

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

RUB

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

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)

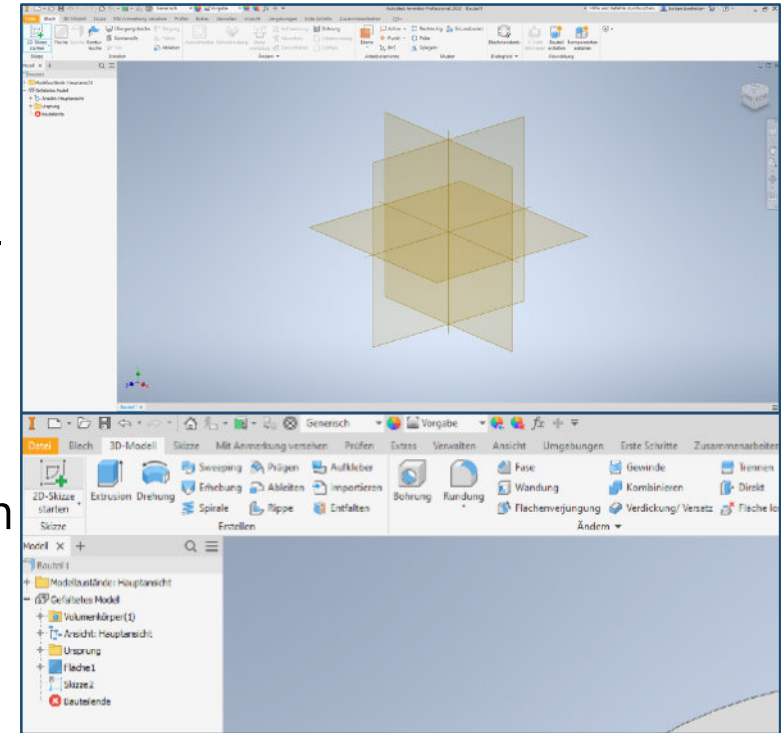
30min: **Ausblick: Rhino + Grasshopper** sowie **Blender** (Flo)

Bitte rege Fragen stellen & Input geben!

Basics

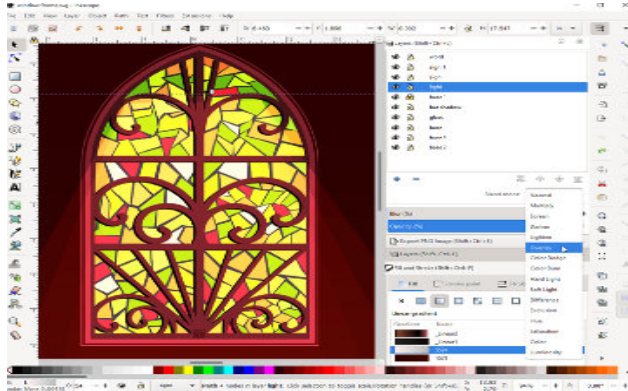
CAD?!

- 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

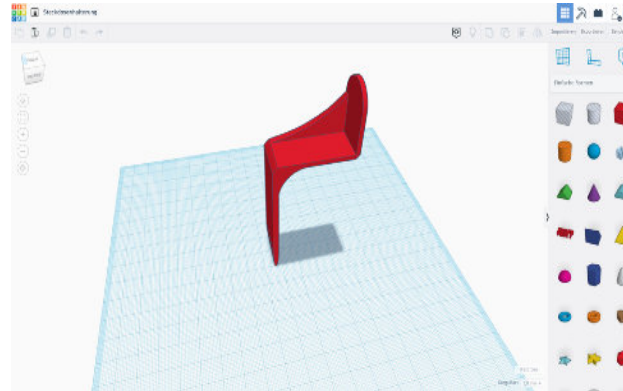


RUB-Makerspace Team, **Autodesk Inventor** – Beispiel für ein CAD-Werkzeug (CC BY-SA 4.0)

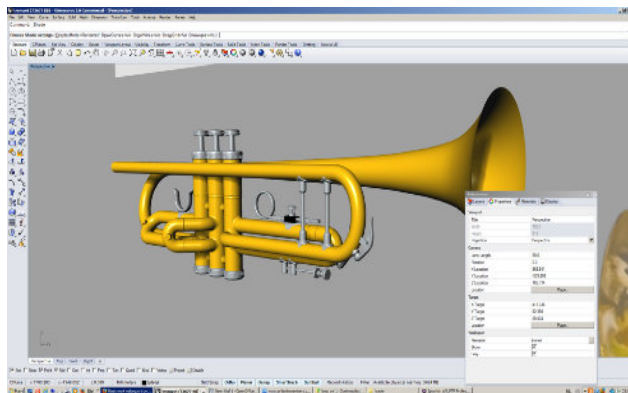
Beispiele für CAD-Werkzeuge - in diesem Workshop



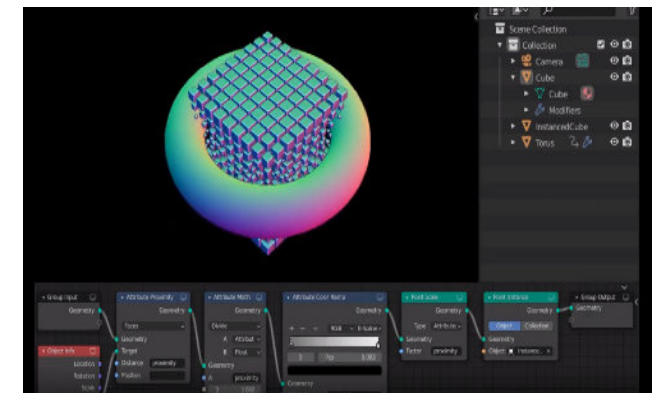
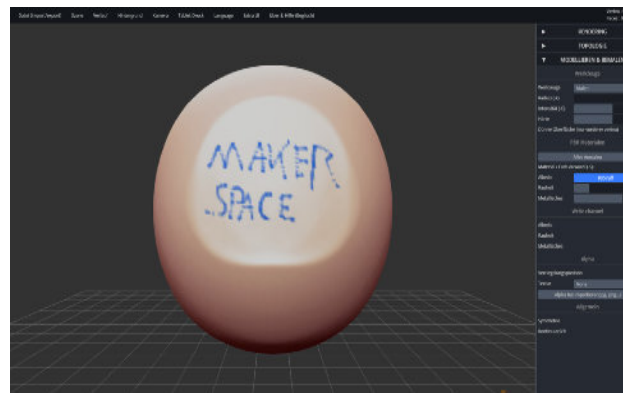
Inkscape: Universalwerkzeug für 2D-Vektorgrafik (Sonia Benett: Overlay, <https://inkscape.org/~SoniaB/%E2%98%85overlay>, CC BY-SA)



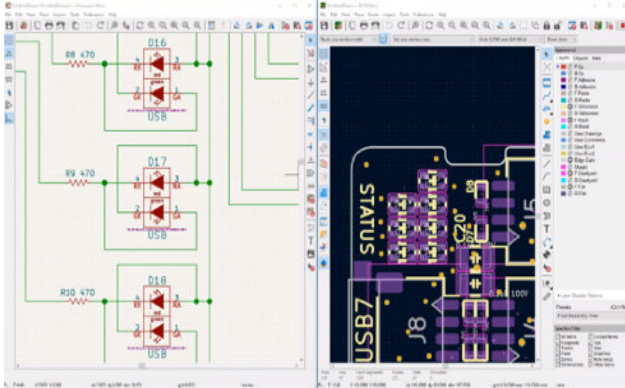
Autodesk Inventor: 3D-Gestaltung für komplexe Aufgaben mit genauer Beschreibung von Baugruppen, Parametern & Abhängigkeiten (Screenshot, CC BY-SA 4.0)



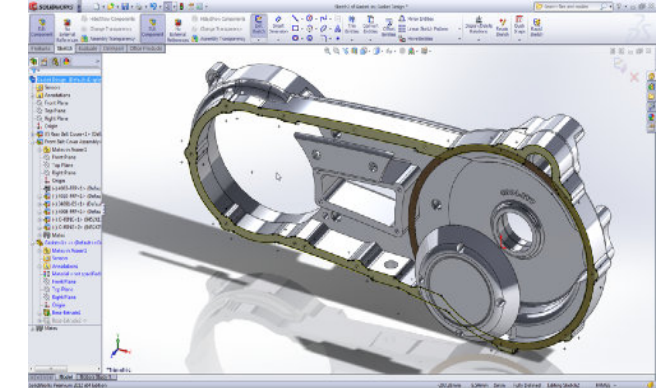
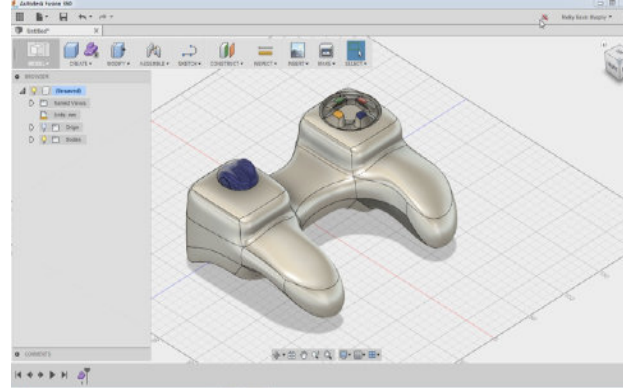
Rhinoceros 3D: 3D-Universalwerkzeug mit eigener Programmier-Umgebung, enorm erweiterbar (peter1: Basic work making a trumpet, <https://discourse.mcneel.com/t/basic-work-making-a-trumpet/35621>, CC 2.0 BY-SA)



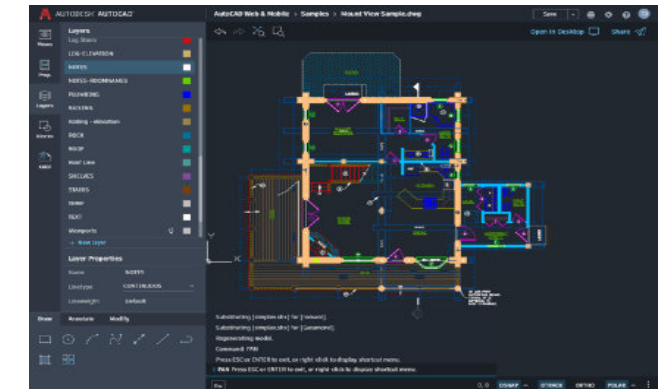
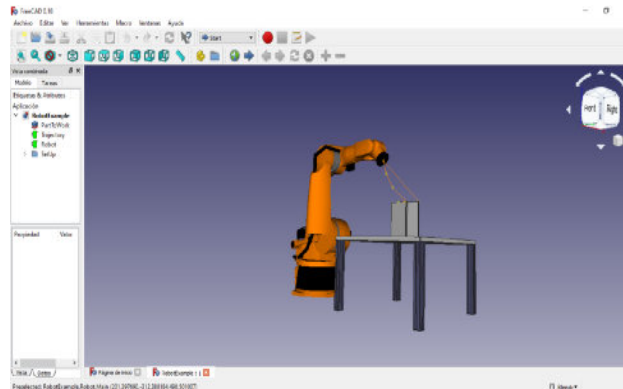
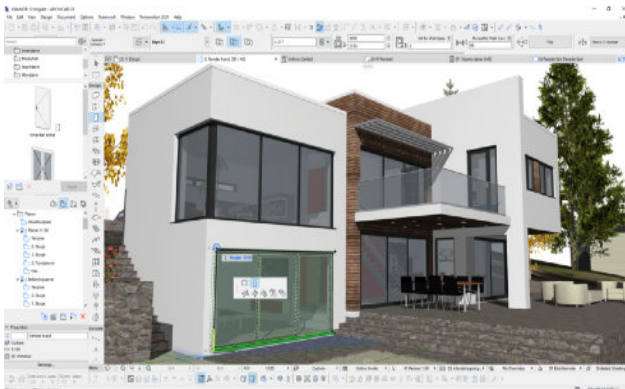
Beispiele für CAD-Werkzeuge - weitere (u.v.m.)



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/stavanja/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

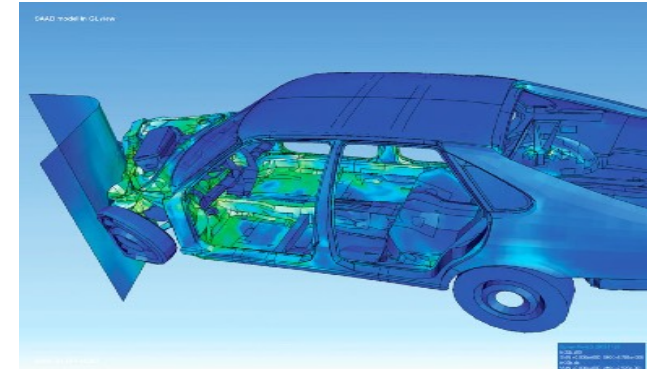
Shaper Origin: Touchscreen-Menüs

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
- ...



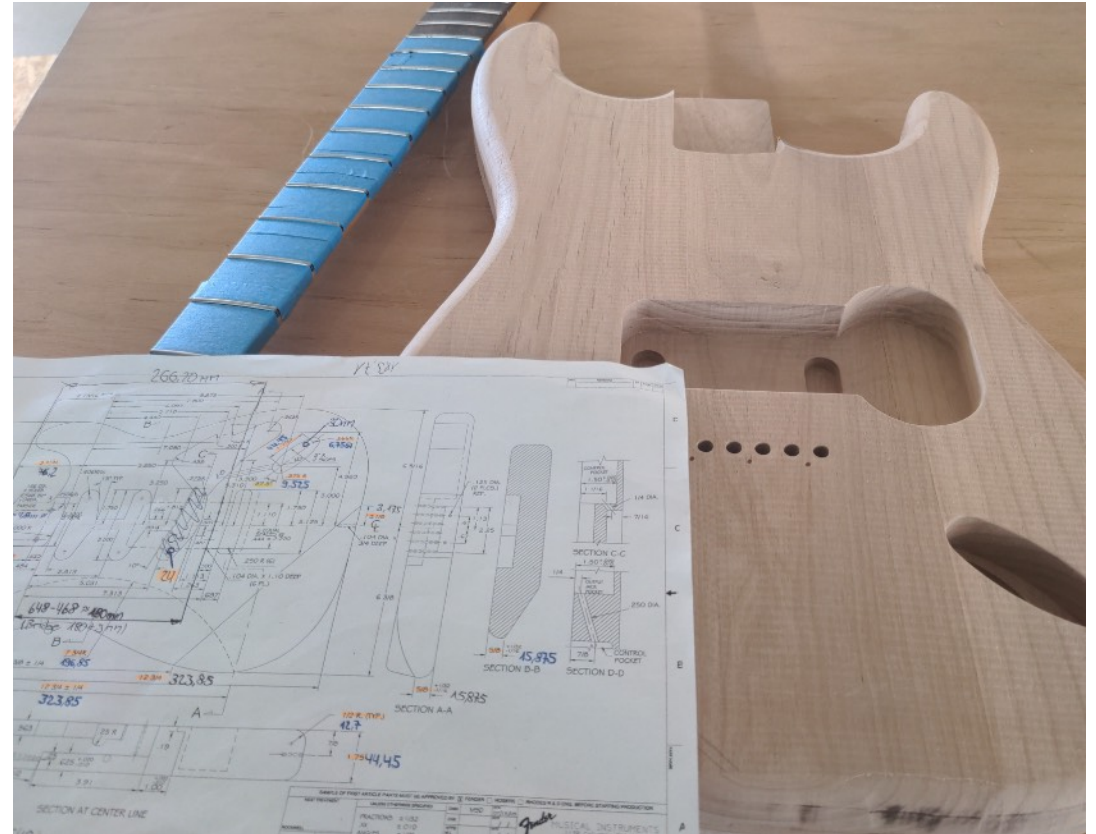
FEM-Simulation, [File:FAE visualization.jpg - Wikimedia Commons](#) (Public Domain)



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

2D und 3D

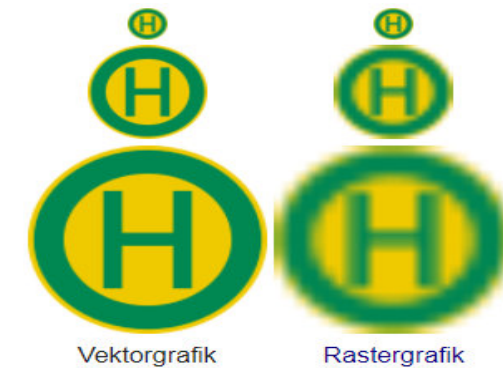
- Für alle Prozesse, bei denen es eher ums Schneiden geht, reichen 2D-Daten (=Vektorgrafiken)
zB: Shaper, Schneidplotter, Laser, Holz-CNC-Fräse, ...
- Erst, wenn sich mehr als zwei Achsen des betreffenden Gerätes bewegen, brauchen wir 3D-Daten
zB: 5-Achs-Fräse, 3D-Drucker, Holz-CNC bei 3D-Einsatz, ...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



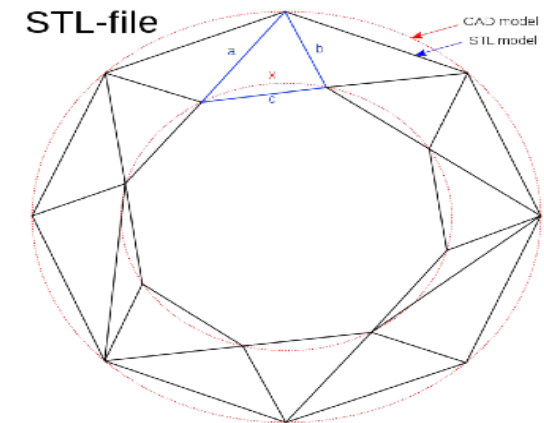
Diese 3D-Form ist komplett aus einer 2D-Skizze entstanden
O. Stickel - Mit Shaper Origin gefräster Gitarrenkorpus und techn. Zeichnung (CC-BY-SA 4.0)

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)

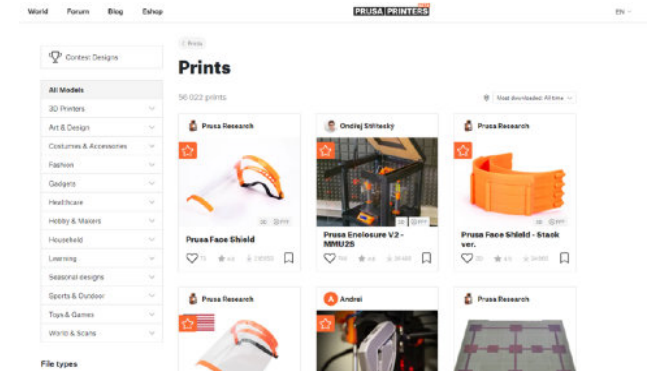


Geometrische Beschreibung in CAD vs. STL-Datei

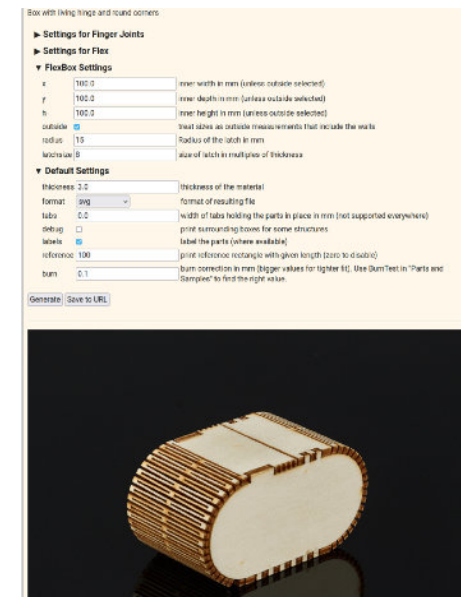
(Laurens van Lieshout: Two concentric circles, representing a CAD model of a doughnut shape, and a series of triangles approximating the doughnut, representing how STL modeling work, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_differences_between_CAD_and_STL_Models.svg, CC BY-SA 3.0)

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 oder freevector.com
- Für 3D: Eigene Plattformen wie z.B. prusaprinters.org, youmagine.com, myminifactory.com, thingiverse.com und viele mehr
- Es gibt viele hilfreiche Skripte und Tools wie z.B. makercase.com, 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 prusaprinters.org

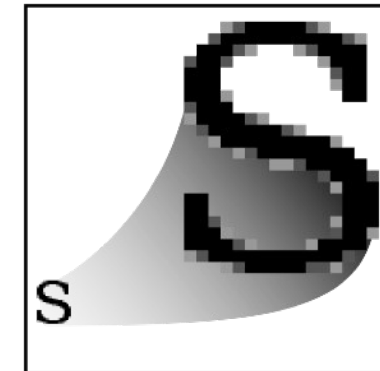
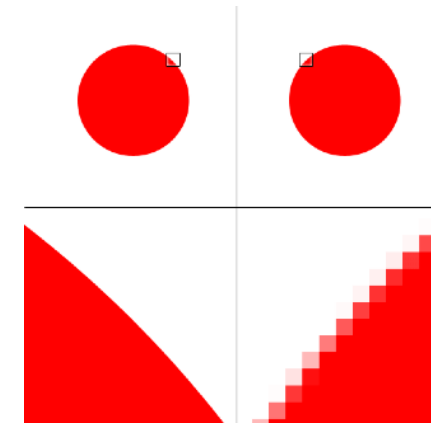


Screenshot boxes.py

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



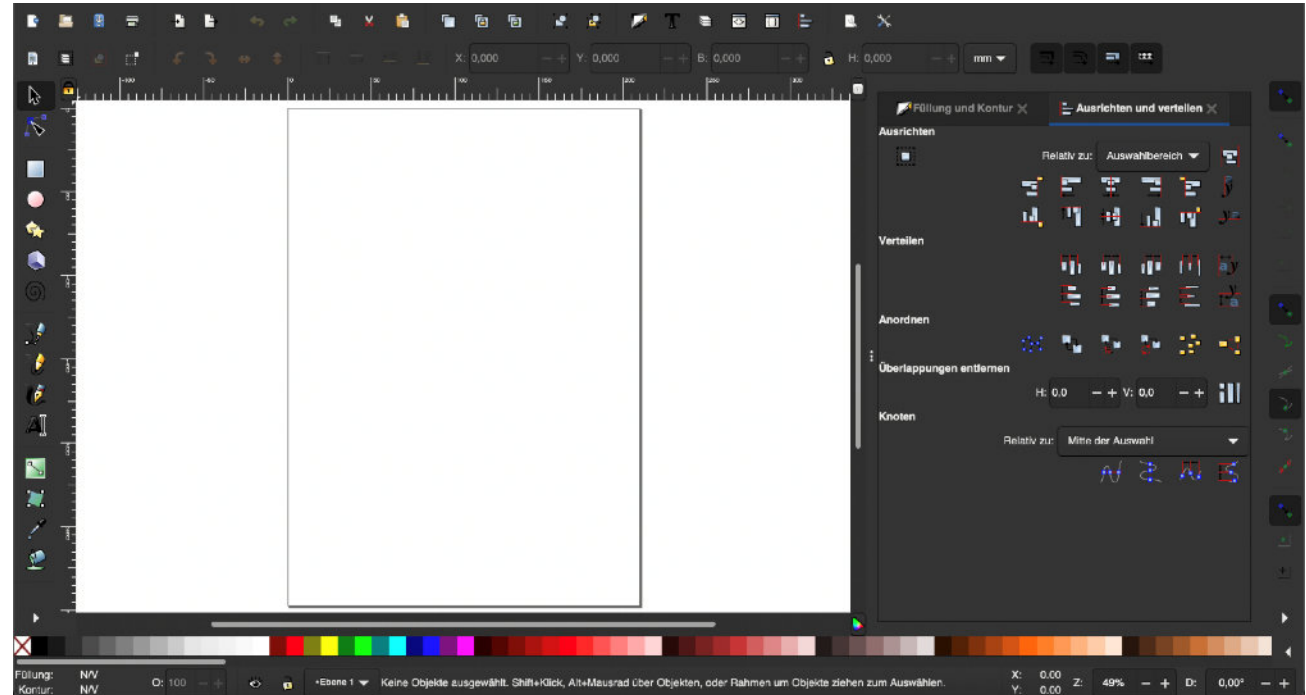
Raster
GIF, JPEG, PNG



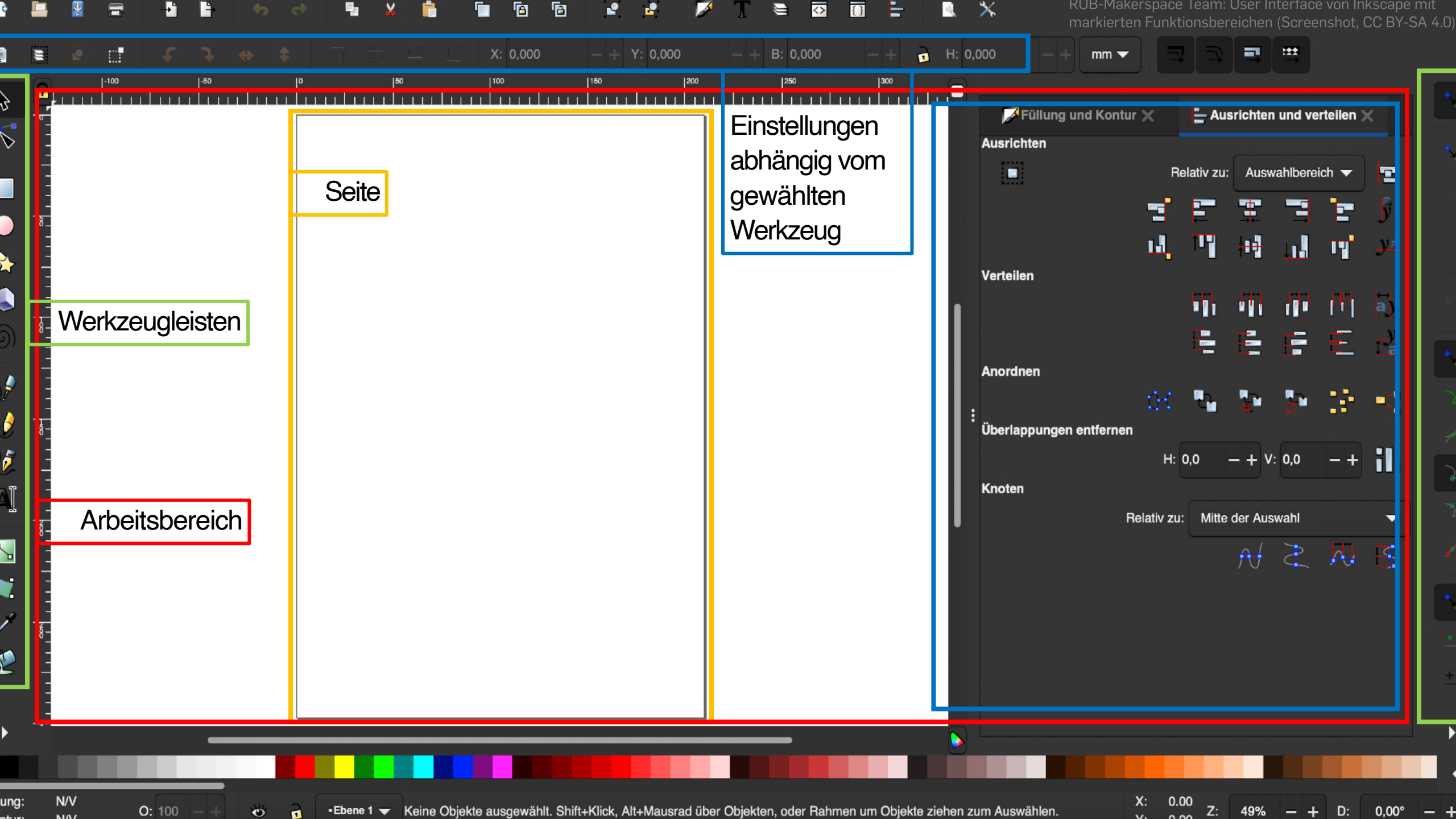
Vector
SVG

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.

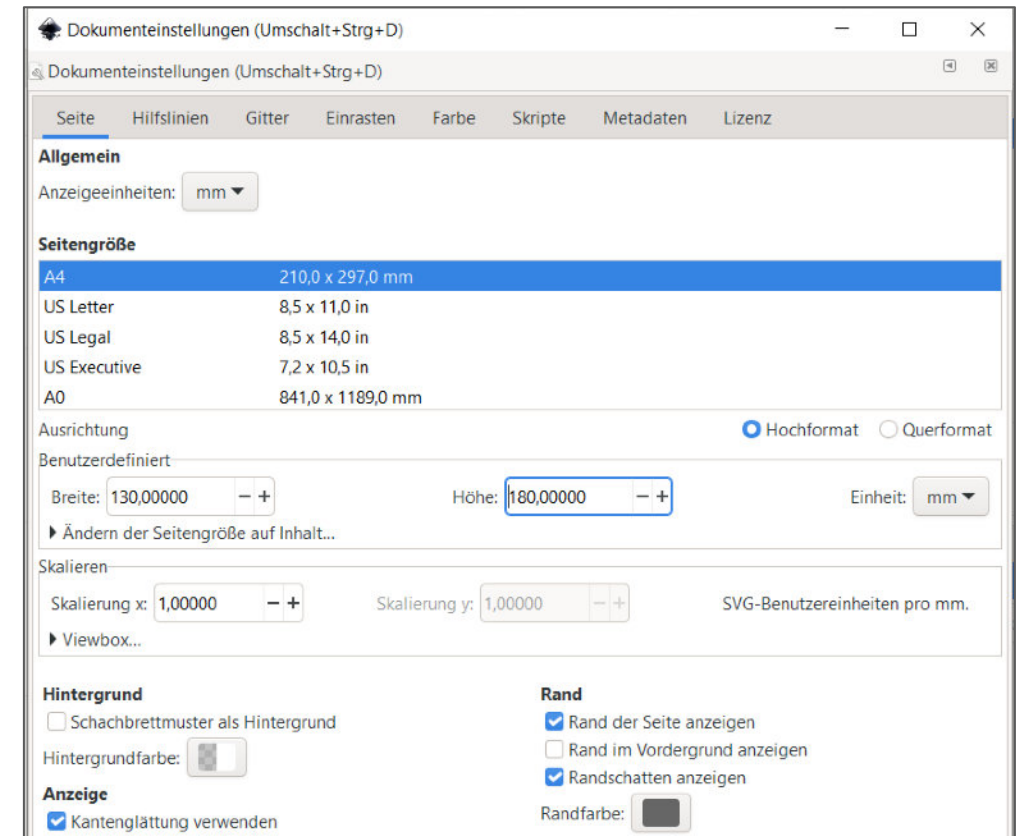


RUB-Makerspace Team: User Interface von Inkscape (Screenshot, CC BY-SA 4.0)



CAD?!

