

# Makerbox Schokolade giessen

Handbuch für Lehrpersonen



# Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	3
Makerbox   Inhalt 1 .....	4
Makerbox   Inhalt 2 .....	5
Makerbox   Inhalt 3, selber besorgen .....	6
Die Herstellung im Überblick .....	7
Schokoladeform entwerfen.....	8
Schokoladeform konstruieren .....	9
Schokoladeform für den Druck vorbereiten.....	11
Schokoladeform drucken.....	13
Silikonform herstellen .....	14
Schokolade giessen .....	16
Tinkercad Grundlagen .....	18
Tinkercad   Tastaturkurzbefehle.....	23
Schokoladegiessen, ein physikalischer Prozess.....	24
Couvertüre aufbereiten, Rezepte .....	27
Weiterführende Hinweise .....	28
Bezugsquellen.....	29
Skizzenblatt für die Schokoladeform .....	30

## Einleitung

Info Lehrperson

Die Entwicklung der Makerbox «Schokolade giessen» hat sich über mehrere Jahre hinweg erstreckt. Dabei sind das Wissen und die Erfahrungen verschiedener Dozenten der FHNW aus dem Bereich Technisches Gestalten eingeflossen.

Das vorliegende Handbuch soll die Benutzung der Makerbox «Schokolade giessen» unterstützen.

Das Handbuch enthält einerseits Informationen für Lernende («Info Lernende») in Form von Arbeitsanleitungen und andererseits Informationen für Lehrpersonen («Info Lehrpersonen»).

Die Informationen für die Lernenden orientieren sich an einem idealen Arbeitsverlauf beim Herstellen eines eigenen Schokoladestückes.

Nach den Informationen für die Lernenden folgen Grundlagen zum Umgang mit Tinkercad, weiterführende Informationen zum Schokolade giessen und eine Vorlage für ein Arbeitsblatt.

Materialien und Anleitungen sind auf die Herstellung von Schokoladestücken in der Grösse von 80 x 40 x 6 mm (L x B x H) ausgerichtet. Damit ist ein modellhafter Arbeitsprozess möglich. Wir empfehlen, mit den Lernenden zuerst diesem Arbeitsprozess zu folgen.

Bei Bedarf kann aufgrund der Erfahrungen mit diesem modellhaften Vorgehen das Format der Schokoladestücke verändert und eigenen Ideen angepasst werden. Das setzt allerdings voraus, dass die entsprechenden Materialien wie z. B. die Leisten für den Rahmen selber beschafft werden.



## Makerbox | Inhalt 1

Info Lehrperson

In der Makerbox «Schokolade giessen» befinden sich folgende Geräte.

### Geräte für 24 Schüler:innen



1 Temperiergerät



1 Küchenwaage



1 Thermometer



2 Saucenlöffel



1 Teigschaber



1 Lehre für Folienstücke

Diese Geräte geben Sie zurück

## Makerbox | Inhalt 2

Info Lehrperson

In der Makerbox «Schokolade giessen» befinden sich folgende Materialien.

### Material für 24 Schüler:innen



50 Einweghandschuhe



30 Becher



30 Rührspatel



50 Leisten 122 mm lang



50 Leisten 46 mm lang



30 Gummibänder



Ca. 50 Stk. farbige Alu-Folie



1 Rolle Klebefolie



Haushaltspapier

**Alle Leisten sowie nicht benötigtes Material geben Sie bitte zurück!**

## Makerbox | Inhalt 3, selber besorgen

Info Lehrperson

Folgendes müssen Sie aus hygienischen Gründen selber besorgen.

### Lebensmittel



1 Kg Couverture-Tabs

Die Couvertüre-Tabs werden geschmolzen und gegossen.

Bezugsquelle: mini Schoggi, Adliswil



<https://www.minischoggi.ch/online-shop/schokolade-und-pralinen/couverture/alle-couverturen/>



Nüsse, Mandeln etc.

Zerkleinerte Nüsse, Mandeln etc. dienen als Garnitur der Schokoladeplättchen.

Bezugsquelle: Lebensmittelläden



0.5 l Silikon, 0.5 l Härter

Silikon, lebensmittelecht (Replisilikon 22 N blau)  
Empfehlung: Silikon 500 ml mit Härter 500 ml, Fr. 53.30  
reichen für ca. 40 Gussformen 40 x 80 x 10 mm.

Bezugsquelle: Studer Kunststoffe GmbH, Sagiweg 10,  
4629 Fülenbach 062 926 55 60

<https://www.studerkunststoffe.ch/unser-sortiment-mit-pdf-und-sdb/silikone/>

**Die Resten vom Silikon, der Cuvertüre und der Garnituren bleiben bei Ihnen.**

## Die Herstellung im Überblick

Info Lernende/Lehrpersonen

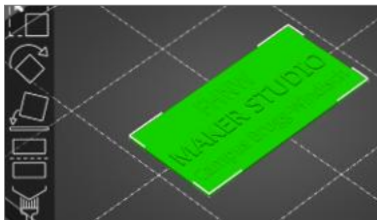
Die Herstellung eines eigenen Schokoladestückes ist in folgende Arbeitsphasen gegliedert:



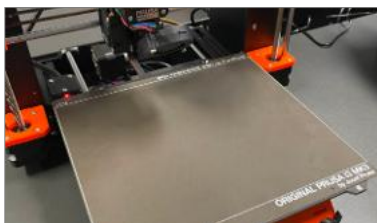
Entwerfen



Digital konstruieren



Aufbereiten für den 3D-Druck



Drucken



Silikonform herstellen



Schokolade giessen



Schokolade verpacken

## Schokoladeform entwerfen

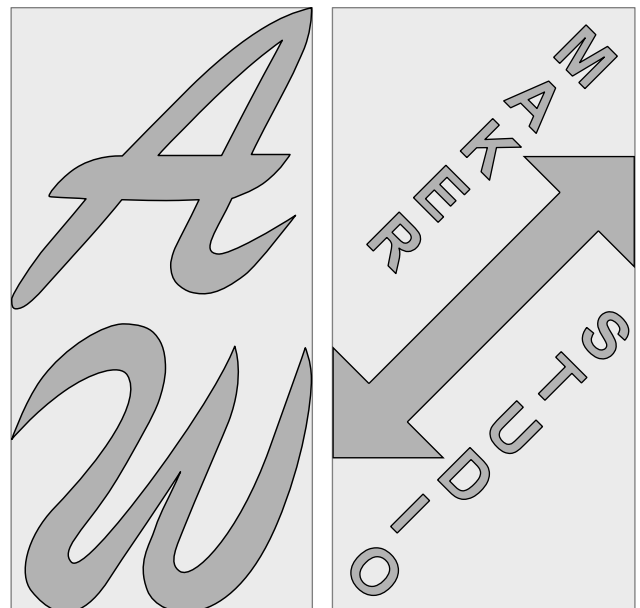
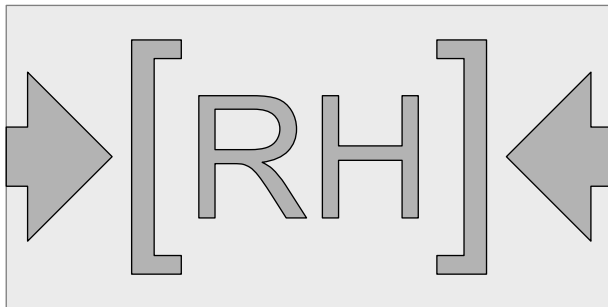
Info Lernende

Die Schokoladeform ist 80 mm lang, 40 mm breit und 6 mm hoch.

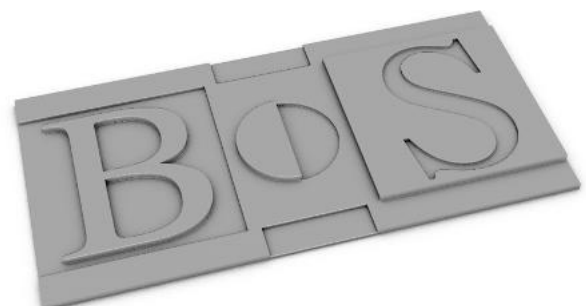
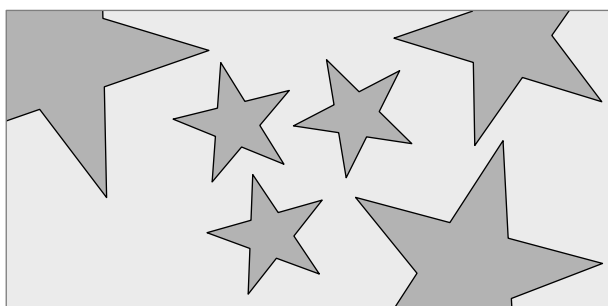
Du kannst die Oberfläche der Form gestalten. Das sind die obersten 2 mm der Form.

Für die Gestaltung kannst du Buchstaben Wörter, geometrische Formen, Zeichen und einfach Symbole einsetzen. Achte darauf, dass die Formen nicht über die Grundfläche hinausragen.

Skizziere deine Ideen in der richtigen Grösse.



Wenn du das Programm «Tinkercad» gut kennst, kannst du für die Gestaltung deiner Schokoladeoberfläche angeschnittene Formen verwenden. Und du kannst auch Vertiefungen von max 0.5 mm einsetzen.



