

# CAD im RUB-Makerspace

Workshop zu Computer-Aided Design im  
Makerspace der Ruhr-Universität Bochum

Current versions of this document see public folders of  
RUB-Makerspace at <https://makerspace.ruhr-university-bochum.de/status/> | This is a fork from Dec. 2023



## Ablauf

**VOR DEM WORKSHOP:** Alle Teilnehmenden Autodesk-Accounts + Inventor

### TAG 1:

30min: **Basics**

2h: **2D - Vektorgrafik** mit Inkscape (Flo)

2h: **3D - Einstieg** mit TinkerCAD Standard + Code (Flo + Oli und Jan nach Absprache)

### TAG 2:

2-3h: „**Professionelle“ CAD/CAx-Systeme** mit Fusion360 oder Inventor (Axel + Jan)

30min: (Exkurs) **Sculpting** mit SculptGL (Oli)

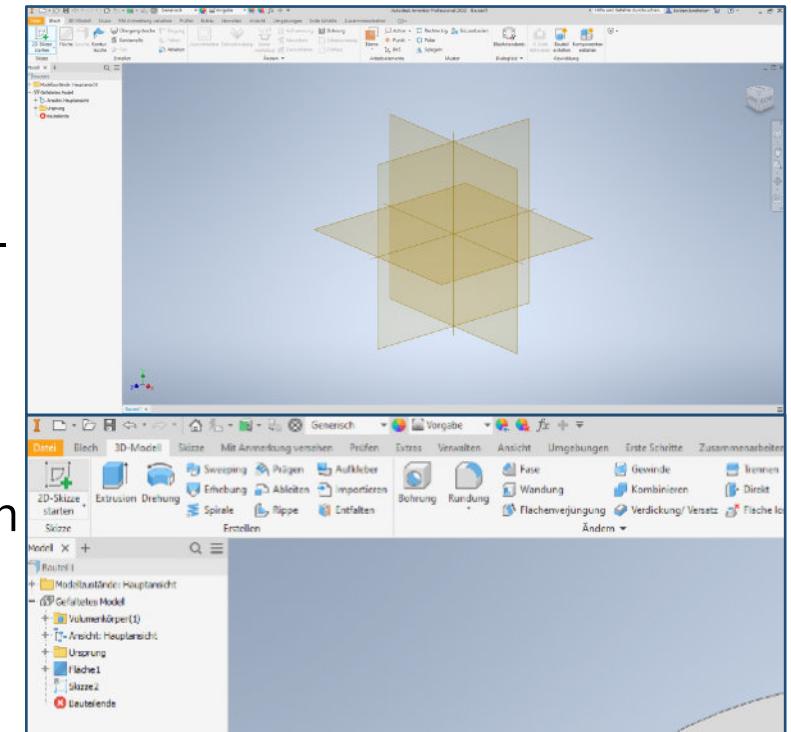
30min: **Ausblick: Rhino + Grasshopper sowie Blender** (Flo)

Bitte rege Fragen stellen & Input geben!

# Basics

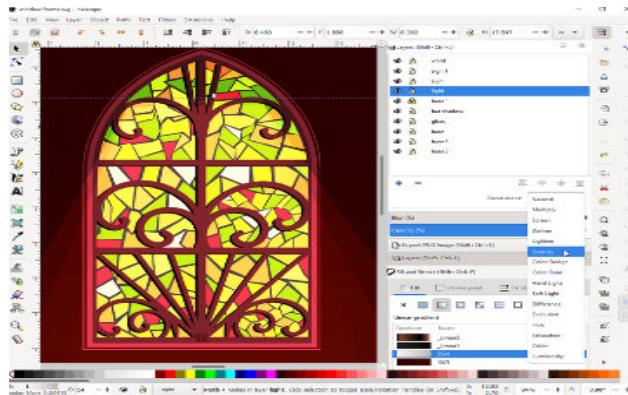
# CAD?!

- CAD = Computer Aided Design
- Mit Computern Dinge gestalten / verbessern / analysieren / ...
- Je nach Ziel und Anwendung gibt es (sehr) viele verschiedene CAD-Werkzeuge und Arten „(CA)D zu Denken“
- Teil eines (digitalen) Produktentwicklungs-Prozesses mit weiteren Bestandteilen wie z.B. CAM (...Manufacturing) bzw. CAx
- Ist nicht „nur“ rein visuelle Gestaltung oder Repräsentation, sondern eher eine logisch-mathematische Beschreibung verschiedenster Parameter eines Designs
- Begriff ist nicht hundertprozentig trennscharf

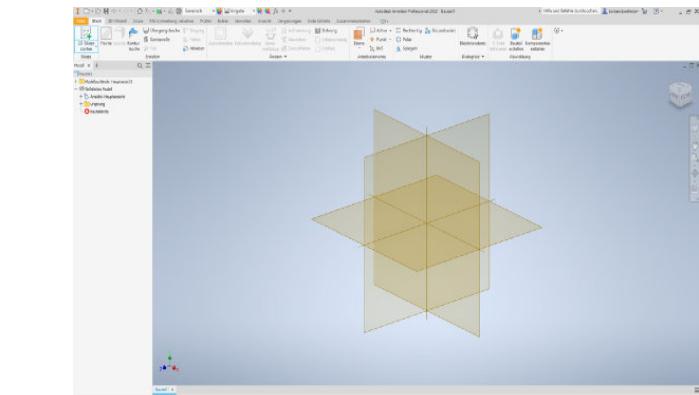
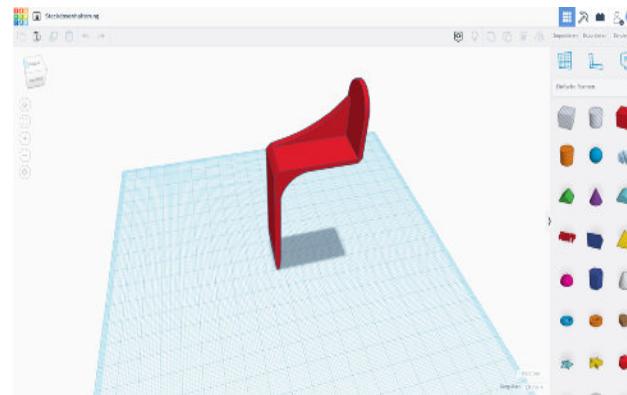


RUB-Makerspace Team, Autodesk Inventor – Beispiel für ein CAD-Werkzeug (CC BY-SA 4.0)

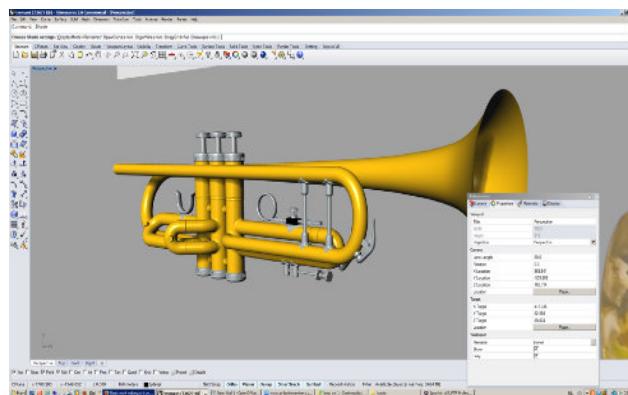
## Beispiele für CAD-Werkzeuge - in diesem Workshop



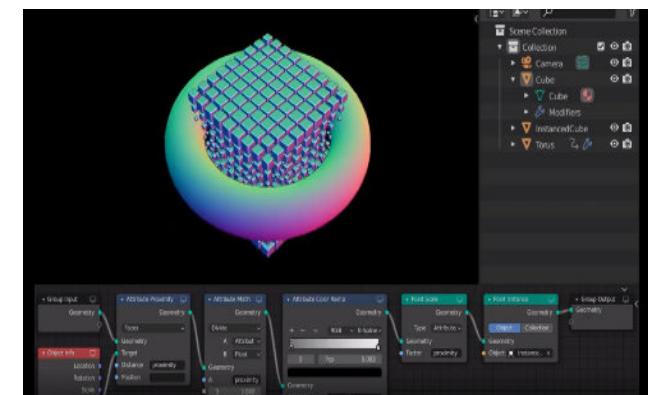
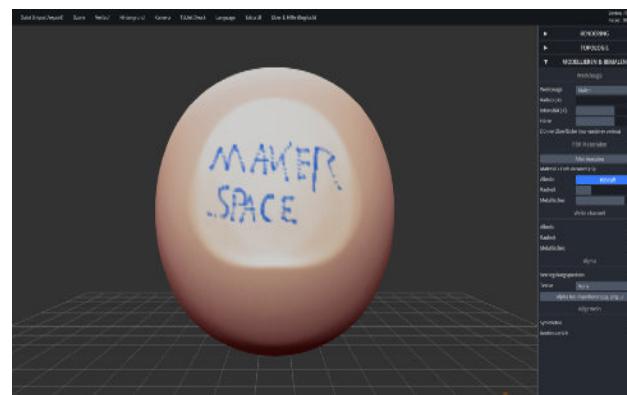
**Inkscape:** Universalwerkzeug für 2D-Vektorgrafik (Sonia Benett: Overlay, <https://inkscape.org/~SoniaB/%E2%98%85overlay>, CC BY-SA)



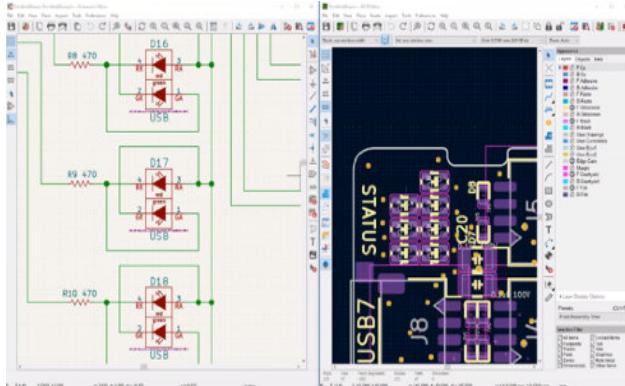
**Autodesk Inventor:** 3D-Gestaltung für komplexe Aufgaben mit genauer Beschreibung von Baugruppen, Parametern & Abhängigkeiten (Screenshot, CC BY-SA 4.0)



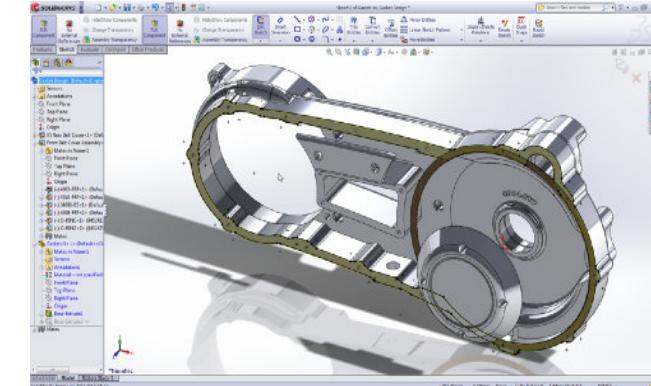
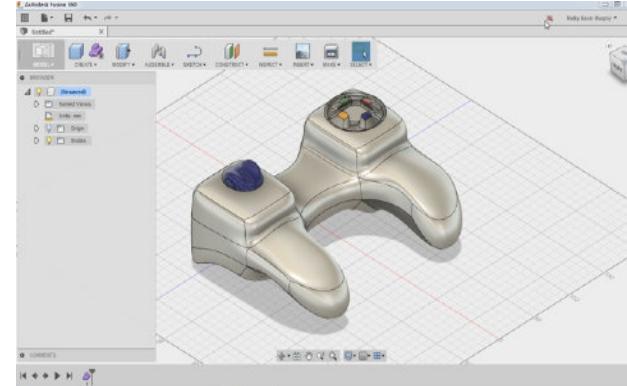
**Rhinoceros 3D:** 3D-Universalwerkzeug mit eigener Programmier-Umgebung, enorm erweiterbar (peter1: Basic work making a trumpet, <https://discourse.mcneel.com/t/basic-work-making-a-trumpet/35621>, CC 2.0 BY-SA)



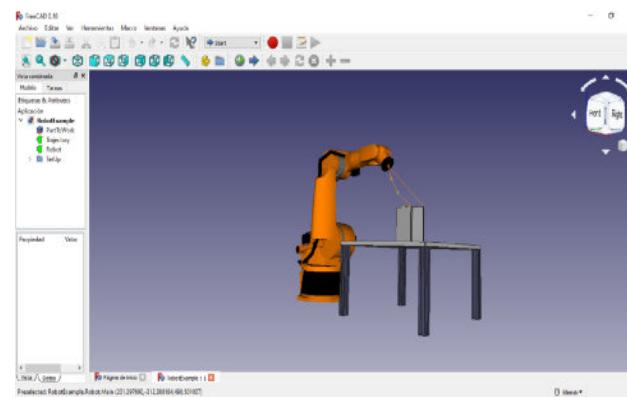
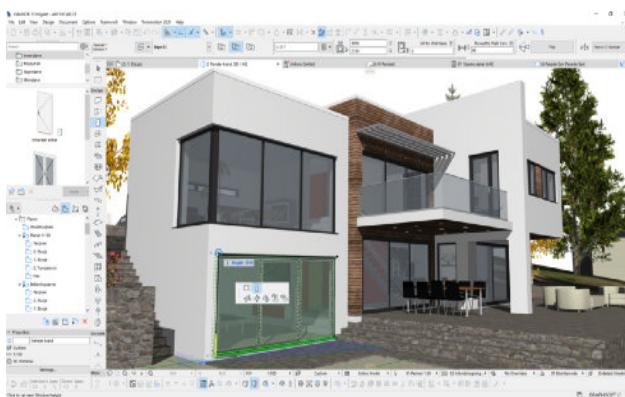
# Beispiele für CAD-Werkzeuge - weitere (u.v.m.)



KiCAD: Für das Design von Platinen (<https://www.kicad.org/discover/pcb-design/>, CC 3.0)



Dassault Systems Solidworks: Eines der größten, bekanntesten professionellen 3D-CAD-Werkzeuge (vergleichbar mit Autodesk Inventor) ([https://www.engineering.com/Portals/0/BlogFiles/stavanya/Previous\\_Release\\_Interoperability\\_Scene.png](https://www.engineering.com/Portals/0/BlogFiles/stavanya/Previous_Release_Interoperability_Scene.png), CC BY-SA 2.0)



# Prozess: Immer mindestens CAD und CAM

## 1. CAD: Computer Aided Design

- Beschreibung einer Geometrie erstellen

## 2. CAM: Computer Aided Manufacturing

- Einstellungen in Bezug auf Material, Maschine, Werkzeug, etc. vornehmen
- Übersetzung der Geometrie zusammen mit den Einstellungen in die „Sprache“ der jeweiligen Maschine (z.B. sog. „g-Code“/„NC-Code“)

### Beispiele für CAM im RUB-Makerspace

**3D-Drucker:** „Slicer“ wie PrusaSlicer, Cura, teilw. sogar in Windows integriert

**Lasercutter:** „Drucken“-Dialog, Lightburn

**Schneidplotter:** GoSign-Software

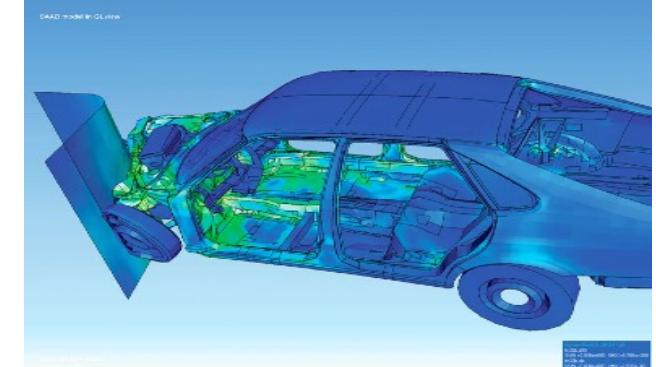
**Shaper Origin:** Touchscreen-Menüs

**5-Achs-Fräse:** z.B. InventorCAM

## Prozess: CAx

Es gibt nicht nur CAD und CAM - z.B. auch:

- Simulation: z.B. Kraft-Einflüsse, Statik
- Rendering: Hochqualitative Grafiken erzeugen
- Animationen erzeugen
- Ableiten technischer Zeichnungen nach Standards
- ...



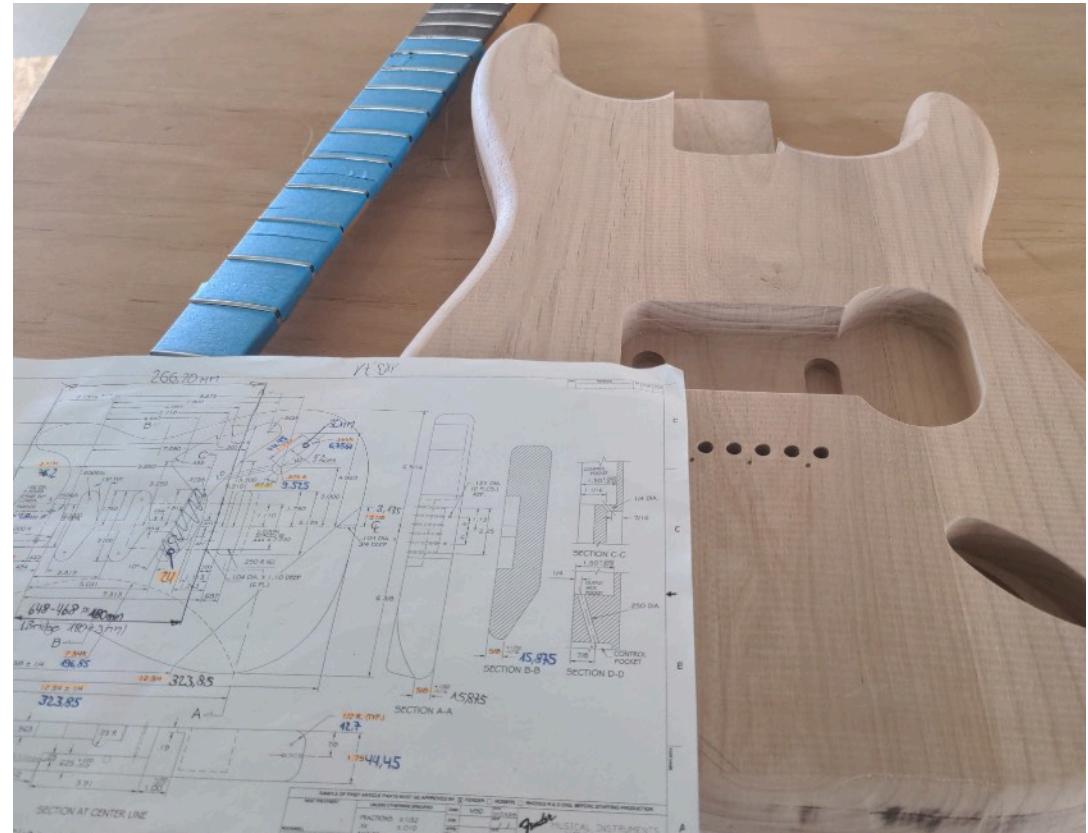
FEM-Simulation, [File:FAE visualization.jpg](#) - Wikimedia Commons (Public Domain)



Rendering, [File:Richland campus rendering.jpg](#) - Wikimedia Commons (Public Domain)

## 2D und 3D

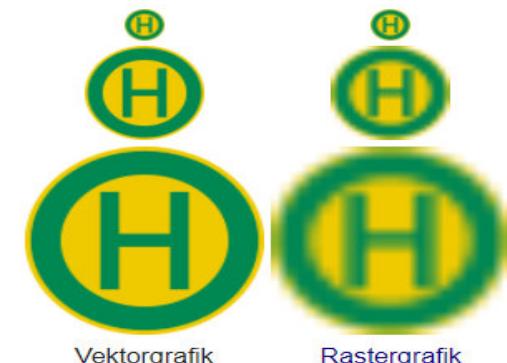
- Für alle Prozesse, bei denen es eher ums Schneiden geht, reichen 2D-Daten (=Vektorgrafiken)  
*zB: Shaper, Schneidplotter, Laser, Holz-CNC-Fräse, ...*
- Erst, wenn sich mehr als zwei Achsen des betreffenden Gerätes bewegen, brauchen wir 3D-Daten  
*zB: 5-Achs-Fräse, 3D-Drucker, Holz-CNC bei 3D-Einsatz, ...*
- Aus 3D lässt sich eigentlich immer auch 2D ableiten / exportieren



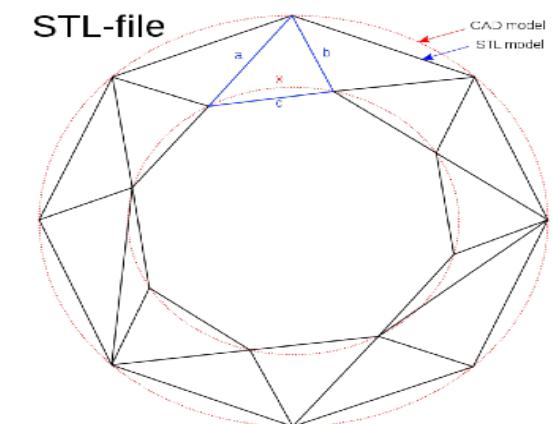
Diese 3D-Form ist komplett aus einer 2D-Skizze entstanden  
O. Stickel - Mit Shaper Origin gefräster Gitarrenkorpus und techn. Zeichnung (CC-BY-SA 4.0)

## Quelldateien vs. sonstige Dateiformate

- Wir müssen im Makerspace oft Dinge am Design im Prozess ändern - dafür sind die ursprünglichen Quelldateien wünschenswert / notwendig. Man muss sich auf einiges an Import- / Export-Arbeit und zuweilen auch auf „nachzeichnen“ einstellen
- Im 2D-Bereich kommt man mit den üblichen Dateiformaten (z.B. .svg, .eps, dxf) einigermaßen universell zurecht
- Oft im 2D-Bereich wichtig: Raster- vs. Vektorgrafik („ich möchte was mit dem Laser ausschneiden, habe aber nur ein Foto davon“ u.Ä.)
- Quelldateien für 3D-Daten sind sehr unterschiedlich und leider oft proprietär, es gibt kaum universelle Standards
- „Im Umlauf“ sind 3D-Dateien daher oft in Mesh-Formaten .stl, die zwar universell lesbar die Oberfläche des Modells beschreiben, denen aber viele (Quell-)Informationen fehlen



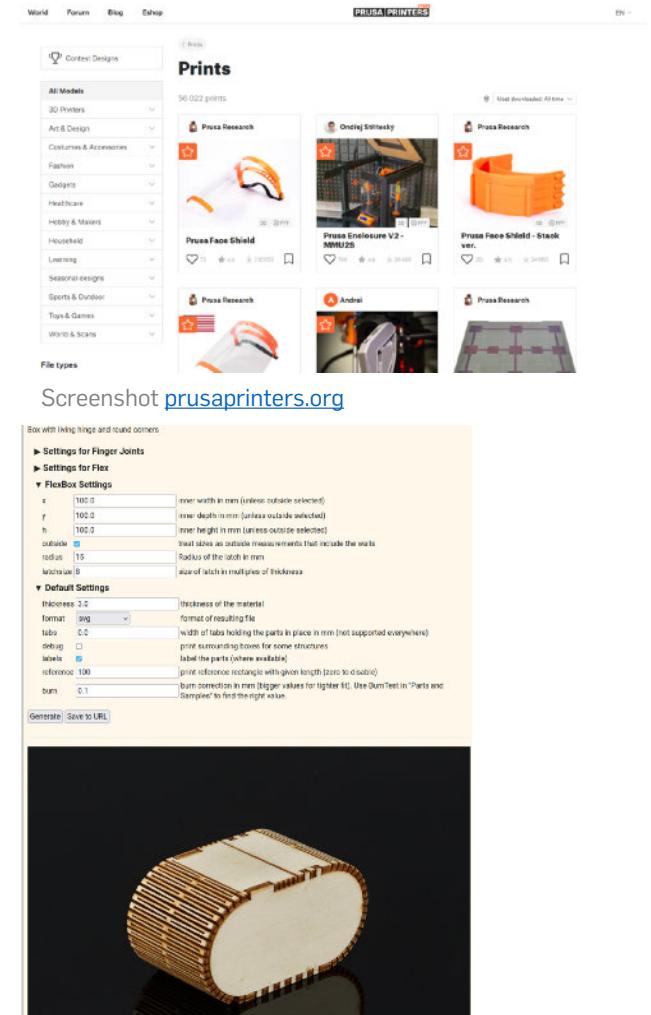
Raster- vs. Vektorgrafik ([Public Domain](#))



Geometrische Beschreibung in CAD vs. STL-Datei  
 (LaurensvanLieshout: Two concentric circles, representing a CAD model of a doughnut shape, and a series of triangles approximating the doughnut, representing how STL modeling work, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The\\_differences\\_between\\_CAD\\_and\\_STL\\_Models.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_differences_between_CAD_and_STL_Models.svg), CC BY-SA 3.0)

# CAD?!

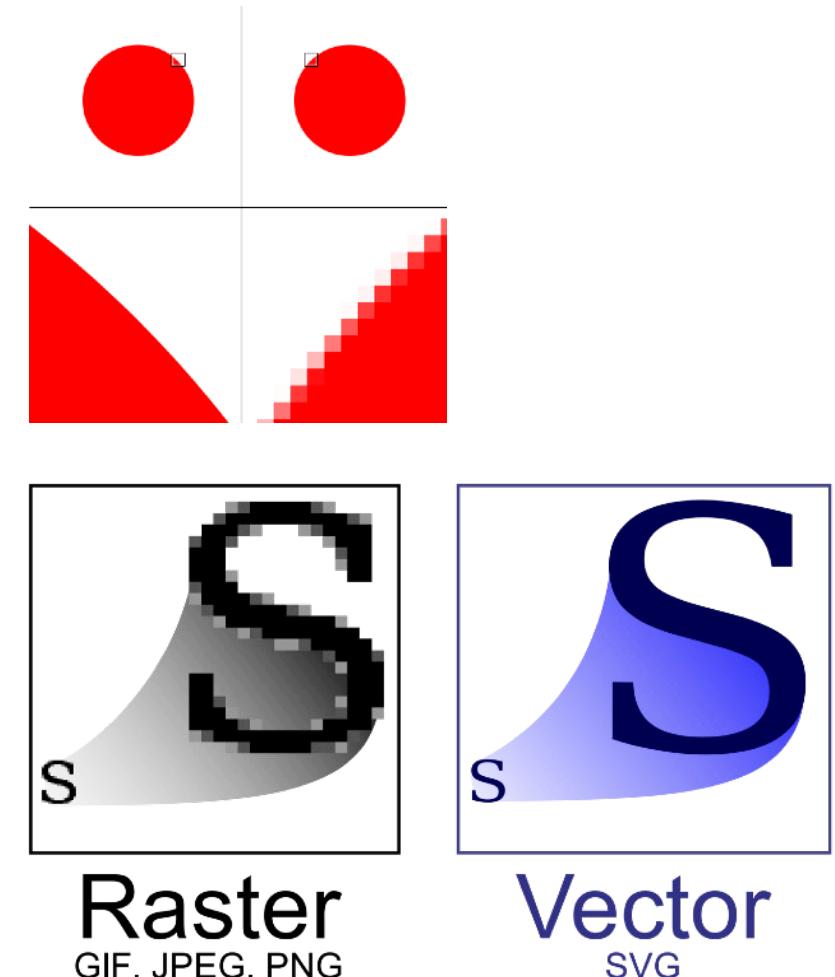
- Es gibt unglaublich viele 2D- und 3D-Dateien im Netz, die man direkt nutzen oder anpassen kann - **suchen lohnt sich**
- Für 2D: Suchstichworte wie „+vector +free“ o.Ä. reichen oft schon aus oder Plattformen wie [vector.me](http://vector.me) oder [freevector.com](http://freevector.com)
- Für 3D: Eigene Plattformen wie z.B. [prusaprinters.org](http://prusaprinters.org), [youmagine.com](http://youmagine.com), [myminifactory.com](http://myminifactory.com), [thingiverse.com](http://thingiverse.com) und viele mehr
- Es gibt viele hilfreiche Skripte und Tools wie z.B. [makercase.com](http://makercase.com), [festi.info/boxes.py/](http://festi.info/boxes.py) + Vektorisierung (Suchstichwort z.B. „+generator“)
- Spannend auch: Generatives Design, d.h. (Teil-)Automatisierung von CAD - eher fortgeschritten, aber z.B. in Autodesk Fusion360 möglich
- 3D-Scanning kann ebenfalls eine Datenquelle sein, macht aber Nachbearbeitung der Daten erforderlich (Stichwort: Mesh-Modelling)
- *PRAXIS: o.g. Websites erkunden & ein cooles 2D-/3D-Modell herunterladen*

Screenshot [boxes.py](http://boxes.py)

## 2D - Vektorgrafik mit Inkscape

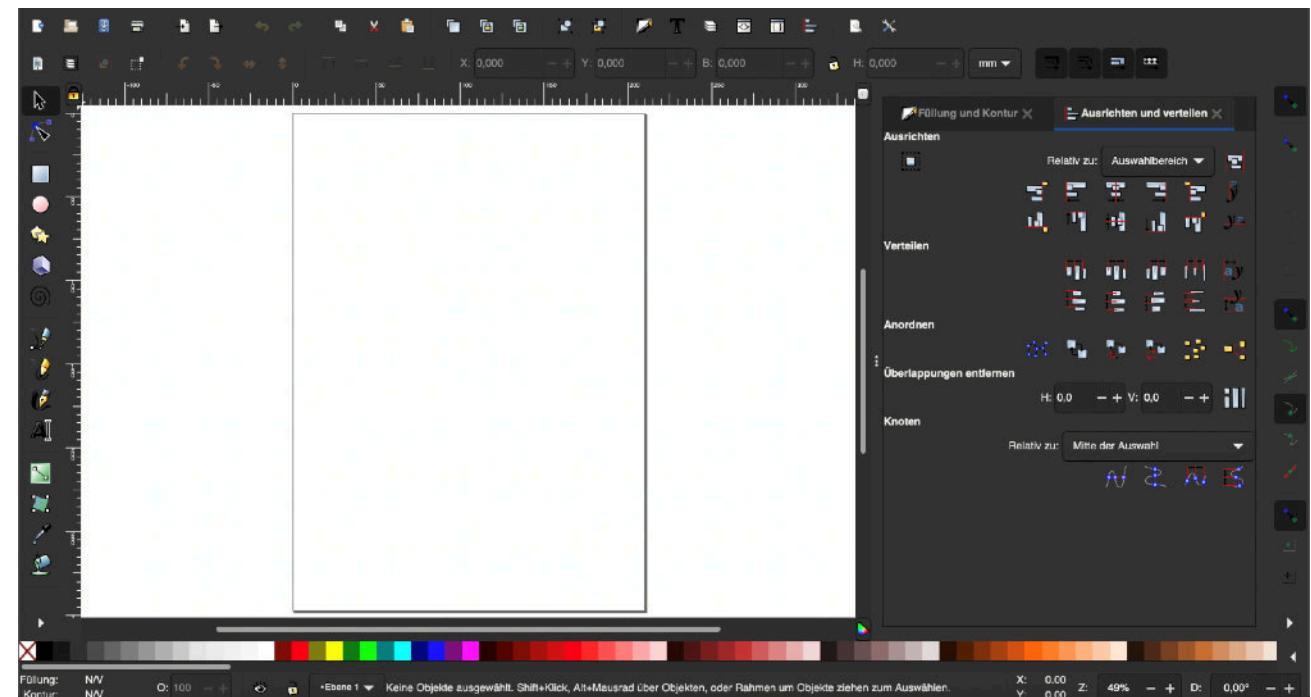
## VEKTORGRAFIKEN (SVG UND DXF)

- Vektorgrafik  
Computergrafik, aus grafischen Primitiven zusammengesetzt  
Basiert anstelle von Raster/Pixel auf geometrischer Modellierung (Punkte, Radien, Linienstärke, Farbe)  
Vorteile: Verlustfreie Skalierbarkeit, kleine Dateigröße
- SVG  
„Scalable Vector Graphics“; Dateiformat für zweidimensionale Vektorgrafiken. Können auch über XML-Editor erstellt werden.  
Z.B. für Lasercutten, Sticken, Shaper, Schneidplotter u.v.m.
- DXF  
„Drawing Interchange File Format“; Dateiformat von Autodesk zum Austausch von CAD-Daten zwischen diversen Programmen.  
Ebenfalls akzeptiert von vielen Gerätetreibern

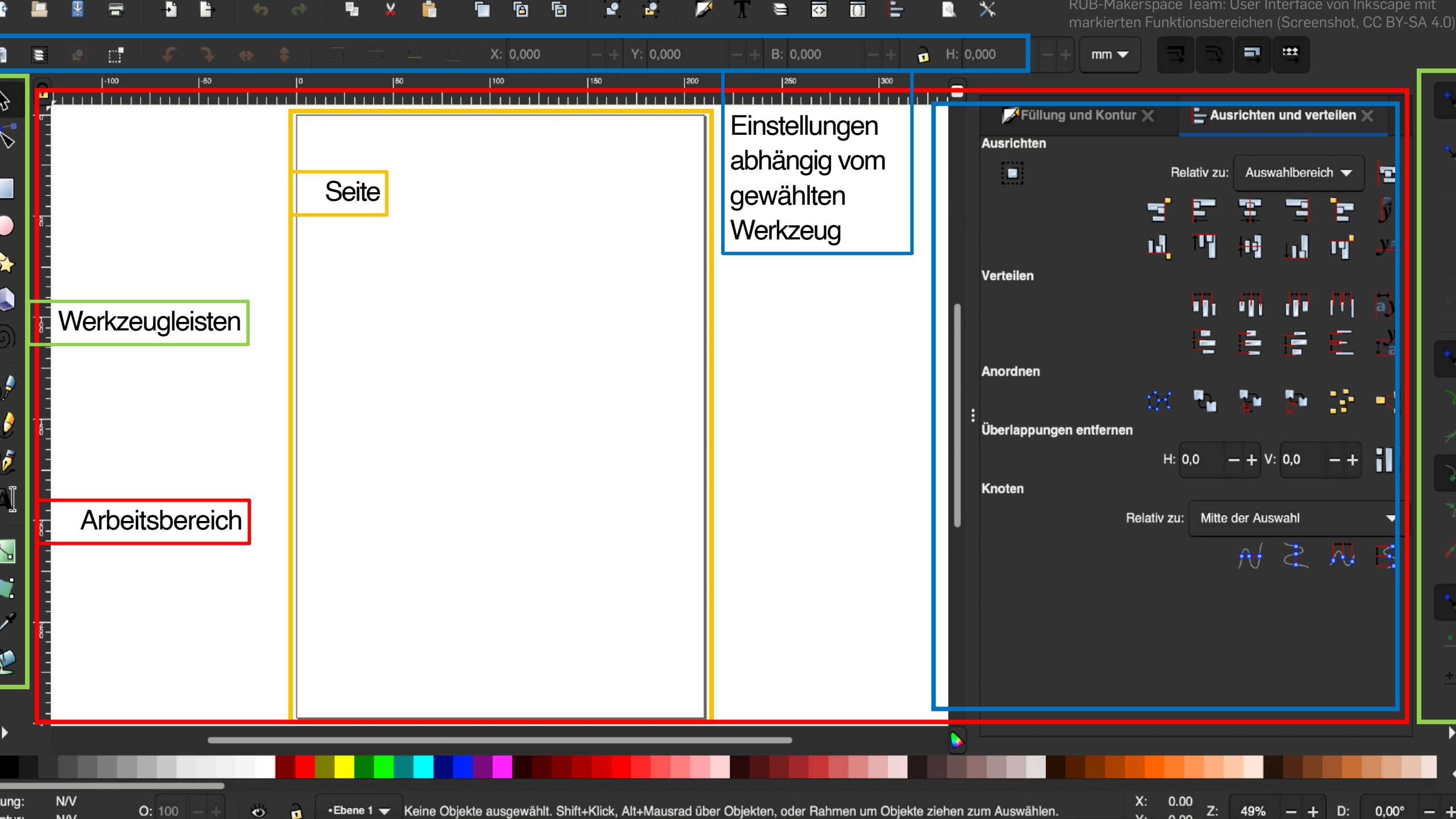


## INKSCAPE – ERSTE SCHRITTE

- Freie und plattformunabhängige Software (Open Source) zur Erstellung und Bearbeitung zweidimensionaler Vektorgrafiken
- Arbeitet mit dem SVG-Format
- Import/Export weiterer Formate
- Zum Erstellen von Logos, Infografiken, Lasercut-Dateien, technischen Zeichnungen u.v.m.
- Viele Extensions: Stickdateien, Patterns, Farbbearbeitung etc.