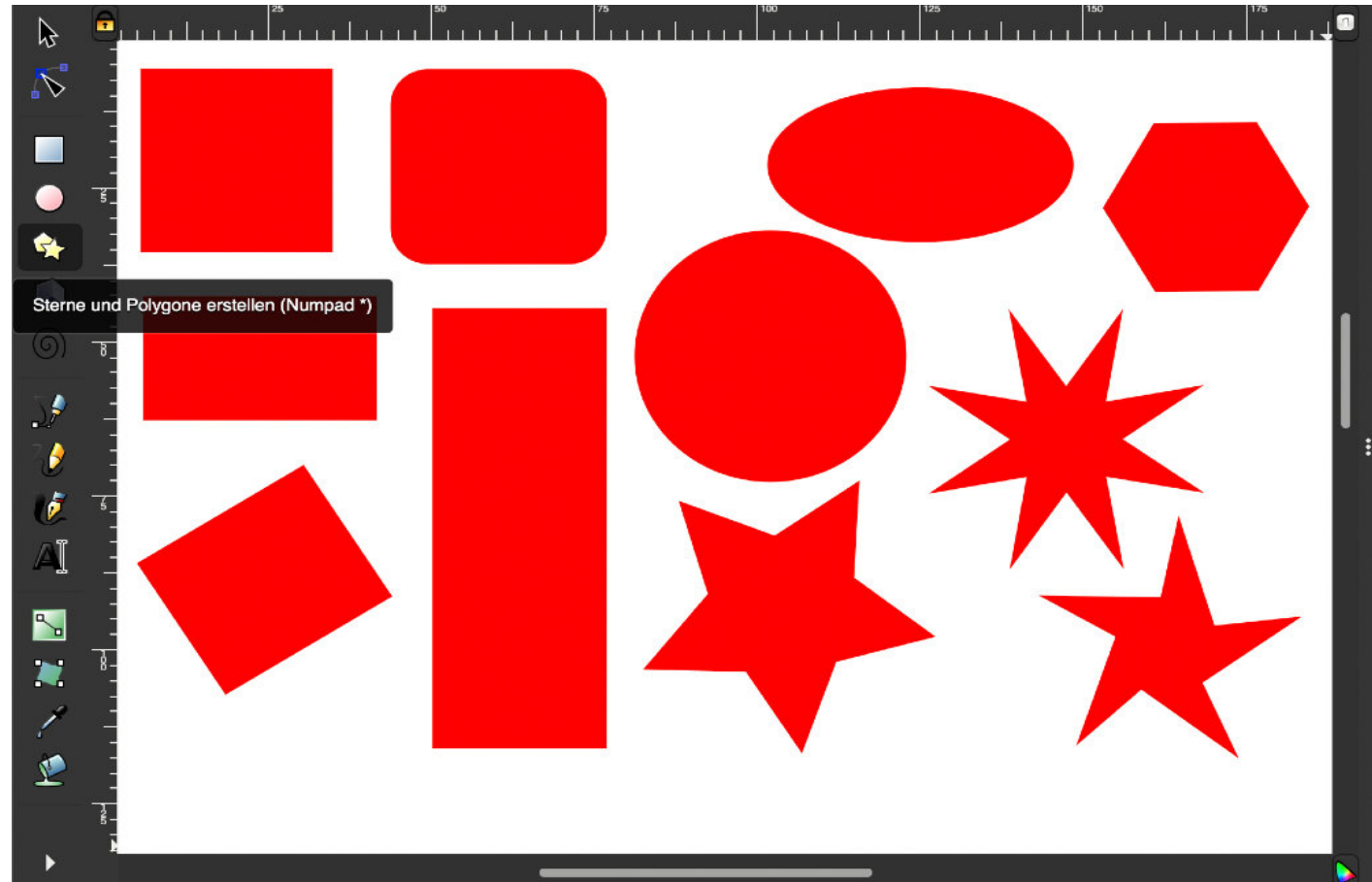
- Seiteneinstellungen aufrufen unter:
Datei > Dokumenteneinstellungen
(Umschalt + Strg/cmd + D)
- Unter „Seite“ kann die Größe der Seite in Millimetern eingestellt werden
- Unter „Gitter“ kann ein Hilfsraster angelegt werden
(u.U. gut für technische Zeichnung);
lässt sich durch „#“ ein- und ausstellen



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

FORMEN ZEICHNEN UND TRANSFORMIEREN

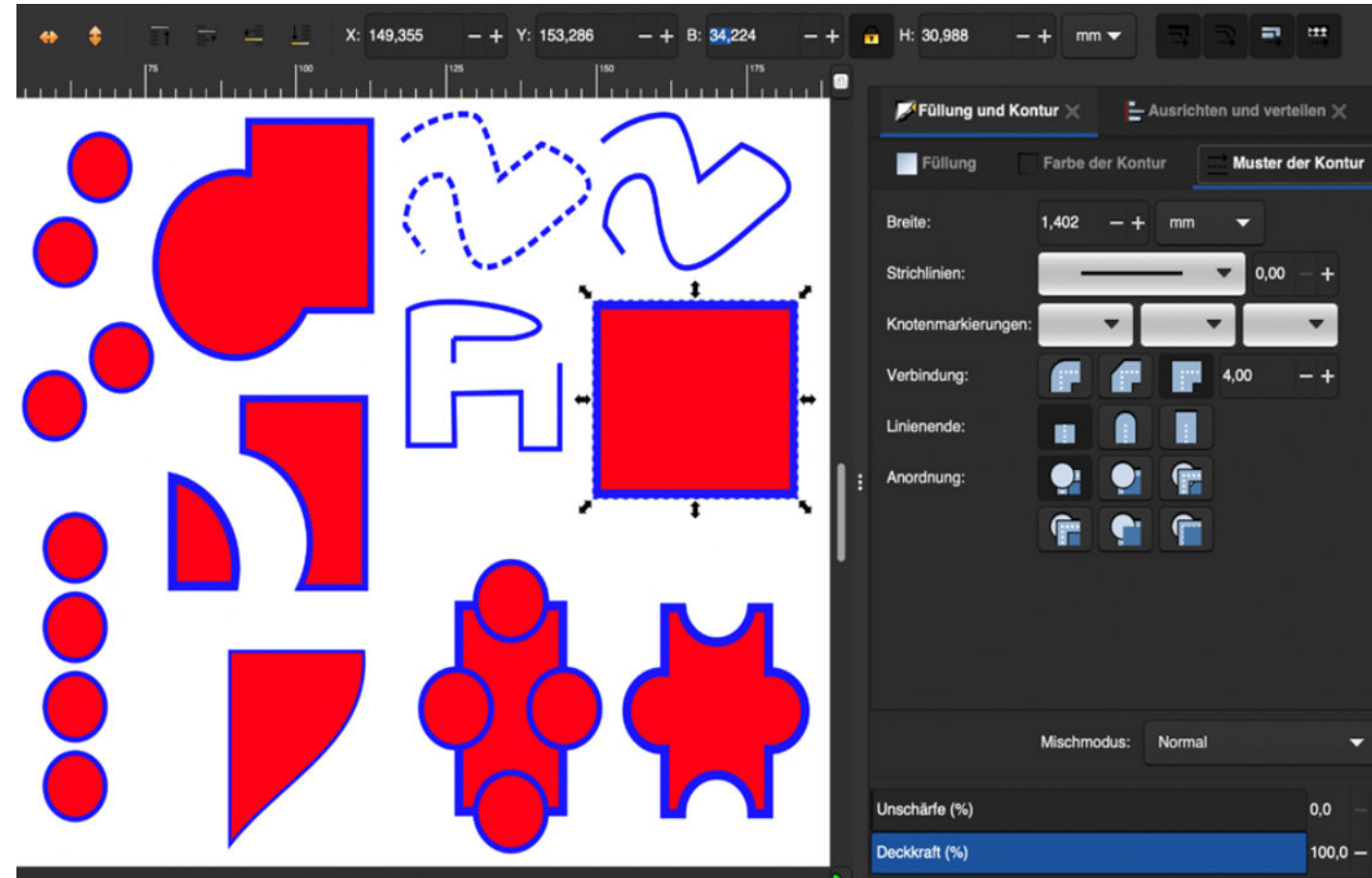
- Rechtecke, Kreise, Polygone etc.
- Maße und Eckenanzahl können in oberer Leiste eingestellt werden
- Über Pfeile an den Ecken lassen sich die Formen verändern
- Bei erneutem Klick auf die Form: Rotieren/Verzerren wird möglich
- Abgerundete Ecken über kleinen Kreis auf Rechteckkante



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

PFADE ZEICHNEN UND FORMEN MANIPULIEREN

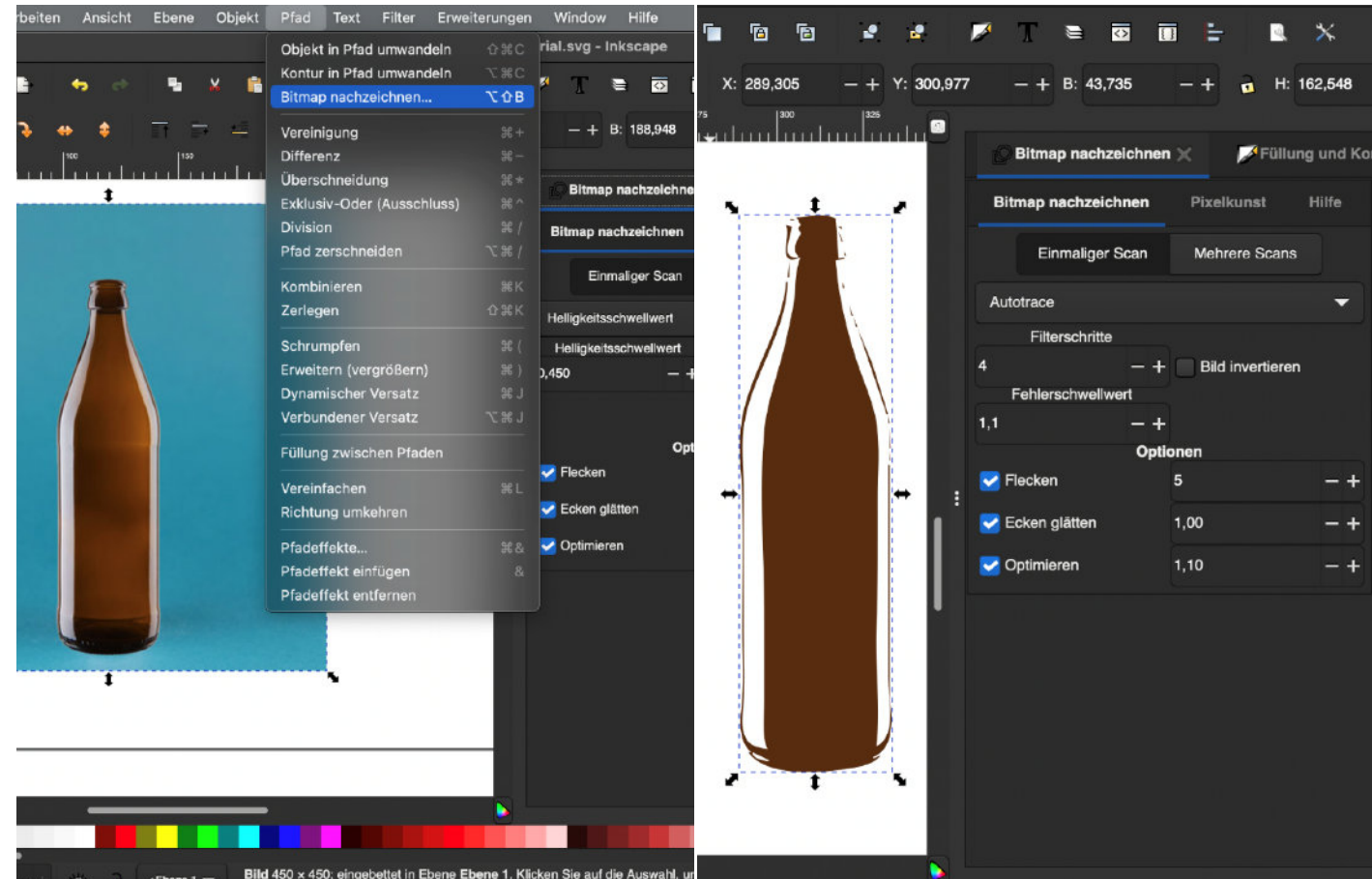
- Jede Form hat eine beliebige Füllfarbe und eine Kontur(farbe)
- Konturen können verschiedene Muster und Stärken haben
- Formen bestehen aus Punkten, die nachträglich bearbeitbar sind
- Formen können (aneinander) ausgerichtet werden
- Boolesche Operationen möglich!
- Freiformen können mit dem Pfadtool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



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

BILDNACHZEICHNER

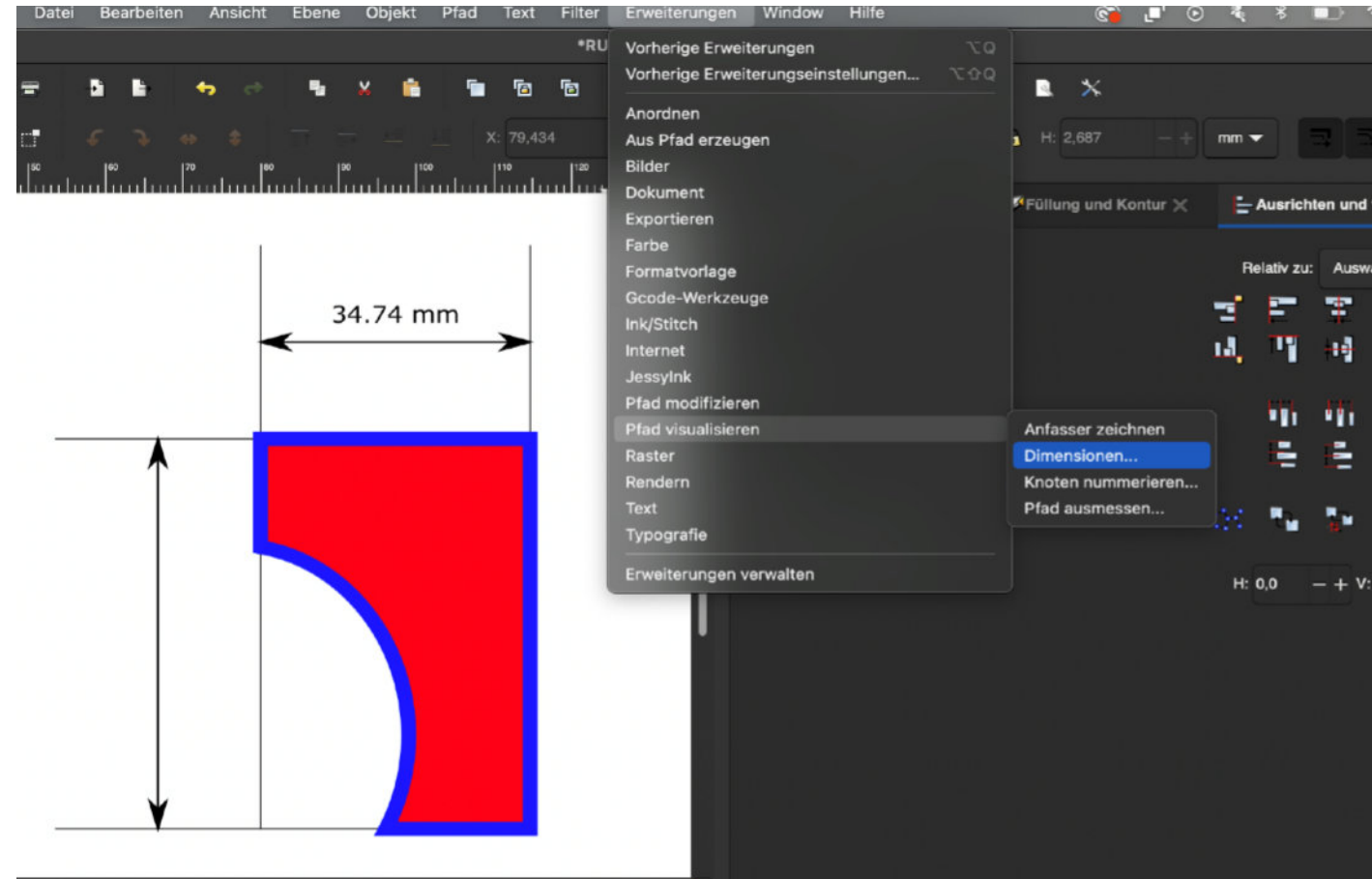
- Oft kann Zeit und Aufwand gespart werden, indem Fotos als Vorlagen genutzt und umgewandelt werden.
- Mit “Pfad” > „Bitmap nachzeichnen“ können aus Fotos Vektorgrafiken generiert werden.
- Das Ergebnis kann durch Eingabe anderer Schwellwerte beeinflusst werden (Helligkeit, Kanten etc.)



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.



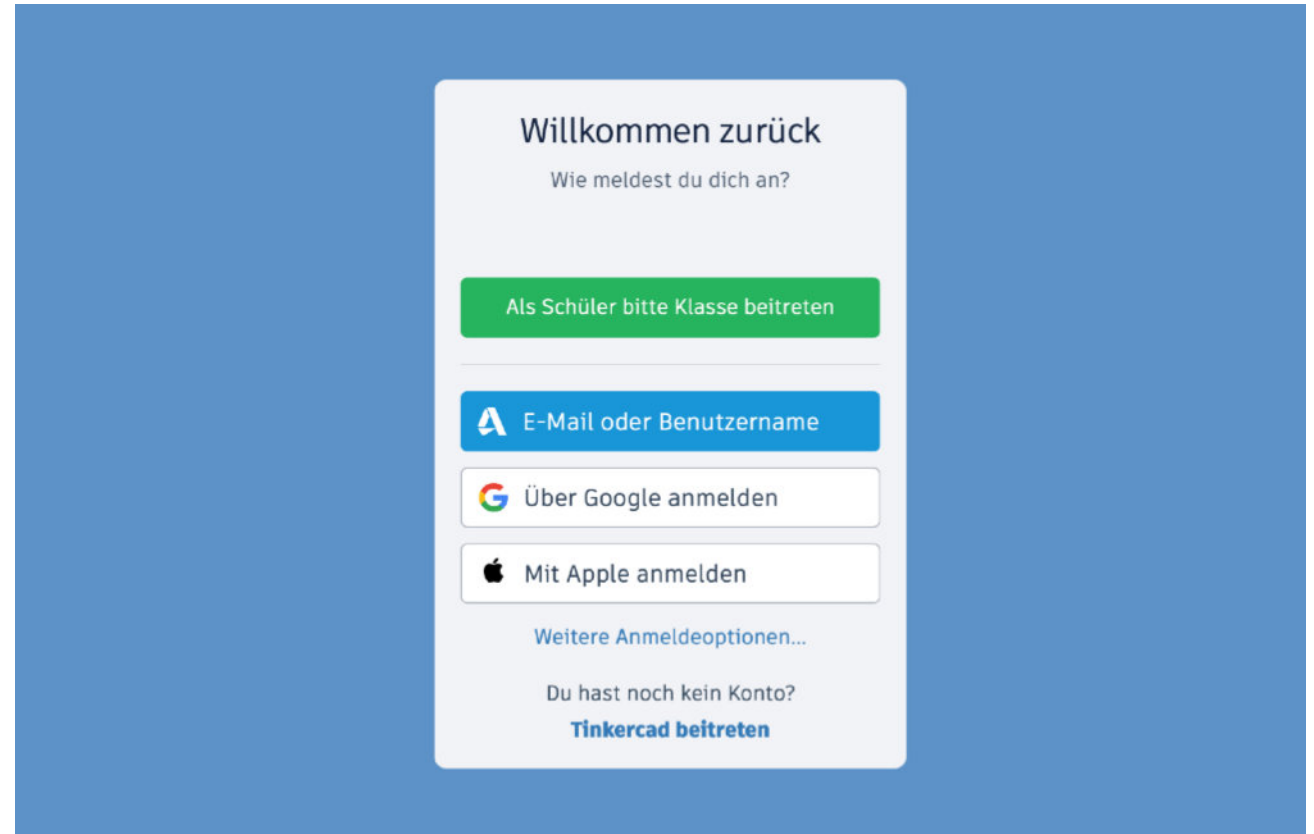
RUB-Makerspace Team: Skizzenbemassungen in Inkscape (Screenshot, CC BY-SA 4.0)

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 wesentlichsten 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

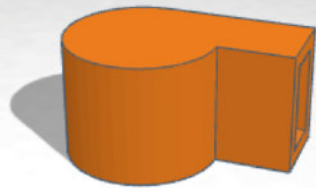
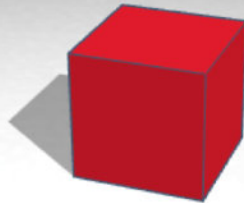
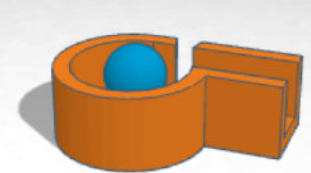
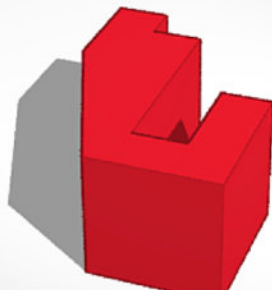
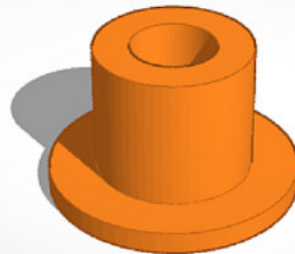
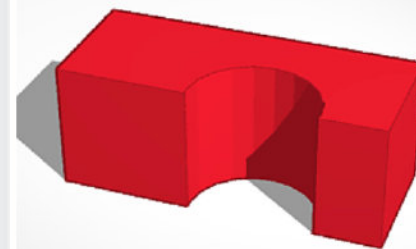
Folgen

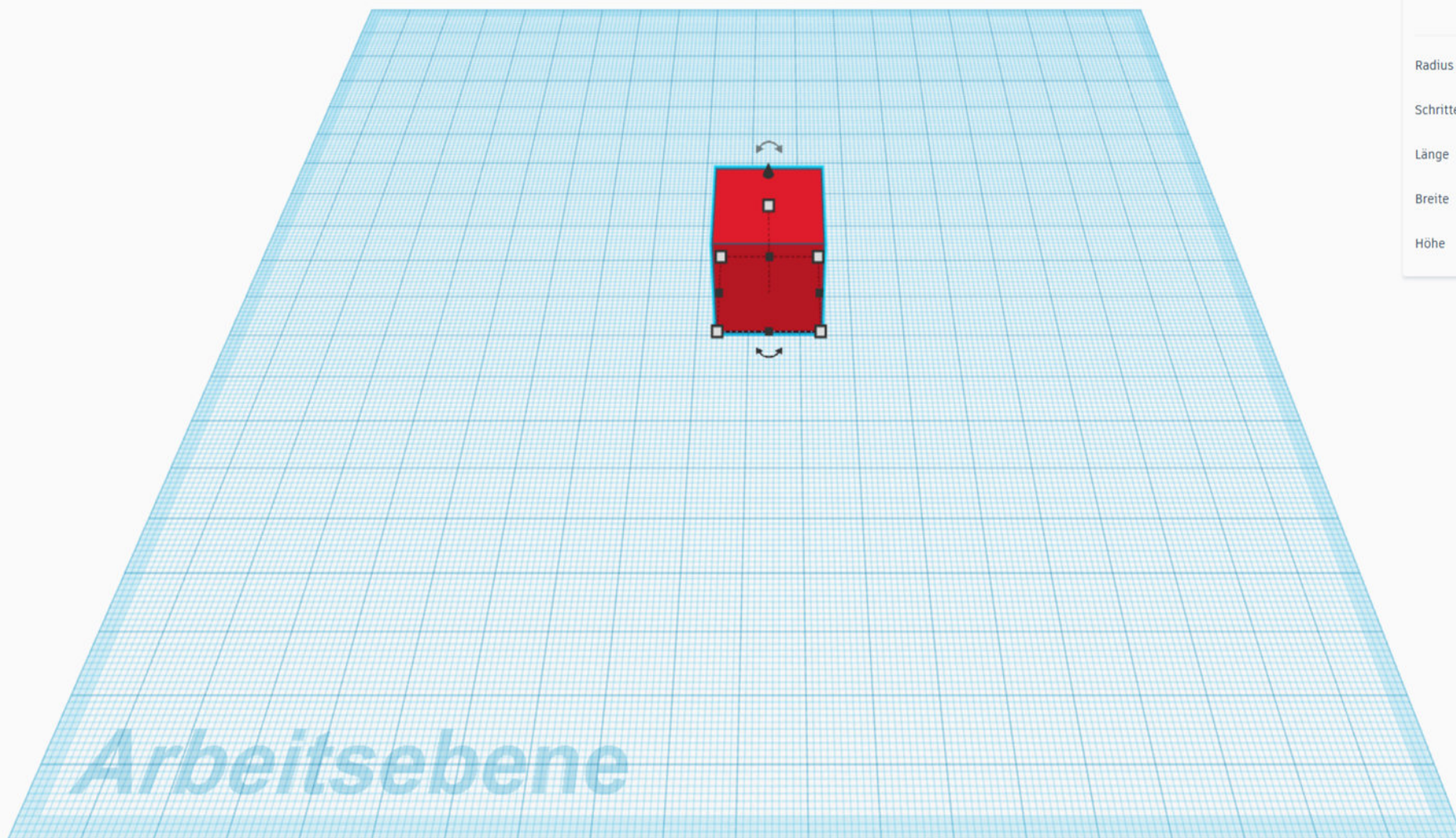
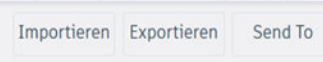
Tinkercad Retweeted

**Pawel Łukasik**
@pawel_lukasik

Meine zuletzt verwendeten Entwürfe

Neuen Entwurf erstellen

☒ Select**Pfeife-2021-10-02**vor einem Monat
Privat**Powerful Jarv-Wluff**vor einem Monat
Privat**Smashing Blad**vor einem Monat
Privat**würfel**vor einem Monat
Privat**Fantastic Habbi-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



Form

☒ Volumenkörper ☐ Bohrung

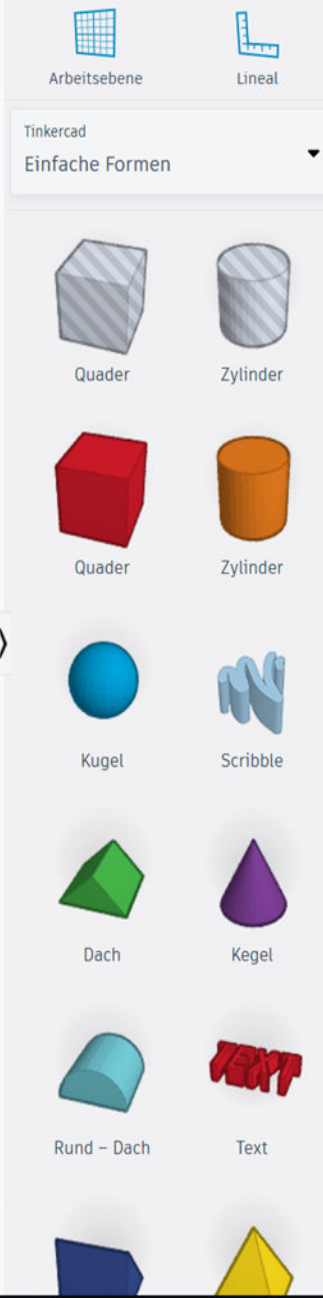
Radius

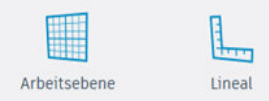
Schritte

Länge

Breite

Höhe





Tinkercad
Einfache Formen



Quader



Zylinder



Quader



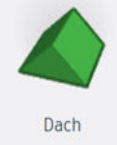
Zylinder



Kugel



Scribble



Dach



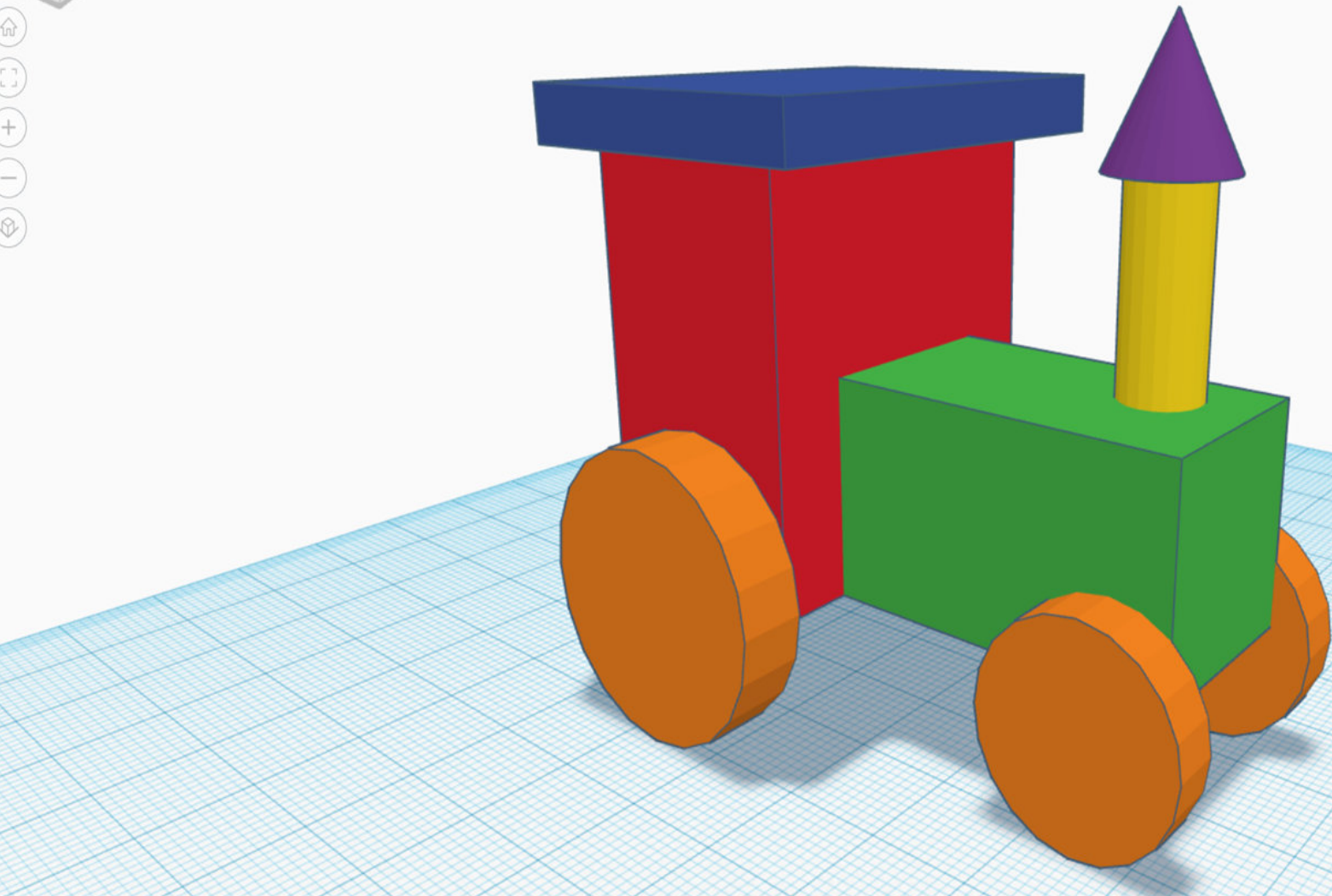
Kegel

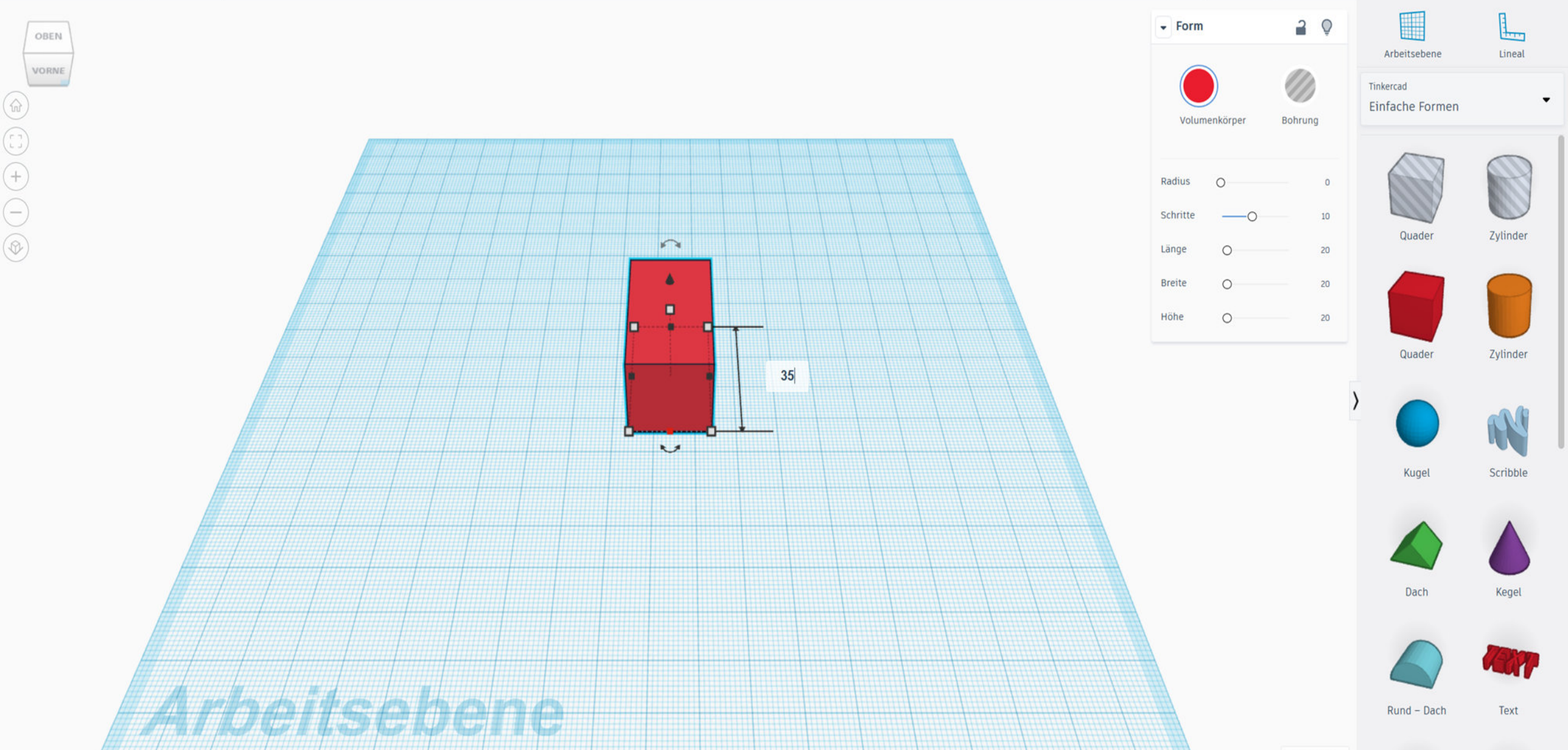


Rund - Dach



Text



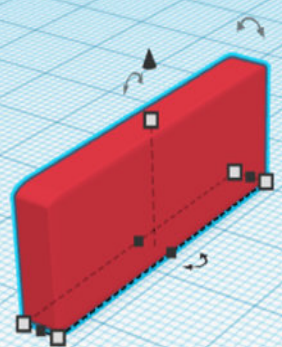




Importieren

Exportieren

Send To



Form



Volumenkörper



Bohrung

Radius 126Schritte 10Länge 20Breite 20Höhe 20

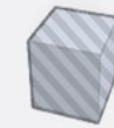
Arbeitsebene



Lineal

Tinkercad

Einfache Formen



Quader



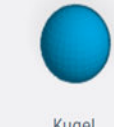
Zylinder



Quader



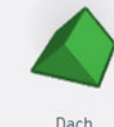
Zylinder



Kugel



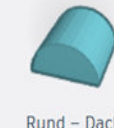
Scribble



Dach



Kegel



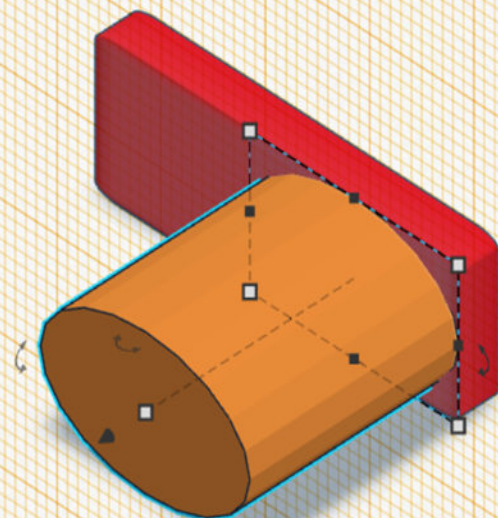
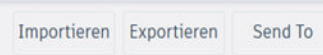
Rund - Dach



Text

Rast. bea.

