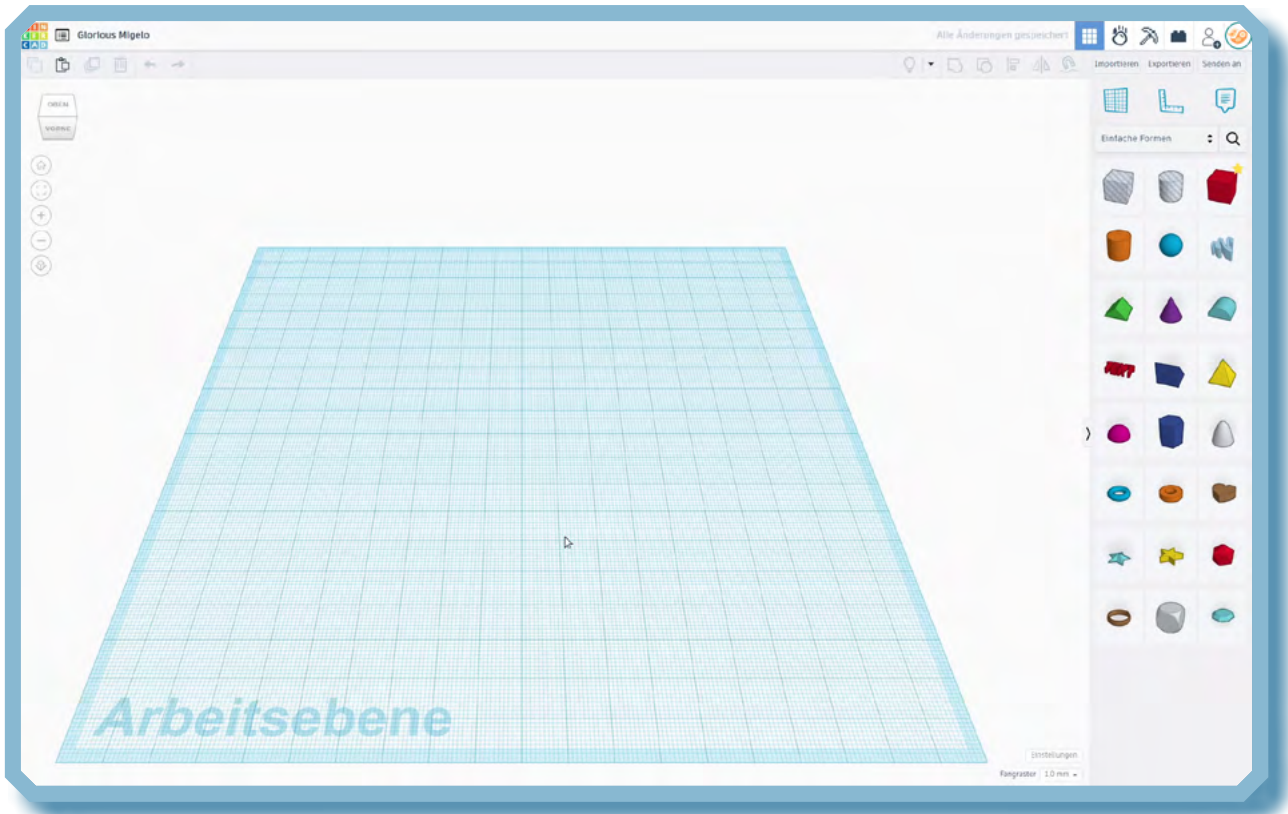
Nachdem du einen Account erstellt hast, kannst du auf dem Startbildschirm den **"Erstellen" Knopf drücken** und **"3D-Entwurf" wählen**.

Anschließend öffnet sich der Arbeitsbereich für die 3D-Modellierung.



Die Steuerung ist wie folgt:

- Blickwinkel ändern** → Rechtsklick gedrückt
- Perspektive verschieben** → halten und bewegen
- Zoom** → mittlere Maustaste gedrückt halten bewegen
- Dinge Auswählen** → Scrollrad
- Linksklick



Auf der linken Seite sind in der oberen Leiste die Funktionen Kopieren, Einfügen, Duplizieren/Wiederholen, Löschen, Rückgängig und Wiederherstellen.

