

# CAD im RUB-Makerspace

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



## 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)

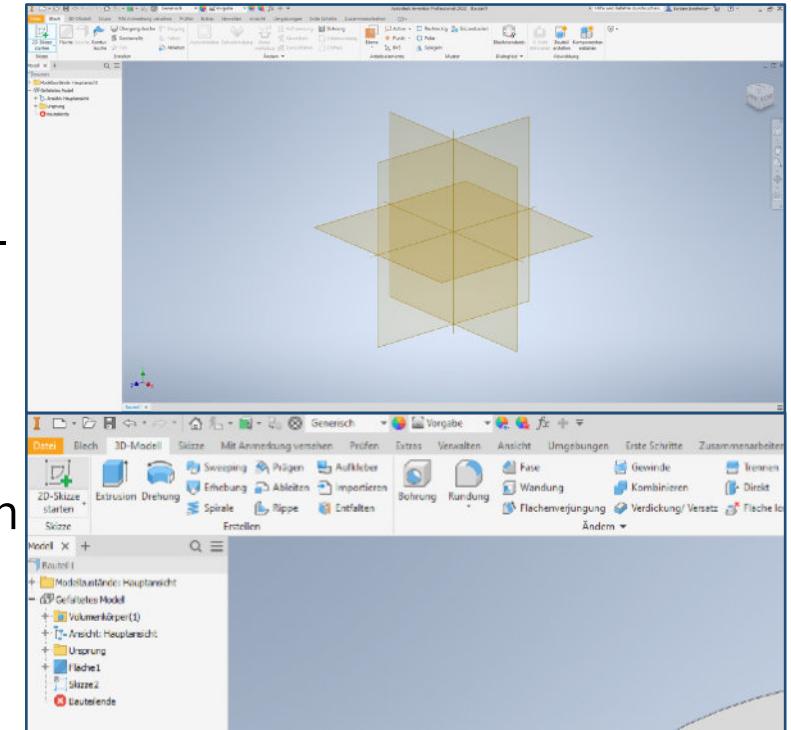
30min: **Ausblick: Rhino + Grasshopper sowie Blender** (Flo)

Bitte rege Fragen stellen & Input geben!

# Basics

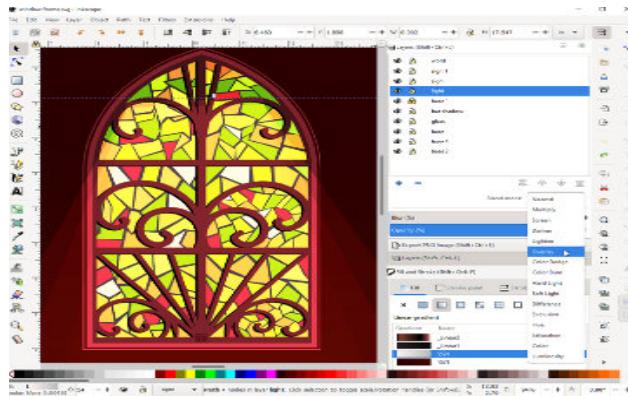
# CAD?!

- 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

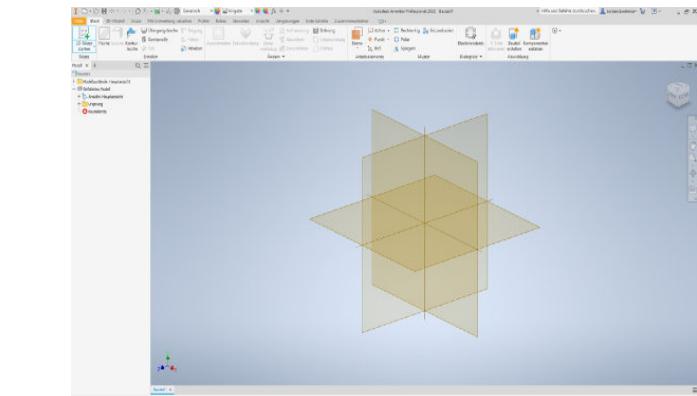
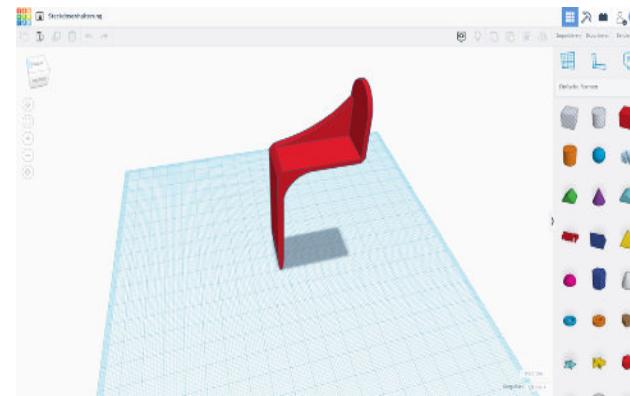


RUB-Makerspace Team, Autodesk Inventor – Beispiel für ein CAD-Werkzeug (CC BY-SA 4.0)

## Beispiele für CAD-Werkzeuge - in diesem Workshop



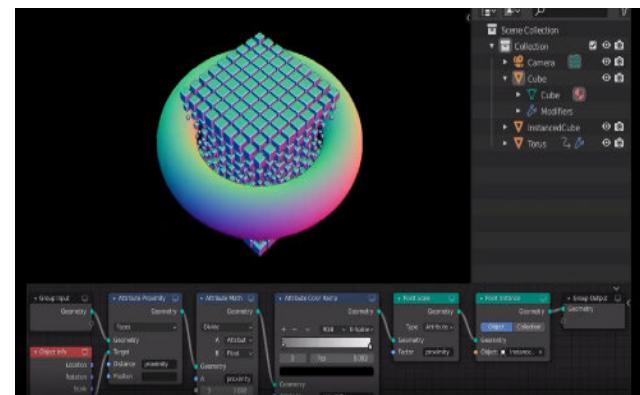
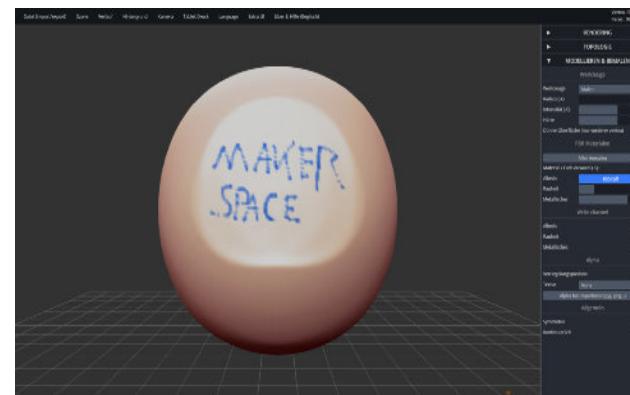
**Inkscape:** Universalwerkzeug für 2D-Vektorgrafik (Sonia Benett: Overlay, <https://inkscape.org/~SoniaB/%E2%98%85overlay>, CC BY-SA)



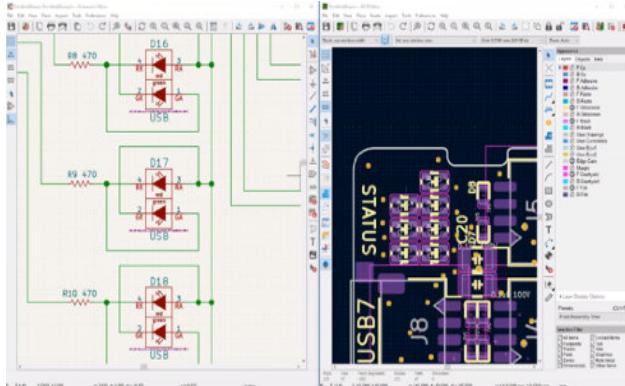
**Autodesk Inventor:** 3D-Gestaltung für komplexe Aufgaben mit genauer Beschreibung von Baugruppen, Parametern & Abhängigkeiten (Screenshot, CC BY-SA 4.0)



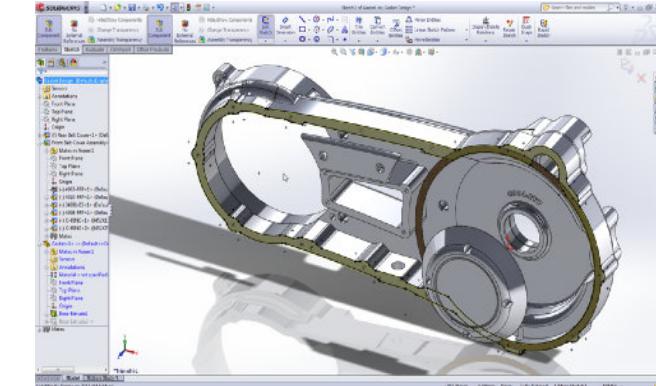
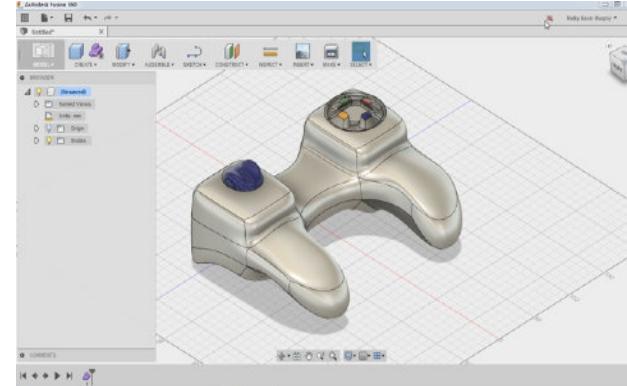
**Rhinoceros 3D:** 3D-Universalwerkzeug mit eigener Programmier-Umgebung, enorm erweiterbar (peter1: Basic work making a trumpet, <https://discourse.mcneel.com/t/basic-work-making-a-trumpet/35621>, CC 2.0 BY-SA)



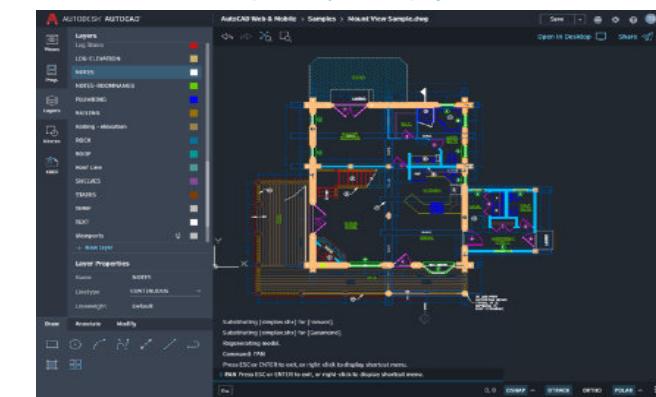
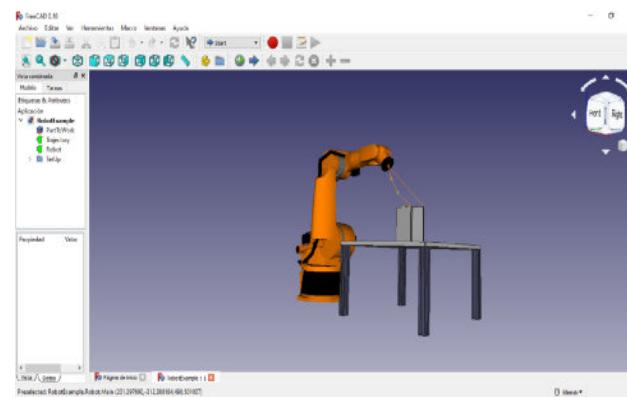
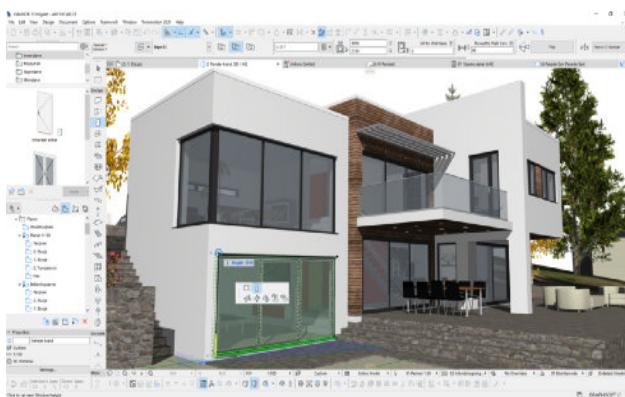
# Beispiele für CAD-Werkzeuge - weitere (u.v.m.)



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

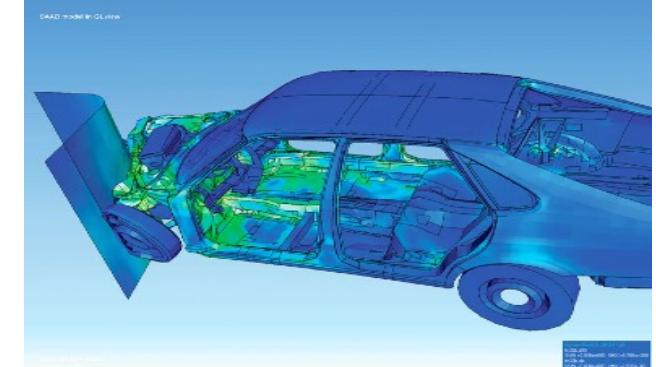
**Shaper Origin:** Touchscreen-Menüs

**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
- ...



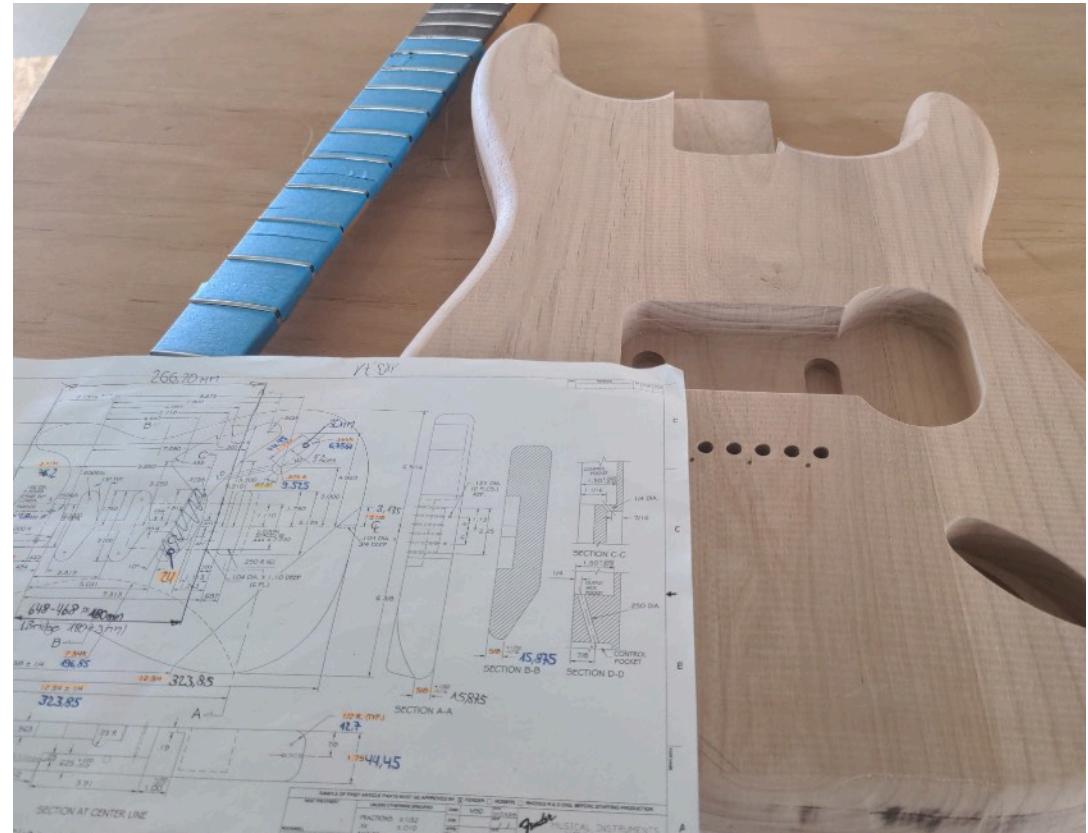
FEM-Simulation, [File:FAE visualization.jpg](#) - Wikimedia Commons (Public Domain)



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

## 2D und 3D

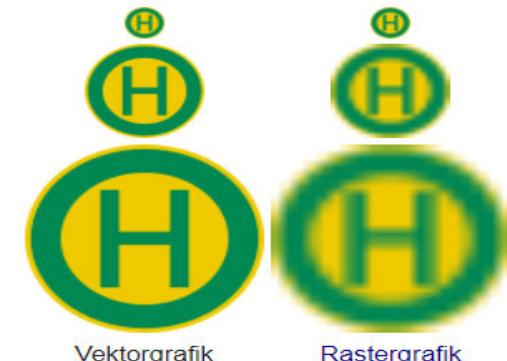
- Für alle Prozesse, bei denen es eher ums Schneiden geht, reichen 2D-Daten (=Vektorgrafiken)  
*zB: Shaper, Schneidplotter, Laser, Holz-CNC-Fräse, ...*
- Erst, wenn sich mehr als zwei Achsen des betreffenden Gerätes bewegen, brauchen wir 3D-Daten  
*zB: 5-Achs-Fräse, 3D-Drucker, Holz-CNC bei 3D-Einsatz,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



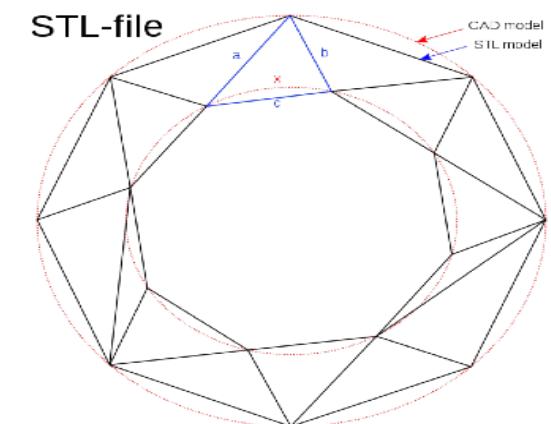
Diese 3D-Form ist komplett aus einer 2D-Skizze entstanden  
O. Stickel - Mit Shaper Origin gefräster Gitarrenkorpus und techn. Zeichnung (CC-BY-SA 4.0)

## 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



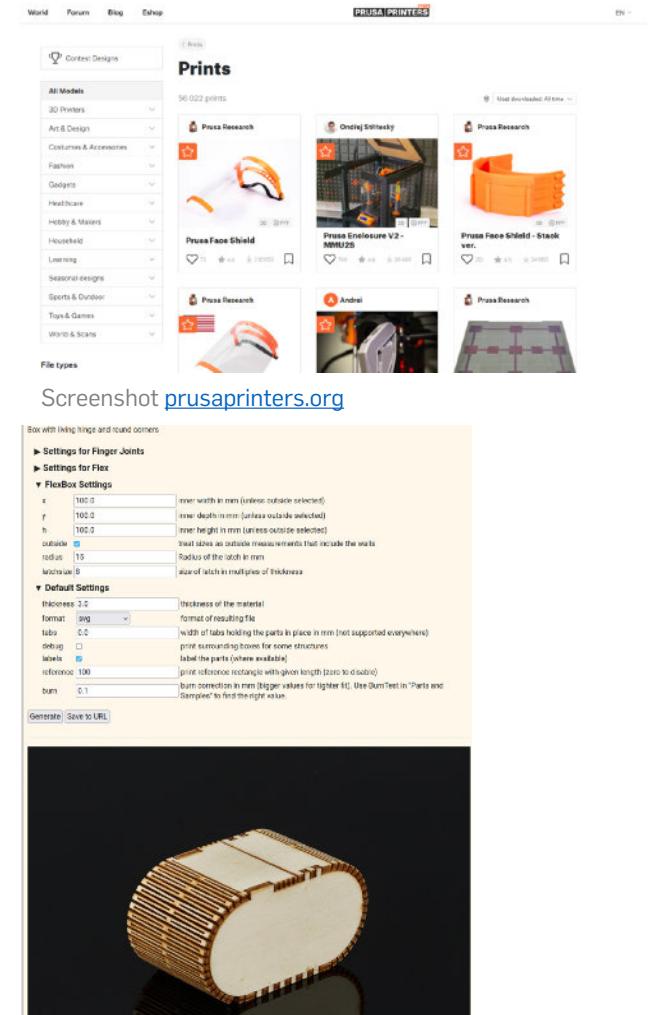
Raster- vs. Vektorgrafik ([Public Domain](#))



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?!

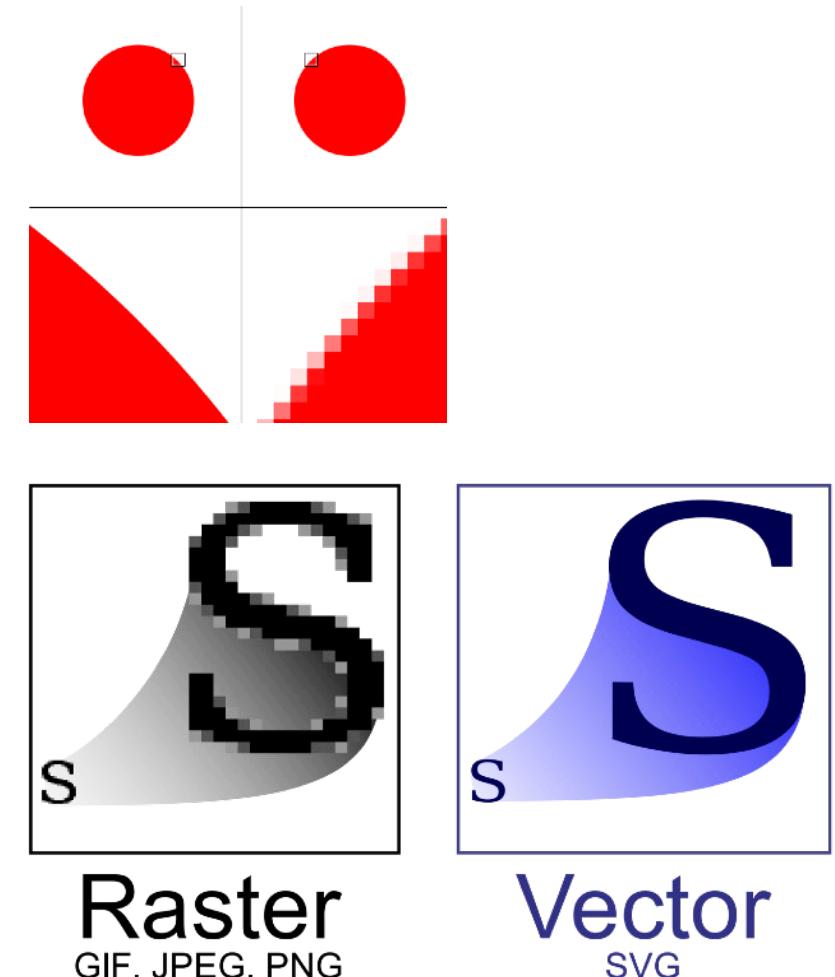
- Es gibt unglaublich viele 2D- und 3D-Dateien im Netz, die man direkt nutzen oder anpassen kann - **suchen lohnt sich**
- Für 2D: Suchstichworte wie „+vector +free“ o.Ä. reichen oft schon aus oder Plattformen wie [vector.me](http://vector.me) oder [freevector.com](http://freevector.com)
- Für 3D: Eigene 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*



## 2D - Vektorgrafik mit Inkscape

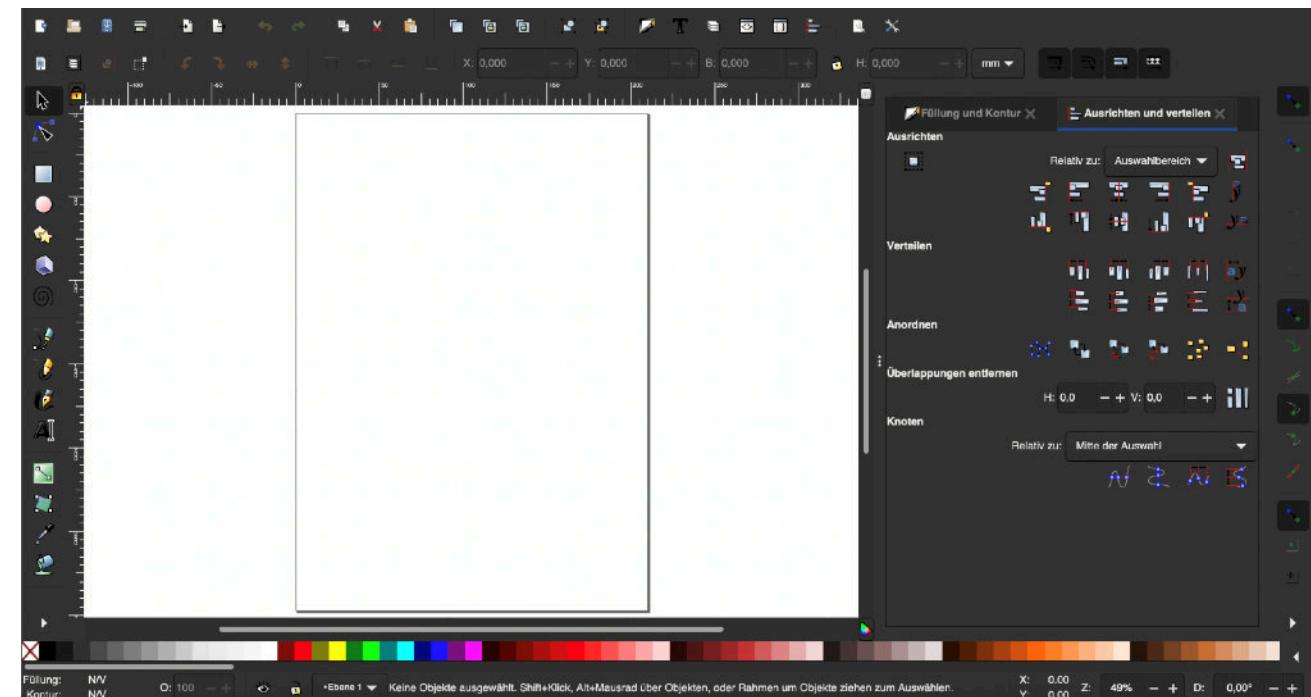
## VEKTORGRAFIKEN (SVG UND DXF)

- 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

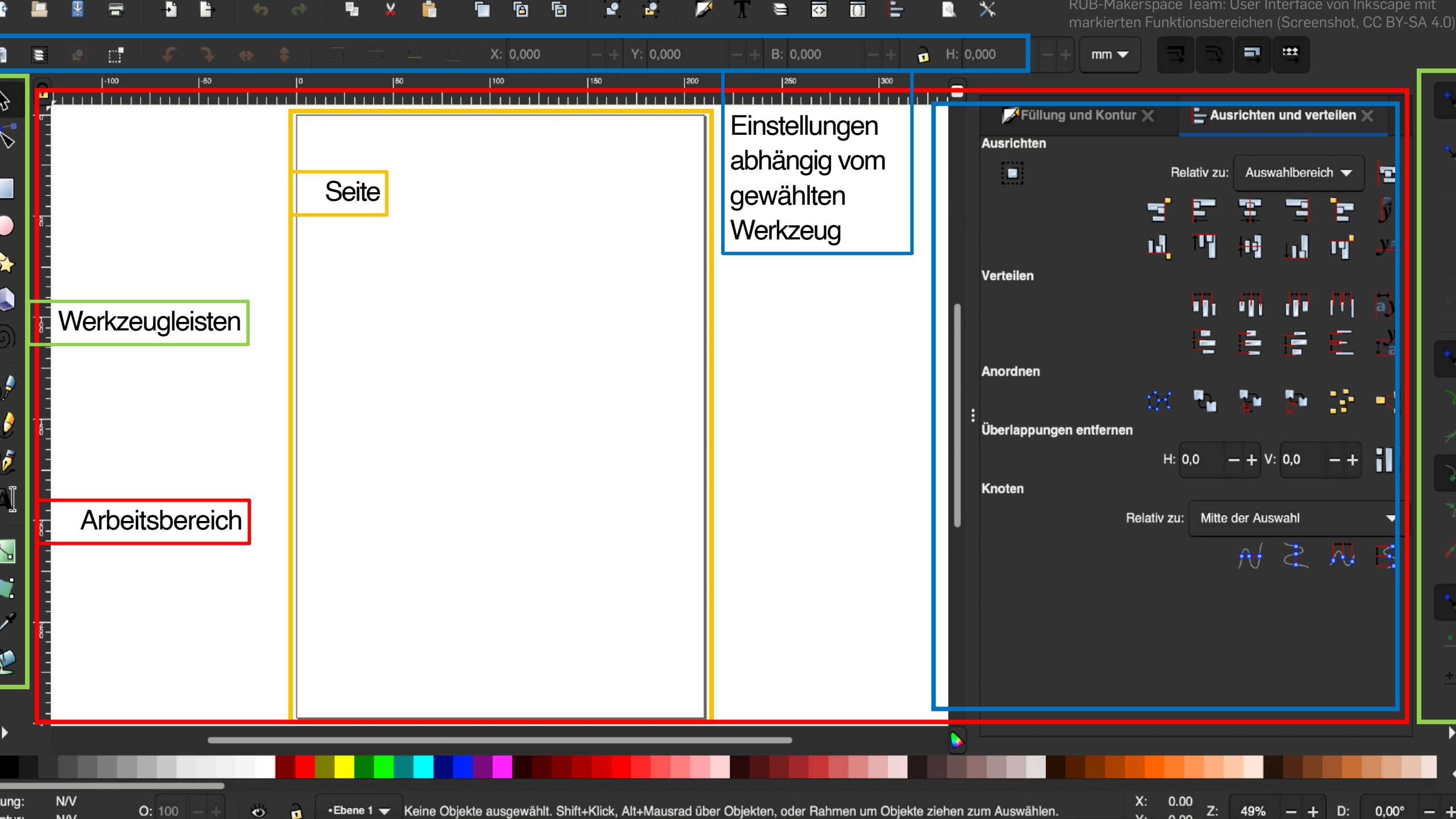


## INKSCAPE – ERSTE SCHRITTE

- 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.