Fandraster 1,0 mm



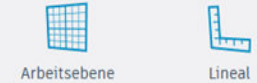
Form

Volumenkörper Bohrung

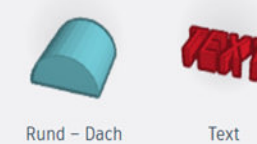
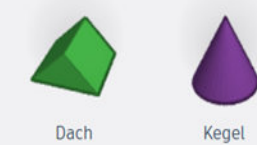
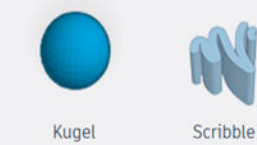
Seiten 20

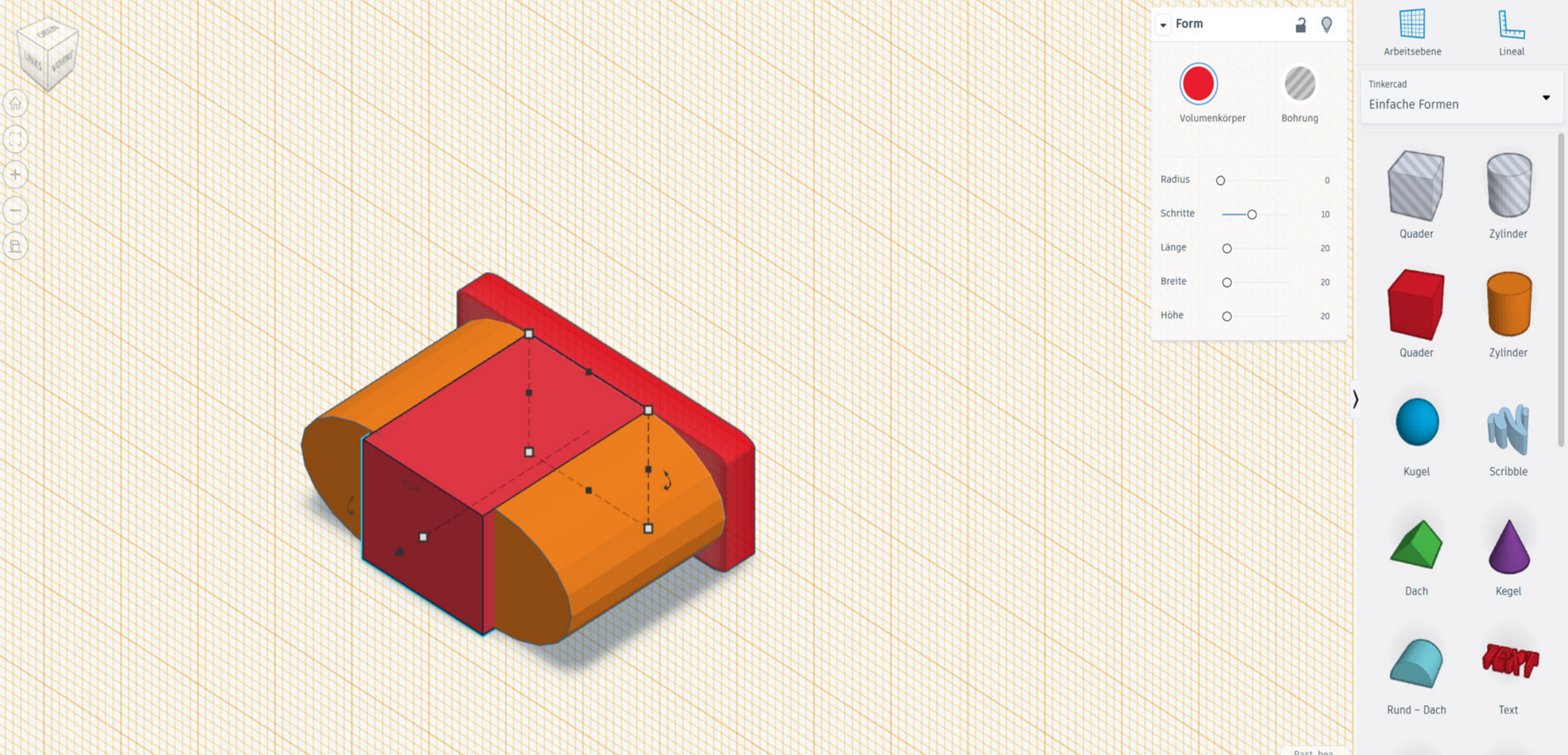
Bevel 0

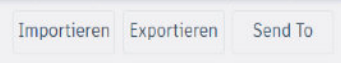
Segmente 1



Tinkercad
Einfache Formen







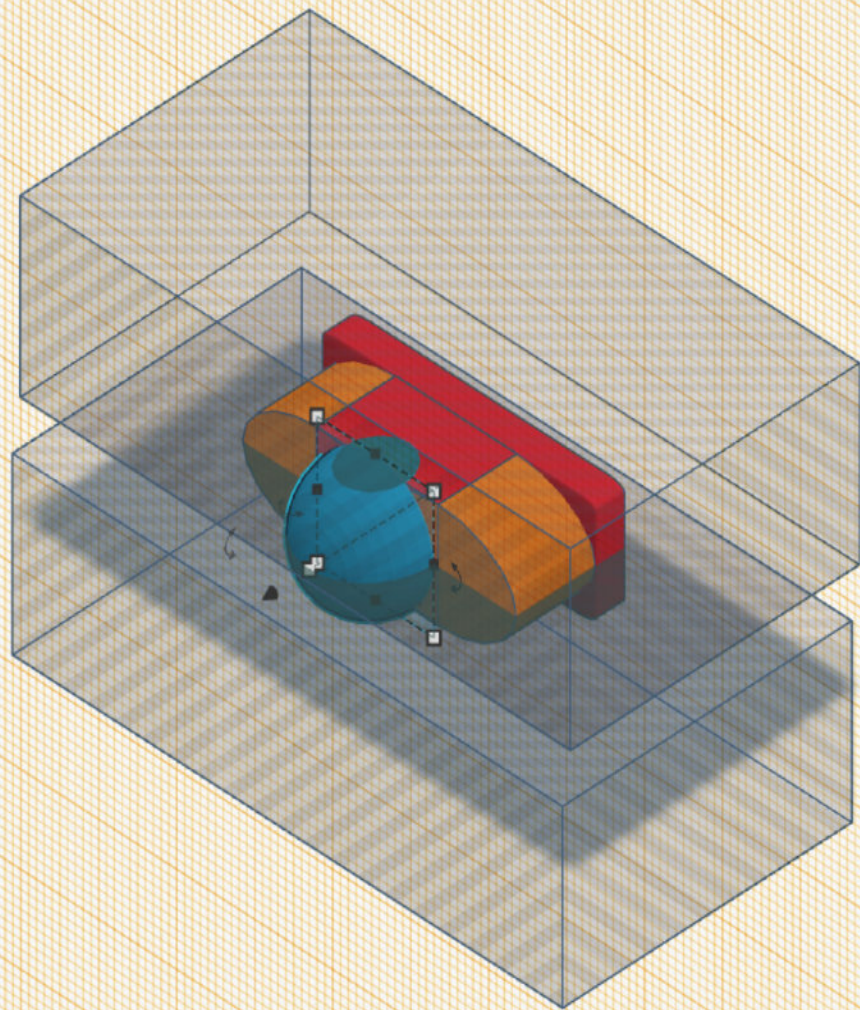
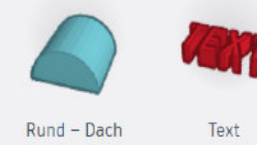
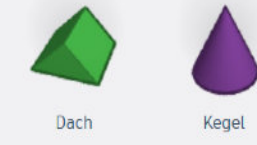
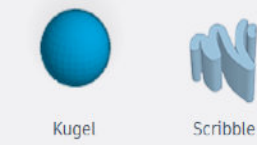
Form

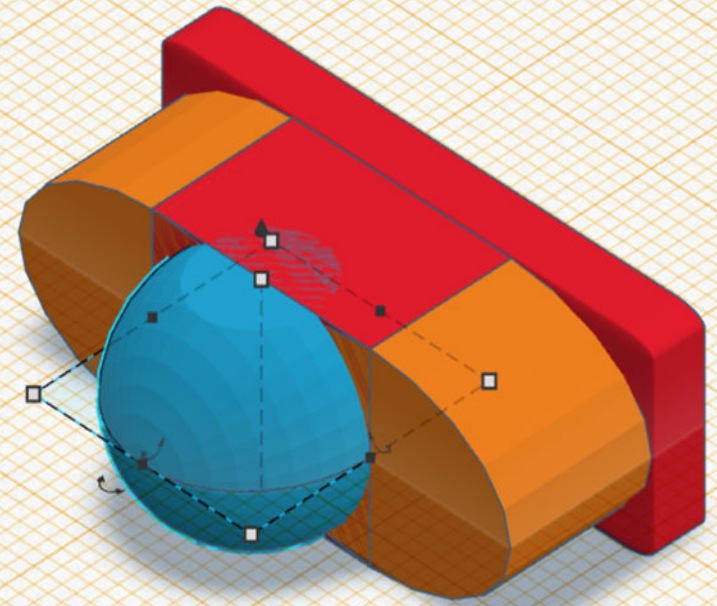
Volumenkörper Bohrung

Schritte 18

Arbeitsebene Lineal

Tinkercad Einfache Formen

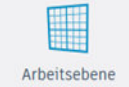




Shapes(2)

Volumenkörper

Bohrung



Tinkercad
Einfache Formen



Quader



Zylinder



Quader



Zylinder



Kugel



Scribble



Dach



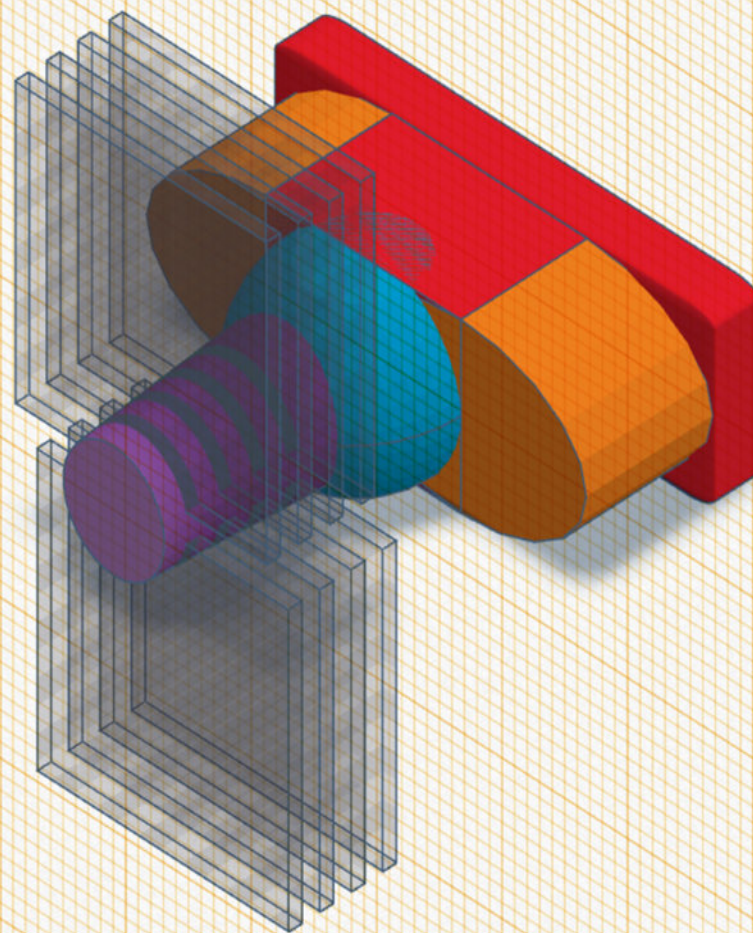
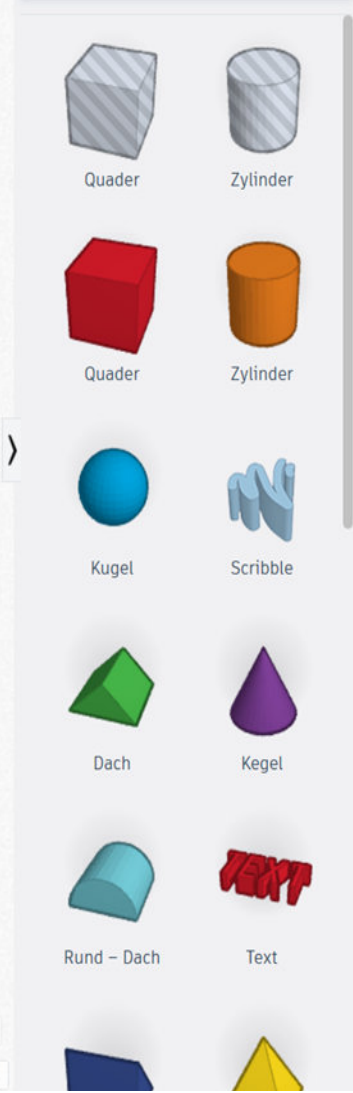
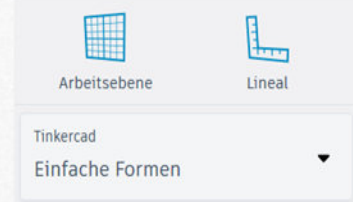
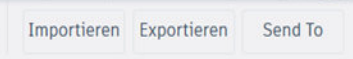
Kegel

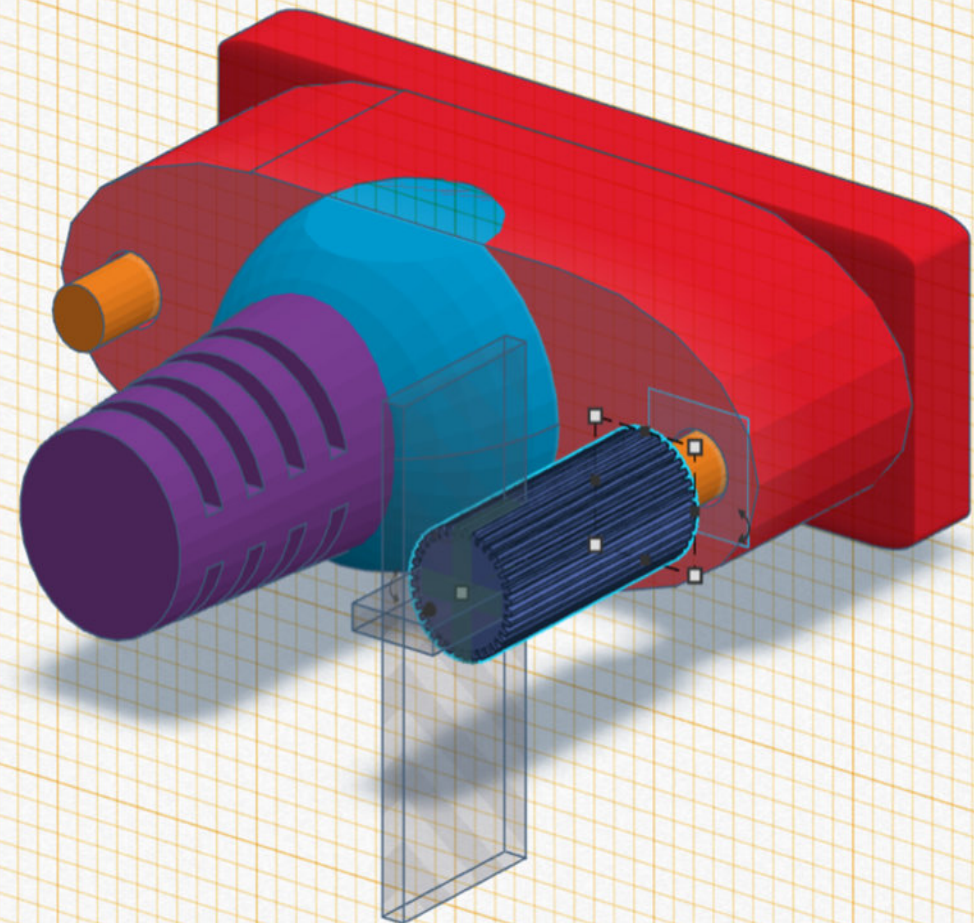


Rund - Dach



Text





Metrisches Zahnrad

☒ Volumenkörper ☐ Bohrung

Modul

Anzahl Der Zähne

Teilkegelradwial

256 Reviews Avg ★★★★★

You [Give your feedback](#)

Developed by [dieser Tüftler](#)

Code is shared! [View Code](#)

Arbeitssebene Lineal

Formen-Generator
Alle

Rad

Reifen

Zahnrad

progear

Nützliches Zeug

Metrisches Za...

Matt - Technik...

Benutzerdefini...

radiale Lamell...

Blume



Importieren Exportieren Send To



Shapes(2)



Volumenkörper



Bohrung



Arbeitsebene



Lineal

Tinkercad

Einfache Formen



Quader



Zylinder



Quader



Zylinder



Kugel



Scribble



Dach



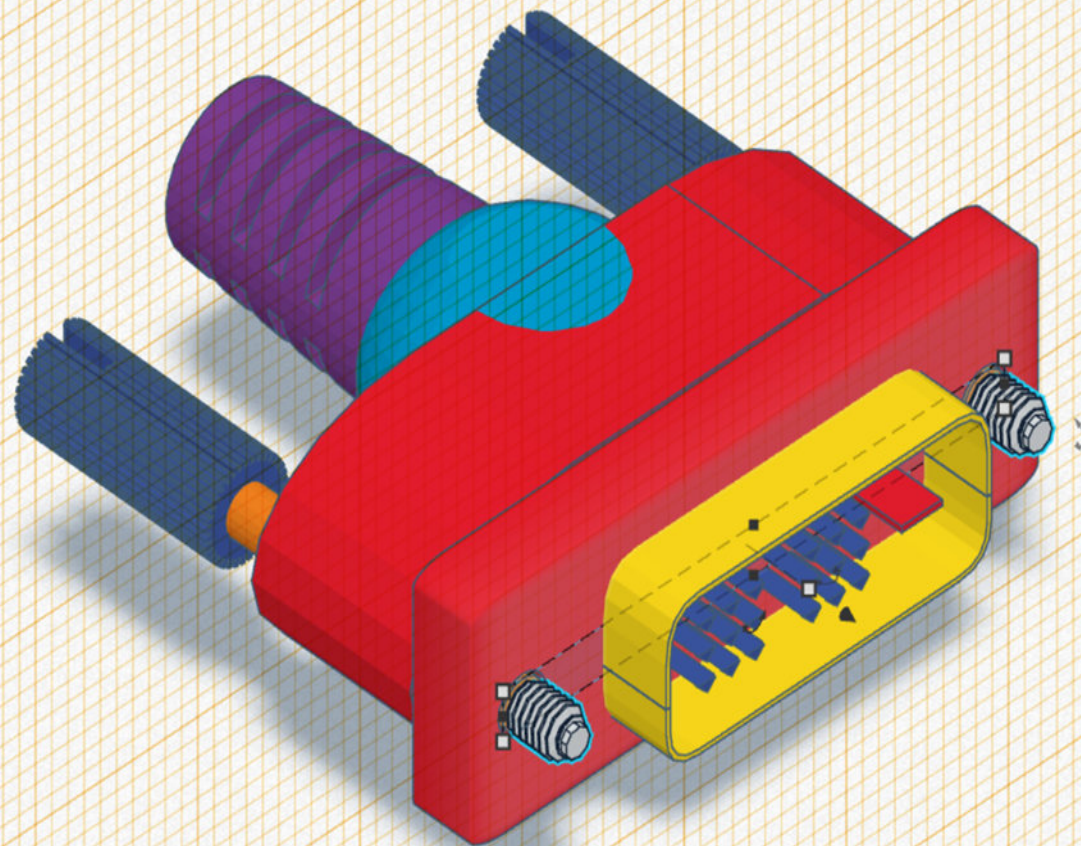
Kegel

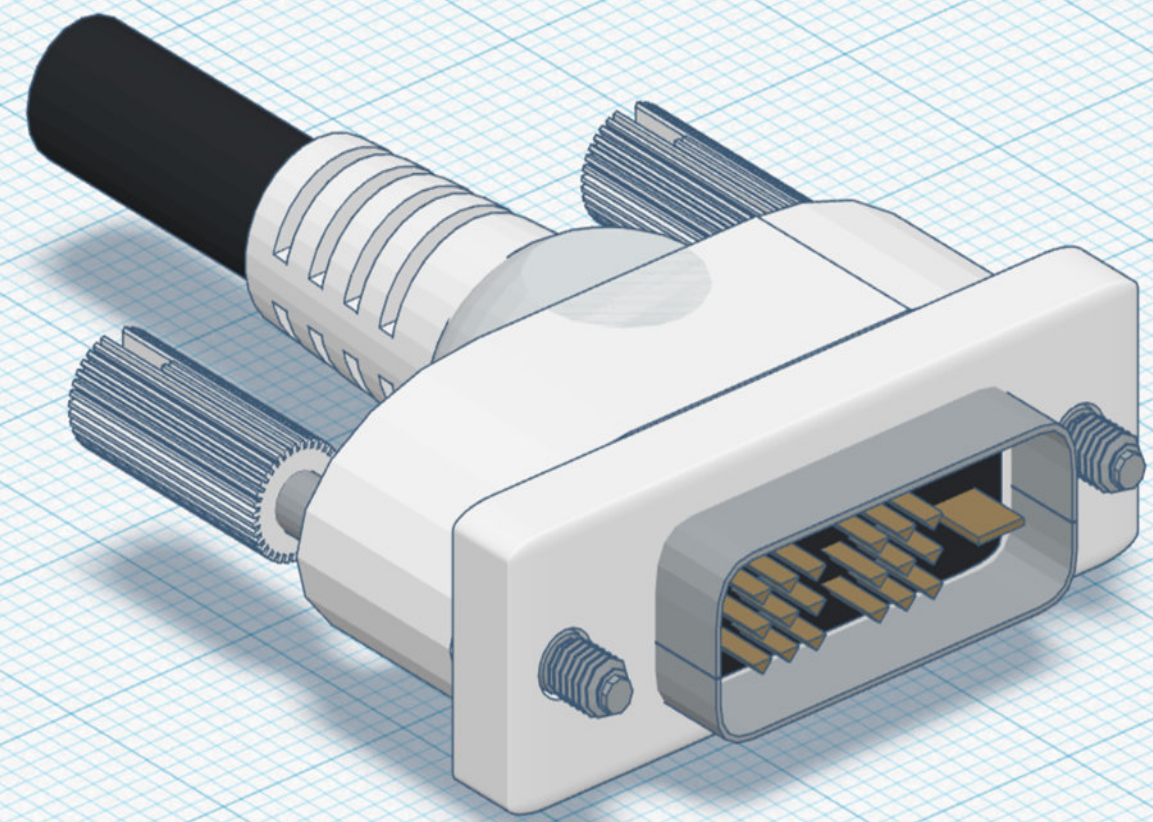
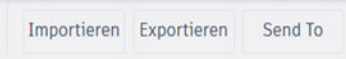


Rund - Dach



Text





Einfache Formen



Quader



Zylinder



Quader



Zylinder



Kugel



Scribble



Dach



Kegel



Rund - Dach



Text

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 Dateimport (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:
 - **C**omputer-**A**ided **M**anufacturing (CAM)
 - **C**omputer-**A**ided **E**ngineering (CAE)
 - **P**rinted **C**ircuit **B**oard (PCB)
 - ...
- Eine solche hohe Bandbreite an Funktionen innerhalb einer Software-Umgebung ebnet den Weg für einen **vollumfänglichen 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
- ...