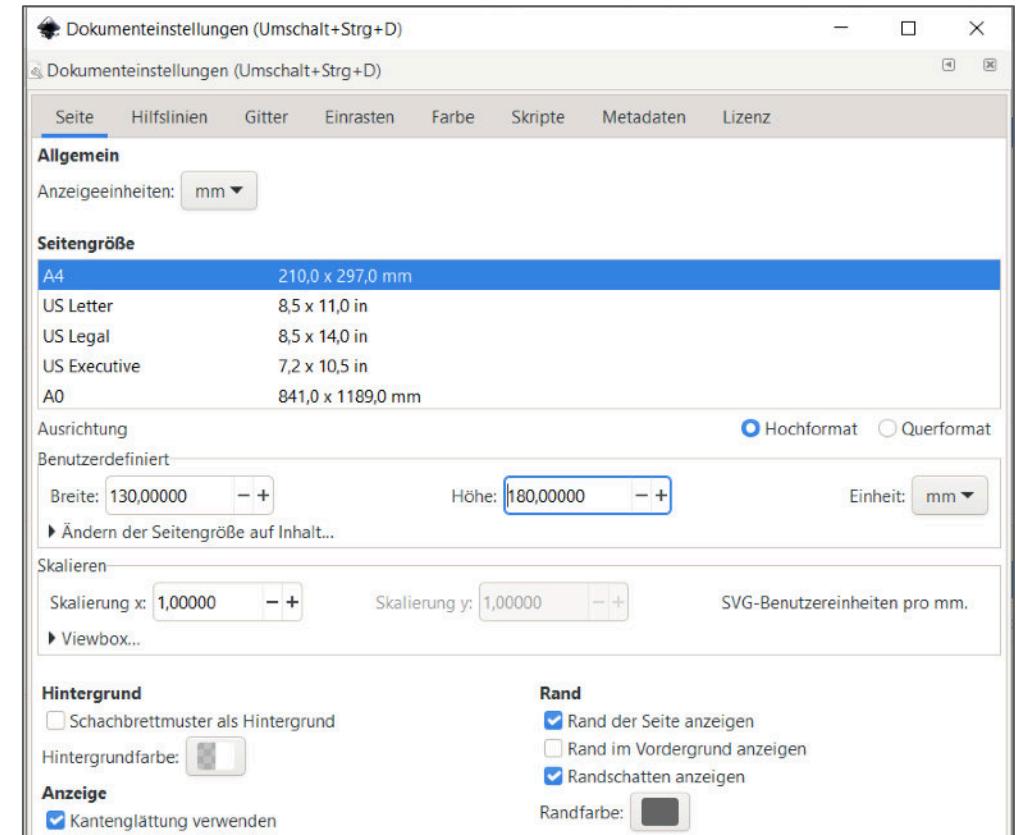


RUB-Makerspace Team: User Interface von Inkscape (Screenshot, CC BY-SA 4.0)



# CAD?!

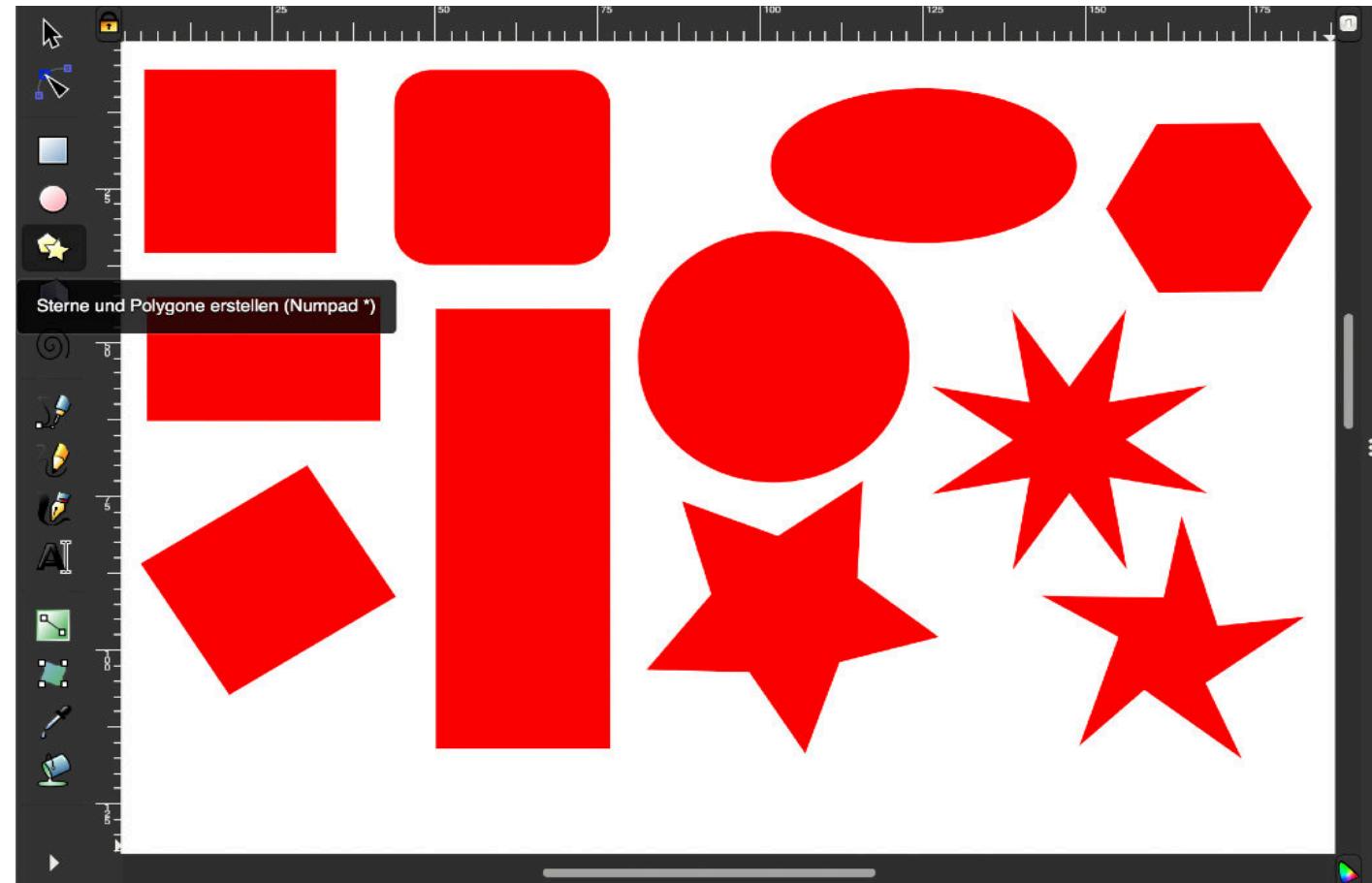
- Seiteneinstellungen aufrufen unter:  
Datei > Dokumenteneinstellungen  
(Umschalt + Strg/cmd + D)
- Unter „Seite“ kann die Größe der Seite in Millimetern eingestellt werden
- Unter “Gitter“ kann ein Hilfsraster angelegt werden (u.U. gut für technische Zeichnung); lässt sich durch „#“ ein- und ausstellen



RUB-Makerspace Team: Dokumenteneinstellungsoptionen von Inkscape  
(Screenshot, CC BY-SA 4.0)

## FORMEN ZEICHNEN UND TRANSFORMIEREN

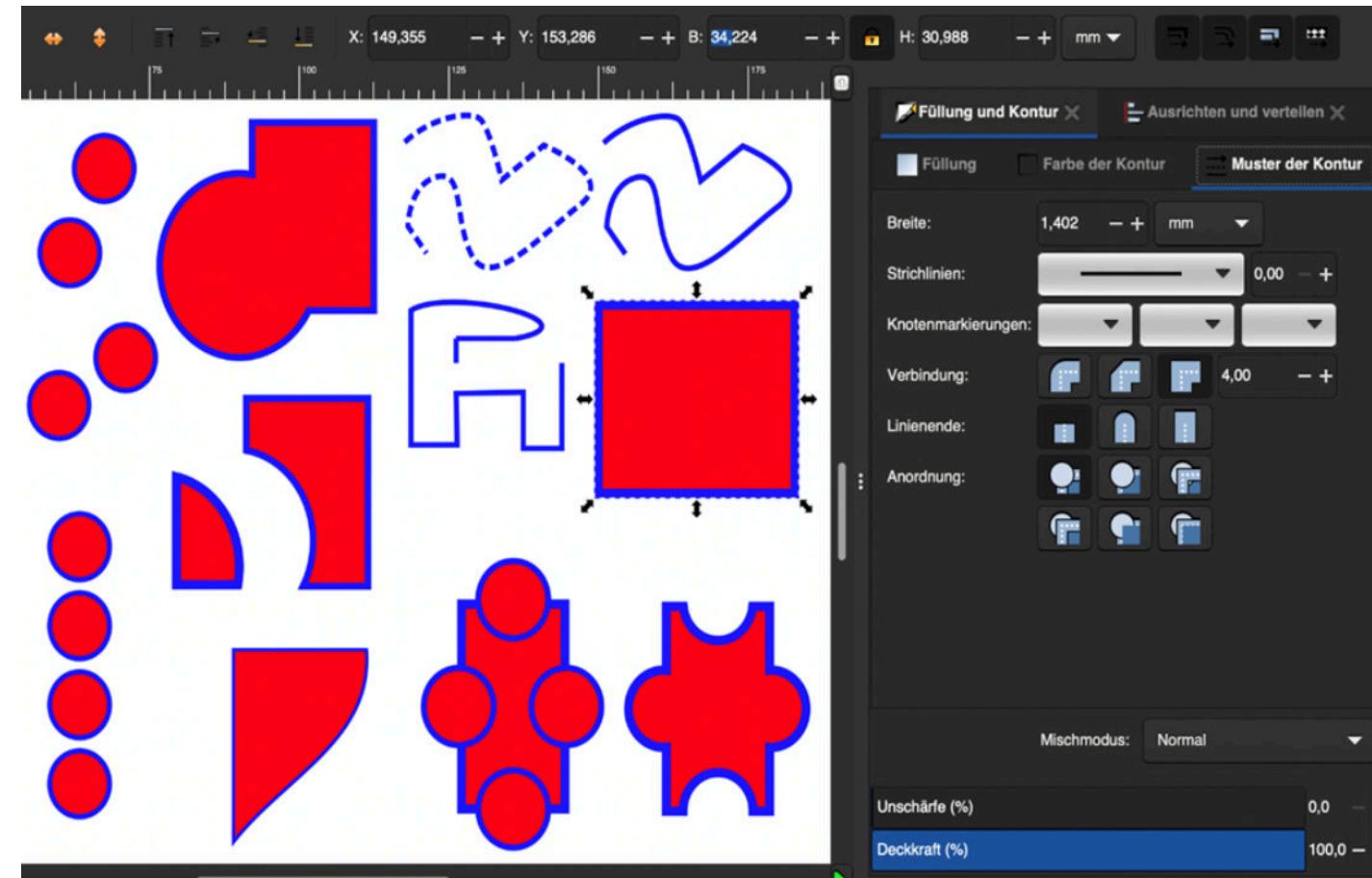
- Rechtecke, Kreise, Polygone etc.
- Maße und Eckenanzahl können in oberer Leiste eingestellt werden
- Über Pfeile an den Ecken lassen sich die Formen verändern
- Bei erneutem Klick auf die Form: Rotieren/Verzerren wird möglich
- Abgerundete Ecken über kleinen Kreis auf Rechteckkante



RUB-Makerspace Team: Beispielhaft erstellte Formen in Inkscape (Screenshot, CC BY-SA 4.0)

## PFADE ZEICHNEN UND FORMEN MANIPULIEREN

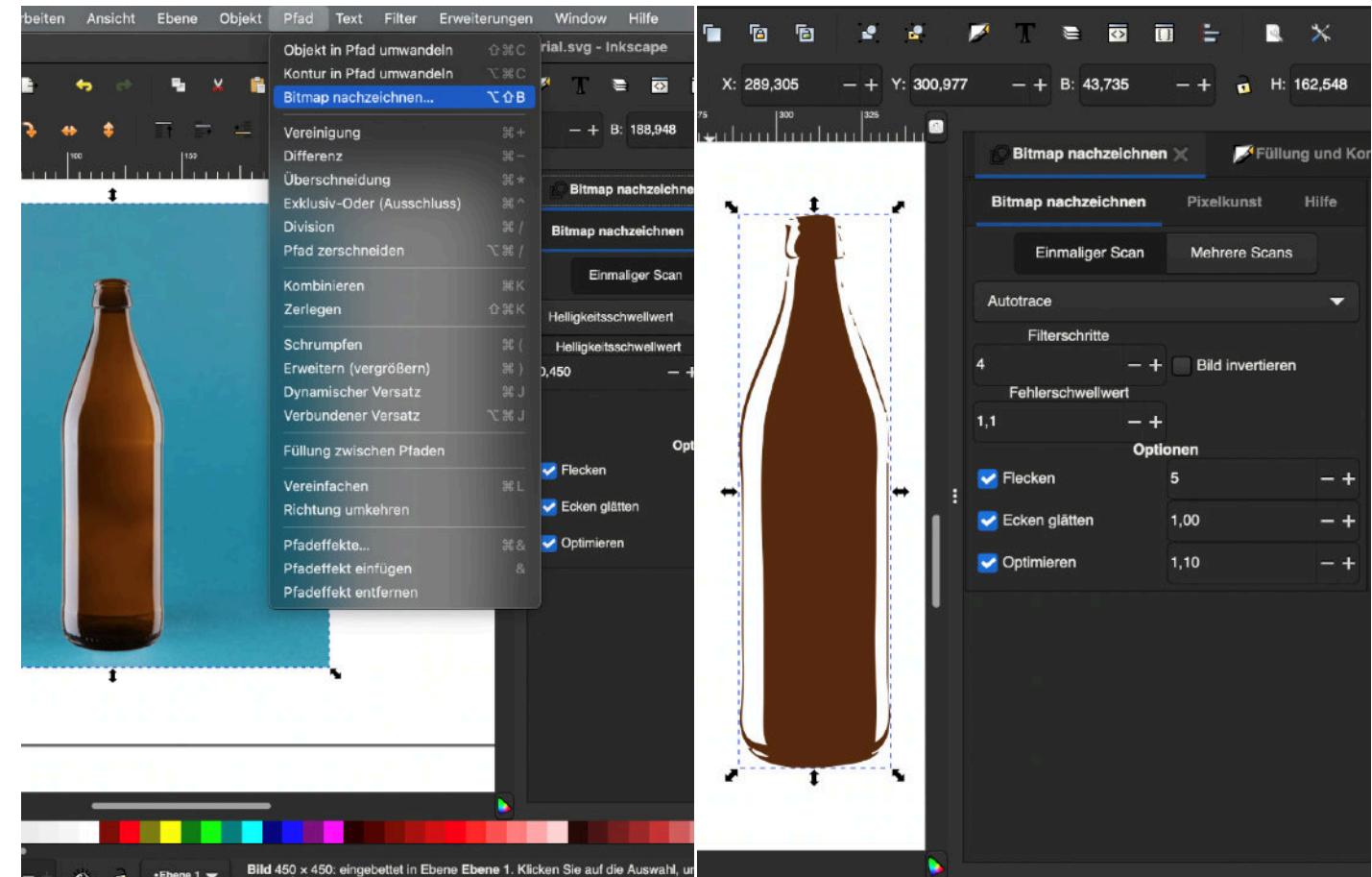
- Jede Form hat eine beliebige Füllfarbe und eine Kontur(farbe)
- Konturen können verschiedene Muster und Stärken haben
- Formen bestehen aus Punkten, die nachträglich bearbeitbar sind
- Formen können (aneinander) ausgerichtet werden
- Boole'sche Operationen möglich!
- Freiformen können mit dem Pfadtool gezeichnet werden



RUB-Makerspace Team: Bearbeitung von Pfaden und Formen in Inkscape (Screenshot, CC BY-SA 4.0)

# BILDNACHZEICHNER

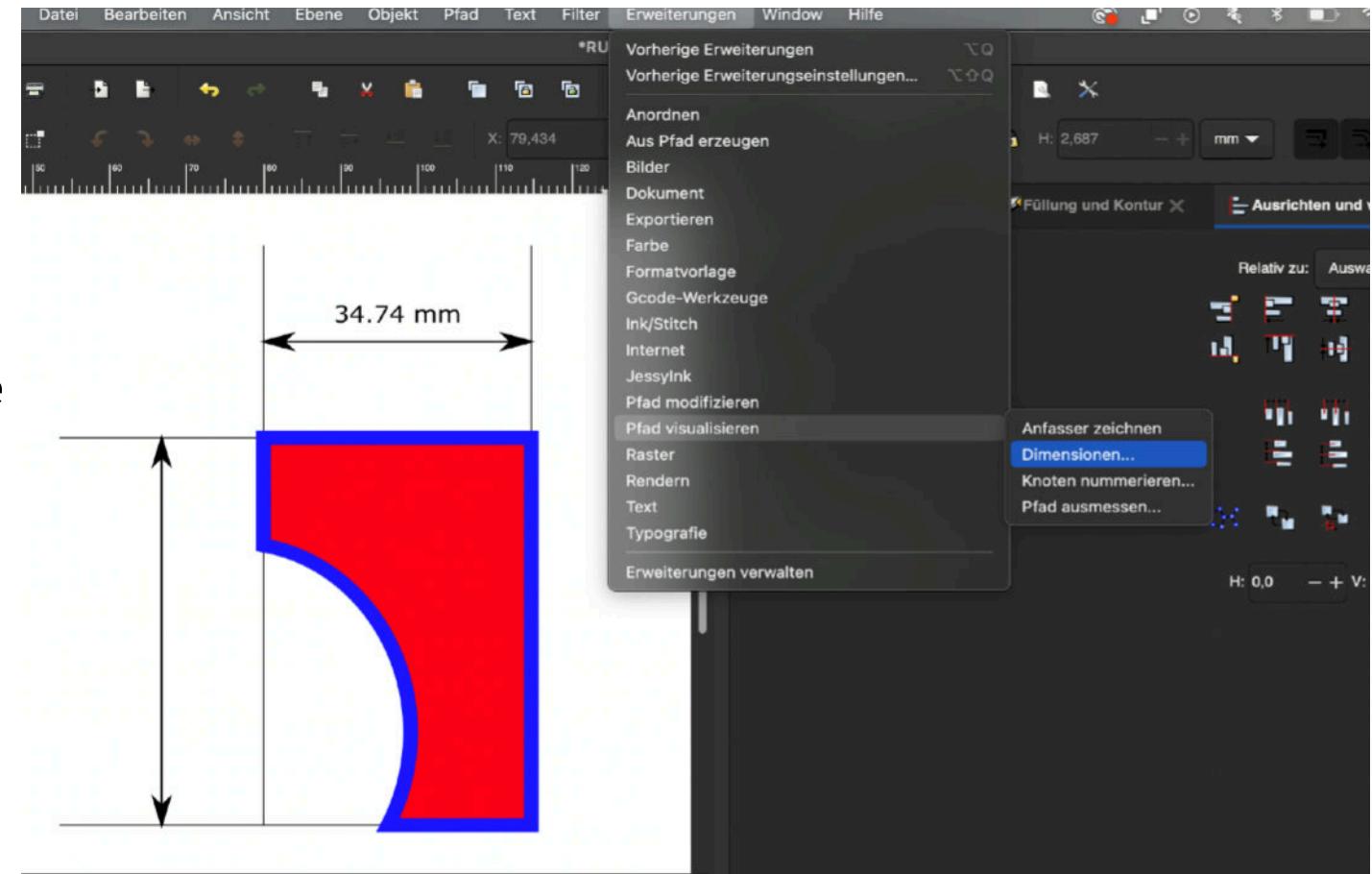
- Oft kann Zeit und Aufwand gespart werden, indem Fotos als Vorlagen genutzt und umgewandelt werden.
- Mit „Pfad“ > „Bitmap nachzeichnen“ können aus Fotos Vektorgrafiken generiert werden.
- Das Ergebnis kann durch Eingabe anderer Schwellwerte beeinflusst werden (Helligkeit, Kanten etc.)



RUB-Makerspace Team: Bildnachzeichner in Inkscape (Screenshot, CC BY-SA 4.0)

## BEMASSUNGEN UND SVG-EXPORT

- Über „Erweiterungen“ > „Pfad visualisieren“ > „Dimensionen“ werden die Längen von Objekten auf der X- und Y-Achse gezeigt.
- Über „Pfad ausmessen“ können diese Längen bemaßt werden.
- Technische Zeichnungen nach DIN-Norm lassen sich nicht erstellen!
- Tipp: Hilfspfade über das Snap-Tool!
- Inkscape speichert Dateien immer im .svg-Format.  
Weitere Dateiformate sind möglich.



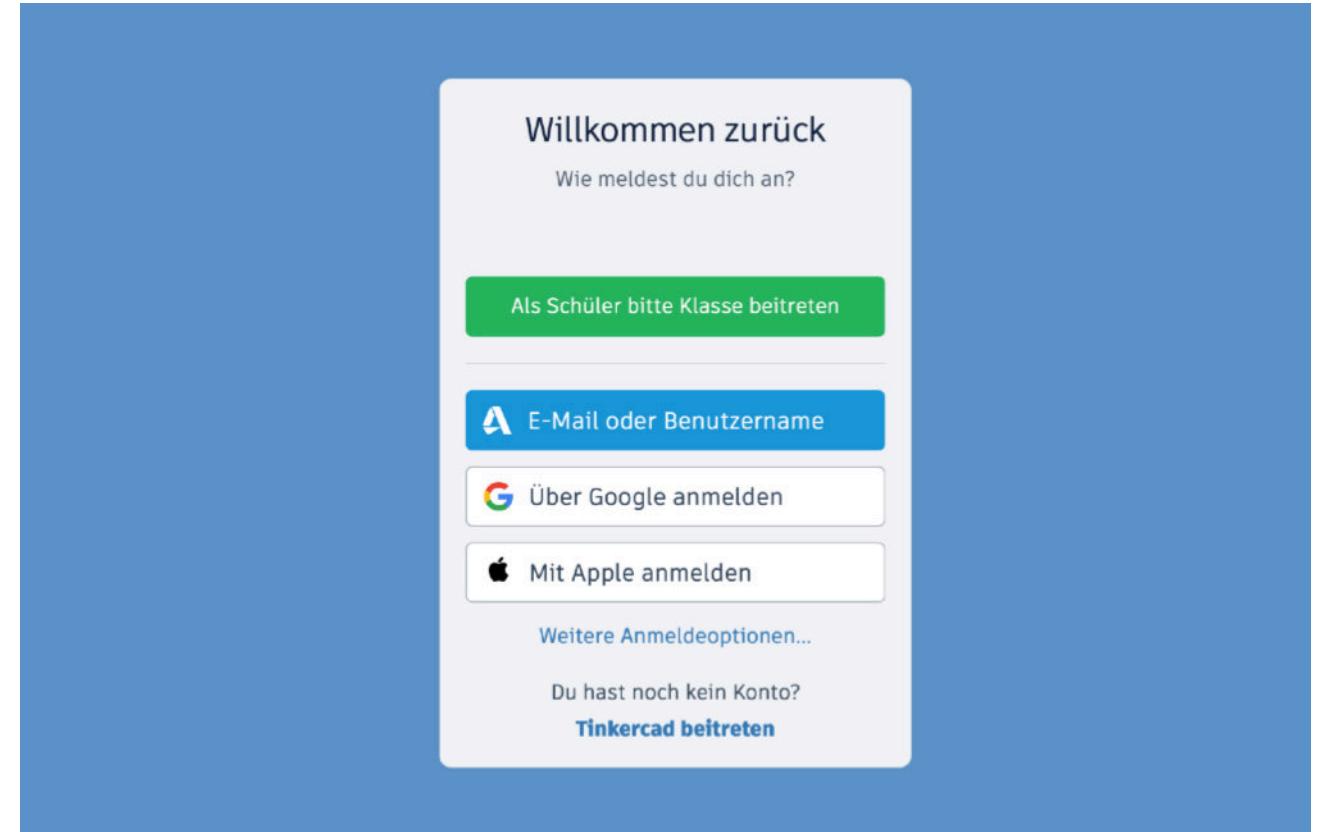
RUB-Makerspace Team: Skizzenbemassungen in Inkscape (Screenshot, CC BY-SA 4.0)

## AUFGABE 1: ERKUNDET INKSCAPE UND ERSTELLT DABEI EINE EIGENE GRAFIK IM SVG-FORMAT!

## II. CAD-DATEIEN ERSTELLEN MIT TINKERCAD

## CAD?!

- Kostenfreies Tool des CAD-Software-Herstellers Autodesk
- Nutzbar mit eigenem Account oder im Schulklassen-Modus
- Ausschließlich browserbasiert
- Bietet die wesentlichen Funktionen eines CAD-Programms
- Interface ist verwandt mit anderen Autodesk-Programmen wie bspw. Inventor oder Fusion360



Eigene Darstellung



flo.krohm

Entwürfe durchsuchen...

3D-Entwürfe

Schaltkreise

Codeblöcke NEU

Lektionen

Deine Klassen

Sammlungen

Project 1

+ Sammlung erstellen

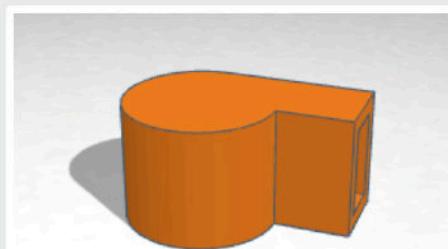
Tweets Folgen

Tinkercad Retweeted

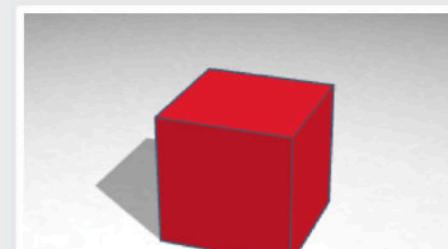
 Paweł Łukasik   
@pawel\_lukasik

Projekt mit TINKER CAD bearbeiten

## Meine zuletzt verwendeten Entwürfe

[Neuen Entwurf erstellen](#) Select

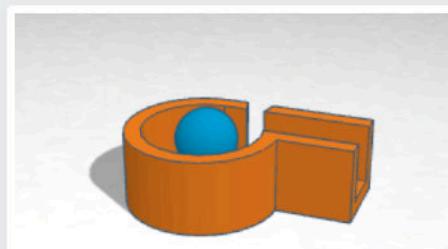
Pfeife-2021-10-02  
vor einem Monat  
Privat



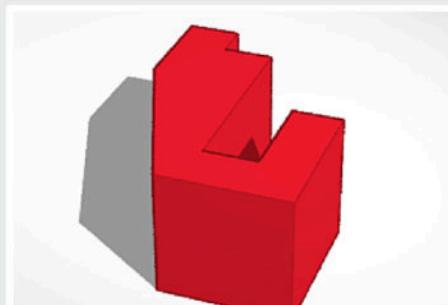
Powerful Jarr-Wluff  
vor einem Monat  
Privat



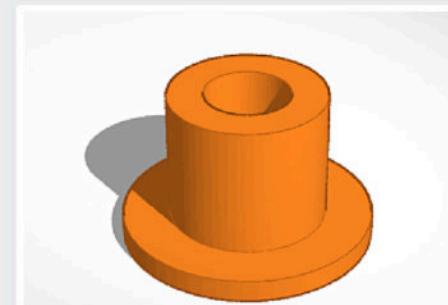
Smashing Blad  
vor einem Monat  
Privat



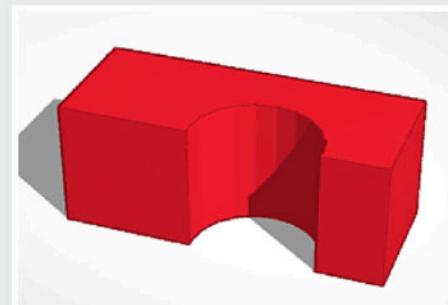
würfel  
vor einem Monat  
Privat



Fantastic Habi-Curcan  
vor 3 Monaten  
Privat



Surprising Hillar  
vor 8 Monaten  
Privat

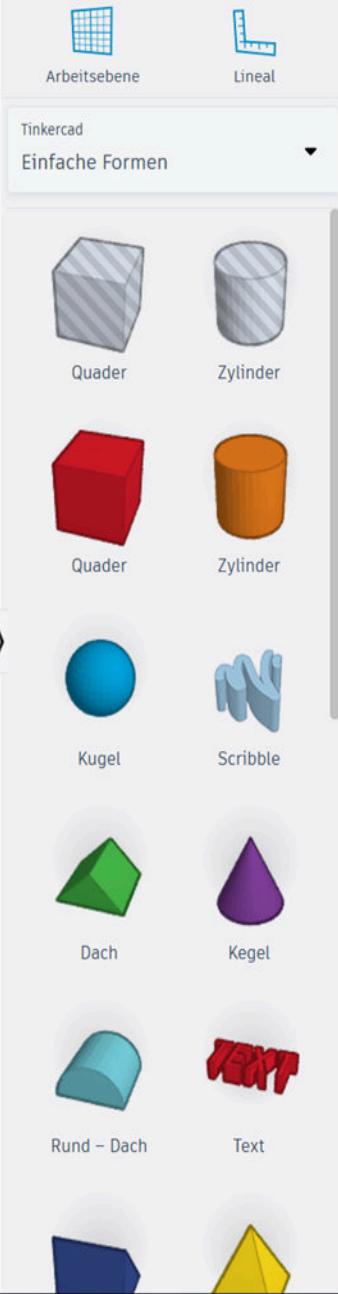
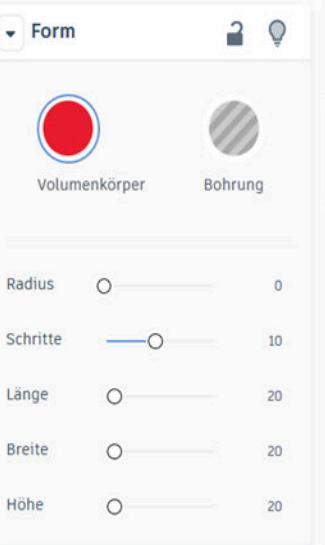
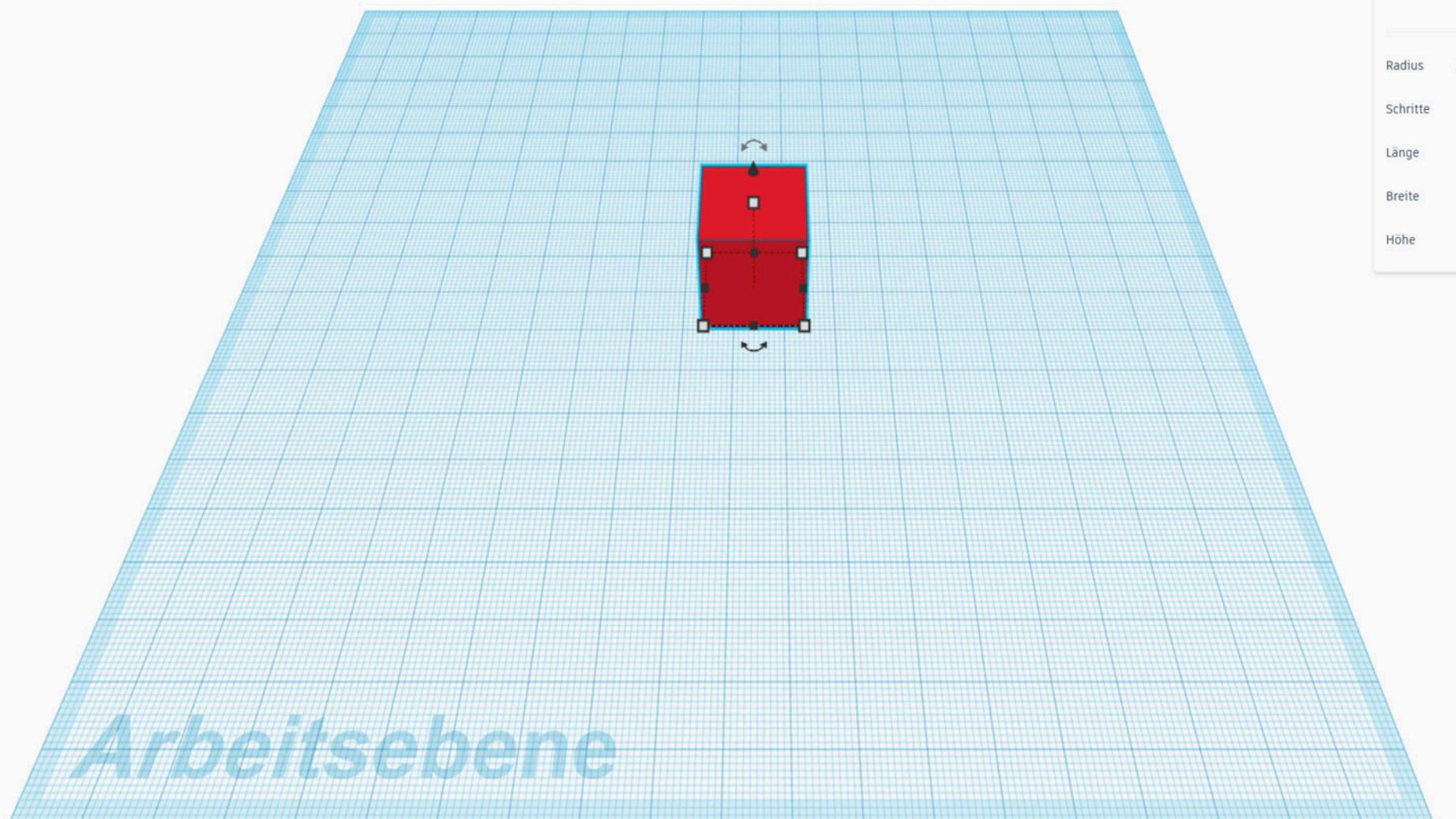