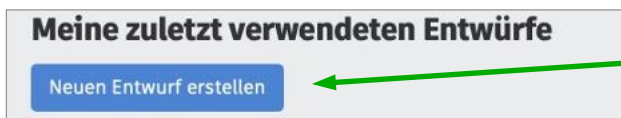
# Schokoladeform konstruieren

Info Lernende

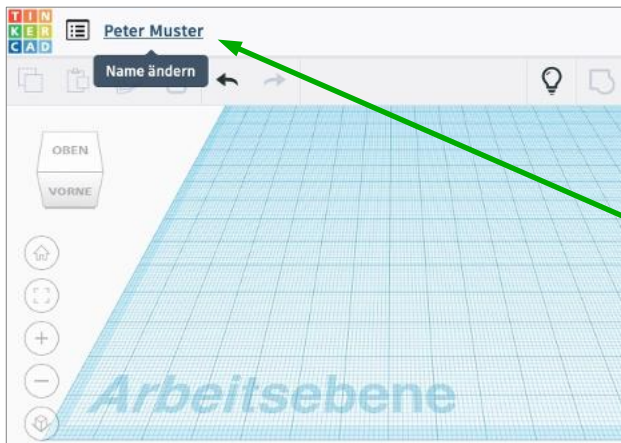
Konstruiere nun deinen besten Entwurf digital.  
 Für die digitale Konstruktion benutzt du das Programm «AUTODESK TINKERCAD».  
 Damit die Zeit für den 3D-Druck möglichst kurz ist, konstruierst du nur die oberste Schicht des Schokoladestückes. Das sind die obersten 2 mm.



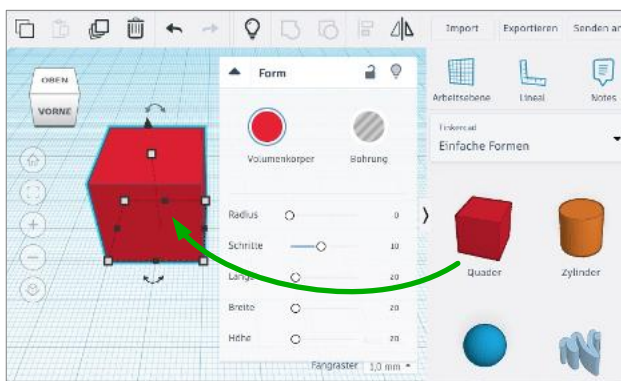
Öffne das Programm «TINKERCAD».



Klicke auf «Neuen Entwurf erstellen».



Klicke auf den Dateiname und füge deinen **eigenen Namen** ein.

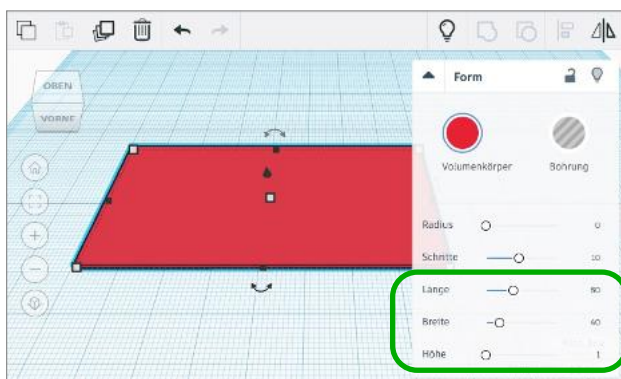


Konstruiere und gestalte die obersten 2 mm des Schokoladenstückes.

Hinweis: Das ganze Schokoladenstück ist 6 mm hoch bzw. dick.

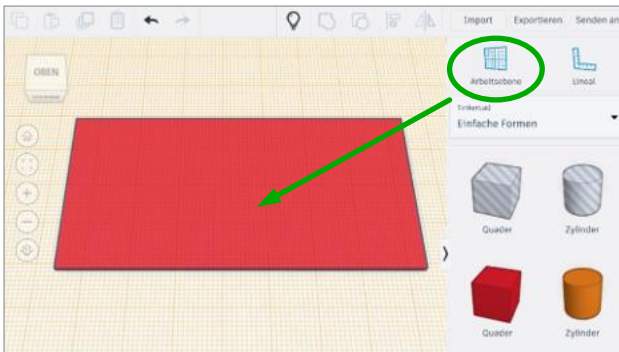
Ziehe den roten Quader auf die Arbeitsebene und stelle die Masse für die Länge, Breite und Höhe ein.

Das ist die Grundform



Wähle für die Grundform folgende Masse:

- Länge **40 mm**
- Breite **80 mm**
- Höhe **5 mm**



### Erstelle eine neue Arbeitsebene.

Klicke auf das **Arbeitsebenen-Werkzeug** und fahre mit dem Cursor auf die Oberfläche der Grundform. Klicke!

Die neue Arbeitsebene wird orange dargestellt. Sie liegt genau auf der Oberfläche der Grundform.

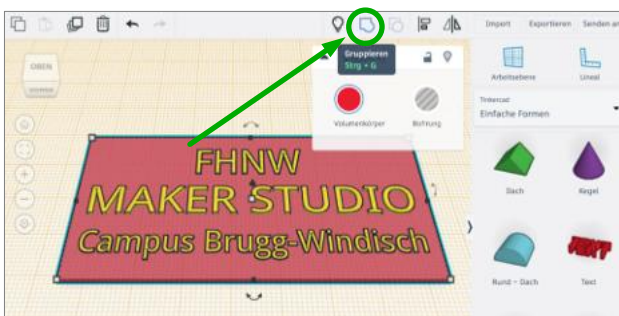


### Gestalte die Oberfläche.

Auf der orangen Arbeitsebene kannst du nun die Oberfläche der Grundform nach deinen Vorstellungen gestalten.

Die **Erhöhungen** auf der Oberfläche sollen **maximal 1 mm** hoch sein.

Experimentiere mit Formen und Text!

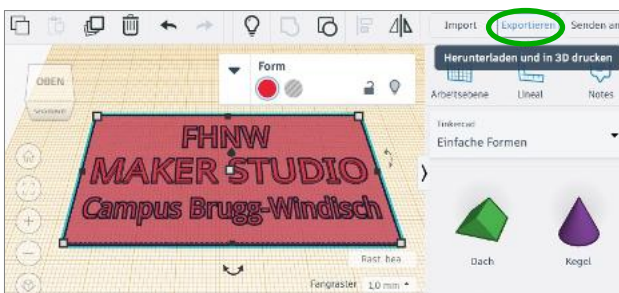


Wenn du mit deinem Ergebnis zufrieden bist, **wählst du alle Teile aus**.

*Shift-Taste drücken und jedes Objekt anklicken oder: Mit gedrückter linker Maustaste einen Rahmen um die Objekte herum aufziehen.*

### Gruppiere sie zu einem Objekt.

*Alle Teile der Gruppe erhalten die gleiche Farbe.*



### Exportiere deine Datei.

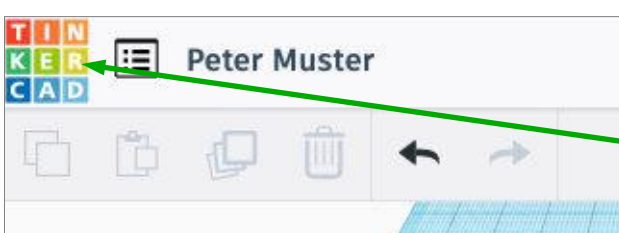
Wähle dein Objekt aus.

Klicke auf **«Exportieren»**.



Im neuen Fenster klickst du auf **«.STL»**.

Deine Datei wird im **Download-Ordner** gespeichert.



### Schliesse deine TINKERCAD-Datei.

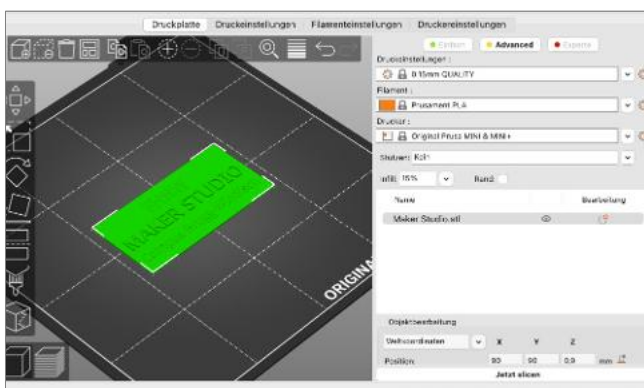
Klicke dazu auf das Programmsymbol.

## Schokoladeform für den Druck vorbereiten

Info Lernende

Damit eine .stl-Datei ausgedruckt werden kann, muss sie so aufbereitet werden, dass ein Drucker sie lesen und drucken kann. Diese Aufbereitung geschieht mit dem Programm «PrusaSlicer». In PrusaSlicer gibt es sehr viele Einstellmöglichkeiten. Deine Lehrperson hat die nötigen **Einstellungen** vorgenommen und als **Profil** gespeichert.

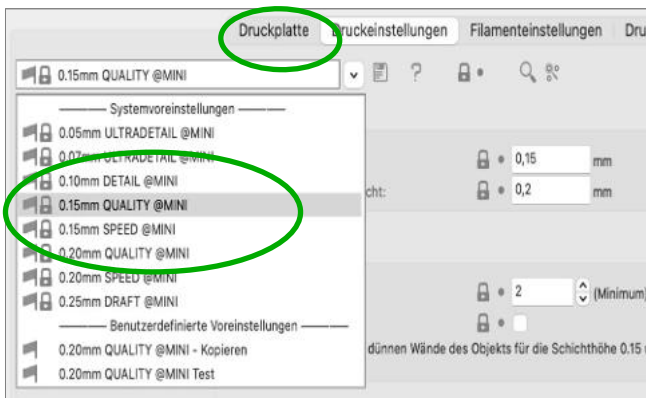
Du kannst nun wie folgt vorgehen:



Öffne das Programm «PrusaSlicer».

Ziehe deine **STL-Datei** aus dem **Download-Ordner** mit **Drag and Drop** auf die **Programmoberfläche** von **PrusaSlicer**.