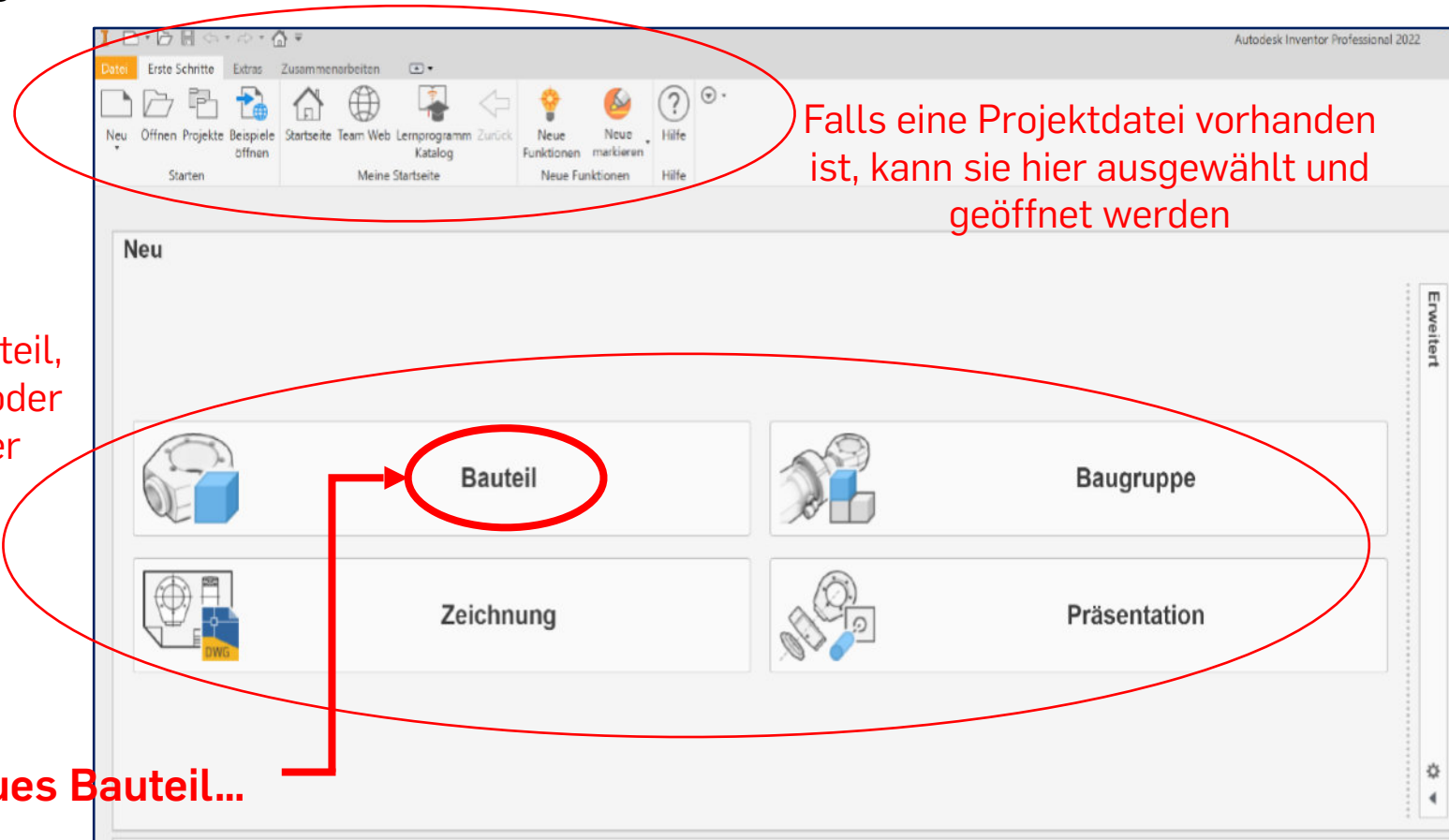
Freecad Wiki: FreeCAD logo, [File:Fusion360 Logo.png - Wikimedia Commons](#) (CC BY-SA 3.0)

<https://www.freecadweb.org>

(Zugriff am 15.10.2021)

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

- Übersichtsseite



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

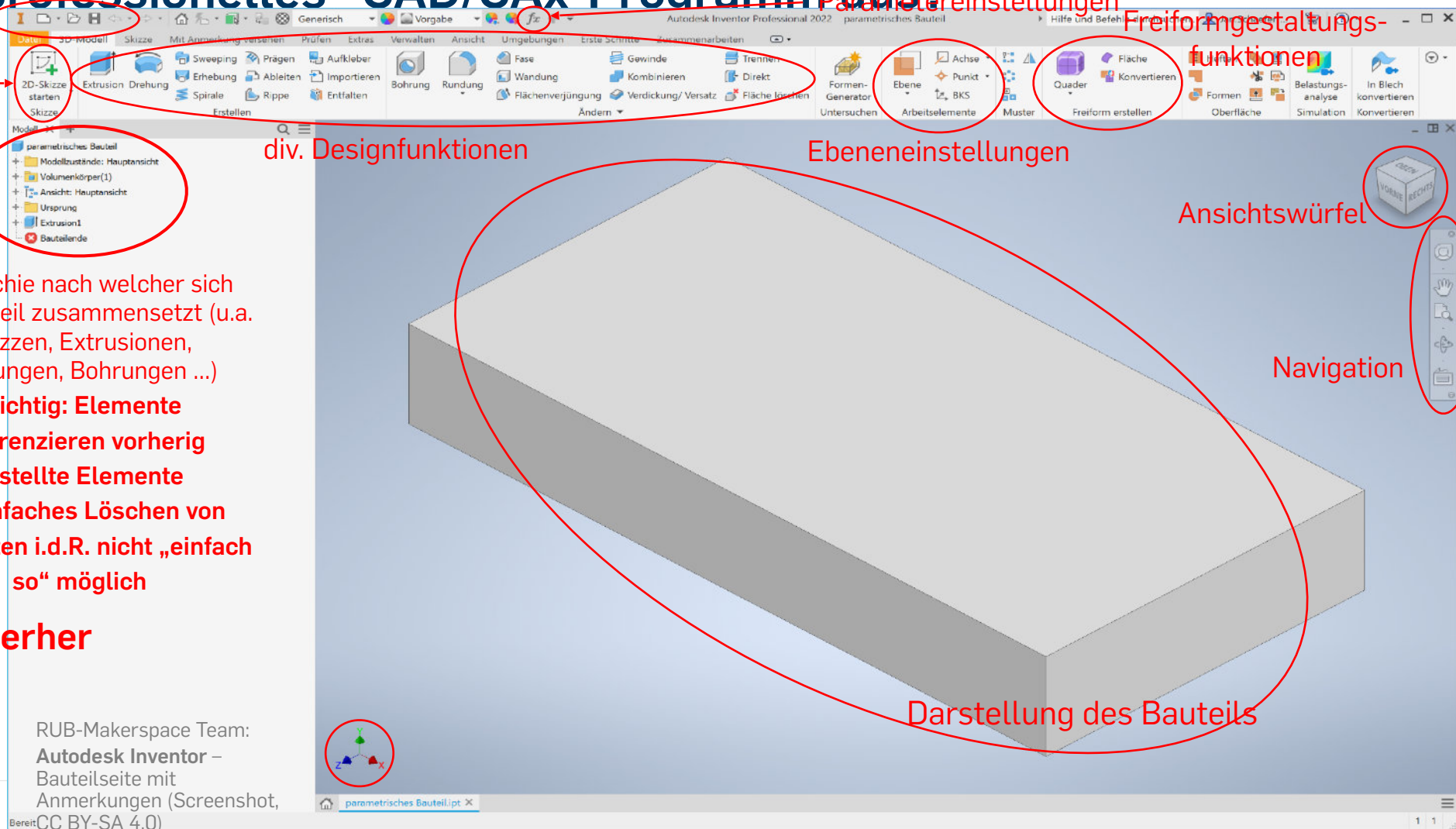
Erstellen einer neuen
Skizze

Hierarchie nach welcher sich
das Bauteil zusammensetzt (u.a.
Skizzen, Extrusionen,
Drehungen, Bohrungen ...)

**Wichtig: Elemente
referenzieren vorherig
erstellte Elemente**
=> Einfaches Löschen von
Elementen i.d.R. nicht „einfach
so“ möglich

... und gelangen hierher

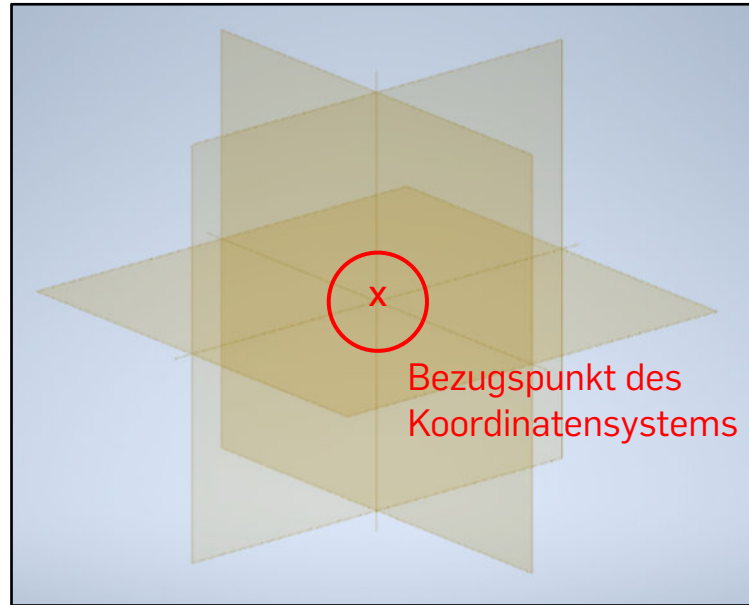
RUB-Makerspace Team:
Autodesk Inventor –
Bauteilseite mit
Anmerkungen (Screenshot,
CC BY-SA 4.0)



„Professionelle“ CAD/CAX-Software

Wichtige Designfeatures & Begriffe (1)

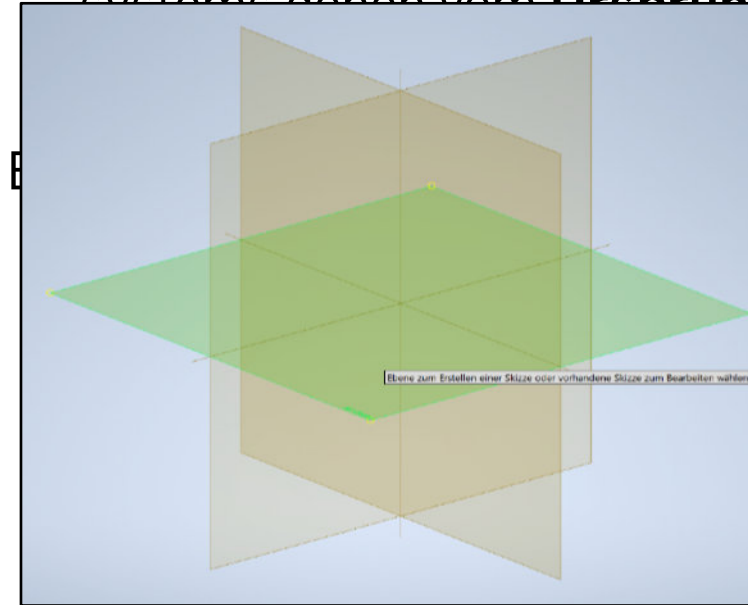
Ursprung



Bezugspunkt des
Koordinatensystems

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

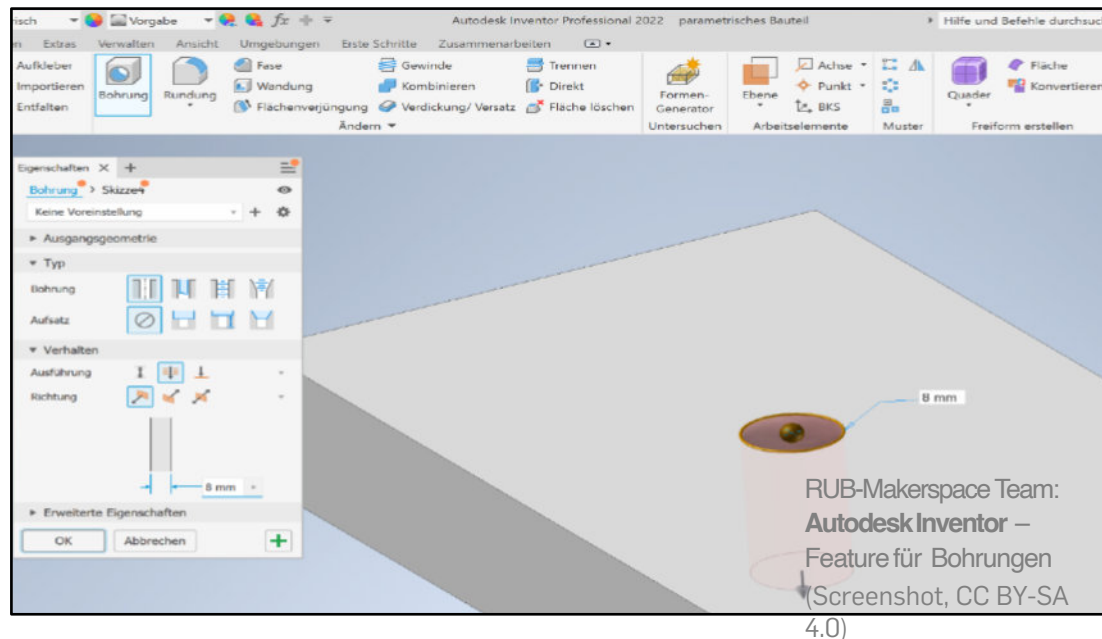
→ Rechtwinklige Achsen eines Koordinatensystems gehen vom **Ursprung** aus



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

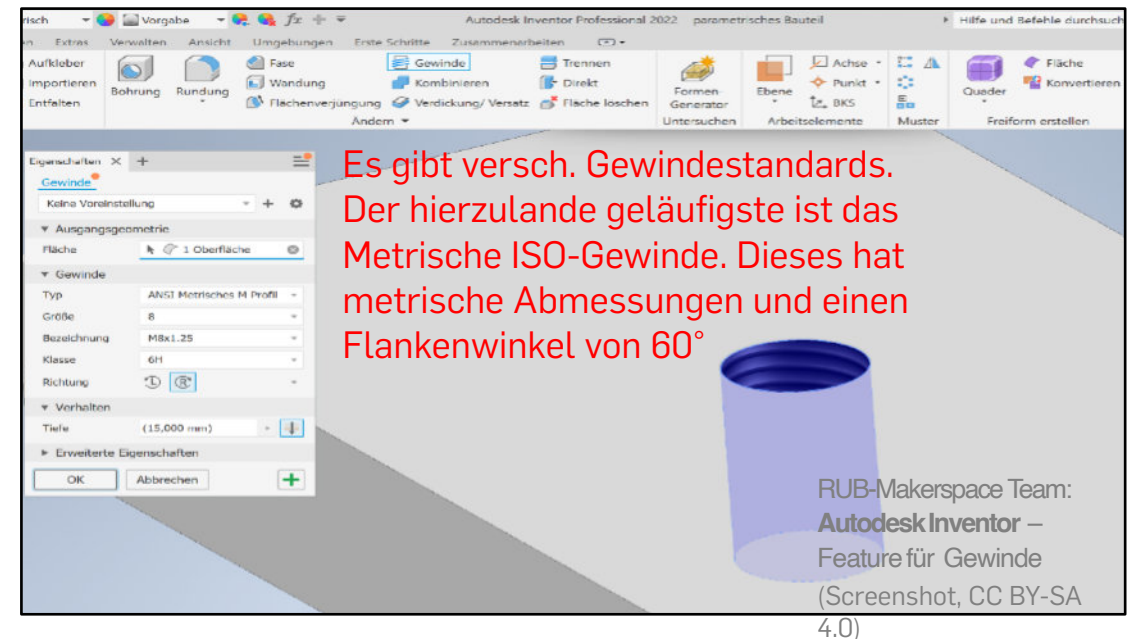
Wichtige Designfeatures & Begriffe (2)

Bohrung



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

Gewinde

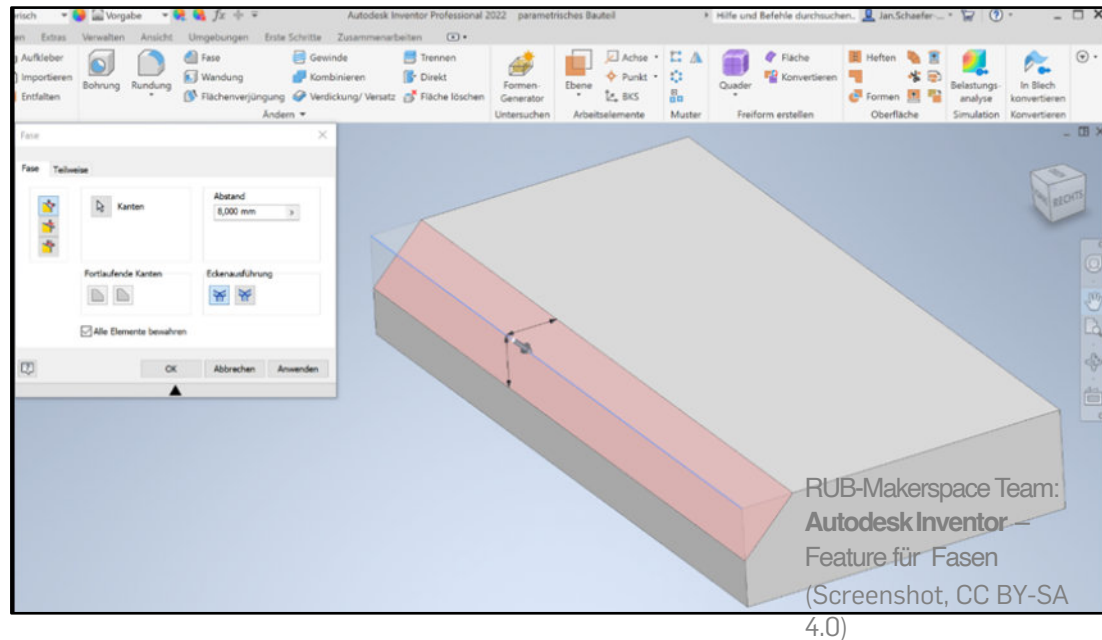


Es gibt versch. Gewindestandards. Der hierzulande geläufigste ist das Metrische ISO-Gewinde. Dieses hat metrische Abmessungen und einen Flankenwinkel von 60°

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

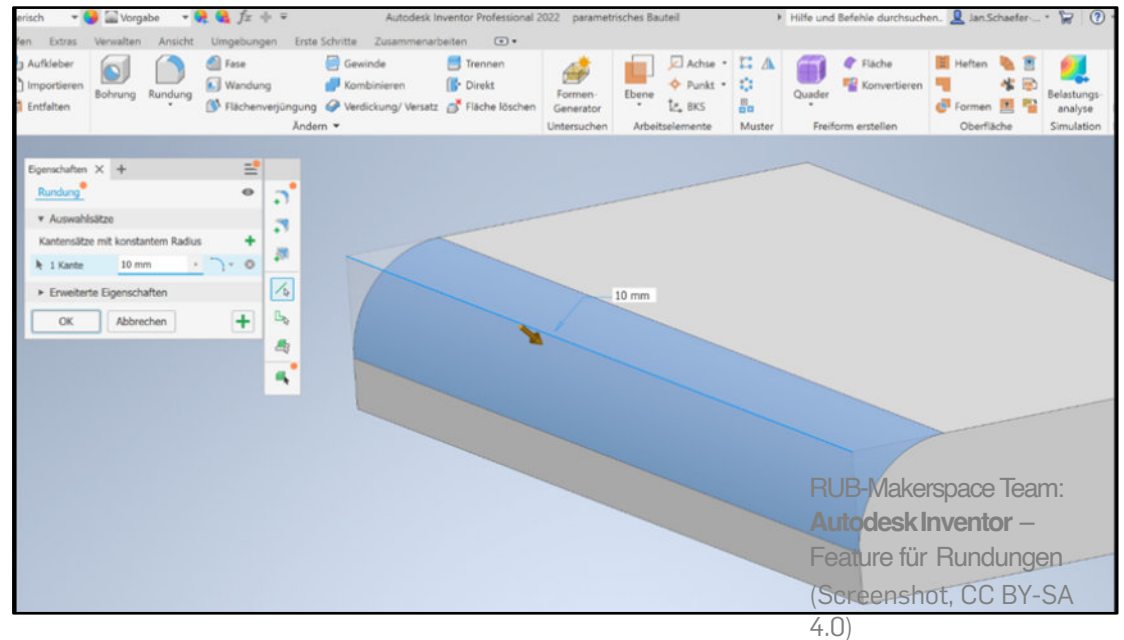
Wichtige Designfeatures & Begriffe (3)

Fase



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

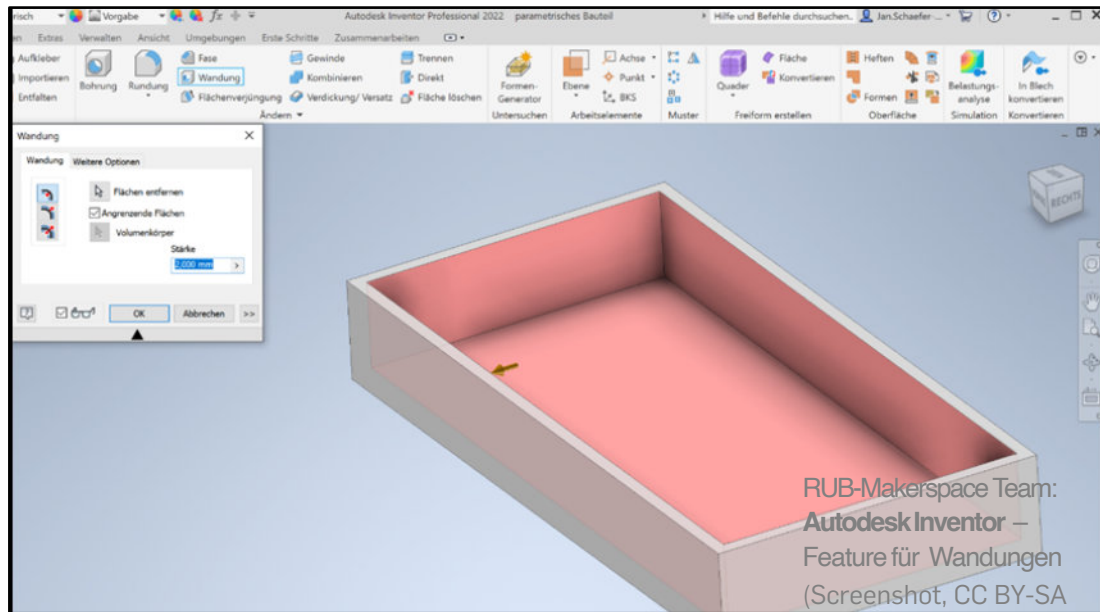
Rundung



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

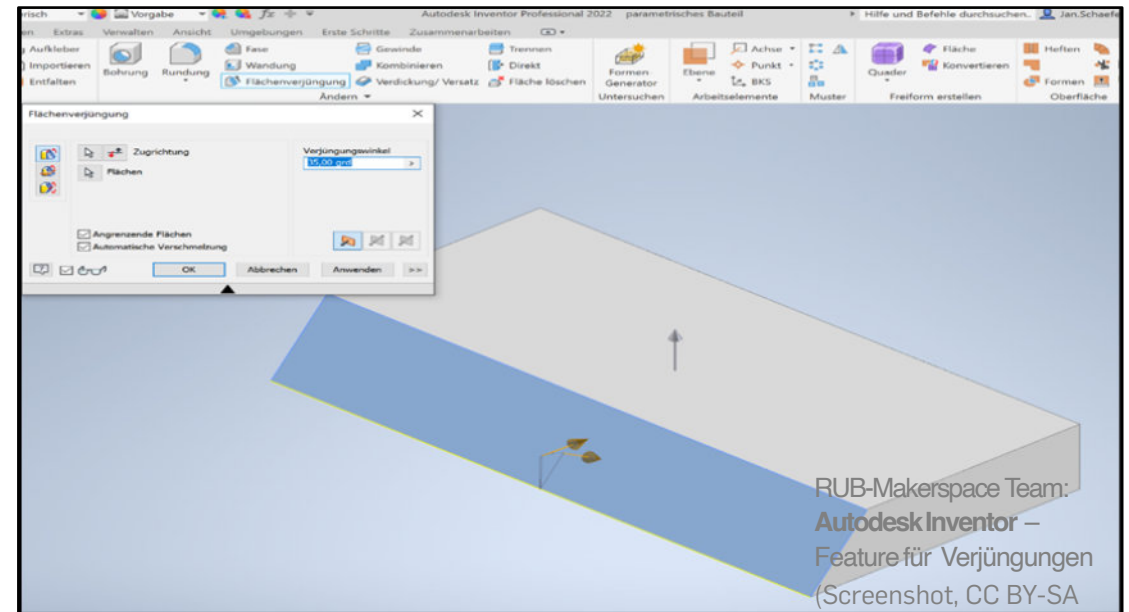
Wichtige Designfeatures & Begriffe (4)

Wandung



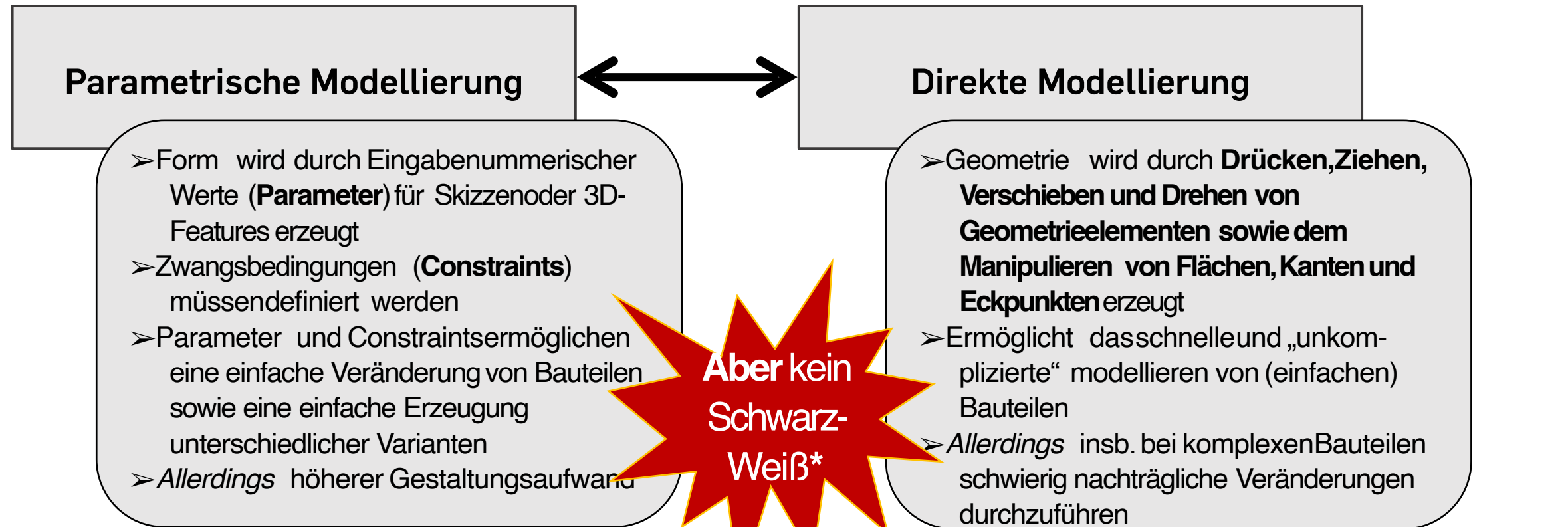
→ **Ausholung einer Geometrie**, bei der letztlich eine Wand mit definierter Stärke verbleibt

Verjüngung



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

3D-Modellierungsansätze - Vergleich

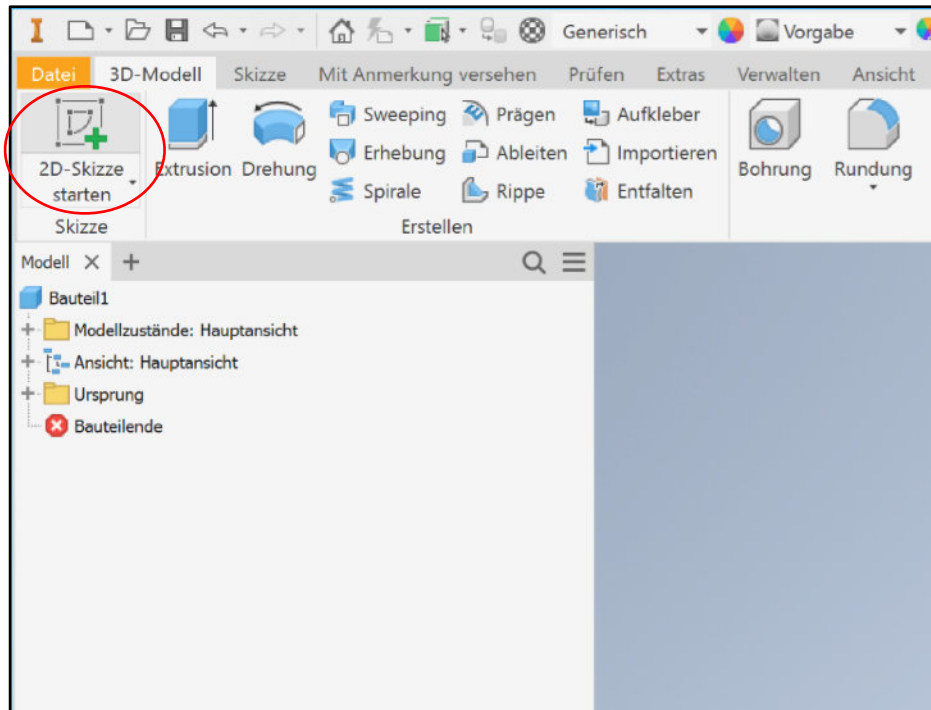


J. Schäfer: Parametrische Modellierung vs. Direkte Modellierung (CC-BY-SA 4.0)

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

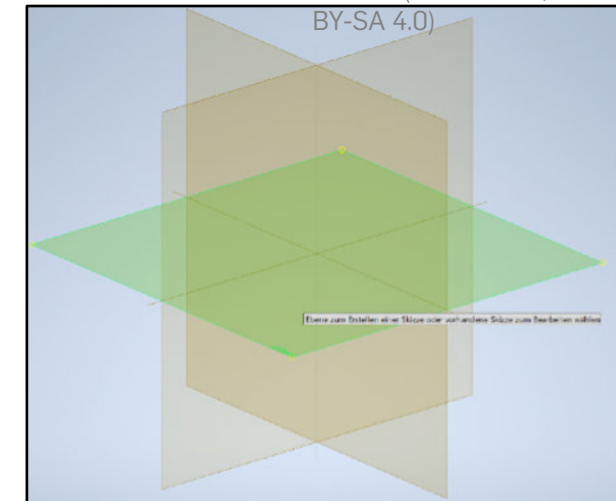
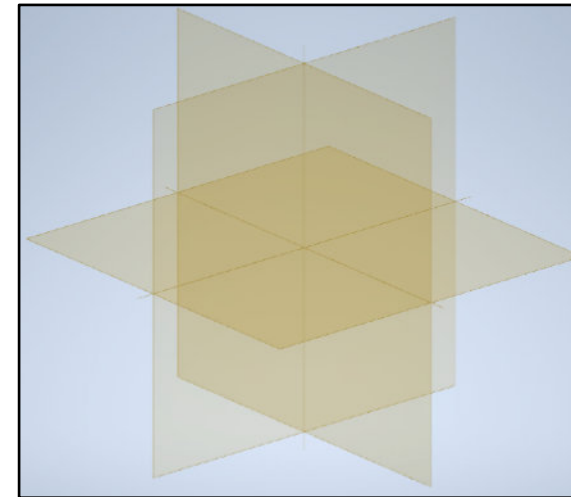
3D-Modellierungsansätze - Workflow: Direkte Modellierung (1)

1. Skizzenansicht betreten



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

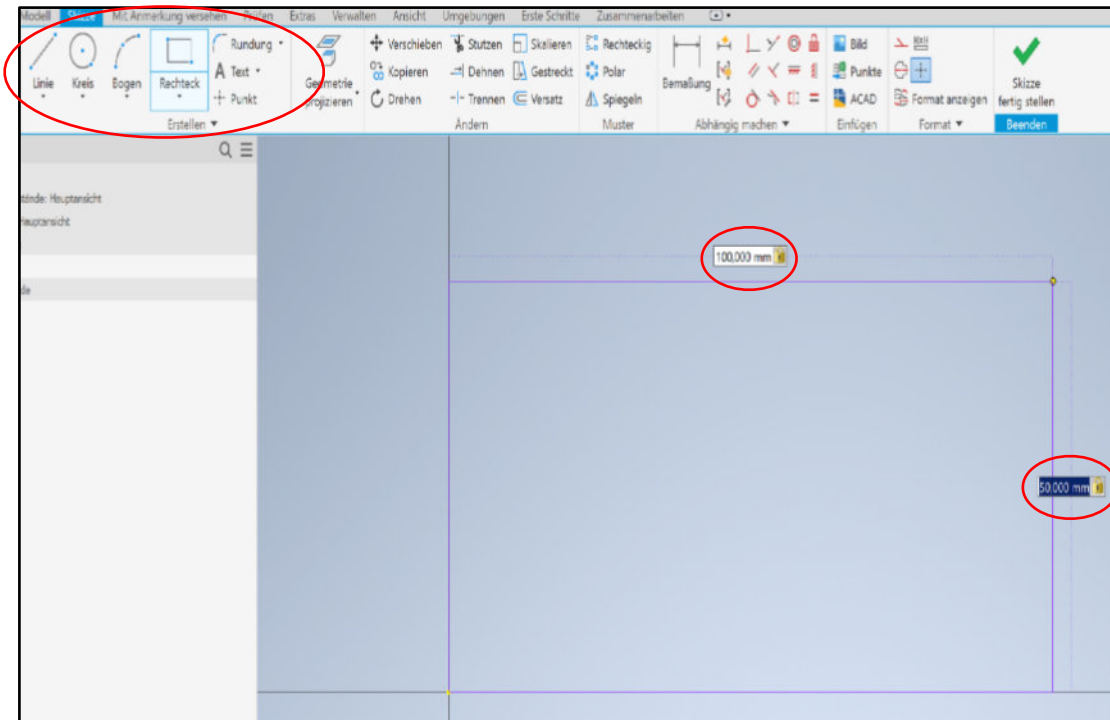
2. Zeichnungsebene auswählen



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

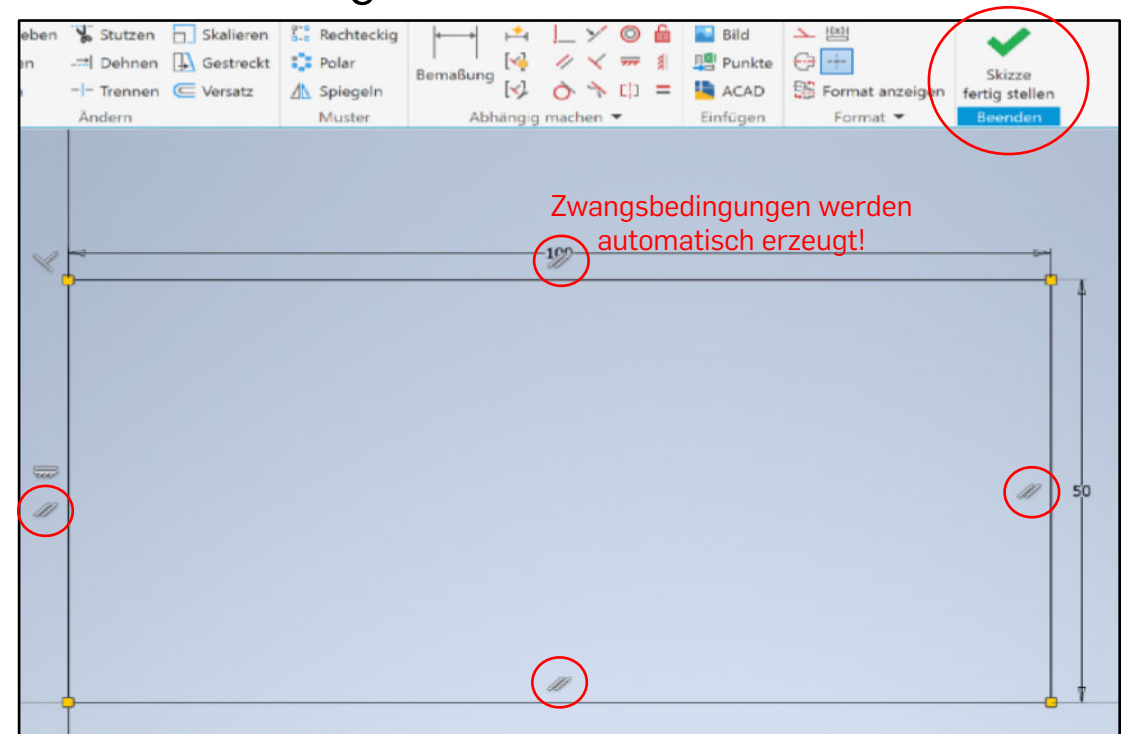
3D-Modellierungsansätze - Workflow: Direkte Modellierung (2)