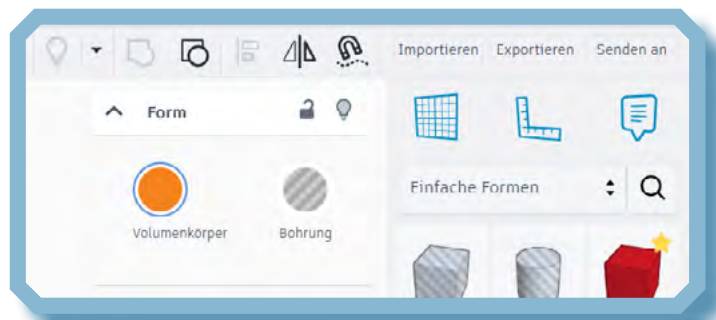
Darunter kannst du den Würfel umherdrehen, um den Blickwinkel zu ändern, wie es auch mit Rechtsklick geht.

Darunter sind die Funktionen Ausgangsansicht, Alles in Ansicht anpassen, Vergrößern, Verkleinern und die Option, zwischen orthogonaler und perspektivischer Ansicht zu wechseln.

Die **orthogonale Ansicht** hat den Vorteil, dass Objekte in der Tiefe nicht kleiner werden. Dafür ist die **perspektivische Ansicht** vertrauter für die meisten.

Auf der rechten Seite sind oben die Ausblendungsoptionen (Glühbirne), Gruppieren, Gruppierung aufheben, Ausrichten, Spiegeln und Cruise.

Darunter sind die Einstellungen für das aktuell ausgewählte Objekt.



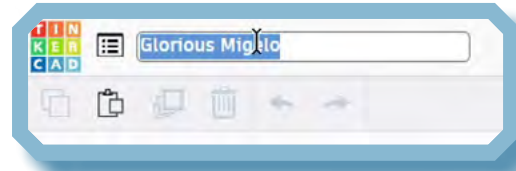
Daneben sind oben die Import und Export optionen, darunter Werkzeuge zum Positionieren und Messen, und darunter eine Auswahl an Formen, aus denen unsere 3D-Modelle zusammengesetzt werden können.

Modellieren

▲ Wippenbasis

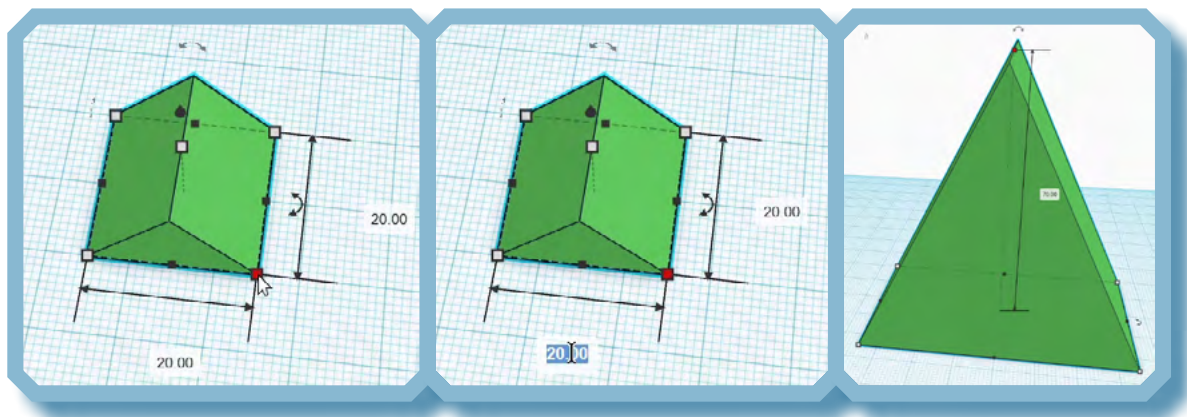
Als Erstes wollen wir die Basis der Wippe modellieren. Beim erstellen des Entwurfes wurde automatisch ein Name generiert. Diesen kannst du durch Klicken ändern.