Das Objekt wird nun in PrusaSlicer dargestellt und die Werte für den 3D-Druck können eingestellt werden.



Klicke auf «Druckereinstellungen»

Wähle den Drucker aus, der für den Druck deiner Schokoladeform vorgesehen ist.

Wechsle wieder zu «Druckplatte»



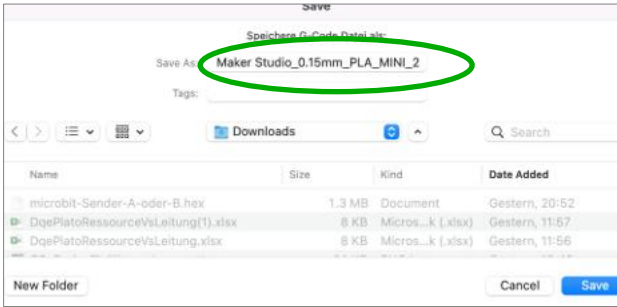
Klicke auf «**Jetzt slicen**»



PrusaSlicer berechnet nun, wieviele einzelne Schichten für den Druck deiner Schokoladeform nötig sind.

Du siehst, wie lange der Druck dauert und wieviel Material dazu benötigt wird.

Klicke auf «**Export G-Code**»

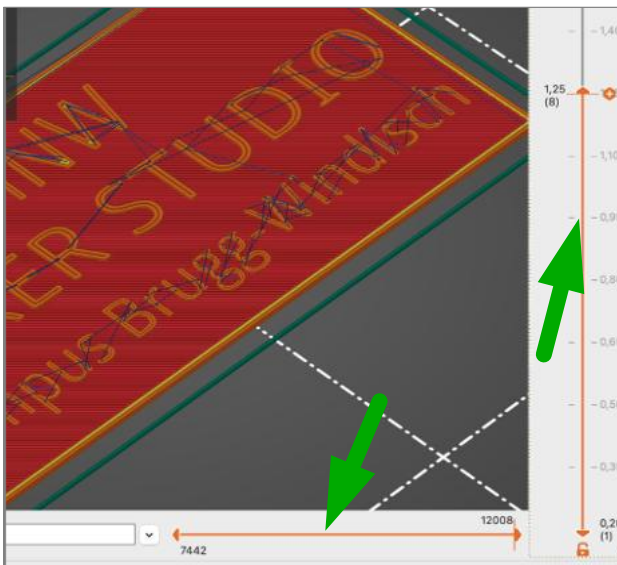


Im Fenster machst du Folgendes:

- Schreibe unter **«save as»** deinen **Namen** ins Feld.
- Wähle den Speicherort.
- Klicke auf **«Save»**.



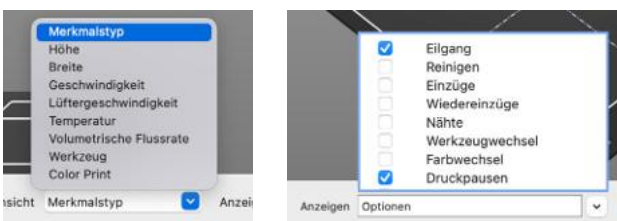
Schliesse das Fenster **«Export beendet»**.



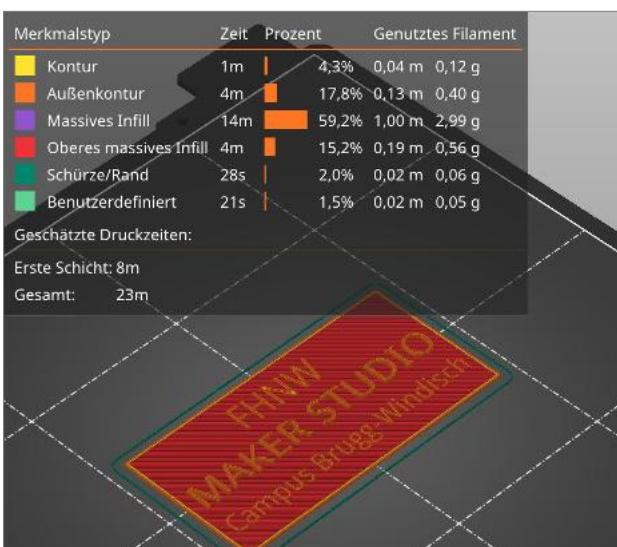
Wenn du eine Simulation des Druckvorganges sehen willst, klickst du auf **«Vorschau»**.

Mit dem Schieberegler rechts kannst du wählen, welche Schicht du in der Simulation ansehen willst.

Mit dem Schieberegler unten kannst du wählen, an welcher Stelle der Schicht du den Druckkopf sehen willst.



In der Auswahl **«Ansicht»** und **«Anzeige»** können die gewünschten Informationen zur Anzeige gebracht werden.



Diese werden dann in der Vorschau angezeigt.

## Schokoladeform drucken

Info Lernende

Damit du deine G-Code-Datei ausdrucken kannst, musst du sie auf eine SD-Karte speichern. Es gibt auch Drucker, welche die Datei per WLAN (drahtloses Netzwerk) empfangen können. Deine Lehrperson hat den Drucker bereits eingerichtet; die passende Düse montiert und das Filament gewählt.



Speichere deine G-Code-Datei auf eine SD-Karte oder einen Stick, je nach Druckermodell.



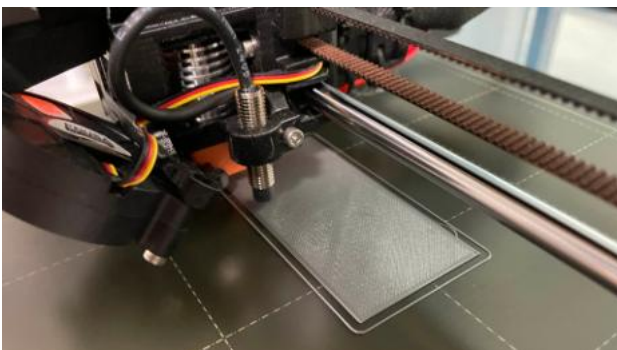
Schiebe die SD-Karte oder den Stick in den Schacht des Druckers.



Wähle mit dem Einstellrad «Print from SD» und anschliessend deine G-Code-Datei aus.



Starte den Druckvorgang wiederum mit einem Druck auf das Einstellrad.



Beobachte die Anfangsphase des Druckvorganges!

Druckt der Drucker wie erwartet? Wenn du Fehler beobachtest, stoppst du den Druckvorgang.

## Silikonform herstellen

Info Lernende

Damit du dein Schokoladestück giessen kannst, brauchst du eine Gussform.

Die Gussform stellst du aus lebensmittelechtem Silikon her.

Zuerst bereitest du das ausgedruckte Plättchen vor, danach baust du einen Rahmen für die Silikonform. In diesen Rahmen legst du das vorbereitete Plättchen und übergiesst dieses mit Silikon.



Stelle einen **Rahmen aus gehobelten Leisten** her.

**Rahmenprofil** 18 x 18 mm oder 20 x 20 mm

**Rahmenmass innen:** Masse des Plättchens plus je 6 mm in der Länge und der Breite.

Im Beispiel: Innenmass = 86 x 46 mm.

Bei einem Leistenprofil von 18 x 18 mm werden dazu benötigt :

2 Leistenstücke à 122 mm Länge

2 Leistenstücke à 46 mm Länge

Fixiere den **Rahmen** mit einem **Gummiband**.



Klebe das **MDF-Stück mit Plättchen** auf ein Stück **selbstklebende Folie**.

Achte darauf, dass das **MDF-Stück mit Plättchen** in der **Mitte** der Folie liegt.

Das Folienstück soll etwas grösser als das Aussenmass des Rahmens sein.

Im Beispiel: 130 x 100 mm



Klebe den Rahmen auf die Folie.

Der **Abstand zum Plättchen** soll auf allen Seiten genau **gleich gross** sein: **3 mm**.



Wäge in einem Becher mit einer Haushaltwaage **Silikonmasse** im **Verhältnis 1:1** ab:

**12 g Silikon**

**12 g Härter** dazugeben

*Lebensmittelechte Silikonmasse benutzen!*



**Rühre** die **Silikonmasse** mit einem Holzspatel oder -stäbchen **gut um**, bis die Masse eine einheitliche Farbe hat.

**Rühre min. 30 und max. 60 Sekunden lang!**



**Giesse** die **Silikonmasse** sofort in die den Rahmen.

Giesse In die **Mitte** auf das Plättchen. So verteilt sich die Masse gut und verdrängt die Luft. Dadurch entstehen weniger Blasen.

*Mit einem Holzreststück kannst du den Rahmen vibrieren (seitlich anschlagen), damit allfällige Bläschen an die Oberfläche steigen.*

**Achtung:** Nicht an die **kurzen Rahmenteile** schlagen (Rahmen wird dadurch verschoben)!



Die **Silikonmasse** braucht ca. **40 Minuten** zum **Aushärten**.

Entferne nach dieser Zeit den **Rahmen vorsichtig** und löse das **Plättchen heraus**.

Reinige die **Silikonform** mit **Geschirrspülmittel**.

## Schokolade giessen

Info Lernende

Damit das gegossenen Schokoladestück hart, glänzend und knackig wird, braucht es sogenannte Couvertüre, eine spezielle Schokolademischung.

In einem speziellen Verfahren, dem Temperieren, wurde die Couvertüre langsam bei 45° geschmolzen, dann auf 26 - 29 Grad abgekühlt und wieder auf 29 - 33° erwärmt (je nach Couvertüreart). Die beigelegte Couvertüre ist somit fürs Giessen vorbereitet, temperiert.