3. Skizze anfertigen & bemaßen



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

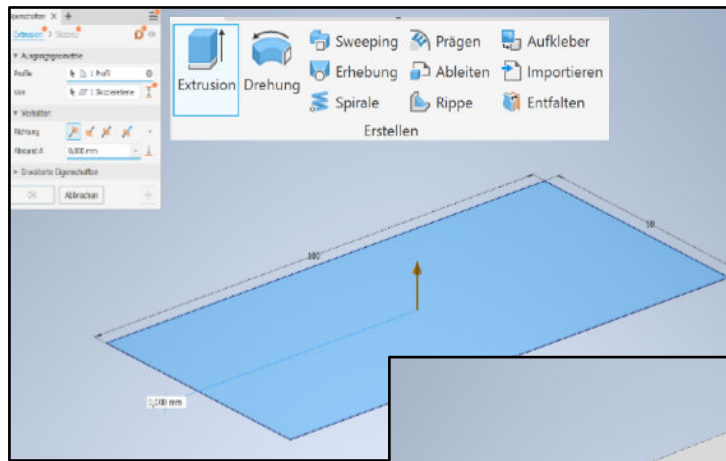
4. Skizze fertig stellen



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

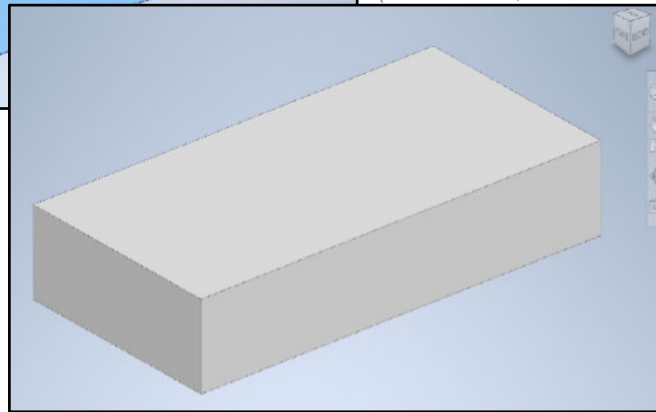
3D-Modellierungsansätze - Workflow: Direkte Modellierung (3)

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

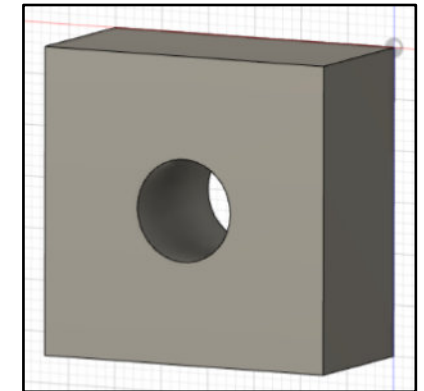
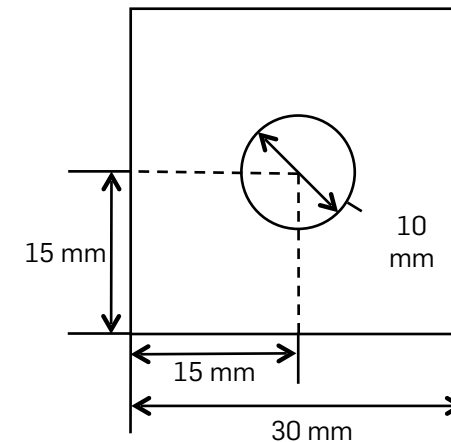
Verwende Autodesk Fusion360, um die nebenstehende Geometrie mithilfe des **direkten 3D-Modellierungsansatzes** zu modellieren!

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

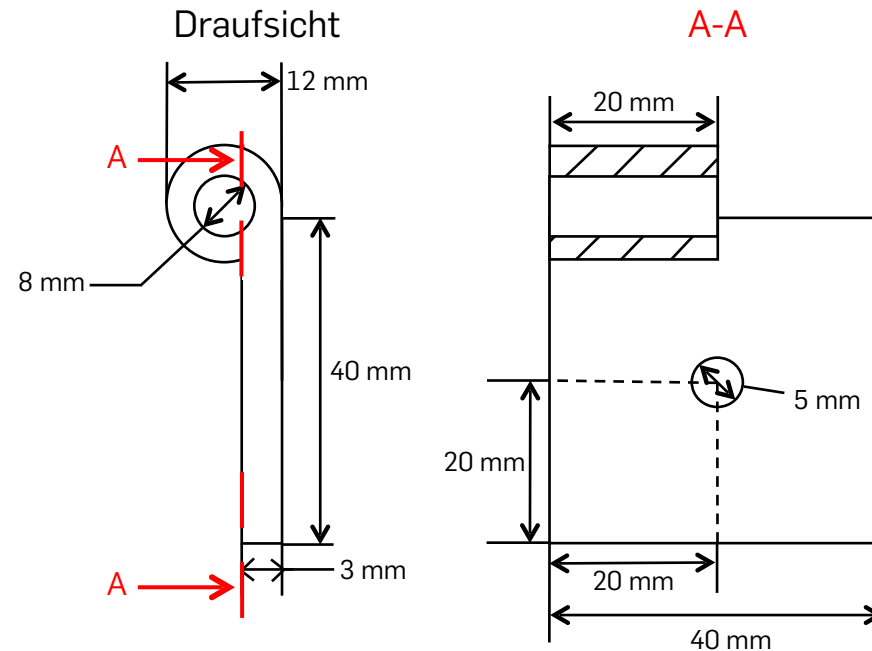
Aufgabe

Wir wollen ein Scharnier fertigen!

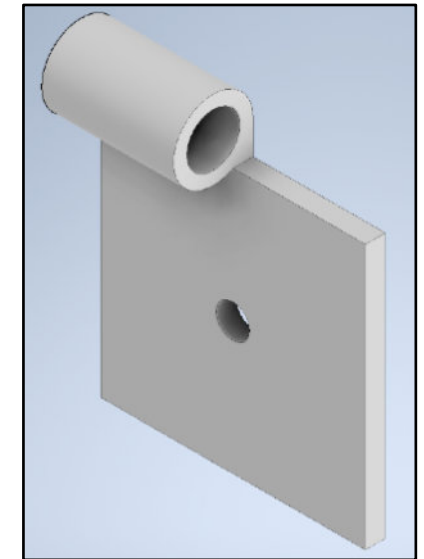
Konstruiert unter Verwendung des **direkten 3D-Modellierungsansatzes** das nebenstehende Bauteil. Dieses wird einer der zwei Lappen des Scharniers. Die Maße können der Skizze entnommen werden.

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



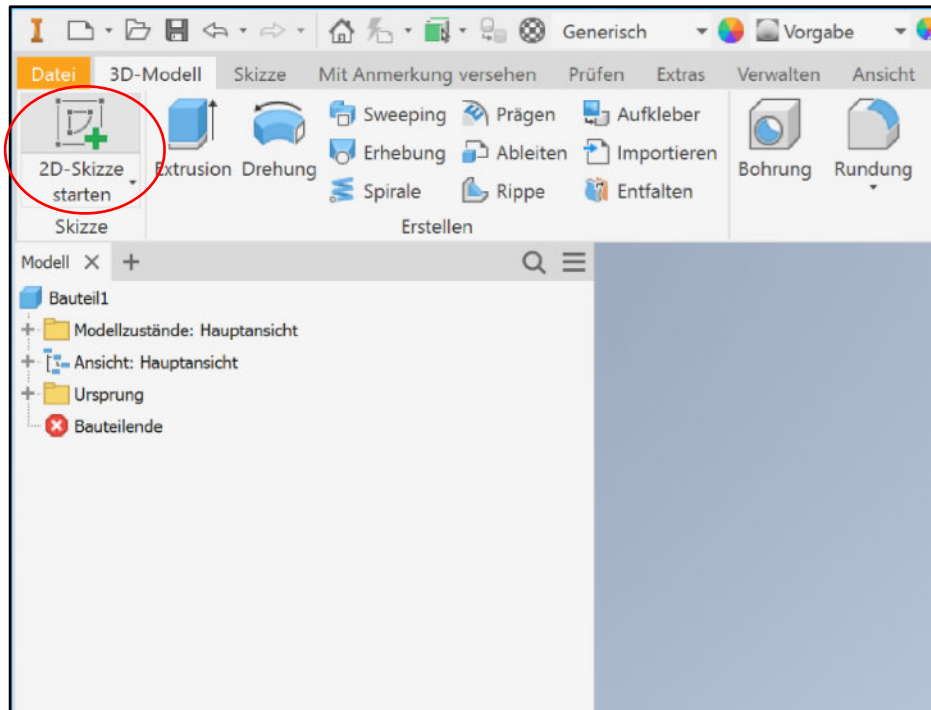
J. Schäfer: Techn. Zeichnung Scharnier (CC-BY-SA 4.0)



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

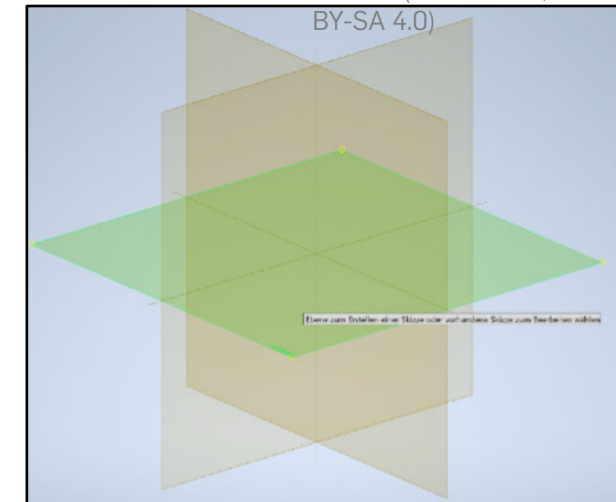
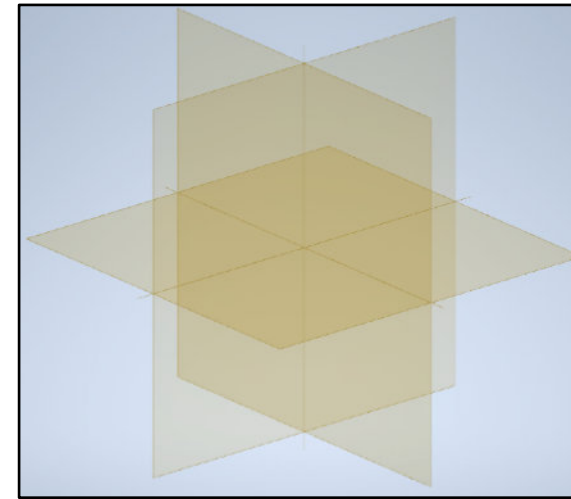
3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (1)

1. Skizzenansicht betreten



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

2. Zeichnungsebene auswählen

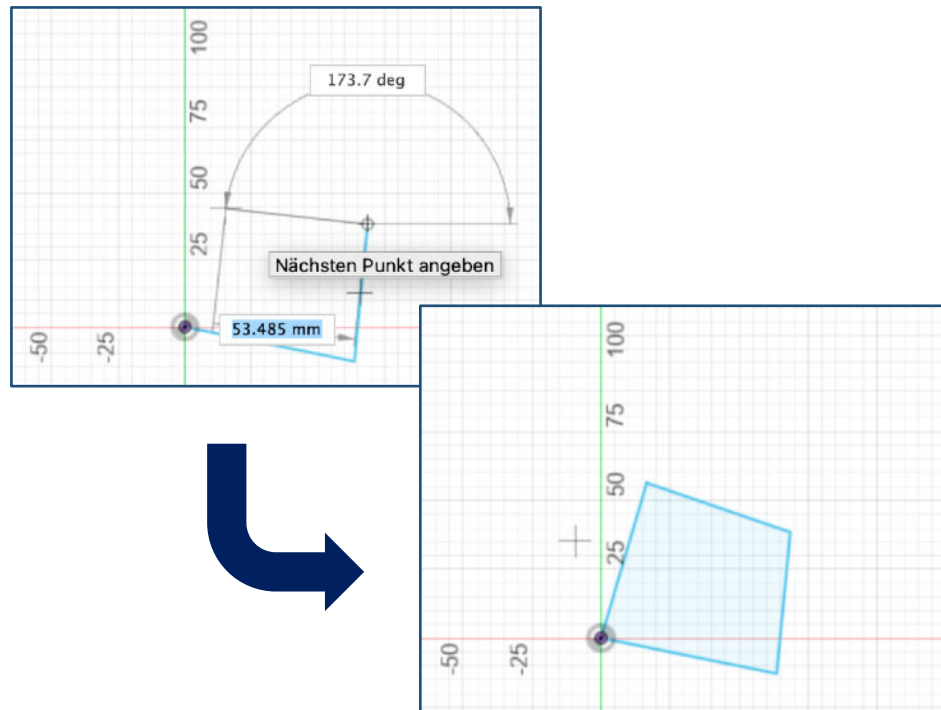


RUB-Makerspace Team:
Autodesk Inventor –
Zeichnungsebene
wählen (Screenshot, CC
BY-SA 4.0)



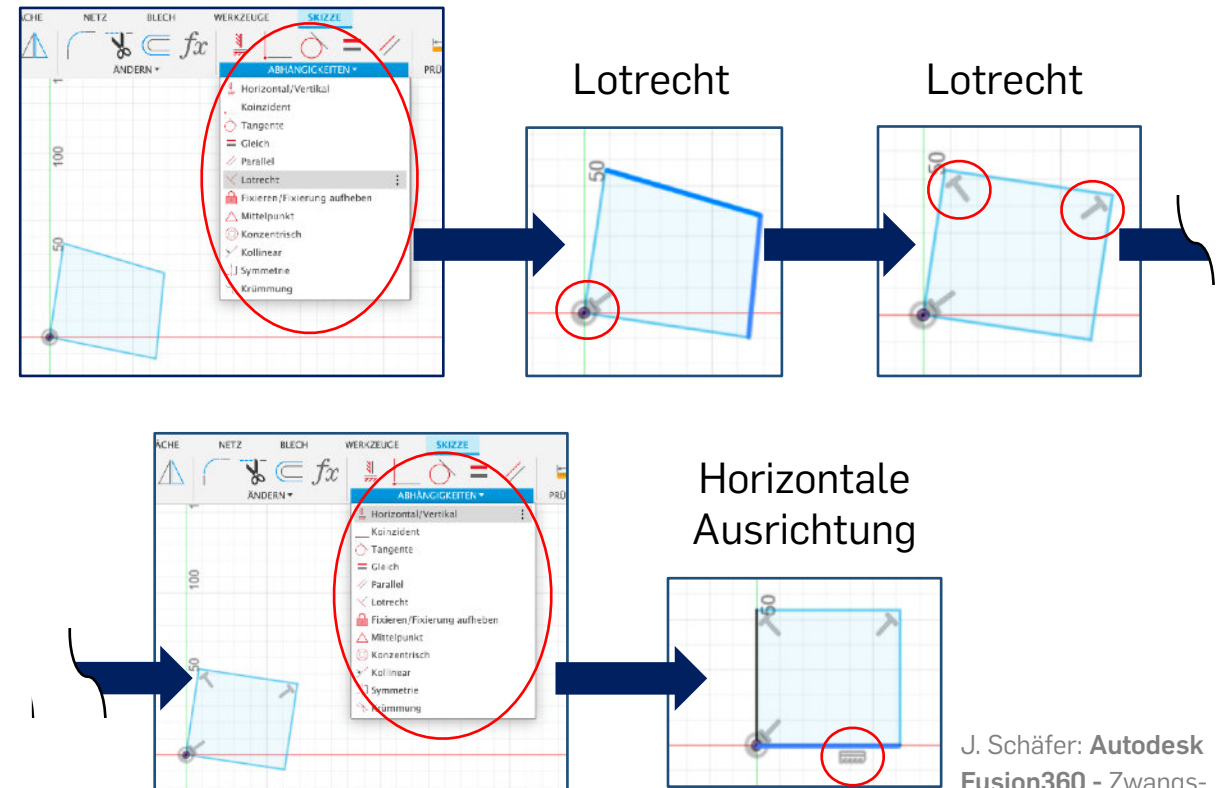
3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (2)

3. Skizze erstellen



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

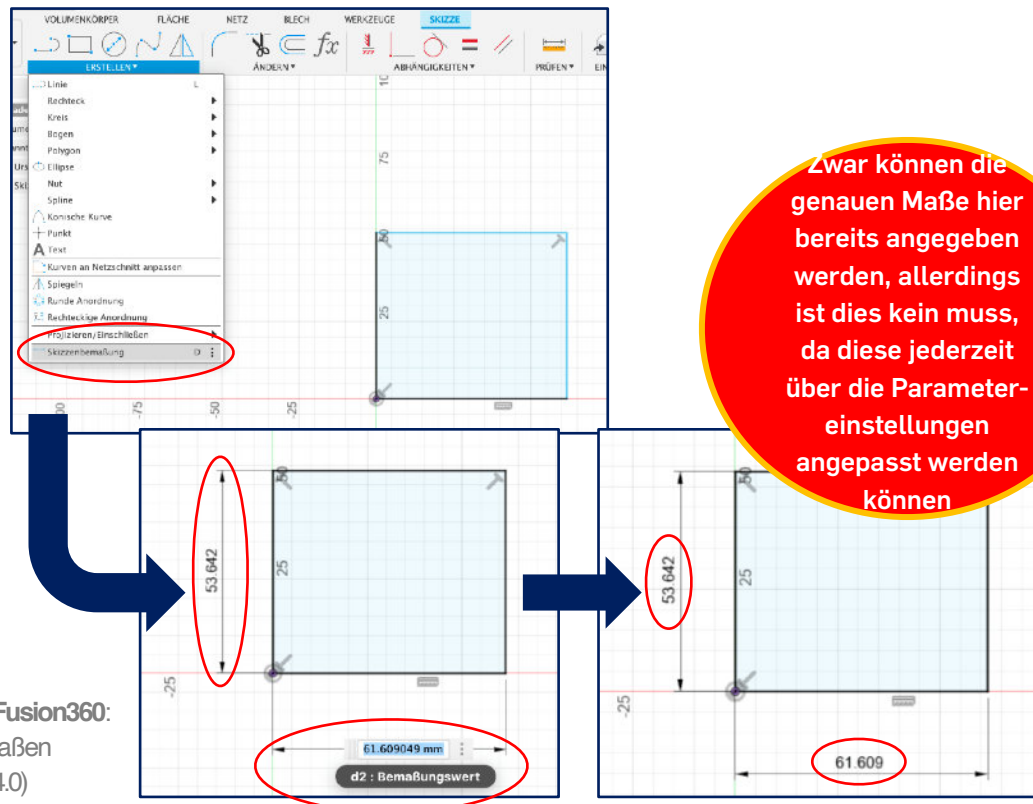
4. Zwangsbedingungen vorgeben



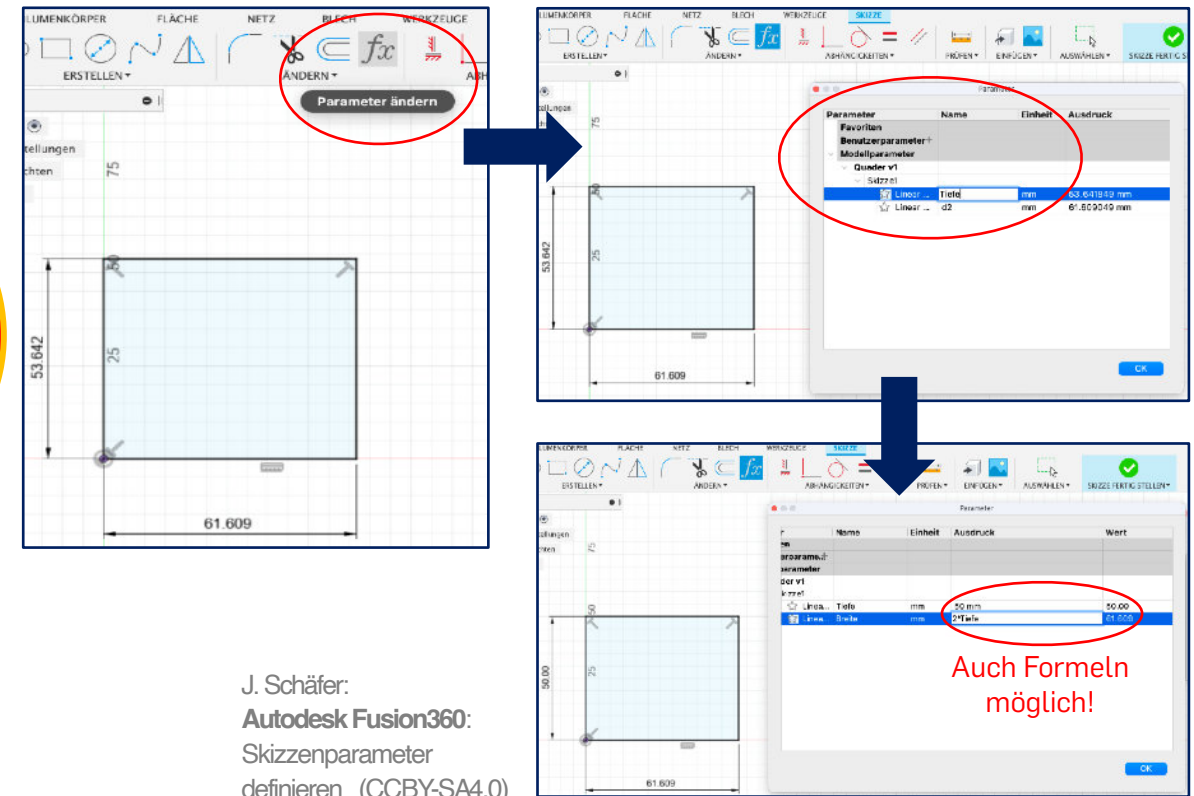
J. Schäfer: Autodesk
Fusion360 - Zwangs-
bedingungen vorgeben
(Screenshot, CC BY-SA
4.0)

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

5. Skizze bemaßen

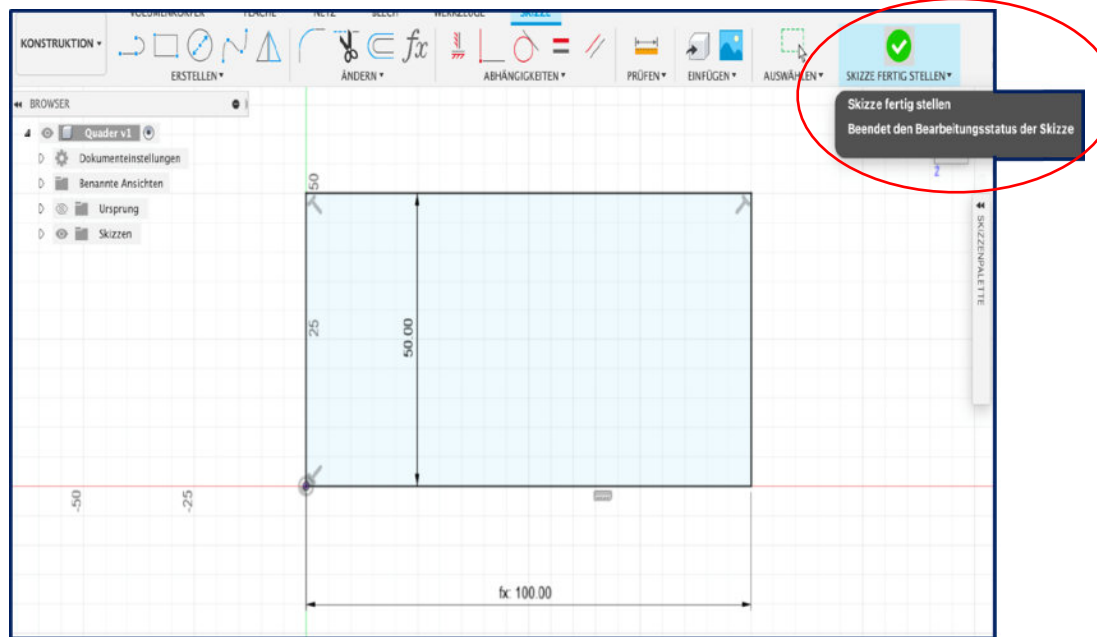


6. Parameter definieren



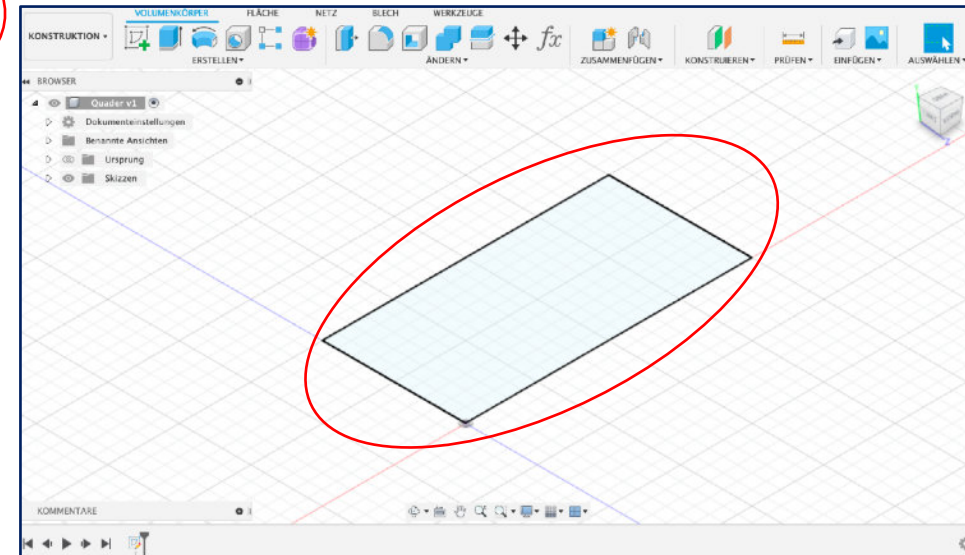
3D-Modellierungsansätze - Workflow: Parametrische Modellierung (4)

7. Skizze fertig & Skizzenebene verlassen



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

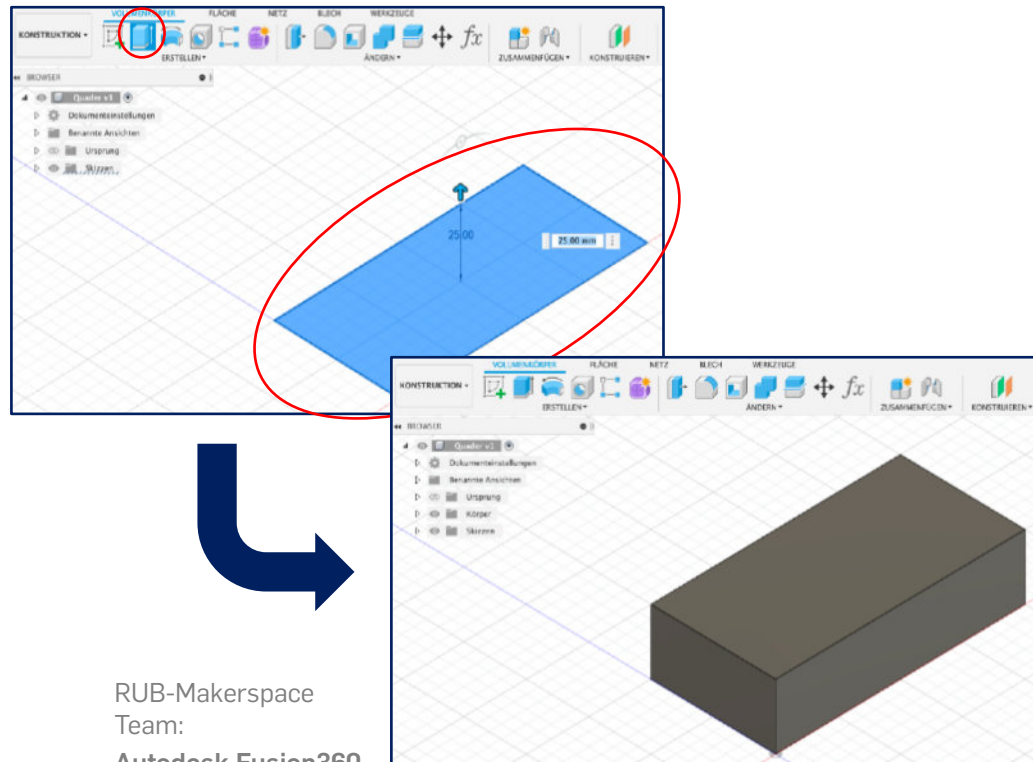
8. Fläche für Volumenkörperoperation wählen
(=> Skizze)



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

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

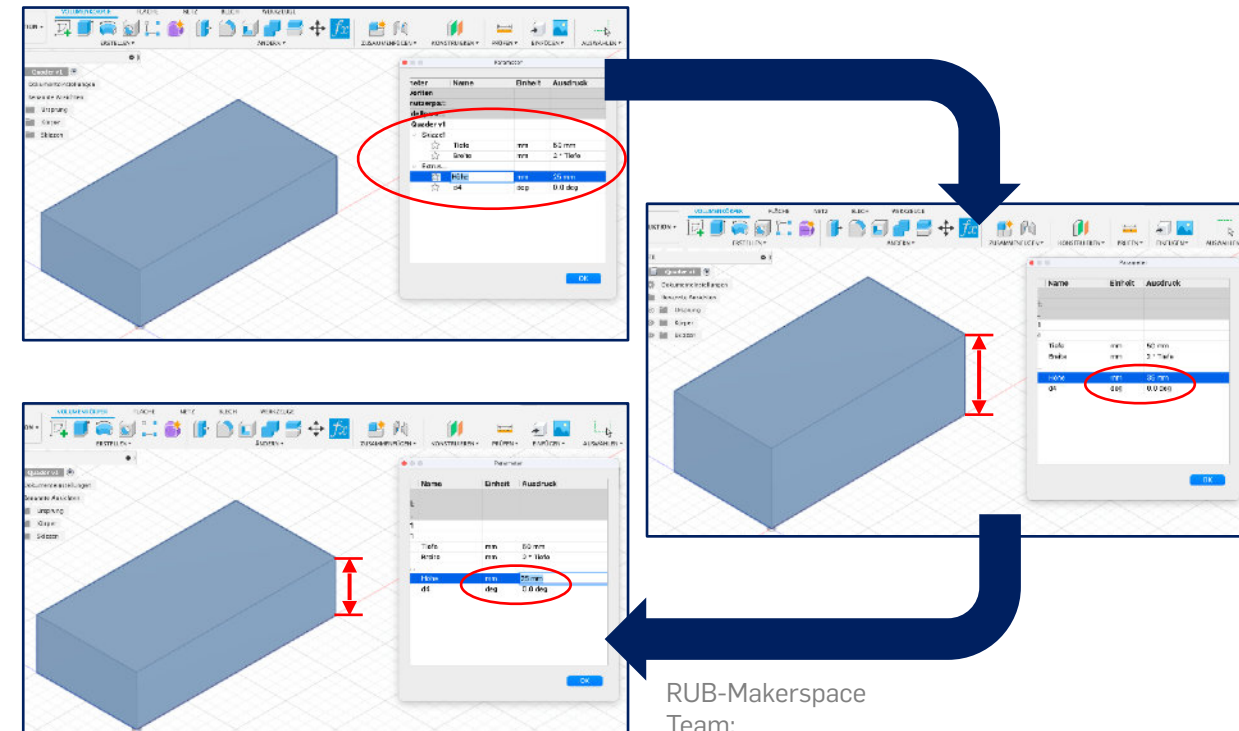
9. Skizze (ins 3-dimensionale) extrudieren



RUB-Makerspace
Team:

Autodesk Fusion360 –
Skizze extrudieren
(CC BY-SA 4.0)

10. Parameter definieren



RUB-Makerspace
Team:

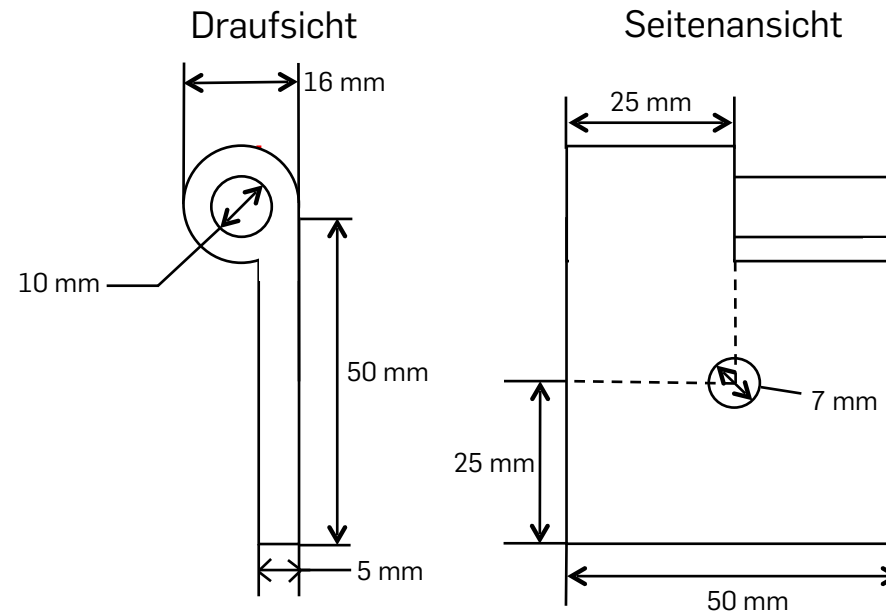
Autodesk Fusion360 –
Parameter definieren
(CC BY-SA 4.0)

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.