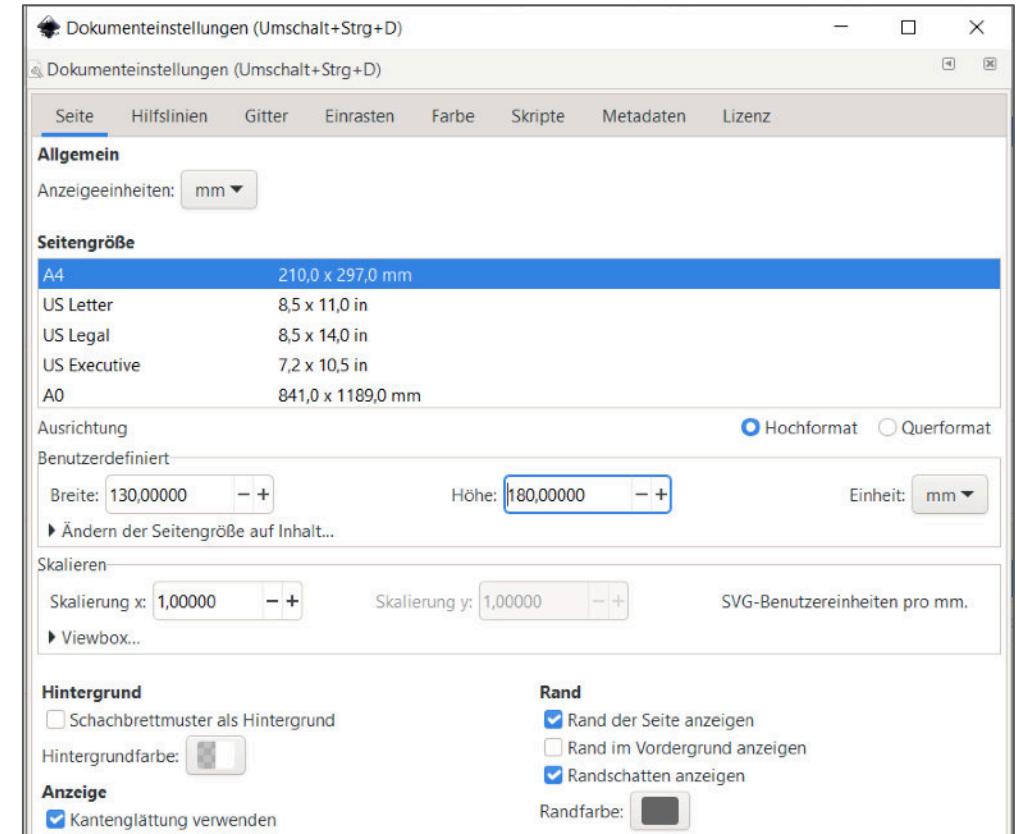


RUB-Makerspace Team: User Interface von Inkscape (Screenshot, CC BY-SA 4.0)



# CAD?!

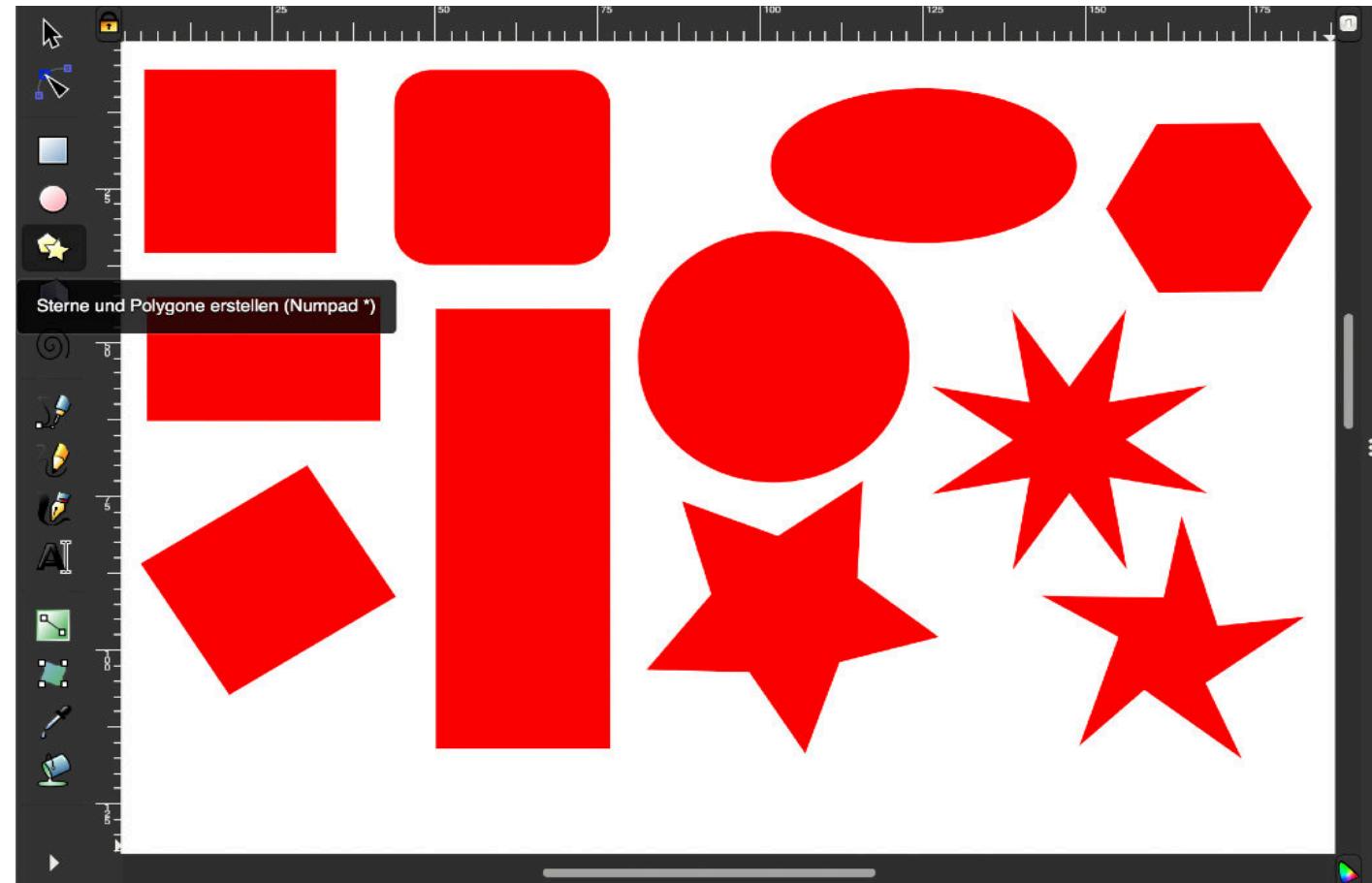
- Seiteneinstellungen aufrufen unter:  
Datei > Dokumenteneinstellungen  
(Umschalt + Strg/cmd + D)
- Unter „Seite“ kann die Größe der Seite in Millimetern eingestellt werden
- Unter “Gitter“ kann ein Hilfsraster angelegt werden (u.U. gut für technische Zeichnung); lässt sich durch „#“ ein- und ausstellen



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

## FORMEN ZEICHNEN UND TRANSFORMIEREN

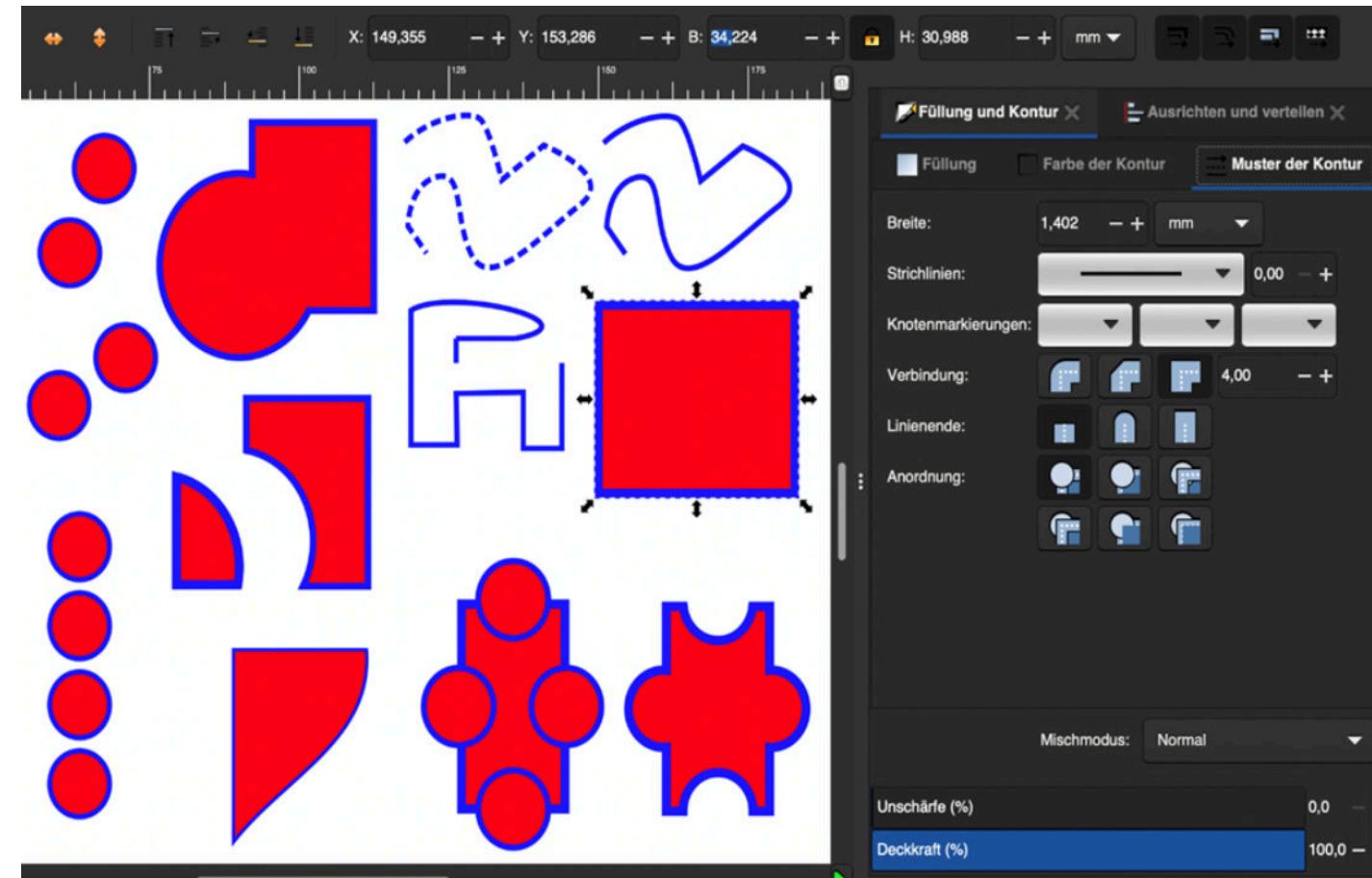
- Rechtecke, Kreise, Polygone etc.
- Maße und Eckenanzahl können in oberer Leiste eingestellt werden
- Über Pfeile an den Ecken lassen sich die Formen verändern
- Bei erneutem Klick auf die Form: Rotieren/Verzerren wird möglich
- Abgerundete Ecken über kleinen Kreis auf Rechteckkante



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

## PFADE ZEICHNEN UND FORMEN MANIPULIEREN

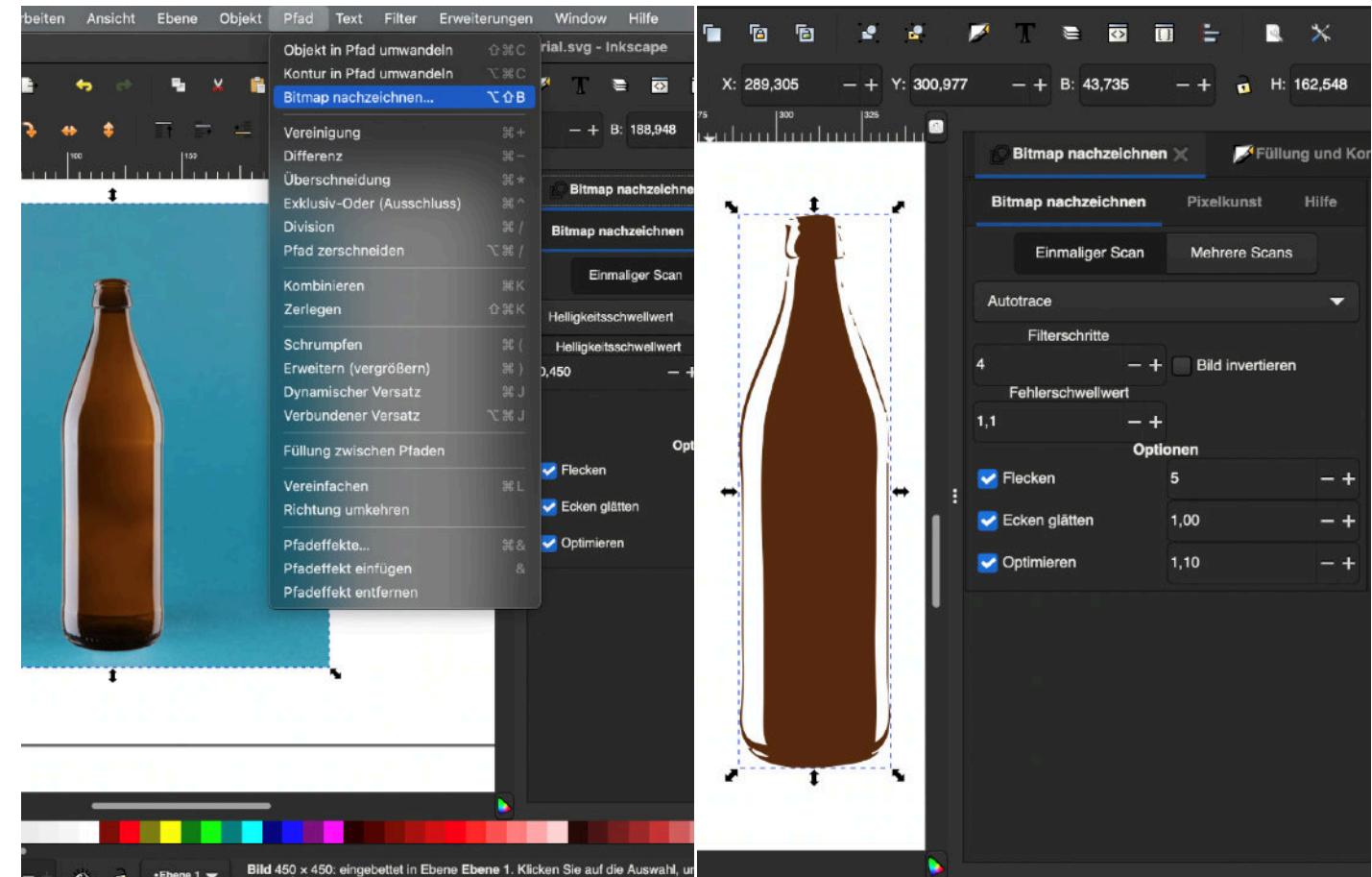
- Jede Form hat eine beliebige Füllfarbe und eine Kontur(farbe)
- Konturen können verschiedene Muster und Stärken haben
- Formen bestehen aus Punkten, die nachträglich bearbeitbar sind
- Formen können (aneinander) ausgerichtet werden
- Boole'sche Operationen möglich!
- Freiformen können mit dem Pfadtool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



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

# BILDNACHZEICHNER

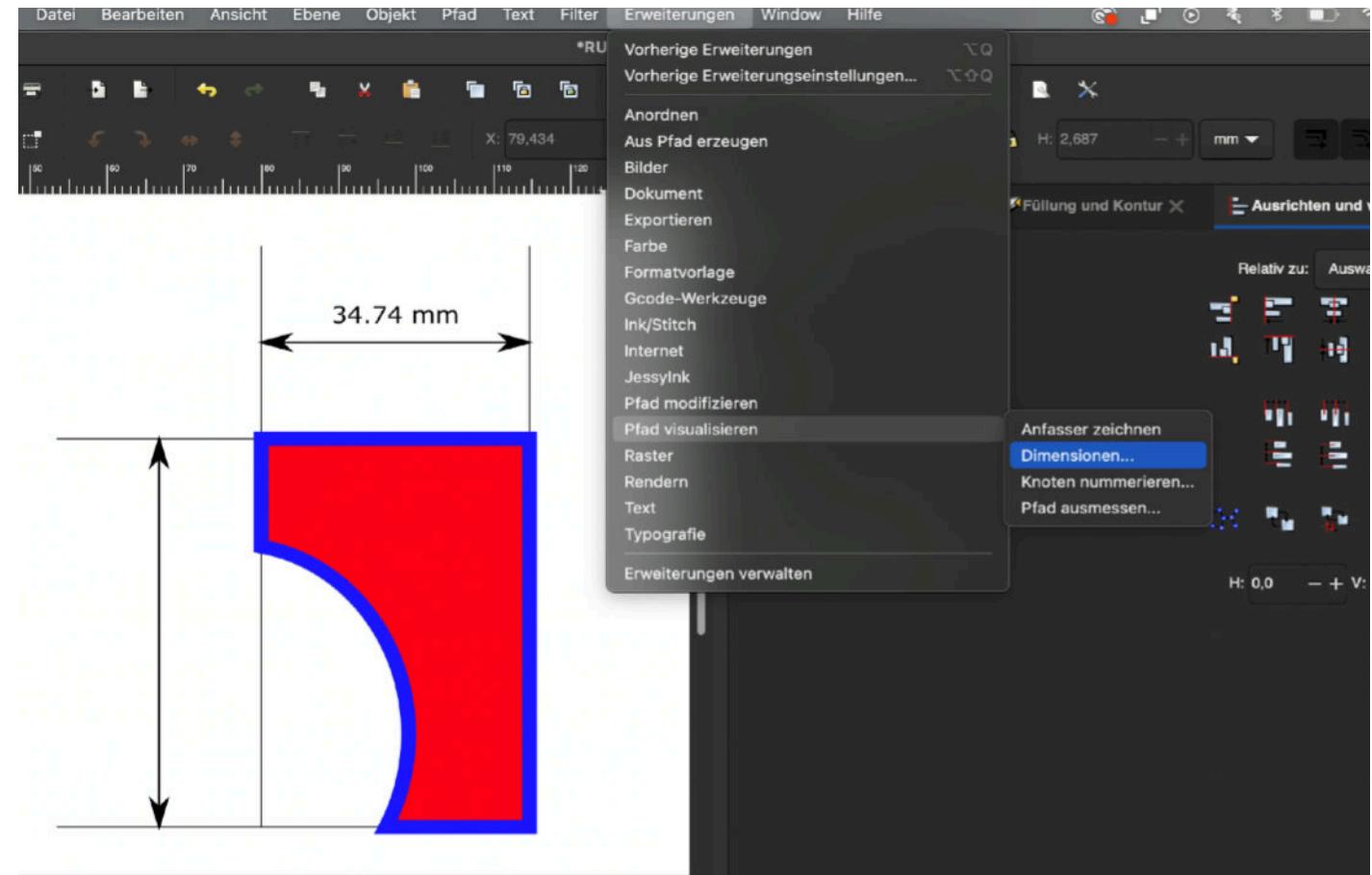
- Oft kann Zeit und Aufwand gespart werden, indem Fotos als Vorlagen genutzt und umgewandelt werden.
- Mit „Pfad“ > „Bitmap nachzeichnen“ können aus Fotos Vektorgrafiken generiert werden.
- Das Ergebnis kann durch Eingabe anderer Schwellwerte beeinflusst werden (Helligkeit, Kanten etc.)



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.



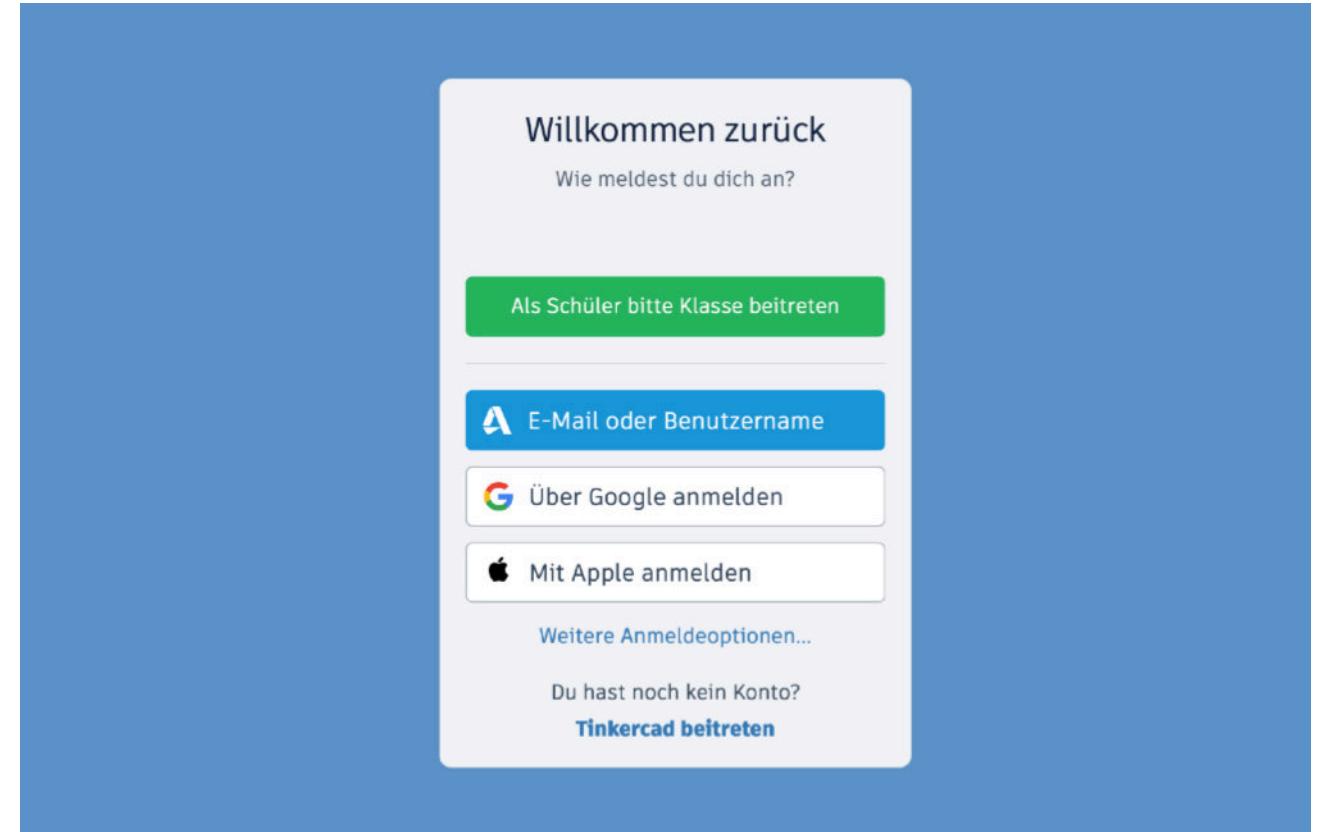
RUB-Makerspace Team: Skizzenbemassungen in Inkscape (Screenshot, CC BY-SA 4.0)

## 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

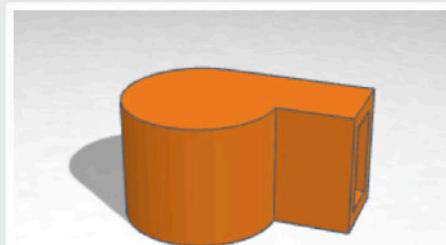
Tweets Folgen

Tinkercad Retweeted

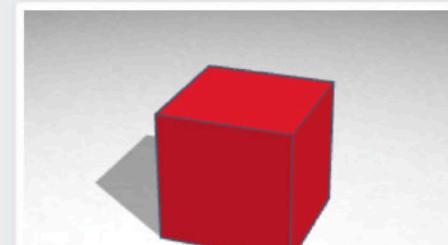
 Paweł Łukasik   
@pawel\_lukasik

Projekt mit Tinkercad CAD erstellt

## Meine zuletzt verwendeten Entwürfe

[Neuen Entwurf erstellen](#) Select

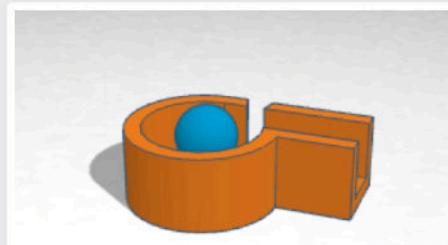
Pfeife-2021-10-02  
vor einem Monat  
Privat



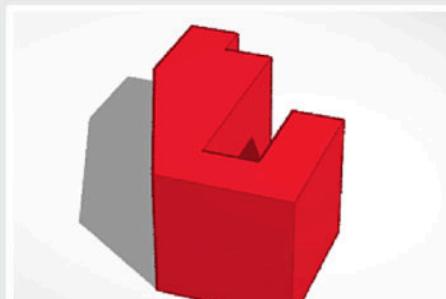
Powerful Jarr-Wluff  
vor einem Monat  
Privat



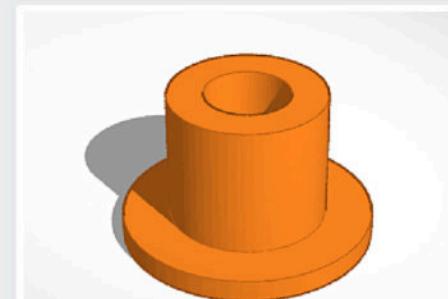
Smashing Blad  
vor einem Monat  
Privat



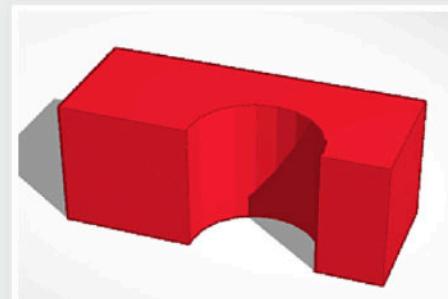
würfel  
vor einem Monat  
Privat



Fantastic Habi-Curcan  
vor 3 Monaten  
Privat



Surprising Hillar  
vor 8 Monaten  
Privat

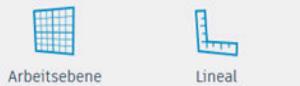
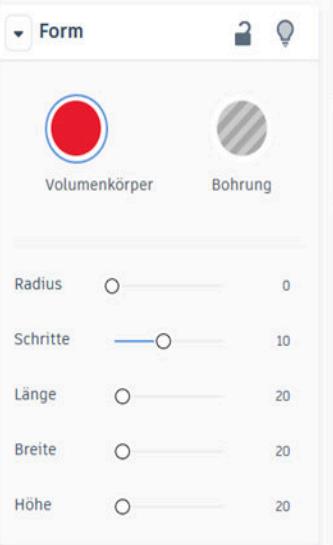
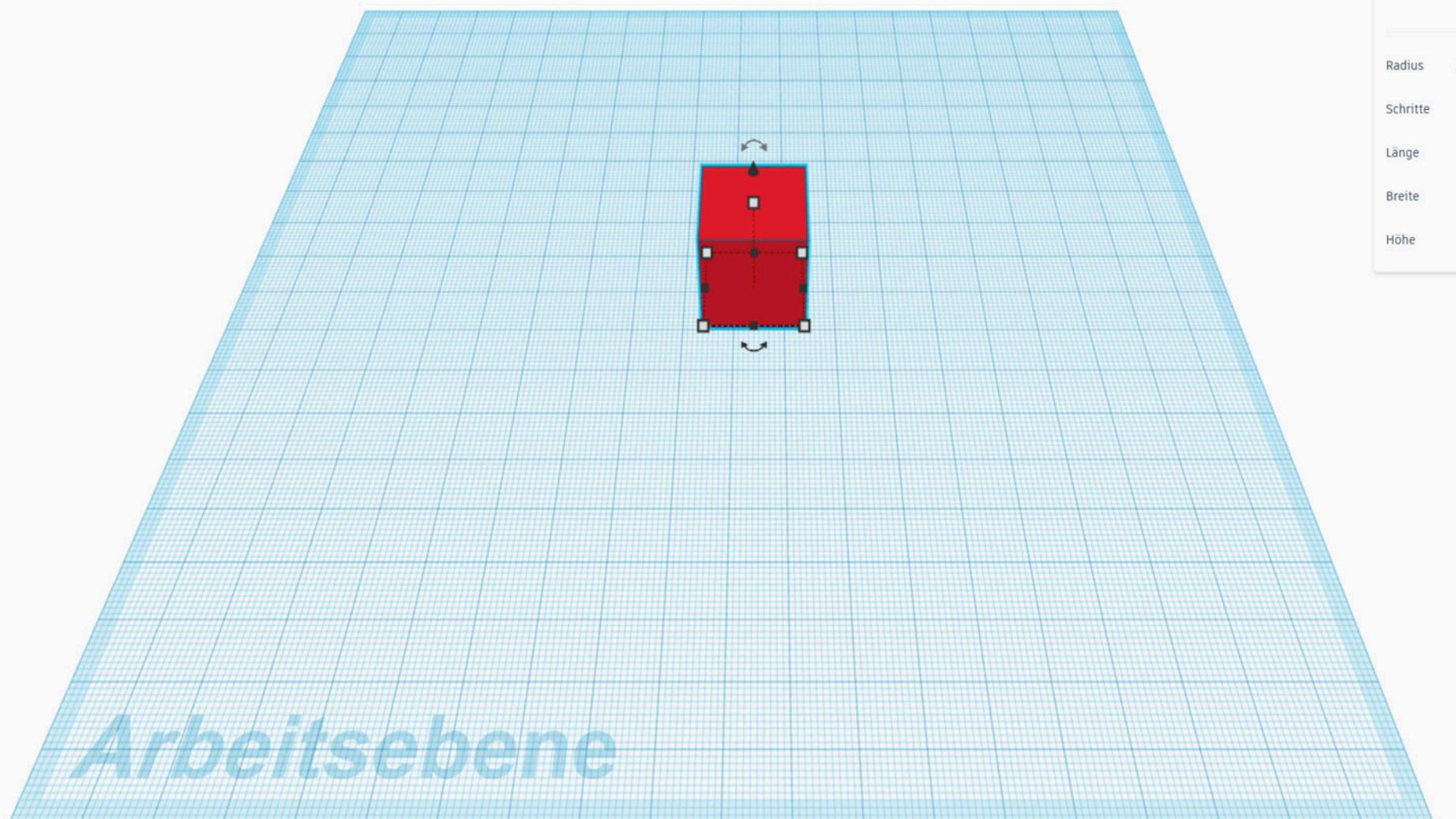
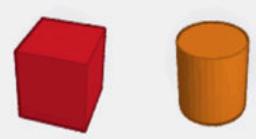
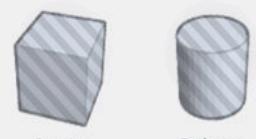


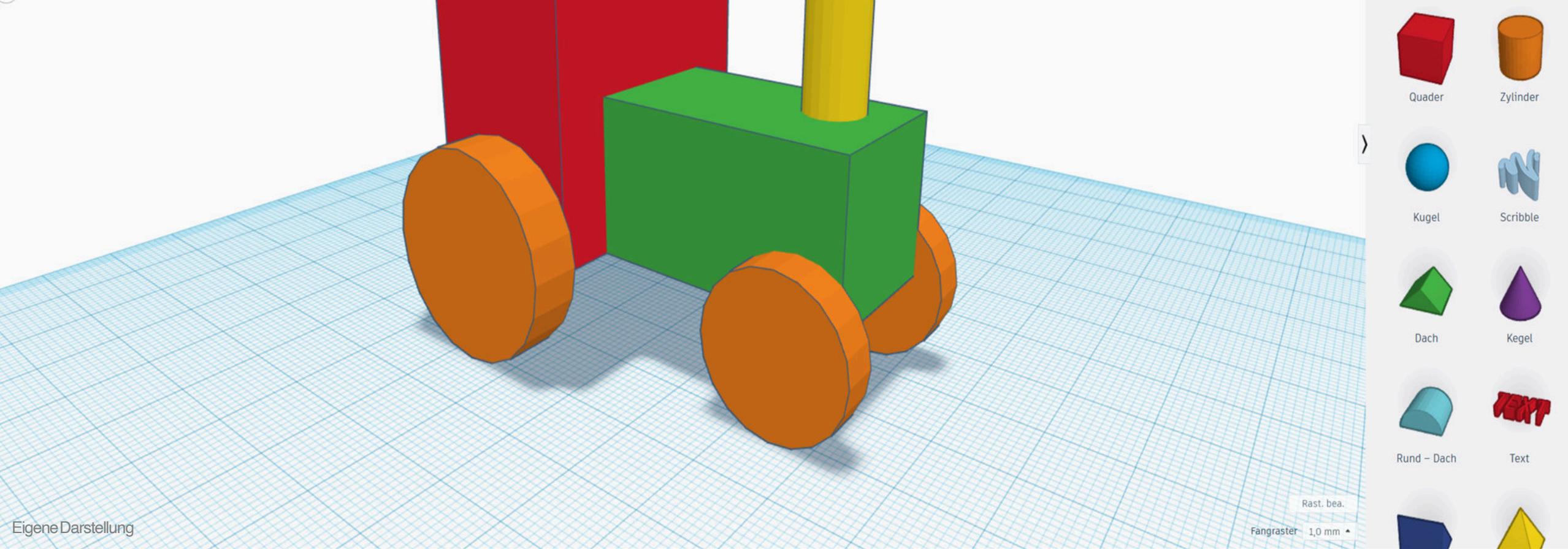
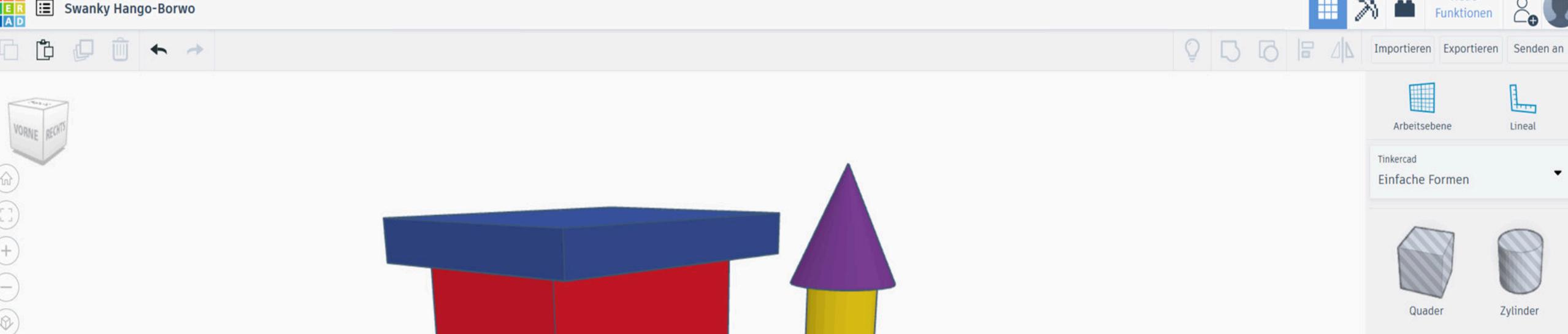
Grand Stantia-Migelo  
vor 10 Monaten  
Privat