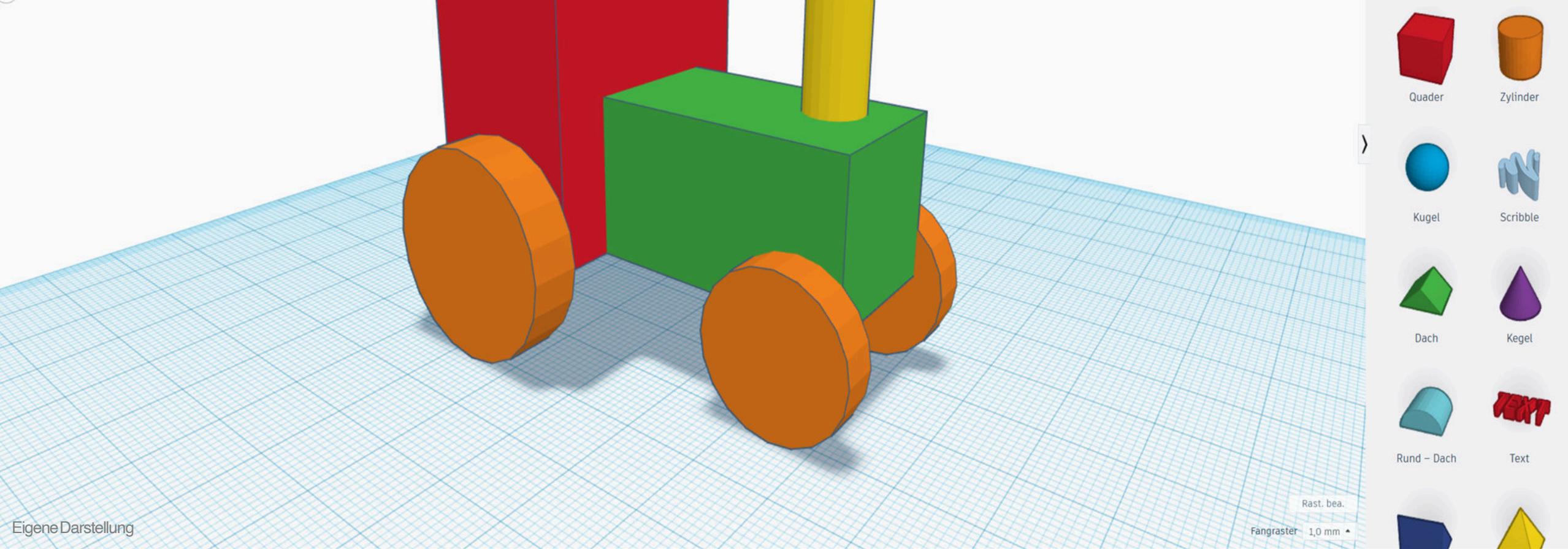
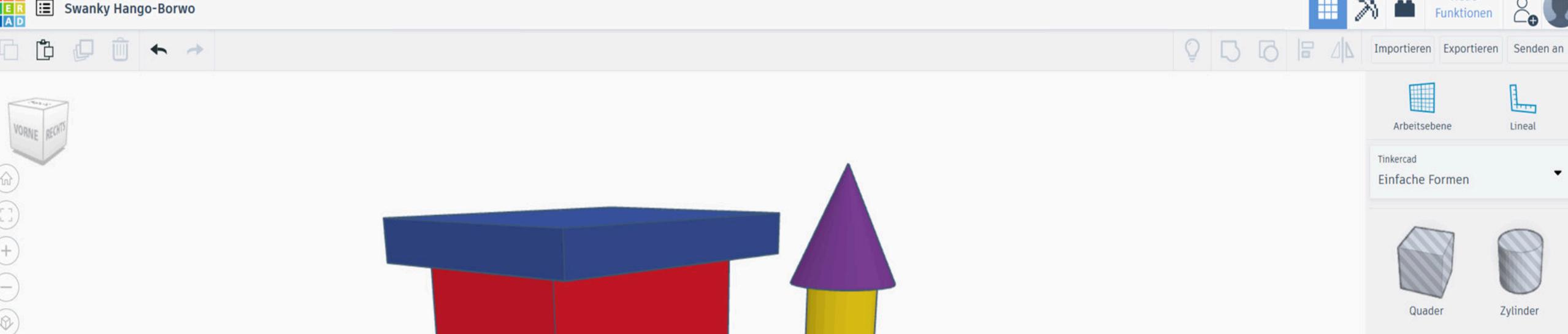
Grand Stantia-Migelo  
vor 10 Monaten  
Privat

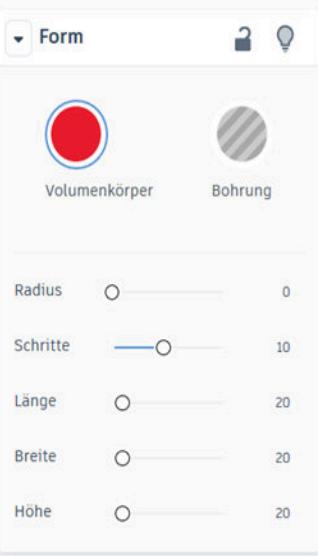
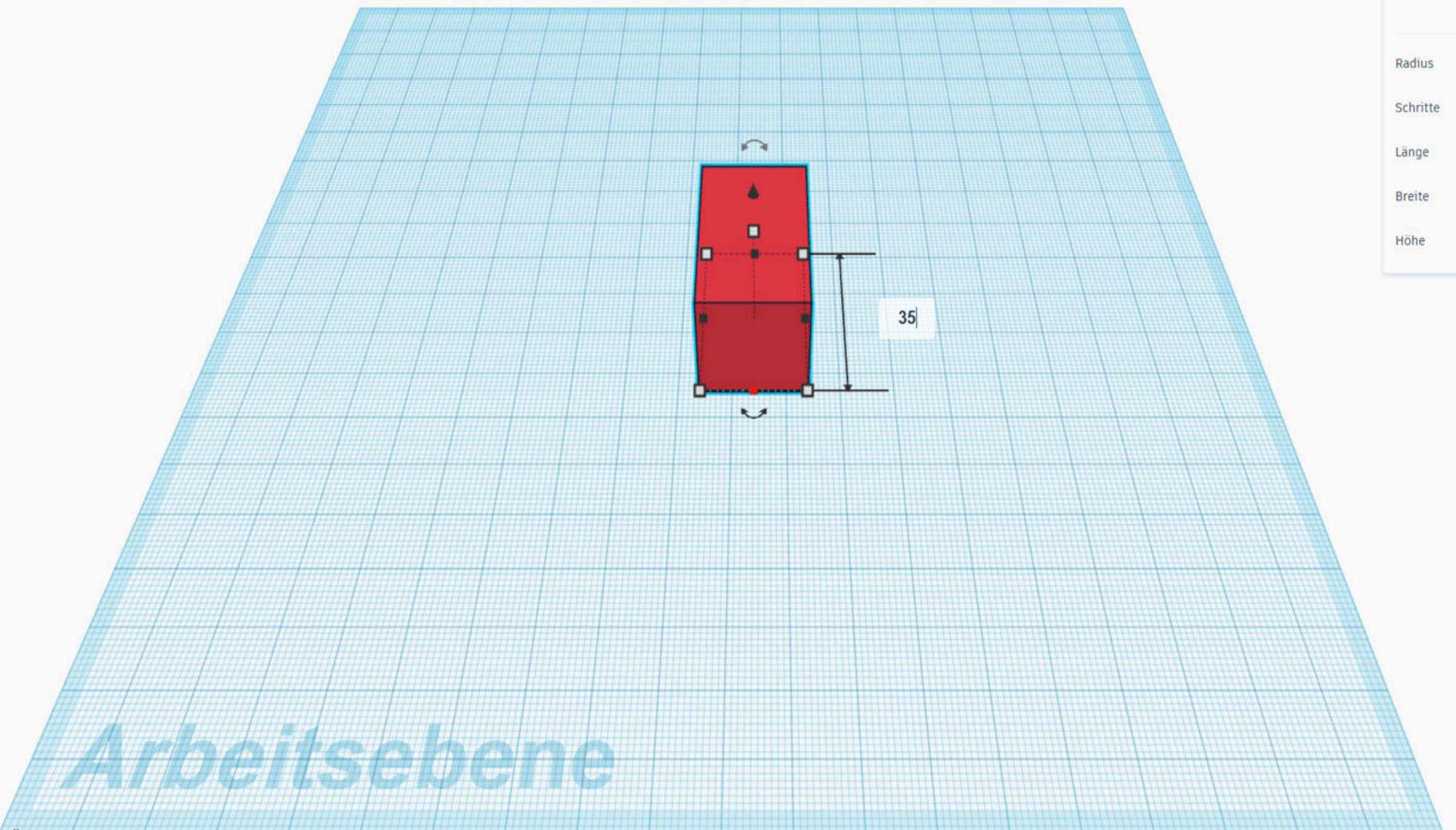


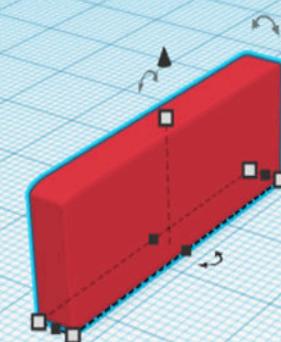
Terrific Vihelmo-Amur  
vor einem Jahr  
Privat



OBEN  
VORNE







Form

Volumenkörper

Bohrung

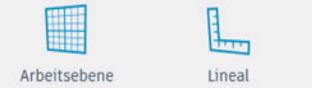
Radius: 126

Schritte: 10

Länge: 20

Breite: 20

Höhe: 20



Tinkercad  
Einfache Formen

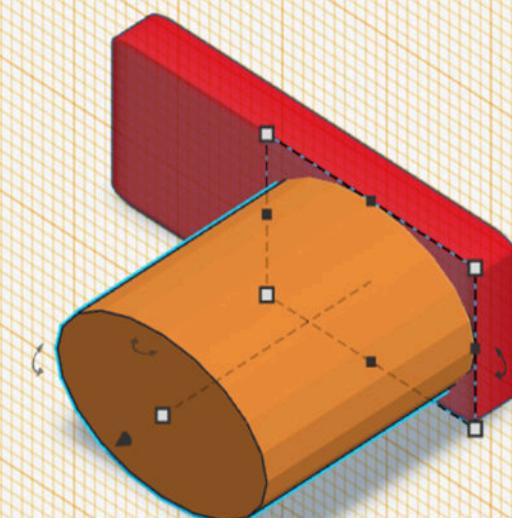


Rast. bea.

Fangraster: 10 mm



Importieren Exportieren



Form

Volumenkörper Bohrung

Seiten: - 20

Bevel:  0

Segmente:  1

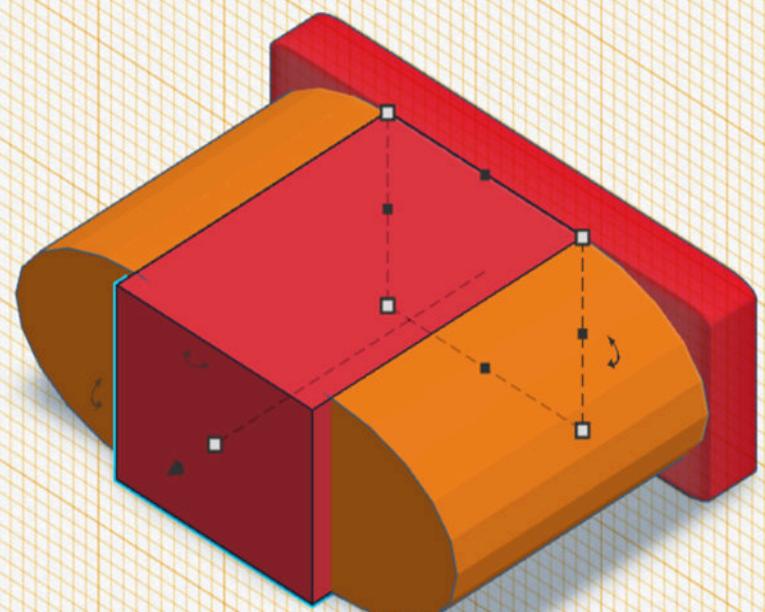
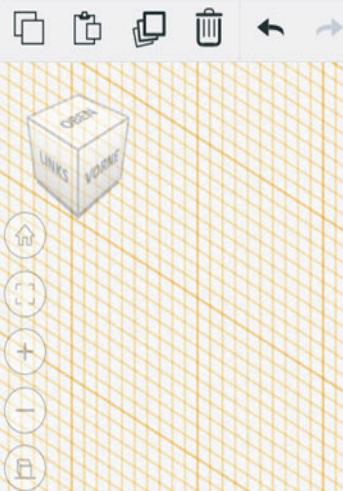
Arbeitsebene Linear

Tinkercad Einfache Formen

Quader	Zylinder
Quader	Zylinder
Kugel	Scribble
Dach	Kegel
Rund – Dach	Text

Rast. bea. Fangraster 0,5 mm





**Form**

Volumenkörper   Bohrung

Radius: 0   Höhe: 0

Schritte: 10   Länge: 20

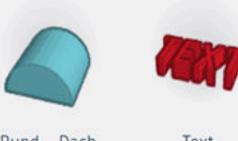
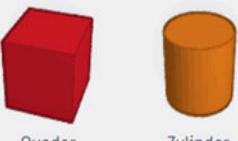
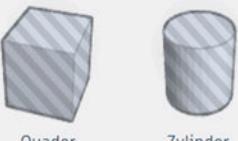
Breite: 20

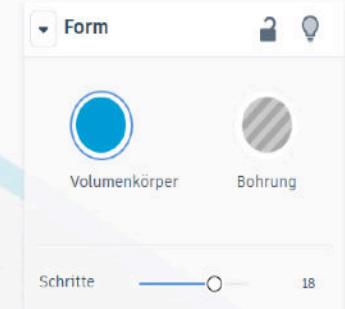
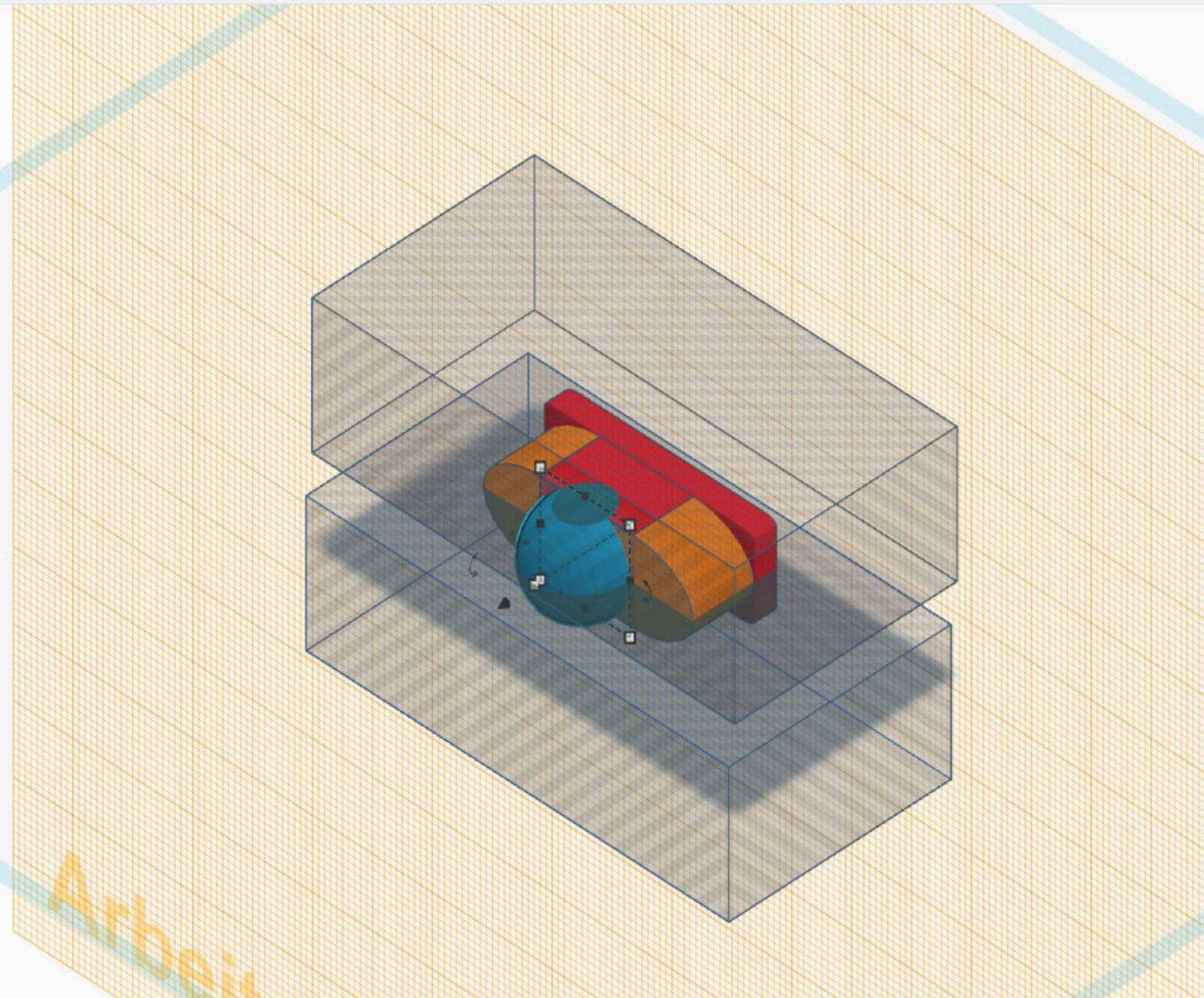
Rast. bea.

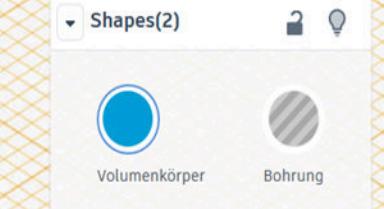
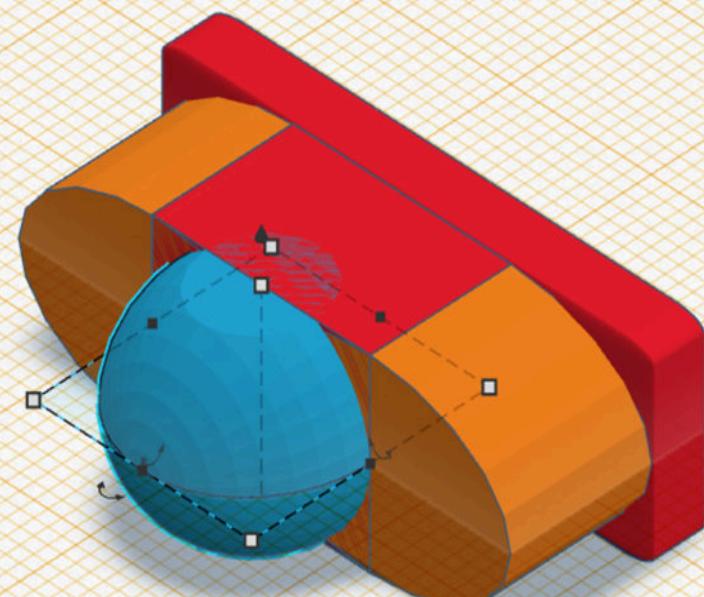
Fangraster: 0,5 mm ▲

Arbeitsebene   Lineal

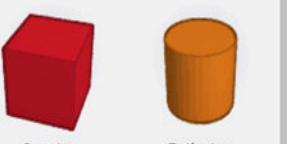
Tinkercad  
Einfache Formen



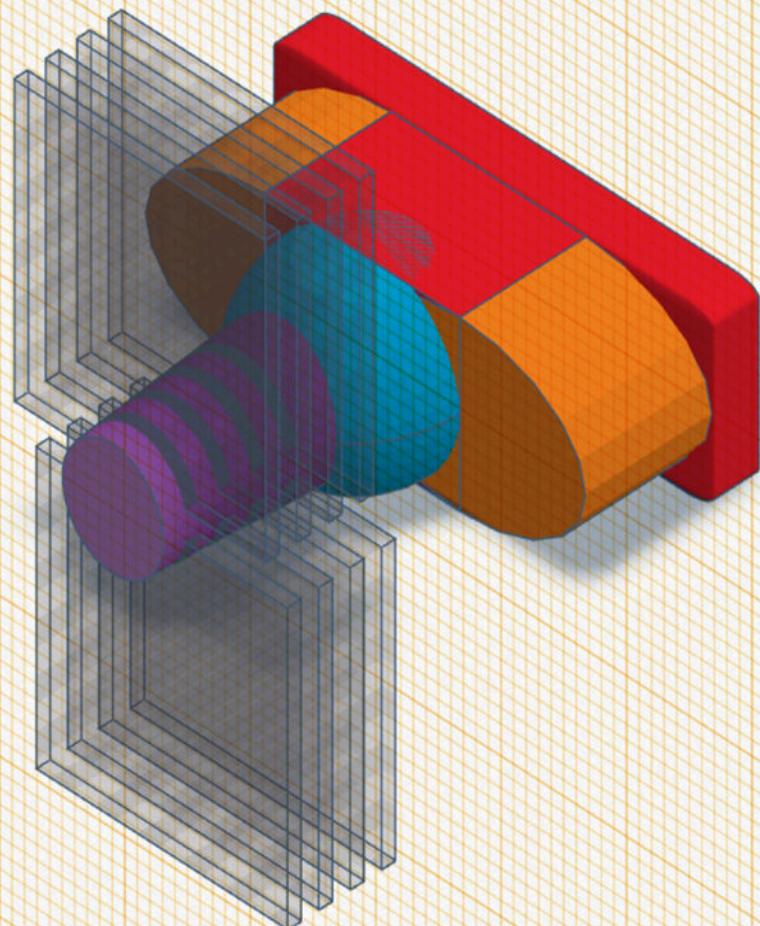
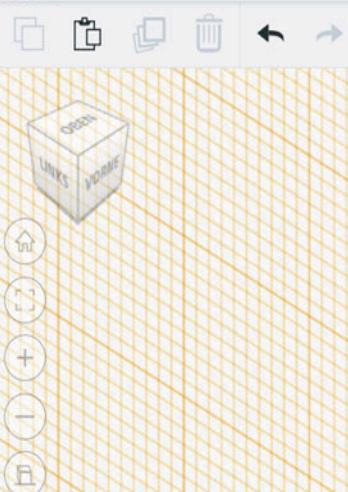




Tinkercad  
Einfache Formen



Rast. bea.  
Fangraster 0,25 mm



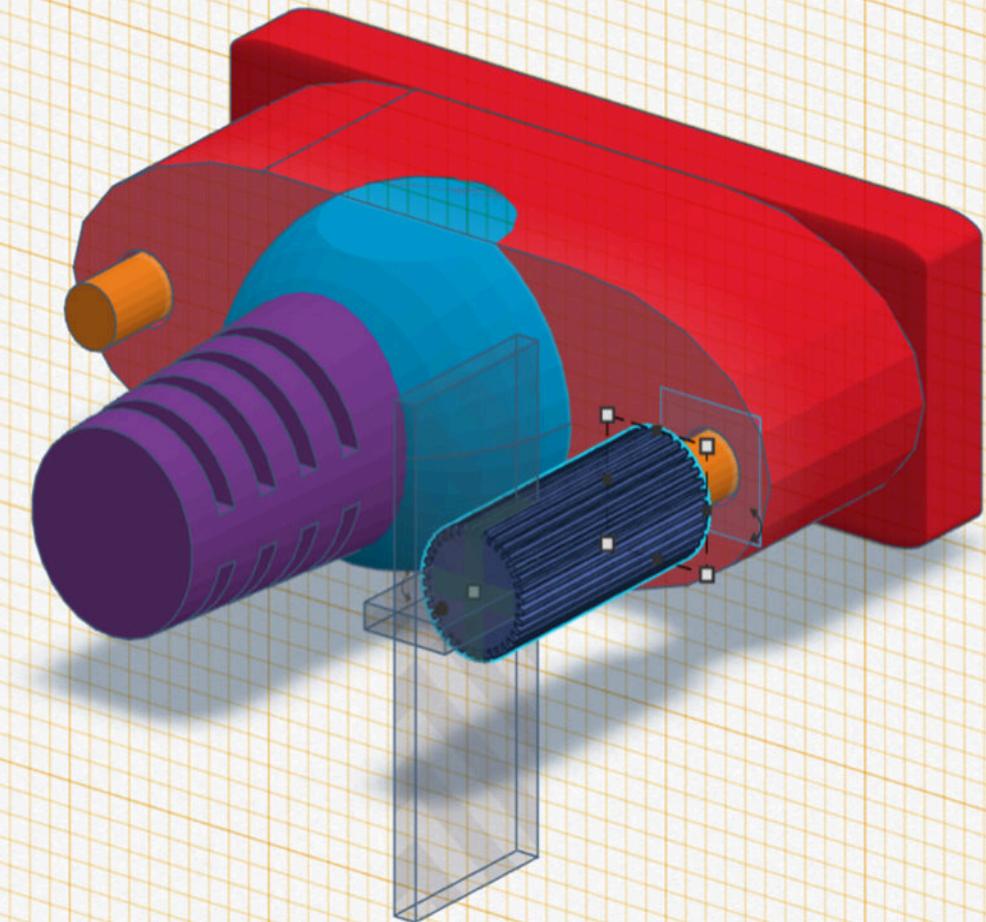
Rast. bea.

Fangraster 0,25 mm

Tinkercad  
Einfache Formen



Importieren Exportieren Send To



## Metrisches Zahnrad



Modul 0.52

Anzahl Der Zähne 36

Teilkegelradwinkel 7

256 Reviews Avg

You Give your feedback

Developed by dieser Tüftler

Code is shared! View Code



Arbeitsebene



Lineal



Rad



Reifen



Zahnrad



progear



Nützliches Zeug



Metrisches Za...



Matt - Technik...



Benutzerdefini...



radiale Lamell...

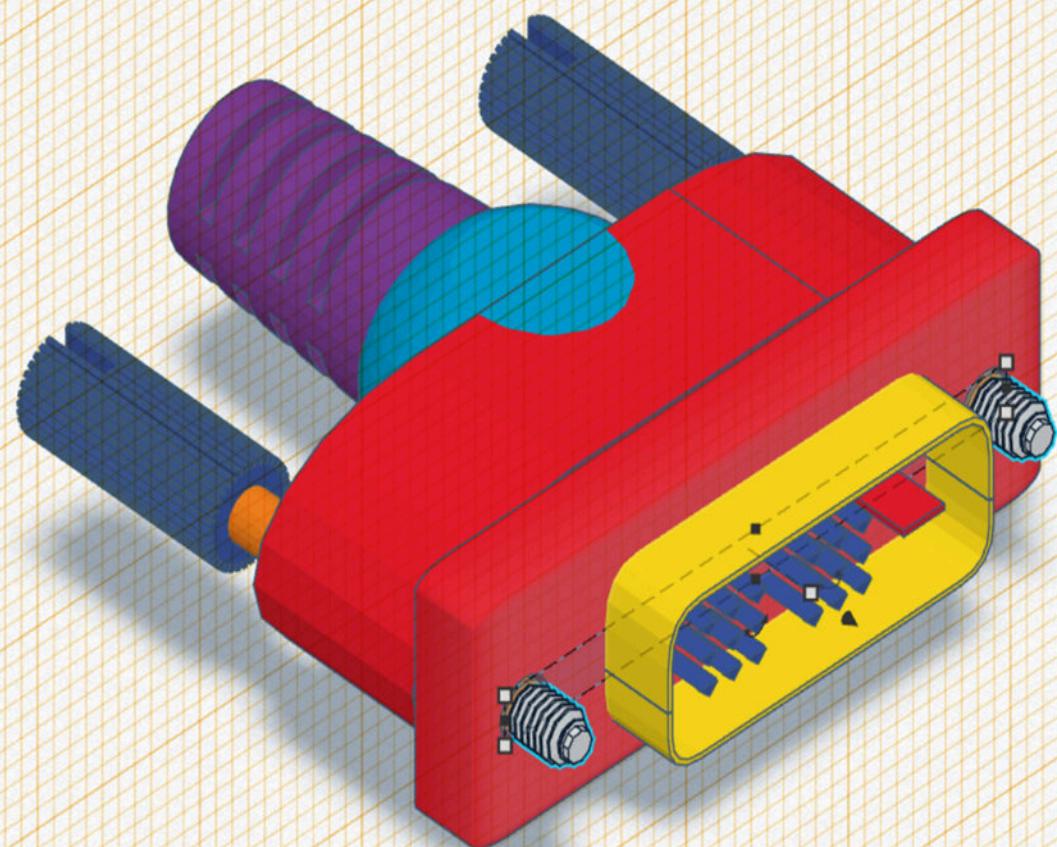
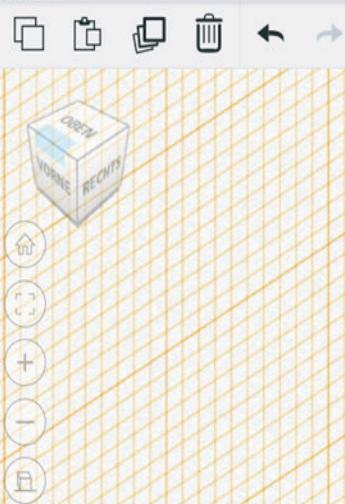


Blume

Rast. bea.

Fangraster 0,25 mm

1 2 3 4 5 &gt;



Shapes(2)



Volumenkörper



Bohrung

Importieren Exportieren Send To



Arbeitsebene



Lineal

Tinkercad  
Einfache Formen

Quader



Zylinder



Quader



Zylinder



Kugel



Scribble



Dach



Kegel



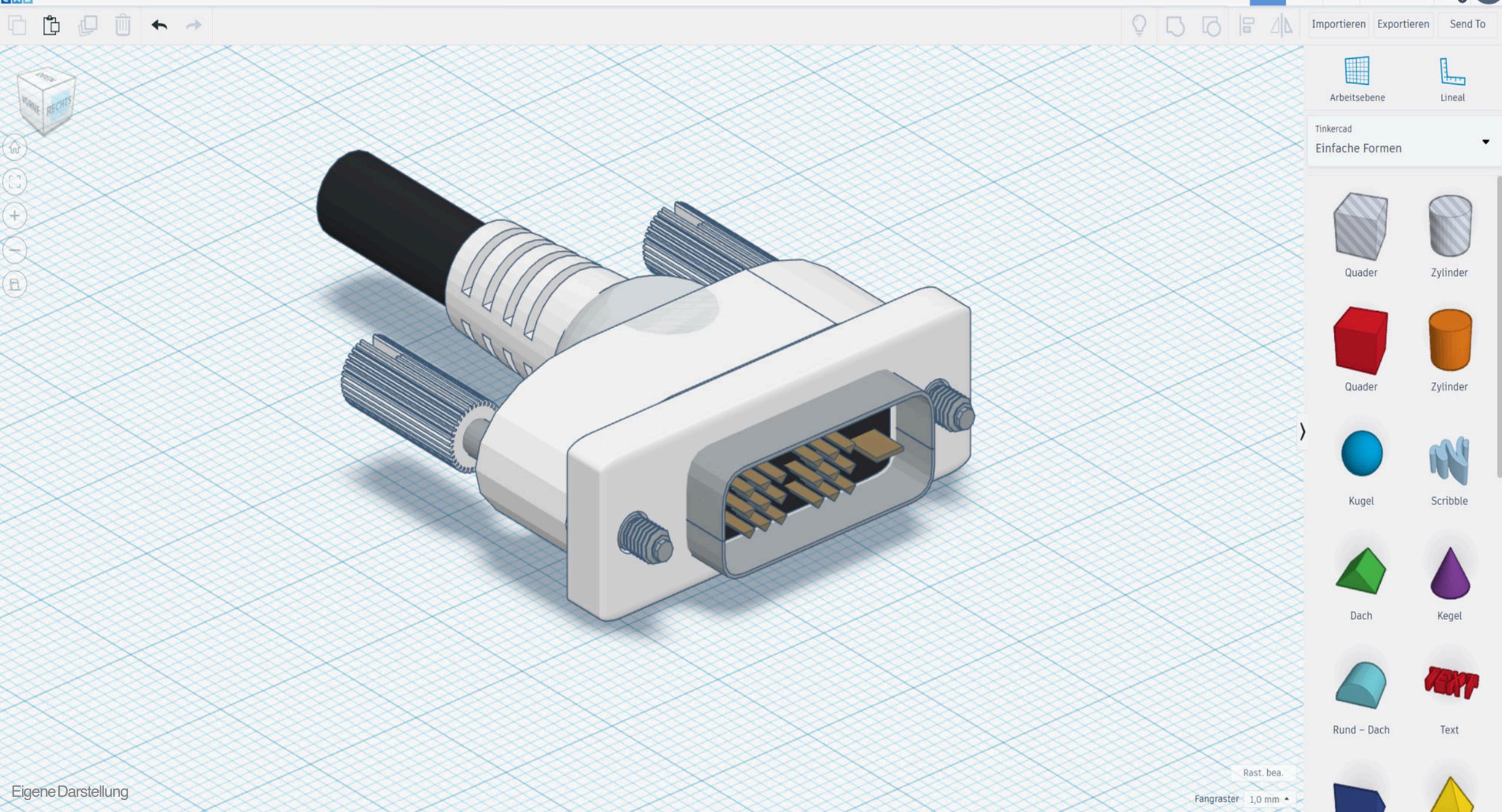
Rund - Dach



Text

Rast. bea.