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

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

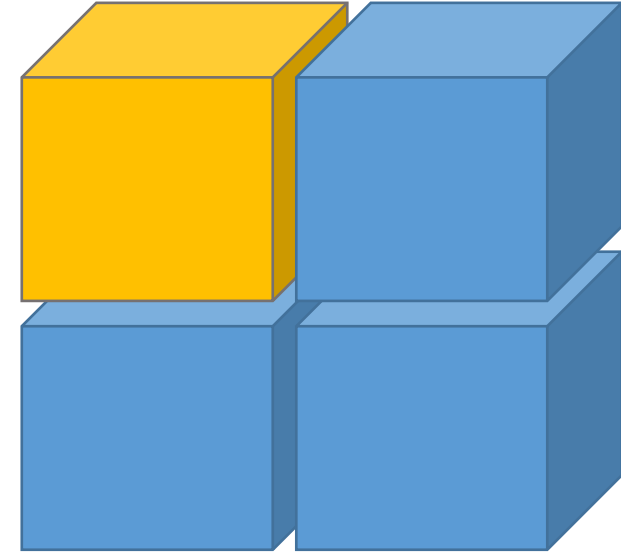
Parameter	
Parametername	Gleichung
Modellparameter	
stiftKleinDurchm...	10 mm
stiftGroßDurchm...	16 mm
lappenLänge	50 mm
lappenDicke	5 mm
extrusionStiftKlei...	25 mm
extrusionLappen	50 mm
d7	0,00 grd
d5	0,00 grd
bohrungDurchm...	7 mm
ausrichtungMitti...	extrusionLappen / 2 oE
Benutzerparameter	

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)



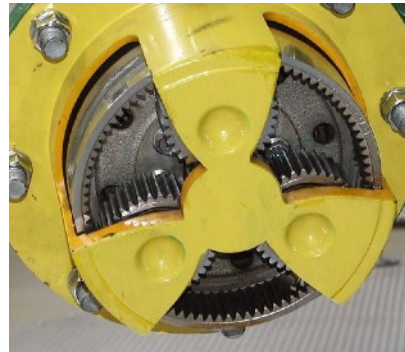
Verbrennungsmotor eines Motorrads (aufgeschnitten):

Stahlkocher: 4-Taktmotor Schnitt Motorrad 1-Zylinder,
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/4-Taktmotor_Schnitt_Motorrad_1-Zylinder.jpg
 (CC BY-SA 3.0)



Zahnrad (Stirnrad) mit Evolventenverzahnung:

<File:Zahnrad.jpg> - [Wikimedia Commons](#)
 (CC0 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/Datei:John_Deere.jpg
 (CC BY-SA 3.0)



Wälzkörper (Kugel):

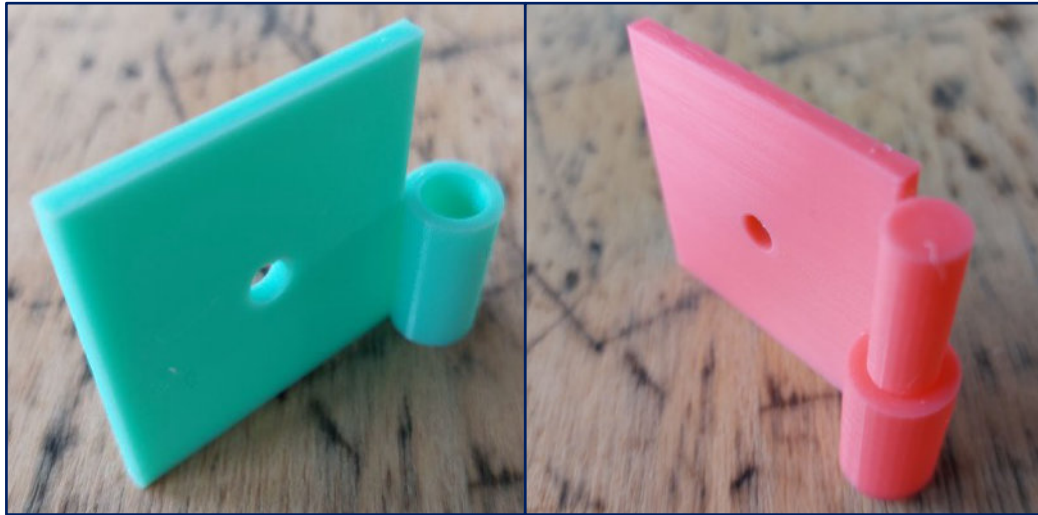
Lucasbosch: Silicon nitride Si3N4 bearing balls 1–20 mm, <File:Silicon nitride Si3N4 bearing balls 1–20 mm.jpg> - [Wikimedia Commons](#) (CC BY-SA 2.0)



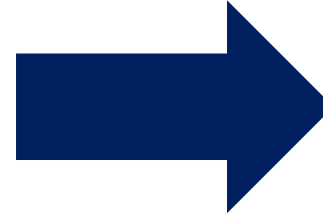
Kugellager:

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)



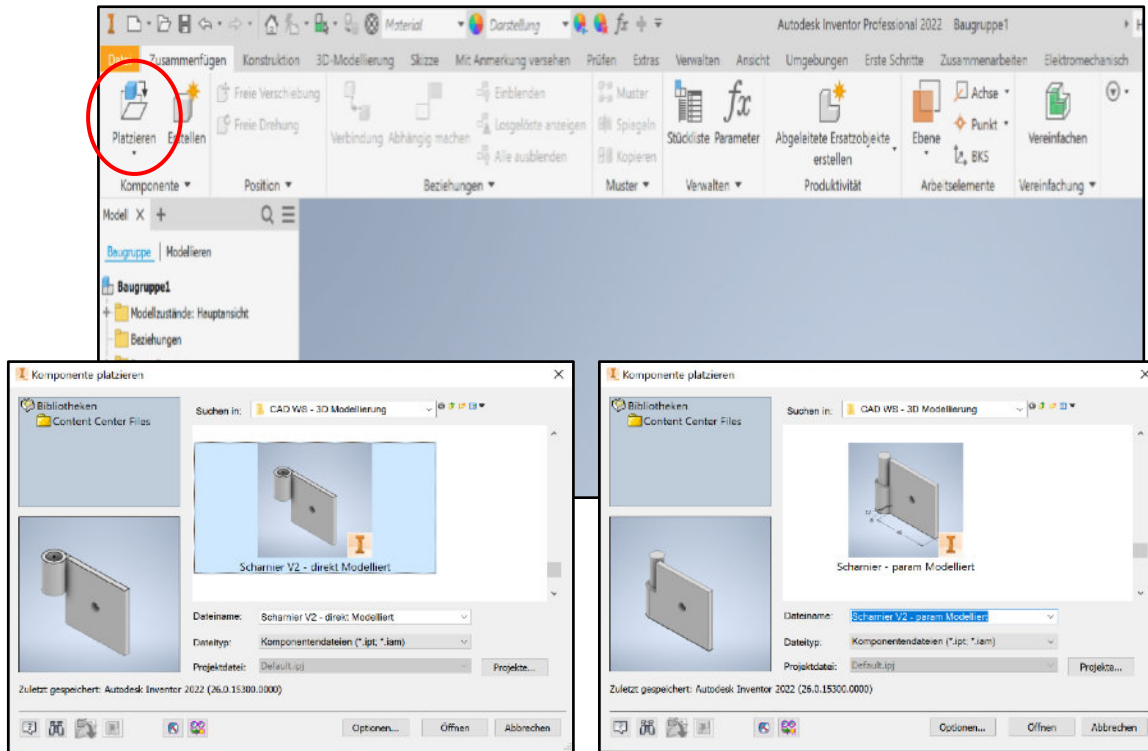
RUB-MakerspaceTeam: 3d- gedrucktes Scharniers (CC BY-SA 4.0)

... und auch ein Scharnier

„Professionelle“ CAD/CAX-Software

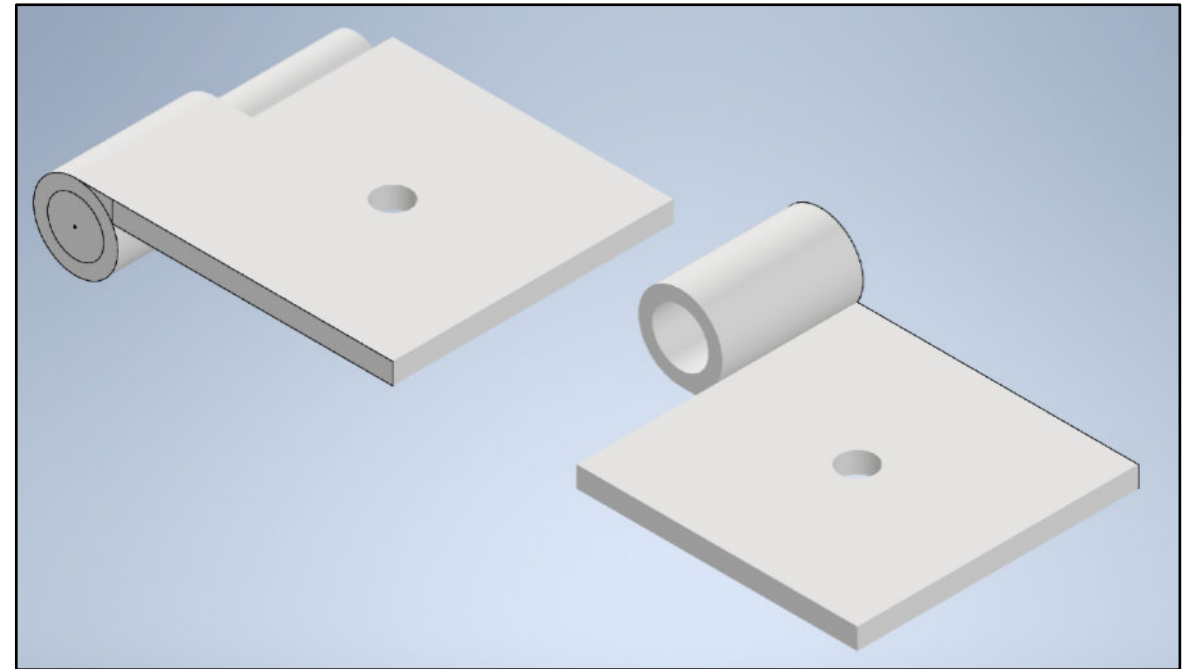
Baugruppenerstellung - Workflow

1. Bauteile auswählen & laden



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

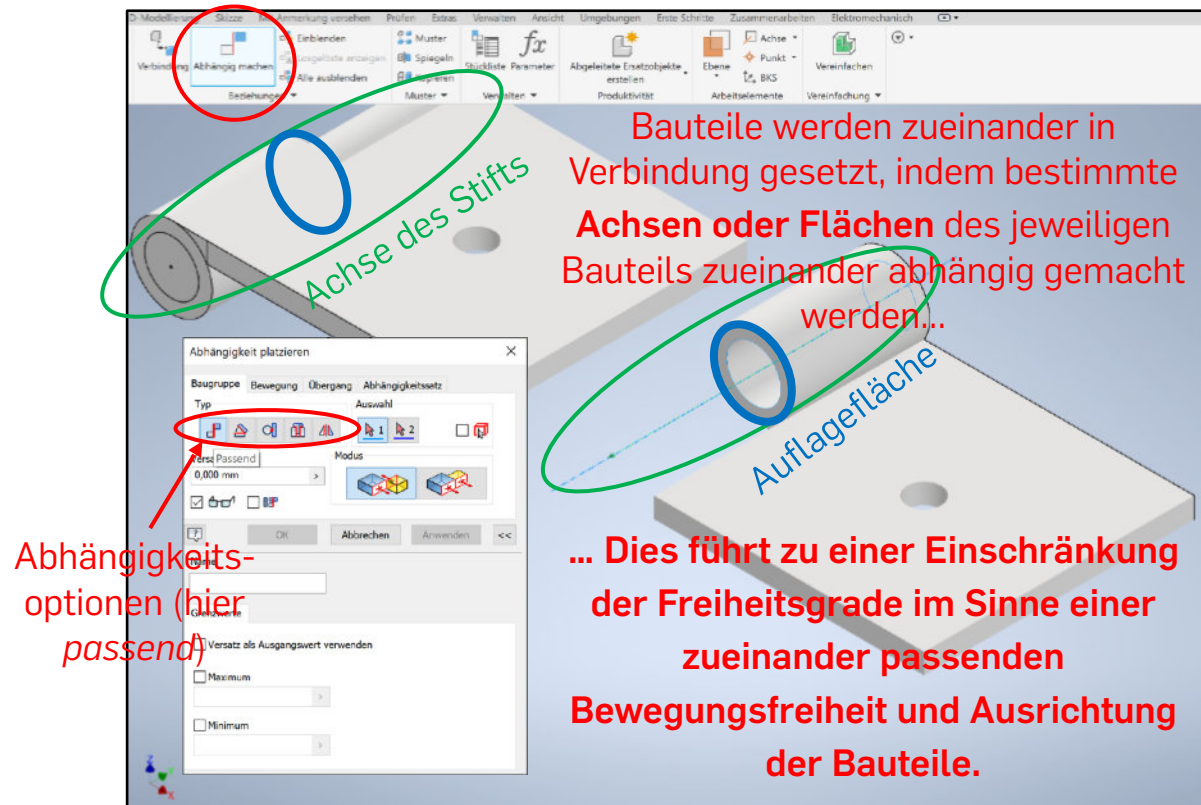
2. Bauteile platzieren



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

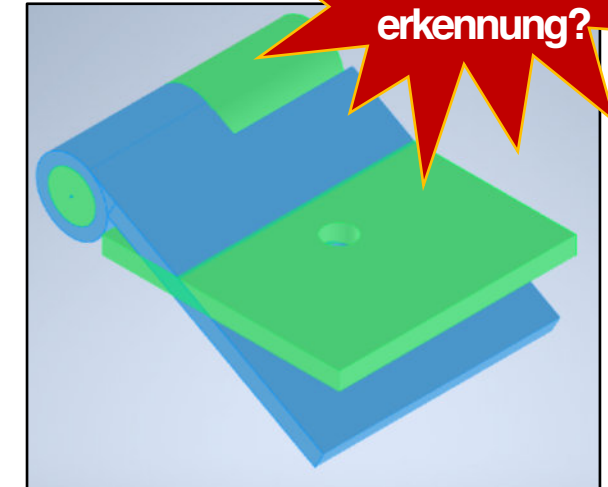
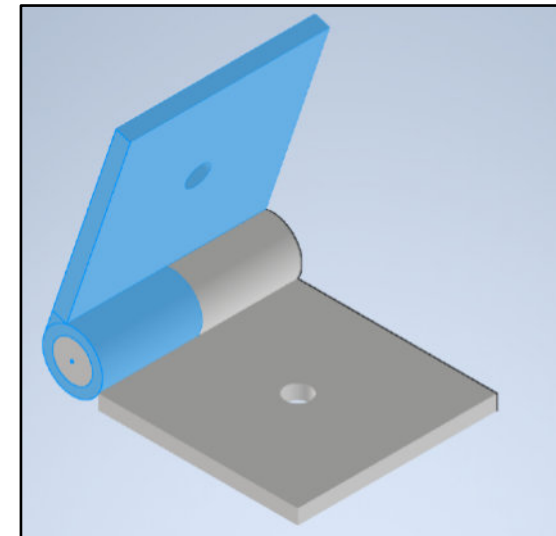
Baugruppenerstellung - Workflow

3. Bauteile zueinander abhängig machen



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

4. Baugruppe bewegen

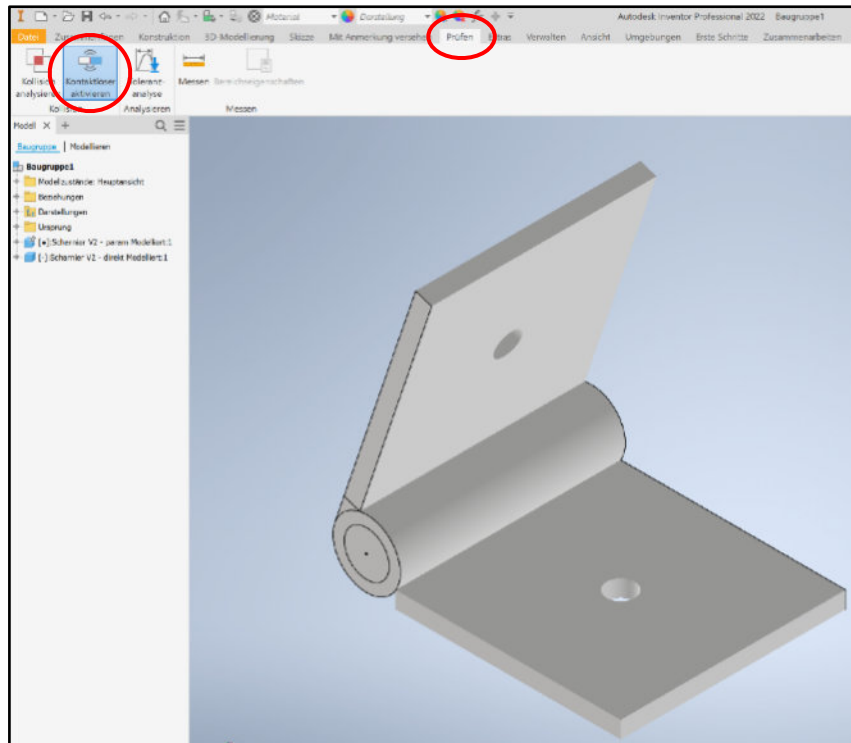


Was ist mit Kontakt-erkennung?

RUB-MakerspaceTeam:Autodesk Inventor – Baugruppewegen (CC BY-SA 4.0)

Baugruppenerstellung - Workflow

5. Kontakterkennung aktivieren

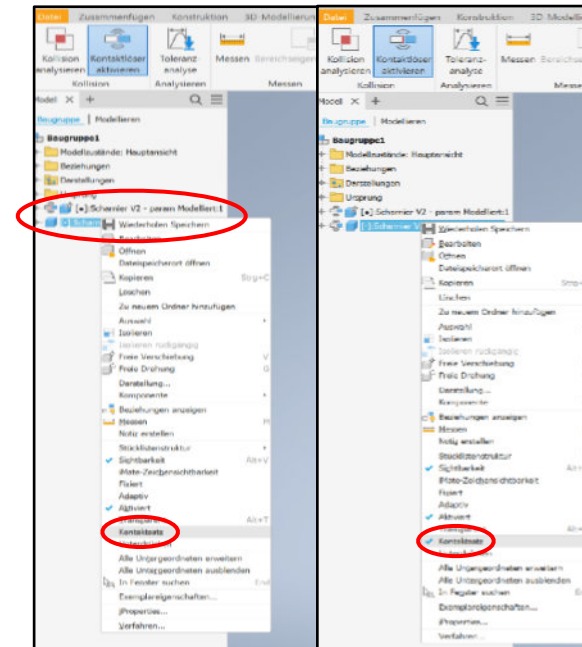


RUB-Makerspace Team:

Autodesk Inventor – Kontakterkennung aktivieren

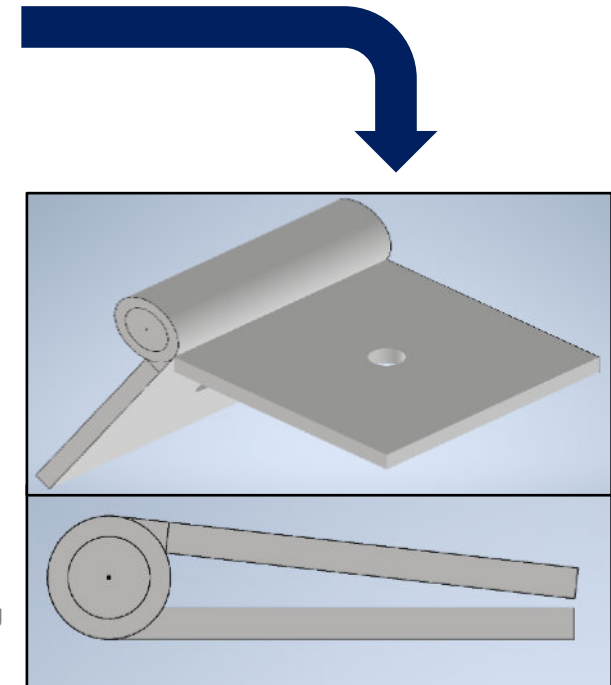
(CC BY-SA 4.0)

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!

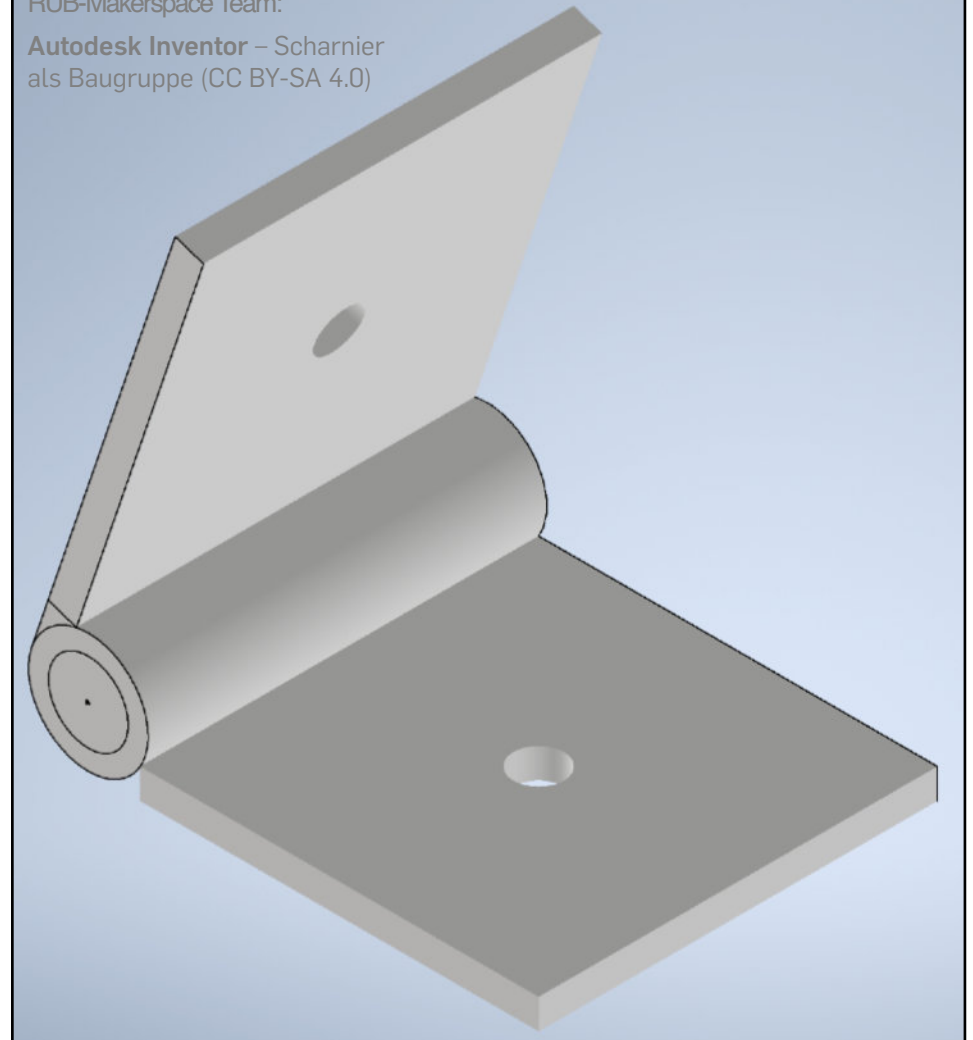
Fügt Eure beiden Scharnierteile nun so zusammen, dass das nebenstehende Scharnier entsteht. Kontakte zwischen den Bauteilen sollen dabei erkannt und auch dargestellt werden.