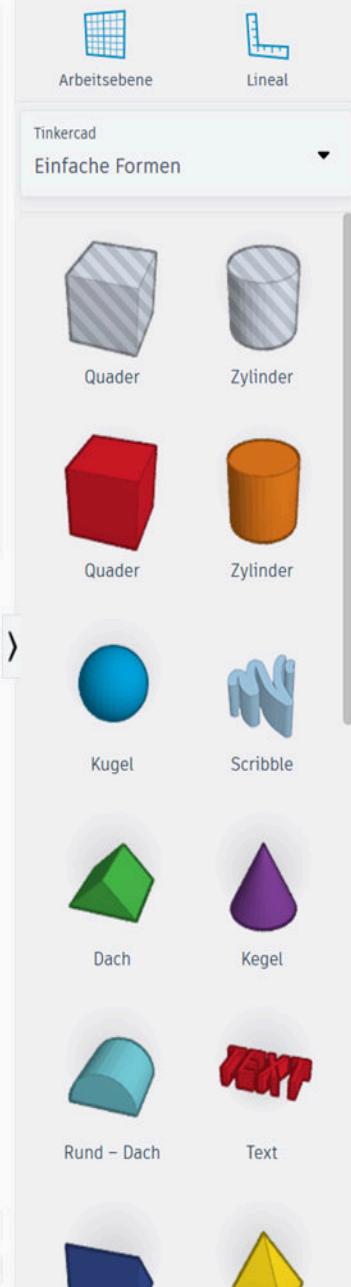
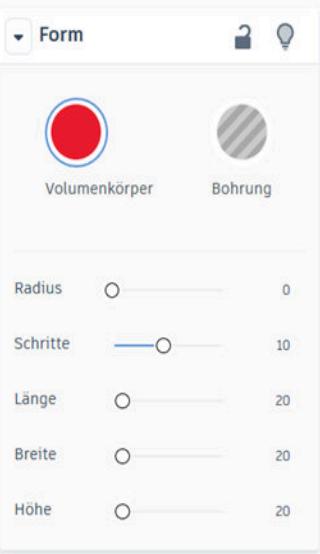
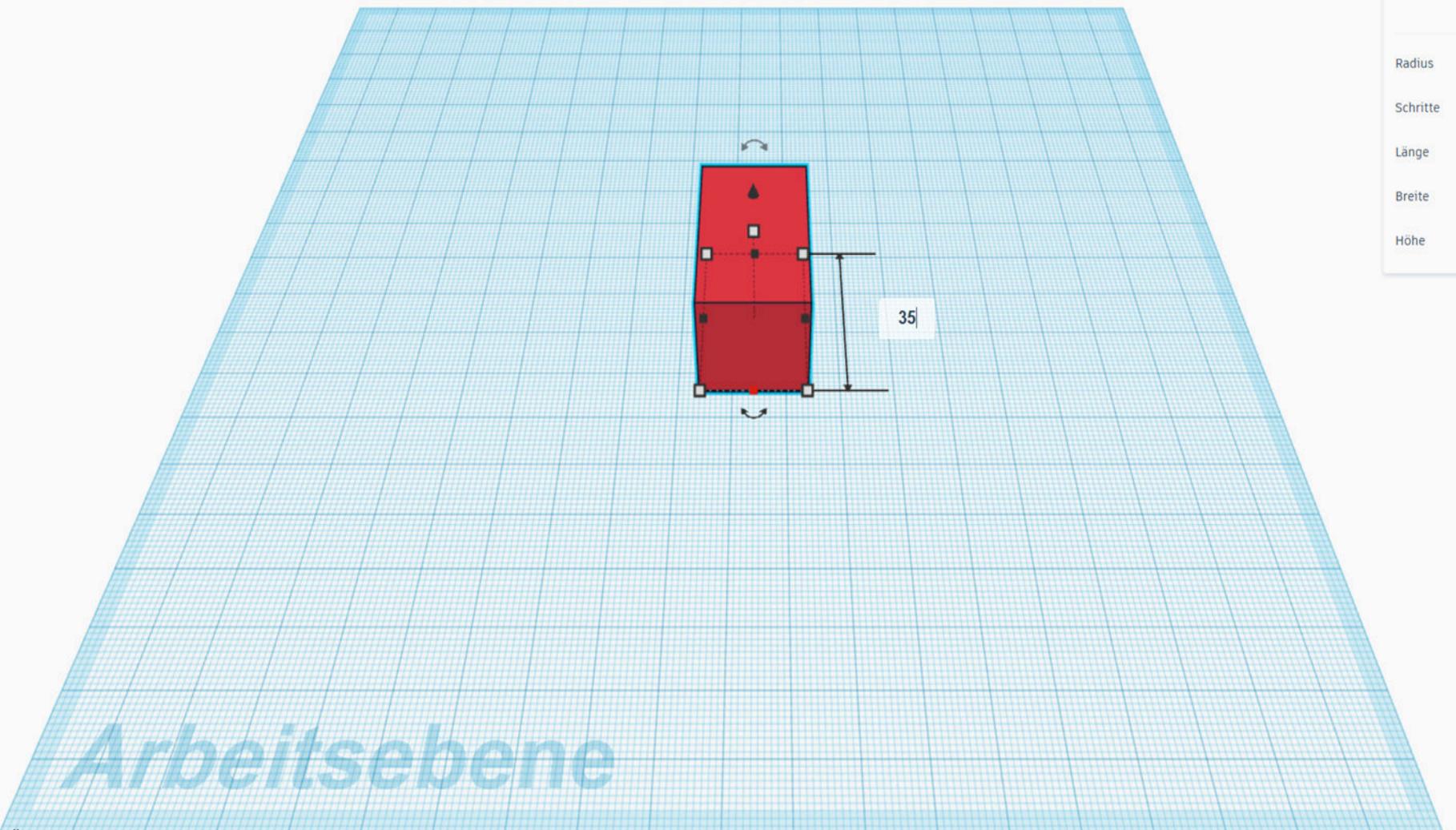
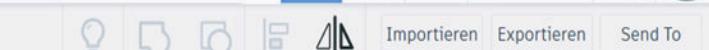


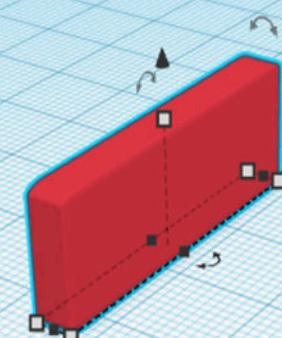
Terrific Vihelmo-Amur  
vor einem Jahr  
Privat



OBEN  
VORNETinkercad  
Einfache Formen







Form

Volumenkörper

Bohrung

Radius: 126

Schritte: 10

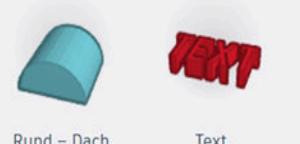
Länge: 20

Breite: 20

Höhe: 20



Tinkercad  
Einfache Formen



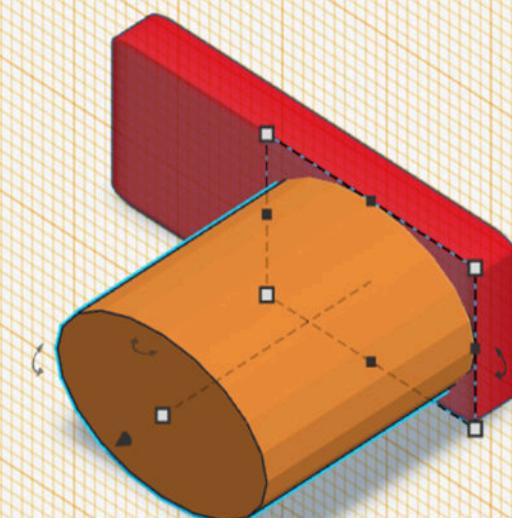
Eigene Darstellung

Rast. bea.

Fangraster: 10 mm



Importieren Exportieren



Form

Volumenkörper Bohrung

Seiten: - 20

Bevel:  0

Segmente:  1

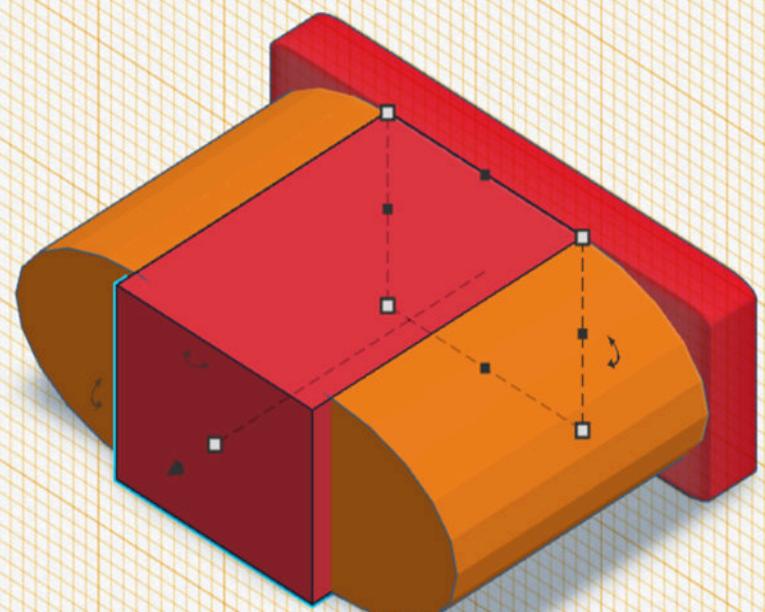
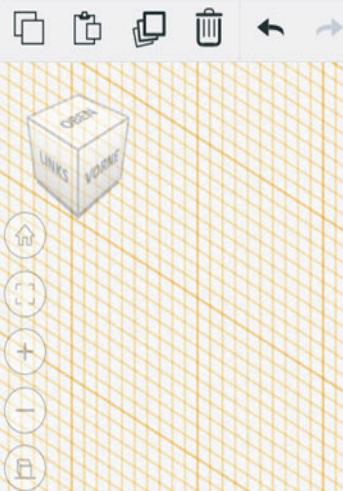
Arbeitsebene Linear

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

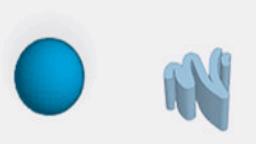
Breite: 20

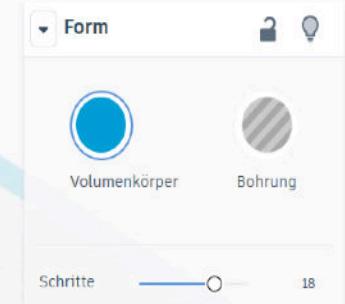
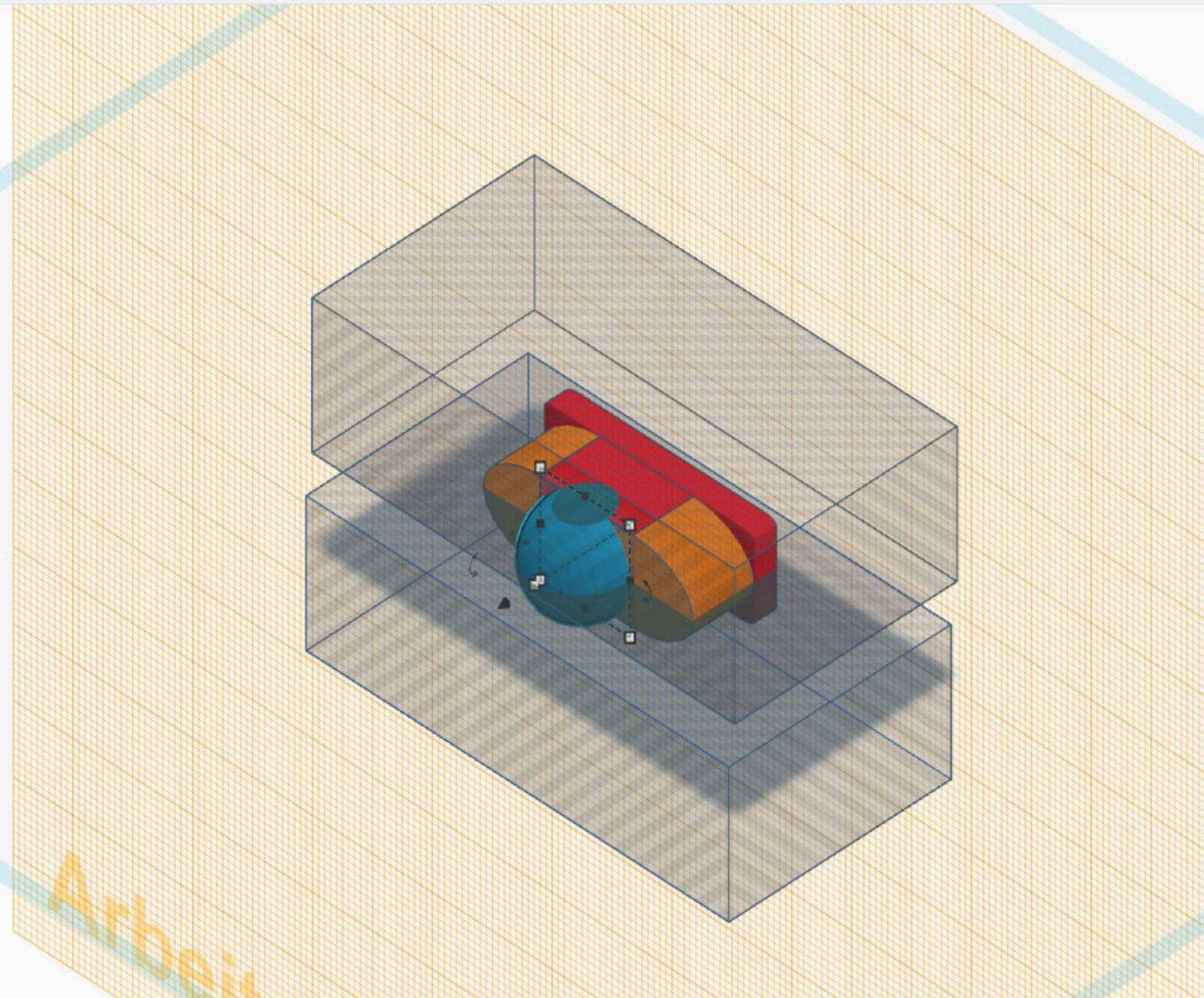
Rast. bea.

Fangraster: 0,5 mm

Arbeitsebene   Lineal

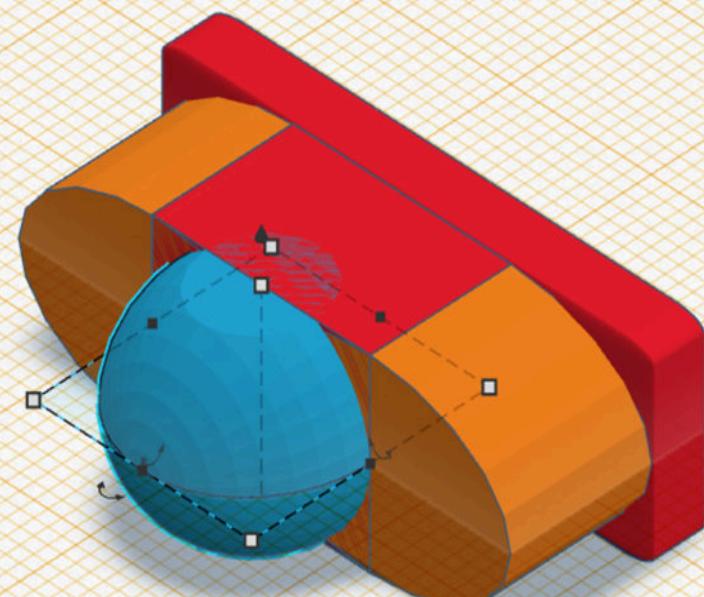
Tinkercad  
Einfache Formen



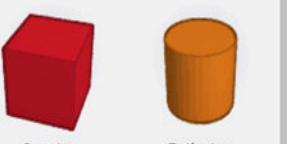


Rast. bea.

Fangraster 0,25 mm

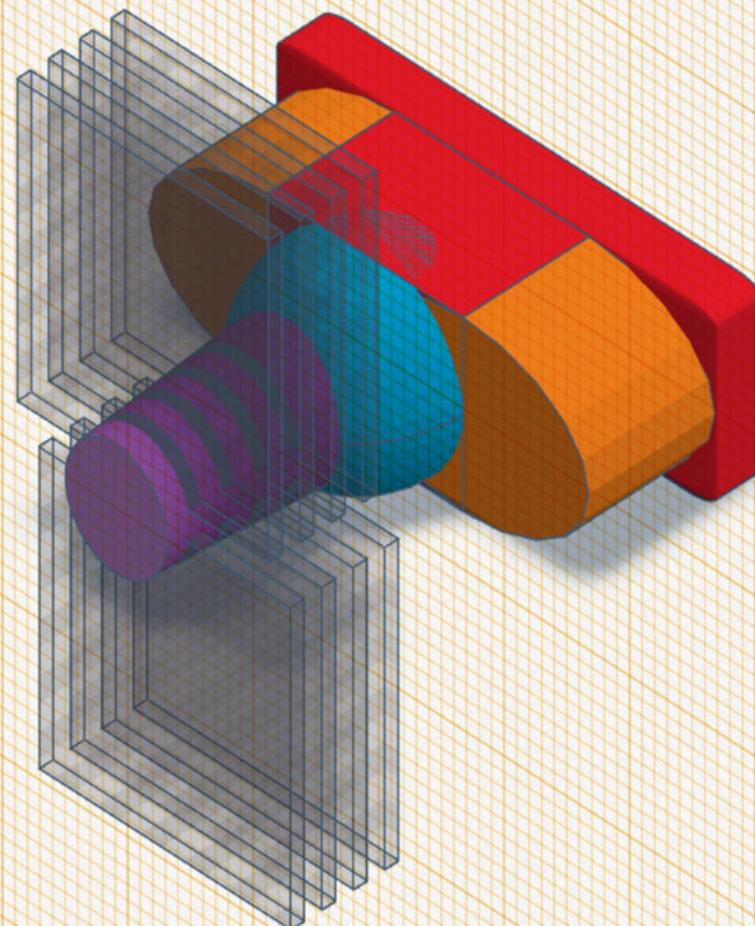


Tinkercad  
Einfache Formen



Rast. bea.

Fangraster 0,25 mm



Rast. bea.

Fangraster 0,25 mm

Importieren Exportieren Send To

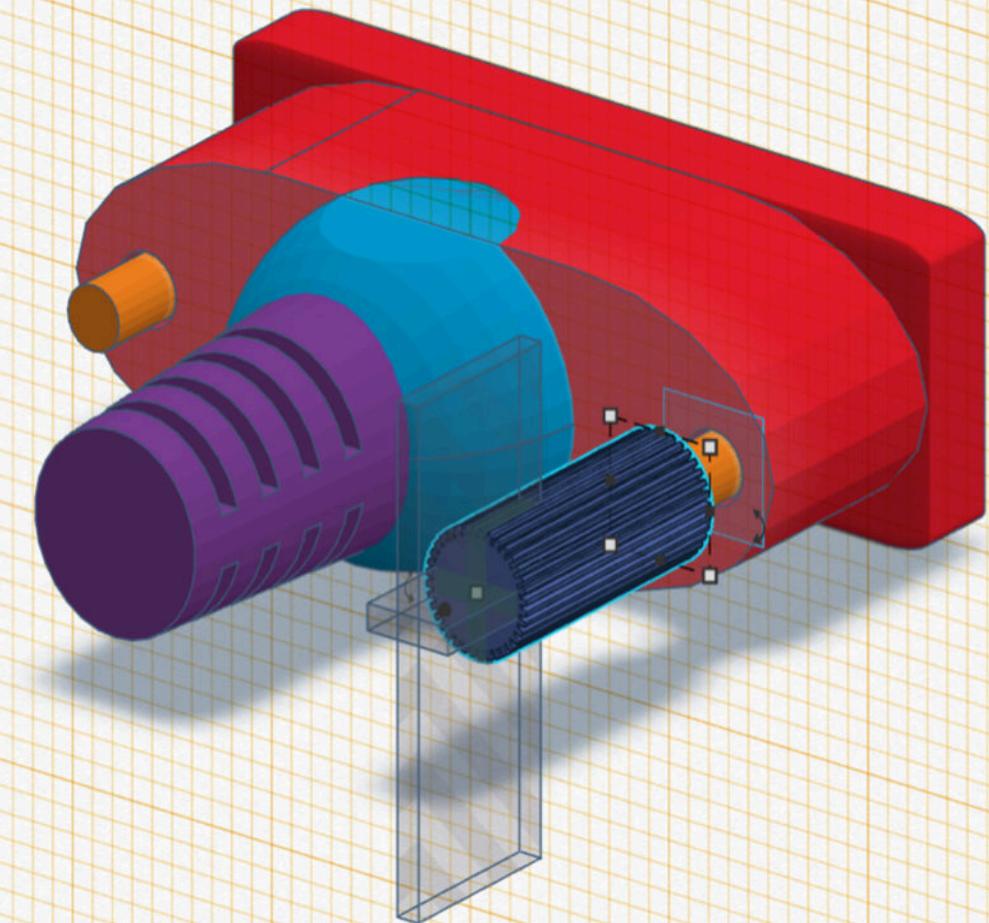
Arbeitsebene Lineal

Tinkercad Einfache Formen

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



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



Rast. bea.

Fangraster

0,25 mm



Arbeitsebene



Lineal

Formen-Generator  
Alle

Rad



Reifen



Zahnrad



progear



Nützliches Zeug



Metrisches Za...



Matt - Technik...



Benutzerdefini...

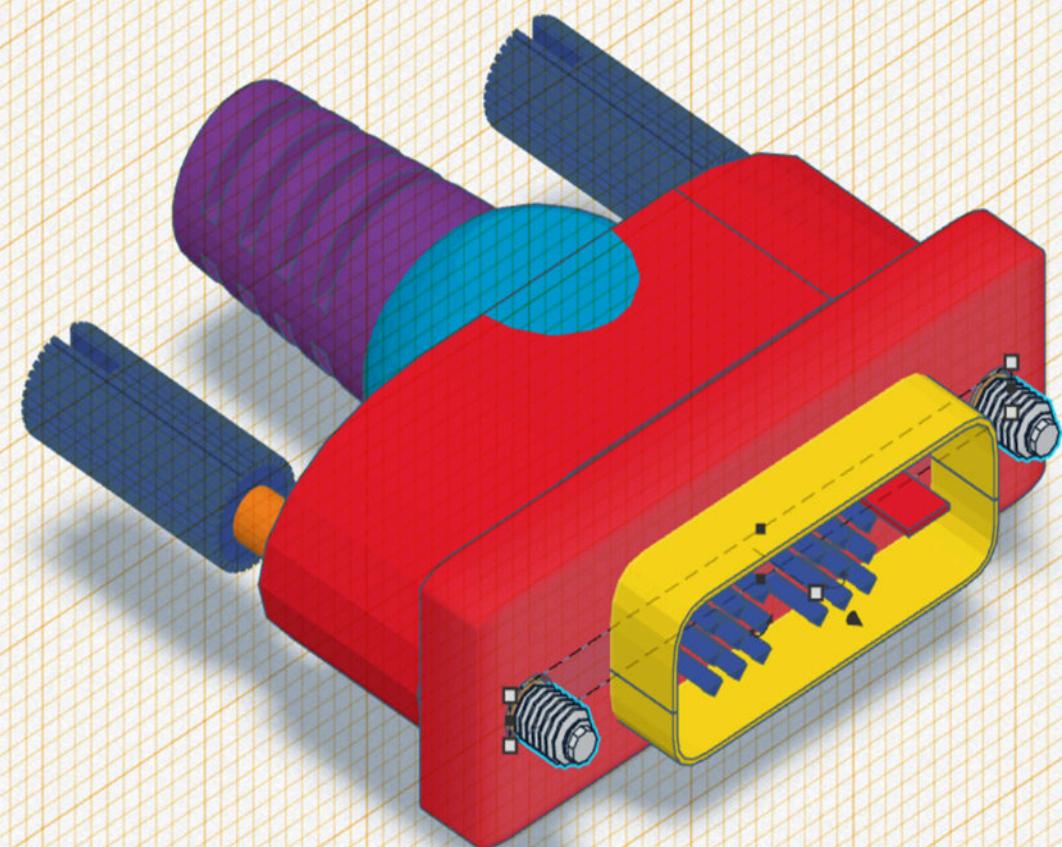
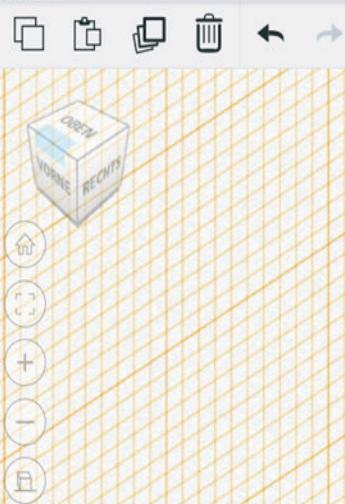


radiale Lamell...



Blume

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



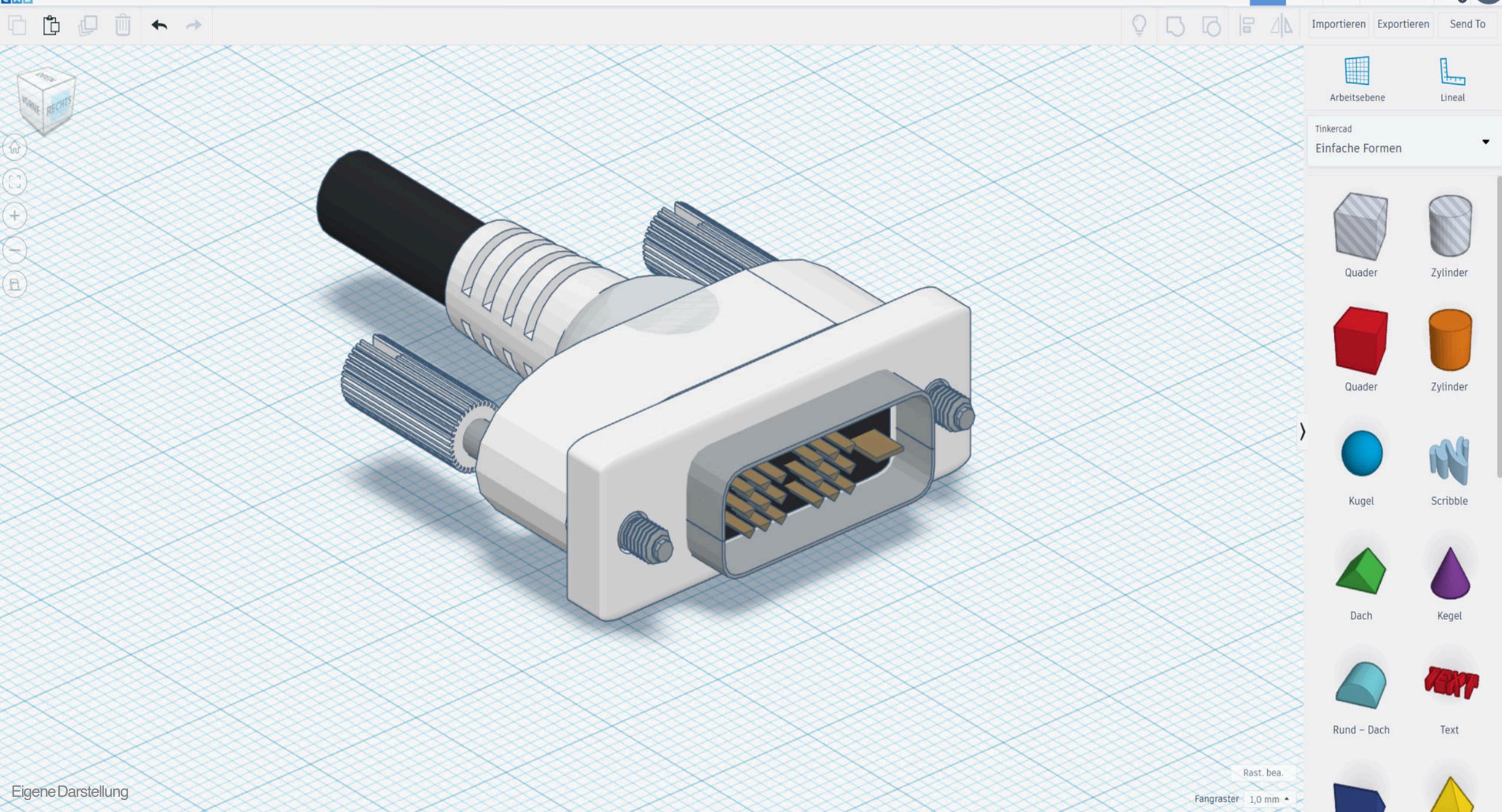
Rund - Dach



Text

Rast. bea.