Wird aber beim Erwärmen die vorgeschriebene Temperatur überschritten, gehen die gewünschten Eigenschaften verloren und die Schokolade härtet nicht recht aus, glänzt nicht schön und kann gräulich aussehen. Sie muss dann erneut temperiert werden.



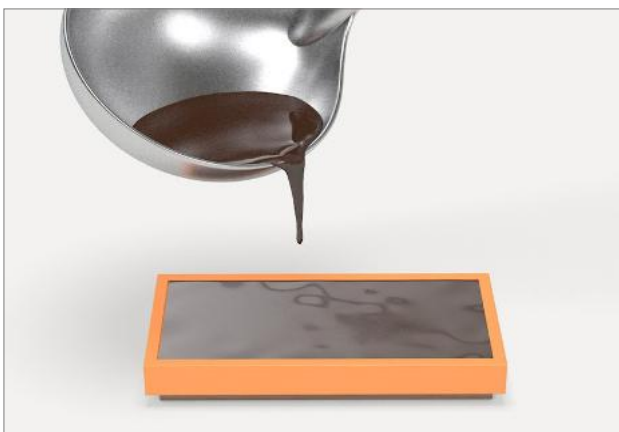
Deine Lehrperson hat im **Temperiergerät** die benötigte Menge **Couvertüre erwärmt**. Die Schokolademasse ist nun flüssig und zum Giessen bereit.

*Das **sachgerechte Schmelzen** der **Schokolade** muss langsam geschehen und braucht daher viel Zeit; **je nach Menge bis zu 12 Stunden**.*



**Lege die Utensilien** für den **Schokoladeguss** bereit:

- Gereinigte Silikonformen
- Temperiergerät mit Schokolade
- Kleine Schöpfkelle
- Teigschaber
- Zuschlagsstoffe wie Nüsse, Mandeln ...
- Rüstmesser und Schneidunterlagen
- Latexhandschuhe
- Haushaltspapier



Lege die **Silikonform** auf eine saubere Fläche. Dadurch liegt die Form plan auf.

**Giesse** mit der Schöpfkelle die flüssige **Schokolademasse** in die **Silikonform**.



Wenn du willst, kannst du gehackte Nüsse, Mandeln etc. in die noch flüssige Schokolademasse drücken. Trage dazu Latexhandschuhe; Hygiene!

Lass die **Schokolademasse auskühlen**.

Wenn es eilt, ist das Auskühlen im Kühlschrank möglich.



Löse das **Schokoladestück vorsichtig** aus der Silikonform. Trage dazu **Latexhandschuhe**; Hygiene!

Verpacke das **Schokoladestück**.



Reinige die **Silikonform** mit **Geschirrspülmittel**.

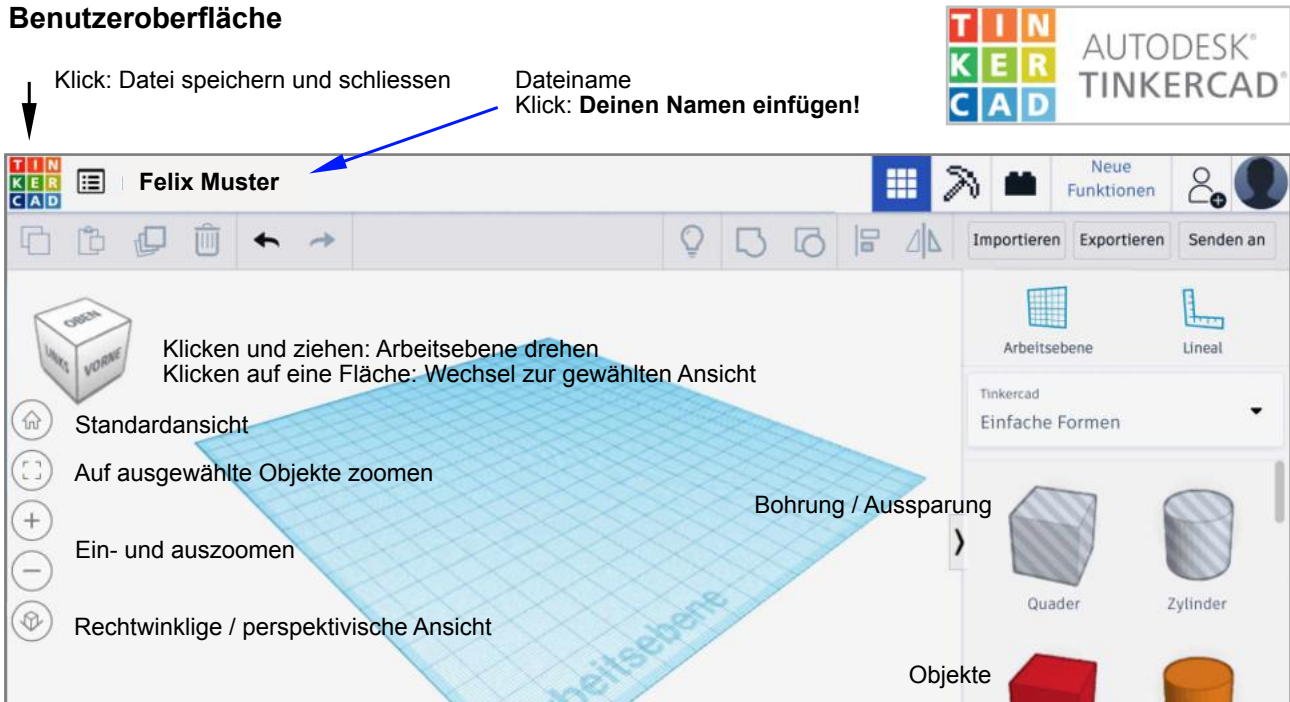
Die **Silikonform** kann **mehrmals verwendet** werden.

# Tinkercad Grundlagen

Info Lernende

In diesem Kapitel lernst du die Grundlagen des 3D-Programmes TINKERCAD kennen.

## Benutzeroberfläche



## Mausbedienung

- Linke Maustaste, LMB:                    Objekte auswählen, Objekte
- Shift + rechte Maustaste, RMB:       Arbeitsebene verschieben
- Rechte Maustaste, RMB:                Arbeitsebene drehen
- Mausrad:                                    ein- und auszoomen

## Ausgewählte Kurzbefehle

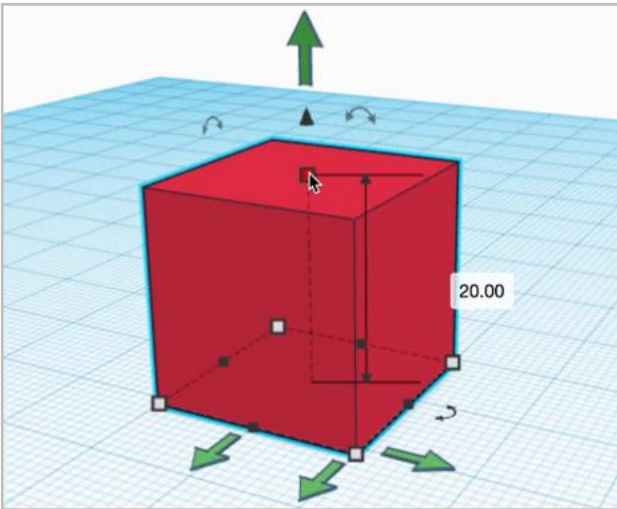
Legende    Ctrl = Cmd / Alt = Option

Rückgängig: <b>Ctrl + Taste Z</b>	+
Objekte kopieren: <b>Ctrl + Taste C</b>	+
Objekte einfügen: <b>Ctrl + Taste V</b>	+
Objekte duplizieren: <b>Ctrl + Taste D</b>	+
Alle Objekte auswählen: <b>Ctrl + Taste A</b>	+
Mehrere einzelne Objekte auswählen: <b>Shift + linke Maustaste</b>	+
Schwebende Objekte auf die Arbeitsebene setzen: <b>Taste D</b>	
Objekte löschen: <b>Delete</b>	

## Tinkercad Grundlagen | Objekte bearbeiten A & B

Info Lernende

### A) Grösse verändern



Schwarze **Seitenanfasser** ziehen:

**Länge** oder **Breite** verändern

Schwarzer **Pfeil oben** ziehen:

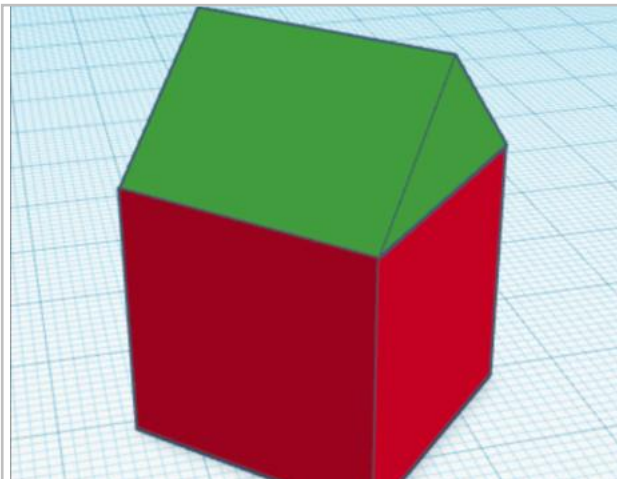
Objekt **auf** - oder **abwärts** verschieben (Z-Achse)

Schwarze **Seitenanfasser** ziehen:

**Länge** oder **Breite** verändern

Weisse **Eckenanfasser** ziehen:

**Ecke** und **angrenzende Flächen** verschieben

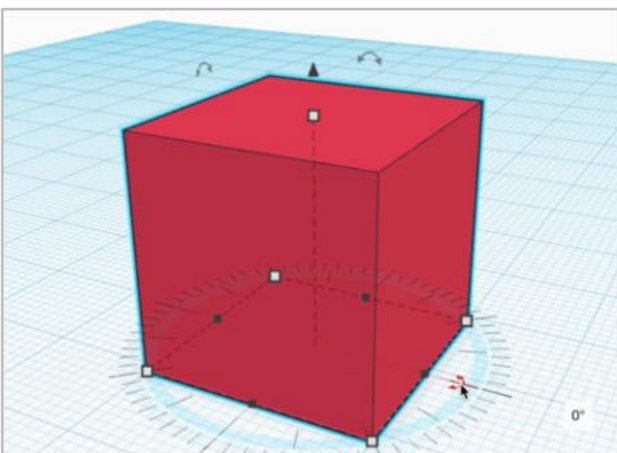


Mit einem Klick in die **Zahlenfelder** können die **Masse numerisch** eingegeben werden.