→ **Gib dem Entwurf einen passenden Namen**

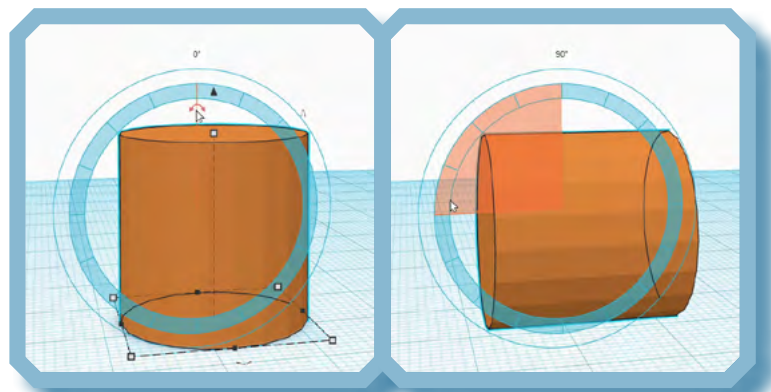


Jetzt wird modelliert! Wähle in dem rechten Bereich das "**Dach**" Objekt und platziere es auf dem Arbeitsbereich. Über die grauen Kästchen an dem Objekt kannst du die Maße ändern. Du kannst die Kästchen frei umherziehen, oder durch einmaliges Klicken auf eine Box deine Maße direkt eingeben.

Das aktuelle Dach soll eine Breite von **70mm**, eine Tiefe von **45mm** und eine Höhe von **70mm** haben.



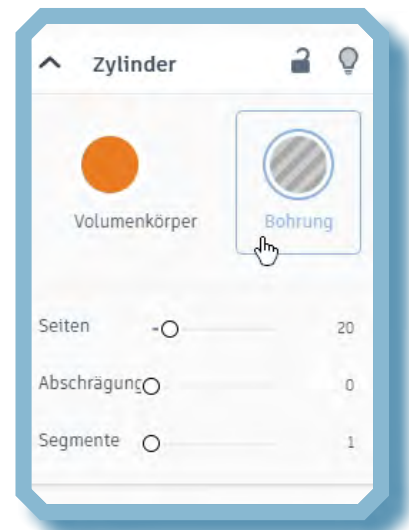
Im nächsten Schritt werden wir die Aussparung für die Wippe ausfräsen. Dafür nehmen wir einen **Zylinder** hinzu und rotieren diesen um **90° auf der X- oder Y-Achse** mit dem Rotationssymbol:



Der Zylinder soll eine **Kreisfläche von 25x25mm** haben und Tiefe **tiefer als die 45mm** des Daches haben, da wir durch dieses durch bohren werden.

In TinkerCAD wird zwischen **zwei Objektmodi** unterschieden: **Volumenkörper** und **Bohrung**. Mit **Volumenkörpern** haben wir bisher gearbeitet: Sie stellen die Formen dar, die letztendlich **solides Material** werden. **Bohrungen** hingegen sind dazu da, um sie so in Volumenkörpern zu positionieren, dass das Volumen, was mit dem Volumenkörper überschneidet, **ausgeschnitten** wird.

Die Einstellung, ob eine Form ein Volumenkörper oder eine Bohrung ist, kann oben rechts vorgenommen werden.