Fangeraster 0.25 mm ↑



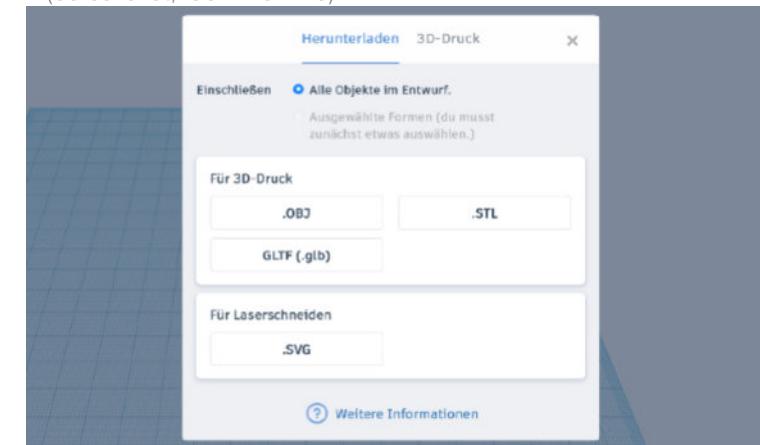
## AUFGABE 1: ABSOLVIERT DAS TINKERCAD EINSTIEGS-TUTORIAL

# 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)

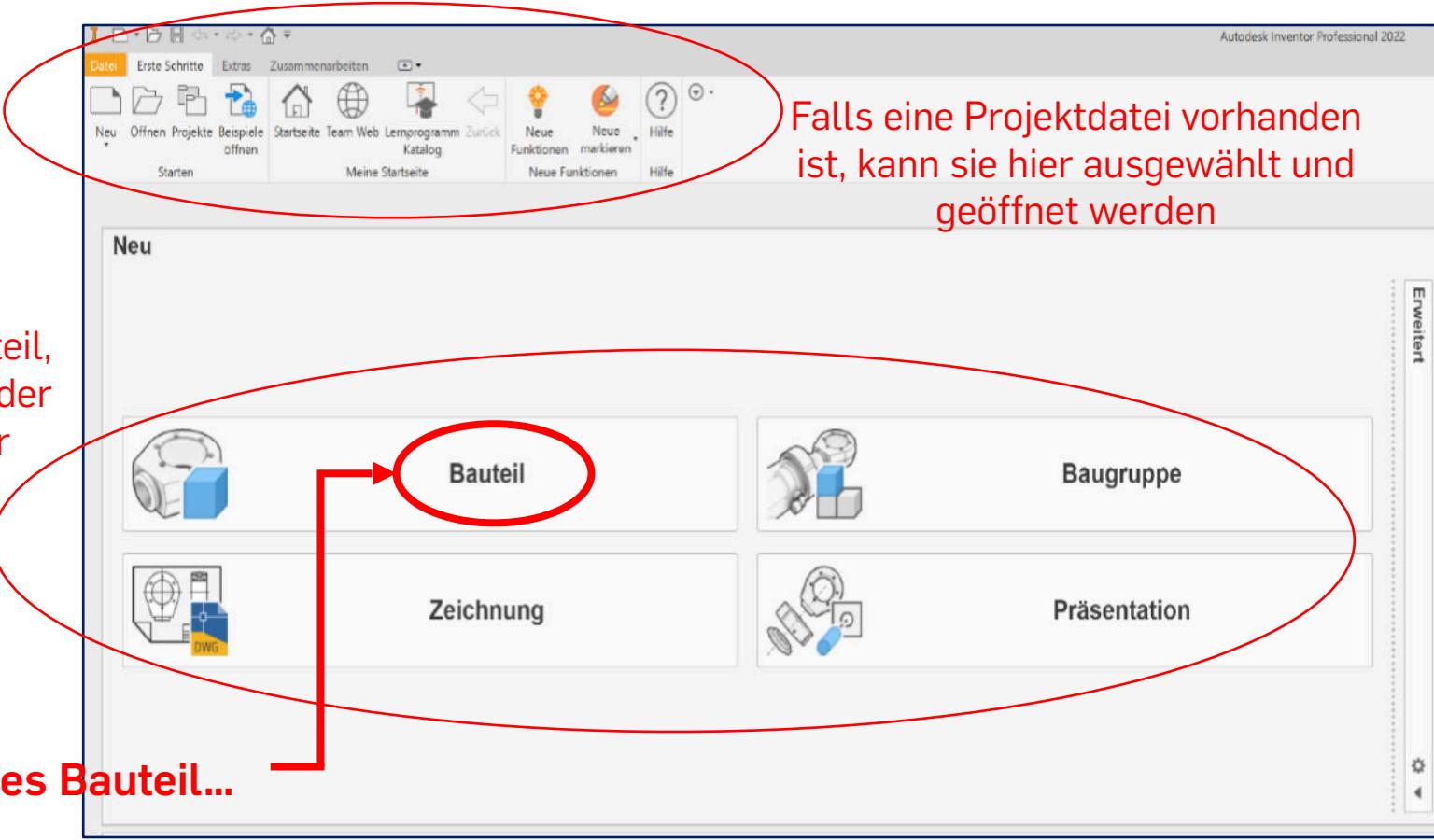
<https://www.freecadweb.org>  
(Zugriff am 15.10.2021)

# 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...



Falls eine Projektdatei vorhanden ist, kann sie hier ausgewählt und geöffnet werden

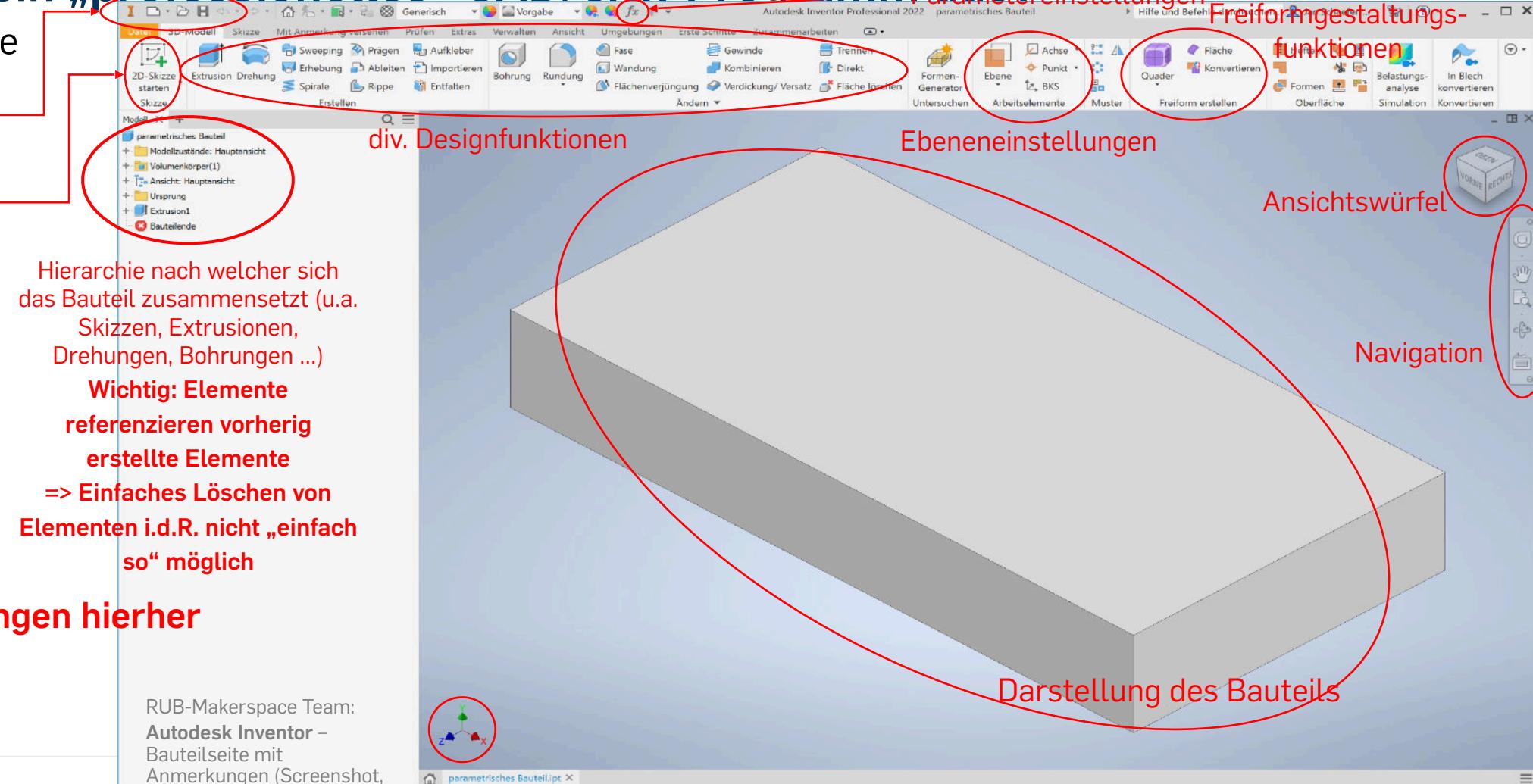
RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor -  
Übersichtsseite mit  
Anmerkungen  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

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

- Bauteilseite

Laden oder Speichern  
des Bauteils

Erstellen einer neuen  
Skizze



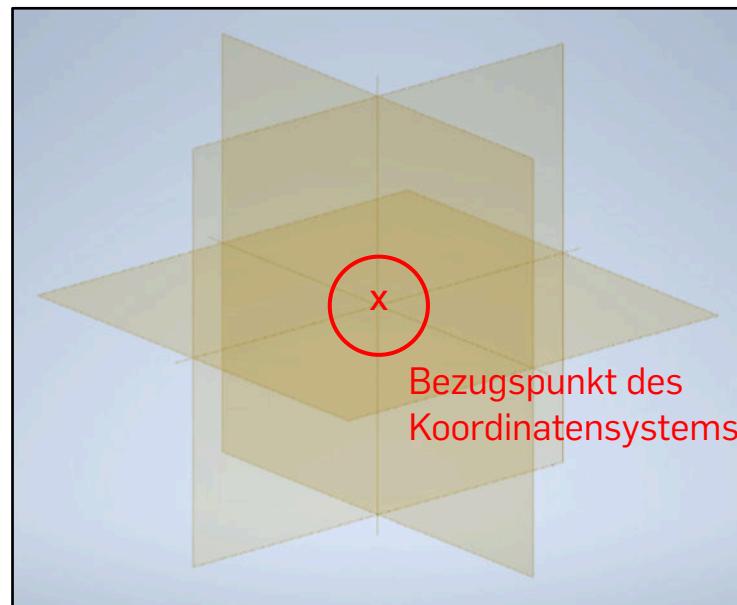
... und gelangen hierher

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

„Professionelle“ CAD/CAX-Software

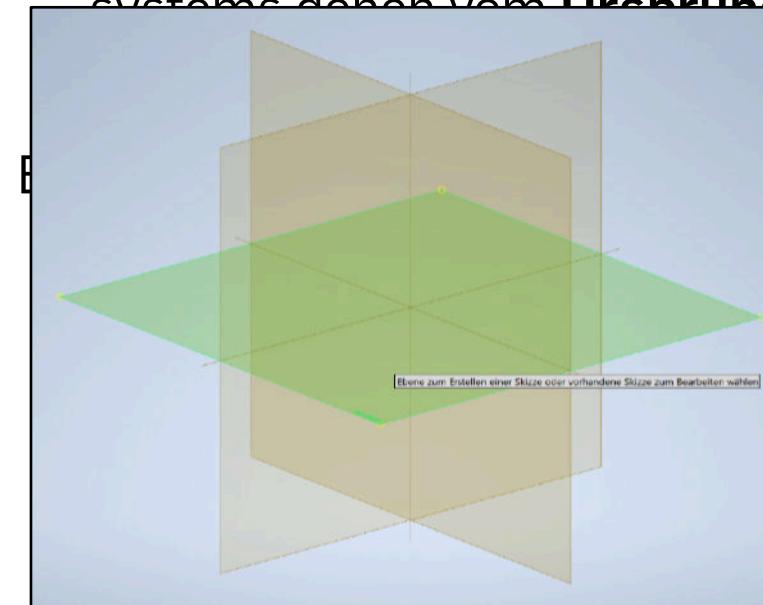
# Wichtige Designfeatures & Begriffe (1)

Ursprung



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

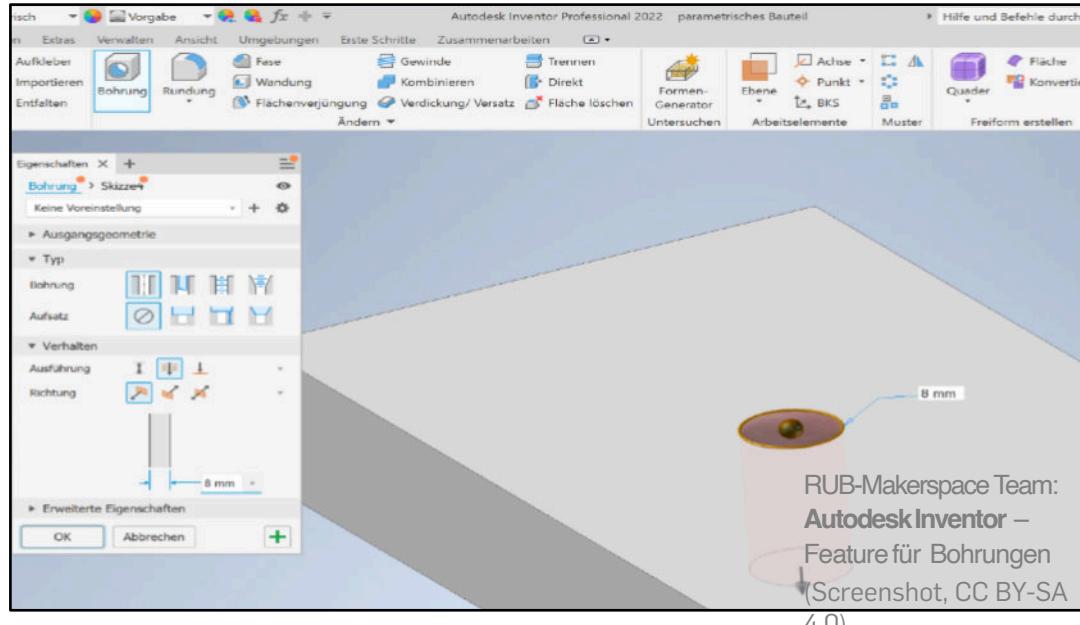
→ Rechtwinklige Achsen eines Koordinaten-  
systems gehen vom Ursprung aus



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

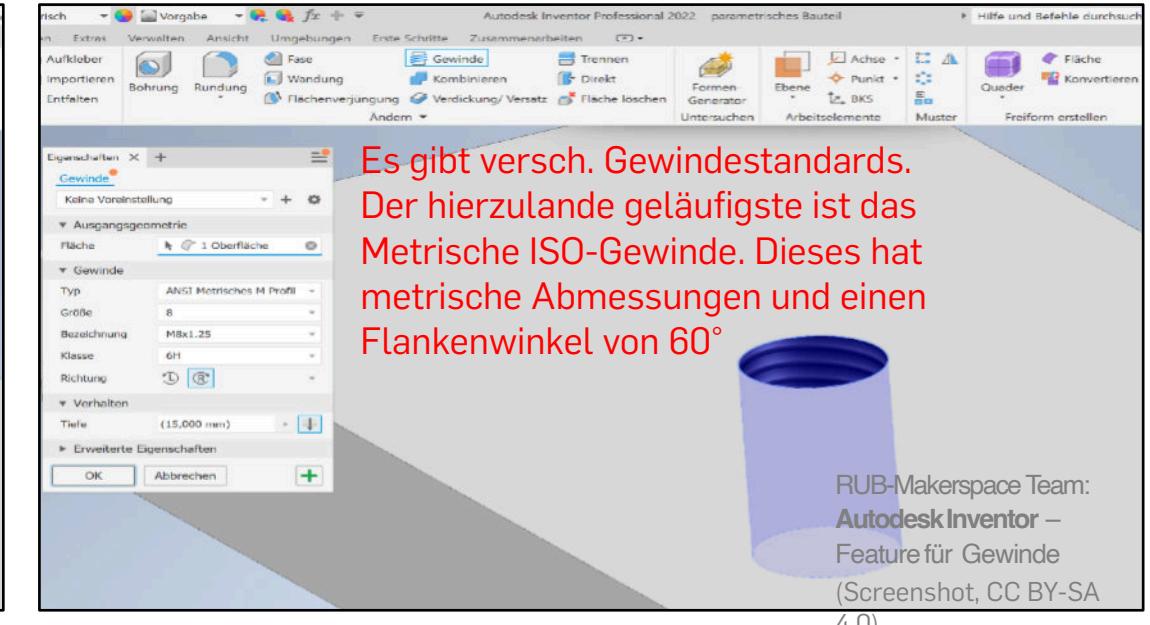
# Wichtige Designfeatures & Begriffe (2)

## Bohrung



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

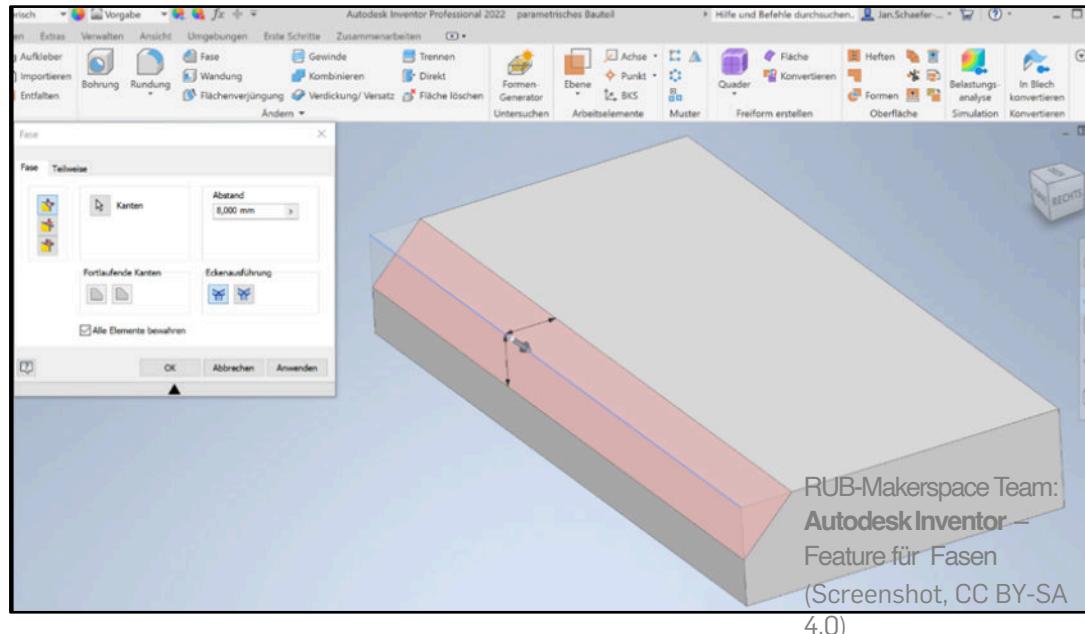
## Gewinde



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

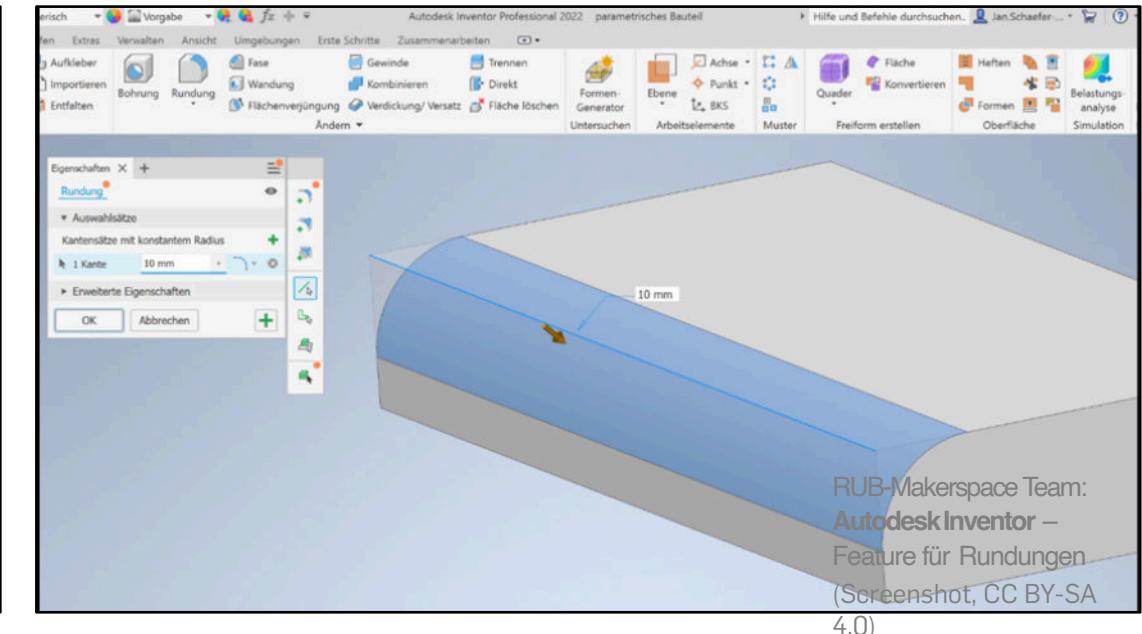
# Wichtige Designfeatures & Begriffe (3)

## Fase



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

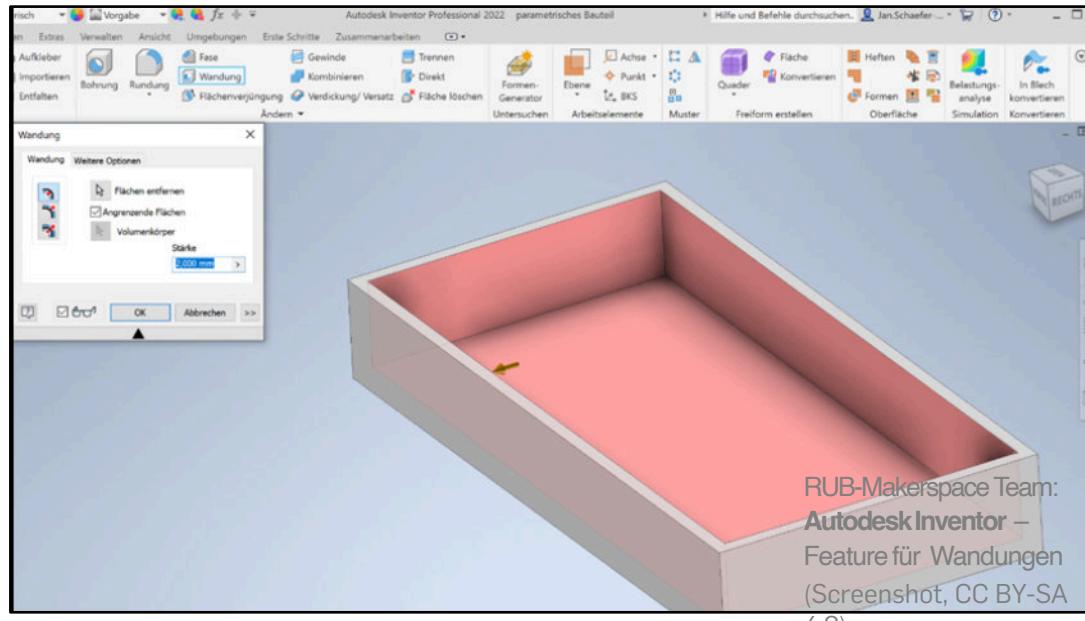
## Rundung



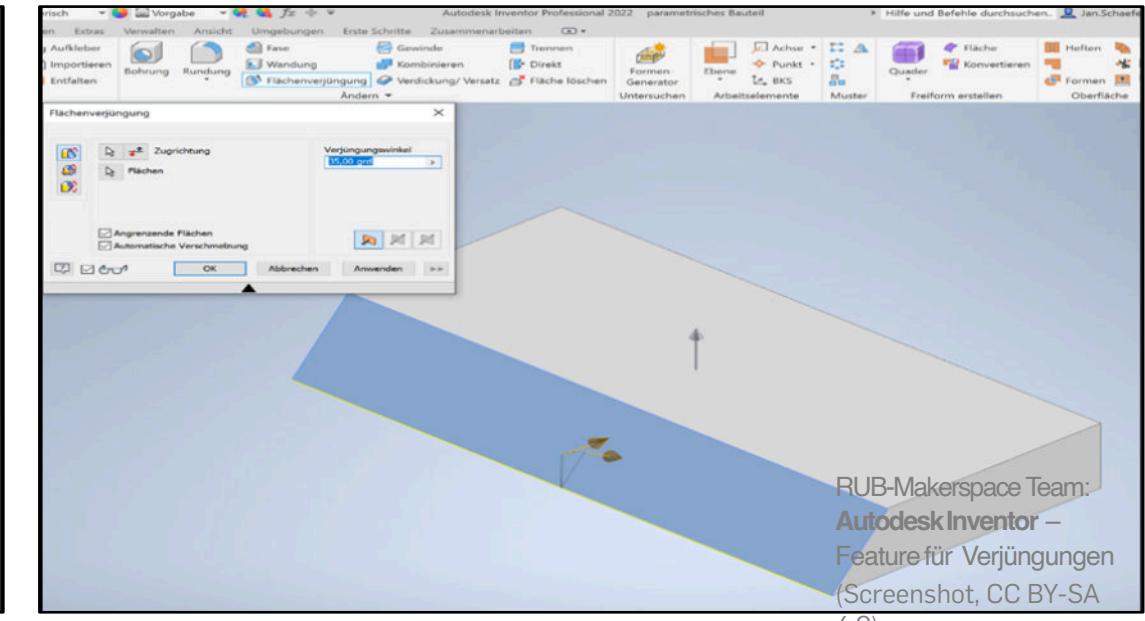
→ Bestimpter **Radius** um den eine Bauteilkante abgerundet wird

## Wichtige Designfeatures & Begriffe (4)

### Wandung



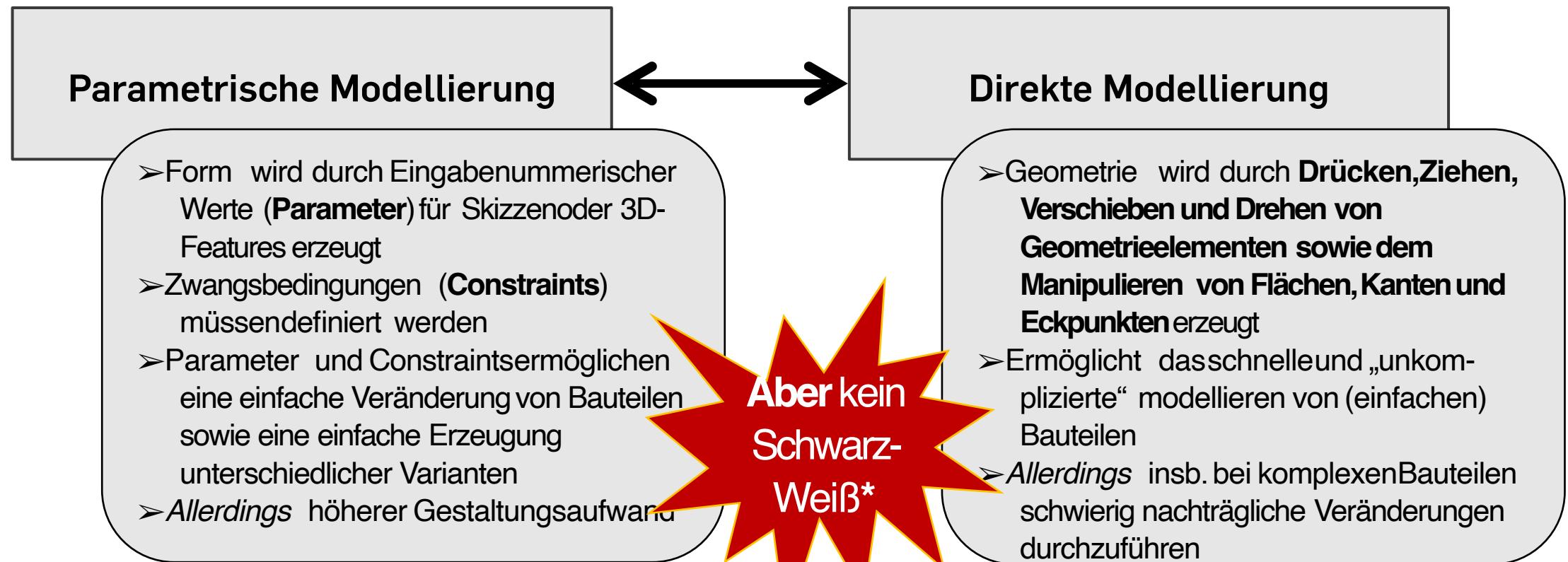
### Verjüngung



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

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

## 3D-Modellierungsansätze - Vergleich

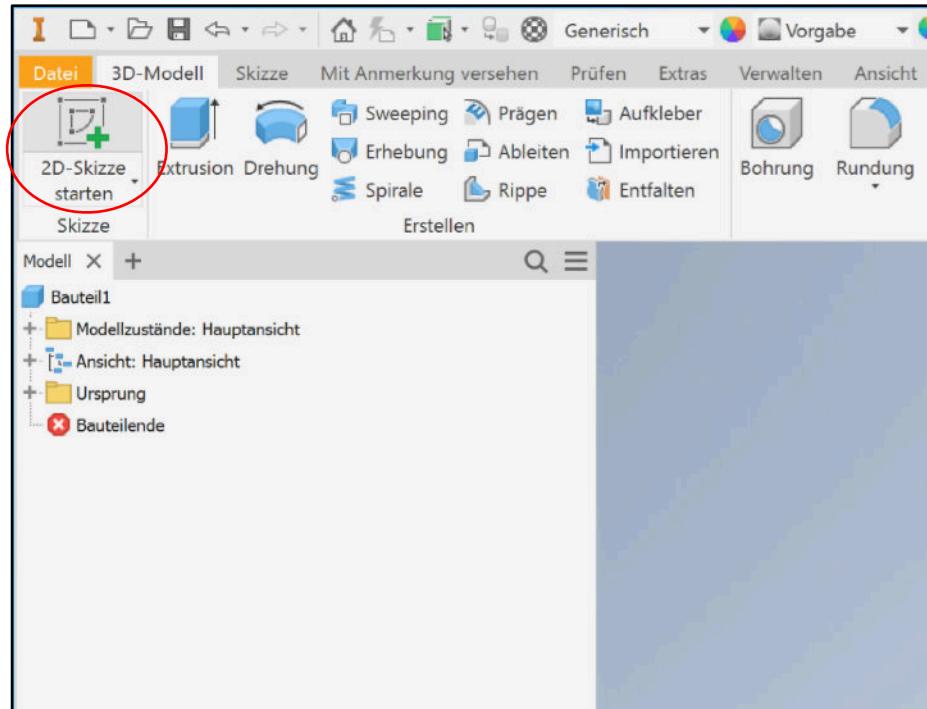


J. Schäfer: Parametrische Modellierung vs. Direkte Modellierung (CC-BY-SA 4.0)

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

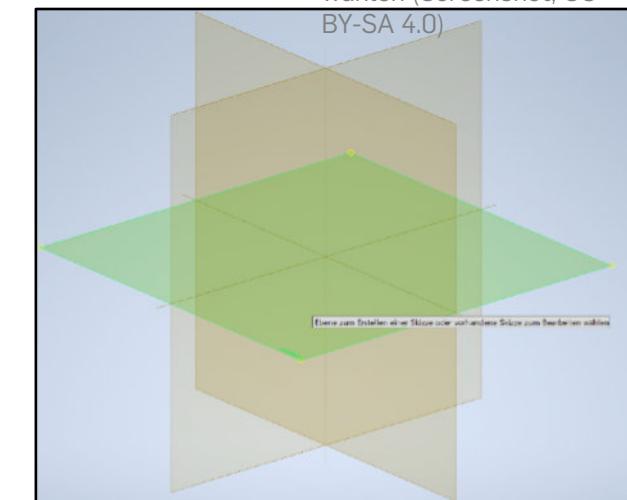
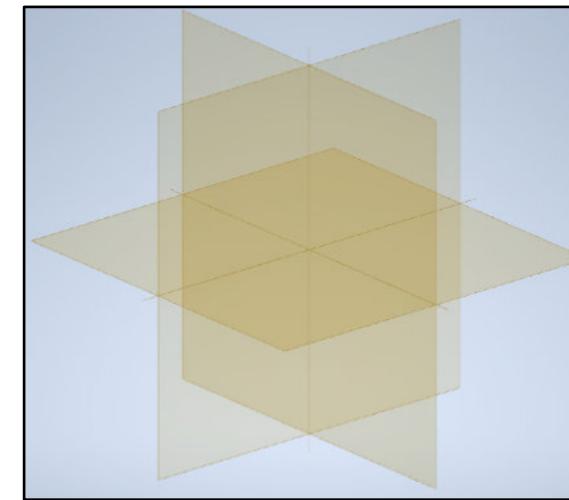
# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Direkte Modellierung (1)