Wird beim Ziehen die **Alt-Taste** gedrückt, werden die **gegenüberliegenden Flächen** ebenfalls verschoben.

Wird beim Ziehen die **Alt-** und die **Shift-Taste** gedrückt, wird das Objekt **gleichmässig skaliert**.

### B) Drehen



Mit Klicken und Ziehen auf einen der gebogenen Pfeile kann das Objekt um die X-, Y- oder die Z-Achse gedreht werden.

Befindet sich der Mauszeiger **auf** oder **ausserhalb** der Gradeinteilung wird um **ganze Grade** gedreht.

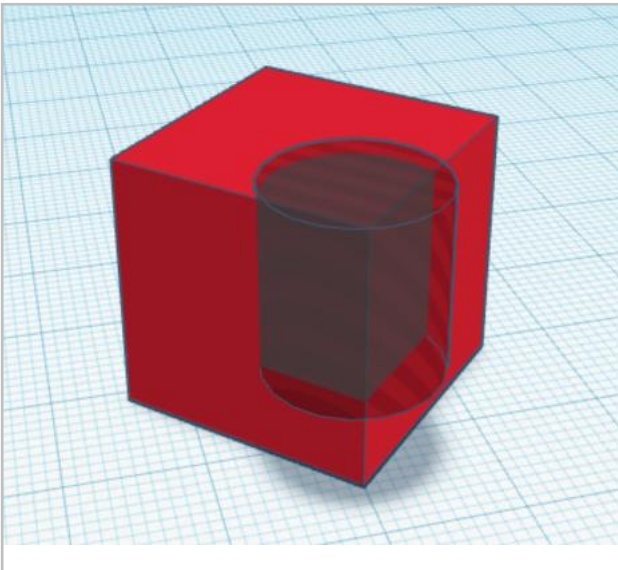
**Innerhalb** der Gradeinteilung wird in **Sprüngen um 22.5 Grad** gedreht.

Wird beim Drehen die **Shift-Taste** gedrückt wird in **Sprüngen um 45 Grad** gedreht.

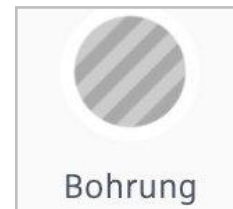
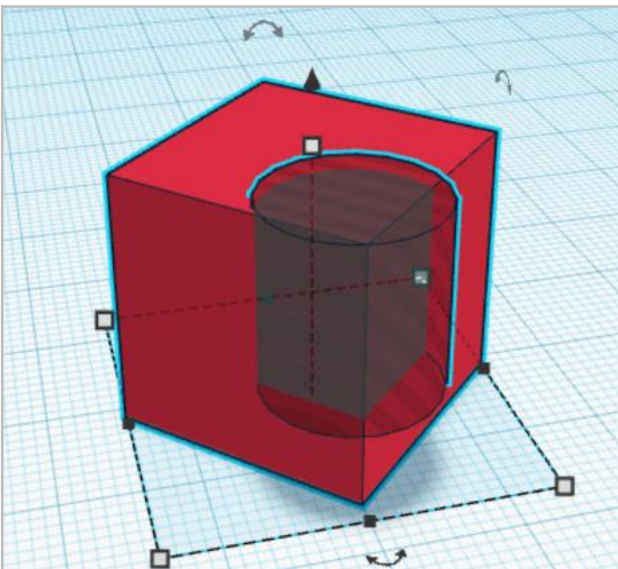
## Tinkercad Grundlagen | Objekte bearbeiten C

Info Lernende

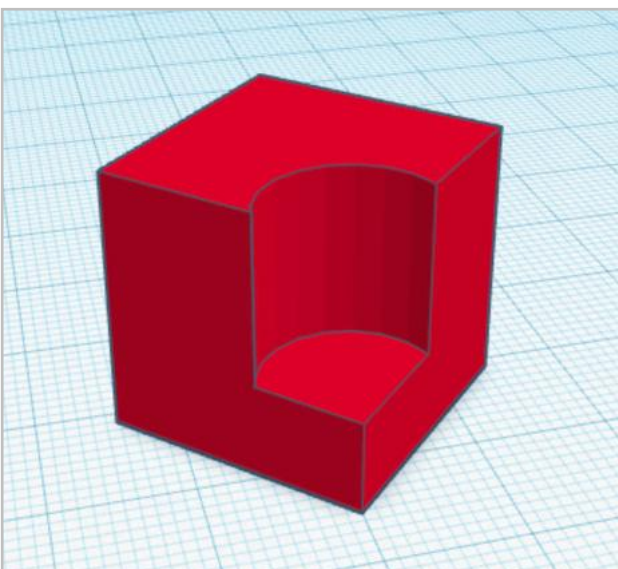
### C) Bohrungen / Aussparungen



Objekt das zur Bohrung/Aussparung werden soll in eine «**Bohrung**» (H) umwandeln - oder direkt ein **Bohrungsobjekt** am gewünschten Ort platzieren. Das Bohrungsobjekt wird transparent dargestellt. Beide **Objekte auswählen (Shift + Klick)**. Objekte gruppieren (**Ctrl + G**). Die Bohrung/ Aussparung wird sichtbar. Mit einem **Doppelklick** auf das Objekt kann das Bohrungsobjekt wieder **sichtbar** gemacht werden. Es kann bearbeitet und verschoben werden.



Beide **Objekte auswählen (Shift + Klick)**. Objekte gruppieren (**Ctrl + G**). Die Bohrung/ Aussparung wird sichtbar. Mit einem **Doppelklick** auf das Objekt kann das Bohrungsobjekt wieder **sichtbar** gemacht werden. Es kann bearbeitet und verschoben werden.

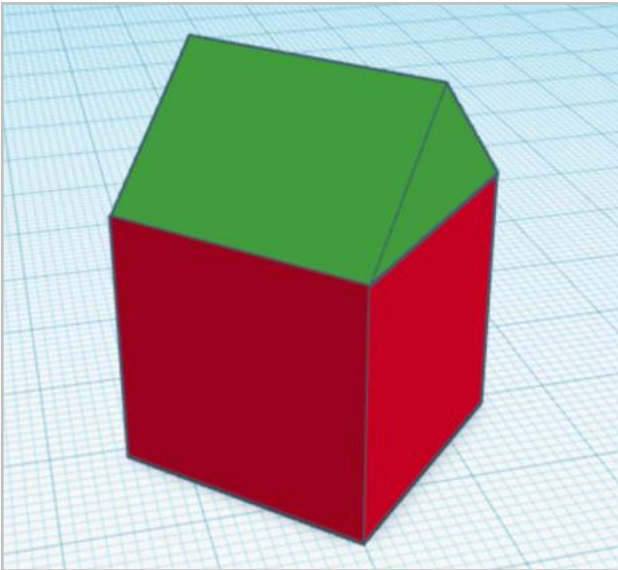


Mit einem **Doppelklick** auf das Objekt kann das Bohrungsobjekt wieder **sichtbar** gemacht werden. Es kann bearbeitet und verschoben werden.

## Tinkercad Grundlagen | Objekte bearbeiten D

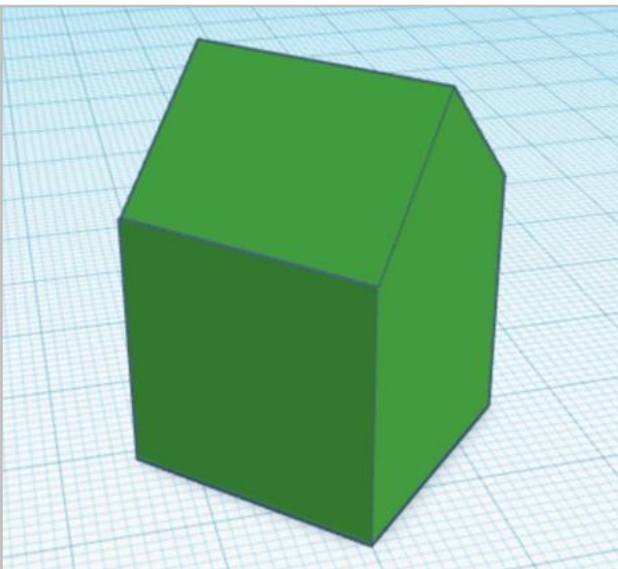
Info Lernende

### D) Objekte verbinden

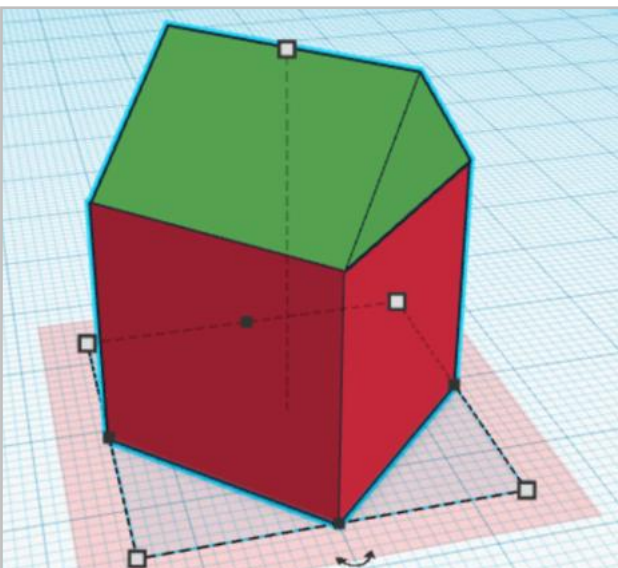


Wenn **zwei Objekte gruppiert** werden, werden sie zu einem **einzigen** zusammengefügt. Das neue Objekt erhält die **Farbe des zuerst ausgewählten**.