Fangeraster 0.25 mm ↑



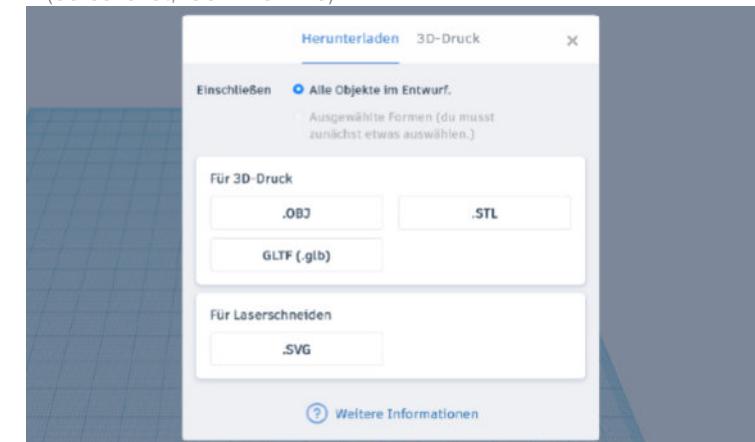
## AUFGABE 1: ABSOLVIERT DAS TINKERCAD EINSTIEGS-TUTORIAL

# IMPORTIEREN UND EXPORTIEREN VON DATEIEN IN TINKERCAD

- Es können Dateien im .obj-, .stl- oder svg-Format nach TinkerCAD importiert werden (also auch Zeichnungen!). Diese können dann z.T. weiterbearbeitet werden
- Hilfreiche Plattformen: vector.me, freevector.com, Thingiverse, PrusaPrinters.com, 3dexport.com, youmagine.com
- Fertige Objekte können im .obj-, .stl-, .glb-, oder svg-Format exportiert werden.  
Diese Formate können dann weiterverarbeitet werden, bspw. in einem Slicer für den 3D-Druck



RUB Makerspace-Team: **Tinkercad** Interface zum Dateiimport  
(Screenshot, CC BY-SA 4.0)



RUB Makerspace-Team: **Tinkercad** Interface zum Dateidownload  
(Screenshot, CC BY-SA 4.0)

## AUFGABE 2: ERKUNDET TINKERCAD UND SEINE WEITEREN FUNKTIONEN! VERSUCHT EURE/EINE SVG-DATEI ZU IMPORTIEREN!

## „Professionelle“ CAD/CAx-Software

## „Professionelle“ CAD/CAx-Software (1)

- Software-Lösungen verschiedener Hersteller beinhalten neben den „reinen“ Design-Funktionen auch weitere vor- bzw. nachgelagerten Funktionen und Schnittstellen (z.B. Simulationstools, Bauraumuntersuchungen, Slicer...)
- Dieser erweiterte Funktionsumfang wird als **CAx** bezeichnet und deckt die verschiedensten Teildisziplinen ab, zB:
  - Computer-Aided Manufacturing (CAM)
  - Computer-Aided Engineering (CAE)
  - Printed Circuit Board (PCB)
  - ...
- Eine solche hohe Bandbreite an Funktionen innerhalb einer Software-Umgebung ebnet den Weg für einen **volumfänglichen Design- und Entwicklungsprozess** und ist der Standard in der Industrie

## „Professionelle“ CAD/CAx-Software (2)

- Bekannte solcher „professionellen“ Produkte/Services sind:
  - Autodesk Fusion 360
    - Kostenpflichtig, jedoch in Studi-Lizenz (RUB) enthalten
    - Stellt hohe Bandbreite gängiger CAx-Funktionen bereit und bietet Cloud-Anbindung
  - Autodesk Inventor
    - Kostenpflichtig, jedoch in Studi-Lizenz (RUB) enthalten
    - Professionelles CAx-Programm mit großem Funktionsumfang



Fusion 360, [File:Fusion360 Logo.png - Wikimedia Commons](#) (Public Domain)

<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>

(Zugriff am 15.10.2021)



Fusion 360, [File:Fusion360 Logo.png - Wikimedia Commons](#) (Public Domain)

<https://www.autodesk.de/products/inventor/overview>

(Zugriff am 15.10.2021)

## „Professionelle“ CAD/CAx-Software (3)

- **FreeCAD**
  - Kostenlos, open-source
  - Breiter Funktionsumfang und mit eigenem [Wiki](#)
  - Hoher Fokus auf parametrischer Modellierung
- ...



Freecad Wiki: FreeCAD logo, [File:Fusion360 Logo.png](#) -  
[Wikimedia Commons](#) (CC BY-SA 3.0)

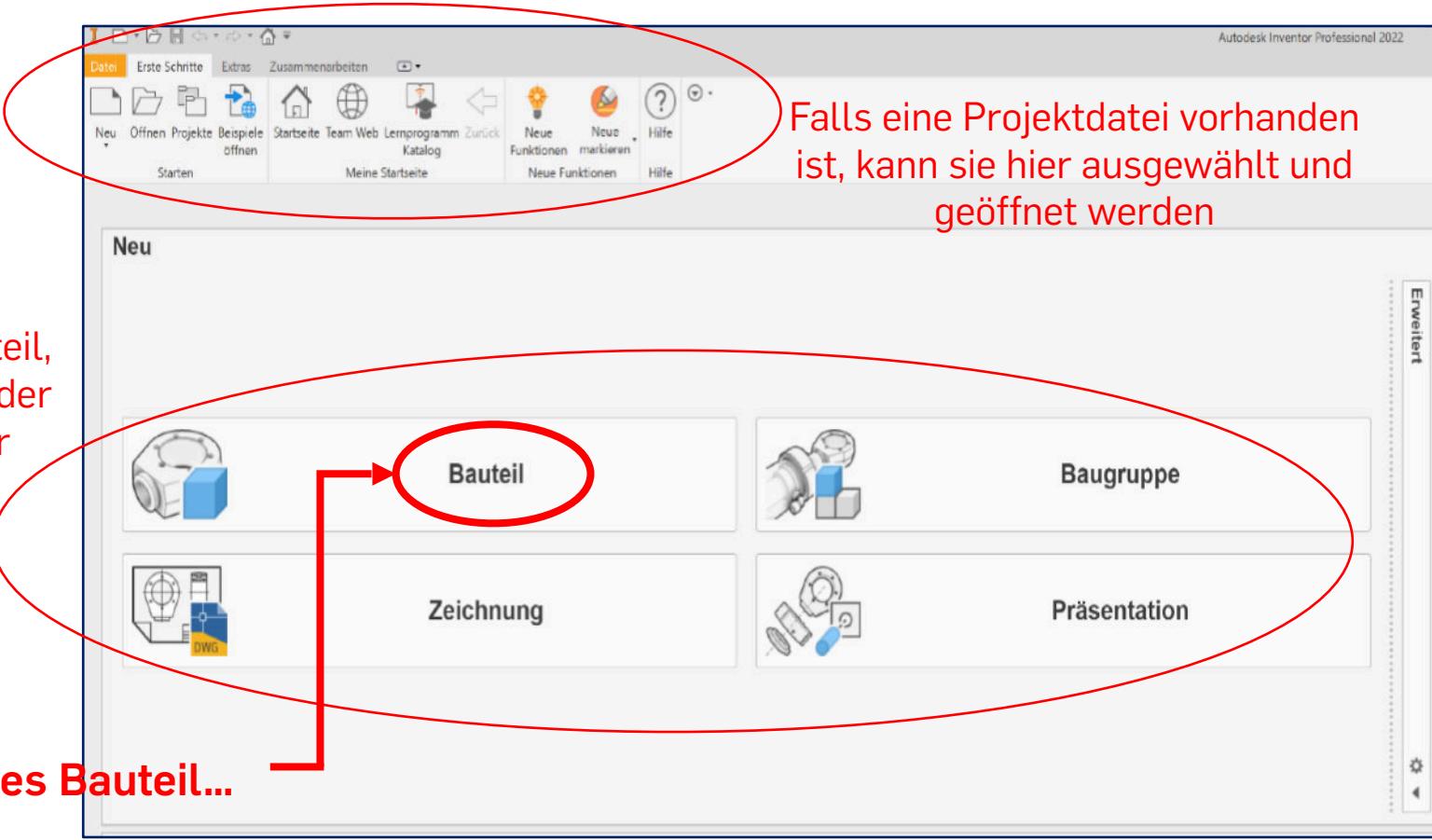
<https://www.freecadweb.org>  
(Zugriff am 15.10.2021)

# Wie sieht ein „professionelles“ CAD/CAx-Programm aus? (1)

- Übersichtseite

Ein komplett neues Bauteil, Baugruppe, Zeichnung oder Präsentation kann hier geöffnet werden

Wir öffnen ein neues Bauteil...



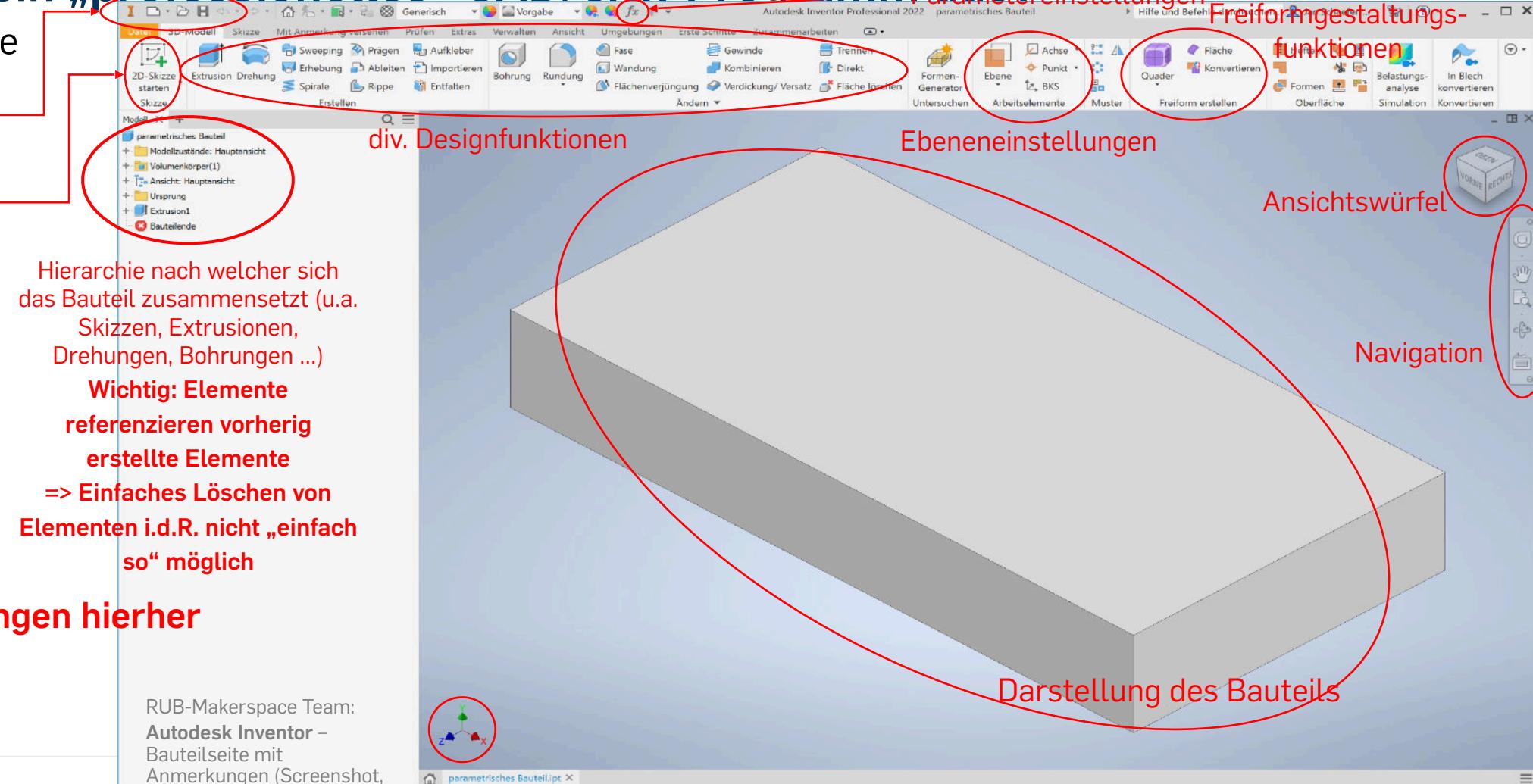
RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor -  
Übersichtsseite mit  
Anmerkungen  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

# Wie sieht ein „professionelles“ CAD/CAX-Programm aus?

- Bauteilseite

Laden oder Speichern  
des Bauteils

Erstellen einer neuen  
Skizze



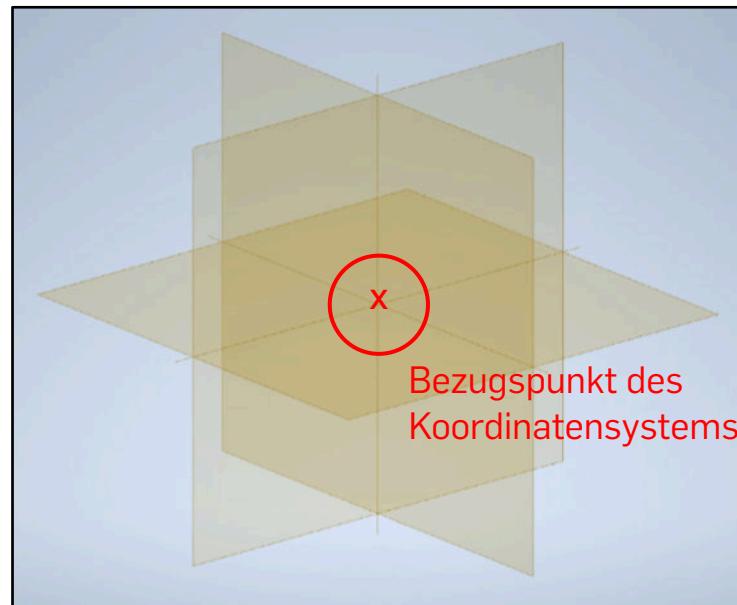
... und gelangen hierher

RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor –  
Bauteilseite mit  
Anmerkungen (Screenshot,  
Bereit CC BY-SA 4.0)

„Professionelle“ CAD/CAX-Software

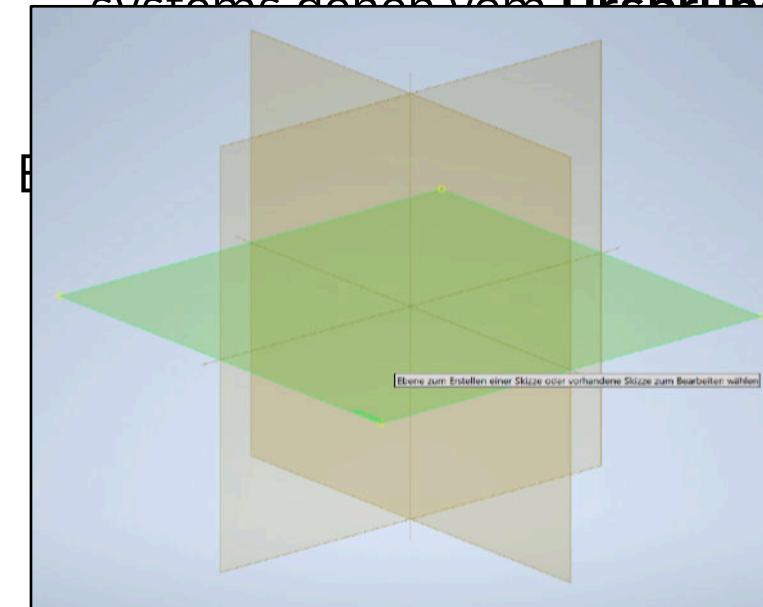
# Wichtige Designfeatures & Begriffe (1)

Ursprung



RUB-Makerspace Team:  
**Autodesk Inventor** –  
Koordinatenursprung  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

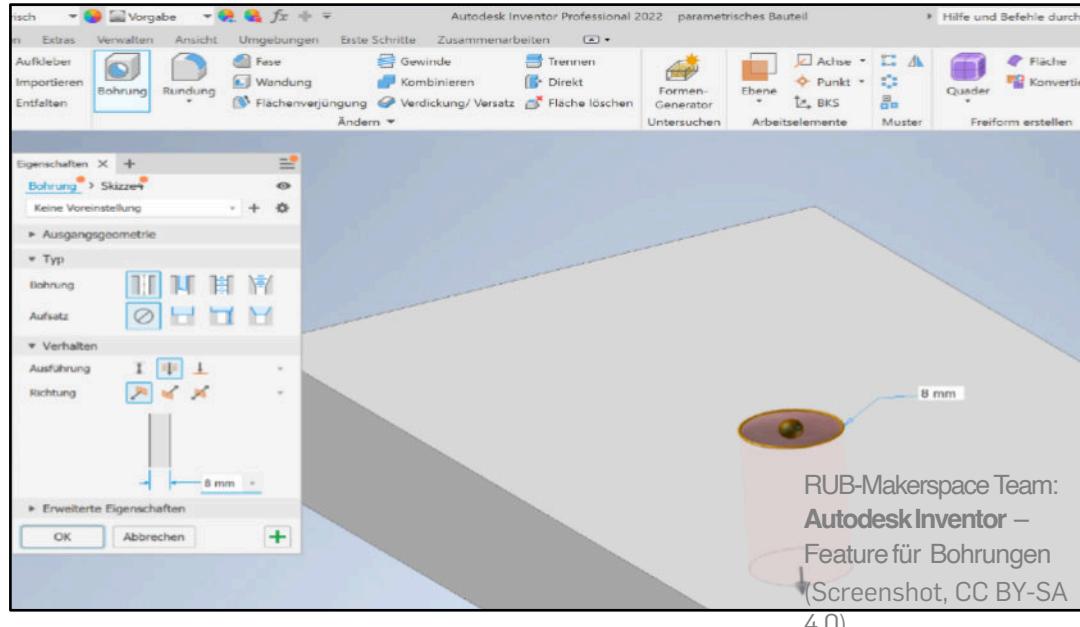
→ Rechtwinklige Achsen eines Koordinaten-  
systems gehen vom Ursprung aus



RUB-Makerspace Team:  
**Autodesk Inventor** –  
Ebenen  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

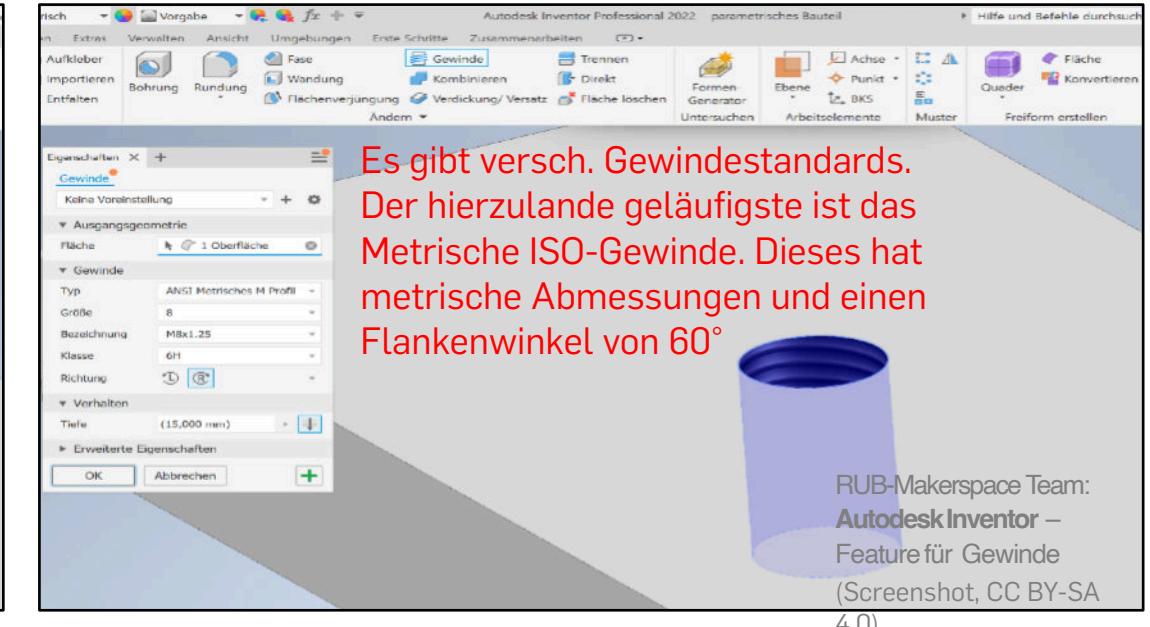
# Wichtige Designfeatures & Begriffe (2)

## Bohrung



→ **Runde Vertiefung/Durchbruch** in ein Bauteil, welche/r mittels *bohren* (eines Bohrers) hergestellt wurde

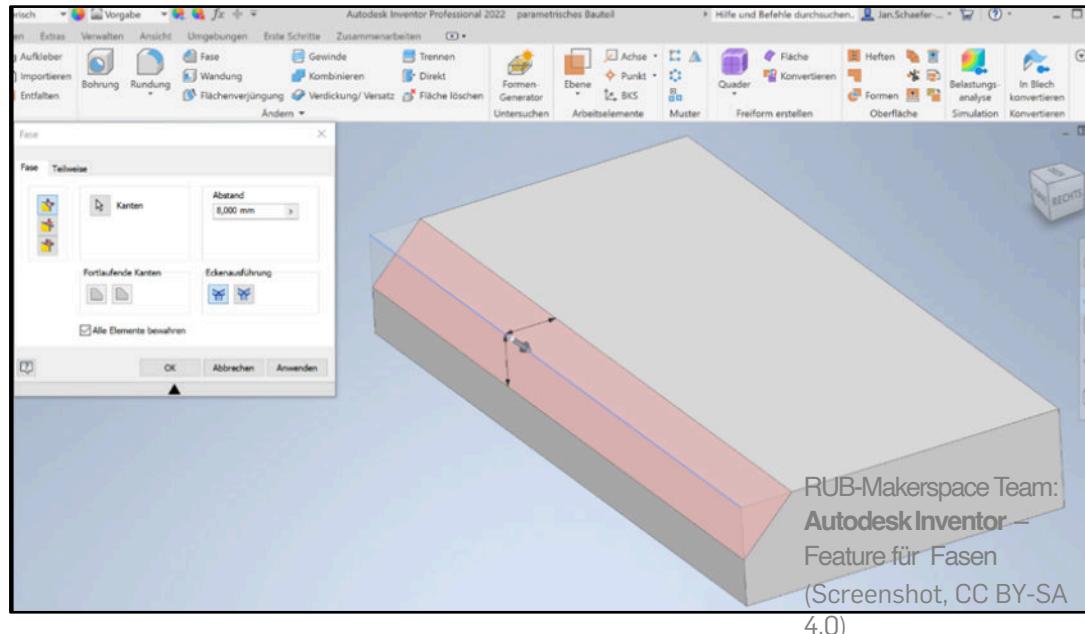
## Gewinde



→ Außen- oder innenliegende profilierte Einkerbung die fortlaufend entlang einer Zylinderform läuft, zur Herstellung von i.d.R. lösbarer Verbindungen

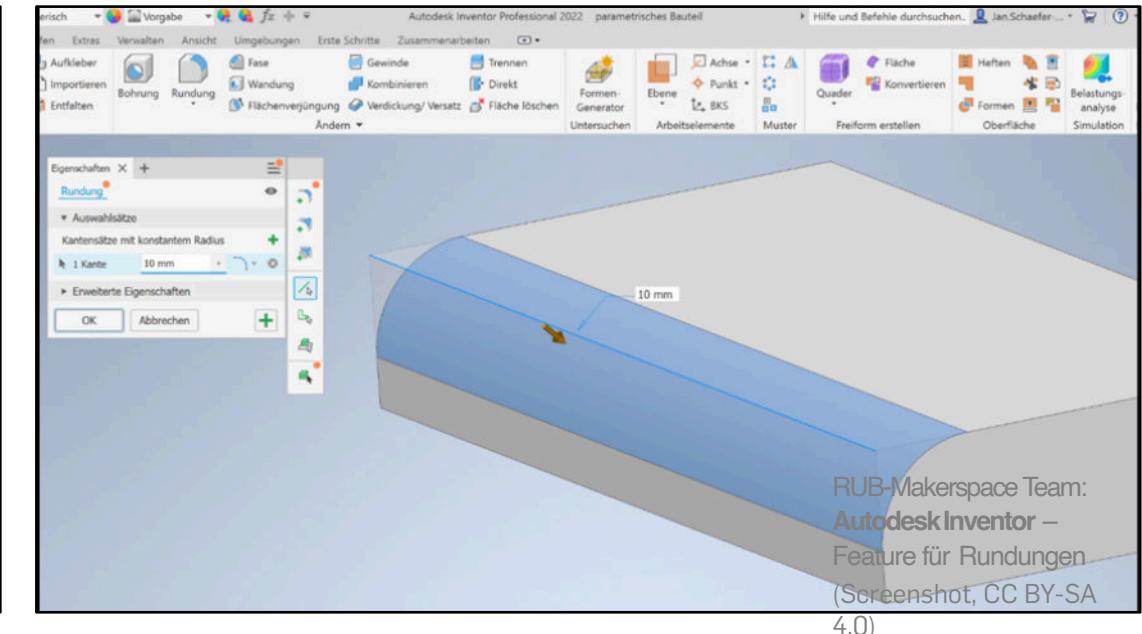
# Wichtige Designfeatures & Begriffe (3)

## Fase



→ **Flächige Abschrägung** einer Bauteilkante zur Entfernung von Graten, Verringerung der Verletzungsgefahr oder Vereinfachung der Montage

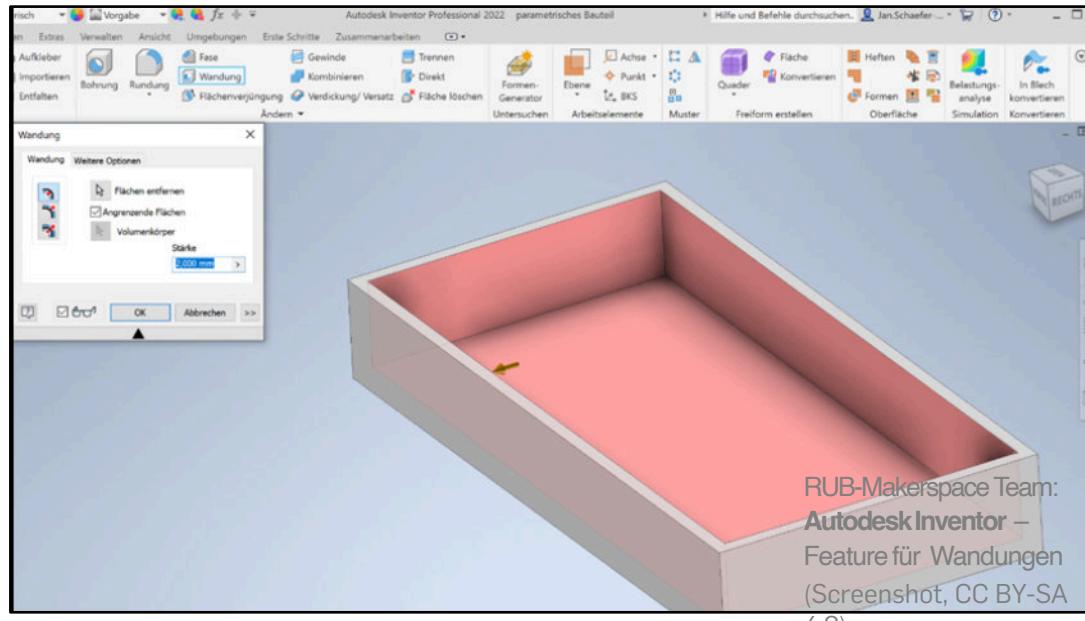
## Rundung



→ Bestimpter **Radius** um den eine Bauteilkante abgerundet wird

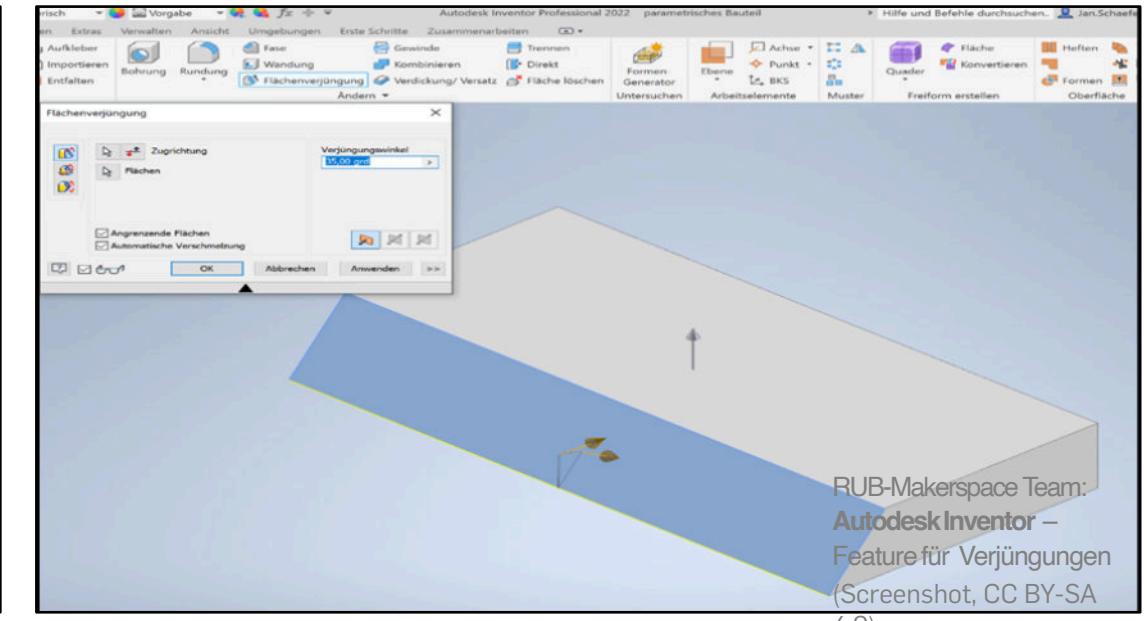
## Wichtige Designfeatures & Begriffe (4)

### Wandung



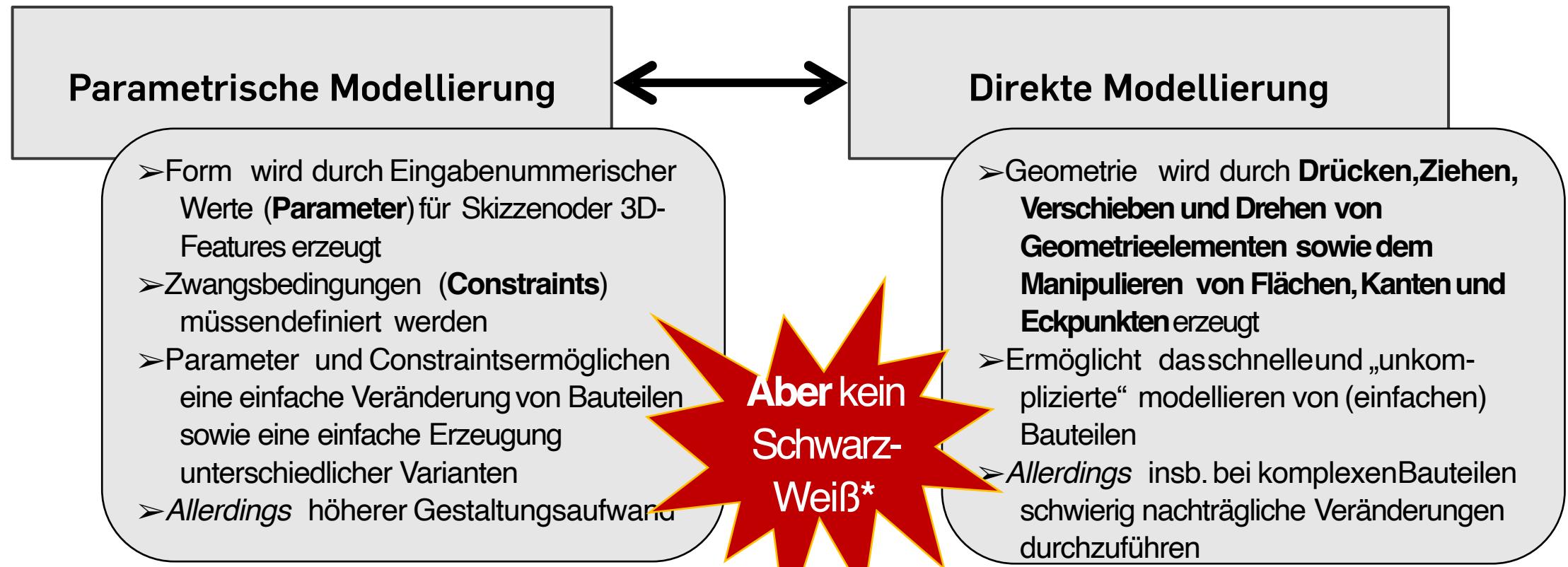
→ **Aushöhlung einer Geometrie**, bei der letztlich eine Wand mit definierter Stärke verbleibt

### Verjüngung



→ **Verringerung des Querschnitts entlang einer Achse (Schräge)**

## 3D-Modellierungsansätze - Vergleich

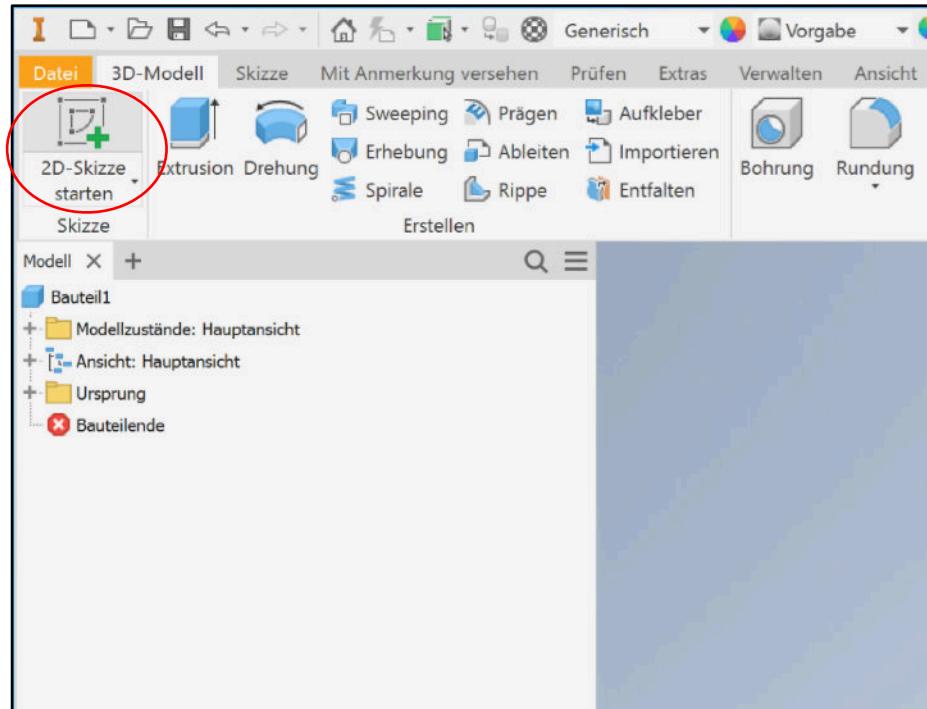


J. Schäfer: Parametrische Modellierung vs. Direkte Modellierung (CC-BY-SA 4.0)

\*moderne CAD/CAx-Software verwendet Features, die sich beiden Modellierungsarten zuordnen lassen

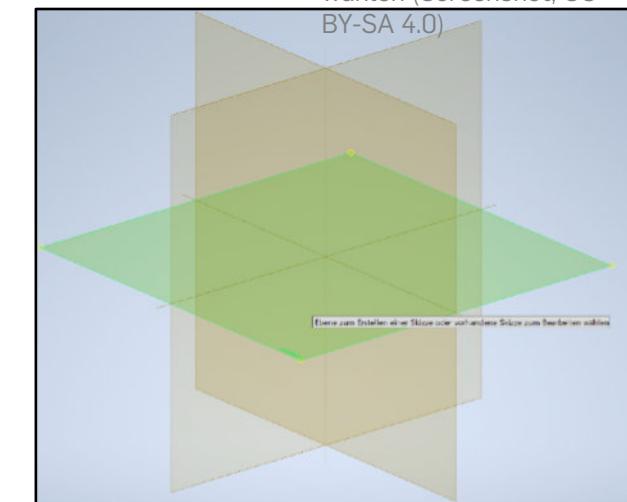
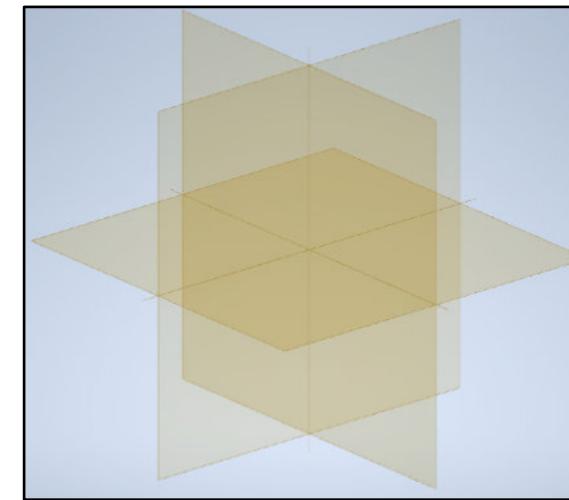
# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Direkte Modellierung (1)