## 1. Skizzenansicht betreten



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

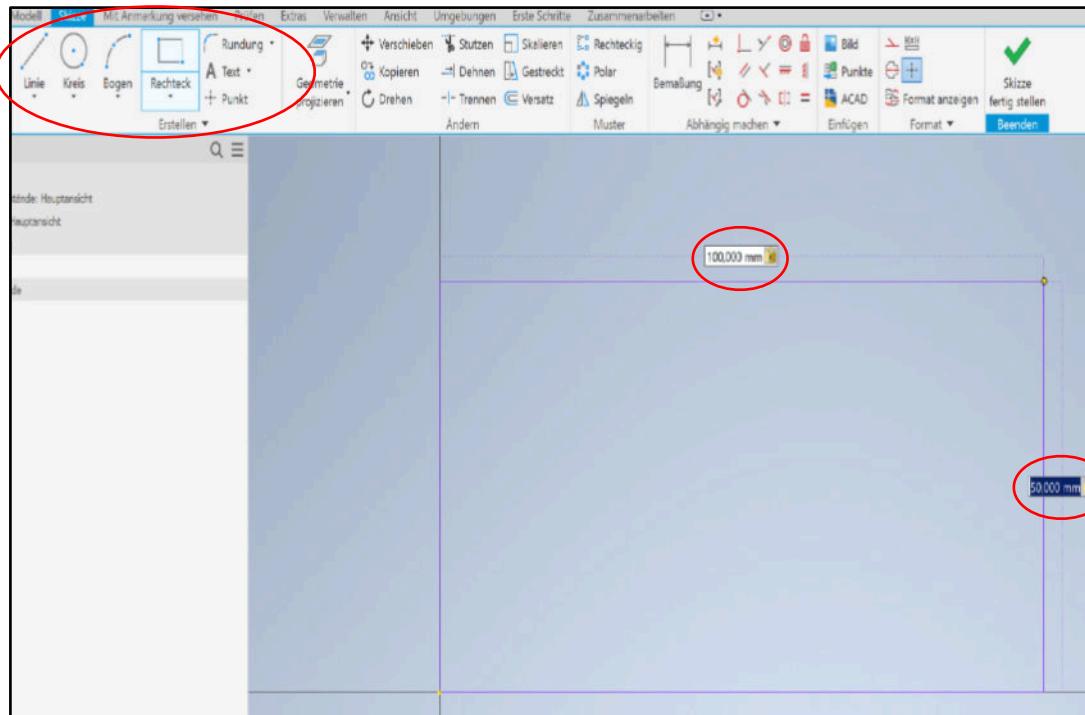
## 2. Zeichnungsebene auswählen



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

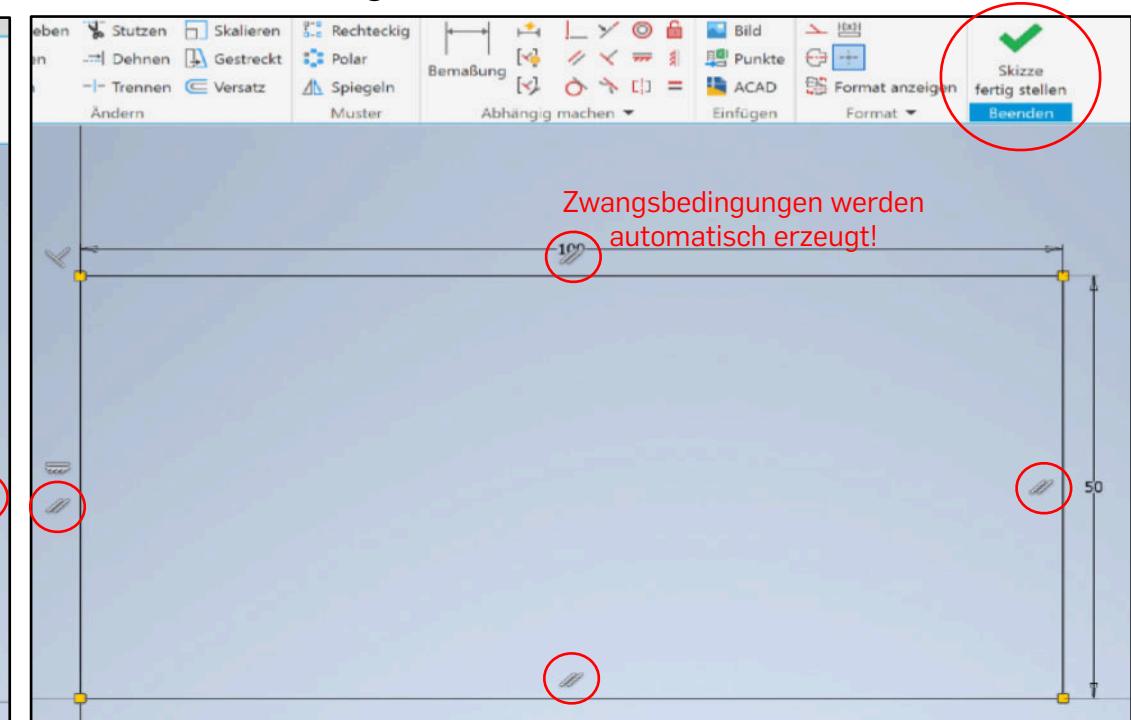
# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Direkte Modellierung (2)

## 3. Skizze anfertigen & bemaßen



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

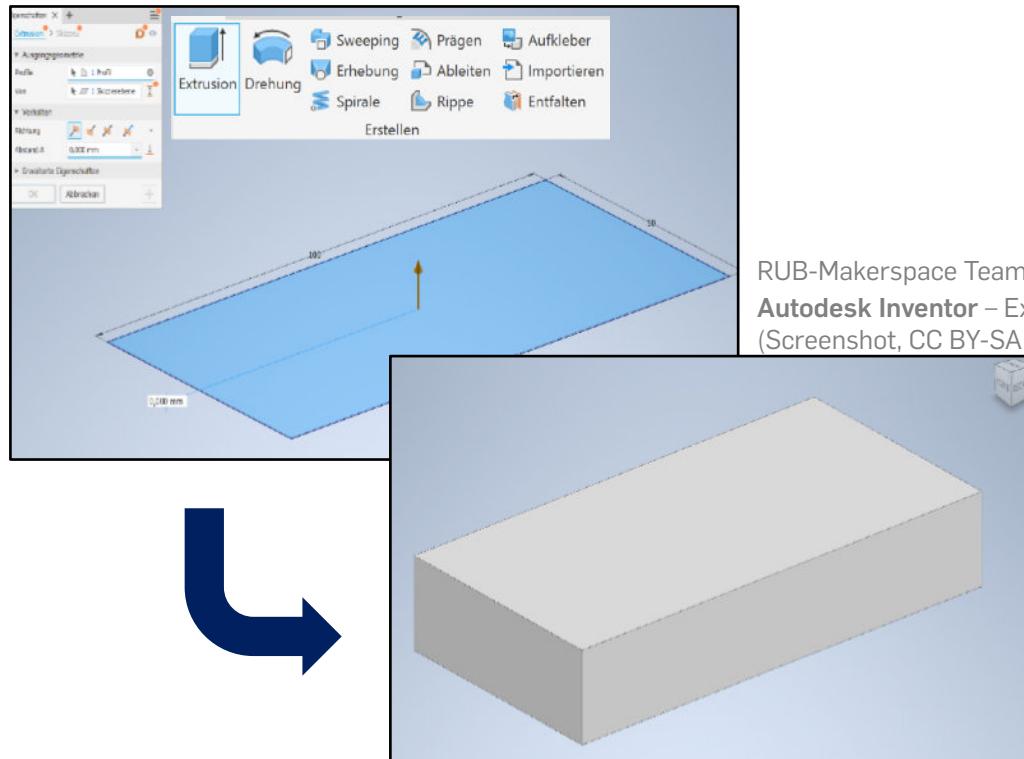
## 4. Skizze fertig stellen



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

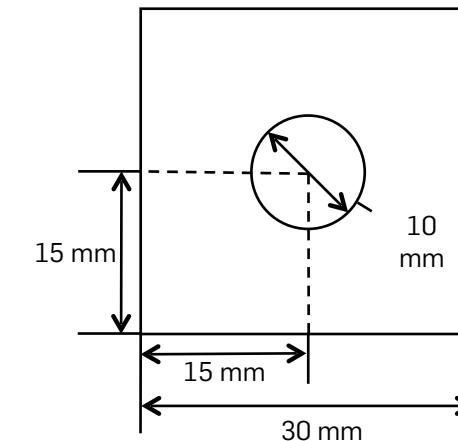
Verwende Autodesk Fusion360, um die nebenstehende Geometrie mithilfe des **direkten 3D-Modellierungsansatzes** zu modellieren!

Die Maße können der Skizze entnommen werden.

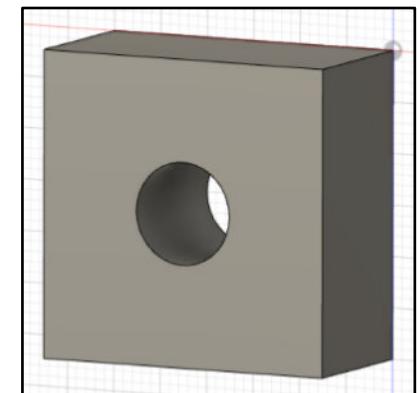
Draufsicht



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

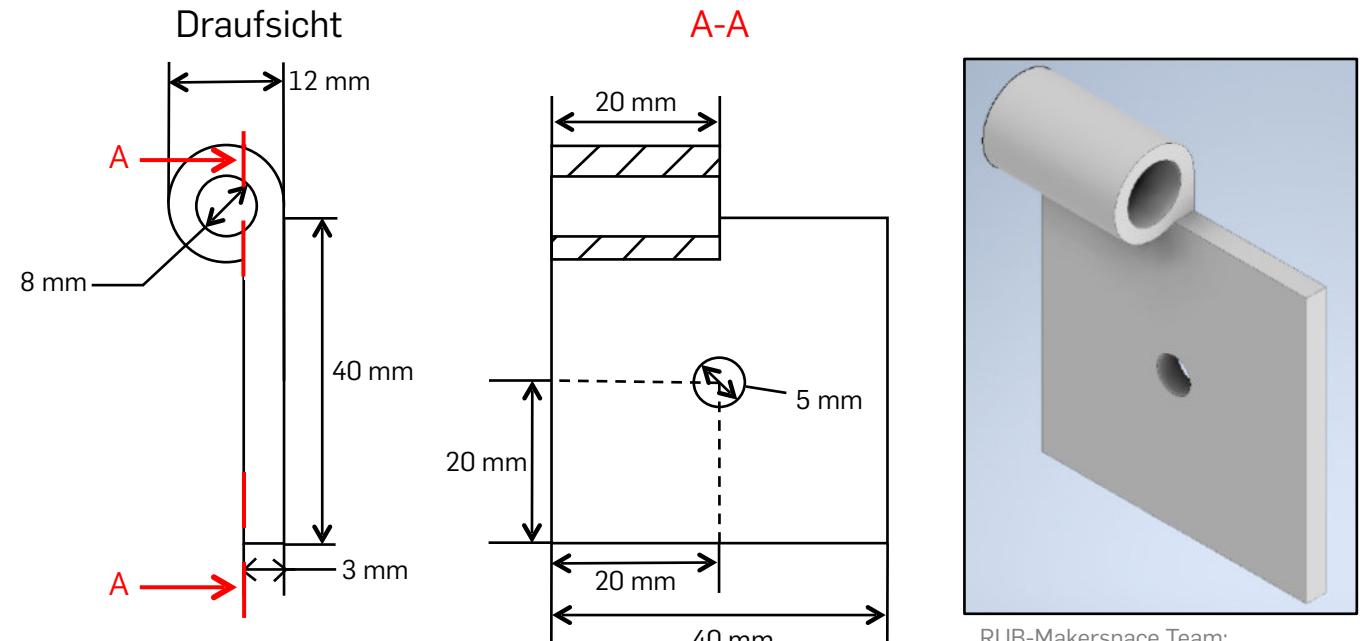
## Aufgabe

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

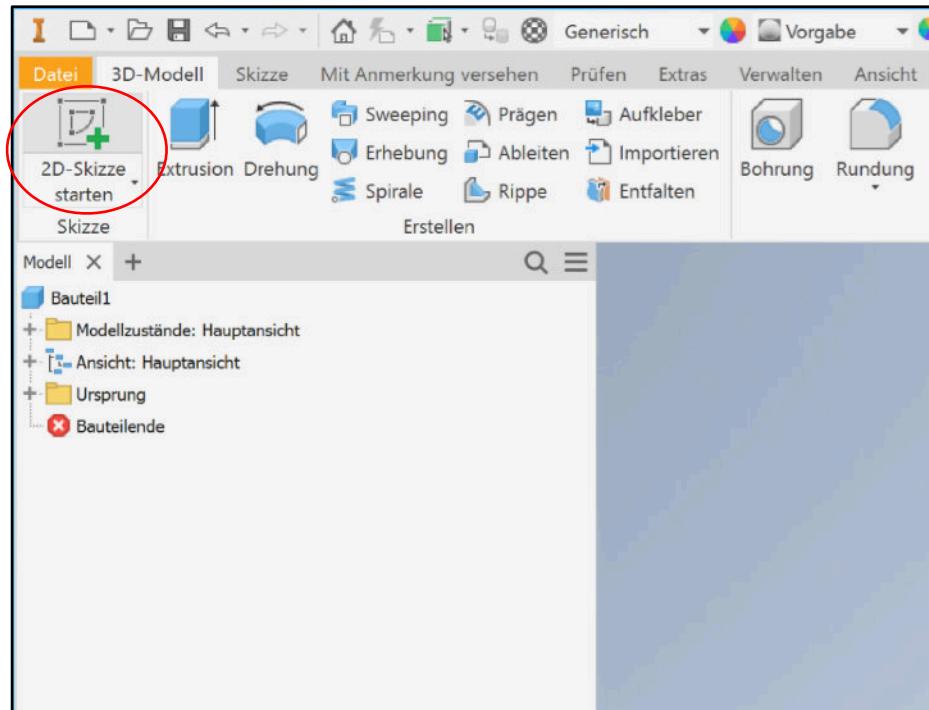


J. Schäfer: Techn. Zeichnung Scharnier (CC-BY-SA 4.0)

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

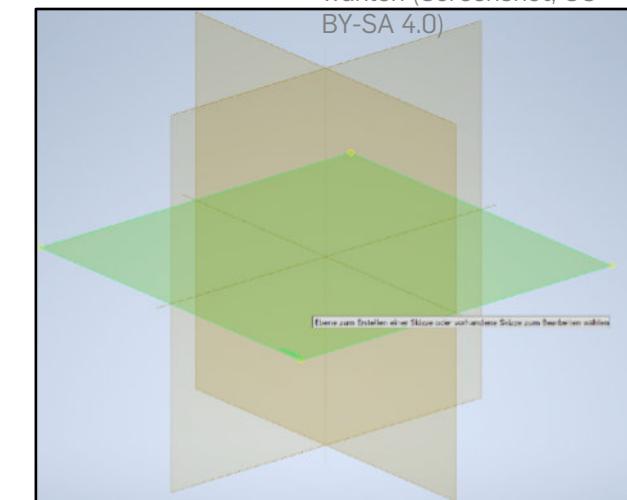
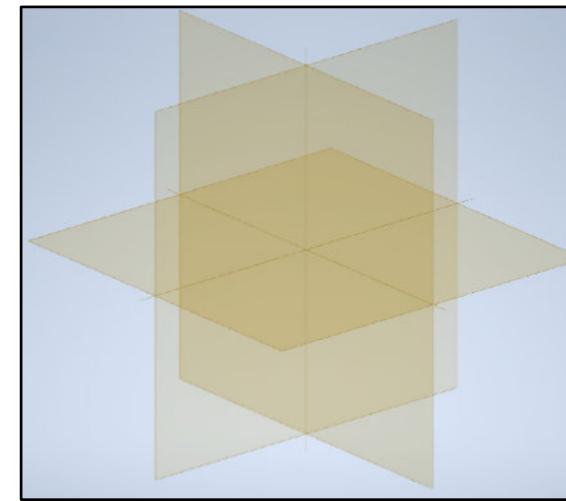
# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (1)

## 1. Skizzenansicht betreten



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

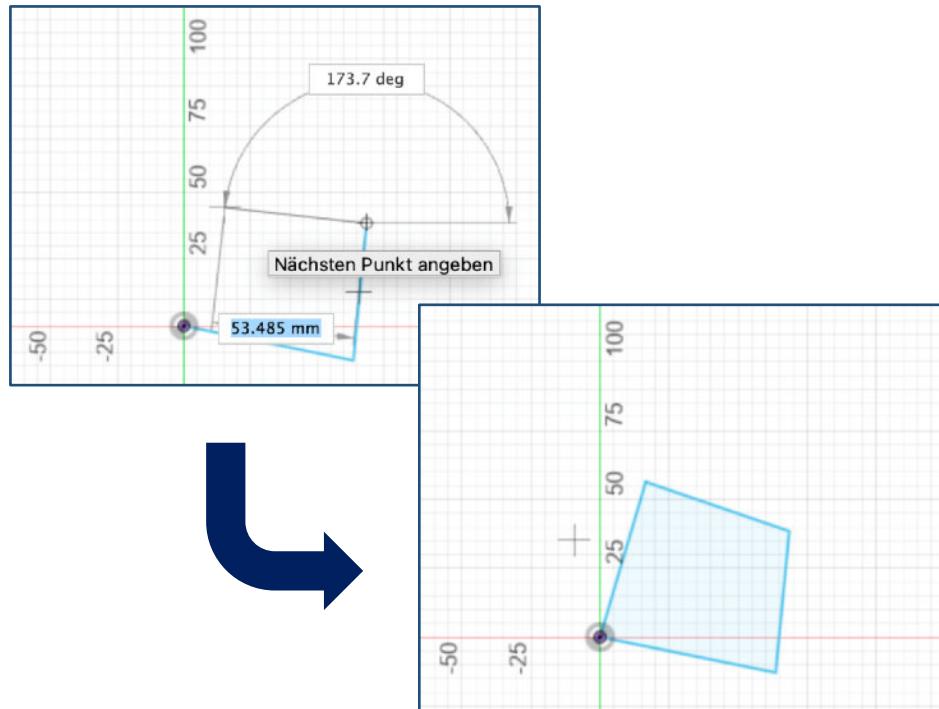
## 2. Zeichnungsebene auswählen



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

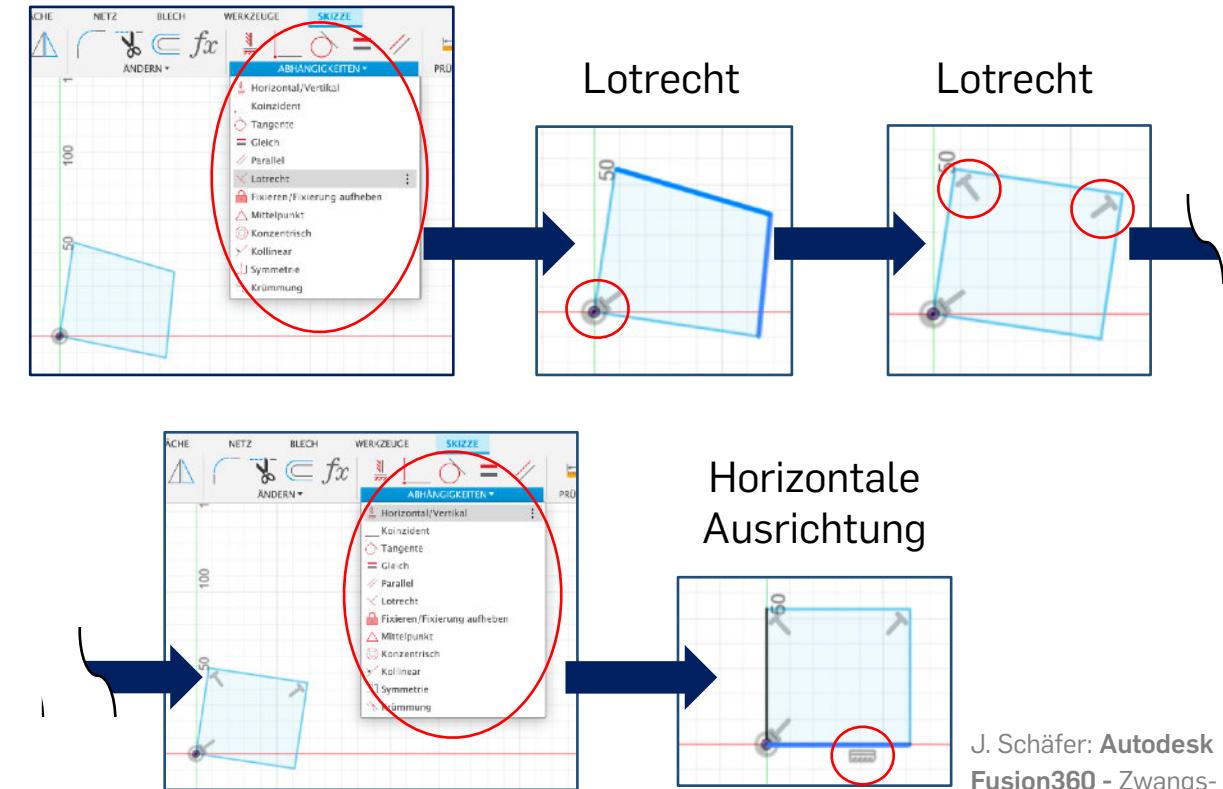
# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (2)

## 3. Skizze erstellen



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

## 4. Zwangsbedingungen vorgeben

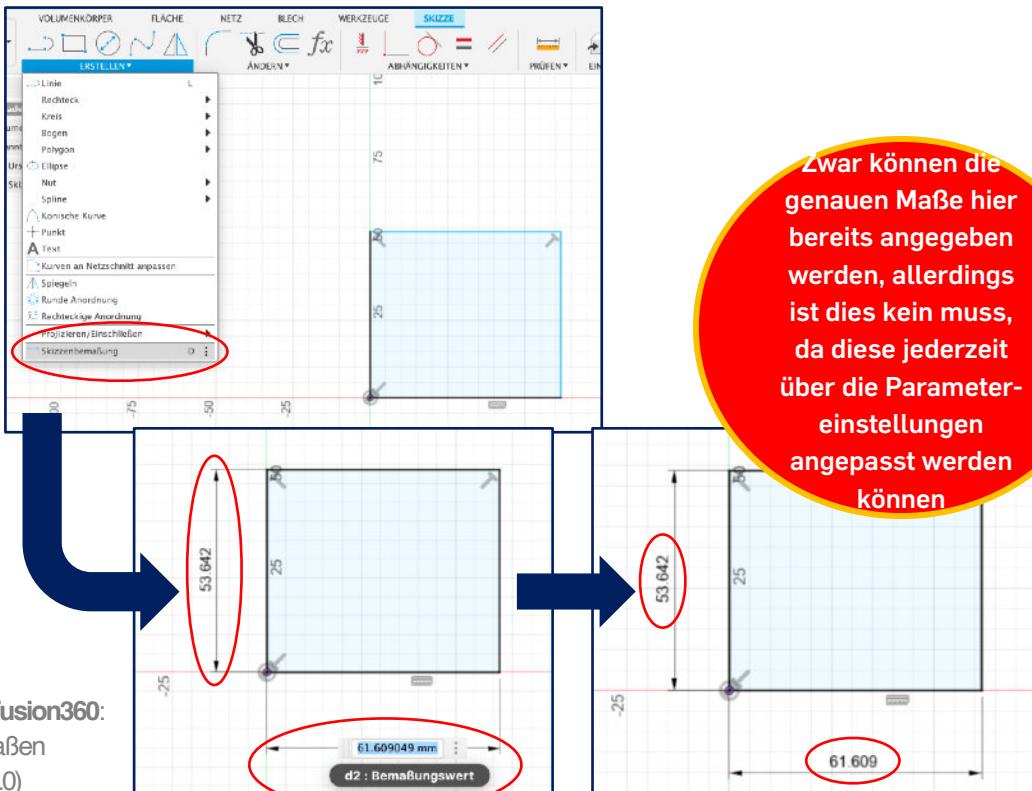


Horizontale  
Ausrichtung

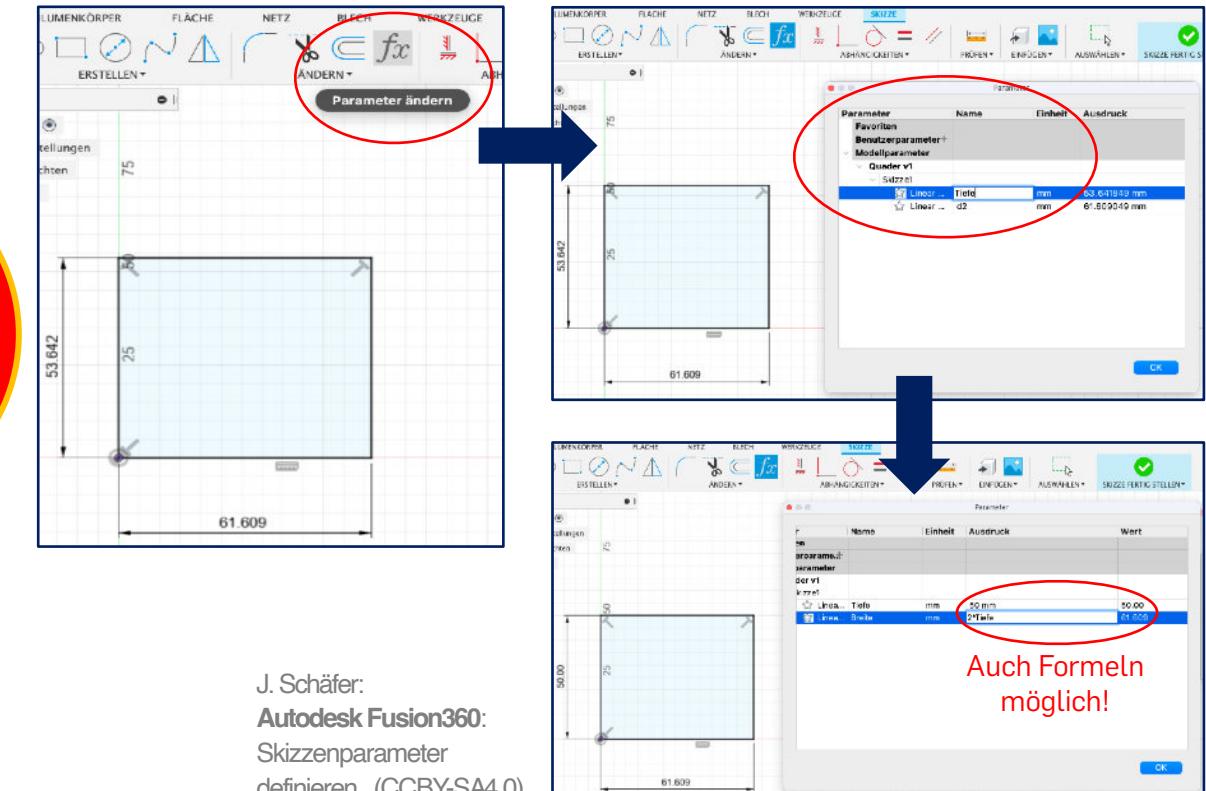
J. Schäfer: Autodesk  
Fusion360 - Zwangs-  
bedingungen vorgeben  
(Screenshot, CC BY-SA  
4.0)

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

## 5. Skizze bemaßen

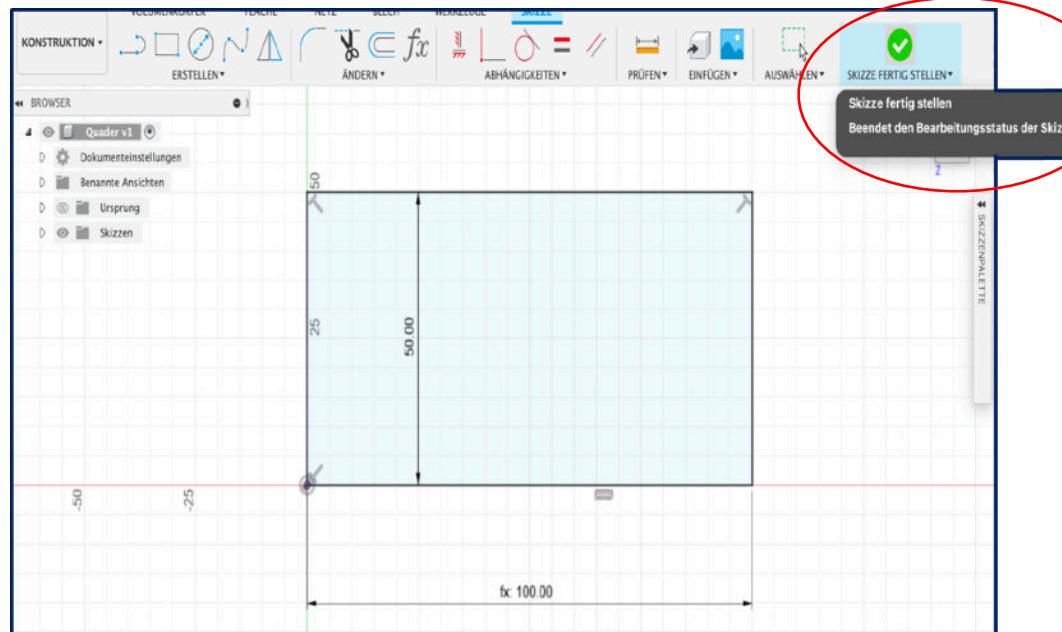


## 6. Parameter definieren



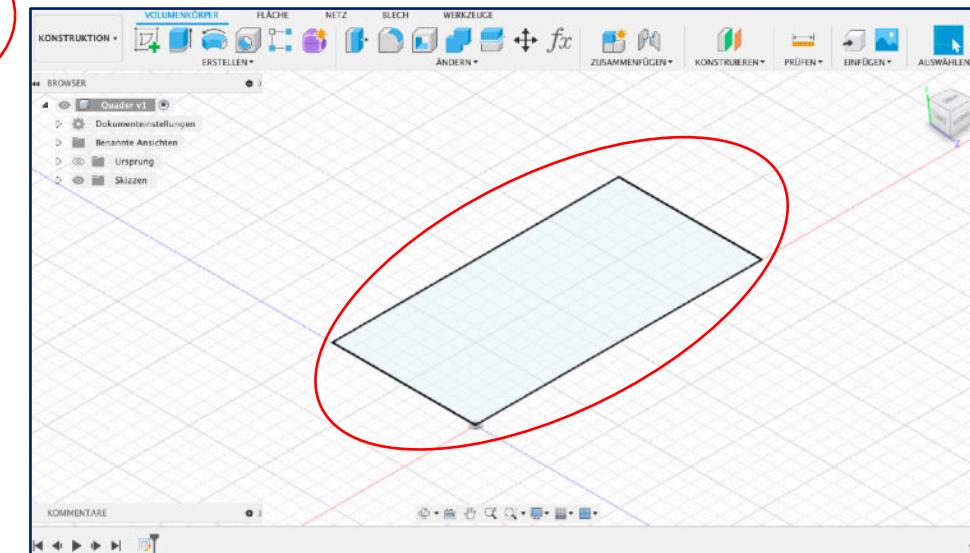
# 3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (4)

## 7. Skizze fertig & Skizzenebene verlassen



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

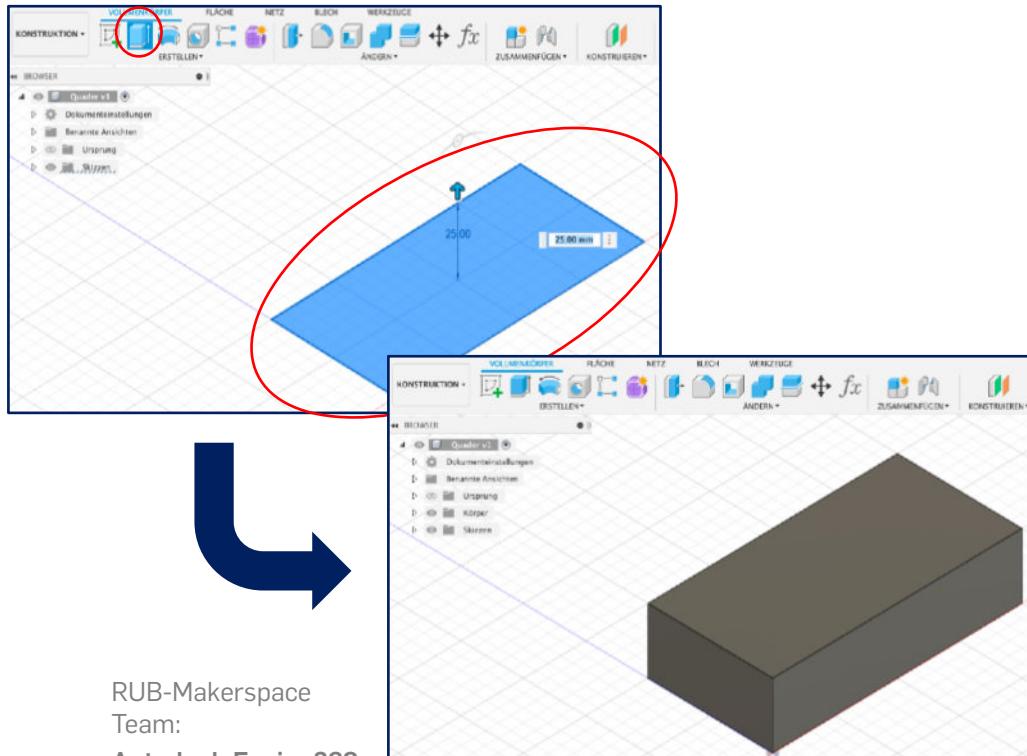
## 8. Fläche für Volumenkörperoperation wählen (=> Skizze)



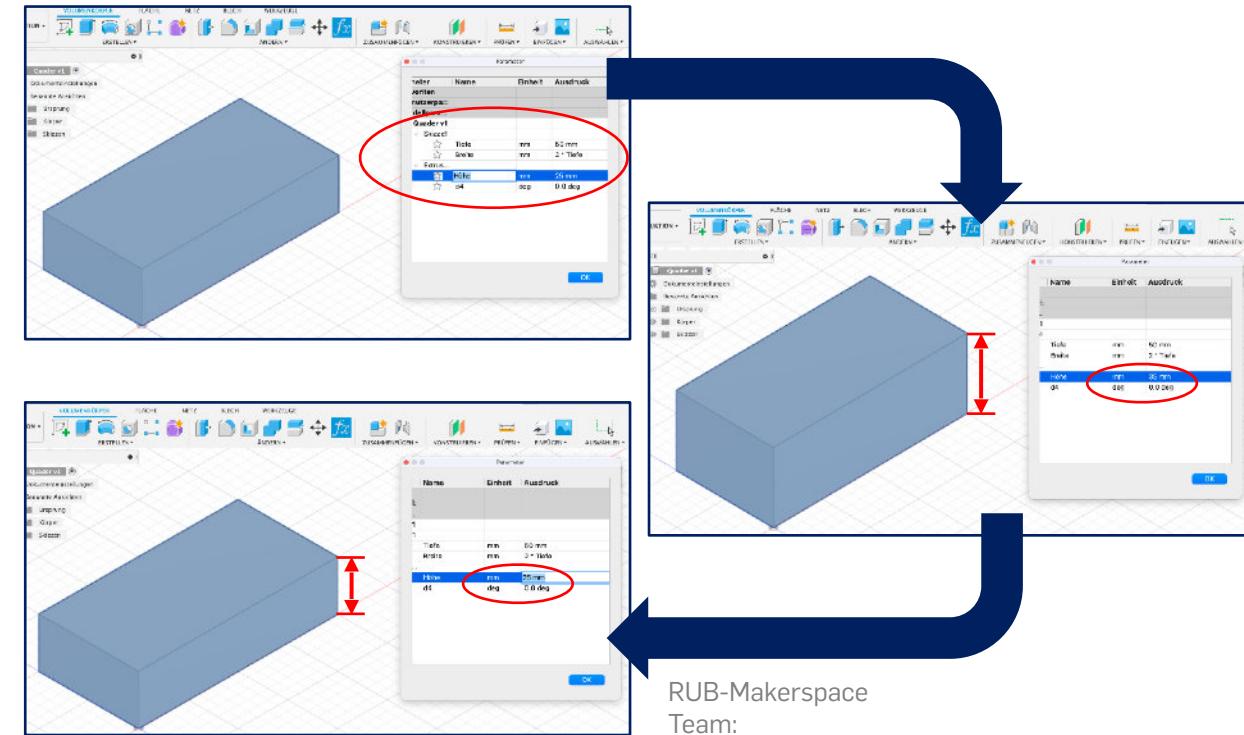
RUB-Makerspace Team:  
**Autodesk Fusion360 –**  
Volumenkörperfläche wählen  
(CC BY-SA 4.0)

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

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



## 10. Parameter definieren



# 3D-Modellierungsansätze - Aufgabe: Param. Modellierung

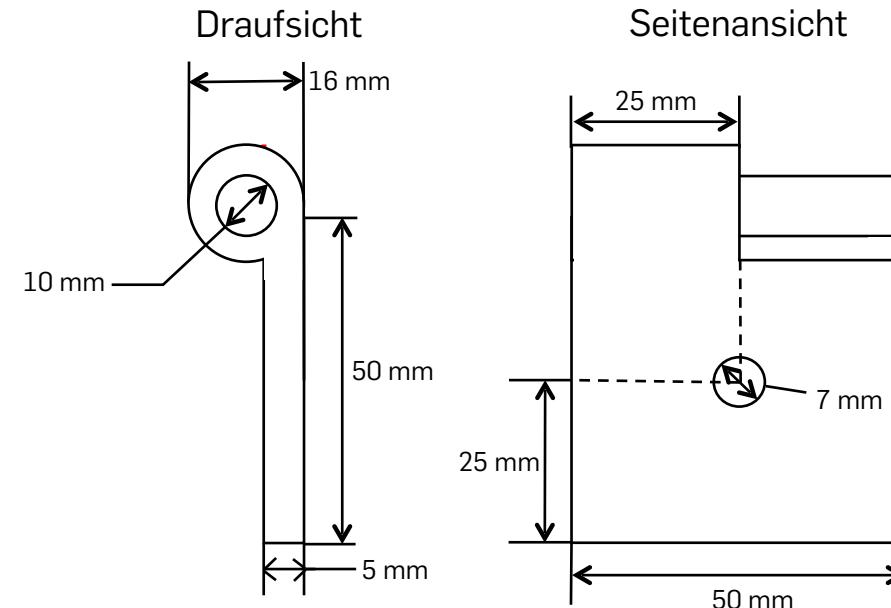
## Aufgabe

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.