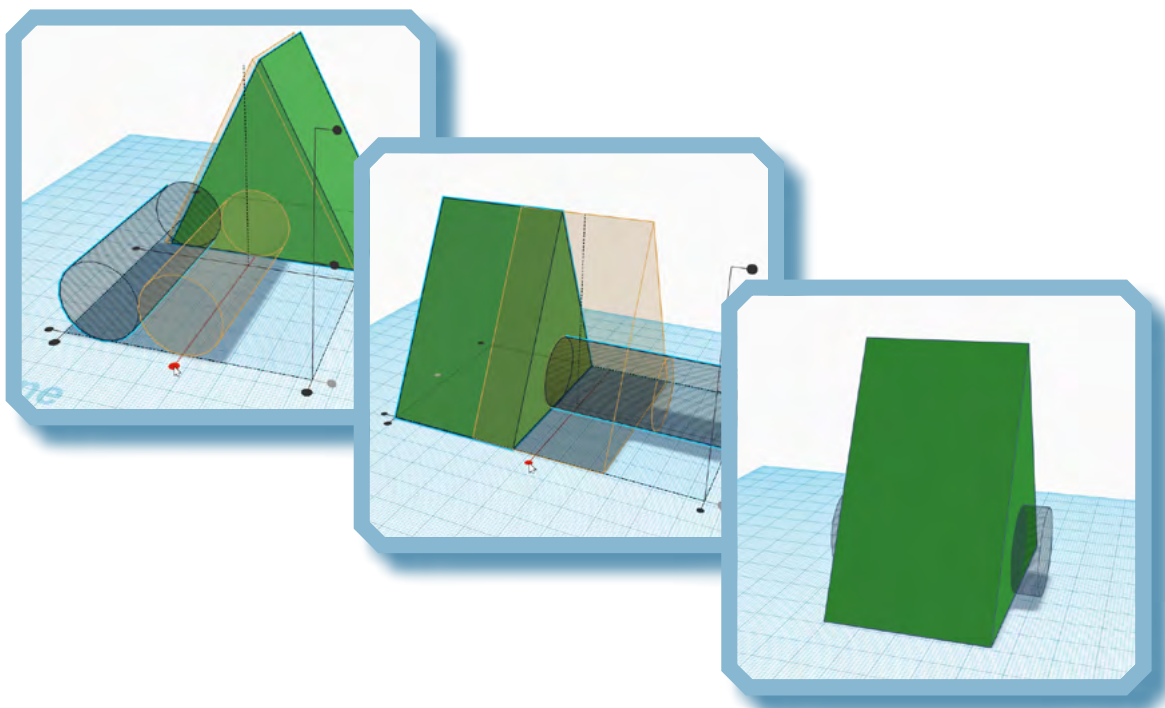


→ **Stell' den Zylinder als "Bohrung" ein**

Anschließend **markieren wir beide Objekte**. Das kannst du entweder machen, indem du **Linksklick gedrückt hältst** und eine **Auswahl ziehst**, oder indem du **Umschalt** (Shift) gedrückt hältst und mit Linksklick die **Objekte anklickst**.

Danach wähle das **"Ausrichten"** Werkzeug. Um die Gesamte auswahl sind nun auf jeder Achse **jeweils drei Punkte, die du anklicken kannst**. Mit ihnen richtest du die Objekte an ihren jeweiligen Rändern oder mitten der Achse entlang aus. Wenn du mit dem Cursor auf dem Punkt liegst, ohne zu klicken, wird eine **Vorschau** gezeigt, wie das Ergebnis aussehen würde.

→ **Wähle die mittleren Punkte in der Breite und Tiefe (siehe Abb.), um die Bohrung mittig zum Dach auszurichten, sodass der Zylinder vorne und hinten hervorsteht.**



Slicen

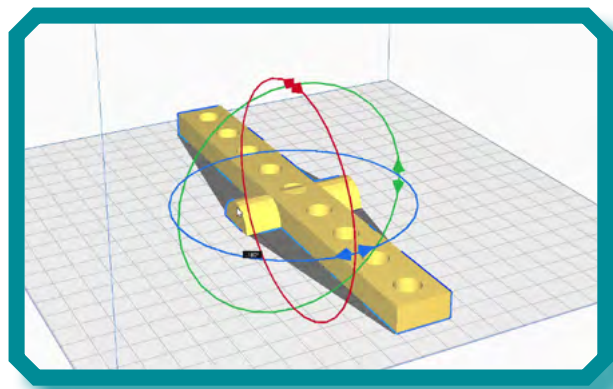
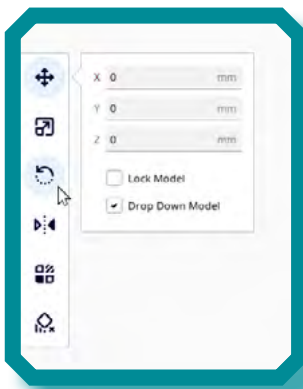
Der Umgang mit **Ultimaker Cura** und wie man allgemein sliced findest du in unserer **Bedienungsanleitung**.