## 1. Skizzenansicht betreten



RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor –  
Skizzenansicht betreten  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

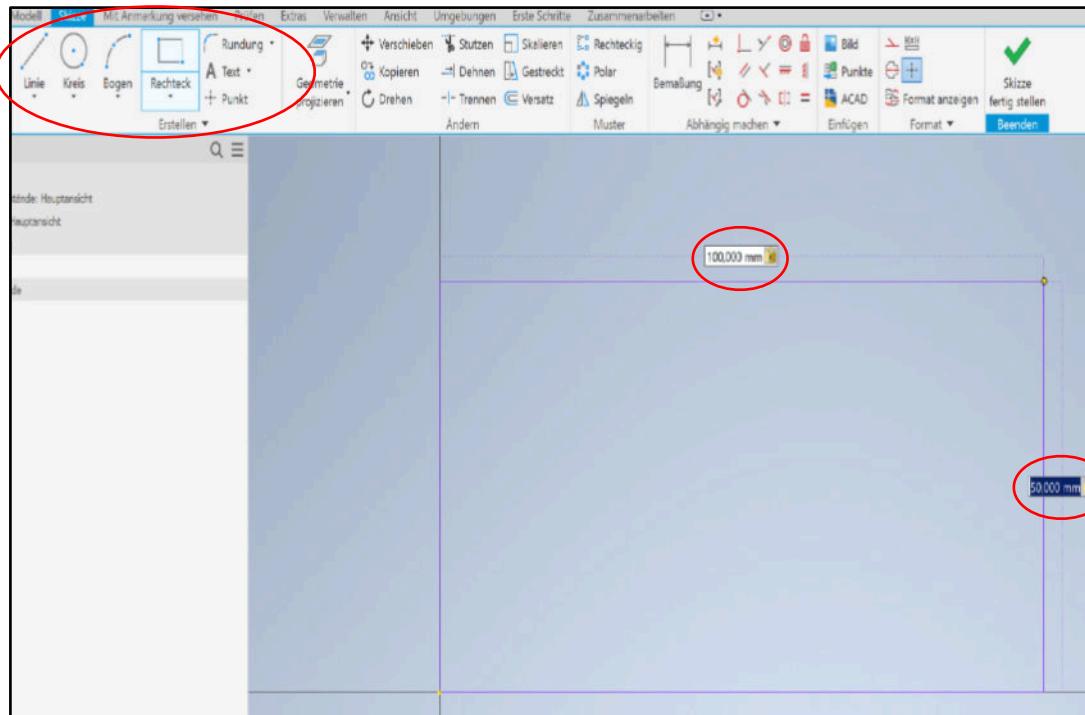
## 2. Zeichnungsebene auswählen



RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor –  
Zeichnungsebene  
wählen (Screenshot, CC  
BY-SA 4.0)

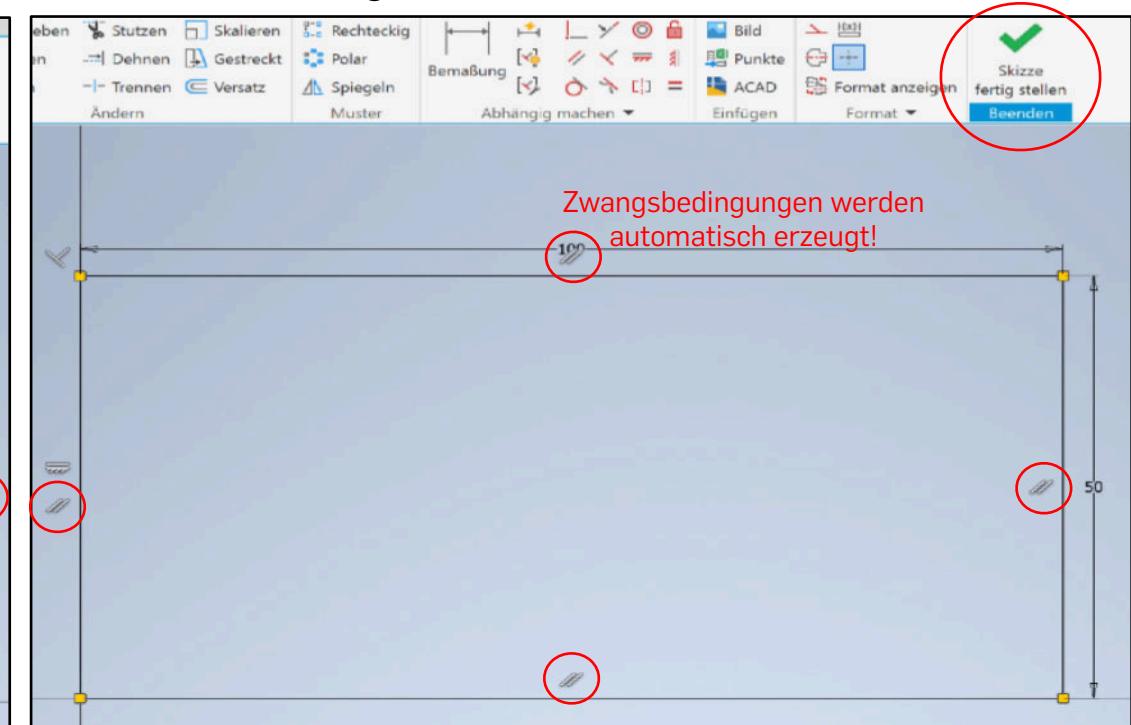
# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Direkte Modellierung (2)

## 3. Skizze anfertigen & bemaßen



RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor –  
Skizze anfertigen  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

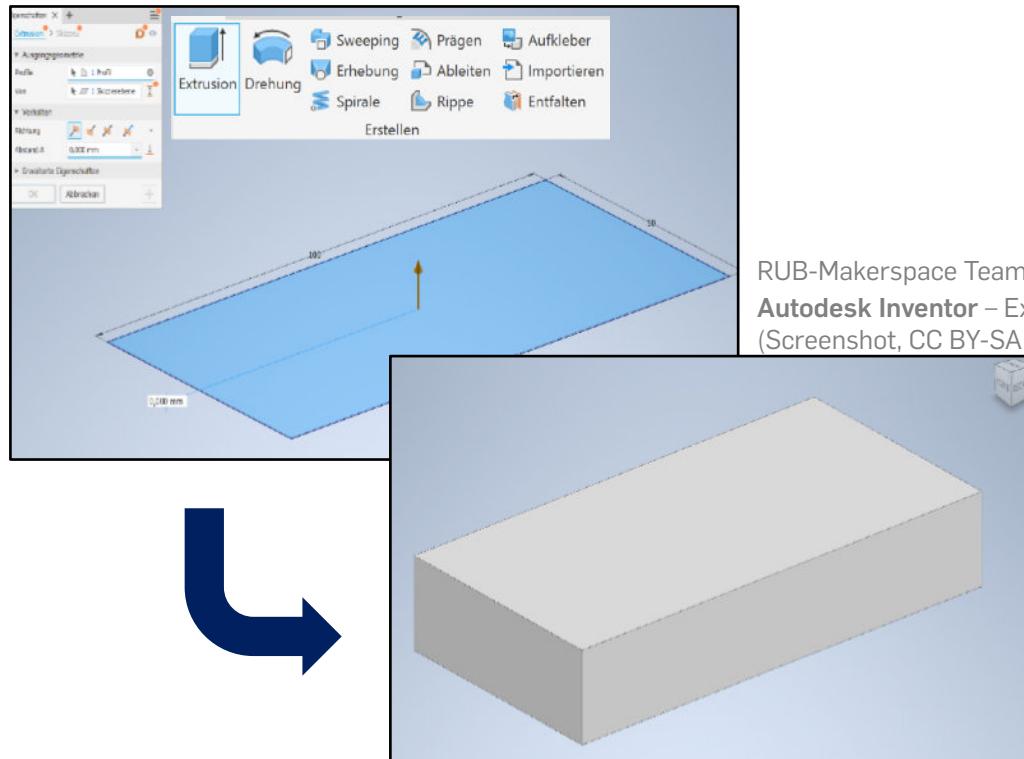
## 4. Skizze fertig stellen



RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor –  
Skizze fertig stellen  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Direkte Modellierung (3)

## 5. Skizze (ins 3-dimensionale) extrudieren



RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor – Extrusion ins 3-dimensionale  
(Screenshot, CC BY-SA 4.0)

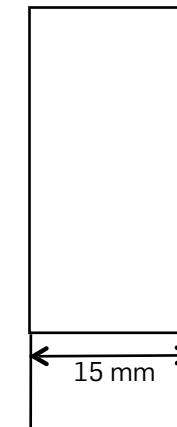
# 3D-Modellierungsansätze - Aufgabe: Direkte Modellierung (einfach)

## Aufgabe

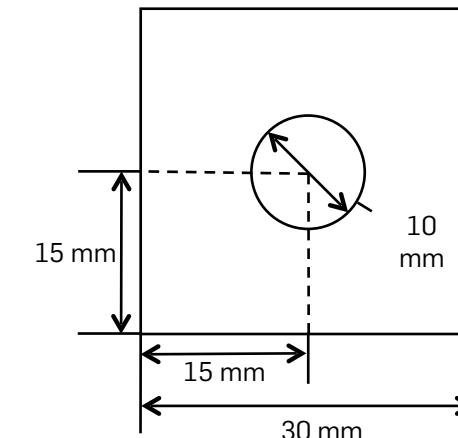
Verwende Autodesk Fusion360, um die nebenstehende Geometrie mithilfe des **direkten 3D-Modellierungsansatzes** zu modellieren!

Die Maße können der Skizze entnommen werden.

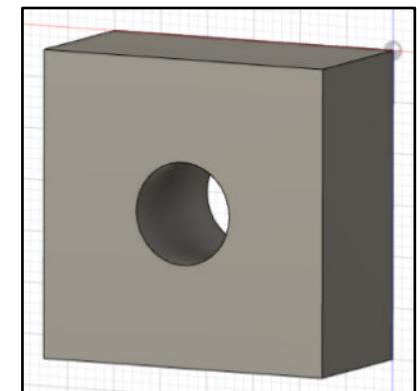
Draufsicht



A-A



RUB Makerspace Team:  
Techn. Zeichnung von Objekt für die Fusion360 Aufgabe  
(CC-BY-SA 4.0)



RUB Makerspace Team:  
Objekt für die Fusion360 Aufgabe  
(CC-BY-SA 4.0)

# 3D-Modellierungsansätze - Aufgabe: Direkte Modellierung

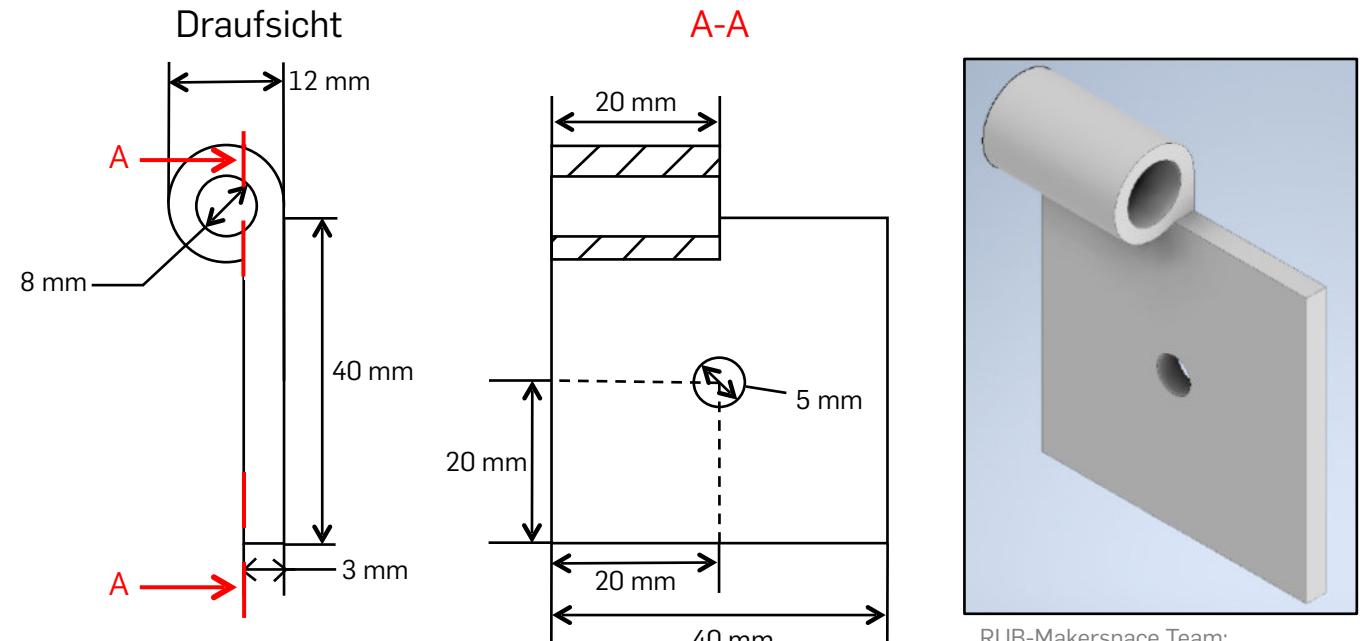
## Aufgabe

Wir wollen ein Scharnier fertigen!

Konstruiert unter Verwendung des **direkten 3D-Modellierungsansatzes** das nebenstehende Bauteil. Dieses wird einer der zwei Lappen des Scharniers. Die Maße können der Skizze entnommen werden.

Hinweise:

- um den Kreis richtig auszurichten bietet sich die Abhängigkeit *Koinzidenz* an
- Evtl. muss in der Bauteilhierarchie die Skizze aus der Extrusion herausgezogen werden, um mit dieser weiter arbeiten zu können

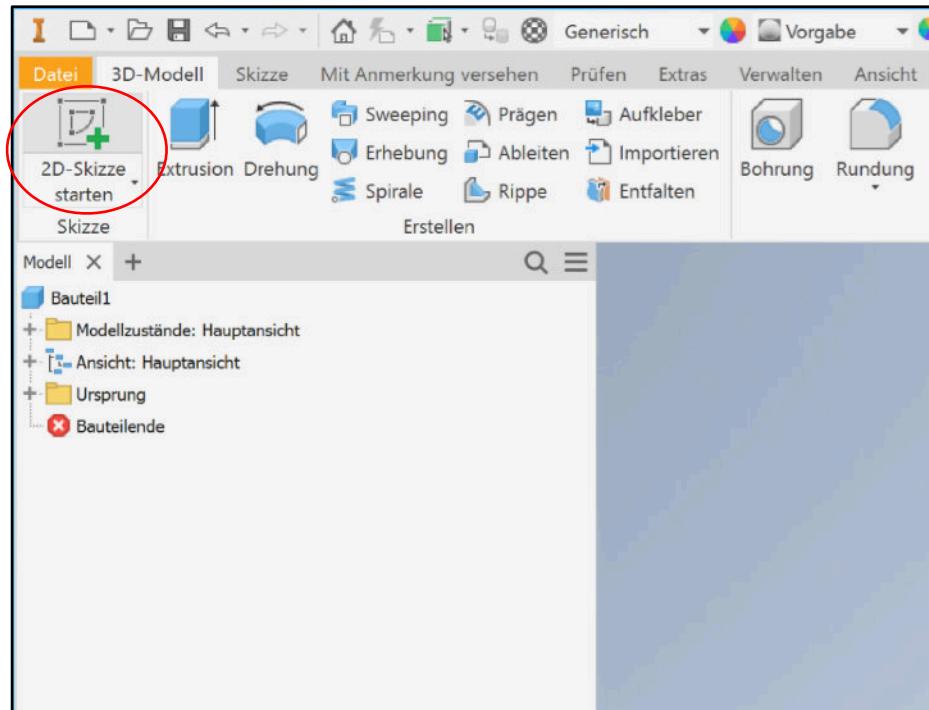


J. Schäfer: Techn. Zeichnung Scharnier (CC-BY-SA 4.0)

RUB-Makerspace Team:  
Modelliertes Scharnier in Autodesk  
Fusion360  
(CC-BY-SA 4.0)

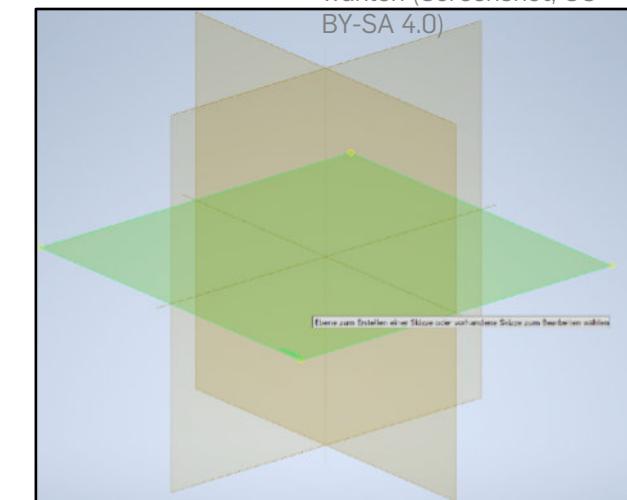
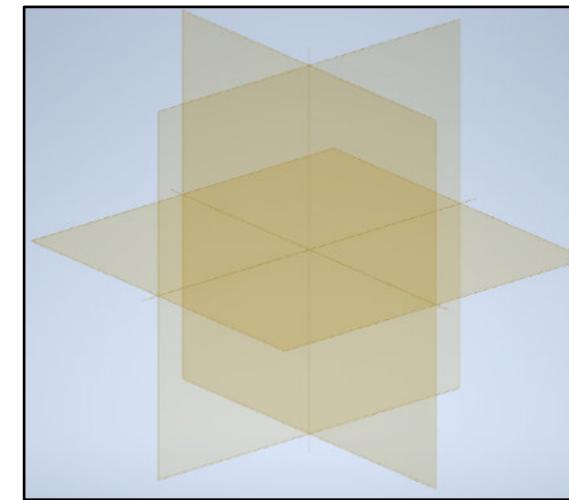
# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (1)

## 1. Skizzenansicht betreten



RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor –  
Skizzenansicht betreten  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

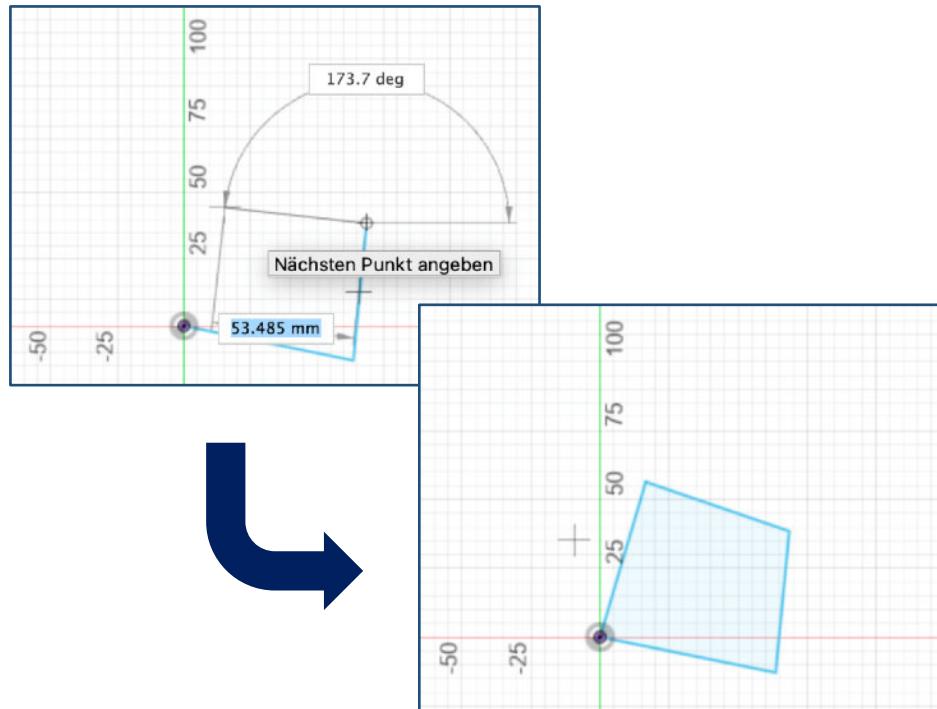
## 2. Zeichnungsebene auswählen



RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor –  
Zeichnungsebene  
wählen (Screenshot, CC  
BY-SA 4.0)

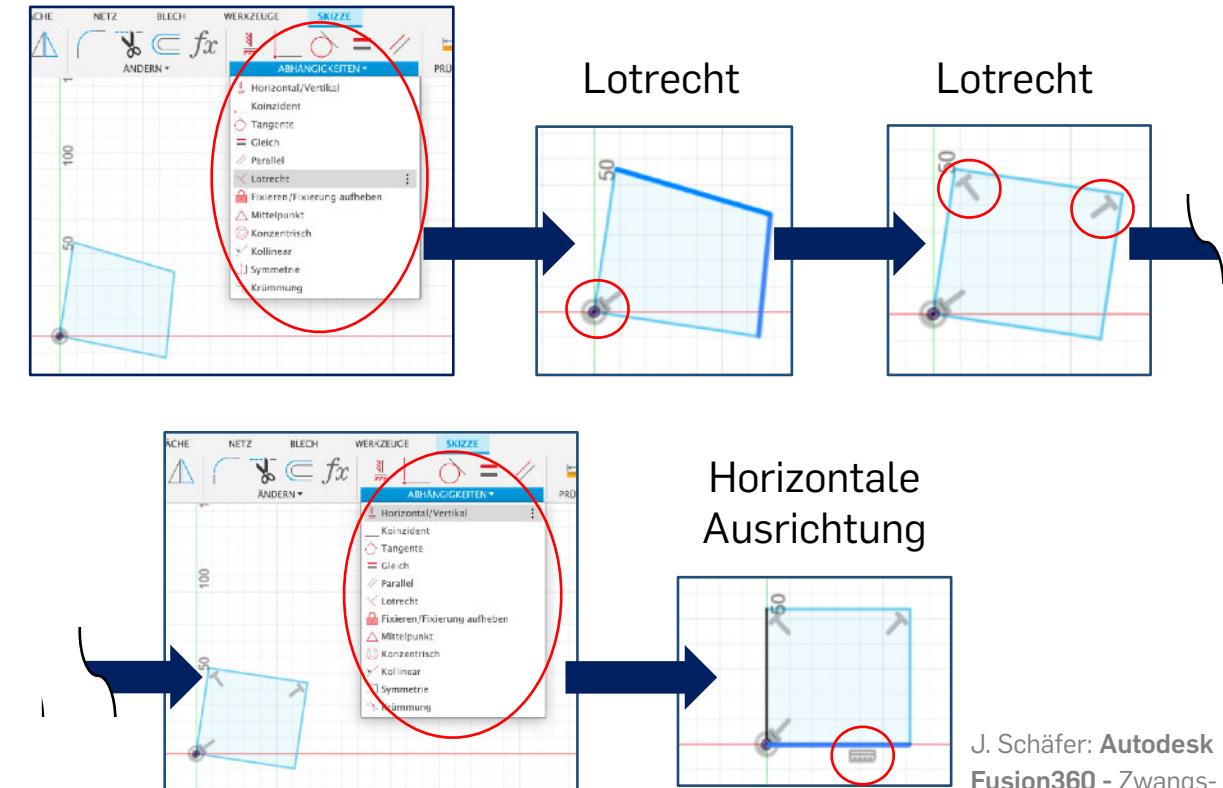
# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (2)

## 3. Skizze erstellen



J. Schäfer: Autodesk  
Fusion360 -  
Skizzenansicht erstellen  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

## 4. Zwangsbedingungen vorgeben

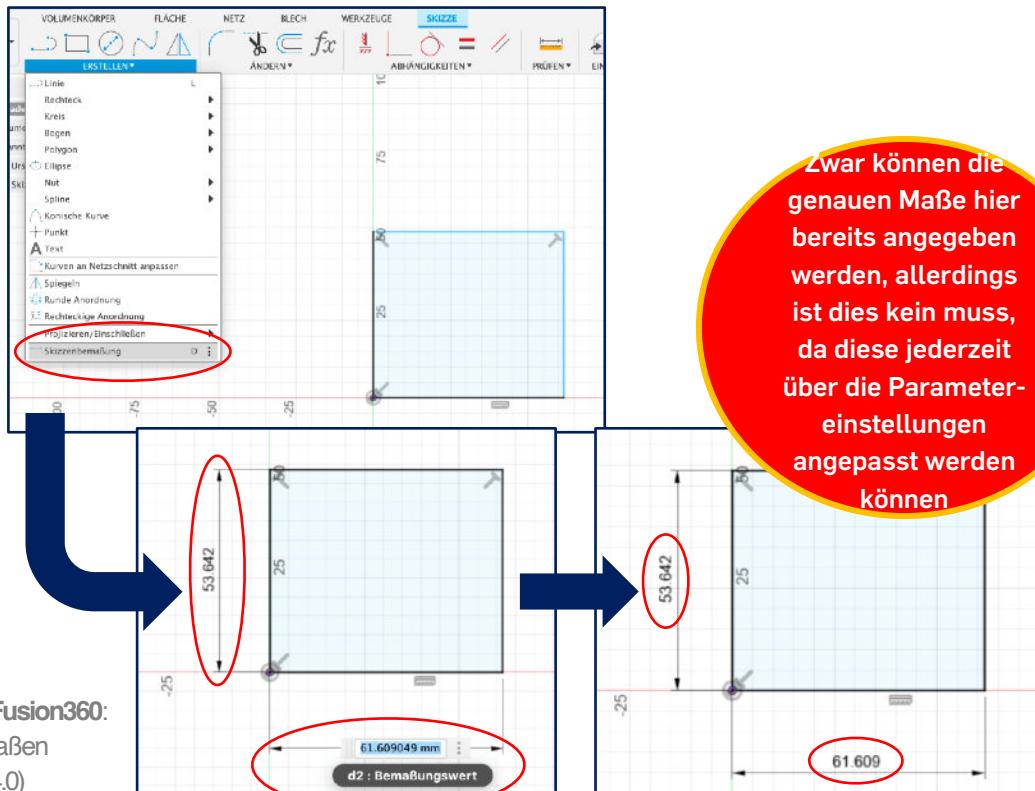


Horizontale  
Ausrichtung

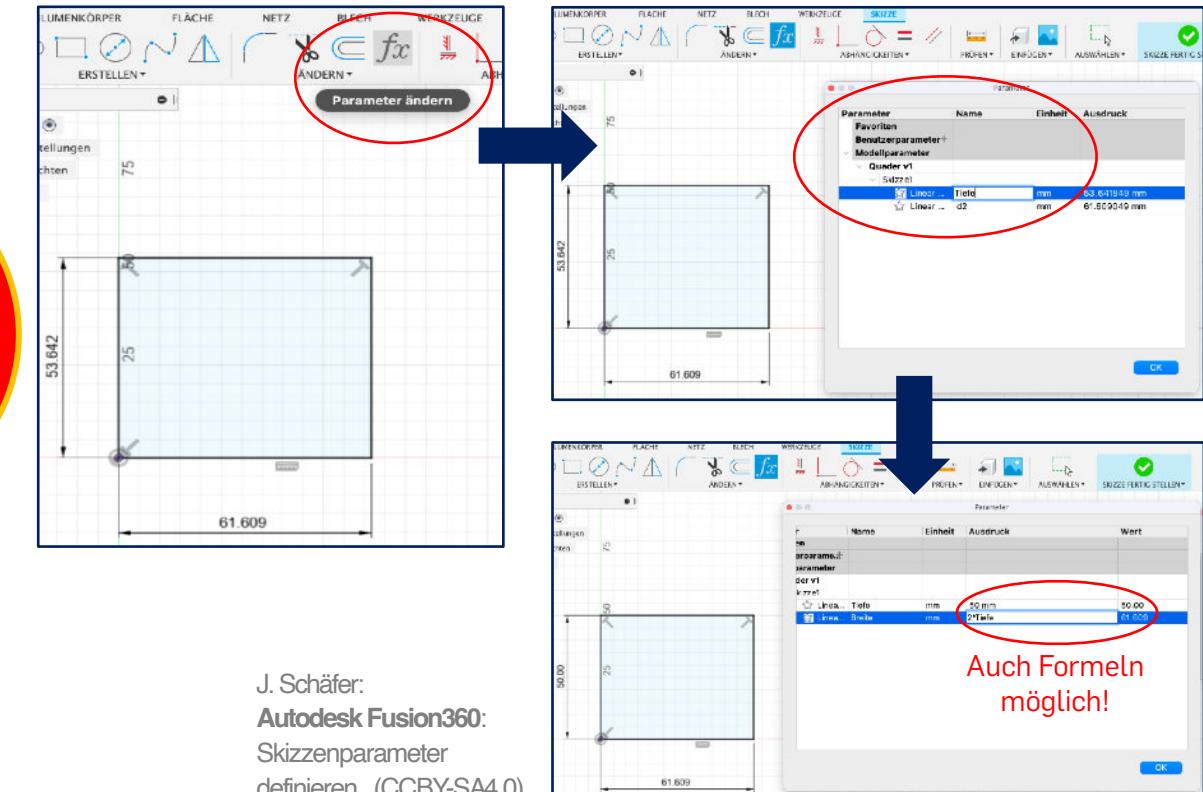
J. Schäfer: Autodesk  
Fusion360 - Zwangs-  
bedingungen vorgeben  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (3)

## 5. Skizze bemaßen

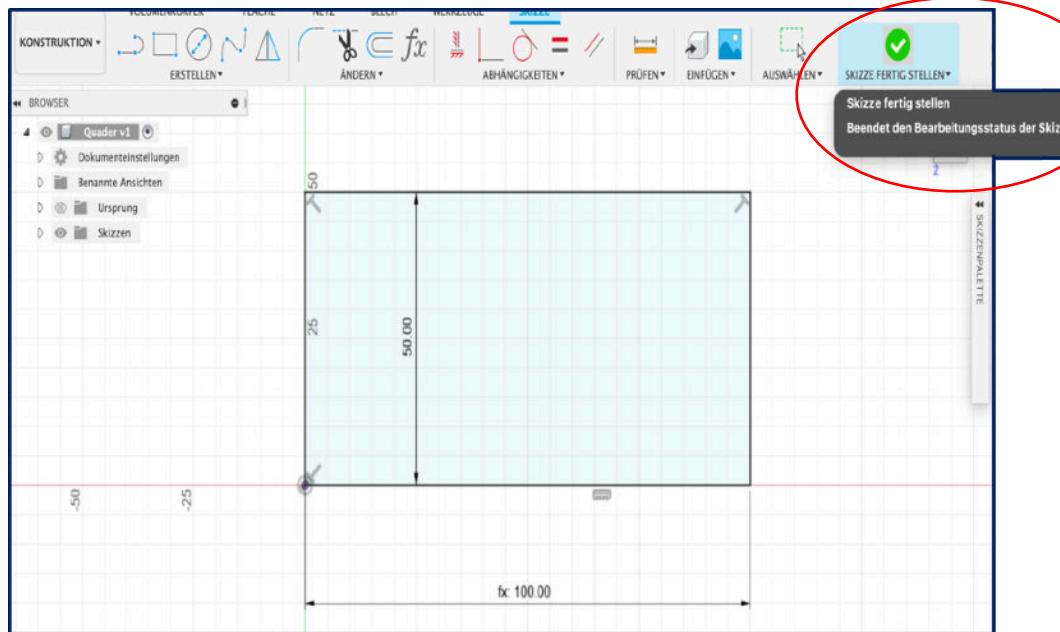


## 6. Parameter definieren



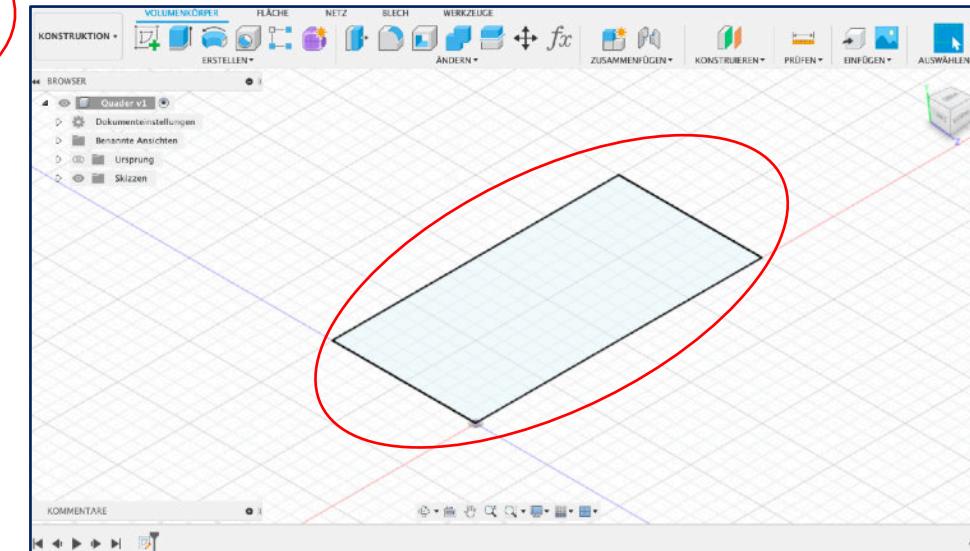
## 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (4)

7. Skizze fertig & Skizzenebene verlassen



RUB-Makerspace  
Team:  
**Autodesk Fusion360 –**  
Skizze fertig stellen  
(CC BY-SA 4.0)

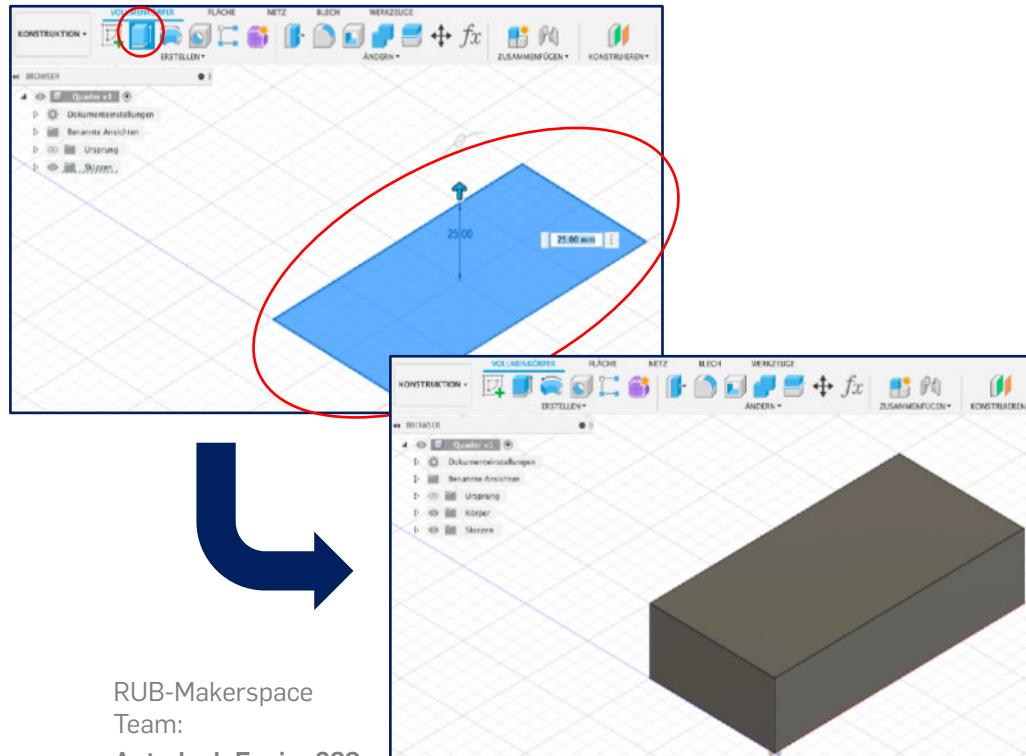
8. Fläche für Volumenkörperoperation wählen  
(=> Skizze)