Beide **Objekte auswählen (Shift + Klick)**.  
Objekte gruppieren (**Ctrl + G**).



Das neue Objekt erhält die **Farbe des zuerst ausgewählten**.



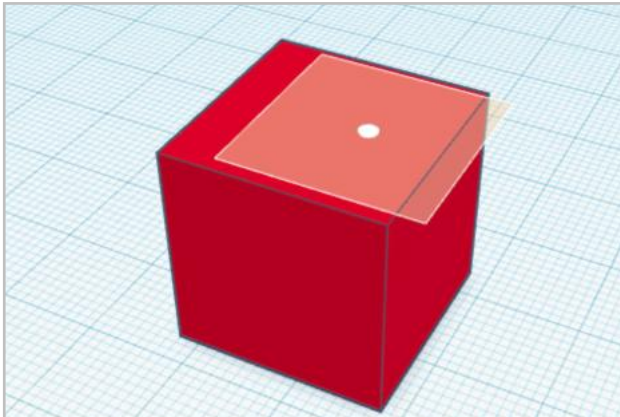
Mit einem **Doppelklick** auf das neue Objekt werden die beiden **ursprünglichen** wieder **sichtbar**. Sie können bearbeitet und verschoben werden. Die rosarote Fläche auf der Arbeitsebene zeigt, dass die Objekte gruppiert sind.

Die **Gruppierung** kann auch wieder **aufgelöst** werden (**Ctrl + Shift + G**).

## Tinkercad Grundlagen | Objekte bearbeiten E

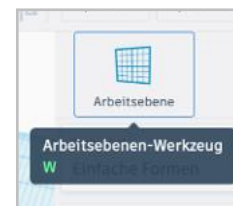
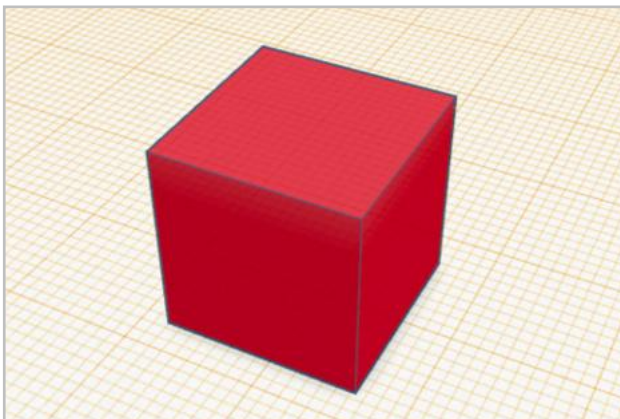
Info Lernende

### E) Arbeitsebenen



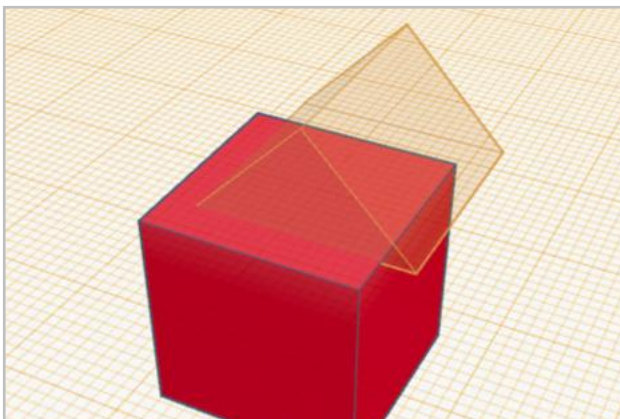
Mit Hilfe des Arbeitsebenen-Werkzeuges kann ein Objekt präzis auf der Oberfläche eines anderen platziert werden

Wähle das **Arbeitsebenen-Werkzeug (W)** aus. Fahre mit dem **Cursor** auf die **Objekt-Fläche**, auf der das neue Objekt ausgerichtet werden soll. Eine Vorschau zeigt wo die neue Arbeitsebene erstellt wird.

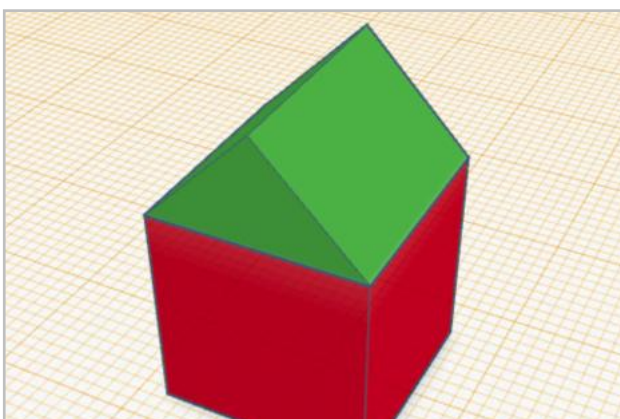


**Klicke!** Eine **neue Arbeitsebene** wird erstellt. Sie wird **orange** dargestellt.

**Ein neue Arbeitsebene kann auf jeder ebenen Oberfläche eines Objektes erstellt werden.**



Platziere das neue Objekt.  
(In diesem Beispiel ein grünes Hausdach)  
Es wird auf die neue Arbeitsebene gelegt. Die Vorschau zeigt, wo es zu liegen kommt.



Verschiebe die Vorschau bis das Objekt genau dort ist wo es sein soll. Klicke. Das neue Objekt liegt präzis auf der gewünschten Fläche.

**Klicke** mit dem **Arbeitsebenen-Werkzeug** **neben den Objekten** in die Szene, um die **voreingestellte Arbeitsebene (blau dargestellt)** wieder zu benutzen.

# Tinkercad | Tastaturkurzbefehle

Info Lernende



Legende Ctrl = Cmd / Alt = Option

Shift =

## Objekte mit der Tastatur bewegen

Bewegen entlang der X/Y Achsen / /

Bewegen entlang der Z Achse + /

In 10-er Schritten entlang der X/Y Achsen bewegen + / / /

In 10-er Schritten entlang der Z Achse bewegen + + /

## Tastatur + Mausbefehle

Objekt(e) duplizieren + ziehen mit LMB

Mehrere Objekte auswählen + ziehen mit LMB

45° Rotation während dem Drehen

Skalieren in einer Richtung + Seitenanfasser

Skalieren in zwei Richtungen + Eckenanfasser

Gleichförmig skalieren + Eckenanfasser

Gleichförmig skalieren in zwei Richtungen + + Eckenanfasser

Gleichförmig skalieren in allen Richtungen + + oberer Anfasser

## Ansicht

Arbeitsebene drehen RMB (rechte Maustaste)

Arbeitsebene drehen + LMB

Arbeitsebene verschieben + RMB

Arbeitsebene verschieben + + LMB

Ein- /auszoomen Mausrad

Einzoomen

Auszoomen

Auf ausgewählte Objekte zoomen

## Objekteinstellungen

Transparenz ein- / ausschalten

Objekt(e) in Bohrung umwandeln

Objekt(e) in Volumenkörper umwandeln

Objekt(e) verriegeln/entriegeln +

Objekt(e) verbergen +

Alle verborgenen Objekte zeigen + +

## Werkzeuge und Befehle

Objekt(e) kopieren +

Objekt(e) einfügen +

Objekt(e) duplizieren +

Objekt(e) löschen

Aktion(en) rückgängig +

Aktion(en) erneut ausführen +

Aktion(en) erneut ausführen + +

Objekt(e) gruppieren +

Objekt(e)-Gruppe auflösen + +

Objekt(e) anordnen

Objekt(e) kippen/spiegeln

Alle Objekte auswählen +

Massstab platzieren

Massstab platzieren (+ Ausrichtung umdrehen)

Objekt(e) auf Arbeitsebene setzen



Auf [www.tinkercad.com/learn](https://www.tinkercad.com/learn) findest du weitere Tips, Schritt für Schritt Anleitungen und einfache Projekte.

Quelle (englische Version): <https://blog.tinkercad.com/keyboard-shortcuts/>

## Schokoladegiessen, ein physikalischer Prozess

Info Lehrpersonen

Der folgende Artikel gibt Einblicke in die Kristallisationsprozesse, die verantwortlich sind, dass gegossene Schokolade gewünschte Eigenschaften wie seidig glänzend, knackig und zartschmelzend aufweist.

Quelle::

<https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/wie-gelingt-die-perfekte-schokolade/>



Weihnachtszeit ist Schokoladenzeit: Nur wenige Menschen können der süßen Verlockung widerstehen. Mit Physik haben die Weihnachtsmänner und anderen Leckereien aus Schokolade sicherlich nichts zu tun – oder doch?

Schokolade soll, so der Wunsch, seidig glänzen, beim Brechen knacken und im Mund zart schmelzen. Einfach nur Schokolade schmelzen, formen und wieder abkühlen lassen, führt meist allerdings nicht zum gewünschten Ergebnis – was viele Hobbybäcker vermutlich bestätigen können. Denn geschmolzene und dann wieder abgekühlte Schokolade wird oft nicht einmal richtig fest.