Hinweise:

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

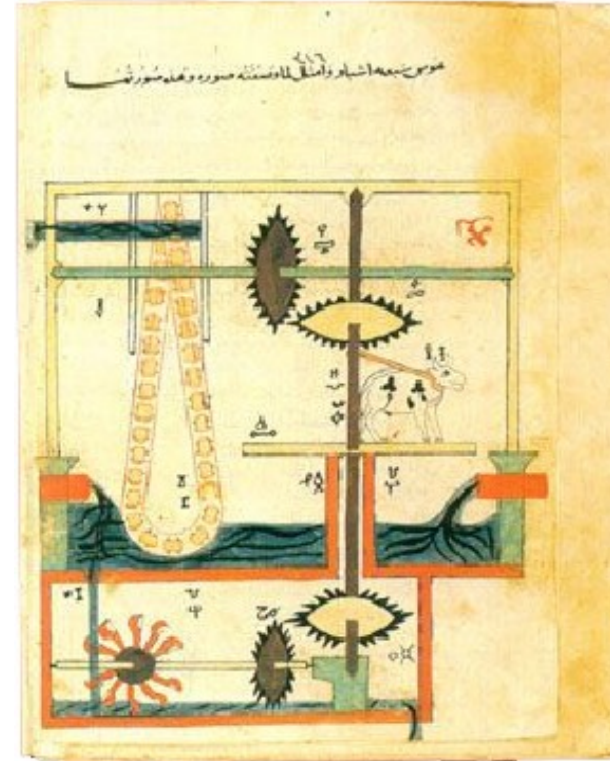
RUB-Makerspace Team:

Autodesk Inventor – Scharnier
als Baugruppe (CC BY-SA 4.0)

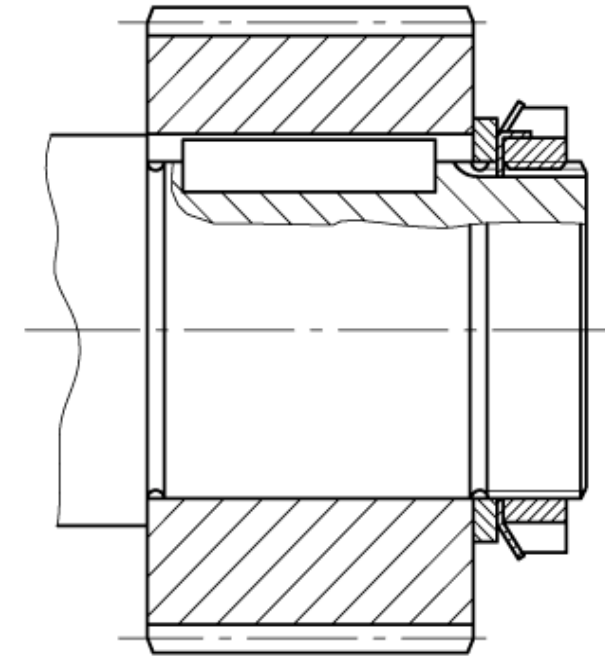


Technische Zeichnungen (1)

- 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



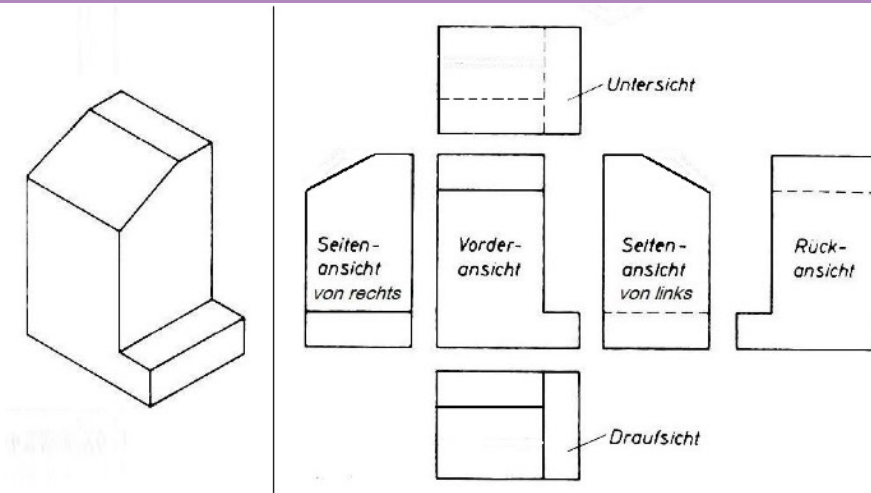
Schöpfwerk-Zeichnung von 1205:
https://de.wikipedia.org/wiki/Technisches_Zeichnen#/media/Datei:Al-Jazari_Automata_1205.jpg
 (Public Domain)



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

Technische Zeichnungen (2)

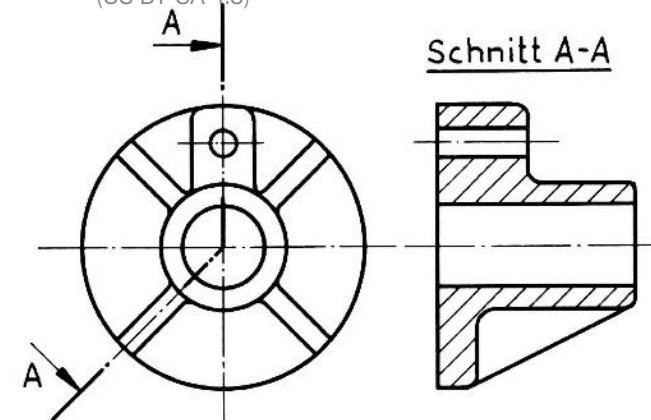
- Technische Zeichnungen bilden die Kontur eines Bauteils aus **verschiedenen festen Perspektiven ab** (i.d.R. Vorderansicht, Seitenansicht und Draufsicht)
- Durch bestimmte Linientypen (z.B. gestrichelt...) werden Informationen hinsichtlich innenliegender Konturen, Bohrungen, Schnitte usw. vermittelt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

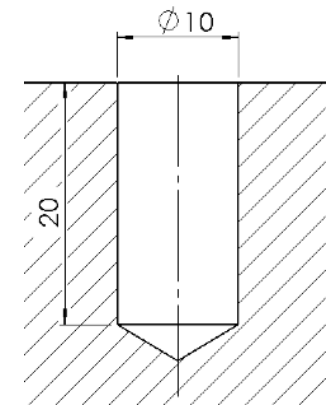
(CC BY-SA 4.0)



Flansch-Zeichnung mit versch. Linientypen:

Technische Zeichnung: Vollschnitt – geknickt, https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Zeichnung#/media/Datei:SchnittKnick.jpg

(CC BY-SA 4.0)



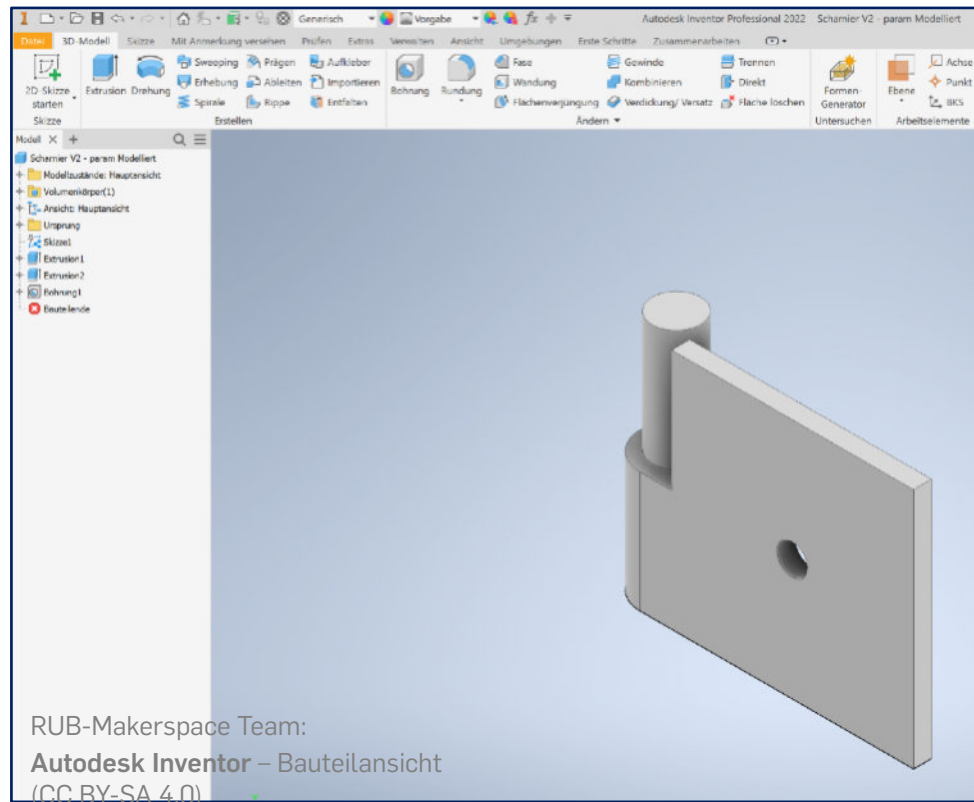
Zeichnung einer Bohrung mit Bemaßung:

https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Zeichnung#/media/Datei:Technical_Drawing_Hole_02.png

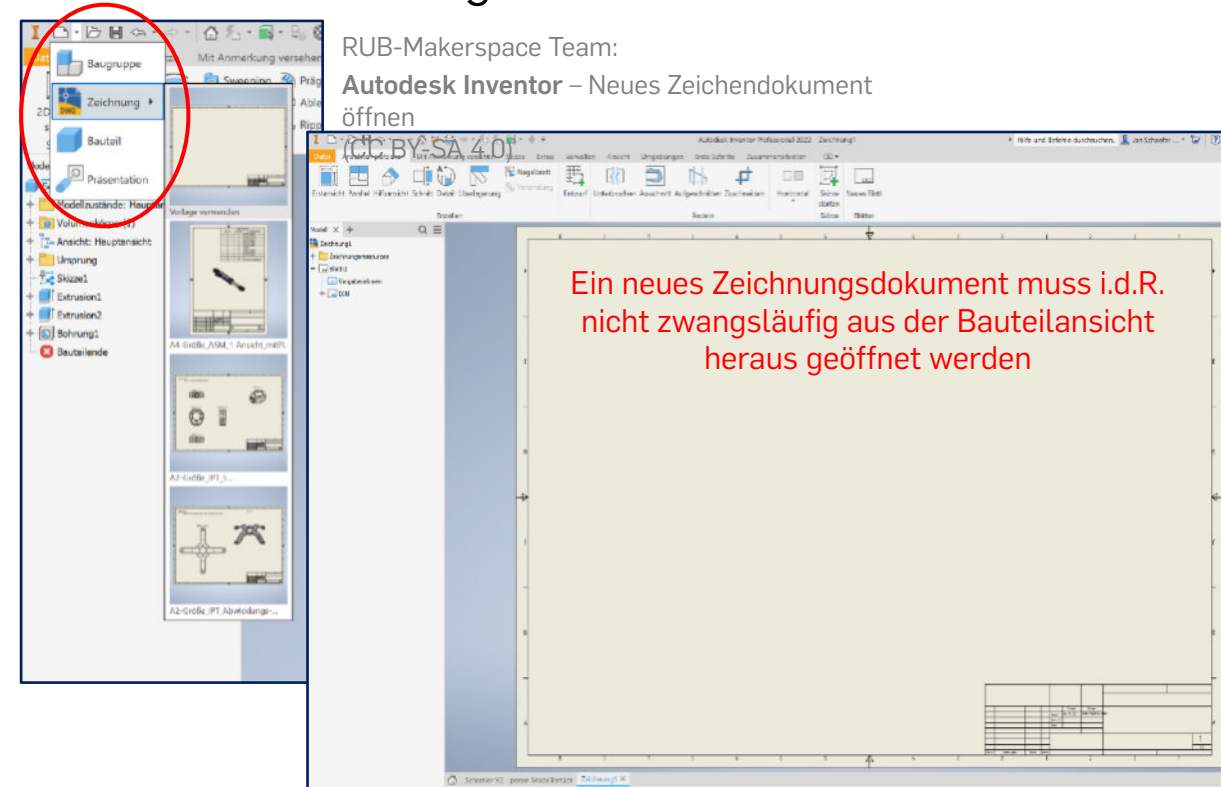
(Public Domain)

Zeichnungsableitung – Workflow (1)

1. Bauteilansicht

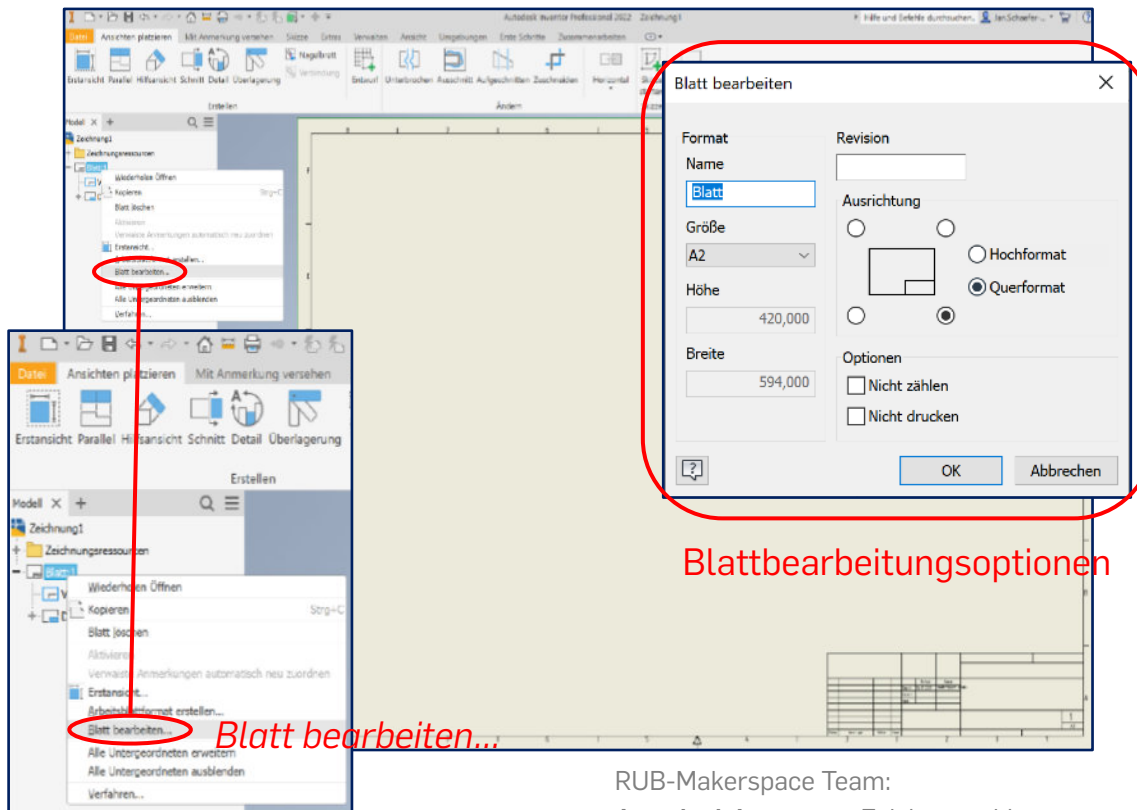


2. Neues Zeichnungsdokument öffnen



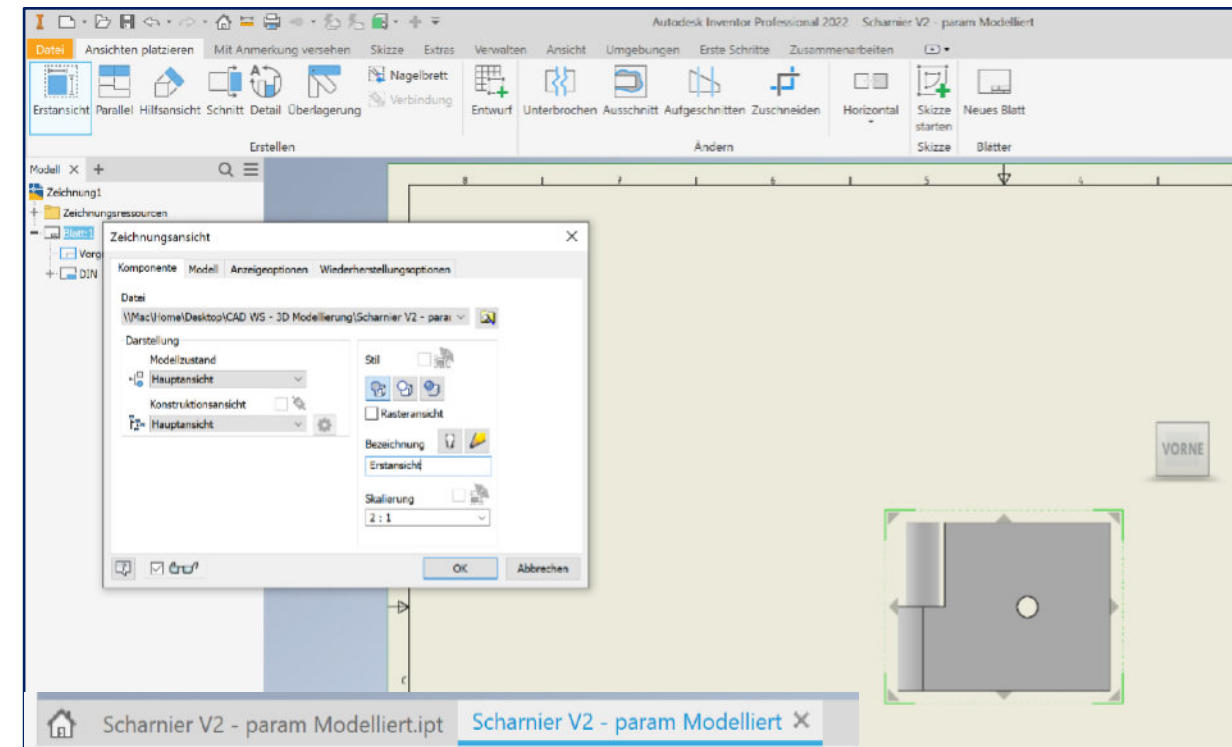
Zeichnungsableitung – Workflow (2)

3. Zeichnungsblatt anpassen



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

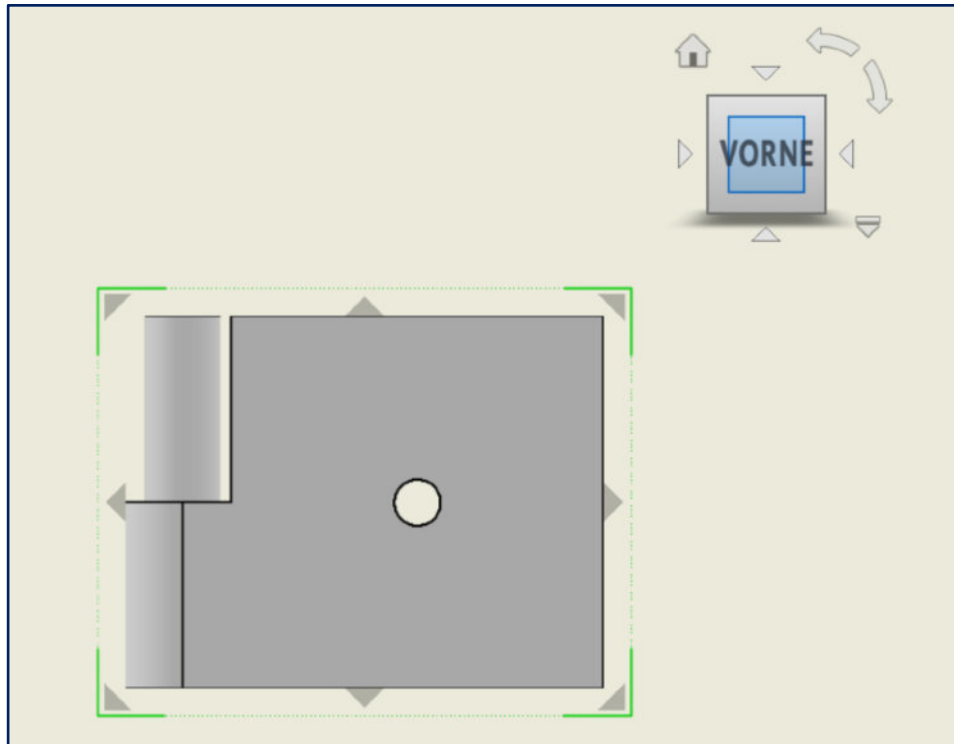
4. Erstansicht öffnen und Einstellungen tätigen



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

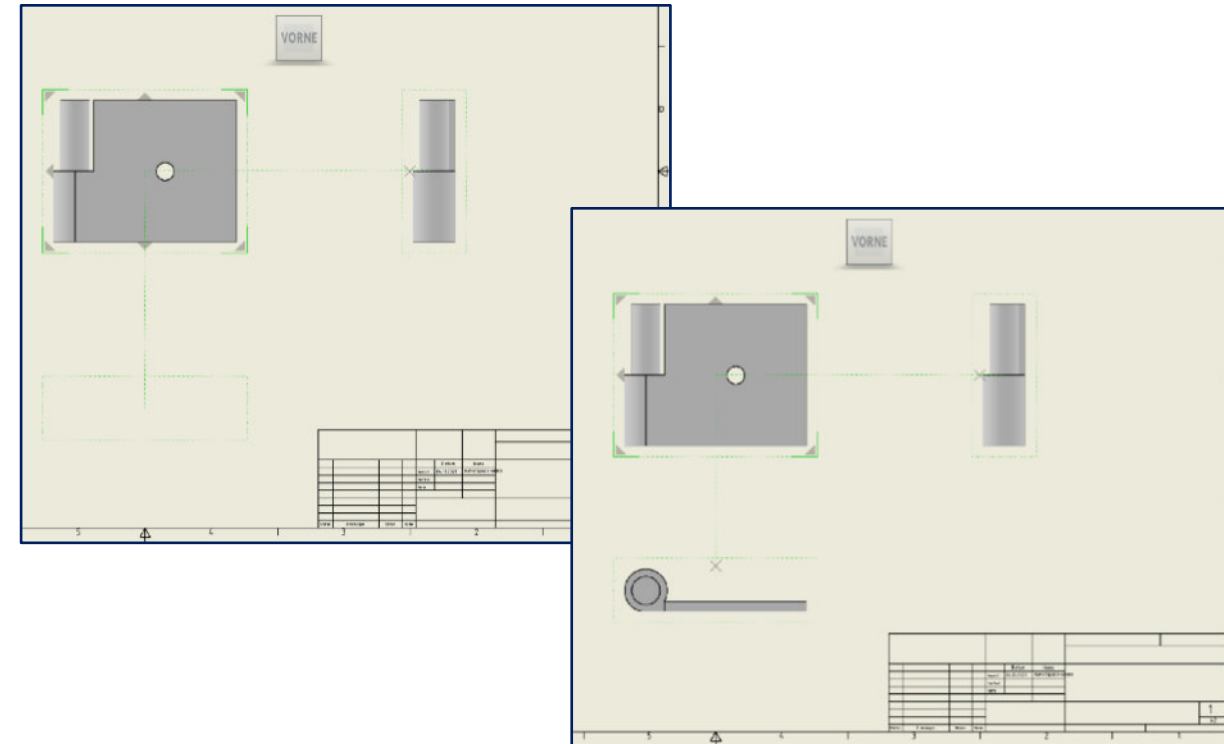
Zeichnungsableitung – Workflow (3)

5. In Erstansicht Bauteil platzieren



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

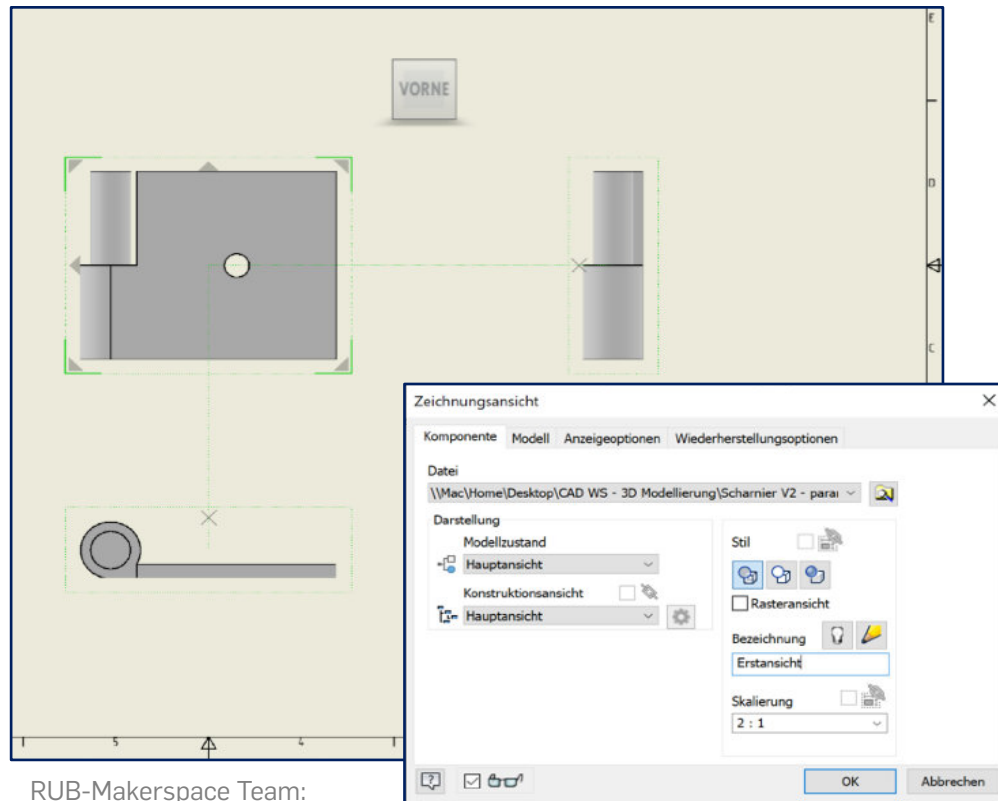
6. In Erstansicht Perspektiven ableiten



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

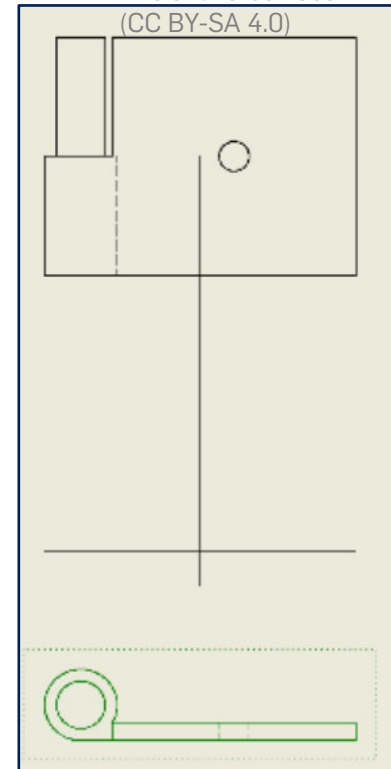
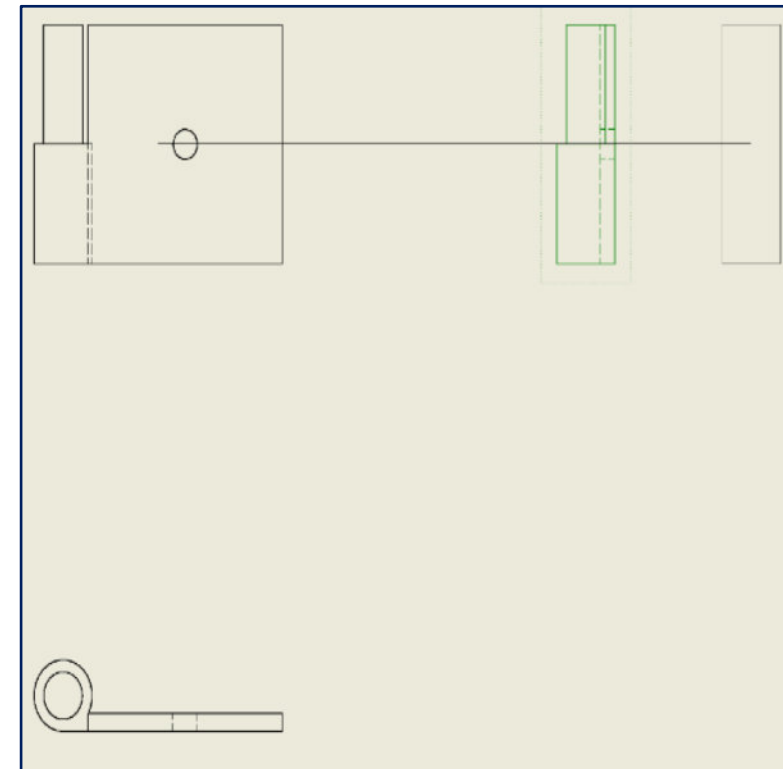
Zeichnungsableitung – Workflow (4)

7. Erstansicht verlassen



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

8. Ansichten nach Bedarf verschieben



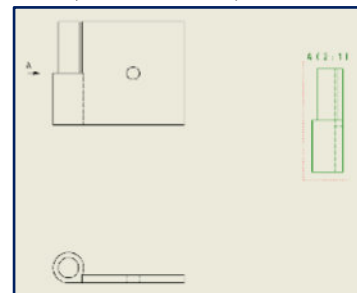
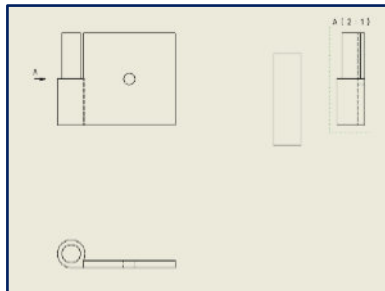
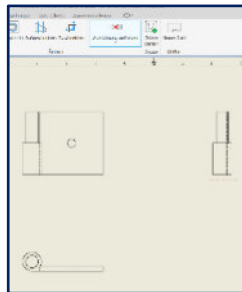
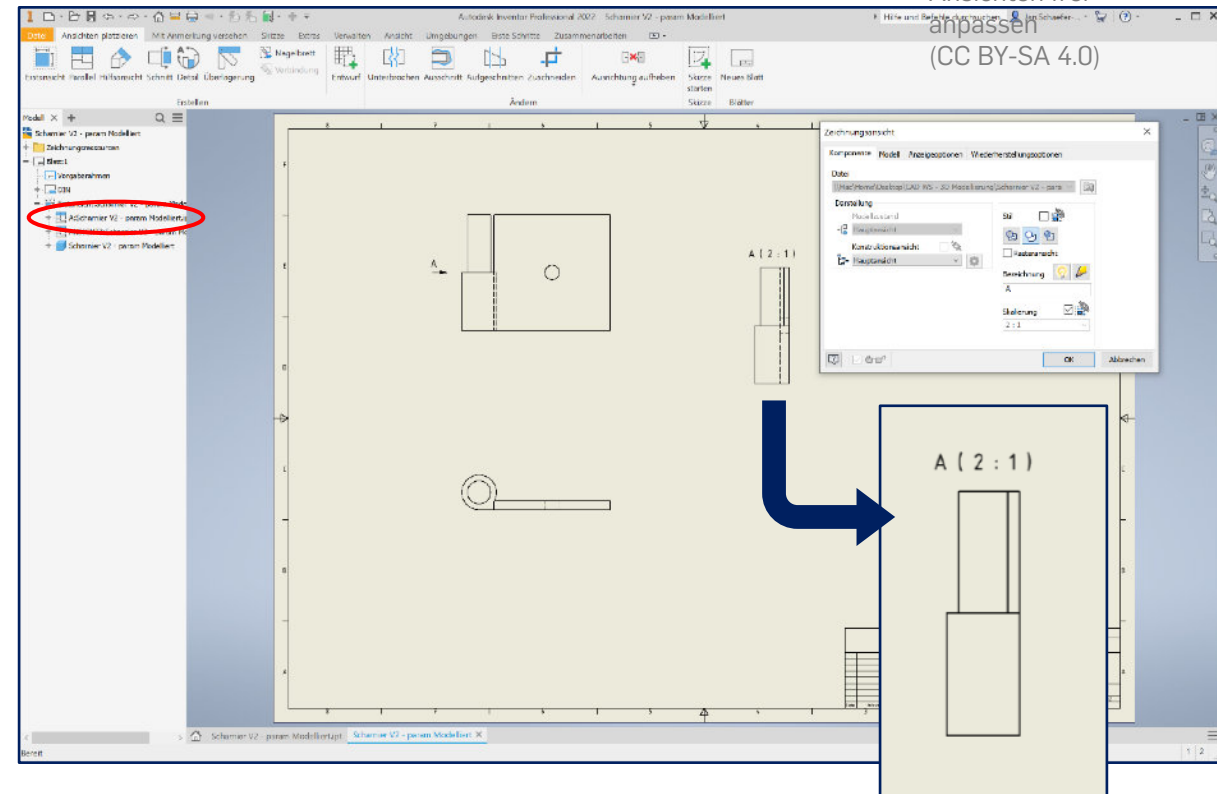
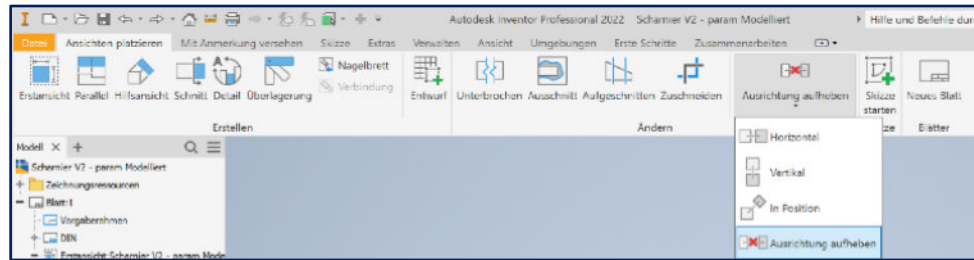
RUB-Makerspace
Team:
Autodesk Inventor –
Ansicht verschieben
(CC BY-SA 4.0)

Zeichnungsableitung – Workflow (5)

9. Bestimmte Ansicht frei verschieben

10. Bestimmte Ansicht frei anpassen

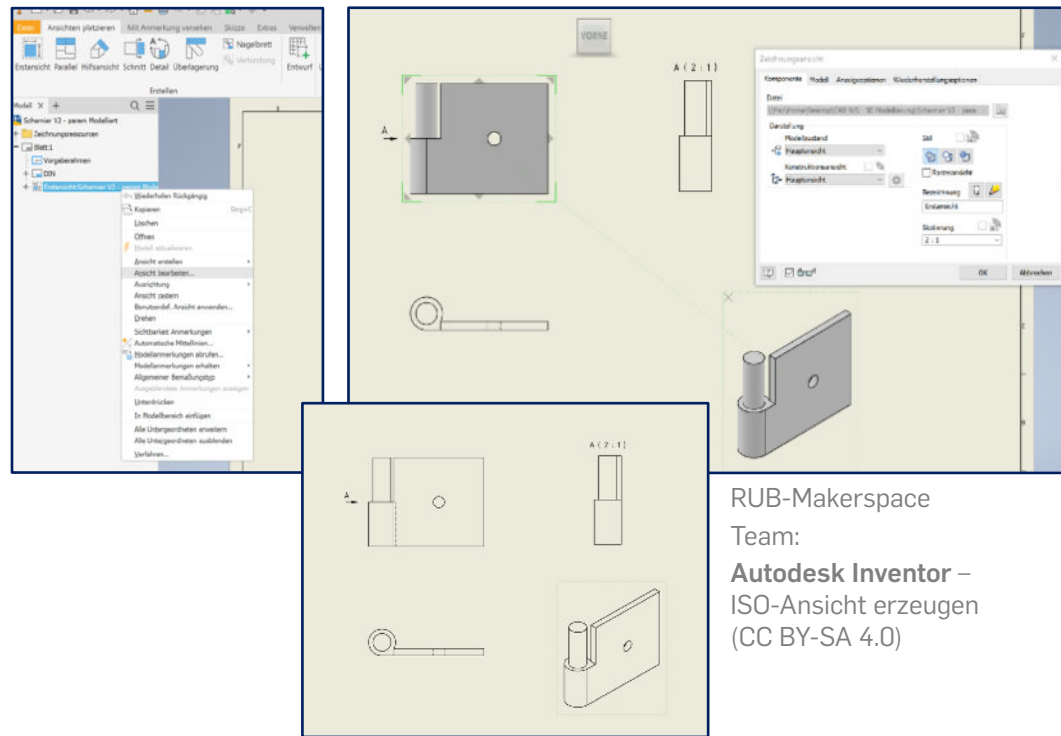
RUB-Makerspace
Team:
**Autodesk Inventor –
Ansichten frei
anpassen**
(CC BY-SA 4.0)