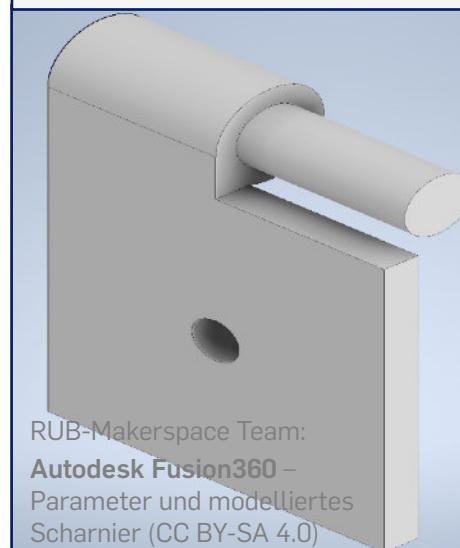
### Hinweise:

- 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	

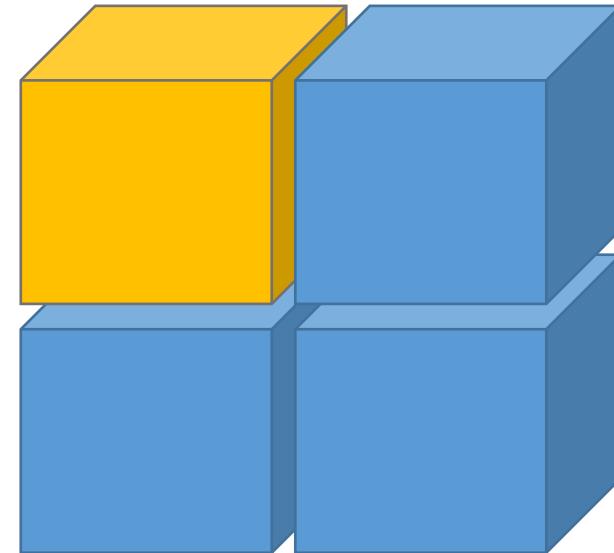


RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Fusion360 –  
Parameter und modelliertes  
Scharnier (CC BY-SA 4.0)

## 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):

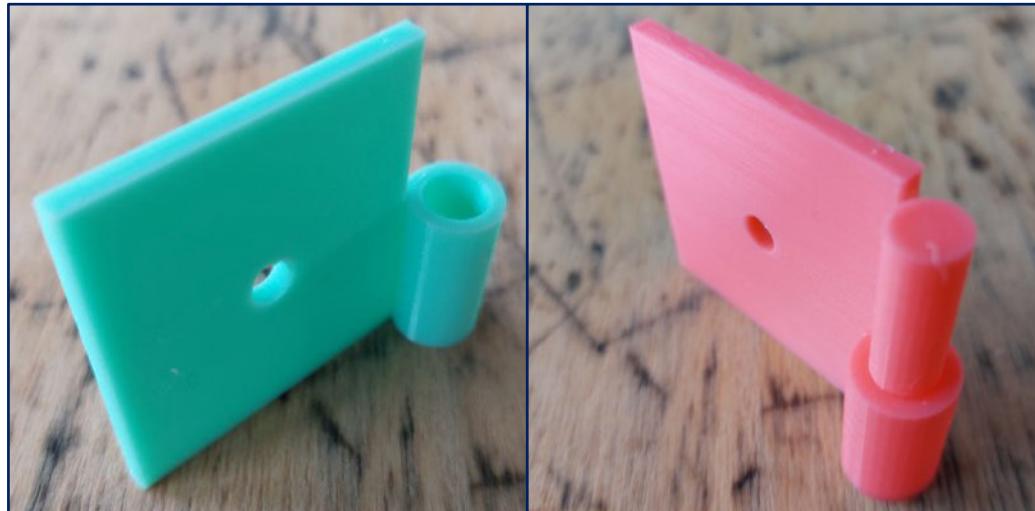
Lucasbosch: Silicon nitride Si3N4 bearing balls 1–20 mm, [File:Silicon nitride Si3N4 bearing balls 1–20 mm.jpg - Wikimedia Commons](#) (CC BY-SA 2.0)



Kugellager:

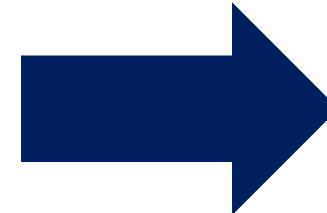
Solaris2006: Ball bearing,  
[File:Ball bearing.jpg - Wikimedia Commons](#)  
(CC BY-SA 3.0)

## Bauteile und Baugruppen – Beispiele (2)



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

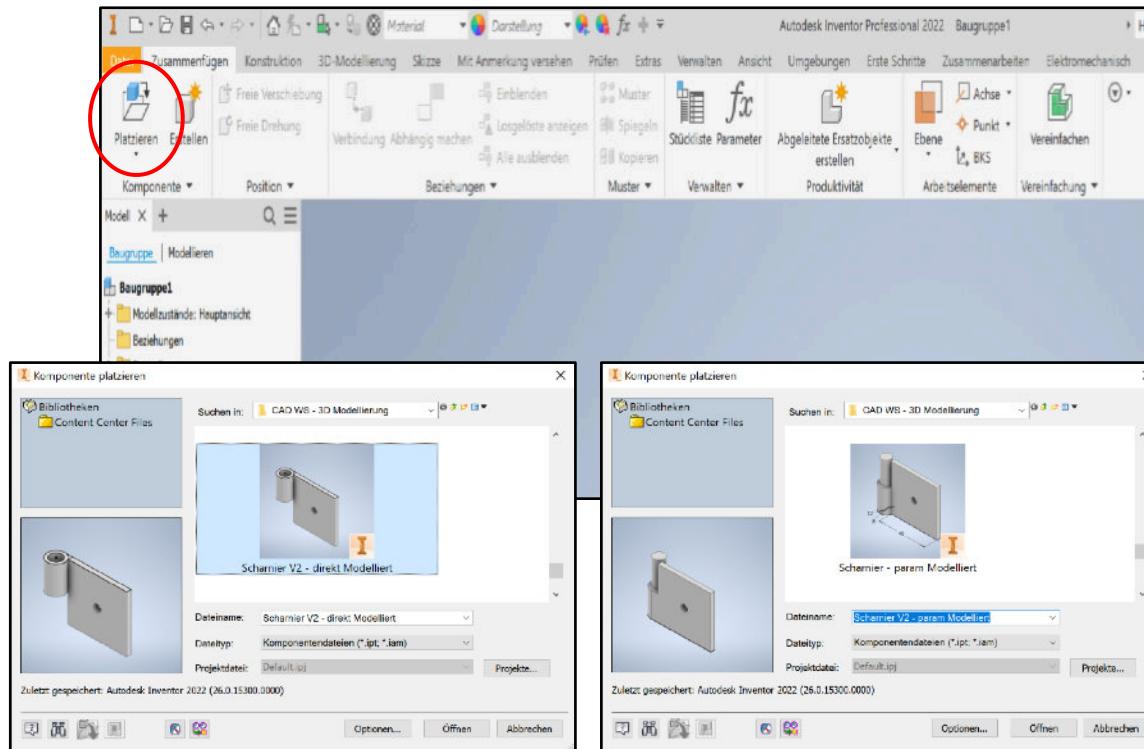
... und auch ein Scharnier



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

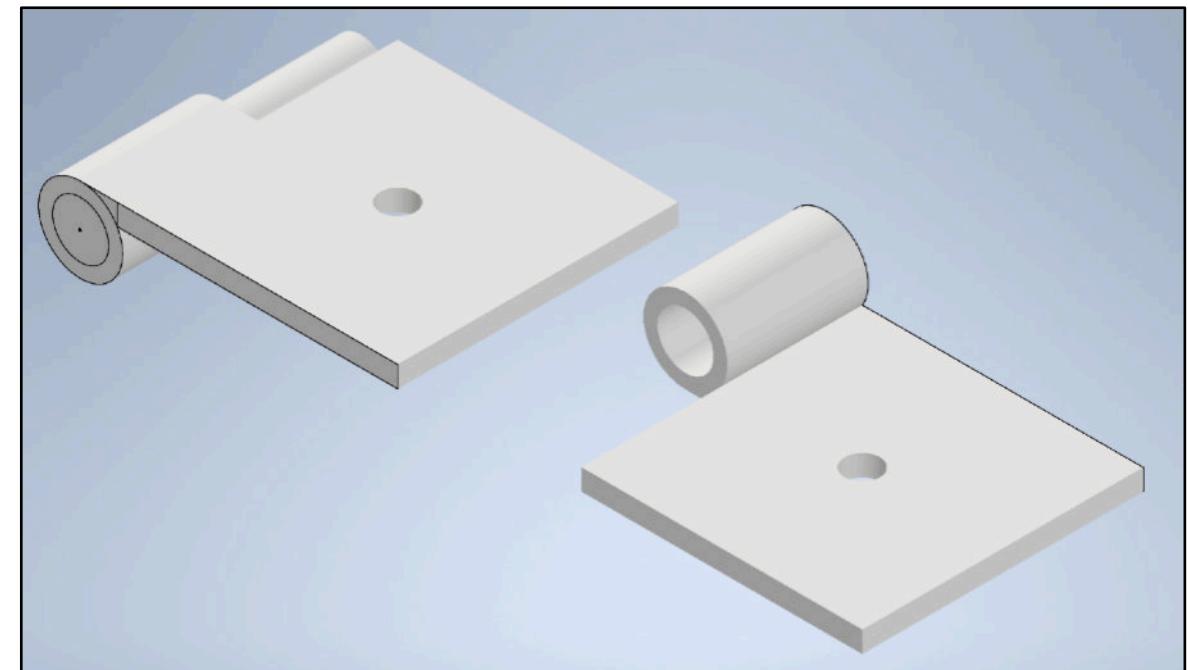
# Baugruppenerstellung - Workflow

## 1. Bauteile auswählen & laden



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

## 2. Bauteile platzieren

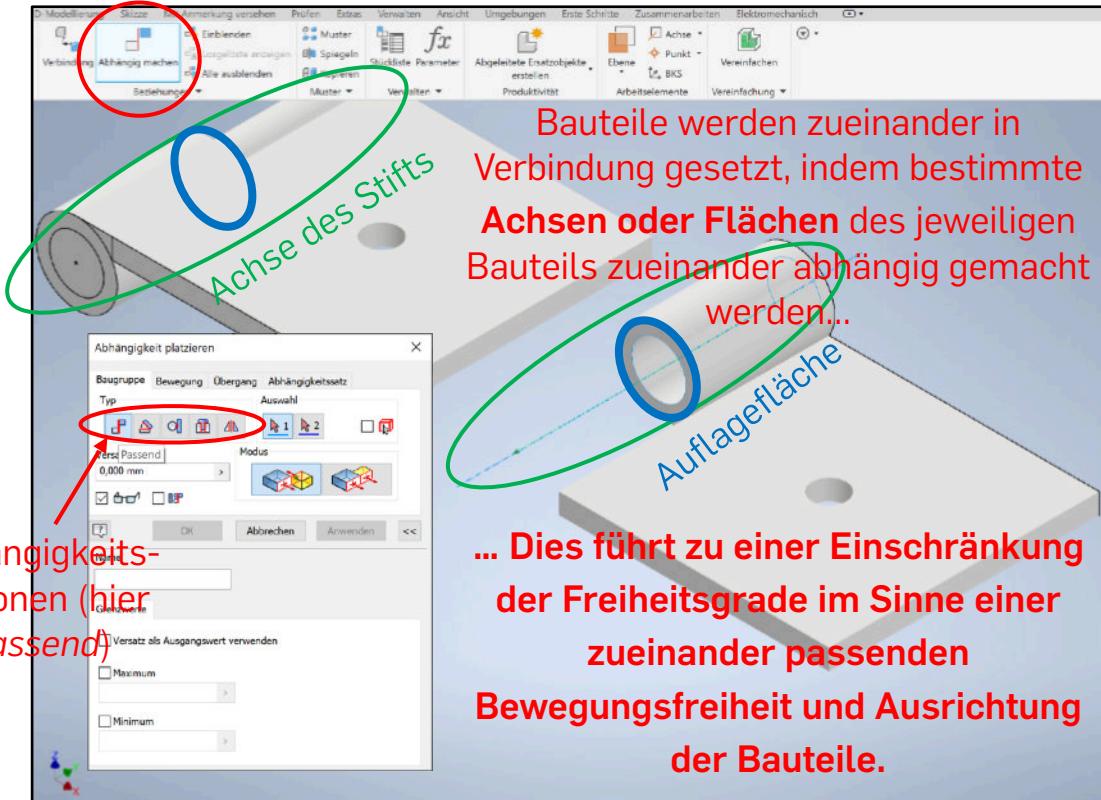


RUB-Makerspace Team: Autodesk  
Inventor –  
Geladene Bauteile (CC BY-SA 4.0)

„Professionelle“ CAD/CAX-Software

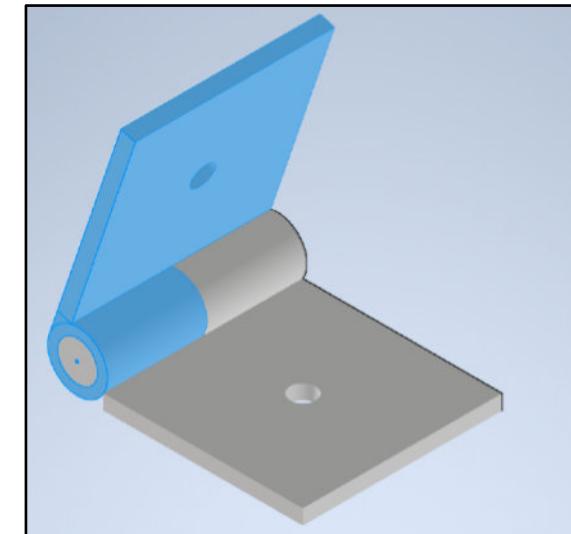
## Baugruppenerstellung - Workflow

### 3. Bauteile zueinander abhängig machen



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

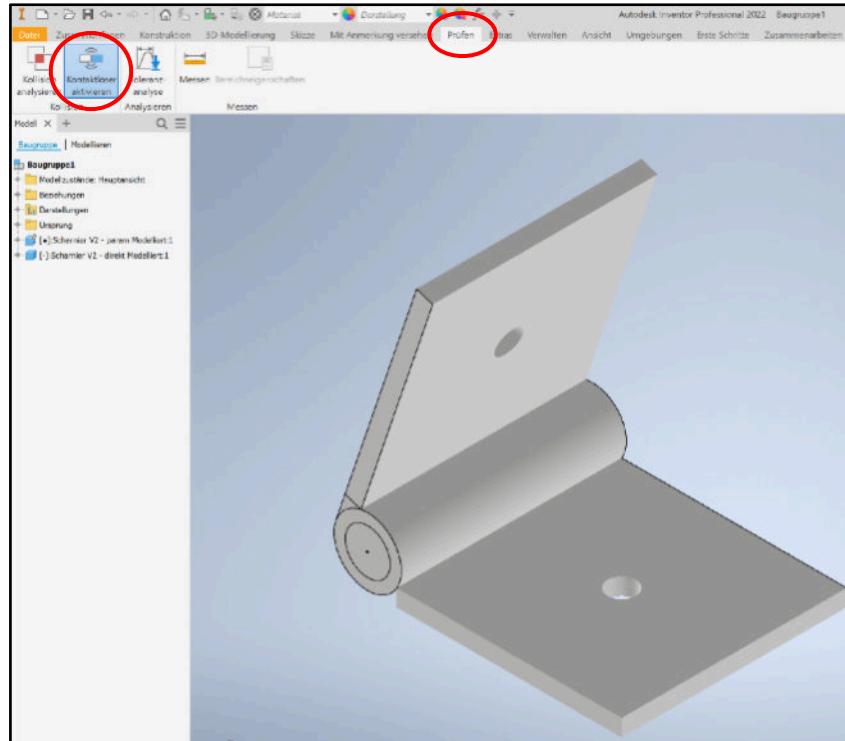
### 4. Baugruppe bewegen



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

# Baugruppenerstellung - Workflow

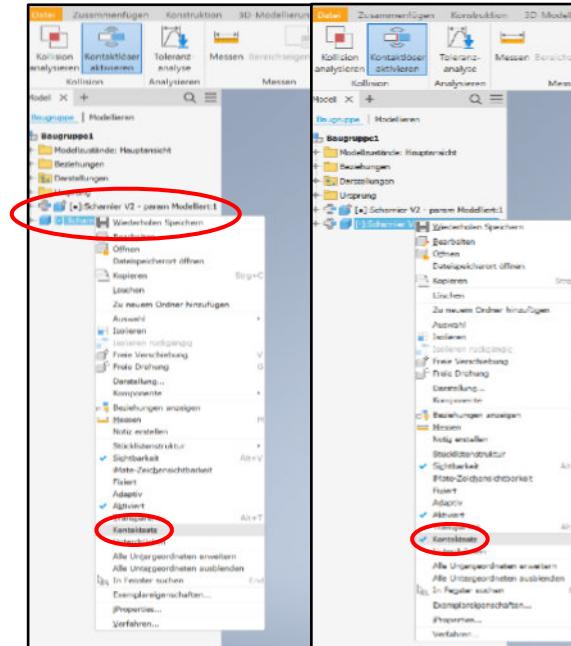
## 5. Kontakterkennung aktivieren



RUB-Makerspace Team:

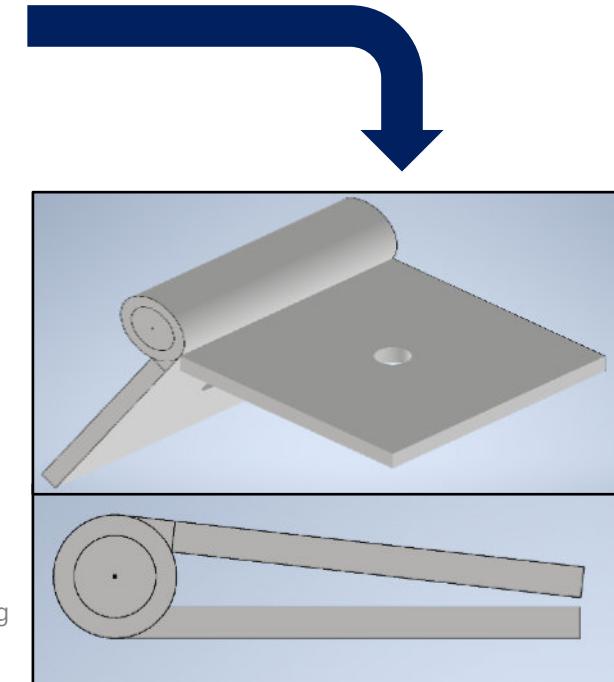
Autodesk Inventor – Kontakterkennungaktivieren  
(CC BY-SA 4.0)

## 6. Bauteile zur Kontakterkennung hinzufügen



RUB-Makerspace Team:

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



# Baugruppenerstellung - Aufgabe

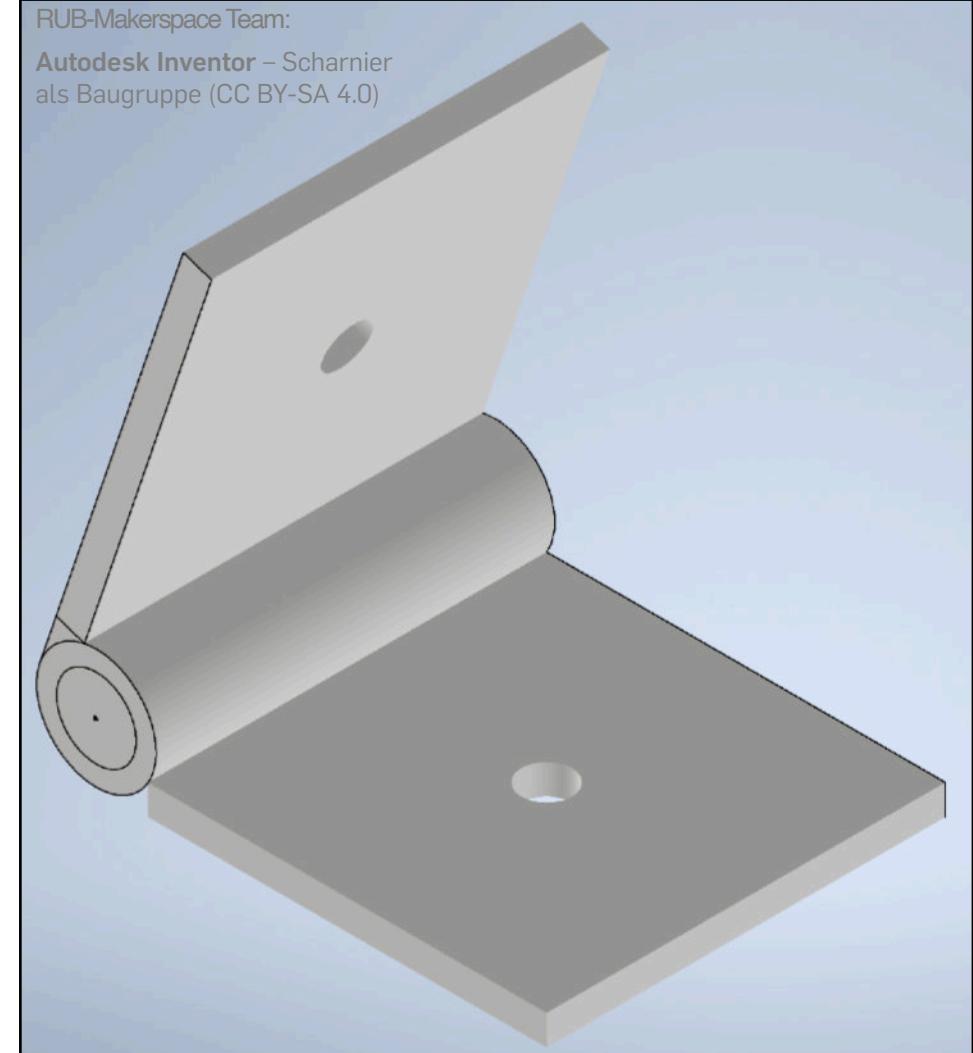
## Aufgabe

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.

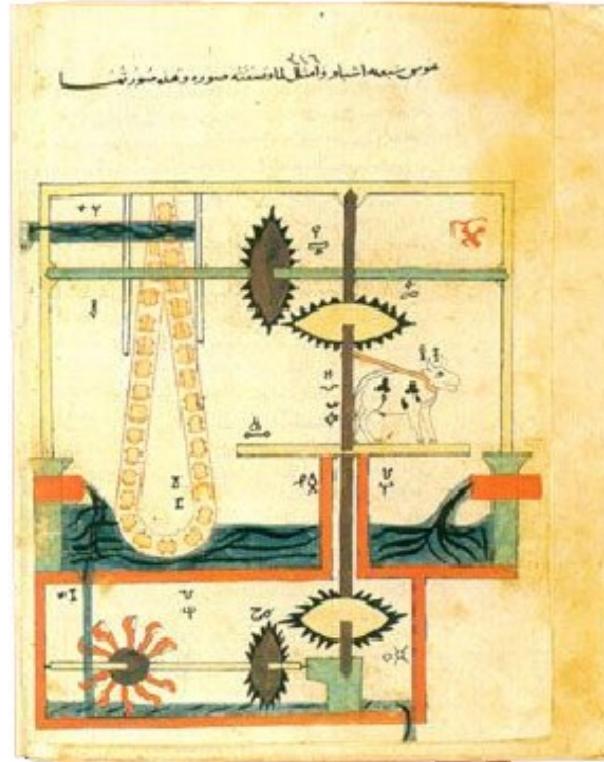
### Hinweise:

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

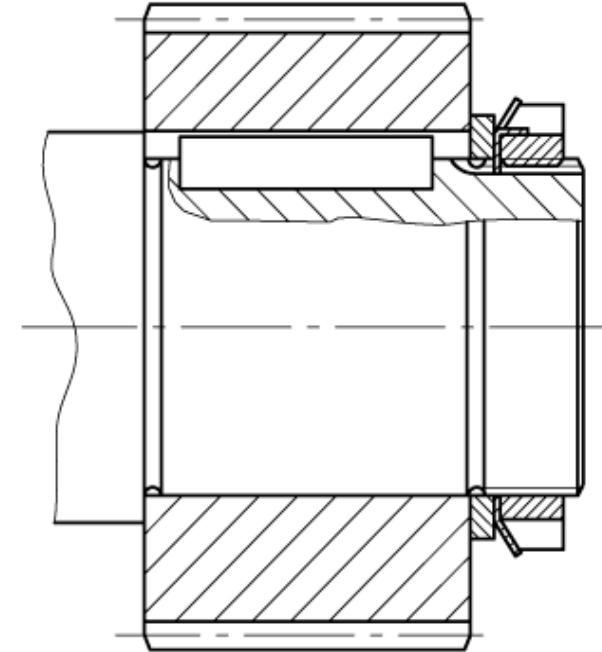


## Technische Zeichnungen (1)

- 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



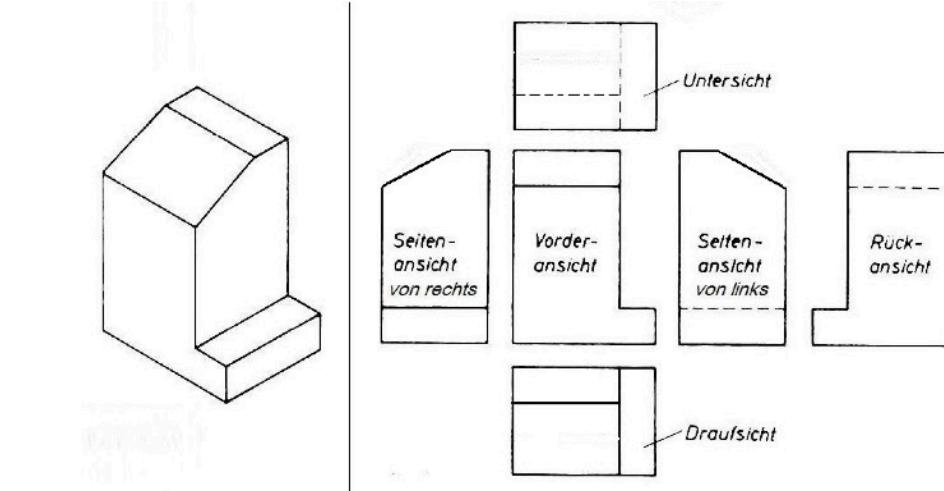
Schöpfwerk-Zeichnung von 1205:  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Technisches\\_Zeichnen#/media/Datei:Al-Jazari\\_Automata\\_1205.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Technisches_Zeichnen#/media/Datei:Al-Jazari_Automata_1205.jpg)  
 (Public Domain)



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)

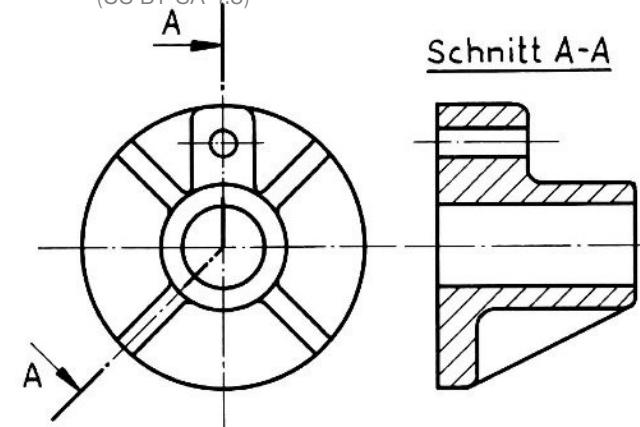
- Technische Zeichnungen bilden die Kontur eines Bauteils aus **verschiedenen festen Perspektiven ab** (i.d.R. Vorderansicht, Seitenansicht und Draufsicht)
- Durch bestimmte Linientypen (z.B. gestrichelt...) werden Informationen hinsichtlich innenliegender Konturen, Bohrungen, Schnitte usw. vermittelt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