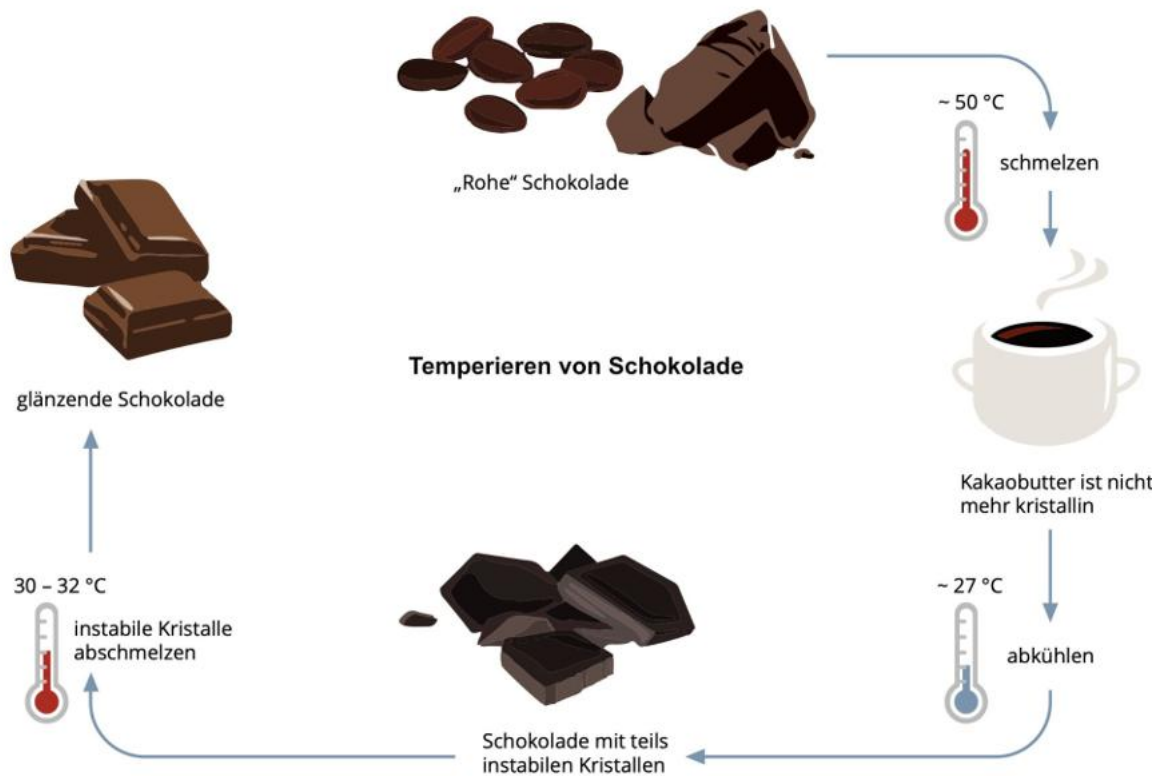
Der Knackpunkt – im wahrsten Sinne des Wortes – ist eine Eigenschaft der in der Schokolade enthaltenen Kakaobutter: Das Fett bildet beim Abkühlen sechs ganz unterschiedliche Kristallformen, von denen lediglich eine – von Chemikern und Physikern als Kristallform V bezeichnet – die gewünschten Eigenschaften aufweist. Die verschiedenen Kristallformen besitzen zwar alle die gleiche chemische Zusammensetzung, unterscheiden sich aber in Bezug auf ihre physikalischen Eigenschaften wie Dichte, Härte und Schmelzpunkt. Kühlt man geschmolzene Schokolade einfach ab, so entstehen hauptsächlich die Formen I bis IV, die bei Raumtemperatur nicht vollständig fest werden.

Und es kommt noch schlimmer: Diese Kristallformen wandeln sich recht schnell in die thermodynamisch stabilste Variante VI um. Bei diesem Vorgang nimmt das Volumen der Fettkristalle zu, deshalb wird ein Teil der Kakaobutter an die Oberfläche der Süßigkeit gedrückt und bildet dort den als „Fettblüte“ oder „Fettreif“ bezeichneten gräulichen Belag. Zwar ist dieser Fettreif nicht schädlich – mit Schimmel hat er nichts zu tun –, aber er sieht unästhetisch aus und hat zudem mit 34 bis 36 Grad Celsius einen höheren Schmelzpunkt als die Kristallform V. Und das ist ein paar Grad zu hoch für das zartschmelzende Geschmackserlebnis, das wir uns bei guter Schokolade erhoffen.

Die unterschiedlichen Schmelzpunkte der verschiedenen Kristallformen der Kakaobutter liefern aber glücklicherweise auch einen Lösungsansatz. Damit sich bevorzugt die erwünschte Kristallform V bildet, sollte Schokolade bei der Verarbeitung „temperiert“ werden. Das bedeutet, man stellt durch eine geschickt gewählte Abfolge von Erwärmen, Abkühlen und erneutem Erwärmen sicher, dass die unerwünschten Kristallformen nach und nach verschwinden. Am Ende des Vorgangs muss die Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes von Kristallform V, aber oberhalb der Schmelzpunkte der Kristallformen I bis IV liegen, also typischerweise bei etwa 30 Grad Celsius.

Sobald ausreichend Kristallisationskeime der Form V vorliegen, darf die Masse langsam weiter abkühlen. Doch bis sich diese Ausgangspunkte für die weitere Kristallisation gebildet haben, können Stunden oder gar Tage vergehen. Und das ist weder im Haushalt noch im industriellen Rahmen praktikabel. Mit einigen Tricks lässt sich das Wachstum der gewünschten Kristallform V jedoch fördern. Schokoladenhersteller setzen vor allem zwei Methoden für diesen Zweck ein: Sie rühren die Schokomasse unter kontrollierten Bedingungen um oder fügen kleine Mengen fester

Schokolade, die sich bereits in der gewünschten Kristallform befindet, hinzu.



Damit sich bevorzugt die erwünschte Kristallform V bildet, sollte Schokolade bei der Verarbeitung „temperiert“ werden. Das bedeutet, man stellt durch eine geschickt gewählte Abfolge von Erwärmen, Abkühlen und erneutem Erwärmen sicher, dass die unerwünschten Kristallformen nach und nach verschwinden. Am Ende des Vorgangs muss die Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes von Kristallform V, aber oberhalb der Schmelzpunkte der Kristallformen I bis IV liegen, also typischerweise bei etwa 30 Grad Celsius.

Britta von Heintze/Welt der Physik

Die erste Methode macht sich mechanische Scherkräfte zunutze, die beim Rühren vor allem zwischen Rührwerk und Wandung auftreten. In diesem Scherspalt zerfallen größere Kristalle durch die Scherungskräfte in kleinere, die dann wieder als Kristallisationskeime in der Schokoladenmasse wirken können. Das klingt einfach, ist es aber nicht. Denn durch den Rührprozess wird der flüssigen Masse ständig Bewegungsenergie zugeführt, die sich durch Turbulenzen gleichmäßig in der Schokolade verteilt und schließlich in Wärmeenergie umwandelt. Zwar erwärmt sich die Masse dadurch nur leicht, doch dieser Effekt kann die gewünschten Kristalle wieder zerfallen lassen. Erst eine geeignete Kombination aus mäßigen Scherkräften und gleichzeitigem Kühlen führt zu einer optimalen Kristallisation.

Bei der zweiten Methode, dem „Impfen“, führt man der flüssigen Masse zerkleinerte Schokolade zu. Da die kleinen Schokoladenstückchen bereits in der Kristallform V vorliegen, lagert sich an ihnen rasch weiteres Fett in der gewünschten Form an. Dieses Verfahren eignet sich besonders für kleine Mengen, also auch bei der häuslichen Weihnachtsbäckerei, wobei die flüssige Schokolade auf 30 bis 33 Grad Celsius gekühlt und beim Impfen behutsam gerührt werden muss.

Mit diesen Kniffs gelingt es also, Schokolade mit den gewünschten Eigenschaften herzustellen. Allerdings sollten die fertigen Leckereien schnell verspeist werden. Denn leider ist auch die Kristallform V nicht vollkommen stabil – nach langer Lagerung wandelt sie sich in die Form VI um und es bildet sich Fettreif auf der Oberfläche. Industrielle Produkte sind häufig mit speziellen – natürlich geschmacks- und geruchsneutralen – Beschichtungen versehen, um die Haltbarkeit zu verlängern und den Glanz der Schokoladenoberfläche zu erhalten.

„Der Fettreif ist zwar völlig harmlos, führt aber durch Ausschuss und Reklamationen zu

Millionenschäden in der Lebensmittelindustrie“, erläutert Svenja Reinke von der Technischen Universität Hamburg-Harburg. Zusammen mit ihren Kollegen untersuchte die Wissenschaftlerin das Phänomen vor einigen Jahren mit der Röntgenlichtquelle PETRA III am Forschungszentrum DESY. In ihren Experimenten ließ sich erstmals live beobachten, wie flüssiges Fett durch die Schokolade wandert. An der Oberfläche angekommen kristallisiert das Fett und bildet dort die unansehnlichen Flecken. Ein Tipp der Forscher: Wer lange Freude an seiner Schokolade haben möchte, sollte sie möglichst bei 18 Grad Celsius lagern.

### **Glanz aus physikalischer Sicht**

Schokolade soll seidig glänzen – schön und gut, aber was ist Glanz überhaupt? Trifft Tageslicht oder das Licht einer Lampe auf einen Gegenstand, absorbiert und reflektiert dessen Oberfläche das Licht in charakteristischer Weise. Reflektiert ein Objekt beispielsweise rotes Licht besonders stark, während es Licht anderer Wellenlängen stärker absorbiert, dann erscheint uns die Oberfläche in roter Farbe.