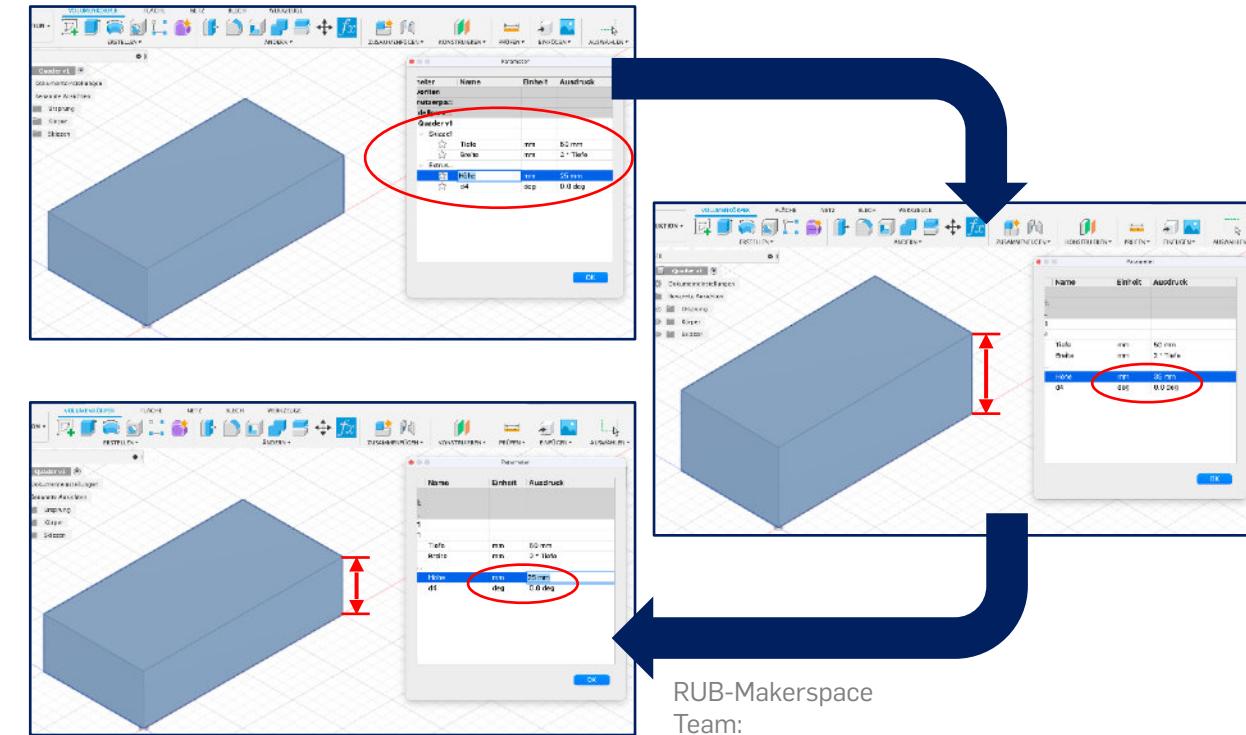
RUB-Makerspace Team:  
**Autodesk Fusion360 –**  
Volumenkörperfläche wählen  
(CC BY-SA 4.0)

# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (5)

## 9. Skizze (ins 3-dimensionale) extrudieren



## 10. Parameter definieren



# 3D-Modellierungsansätze - Aufgabe: Param. Modellierung

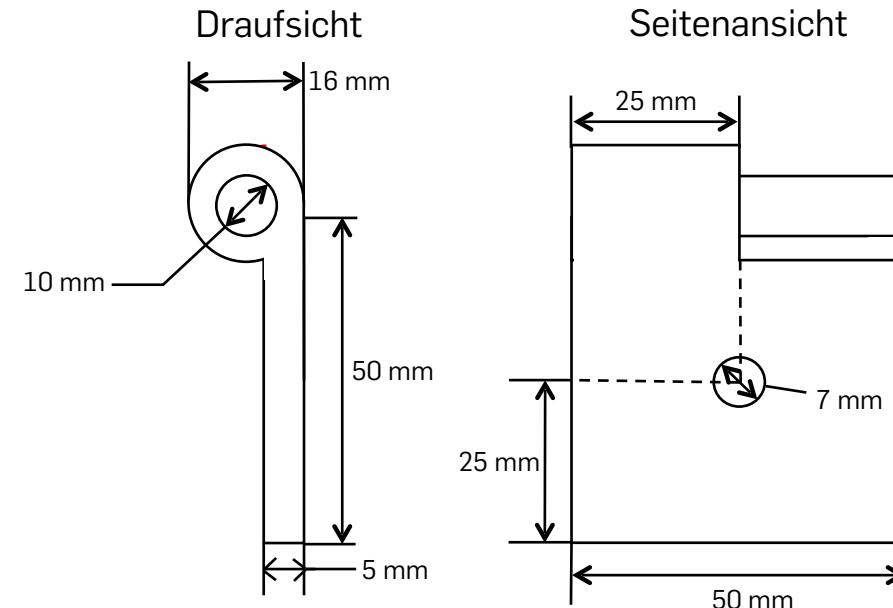
## Aufgabe

Wir wollen ein Scharnier fertigen!

Konstruiert unter Verwendung des **parametrischen 3D-Modellierungsansatzes** das nebenstehende Bauteil. Dieses wird einer der zwei Lappen des Scharniers. Die Maße können der Skizze entnommen werden.

### Hinweise:

- um den Kreis richtig auszurichten bietet sich die Abhängigkeit Koinzidenz an
- Evtl. muss in der Bauteilhierarchie die Skizze aus der Extrusion herausgezogen werden, um mit dieser weiter arbeiten zu können



J. Schäfer: Techn. Zeichnung Scharnier (CC-BY-SA 4.0)

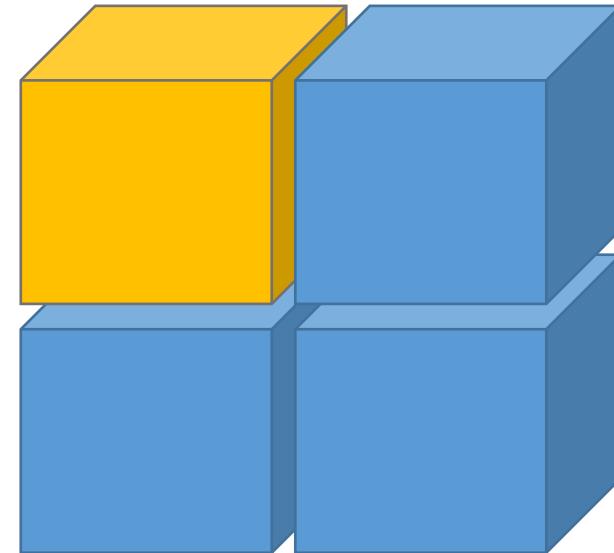
Parameter	
Parametername	Gleichung
Modellparameter	
stiftKleinDurchm...	10 mm
stiftGroßDurchm...	16 mm
lappenLänge	50 mm
lappenDicke	5 mm
extrusionStiftKlei...	25 mm
extrusionLappen	50 mm
d7	0,00 grd
d5	0,00 grd
bohrungDurchm...	7 mm
ausrichtungMitti...	extrusionLappen / 2 oE
Benutzerparameter	

RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Fusion360 –  
Parameter und modelliertes  
Scharnier (CC BY-SA 4.0)

## Bauteile und Baugruppen

- **Einzelteil, Bauteil:**
  - Kleinstes Teil, welches nicht weiter demontiert werden kann  
(z.B. Schraube, Zahnrad, Kugel ...)
- **Baugruppe, Komponente:**
  - Eine i.d.R. demontierbare Anzahl von zur Erfüllung einer bestimmten Funktion zusammengesetzten Einzelteilen  
(z.B. Gehäuse, Getriebe, Kugellager ...)

Bauteil



Baugruppe

RUB-Makerspace Team:  
Baugruppe und Bauteil  
(CC BY-SA 4.0)

## Bauteile und Baugruppen – Beispiele (1)



Inbus-Schraube:

Afrank99: Eine verzinkte Innensechskant-Schraube,  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Inbus-Schraube.jpg>  
(CC BY-SA 2.0)



Vebrennungsmotor eines Motorrads (aufgeschnitten):  
Stahlkocher: 4-Taktmotor Schnitt Motorrad 1-Zylinder,  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/4-Taktmotor\\_Schnitt\\_Motorrad\\_1-Zylinder.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/4-Taktmotor_Schnitt_Motorrad_1-Zylinder.jpg)  
(CC BY-SA 3.0)



Zahnrad (Stirnrad) mit Evolventenverzahnung:

[File:Zahnrad.jpg - Wikimedia Commons](#)  
(CCO 1.0)



Planetengetriebe eines Traktors der Firma John

Deere::

Kozuch: John Deere 3350 tractor cut wheel  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Umlaufr%C3%A4dergetriebe#/media/File:John\\_Deere.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Umlaufr%C3%A4dergetriebe#/media/File:John_Deere.jpg)  
(CC BY-SA 3.0)



Wälzkörper (Kugel):

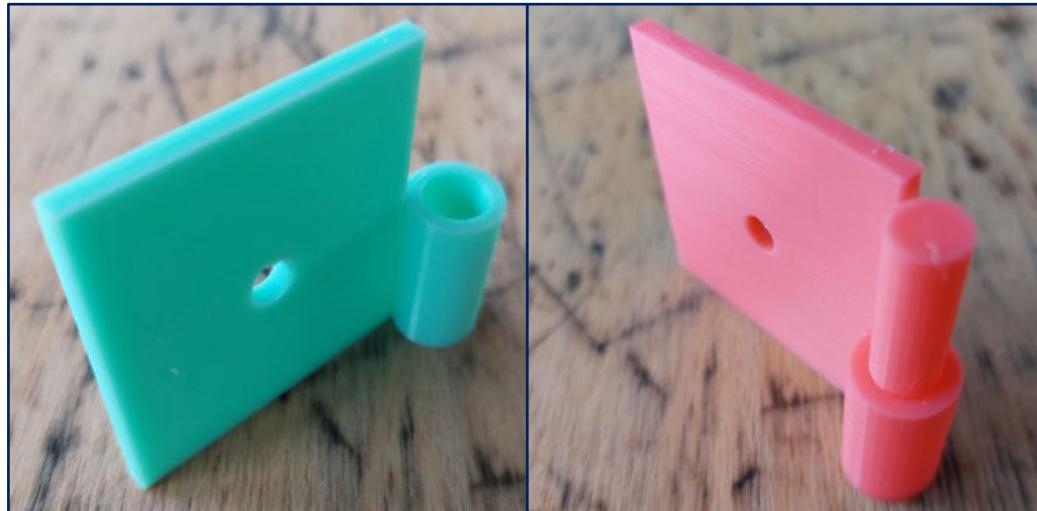
Lucasbosch: Silicon nitride Si3N4 bearing balls 1–20 mm, [File:Silicon nitride Si3N4 bearing balls 1–20 mm.jpg - Wikimedia Commons](#) (CC BY-SA 2.0)



Kugellager:

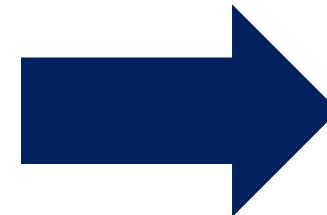
Solaris2006: Ball bearing,  
[File:Ball bearing.jpg - Wikimedia Commons](#)  
(CC BY-SA 3.0)

## Bauteile und Baugruppen – Beispiele (2)



RUB-MakerspaceTeam: Einzelteile eines 3d- gedruckten Scharniers (CC BY-SA 4.0)

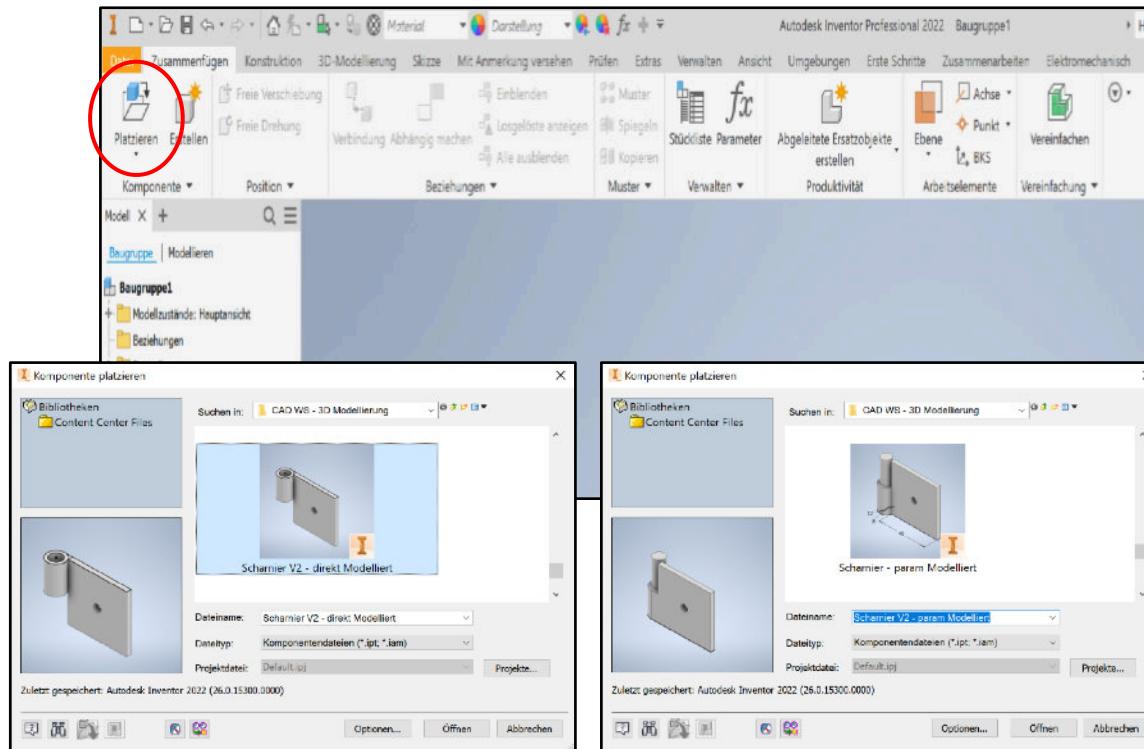
... und auch ein Scharnier



RUB-MakerspaceTeam: 3d- gedrucktes Scharnier (CC BY-SA 4.0)

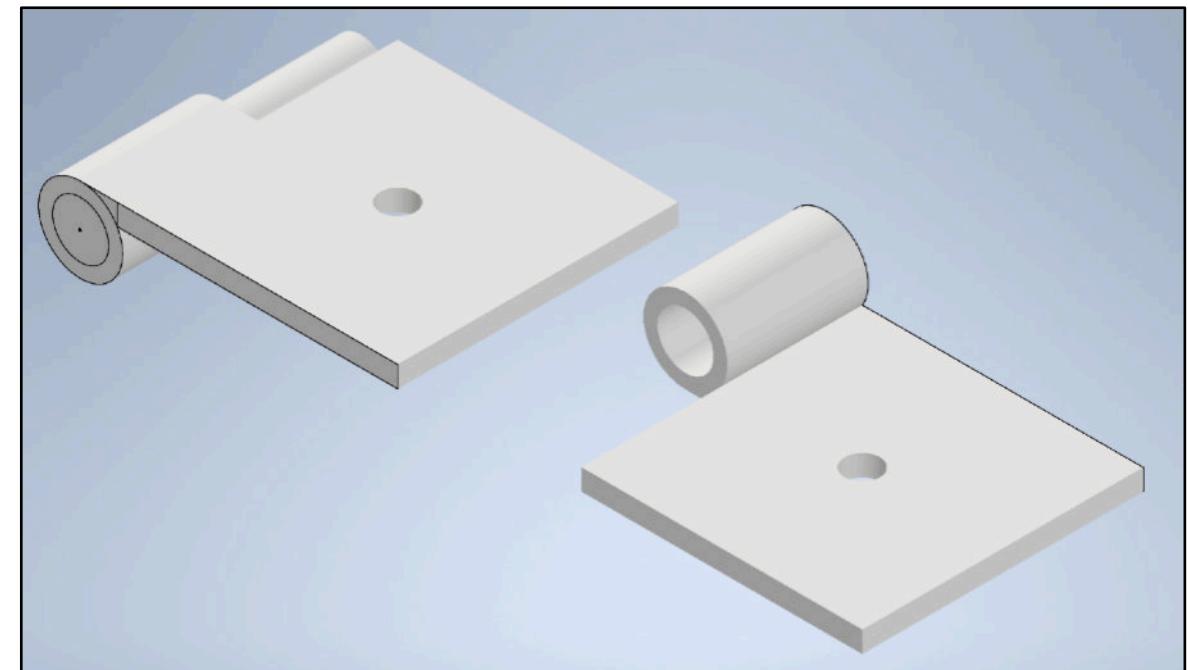
# Baugruppenerstellung - Workflow

## 1. Bauteile auswählen & laden



RUB-Makerspace Team: Autodesk  
Inventor –  
Bauteile laden (CC BY-SA 4.0)

## 2. Bauteile platzieren

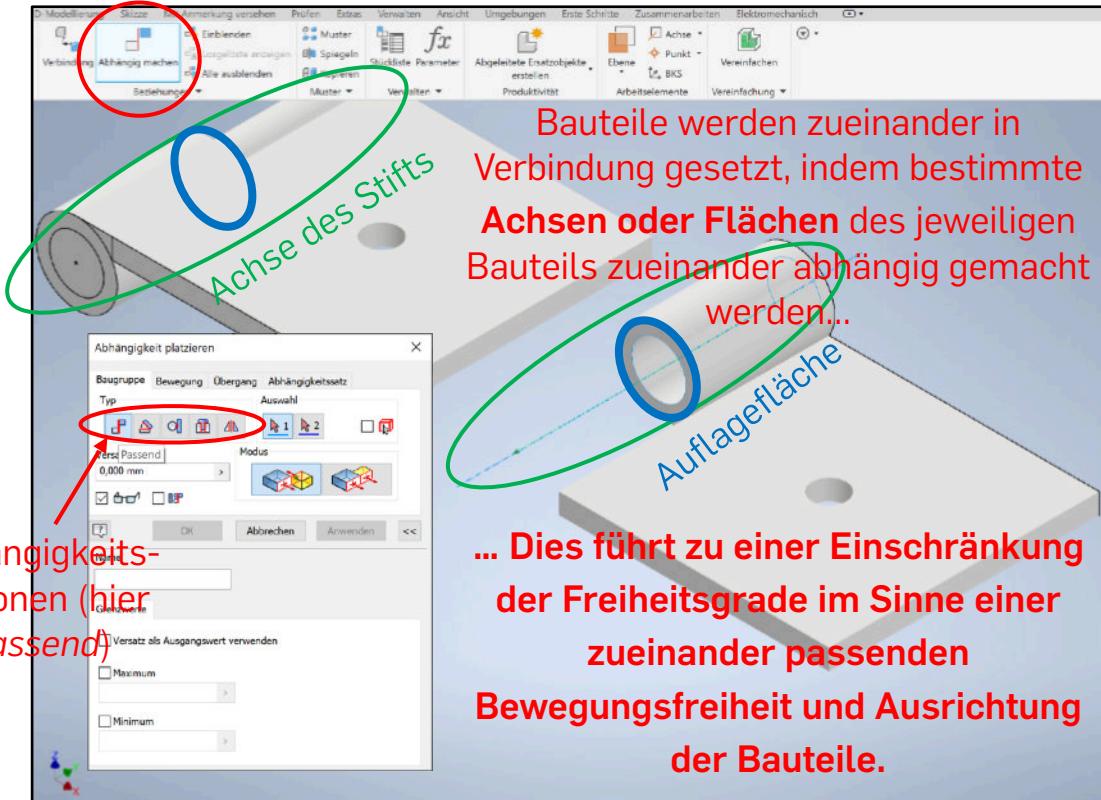


RUB-Makerspace Team: Autodesk  
Inventor –  
Geladene Bauteile (CC BY-SA 4.0)

„Professionelle“ CAD/CAX-Software

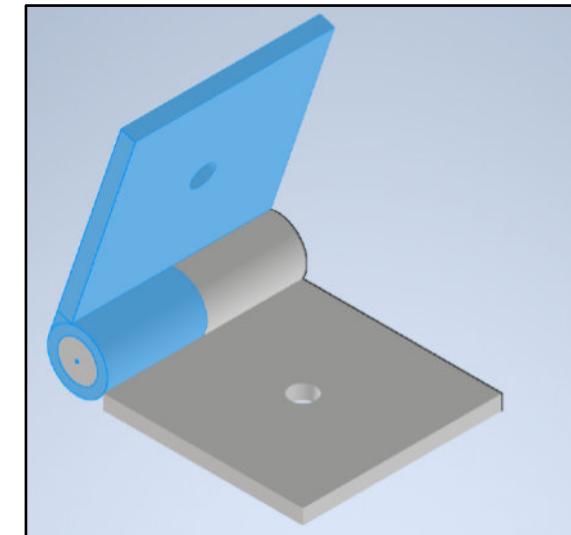
## Baugruppenerstellung - Workflow

### 3. Bauteile zueinander abhängig machen



RUB-Makerspace Team: Autodesk Inventor – Bauteile zueinander abhängig machen (CC BY-SA 4.0)

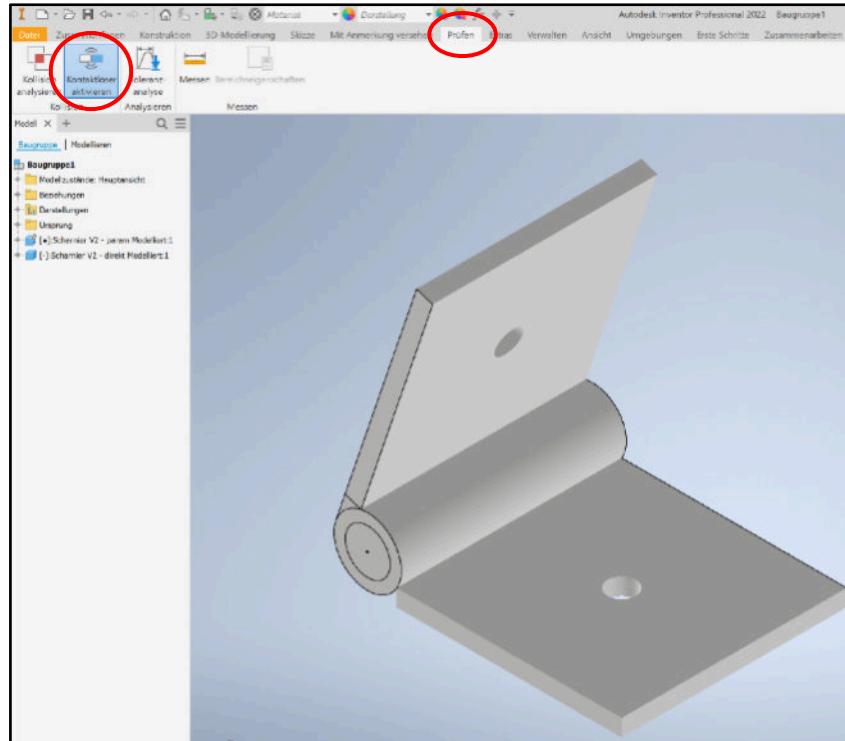
### 4. Baugruppe bewegen



RUB-Makerspace Team: Autodesk Inventor – Baugruppe bewegen (CC BY-SA 4.0)

# Baugruppenerstellung - Workflow

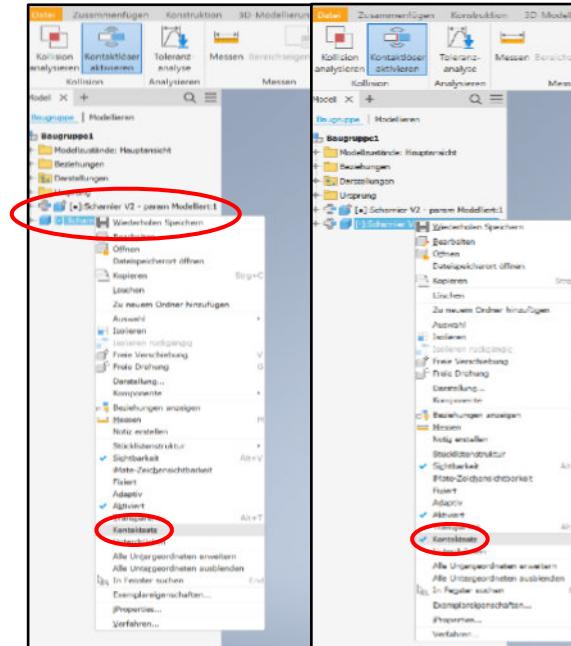
## 5. Kontakterkennung aktivieren



RUB-Makerspace Team:

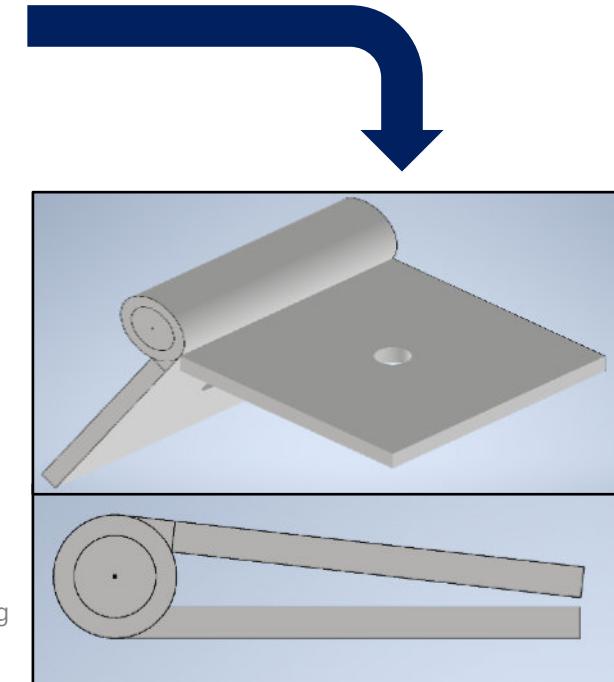
Autodesk Inventor – Kontakterkennungaktivieren  
(CC BY-SA 4.0)

## 6. Bauteile zur Kontakterkennung hinzufügen



RUB-Makerspace Team:

Autodesk Inventor – Bauteile zur Kontakterkennung hinzufügen (CC BY-SA 4.0)



# Baugruppenerstellung - Aufgabe

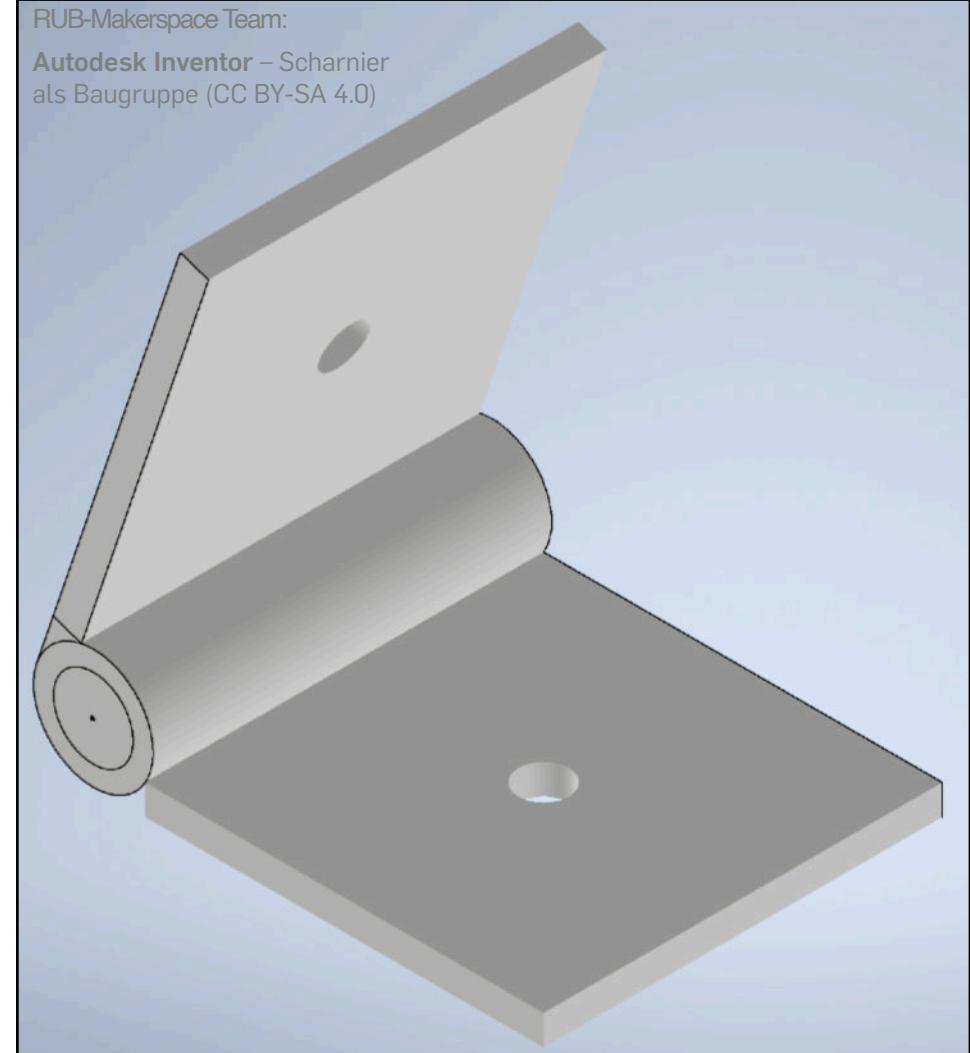
## Aufgabe

Wir wollen ein Scharnier fertigen!

Fügt Eure beiden Scharnierteile nun so zusammen, dass das nebenstehende Scharnier entsteht. Kontakte zwischen den Bauteilen sollen dabei erkannt und auch dargestellt werden.

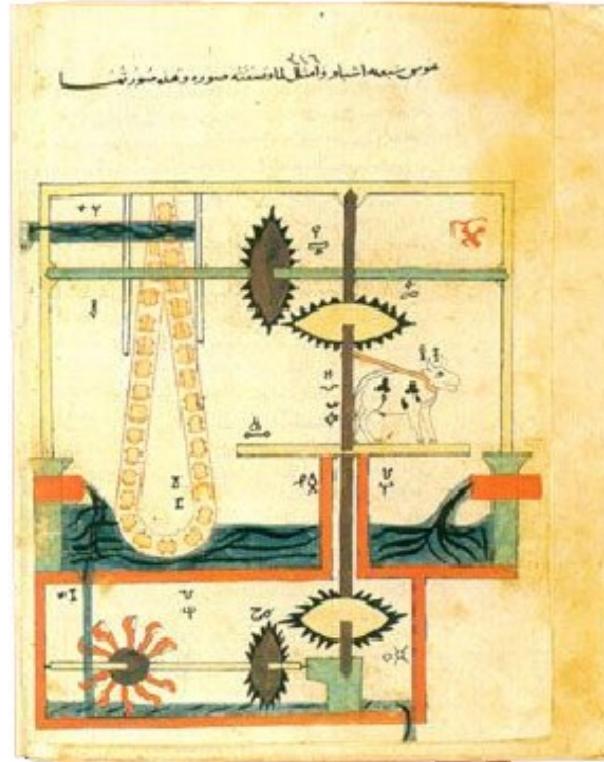
### Hinweise:

- Evtl. erweist sich die Parametrisierung bei einer der beiden Scharnierhälften als nützlich.