Perspektiven und deren Herleitung:

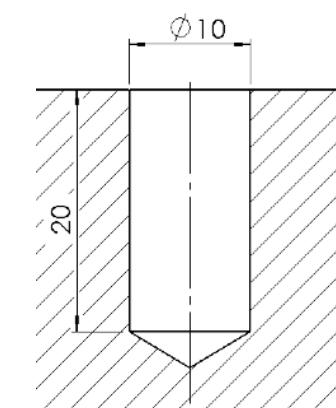
S. Wetzel: Technische Zeichnung - Ansichten-Schema, [https://de.wikipedia.org/wiki/Technische\\_Zeichnung#/media/Datei:Ansichten2.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Zeichnung#/media/Datei:Ansichten2.jpg)

(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)

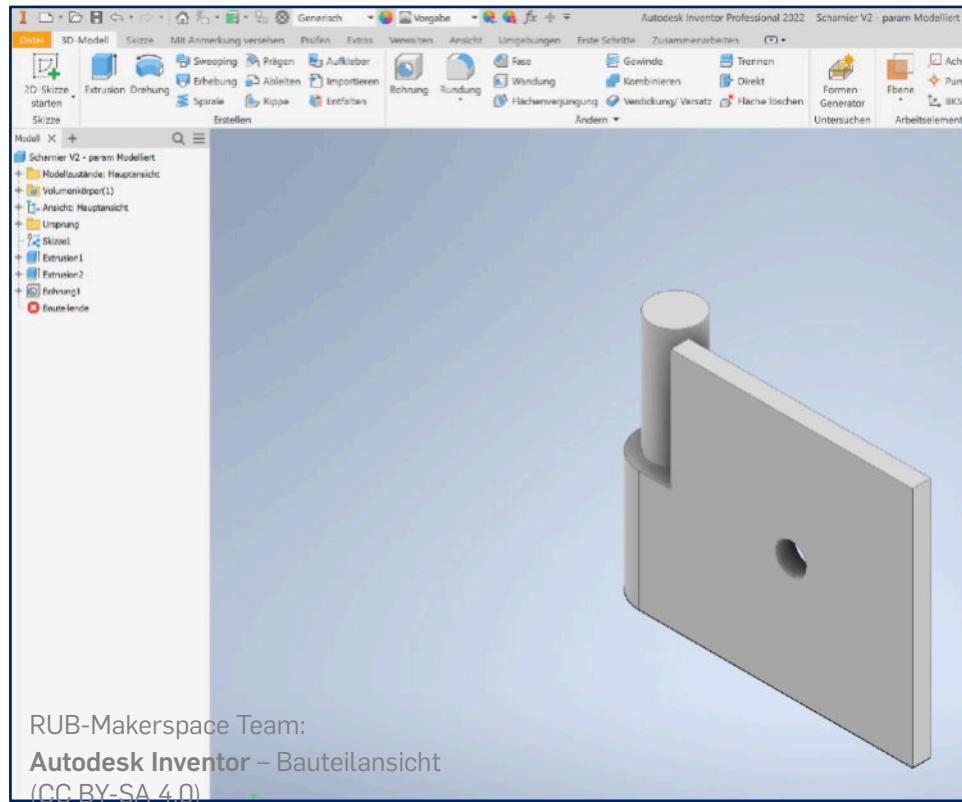


Zeichnung einer Bohrung mit Bemaßung:

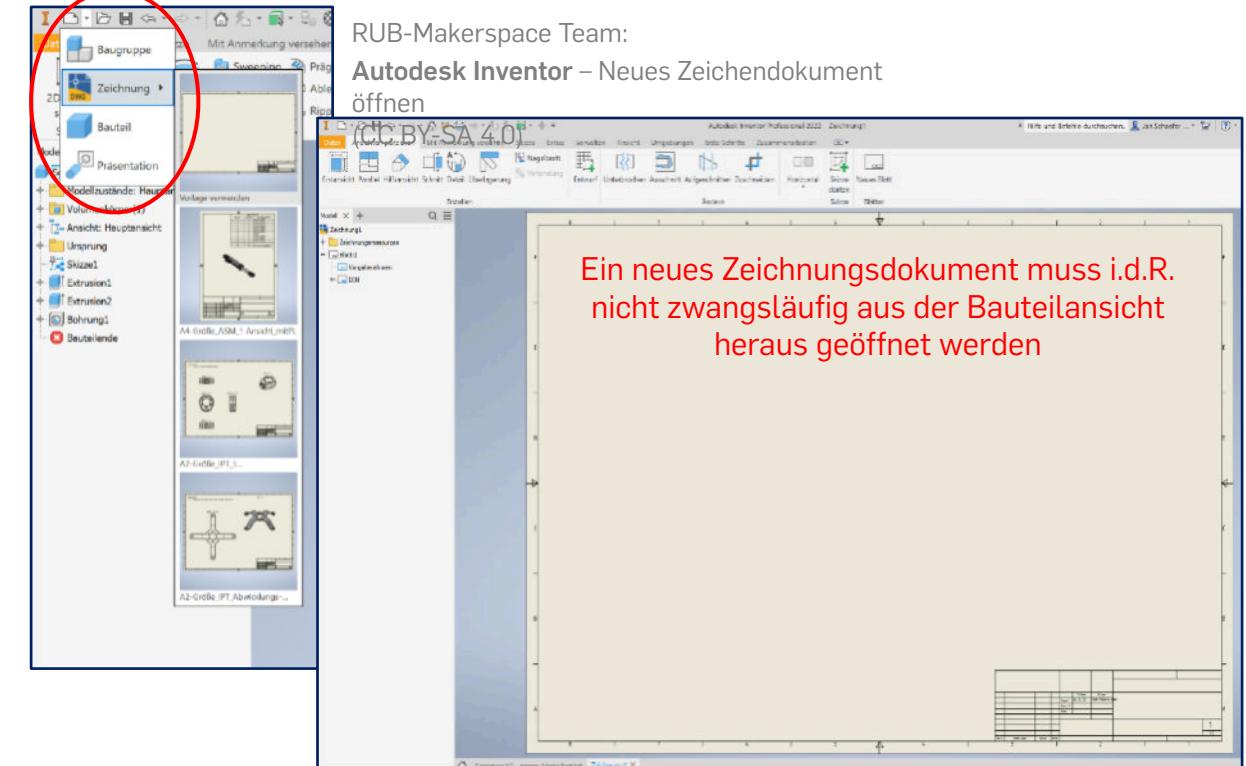
[https://de.wikipedia.org/wiki/Technische\\_Zeichnung#/media/Datei:Technical\\_Drawing\\_Hole\\_02.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Zeichnung#/media/Datei:Technical_Drawing_Hole_02.png)  
(Public Domain)

# Zeichnungsableitung – Workflow (1)

## 1. Bauteilansicht

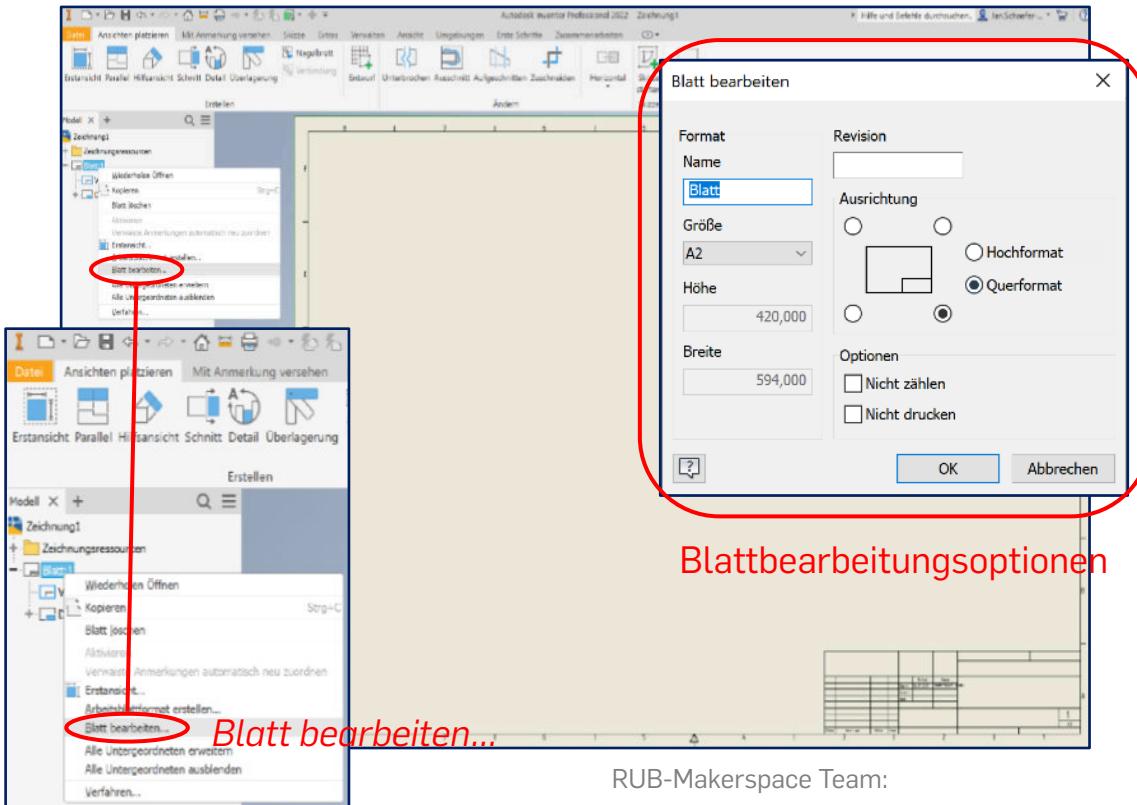


## 2. Neues Zeichnungsdokument öffnen



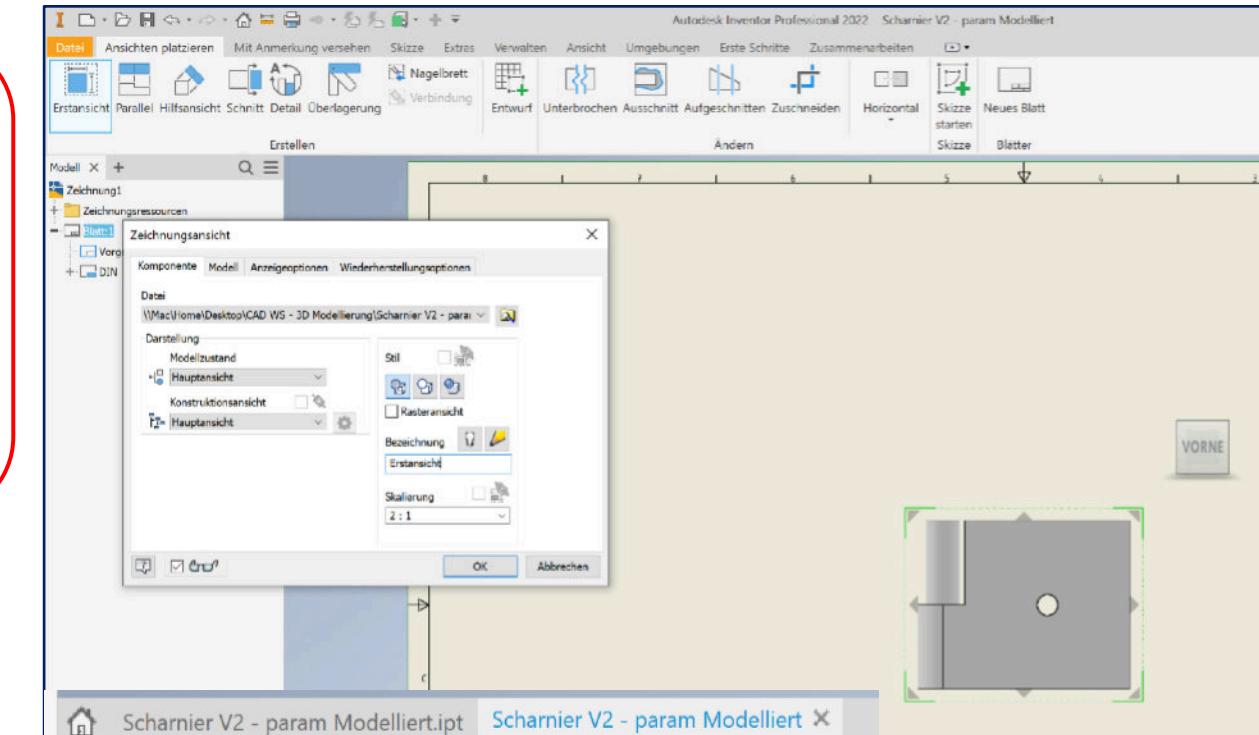
# Zeichnungsableitung – Workflow (2)

## 3. Zeichnungsblatt anpassen



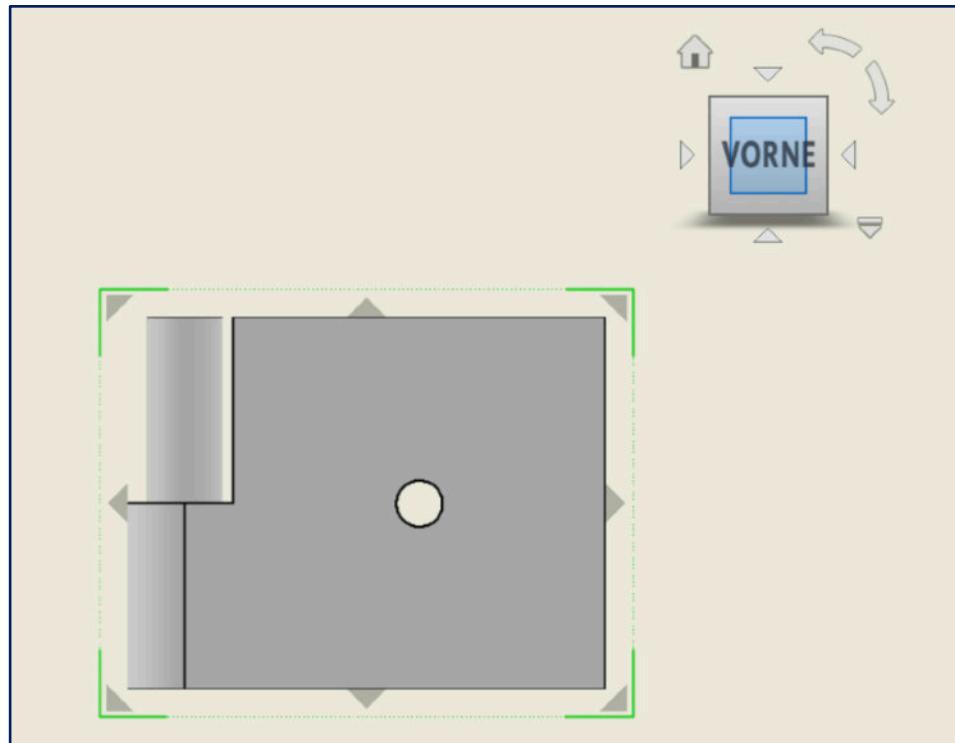
RUB-Makerspace Team:  
Autodesk Inventor – Zeichnungsblatt  
anpassen (CC BY-SA 4.0)

## 4. Erstansicht öffnen und Einstellungen tätigen



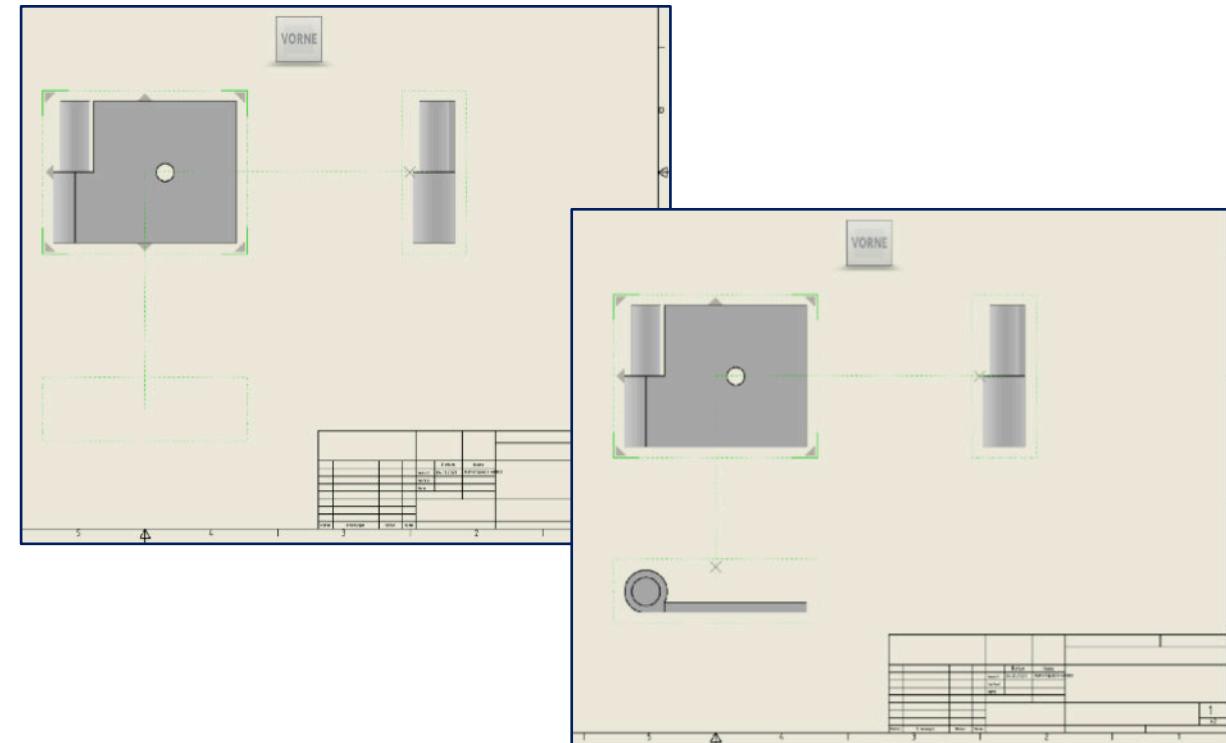
## Zeichnungsableitung – Workflow (3)

### 5. In Erstansicht Bauteil platzieren



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

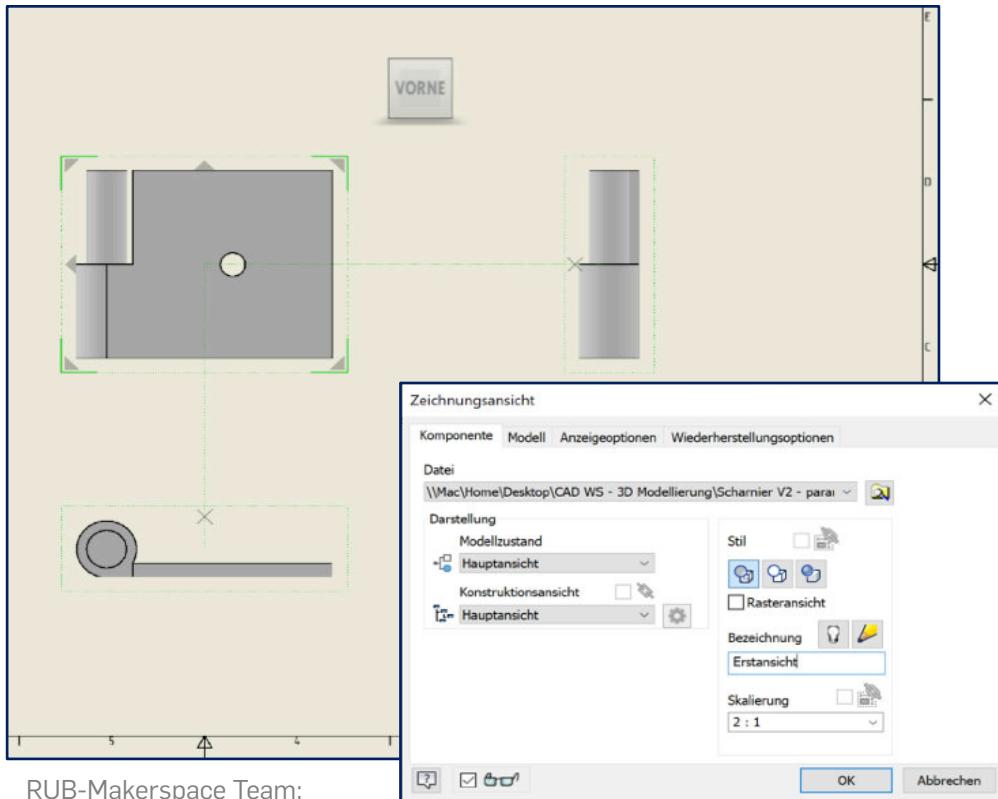
### 6. In Erstansicht Perspektiven ableiten



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

# Zeichnungsableitung – Workflow (4)

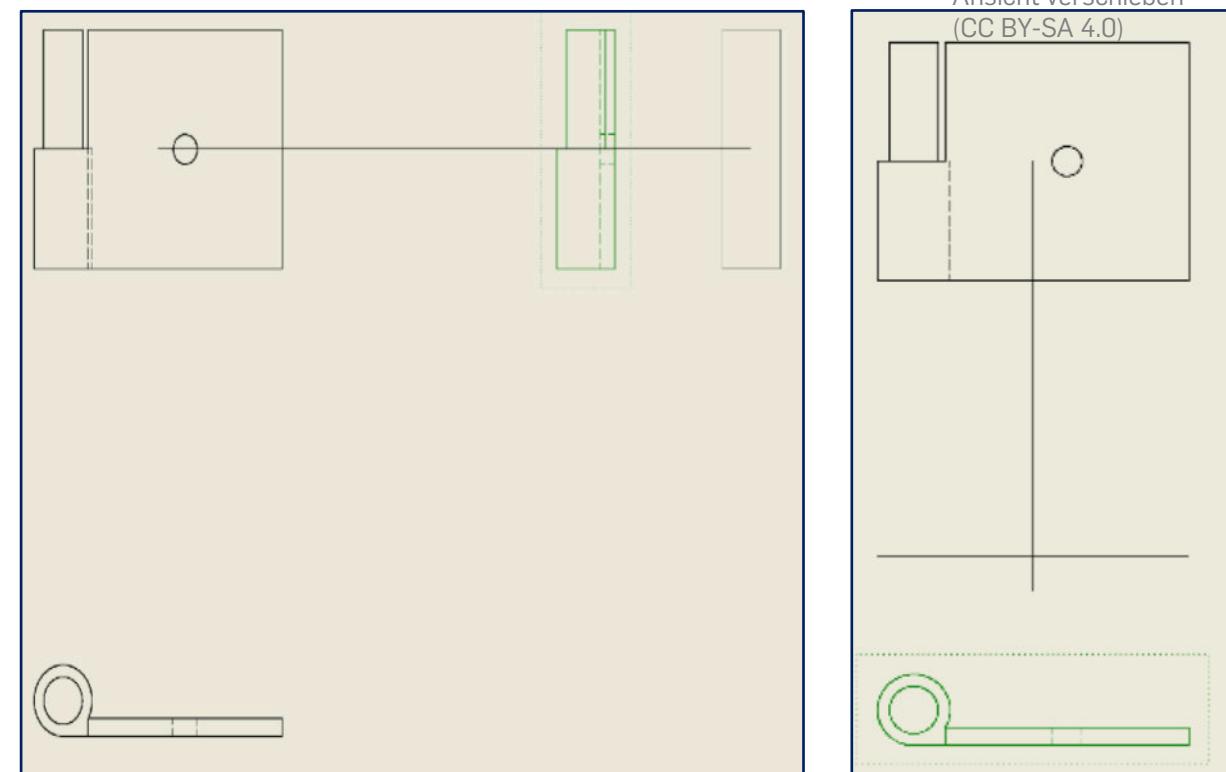
## 7. Erstansicht verlassen



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

„Professionelle“ CAD/CAX-Software

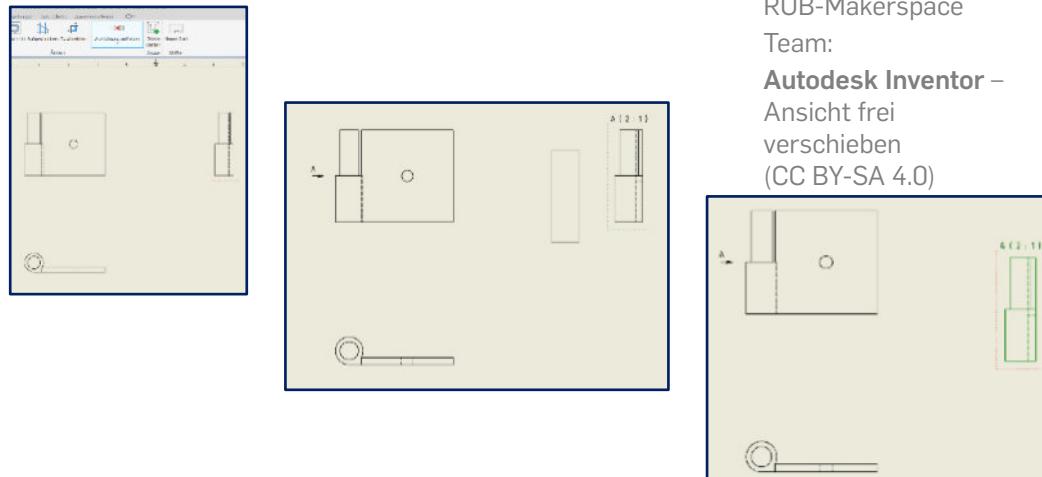
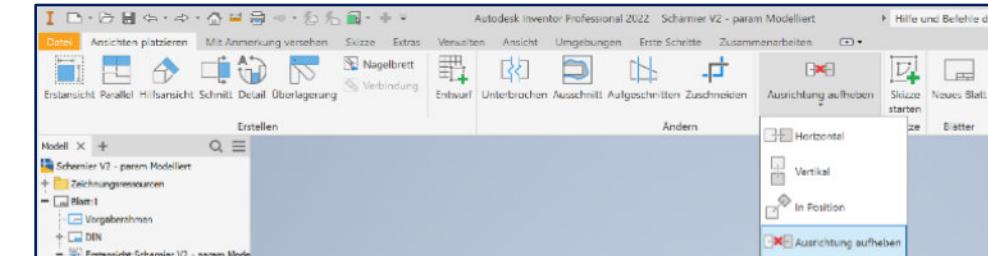
## 8. Ansichten nach Bedarf verschieben



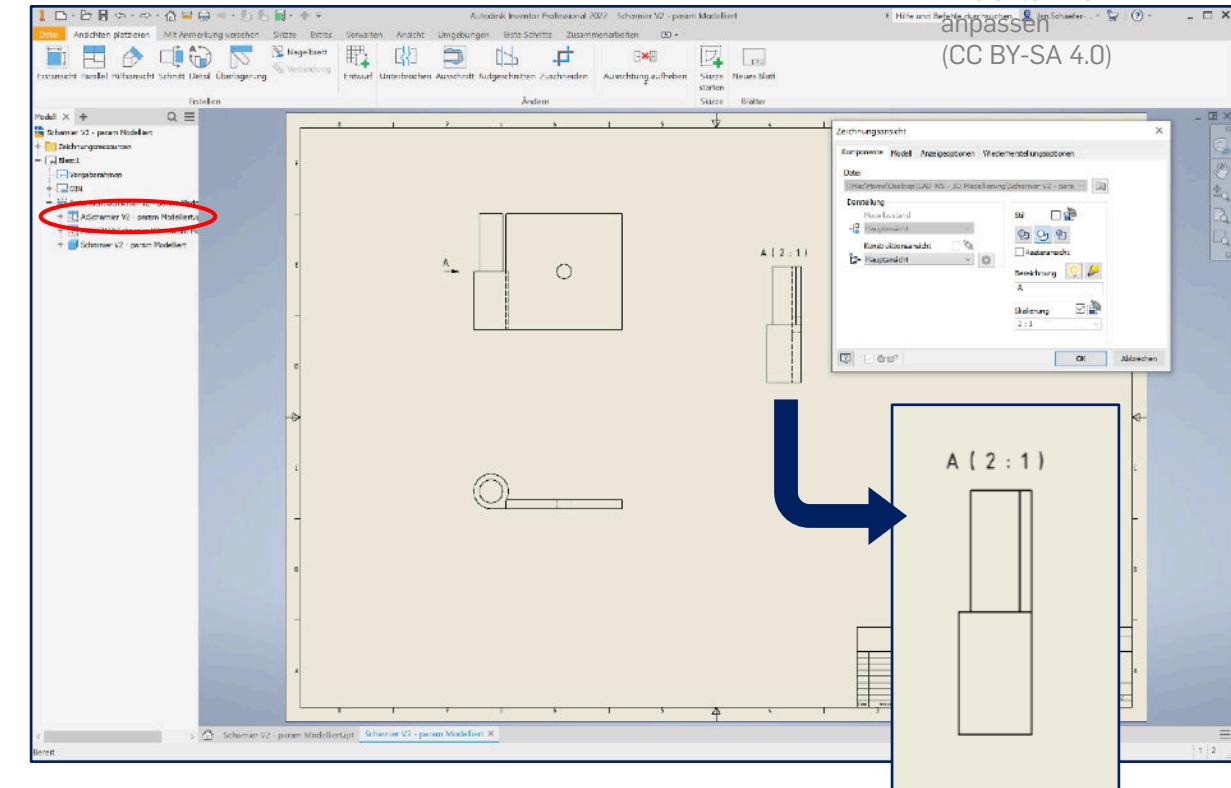
RUB-Makerspace  
Team:  
Autodesk Inventor –  
Ansicht verschieben  
(CC BY-SA 4.0)