Die Reflexion kann je nach Oberflächenstruktur entweder diffus oder gerichtet erfolgen – also mehr oder weniger gleichmäßig in alle Richtungen. Während eine glatte Oberfläche spiegelt, reflektiert eine raue Oberfläche das Licht diffus. Für die meisten Oberflächen liegt eine Mischform vor. Als Glanz bezeichnet man in der Physik den Quotienten aus dem gerichteten zum diffusen Anteil des reflektierten Lichts. Das für Schokolade oft verwendete Etikett „seidiger Glanz“ entspricht einem physikalischen Glanz im Bereich 0,3 bis 0,4.

## Couvertüre aufbereiten, Rezepte

Info Lehrpersonen

In der Unterrichtspraxis haben sich zwei Rezepte bewährt.

### Rezept A «langsam schmelzen»

Fülle am Vorabend das Temperiergerät mit Couvertüre-Pastillen. Alternativ kann auch eine Schüssel mit Couvertüre-Pastillen im Backofen erwärmt werden.

Stelle die Temperatur auf die maximale Höhe gemäss Beschreibung und lass die Couvertüre langsam flüssig werden. Dies dauert je nach Menge bis zu 12 Stunden.

Prüfe die Temperatur der Couvertüre mit dem Thermometer

- dunkle auf **33°C**
- braune auf **31°C**
- weisse auf **30°C**

Die Temperatur darf auf keinen Fall und zu keiner Zeit höher sein.

Giesse bei genauer Temperatur die Schokolademasse in die trockenen Gussformen.

*Wie das genau geht findest du im Kapitel «Schokolade giessen» (Seite 17 in diesem Handbuch)*

### Rezept B «impfen»

Fülle  $\frac{2}{3}$  der Couvertüre-Pastillen in das Temperiergerät oder in den Backofen.

Stelle die Temperatur auf die maximale Höhe gemäss Beschreibung und lass die Couvertüre langsam flüssig werden. Dies dauert etwa 2 Stunden.

Prüfe die Temperatur der Couvertüre mit dem Thermometer:

- dunkle auf **max. 60°C** erwärmen
- braune auf **max. 55°C** erwärmen
- weisse auf **max. 50°C** erwärmen

Fülle nun den letzten Drittel der Couvertüre unter gleichmässigem Rühren in die Schale. Die Masse wird sich abkühlen und muss nun wieder auf die passende Temperatur erwärmt werden.

Stell das Thermometer nun auf folgende Temperatur:

- dunkle auf **33°C** erwärmen
- braune auf **31°C** erwärmen
- weisse auf **30°C** erwärmen

Die Temperatur darf auf keinen Fall und zu keiner Zeit höher sein.

Giesse bei genauer Temperatur die Schokolademasse in die trockenen Gussformen.

*Wie das genau geht findest du im Kapitel «Schokolade giessen» (Seite 17 in diesem Handbuch)*



## Weiterführende Hinweise

Info Lehrpersonen

Hier finden Sie Anregungen für weiterführende Arbeiten mit der Klasse und Links zu vertiefenden Informationen.

### Schul- oder klasseneigene Schokoladetafel

Für einen speziellen Anlass innerhalb der Schule/Klasse (Ausstellung, Klassenlager etc.) kann eine schul- oder klasseneigene Schokoladetafel kreiert und vertrieben werden .

Anstelle individueller, kleiner Schokoladestücke wird eine klasseneigene Schokoladetafel in einem grösseren Format hergestellt.

Das Motiv für die Schokoladeoberfläche wird in der Klasse entwickelt und z.B. arbeitsteilig produziert.



Schokolade Stappferschulhaus Brugg

### Informative Quellen zum Thema Schokolade

<https://www.theobroma-cacao.de>

Magazin für Schokolade, Kakao und Pralinen

Aktuelle Meldungen und Hintergrundwissen rund um Schokolade, Kakao und Pralinen. Von der Geschichte, über den Kakaobaum, die Herstellung und mehr...

Literatur zum Thema Schokolade

Sprachland SCHOKOLADE Magazin 3.2 (in der Themenkiste vorhanden) Materialien zum Lernen und Anwenden von Sprache im 4. - 6. Schuljahr Schulverlag plus / Lehrmittelverlag Zürich

ISBN 3-292-00535-3

FWU Schweizer Mediathek für Bildungsmedien

Die FWU-Mediathek ist die Online Datenbank des Instituts für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht und beinhaltet über 1'000 zugängliche Lehrfilme, Arbeitsmaterialien für den Unterricht aller Klassen und Stufen. Auch zu Themen wie Schokolade, 3D-Printing und Giessverfahren.

Die Mediathek beinhaltet ausschließlich Medien, die speziell für den Unterricht produziert wurden und rechtssicher in der Schule, als Hausaufgabe oder zum Selbstlernen verwendet werden können.

Link zum Thema Schokolade:

<https://www.fwu-mediathek.ch/result?first=1&rtype=1&pid=eekafukla5mq26f7sk2sn17ja1>

## Bezugsquellen

Info Lehrpersonen

Bezugsquellen der Schokolade sowie ausgewählter Geräte und Materialien.

<b>Schokolade / Covertüre</b>		
Artikel	Lieferant	Link
Felchlin Grand Cru Maracaibo	miniSchoggi.ch	<a href="https://www.minischoggi.ch/online-shop/schokolade-und-pralinen/couverture/felchlin-couverture-grand-cru-maracaibo-65-05-kg.html">https://www.minischoggi.ch/online-shop/schokolade-und-pralinen/couverture/felchlin-couverture-grand-cru-maracaibo-65-05-kg.html</a>
Aluminiumfolie Schokolade 150 Stk.	miniSchoggi.ch	<a href="https://www.minischoggi.ch/online-shop/schokolade-und-pralinen/schokoladen-verpackungen/aluminium-folien/aluminium-folie-schokolade-turkis-150-stuck.html">https://www.minischoggi.ch/online-shop/schokolade-und-pralinen/schokoladen-verpackungen/aluminium-folien/aluminium-folie-schokolade-turkis-150-stuck.html</a>

<b>Geräte</b>		
Artikel	Lieferant	Link
Temperiergerät	miniSchoggi.ch	<a href="https://www.minischoggi.ch/online-shop/schokolade-und-pralinen/temperiergeraete/minischoggi-temperiergerat-fur-couverture-und-schokolade.html">https://www.minischoggi.ch/online-shop/schokolade-und-pralinen/temperiergeraete/minischoggi-temperiergerat-fur-couverture-und-schokolade.html</a>
Thermometer Thermo-Tester	Brack.ch	<a href="https://www.brack.ch/laserliner-thermometer-thermotester-210943">https://www.brack.ch/laserliner-thermometer-thermotester-210943</a>
Küchenwaage Page Compact 300 weiss	Brack.ch	<a href="https://www.brack.ch/soehnle-kuechenwaage-page-compact-300-weiss-843220">https://www.brack.ch/soehnle-kuechenwaage-page-compact-300-weiss-843220</a>
Saucenlöffel New Profile Line Kunststoff	Brack.ch	<a href="https://www.brack.ch/brabantia-saucenloeffel-new-profile-line-kunststoff-1063136?query=saucenloeffel&amp;redirected=1">https://www.brack.ch/brabantia-saucenloeffel-new-profile-line-kunststoff-1063136?query=saucenloeffel&amp;redirected=1</a>
Schneidebrett weiss	Brack.ch	<a href="https://www.brack.ch/rotho-schneidebrett-weiss-513553?query=schneidbrett+Set&amp;active_search=true">https://www.brack.ch/rotho-schneidebrett-weiss-513553?query=schneidbrett+Set&amp;active_search=true</a>
Teigschaber	Brack.ch	<a href="https://www.brack.ch/backshopschweiz-teigschaber-20-cm-1233309">https://www.brack.ch/backshopschweiz-teigschaber-20-cm-1233309</a>
Einwegbecher 1 dl Mischbecher	Brack.ch	<a href="https://www.brack.ch/elco-einwegbecher-1-dl-150-stueck-1856047">https://www.brack.ch/elco-einwegbecher-1-dl-150-stueck-1856047</a>
Holzkleinteile 115 x 10 mm Eisstiel, Mischstab	Brack.ch	<a href="https://www.brack.ch/creativ-company-holzkleinteile-11-5-cm-x-10-mm-eisstiel-671633">https://www.brack.ch/creativ-company-holzkleinteile-11-5-cm-x-10-mm-eisstiel-671633</a>
Gummiband 9 x 100 mm Rahmen-Spanngummi	Brack.ch	<a href="https://www.brack.ch/connect-gummiband-nr-75-9-x-100-mm-1046025">https://www.brack.ch/connect-gummiband-nr-75-9-x-100-mm-1046025</a>
Holzleisten 18 x 18 mm Rahmenbau	JUMBO	<a href="https://www.jumbo.ch/de/bauen-renovieren/holz/leisten-staebe/rechteckleisten/rechteckleiste-fichte-18x18-mm-1-m/p/3228827#modal">https://www.jumbo.ch/de/bauen-renovieren/holz/leisten-staebe/rechteckleisten/rechteckleiste-fichte-18x18-mm-1-m/p/3228827#modal</a>

<b>Silikon, lebensmittelecht</b>		
Artikel	Lieferant	Link
Replisilikon 22 N blau Silikon 500 ml mit Härter 500 ml	Studer Kunststoffe	<a href="https://www.studerkunststoffe.ch/unser-sortiment-mit-pdf-und-sdb/silikone/">https://www.studerkunststoffe.ch/unser-sortiment-mit-pdf-und-sdb/silikone/</a>



## Skizzenblatt für die Schokoladeform

Arbeitsblatt