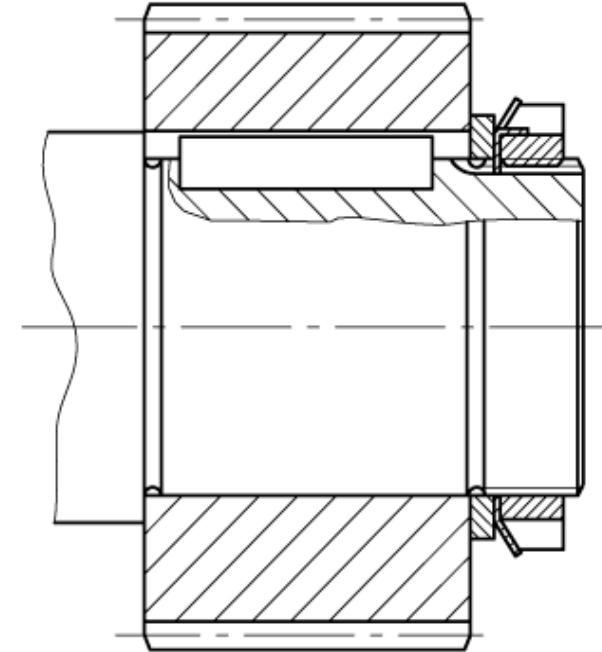


## Technische Zeichnungen (1)

- Obwohl die Bauteilentwicklung heutzutage hauptsächlich CAx-basiert erfolgt, besitzen technische Zeichnungen nach wie vor eine hohe Relevanz in der industriellen Welt, da sie den Mitarbeitern eines Betriebs sämtliche Informationen zur Verfügung stellen, die sie für **die Herstellung von Bauteilen und den Zusammenbau von Baugruppen/Maschinen** benötigen
- Die korrekte Anfertigung technischer Zeichnungen in der industriellen Praxis ist **genormt**, wobei es zu regionalen Unterschieden kommen kann



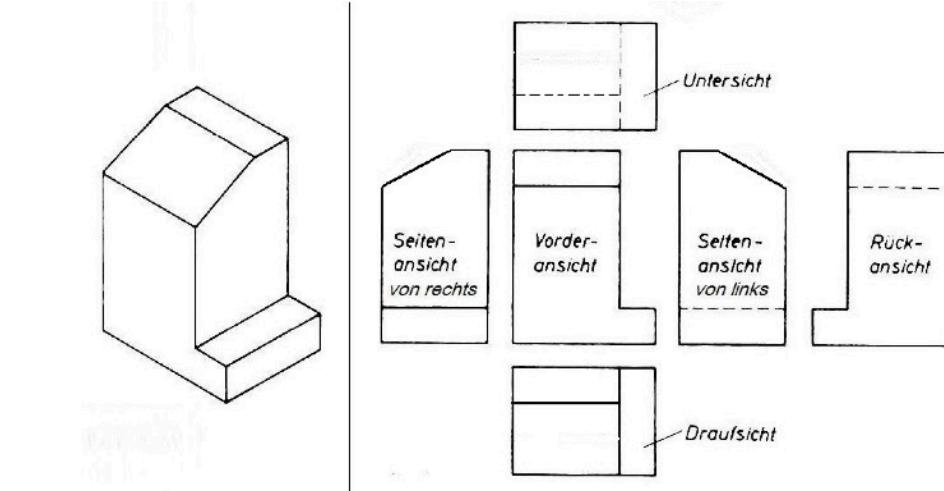
Schöpfwerk-Zeichnung von 1205:  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Technisches\\_Zeichnen#/media/Datei:Al-Jazari\\_Automata\\_1205.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Technisches_Zeichnen#/media/Datei:Al-Jazari_Automata_1205.jpg)  
 (Public Domain)



Techn. Zeichnung mit Welle, Passfeder & Nut, Zahnrad:  
 SuperBo-commonswiki: Parallel keys,  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Technisches\\_Zeichnen#/media/Datei:Parallel\\_keys.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Technisches_Zeichnen#/media/Datei:Parallel_keys.png)  
 (CC BY-SA 3.0)

## Technische Zeichnungen (2)

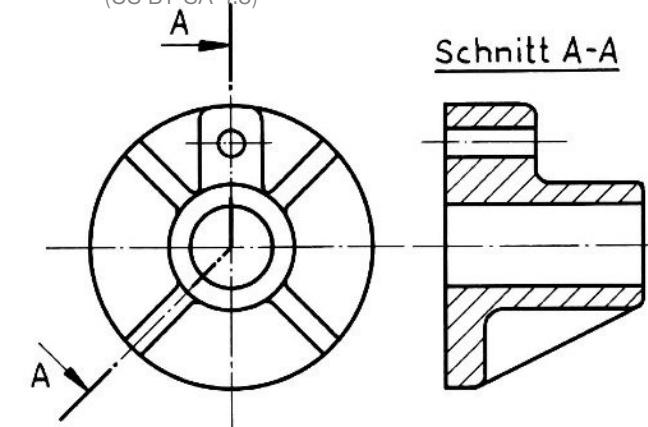
- Technische Zeichnungen bilden die Kontur eines Bauteils aus **verschiedenen festen Perspektiven ab** (i.d.R. Vorderansicht, Seitenansicht und Draufsicht)
- Durch bestimmte Linientypen (z.B. gestrichelt...) werden Informationen hinsichtlich innenliegender Konturen, Bohrungen, Schnitte usw. vermittelt
- Bemaßungen von Kantenlängen, Radien, Durchmessern usw. sind ebenfalls in technischen Zeichnungen enthalten



Perspektiven und deren Herleitung:

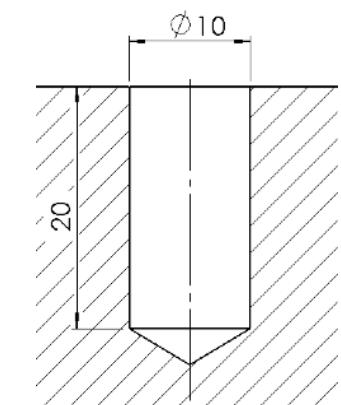
S. Wetzel: Technische Zeichnung - Ansichten-Schema, [https://de.wikipedia.org/wiki/Technische\\_Zeichnung#/media/Datei:Ansichten2.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Zeichnung#/media/Datei:Ansichten2.jpg)

(CC BY-SA 4.0)



Flansch-Zeichnung mit versch. Linientypen:

Technische Zeichnung: Vollschnitt – geknickt,  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Technische\\_Zeichnung#/media/Datei:SchnittKnick.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Zeichnung#/media/Datei:SchnittKnick.jpg)  
(CC BY-SA 4.0)

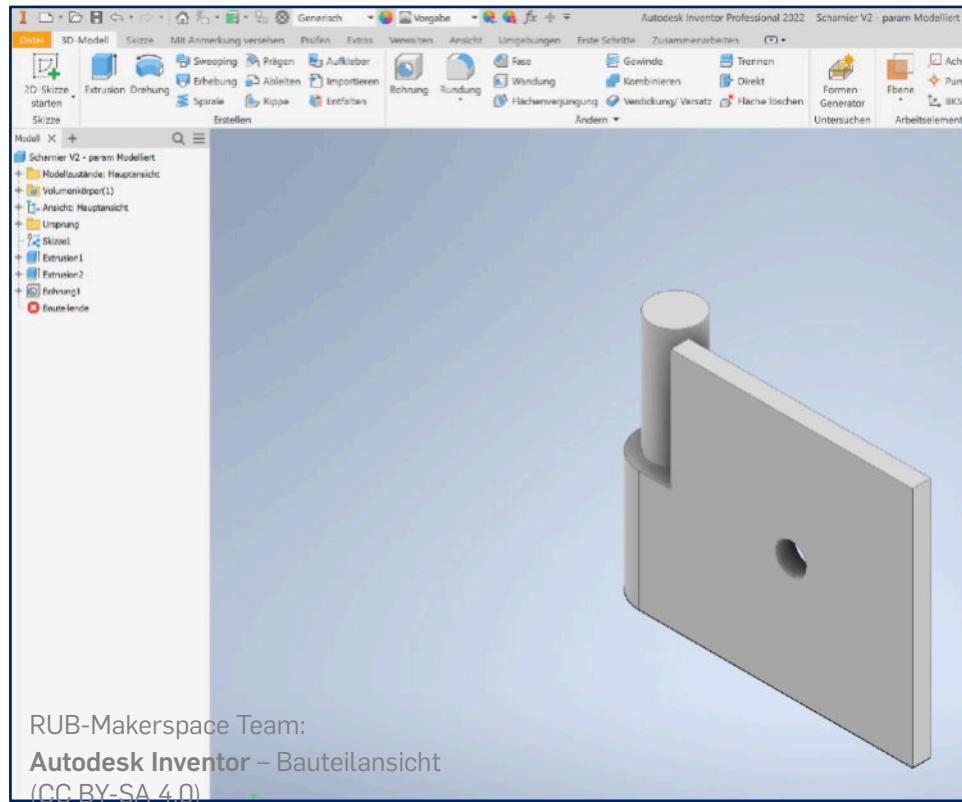


Zeichnung einer Bohrung mit Bemaßung:

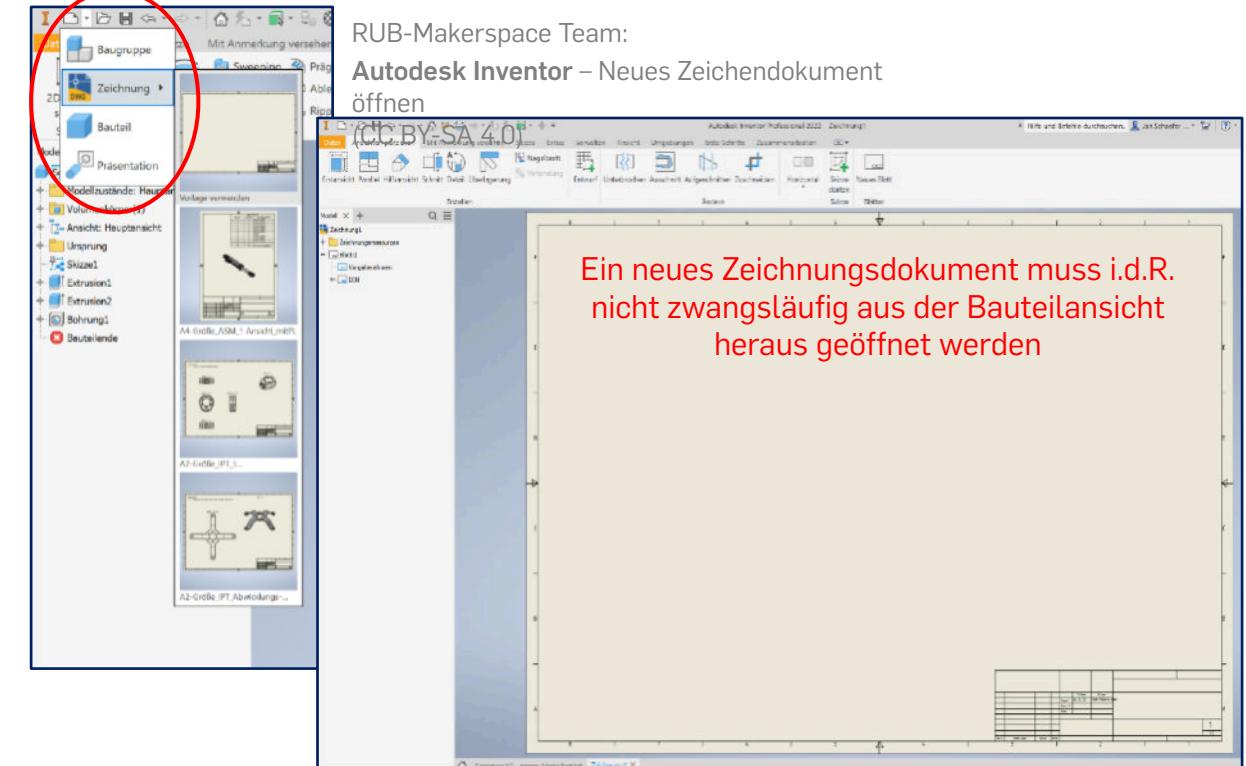
[https://de.wikipedia.org/wiki/Technische\\_Zeichnung#/media/Datei:Technical\\_Drawing\\_Hole\\_02.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Zeichnung#/media/Datei:Technical_Drawing_Hole_02.png)  
(Public Domain)

# Zeichnungsableitung – Workflow (1)

## 1. Bauteilansicht

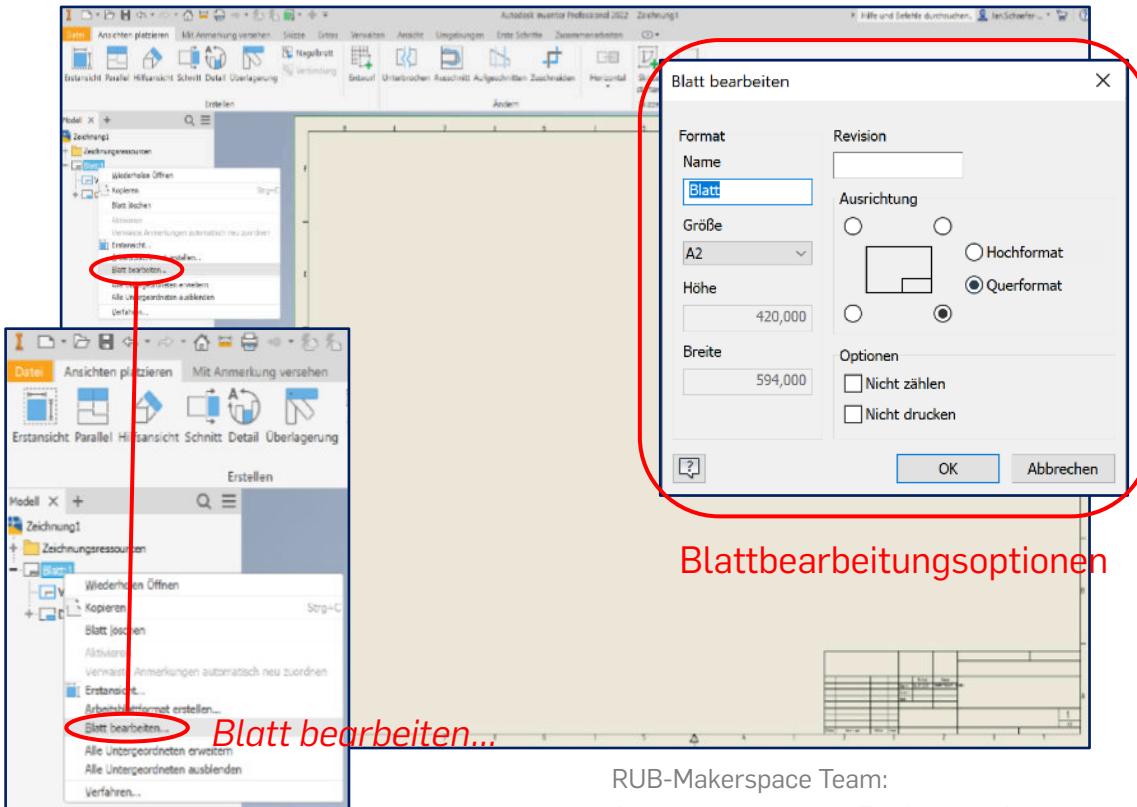


## 2. Neues Zeichnungsdokument öffnen



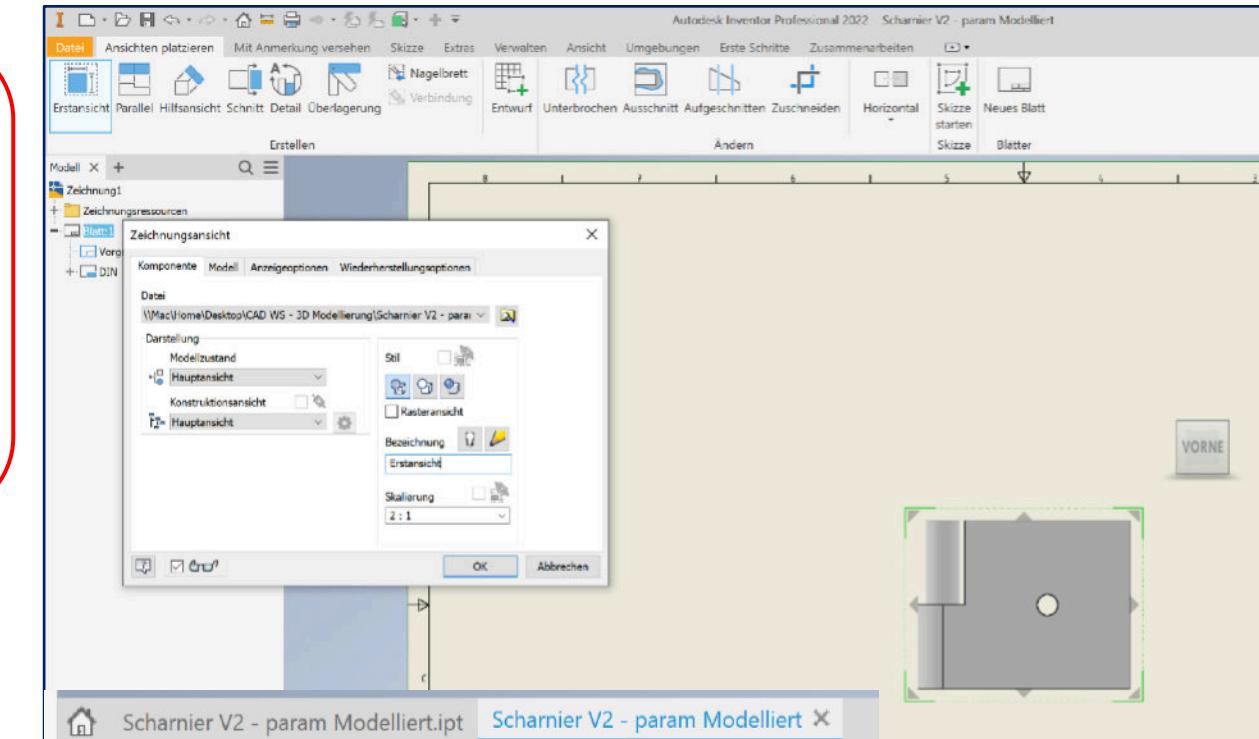
# Zeichnungsableitung – Workflow (2)

## 3. Zeichnungsblatt anpassen



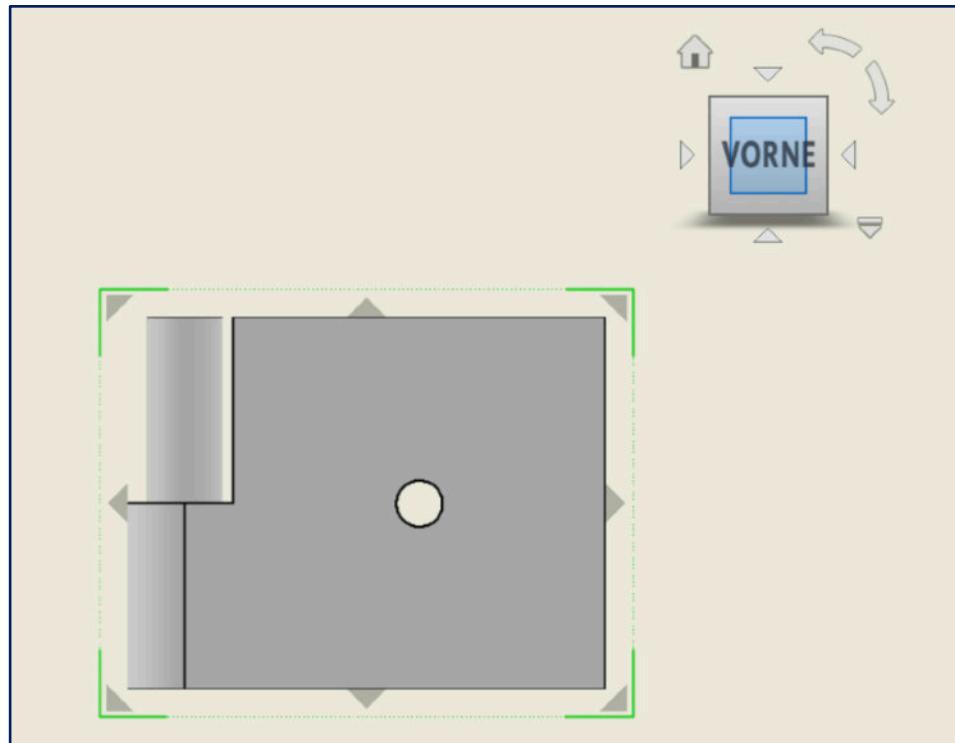
RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor – Zeichnungsblatt  
anpassen (CC BY-SA 4.0)

## 4. Erstansicht öffnen und Einstellungen tätigen



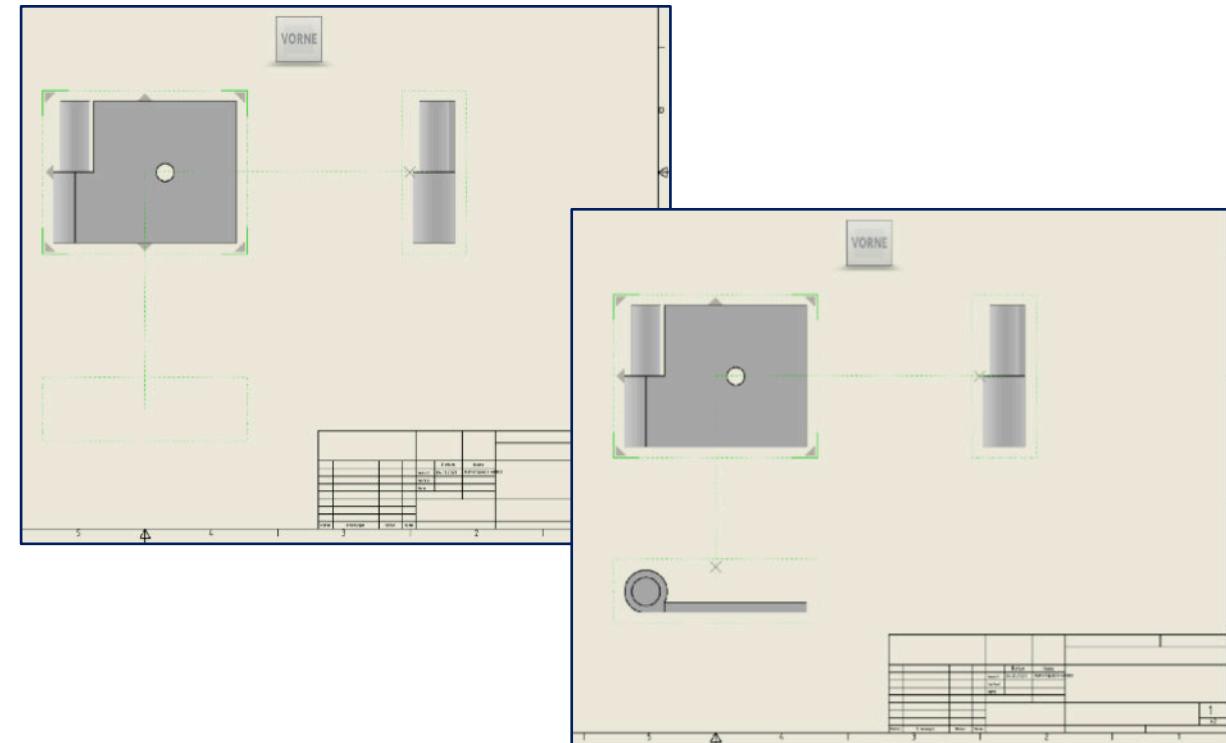
## Zeichnungsableitung – Workflow (3)

### 5. In Erstansicht Bauteil platzieren



RUB-Makerspace Team:  
**Autodesk Inventor** – Bauteil in  
Erstansicht platzieren (CC BY-SA 4.0)

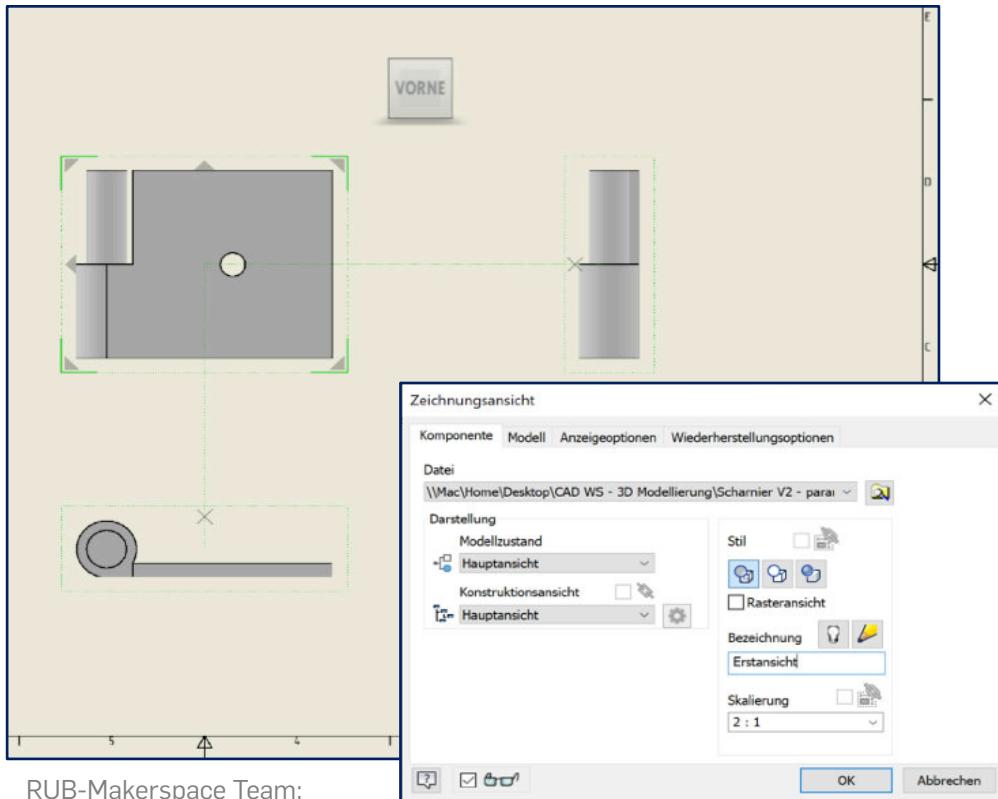
### 6. In Erstansicht Perspektiven ableiten



RUB-Makerspace Team:  
**Autodesk Inventor** – In Erstansicht  
Perspektiven ableiten (CC BY-SA 4.0)

# Zeichnungsableitung – Workflow (4)

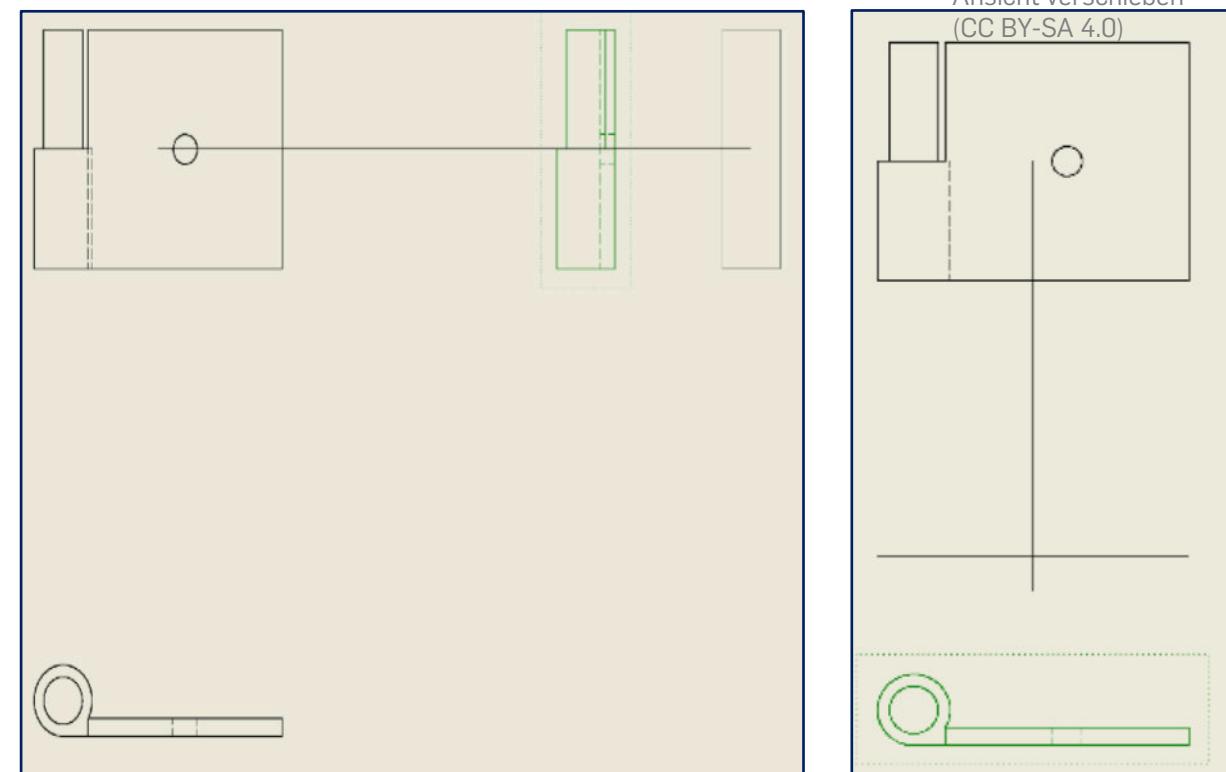
## 7. Erstansicht verlassen



RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor –  
Erstansicht verlassen  
(CC BY-SA 4.0)

„Professionelle“ CAD/CAX-Software

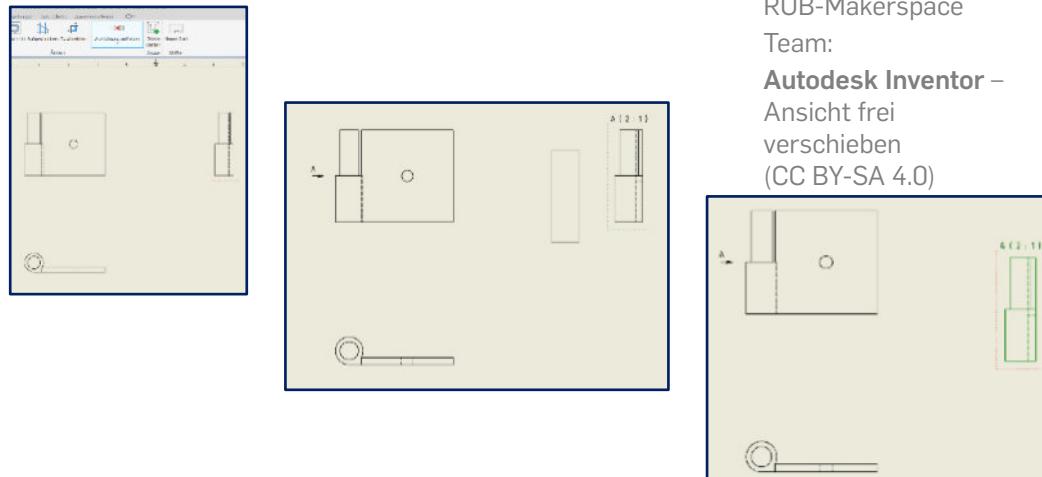
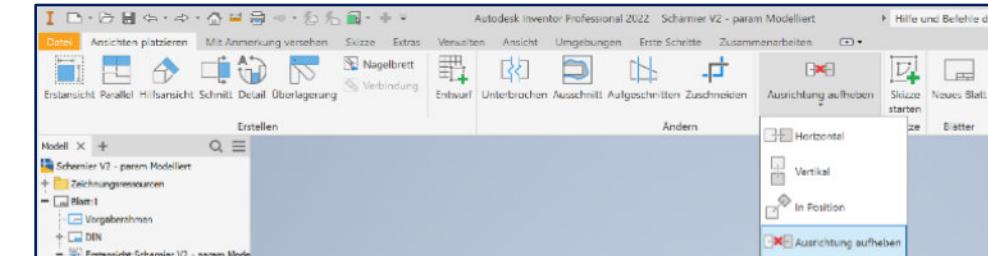
## 8. Ansichten nach Bedarf verschieben



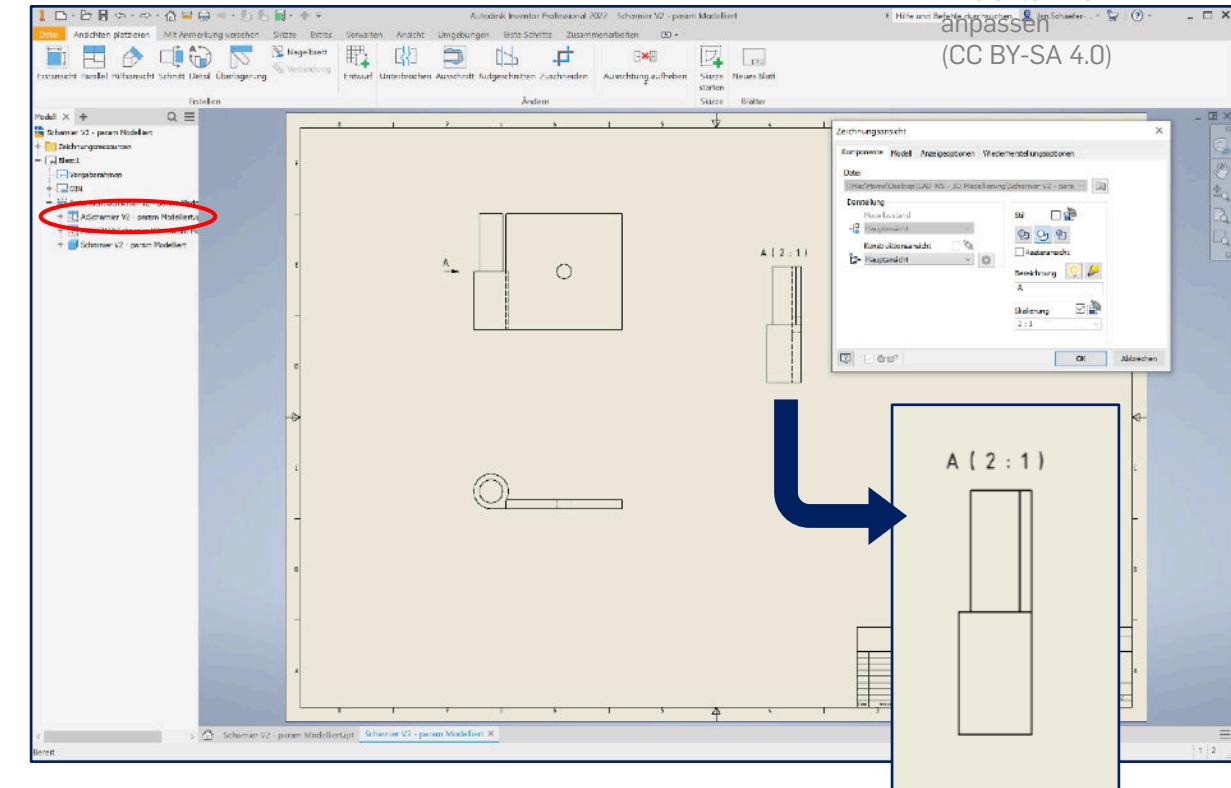
RUB-Makerspace  
Team:  
Autodesk Inventor –  
Ansicht verschieben  
(CC BY-SA 4.0)