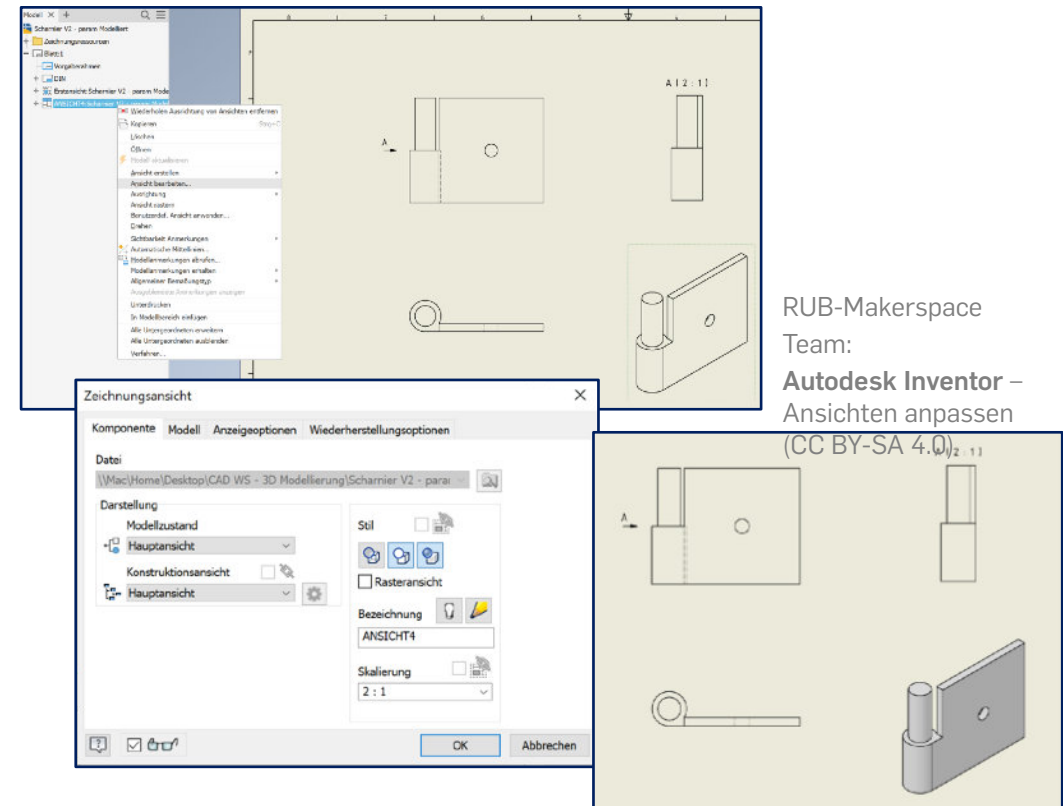
RUB-Makerspace
Team:
**Autodesk Inventor –
Ansicht frei
verschieben**
(CC BY-SA 4.0)

Zeichnungsableitung – Workflow (6)

11. Isometrische Ansicht erzeugen

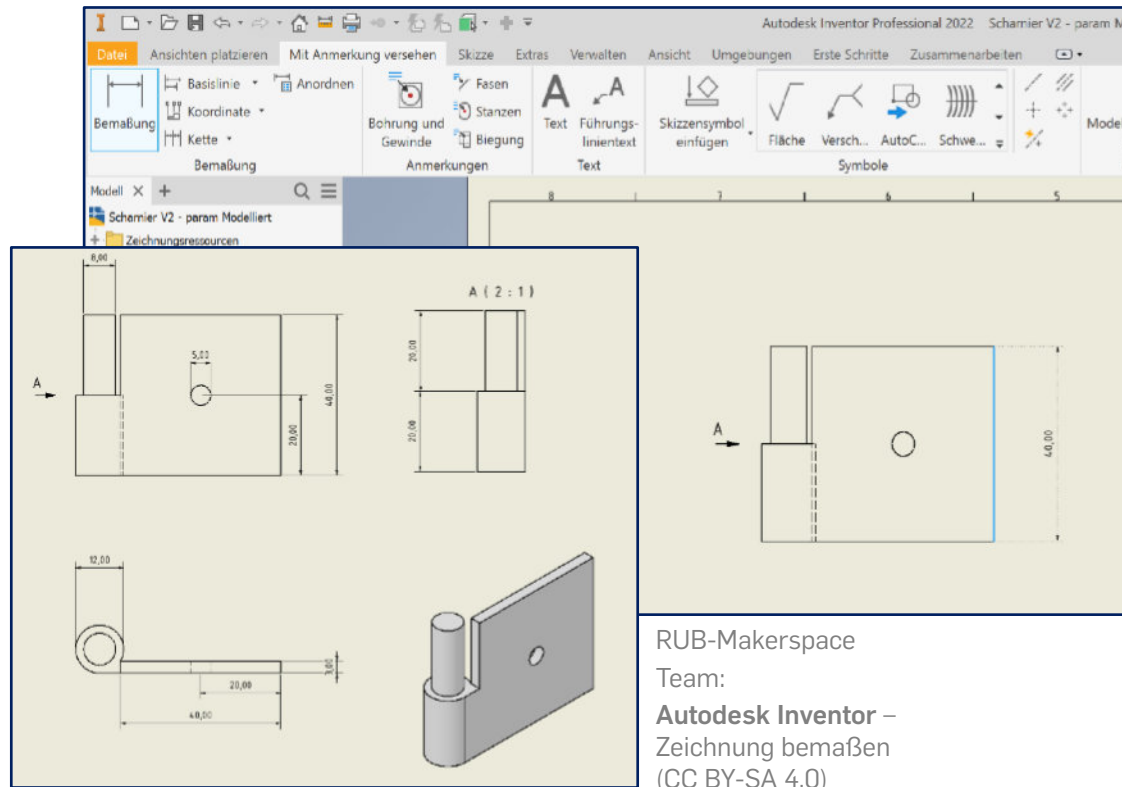


12. Bestimmte Ansicht anpassen

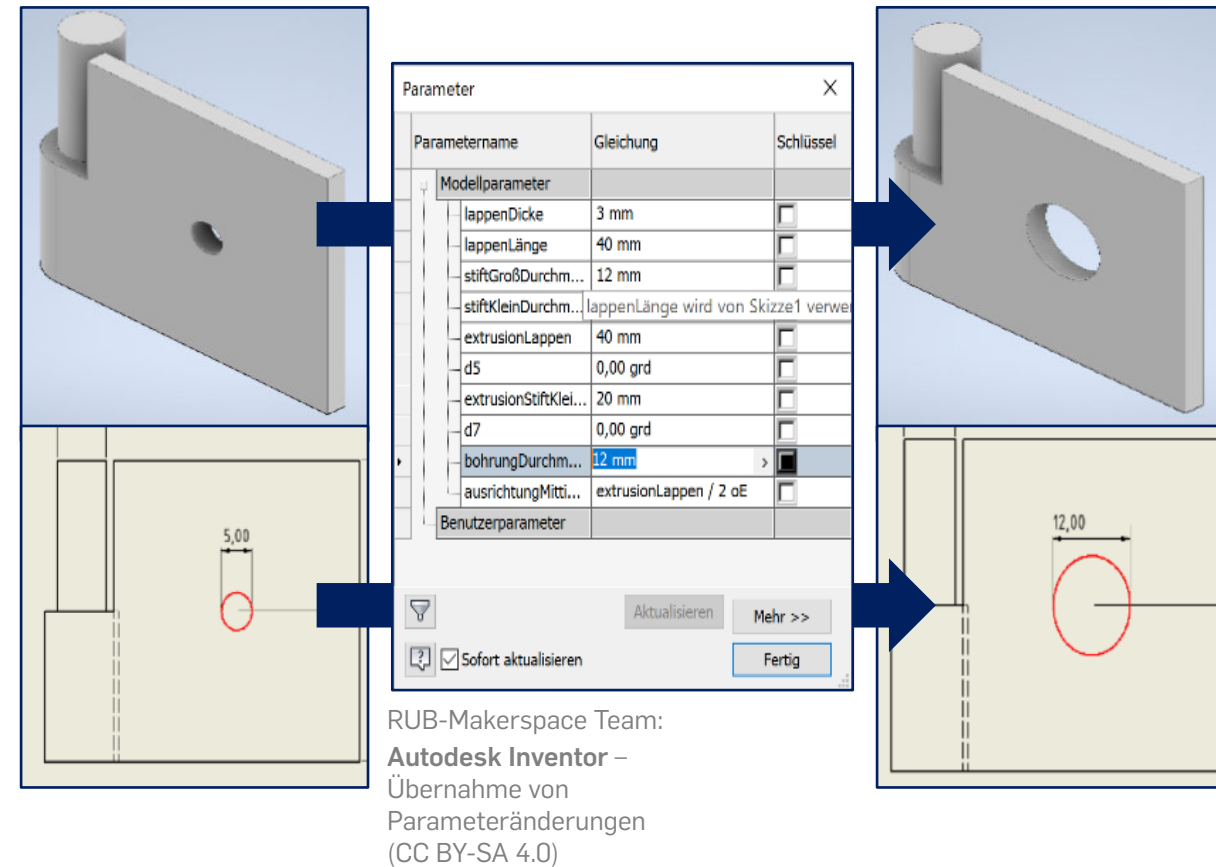


Zeichnungsableitung – Workflow (7)

13. Zeichnung bemaßen



14. Exkurs: Übernahme v. Parameteränderung

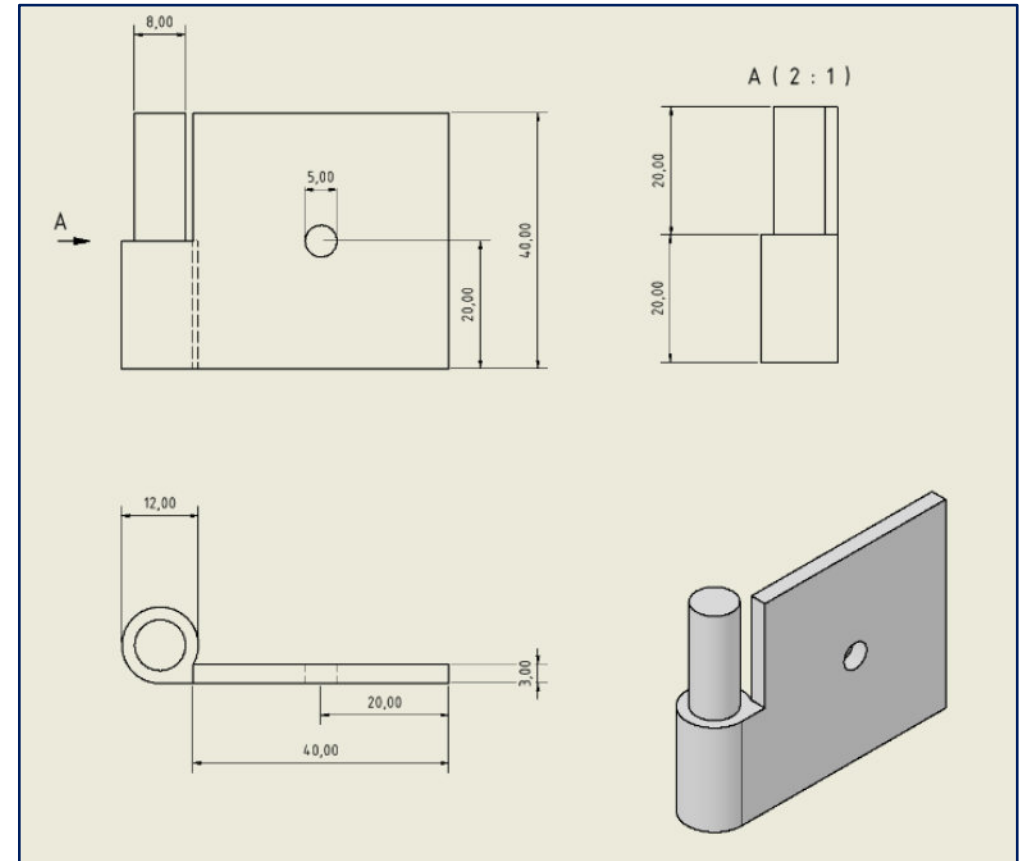


Zeichnungsableitung - Aufgabe

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>

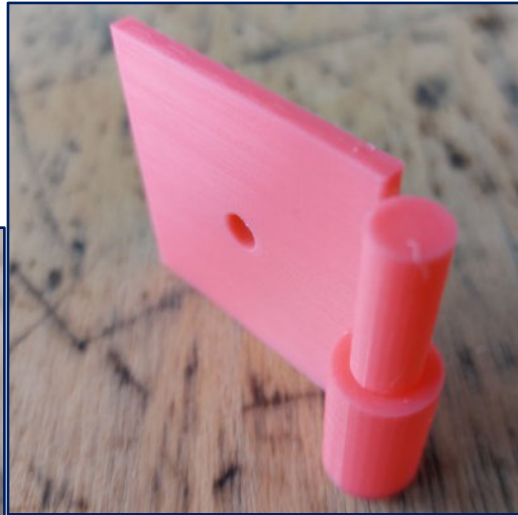
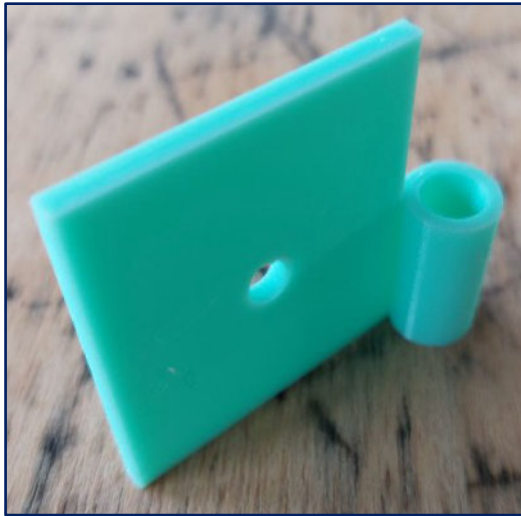
Perinorm:

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

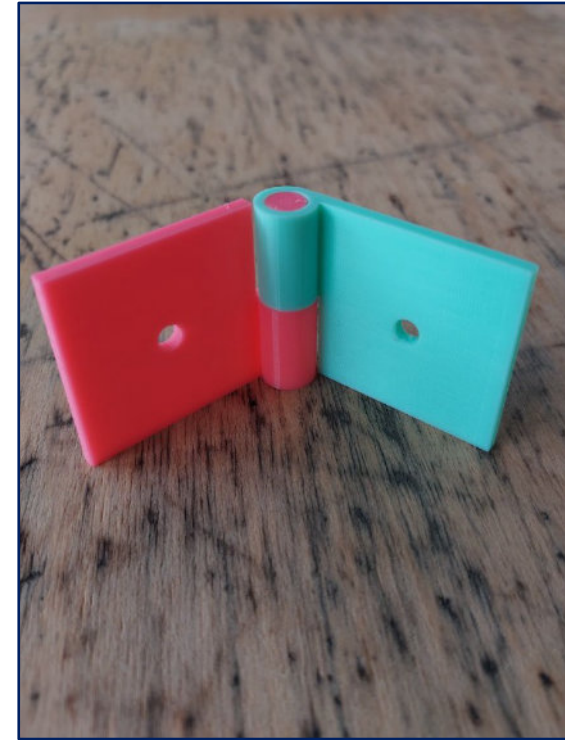
Zeichnungsableitungs-Tutorial:

- https://www.youtube.com/watch?v=_T82IXVvOUw (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)

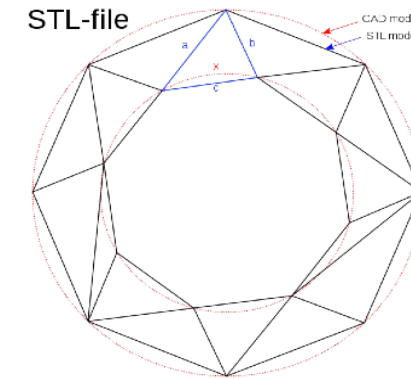


RUB-Makerspace Team:
3d- gedrucktes Scharniers
(CC BY-SA 4.0)

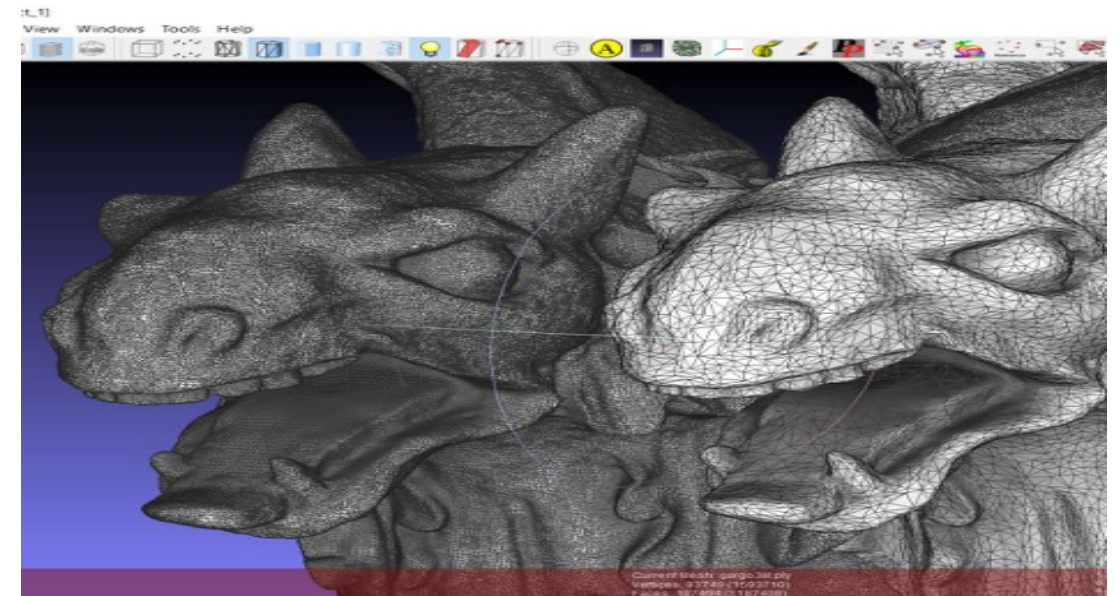
(Exkurs) - Sculpting

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



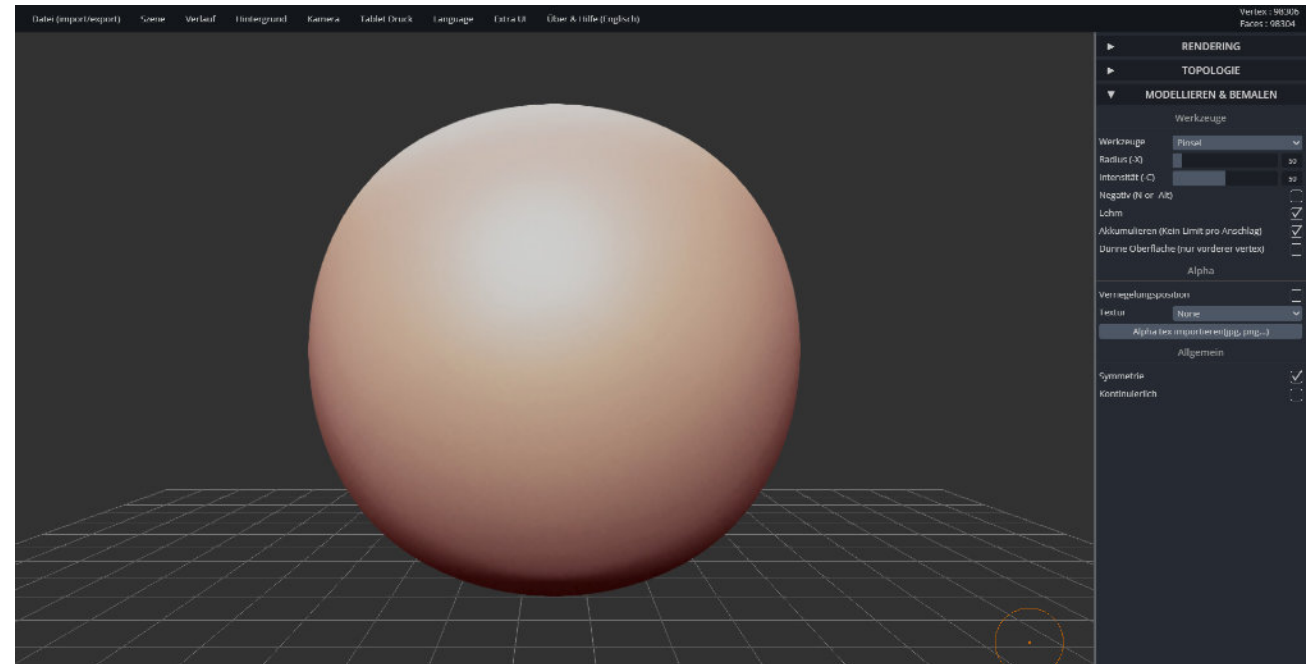
LaurensvanLieshout: Two concentric circles, representing a CAD model of a doughnut shape, and a series of triangles approximating the doughnut, representing how STL modeling work, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_differences_between_CAD_and_STL_Models.svg (CC BY-SA 3.0)



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

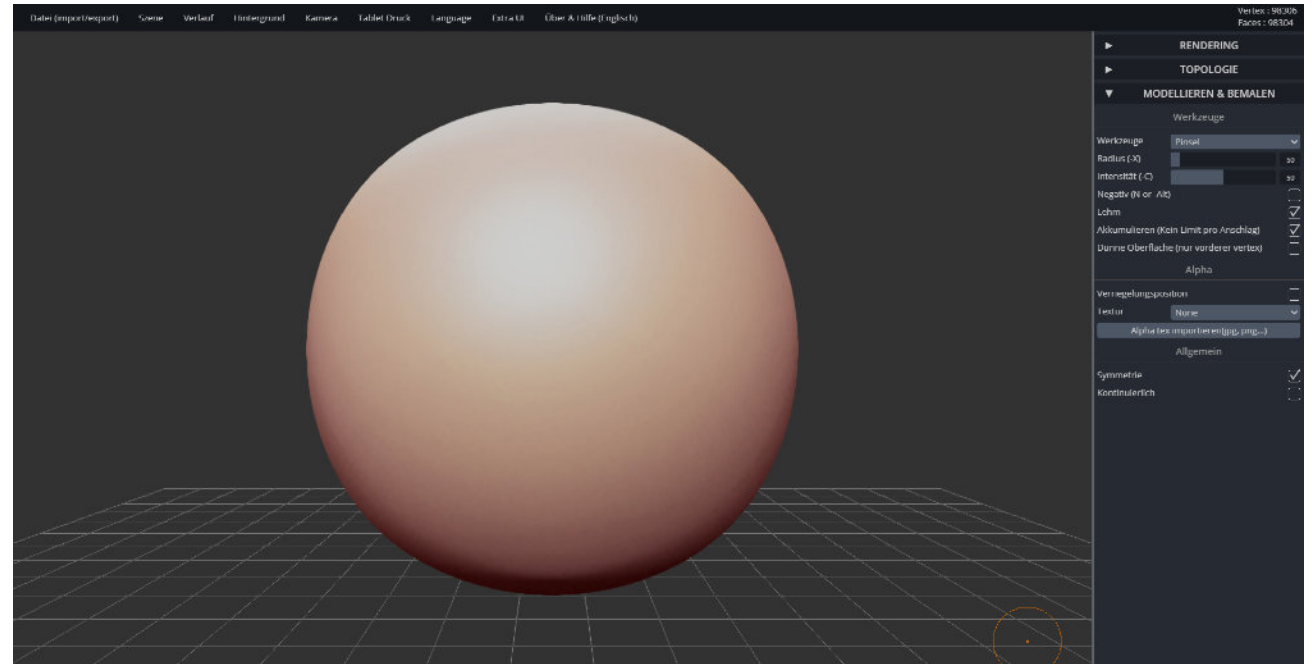


PRAXIS: Hands-On mit SculptGL

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

oder:

- Video „Sculpt-along“: <https://www.youtube.com/watch?v=IxLHB4y7qWI>
- Text/Tutorial „Let's sculpture with 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

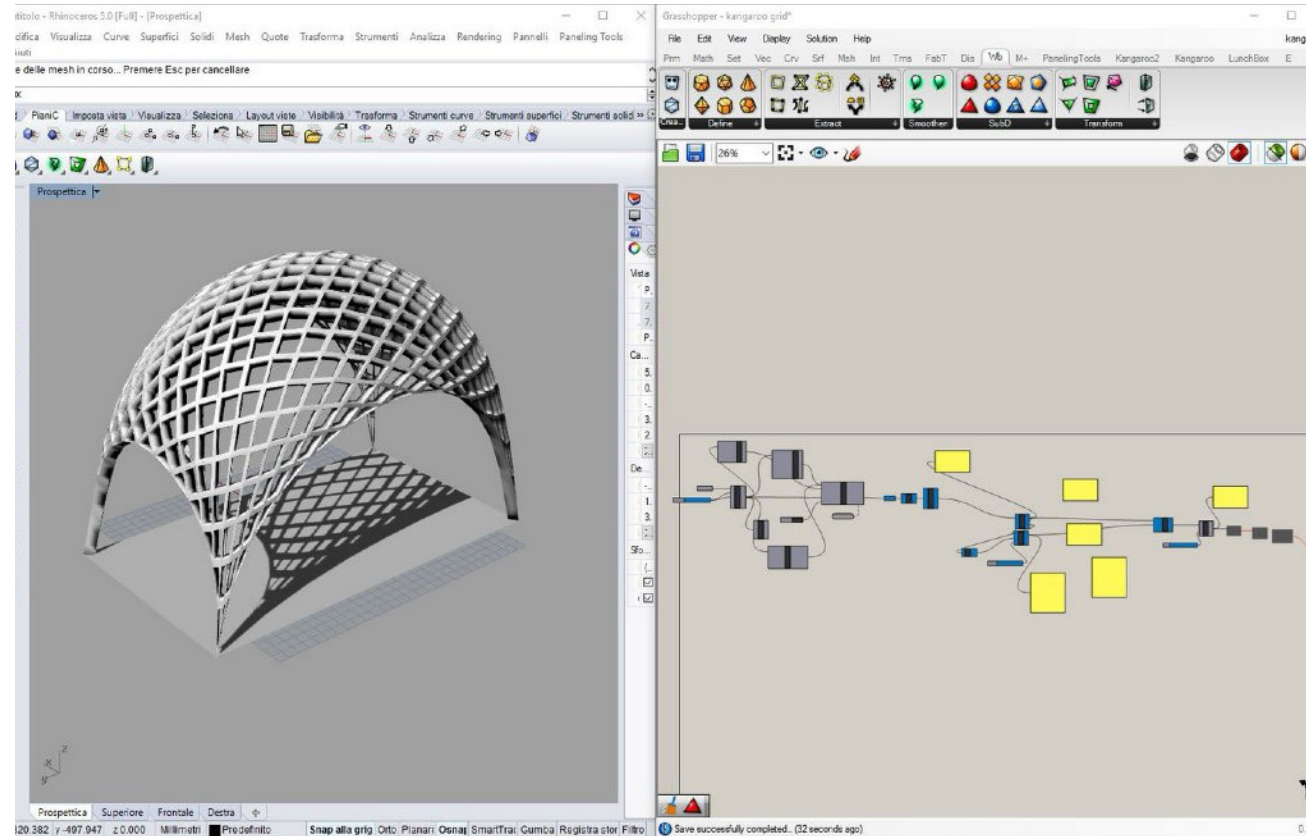


<https://improveyourdrawings.com/2019/05/20-free-blender-animation-tutorials-that-will-make-you-improve-fast/screen-shot-2019-06-08-at-7-30-57-pm/>

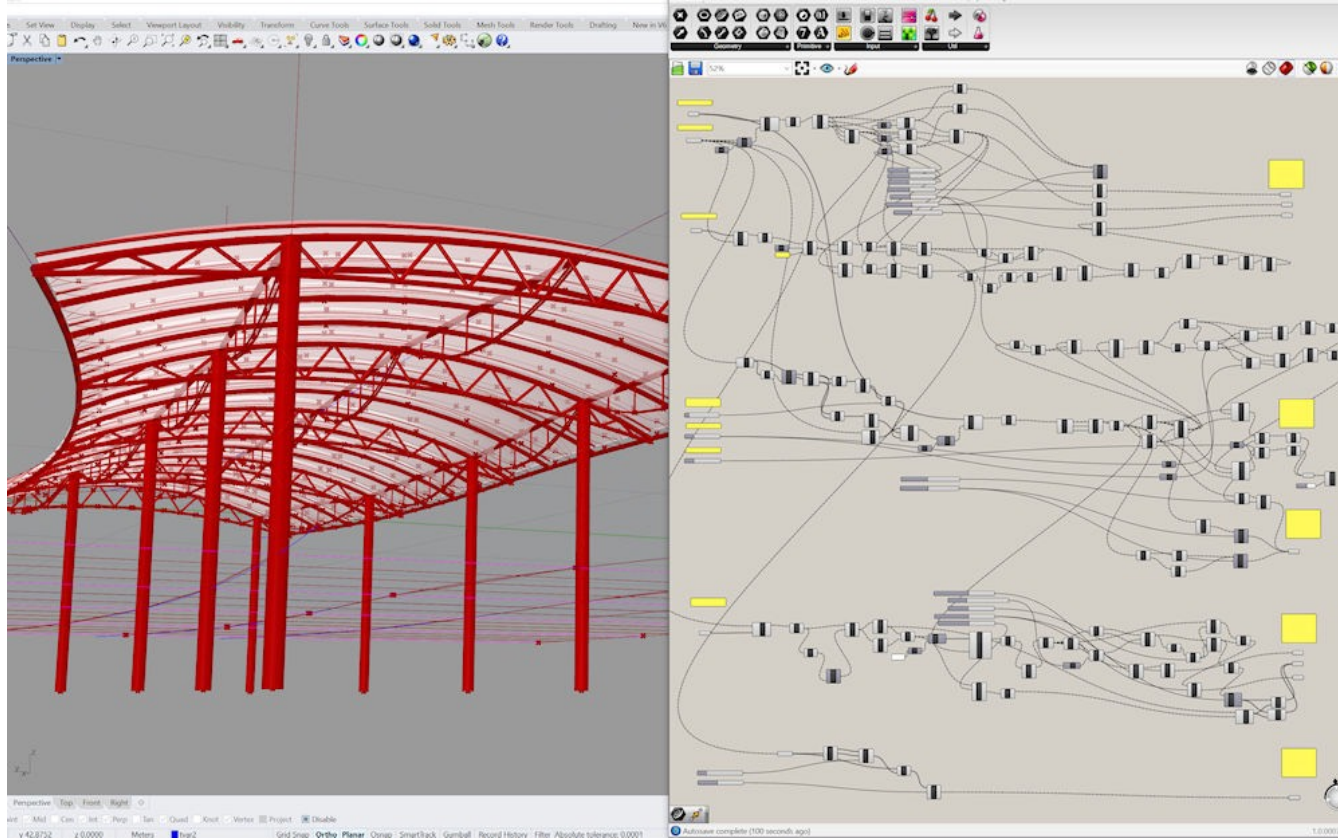
Ausblick: Rhino + Grasshopper

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



<https://makerspace.rub.de/>



[RUB Makerspace](#)



[@rubmakerspace](#)



[@rubmakerspace](#)