# Zeichnungsableitung – Workflow (5)

## 9. Bestimmte Ansicht frei verschieben

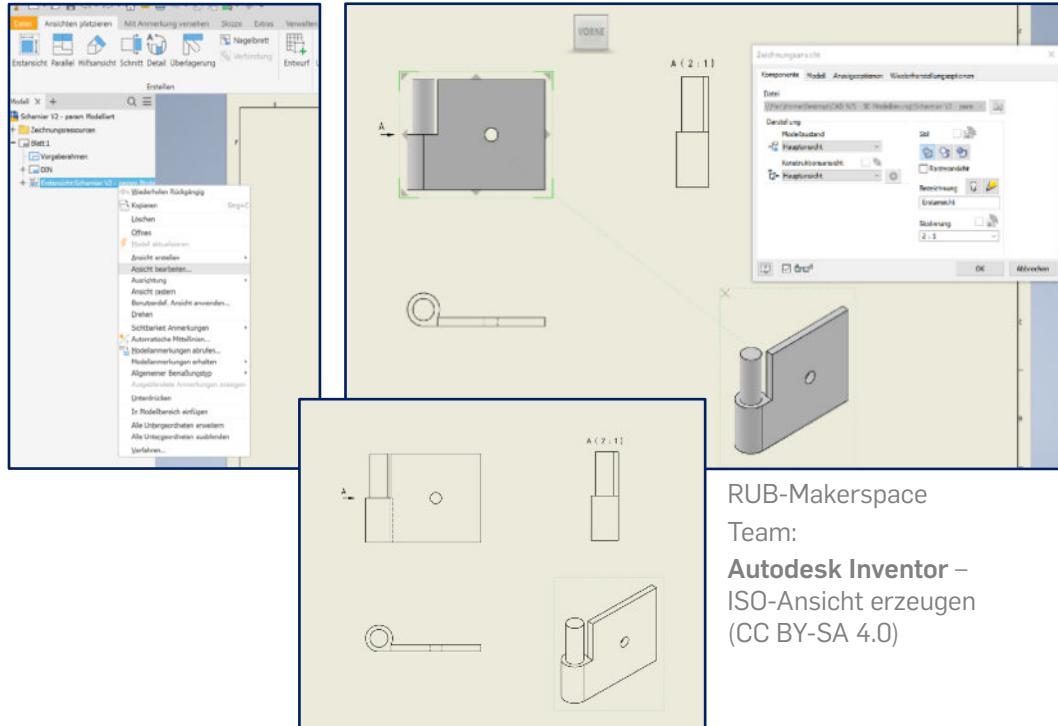


## 10. Bestimmte Ansicht frei anpassen

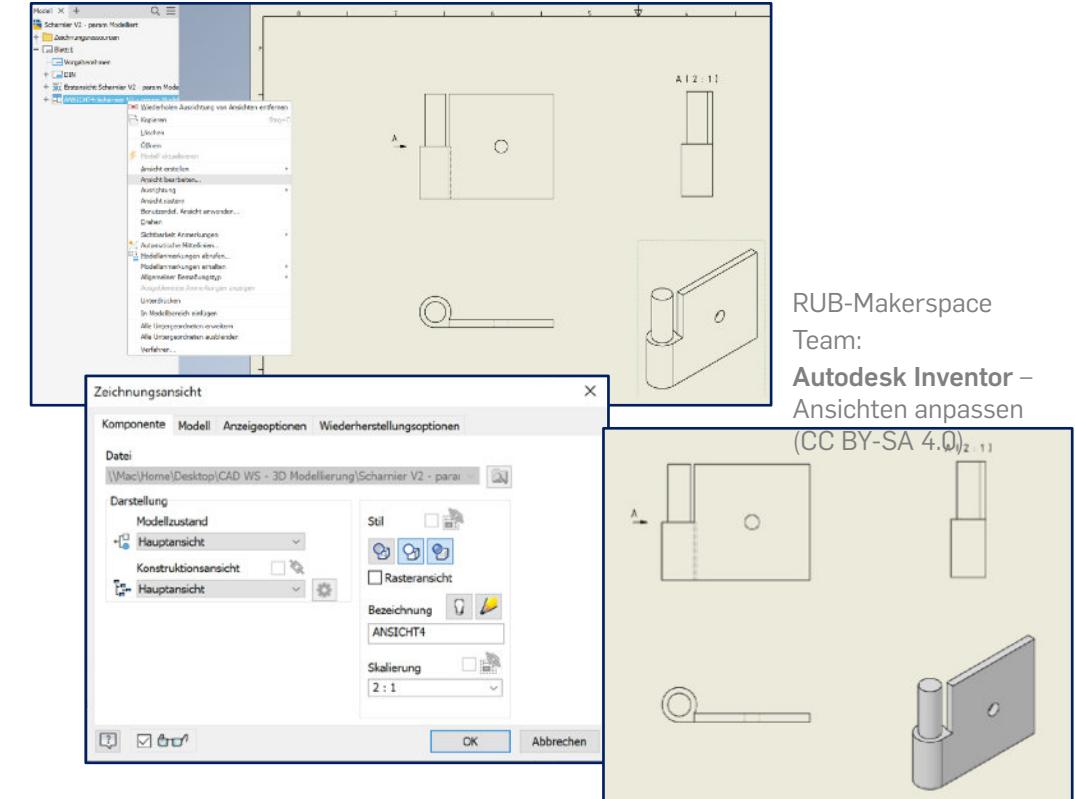


# Zeichnungsableitung – Workflow (6)

## 11. Isometrische Ansicht erzeugen

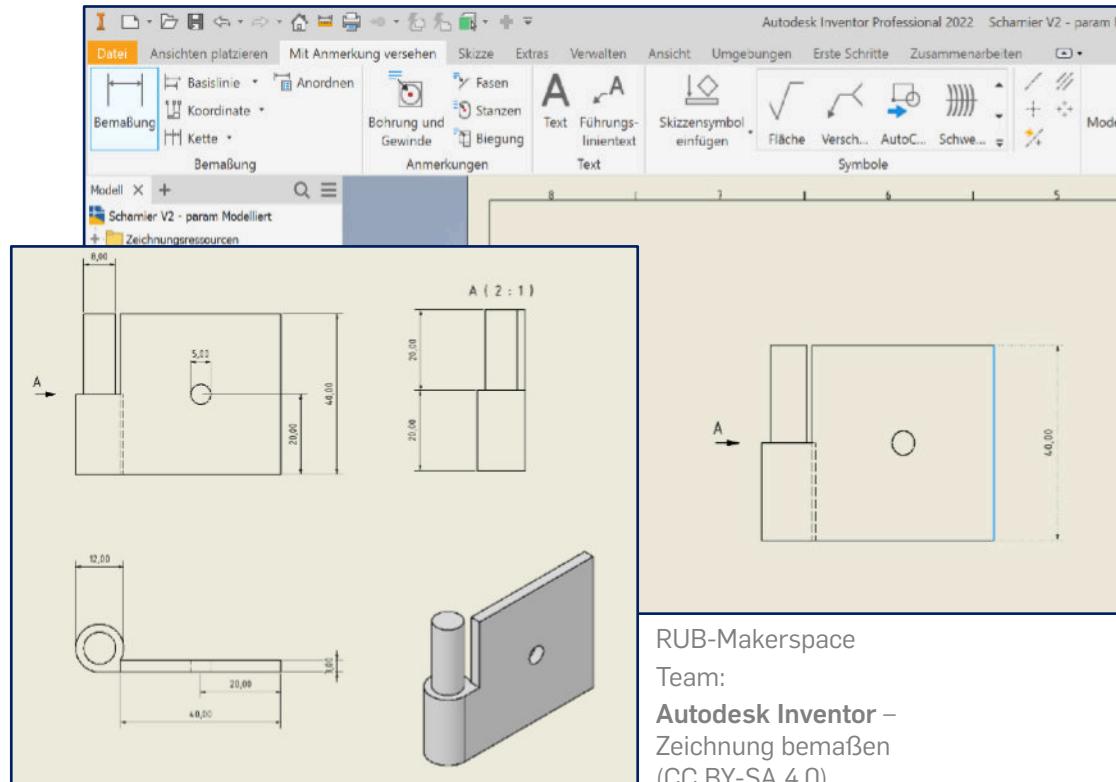


## 12. Bestimmte Ansicht anpassen

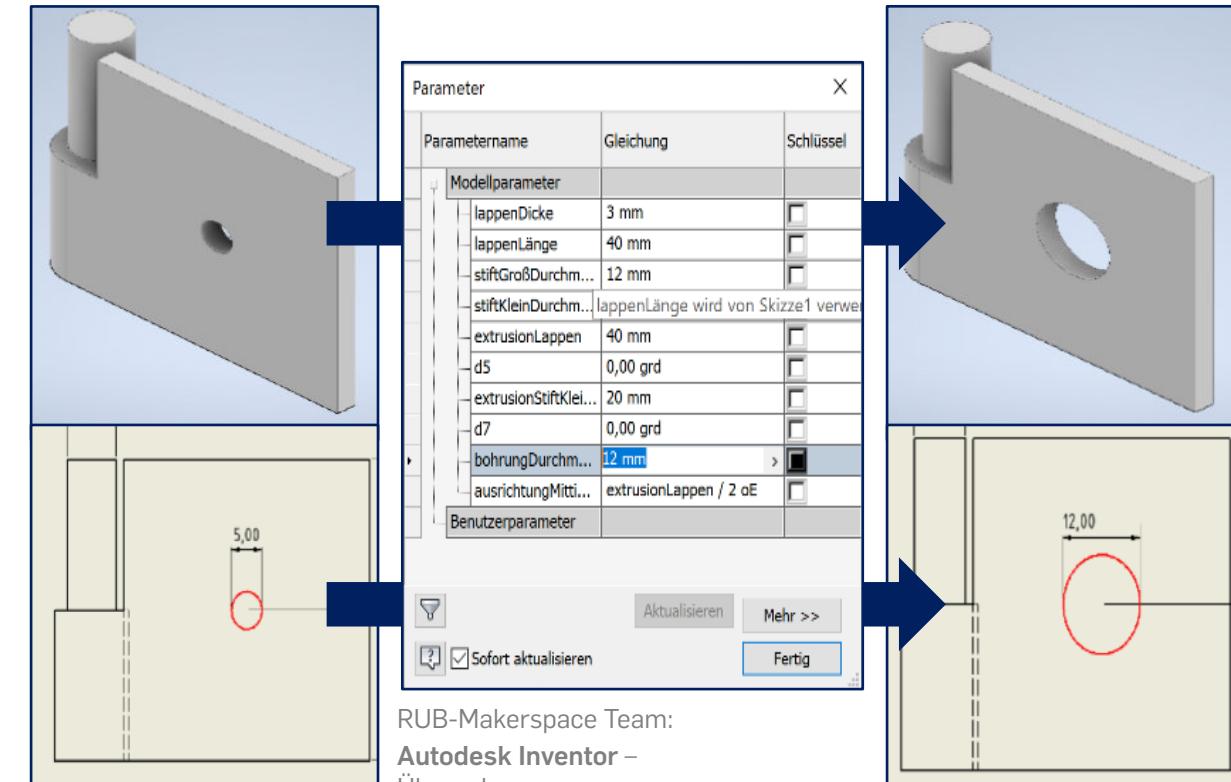


# Zeichnungsableitung – Workflow (7)

## 13. Zeichnung bemaßen



## 14. Exkurs: Übernahme v. Parameteränderung

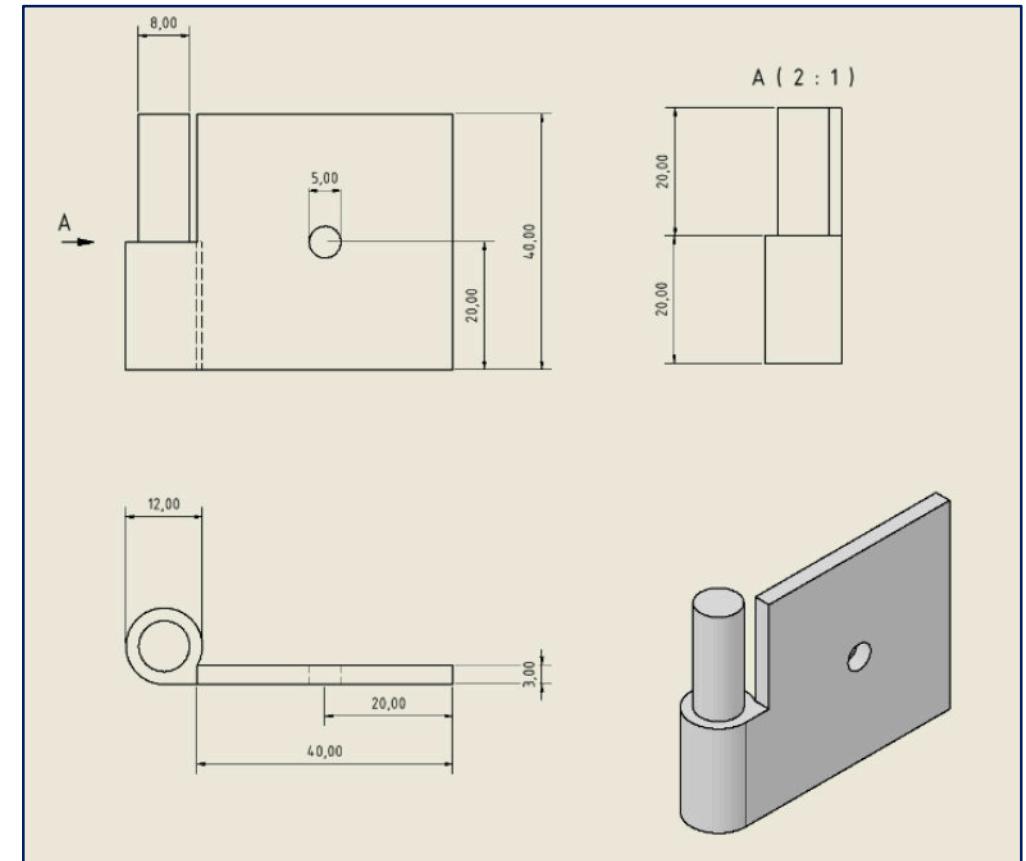


# Zeichnungsableitung - Aufgabe

## 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>

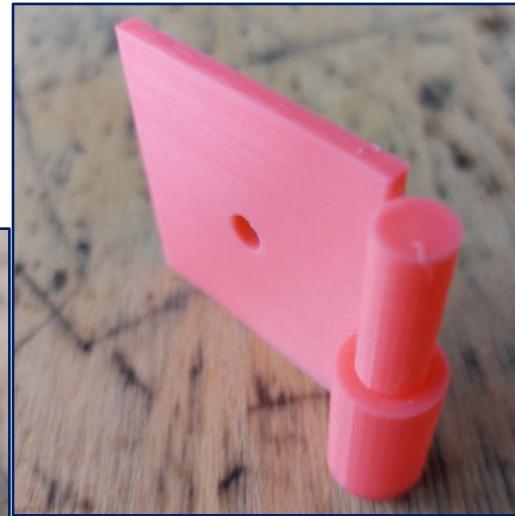
Perinorm:

- <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)

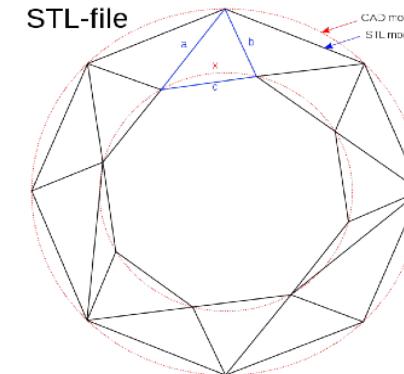


RUB-Makerspace Team:  
3d- gedrucktes Scharnier  
(CC BY-SA 4.0)

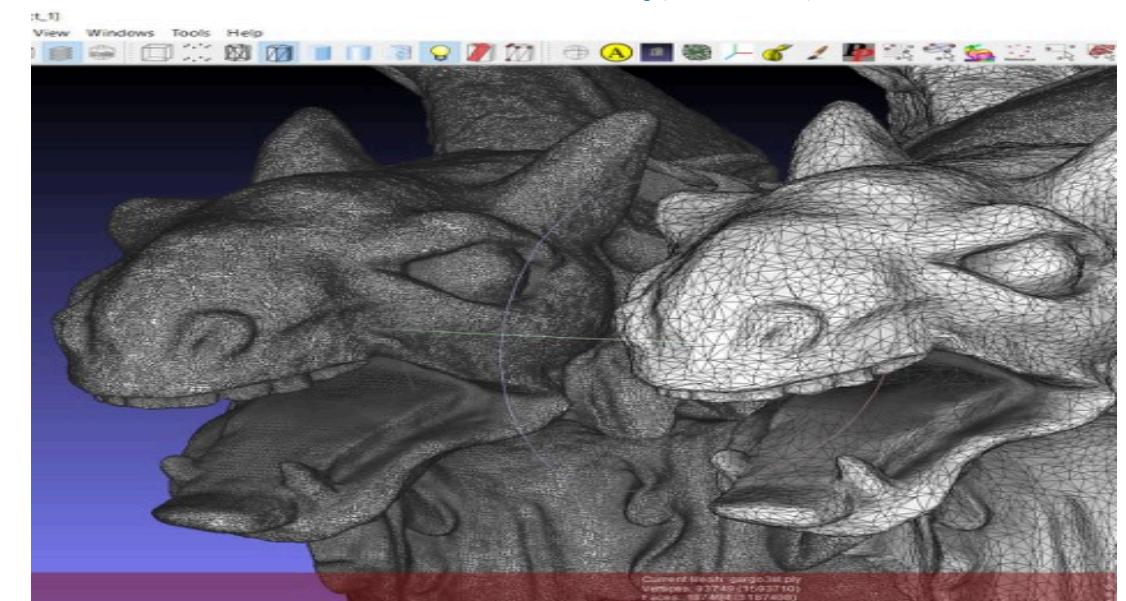
## (Exkurs) - Sculpting

## 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



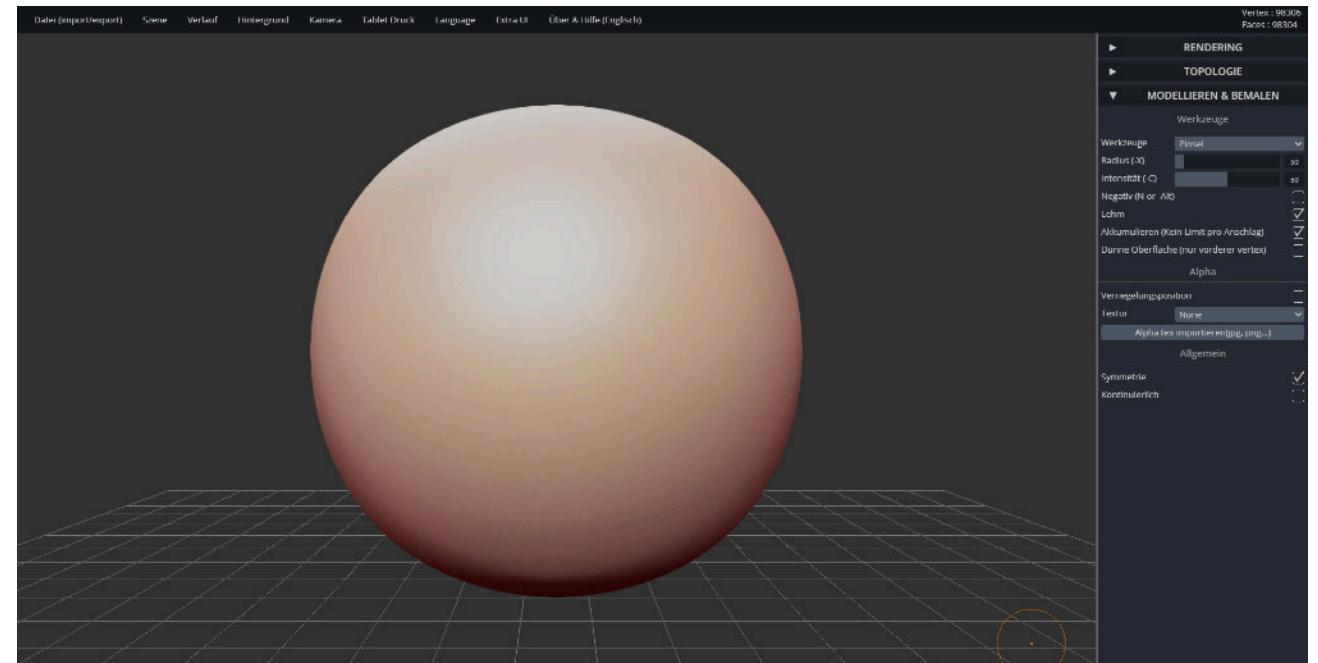
LaurensvanLieshout: Two concentric circles, representing a CAD model of a doughnut shape, and a series of triangles approximating the doughnut, representing how STL modeling work, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The\\_differences\\_between\\_CAD\\_and\\_STL\\_Models.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_differences_between_CAD_and_STL_Models.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

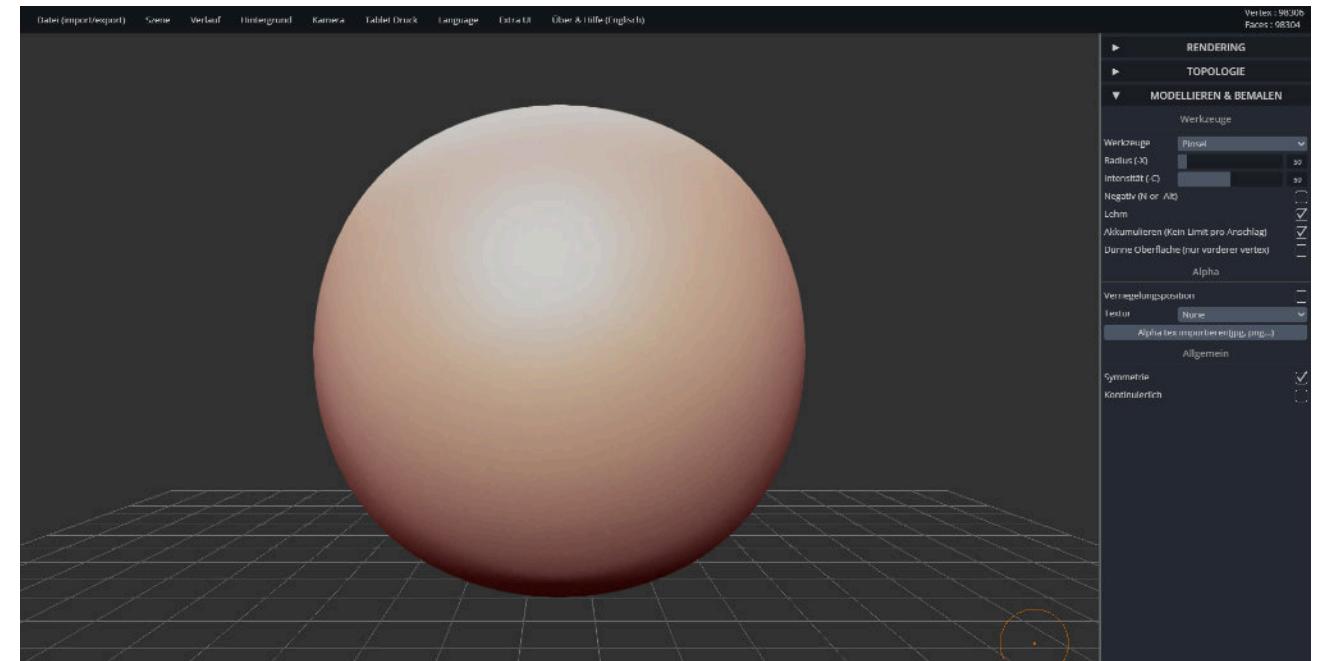


# PRAXIS: Hands-On mit SculptGL

- <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/)

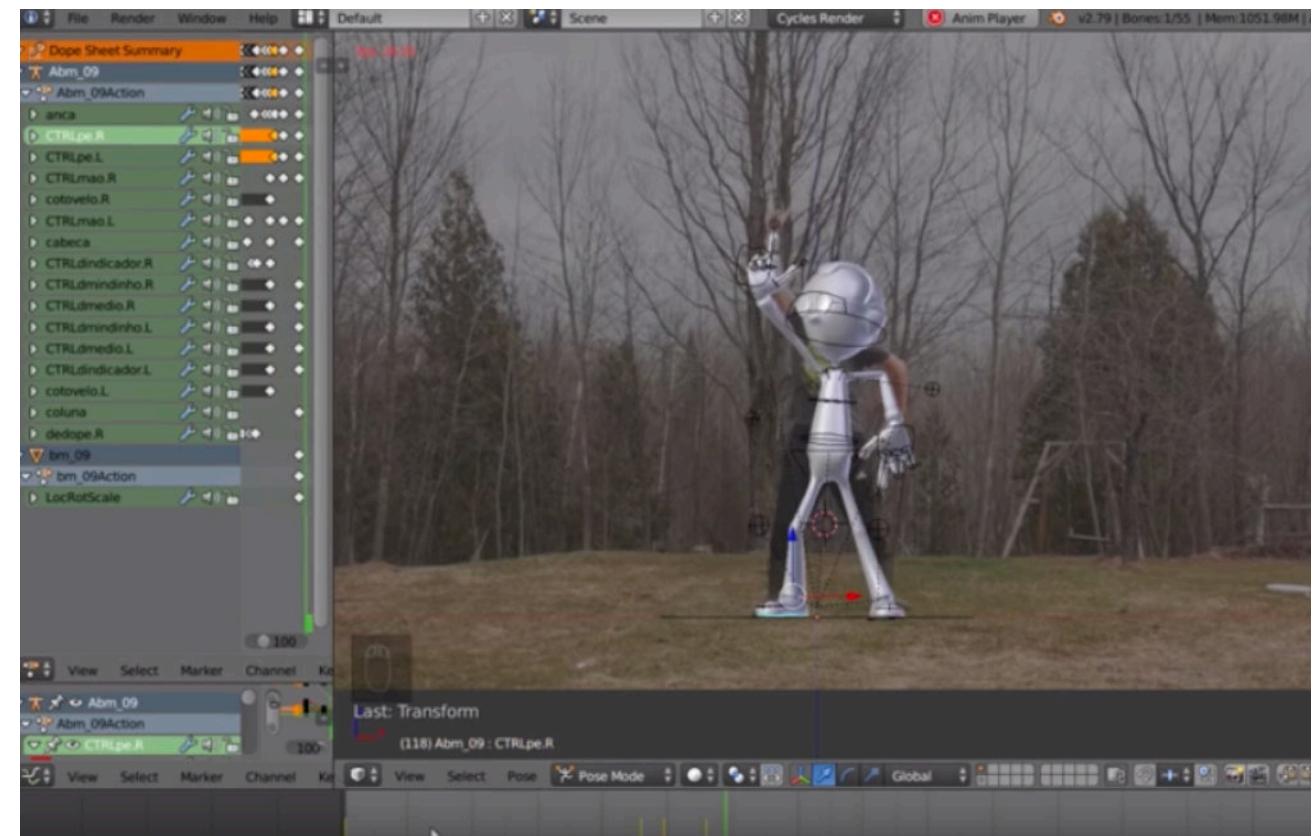


SculptGL(Screenshot)

## 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

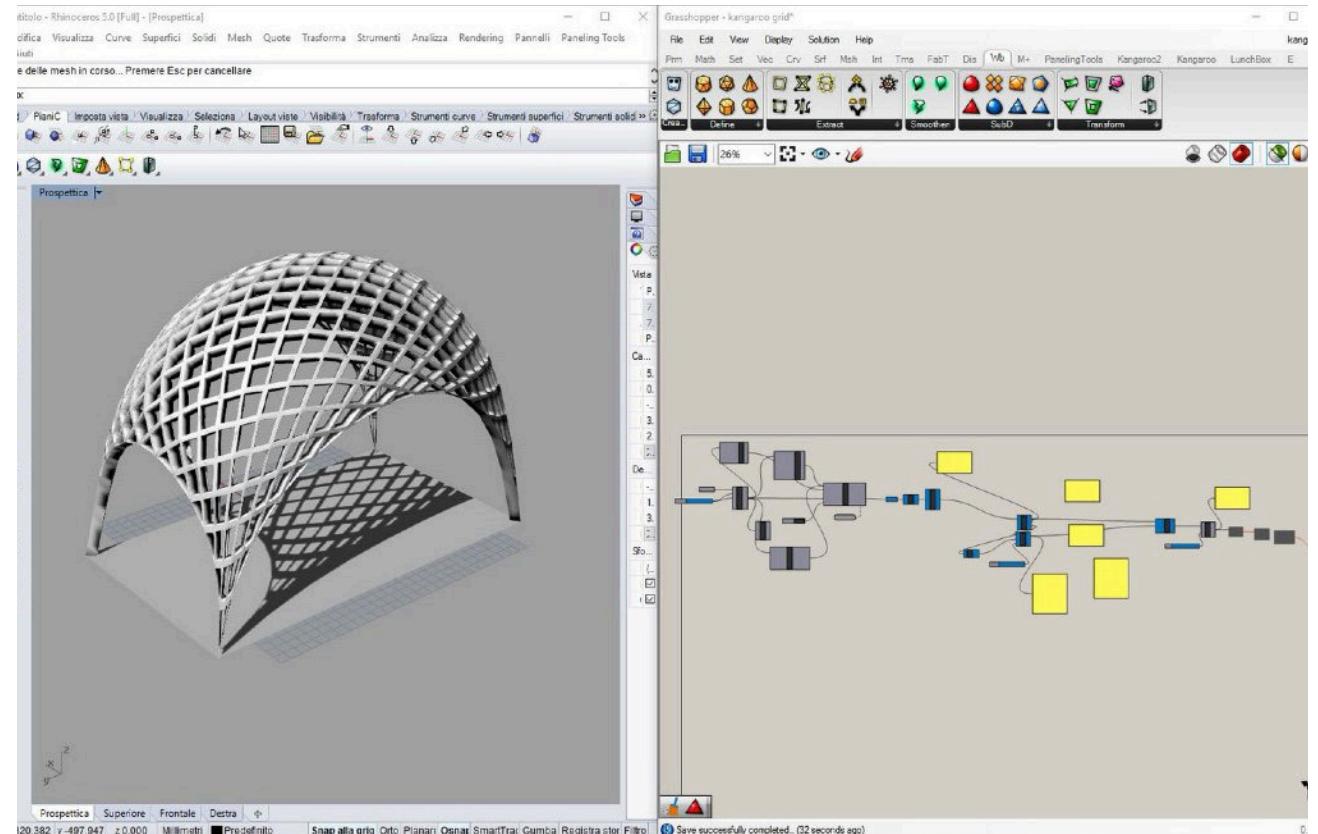


<https://improveyourdrawings.com/2019/05/20-free-blender-animation-tutorials-that-will-make-you-improve-fast/screen-shot-2019-06-08-at-7-30-57-pm/>

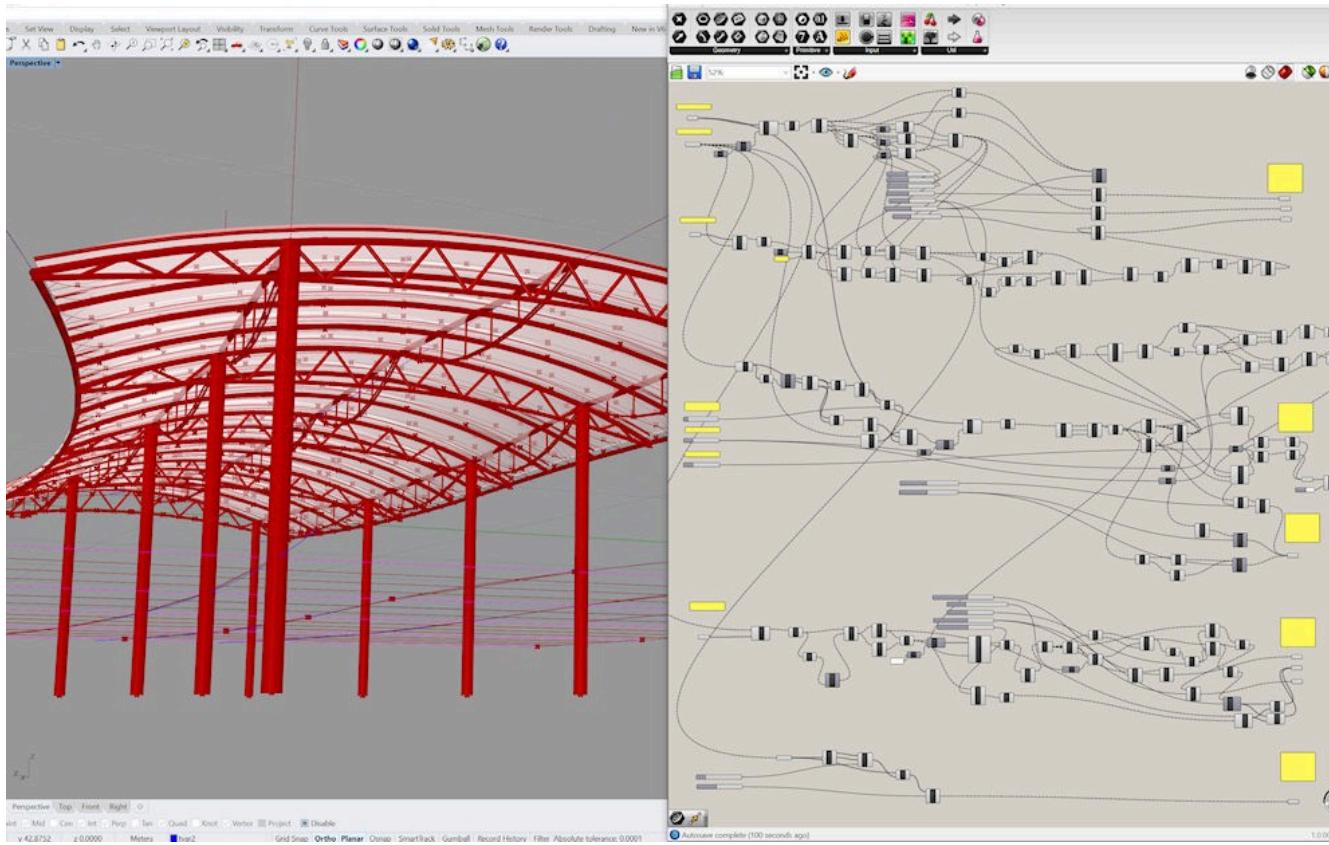
## Ausblick: Rhino + Grasshopper

# 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)