Allerdings gibt es ein paar Besonderheiten bei unseren Modellen zu berücksichtigen.

Wippenbalken Orientierung

Die Wippe ist so designt, dass wir sie **ideal kopf über drucken** können, ohne, dass Stützstrukturen gebraucht werden.

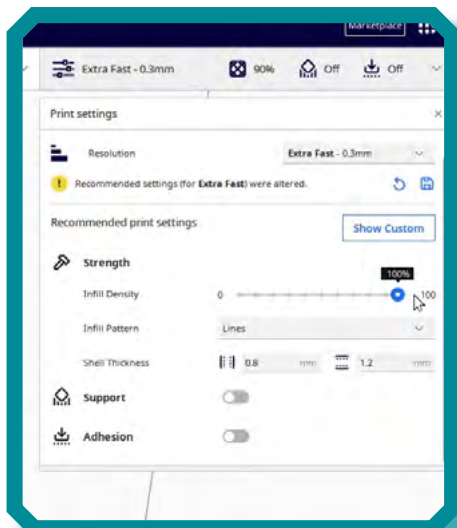
Drücke dafür links auf den **"Rotieren"** Knopf und drehe das Objekt, indem du mit gedrücktem Linksklick auf der gewünschten Rotationsachse ziehst.



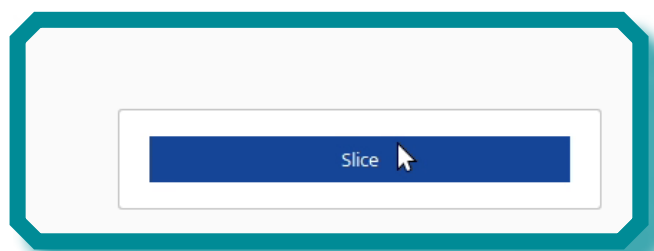
Gewicht vom Gewicht

Wir wollen **3 verschiedene Gewichte: Einfache, zweifache und dreifache** Gewichte.

Das lösen wir über die **"Infill"** Prozentzahl. Üblicherweise druckt man 3D-Modelle mit einem Infill zwischen 20% und 80%, da ein komplett solider Druck für die Stabilität nicht notwendig ist. Wir fokussieren uns hier aber nicht auf die Stabilität, sondern auf die Menge an Material, die in ein Gewicht gesteckt wird.



Wir **deaktivieren** in den Druckeinstellungen oben rechts **"Support"** und **"Adhesion"** und setze die **"Infill density"** für das **kleine Gewicht** auf 100%. Drücke dann auf **"Slice"**.



Übungsaufgaben

Um die Übungsaufgaben ausprobieren zu können brauchst du folgende Gewichte:

- 3x Einfaches Gewicht
- 2x Zweifaches Gewicht
- 2x Dreifaches Gewicht

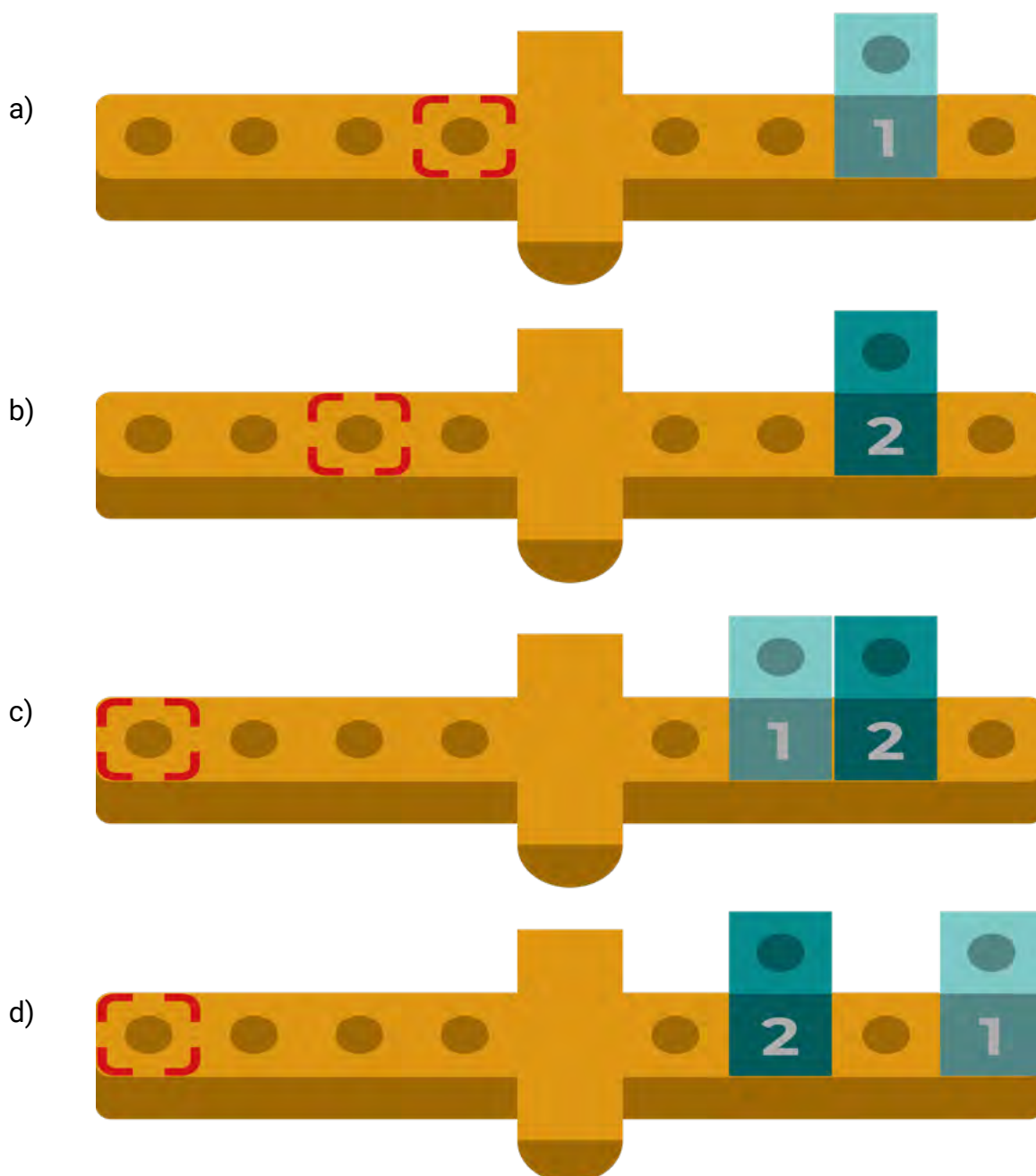


Hinweis!

Die Distanz für ein Loch bei unserer Wippe ist jeweils die Nummer des Loches, wenn man von der Mitte aus zählt.


▲ Aufgabe 1

Welches Gewicht muss an die markierte Stelle, damit die Wippe ausgeglichen ist?



Neues lernen mit neuen Technologien!

Das war die Leseprobe zum Arbeitsheft "Das Hebelgesetz". Dieses und weitere Arbeitshefte können in den folgenden Wochen und Monaten im Tutolino-Shop bestellt werden!

Um über neue Veröffentlichungen informiert zu werden, melden Sie sich gerne über das Kontaktformular auf unserer Website! 



www.tutolino.net



team@tutolino.net

IMPRESSUM

Tutolino UG (Haftungsbeschränkt)

c./o. The Drivery GmbH
Mariendorfer Damm 1
12099 Berlin

 Tutolino-Education Network

 tutolino_educationnetwork

Alle Rechte vorbehalten.
1. Auflage, Oktober 2024