# Zeichnungsableitung – Workflow (5)

## 9. Bestimmte Ansicht frei verschieben

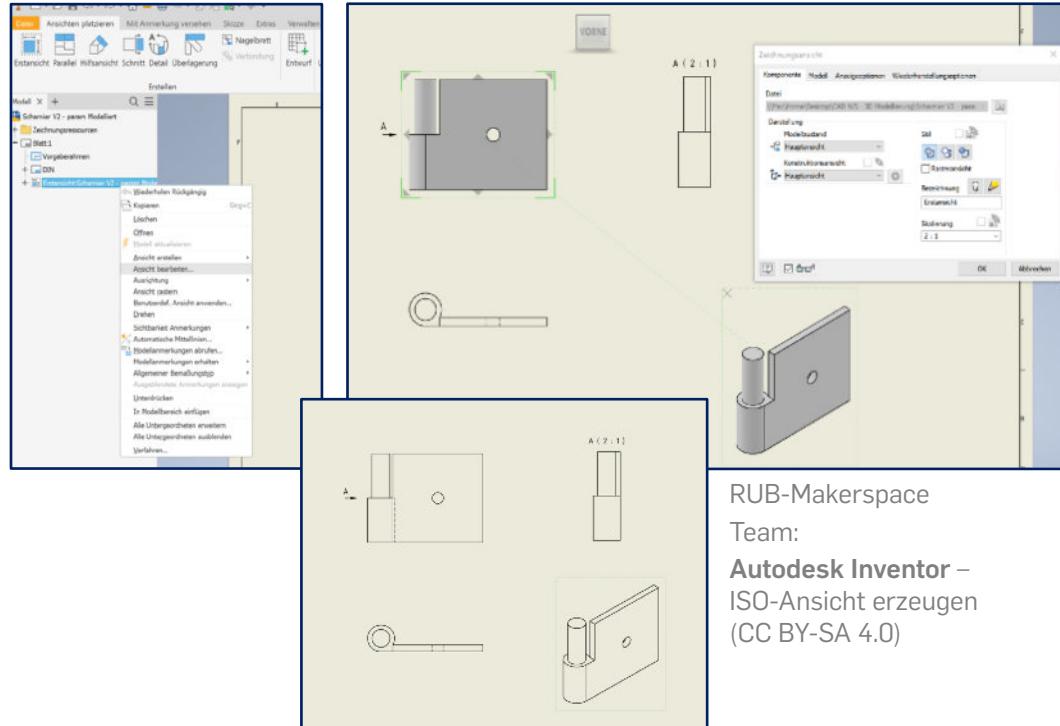


## 10. Bestimmte Ansicht frei anpassen

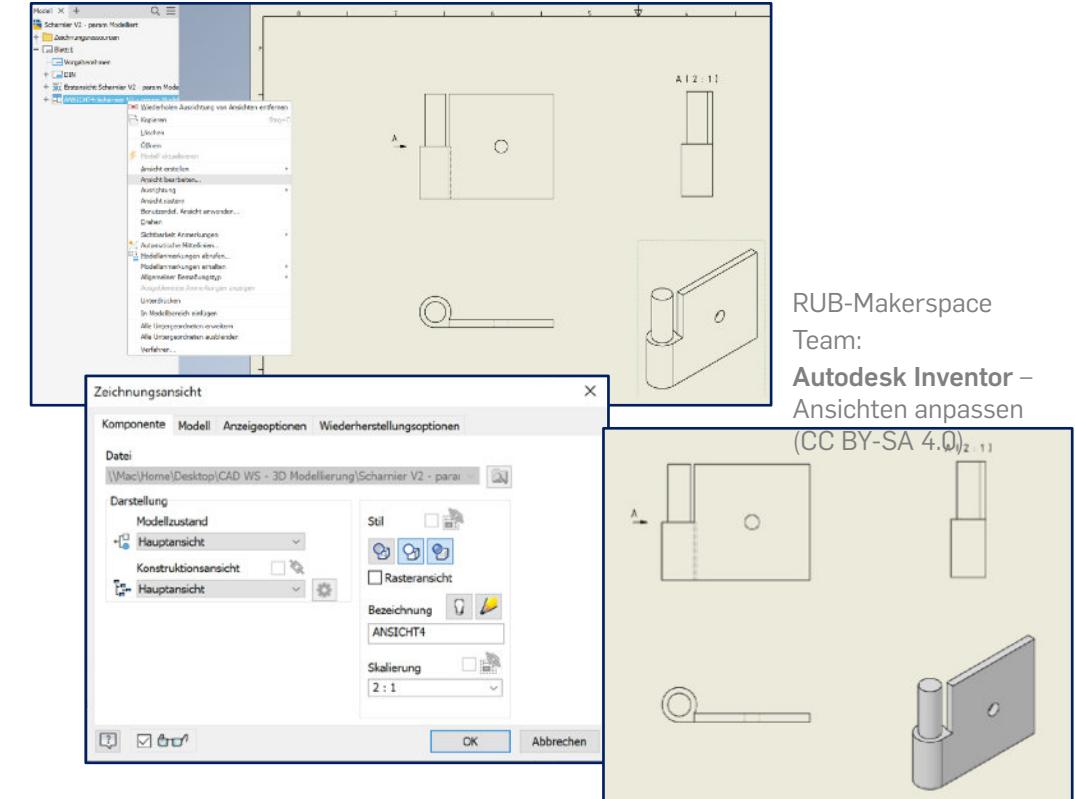


# Zeichnungsableitung – Workflow (6)

## 11. Isometrische Ansicht erzeugen

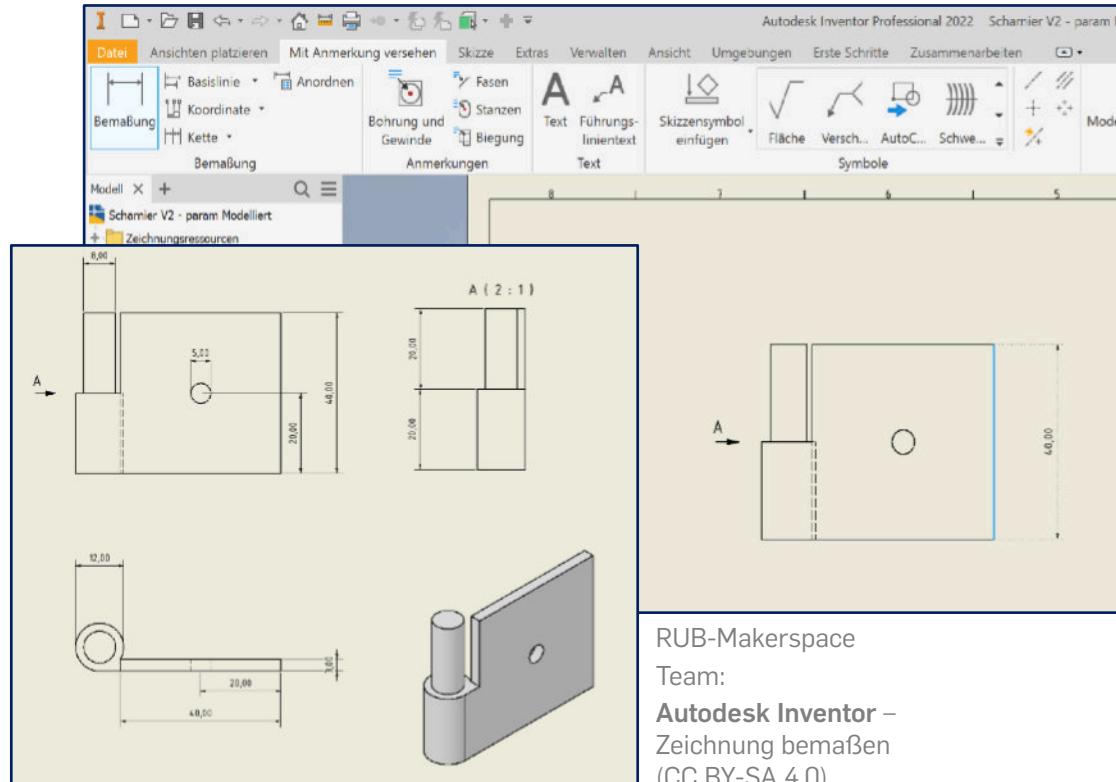


## 12. Bestimmte Ansicht anpassen

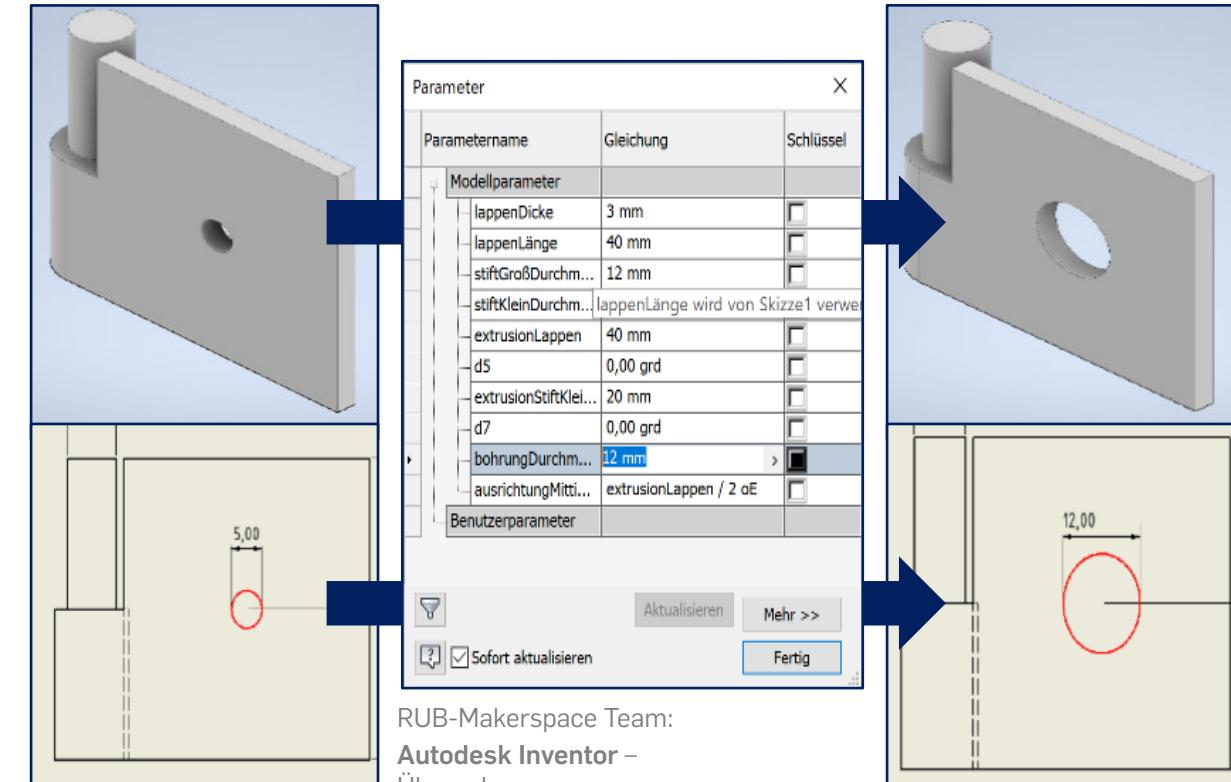


# Zeichnungsableitung – Workflow (7)

## 13. Zeichnung bemaßen



## 14. Exkurs: Übernahme v. Parameteränderung

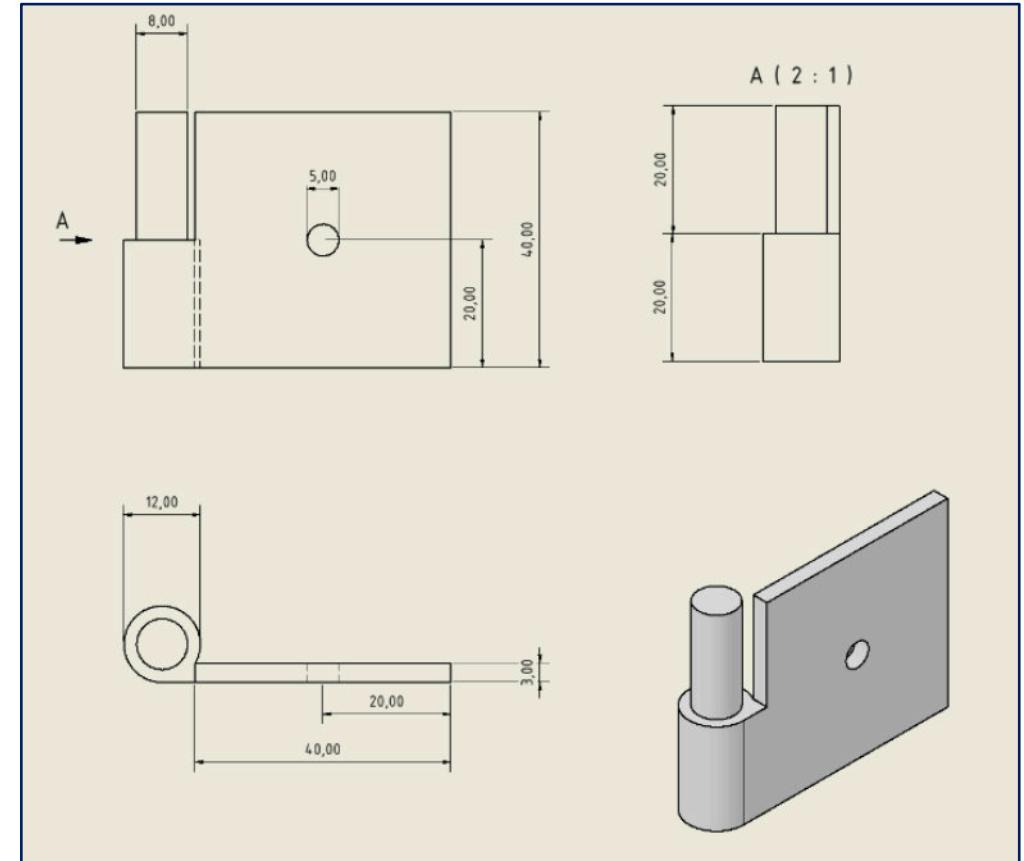


# Zeichnungsableitung - Aufgabe

## Aufgabe

Wir wollen ein Scharnier fertigen!

Fertigt eine Konstruktionszeichnung für eines der beiden Scharnierteile an und bemaßt diese!



RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor – Abgeleitete Zeichnung eines Scharnierteils  
(CC BY-SA 4.0)

## Link-Liste

Parametrische vs. direkte Modellierung:

- <https://www.ptc.com/de/blogs/cad/die-wahrheit-uber-direkte-und-parametrische-modellierung>

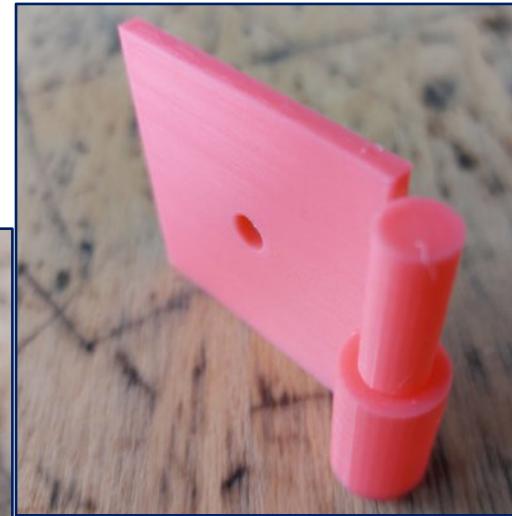
Perinorm:

- <https://www.perinorm.com/search.aspx>

Zeichnungsableitungs-Tutorial:

- [https://www.youtube.com/watch?v=\\_T82IXVvOUw](https://www.youtube.com/watch?v=_T82IXVvOUw) (Teil 1, Zugriff am 02.11.2021)
- <https://www.youtube.com/watch?v=2jSAdlqaaC4> (Teil 2, Zugriff am 02.11.2021)

# Professionelle CAD/CAx-Software – Noch Fragen?



RUB-Makerspace Team: Einzelteile eines 3d-gedruckten Scharniers – schräge Bilderanordnung  
(CC BY-SA 4.0)

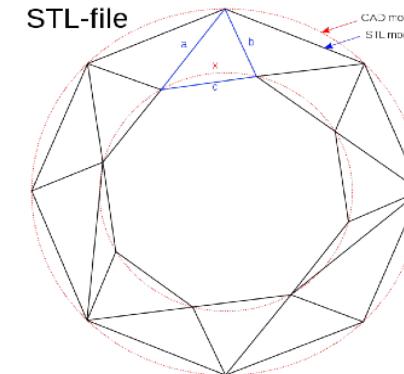


RUB-Makerspace Team:  
3d- gedrucktes Scharnier  
(CC BY-SA 4.0)

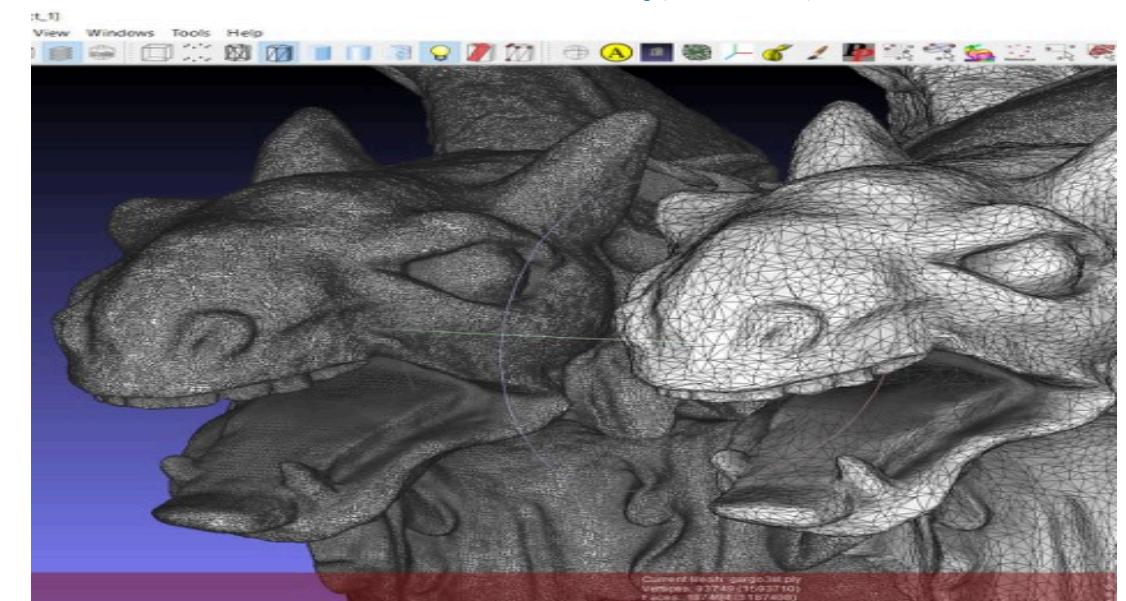
## (Exkurs) - Sculpting

## Vorbemerkung: Mesh-Modelling (eher nicht CAD)

- „Meshes“ = 3D-Modelle, die aus (reinen) Punktwolken bestehen
- Enthalten anders als CAD-Daten keine „Logik“ (z.B. nicht „das ist ein Kreis“, sondern x Punkte im Raum, die kreisförmig angeordnet sind)
- .stl-Dateien sind Meshes, 3D-Scanner werfen Meshes aus, etc.
- Tools wie [Meshmixer](#) oder [Meshlab](#) können für die Bearbeitung genutzt werden. Auch Fusion360 hat seit einiger Zeit einen Arbeitsbereich nur für Mesh-Modelling
- Analogie: Raster- vs. Vektorgrafik
- Wir arbeiten in diesem Workshop punktuell mit .stl-Dateien, das Thema wäre aber evtl. auch einen eigenen Workshop wert



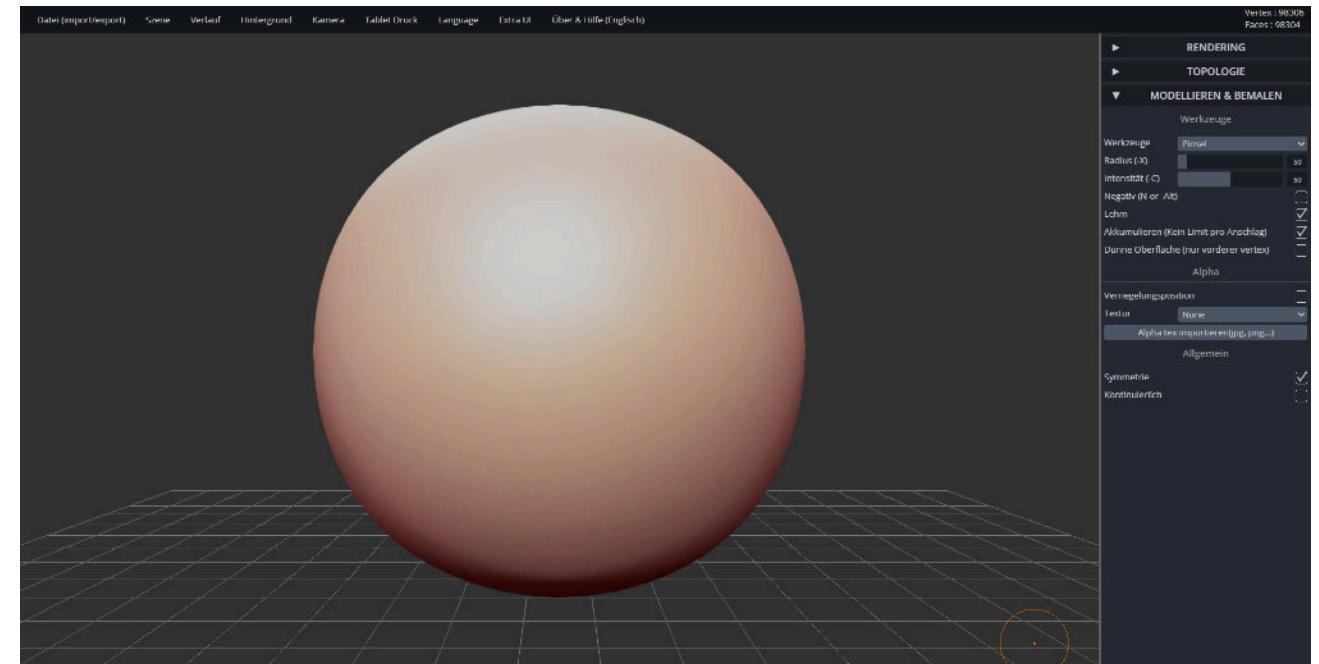
LaurensvanLieshout: Two concentric circles, representing a CAD model of a doughnut shape, and a series of triangles approximating the doughnut, representing how STL modeling work, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The\\_differences\\_between\\_CAD\\_and\\_STL\\_Models.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_differences_between_CAD_and_STL_Models.svg) (CC BY-SA 3.0)



Meshlab Screenshot (meshlab.net: Measurement and Analysis, <https://www.meshlab.net/img/Feature/Simplification.jpg>(CC BY-SA 4.0)

## 3D-Modellierung als „Sculpting“

- Idee: Arbeiten wie mit Ton
- Start mit einer Grundform (Kugel, Würfel, etc.), die verformt wird
- Verschiedene Werkzeuge (eindrücken, herausziehen, aufblasen, durchschneiden, ...)
- Bekanntes Tool: z-Brush (kommerziell) - Alternative im Browser: [SculptGL](#)
- Nicht unbedingt CAD im engeren Sinne, eher künstlerisch-visuell, Mesh-Modelling

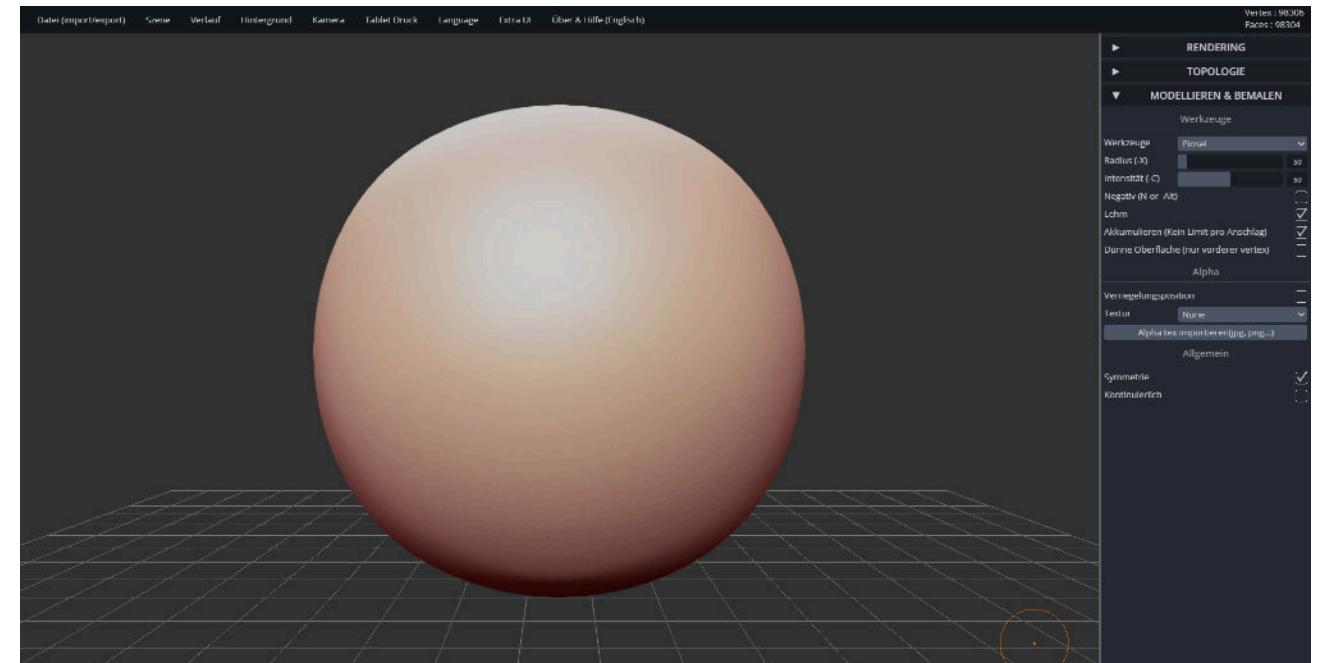


# PRAXIS: Hands-On mit SculptGL

- <https://stephaneginier.com/sculptgl/>
- **Freies Erkunden und Ausprobieren**

oder:

- Video „Sculpt-along“: <https://www.youtube.com/watch?v=lxlHB4y7qWI>
- Text/Tutorial „Let's sculpture with SculptGL“: [https://styly.cc/tips/3d\\_sculpttool\\_sculptgl/](https://styly.cc/tips/3d_sculpttool_sculptgl/)

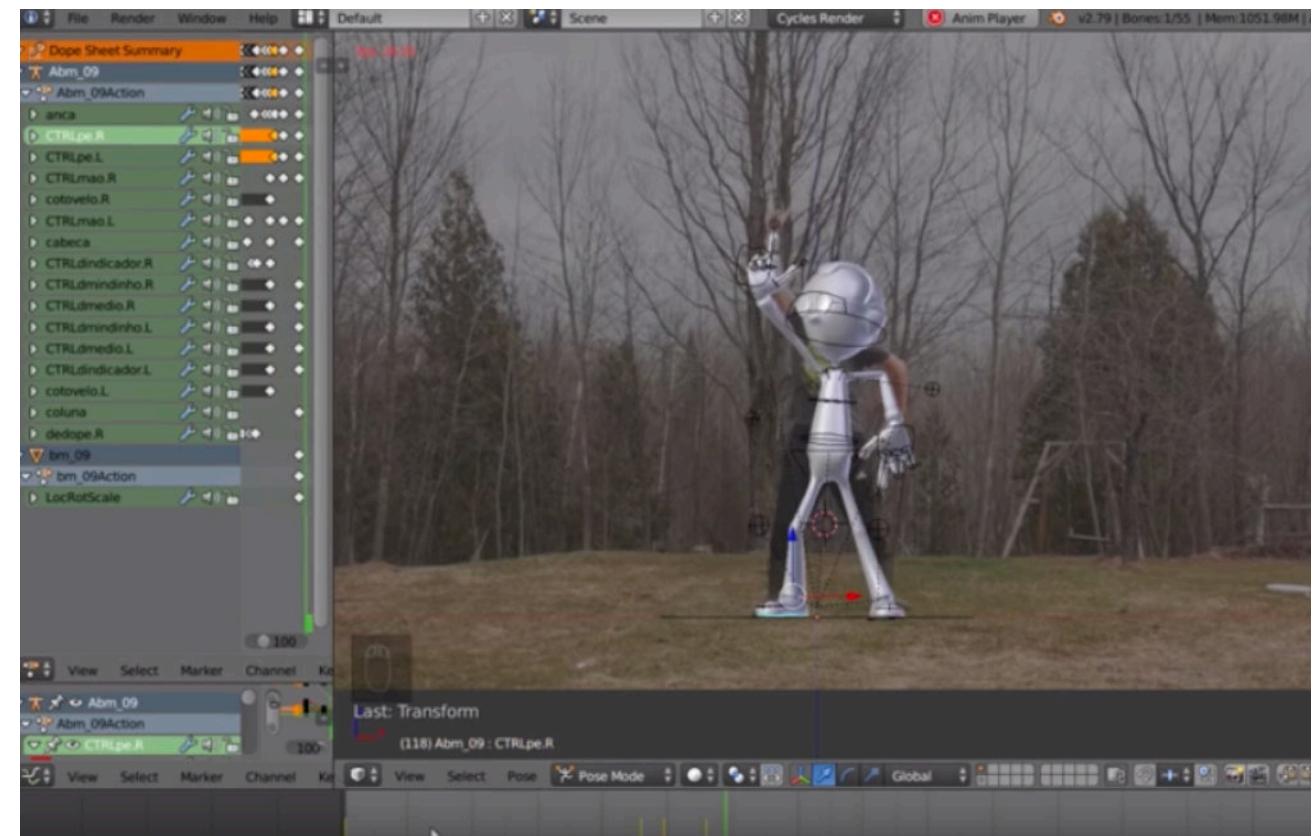


SculptGL(Screenshot)

## Ausblick: Blender

## Blender – Überblick

- Freies und plattformunabhängiges CAD-Programm (Open Source)
- Erstellung von Modellierungen, Texturierungen und Animationen
- Wird oft im Gaming-Bereich verwendet, bspw. in Kombination mit der Game-Engine Unity

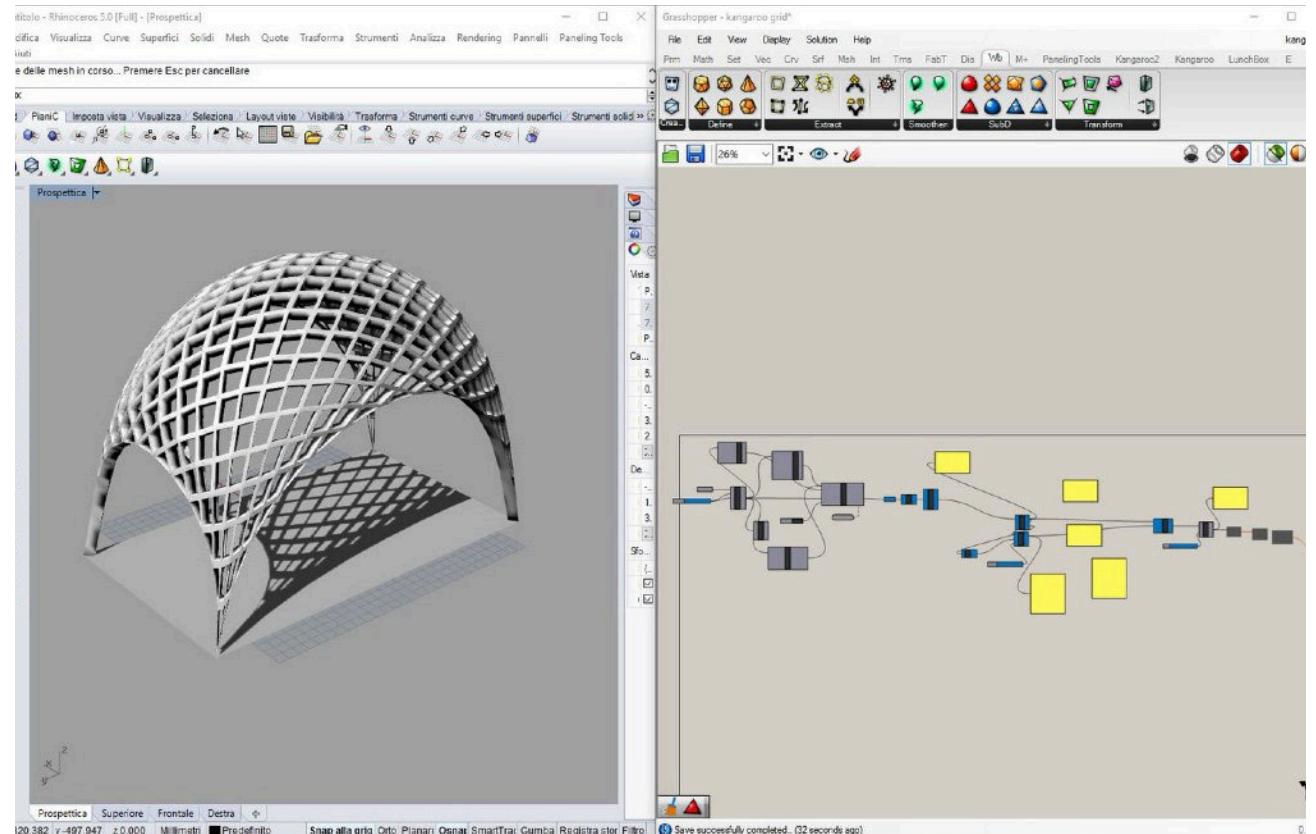


<https://improveyourdrawings.com/2019/05/20-free-blender-animation-tutorials-that-will-make-you-improve-fast/screen-shot-2019-06-08-at-7-30-57-pm/>

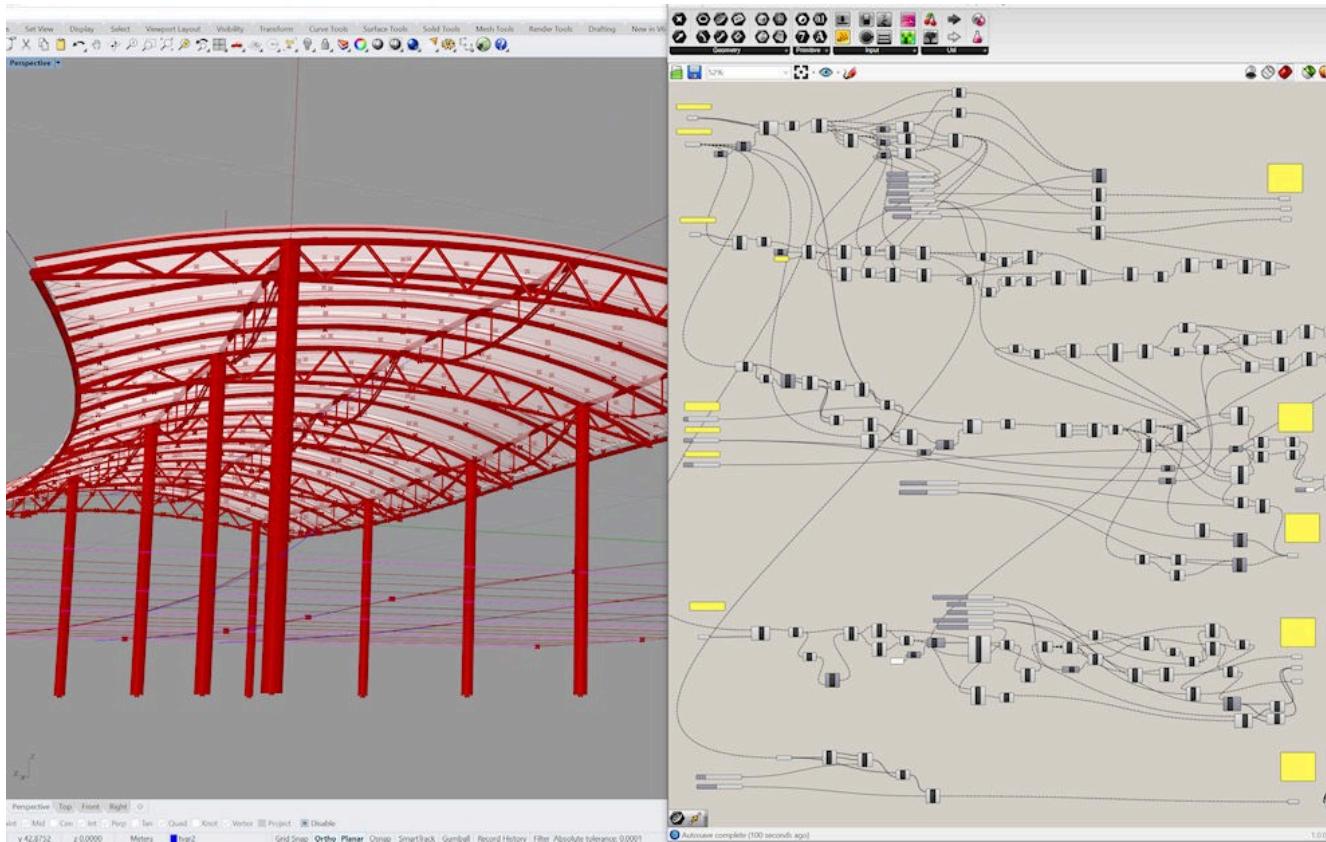
## Ausblick: Rhino + Grasshopper

# CAD?!

- Rhino ist ein kommerzielles CAD-Programm, das vor allem in der Architektur eingesetzt wird
- Wird überwiegend für Flächenmodulationen genutzt (gut für komplexe Freiformen)
- Grasshopper ist ein Plug-In zur generativen Modellierung in Rhino
- Auch die Einbindung von Scripten und Formeln ist möglich



<https://www.re-thinkingthefuture.com/architectural-community/a2324-10-grasshopper-tips-for-architects/>



<https://freelancing.eu/jaroslavbaron/gallery/87/>



<https://www.youtube.com/watch?v=9wx4Gzxs02c>

-  [makerspace@rub.de](mailto:makerspace@rub.de)
-  <https://makerspace.rub.de/>
-  [RUB Makerspace](https://www.youtube.com/c/RUBMakerspace)
-  [@rubmakerspace](https://twitter.com/rubmakerspace)
-  [@rubmakerspace](https://www.instagram.com/rubmakerspace)