

# Workshop: 3D Printing

Grundlagen

3D-Modelling

Slicing

Dr. Jens-Martin Loebel



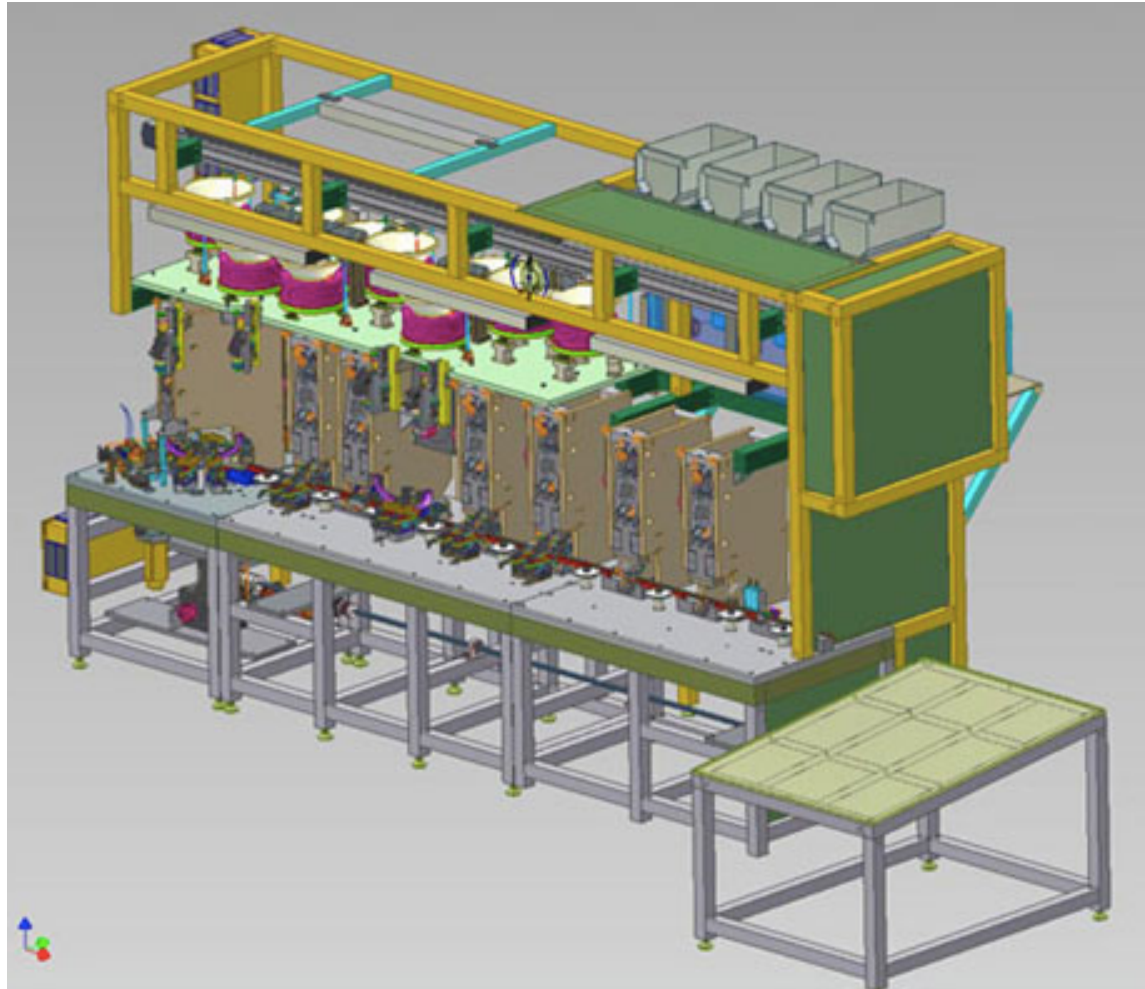
# Fahrplan

- Computer Aided Design (CAD)
- RepRap-Projekt
- 3D Druck: Materialien und Verfahren
- STL
- Designkriterien





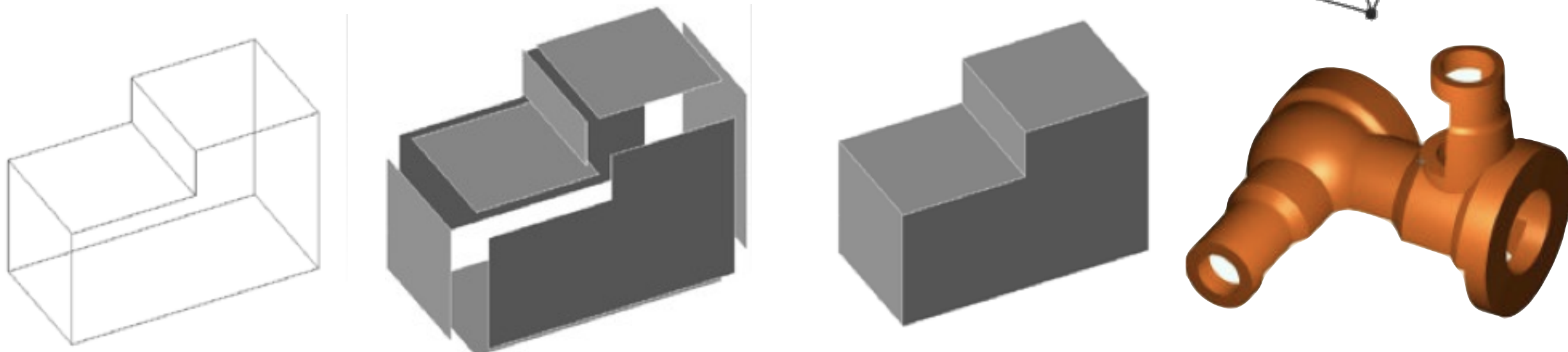
# Computer Aided Design



# 3D-Modelle

## Dreiecksnetz

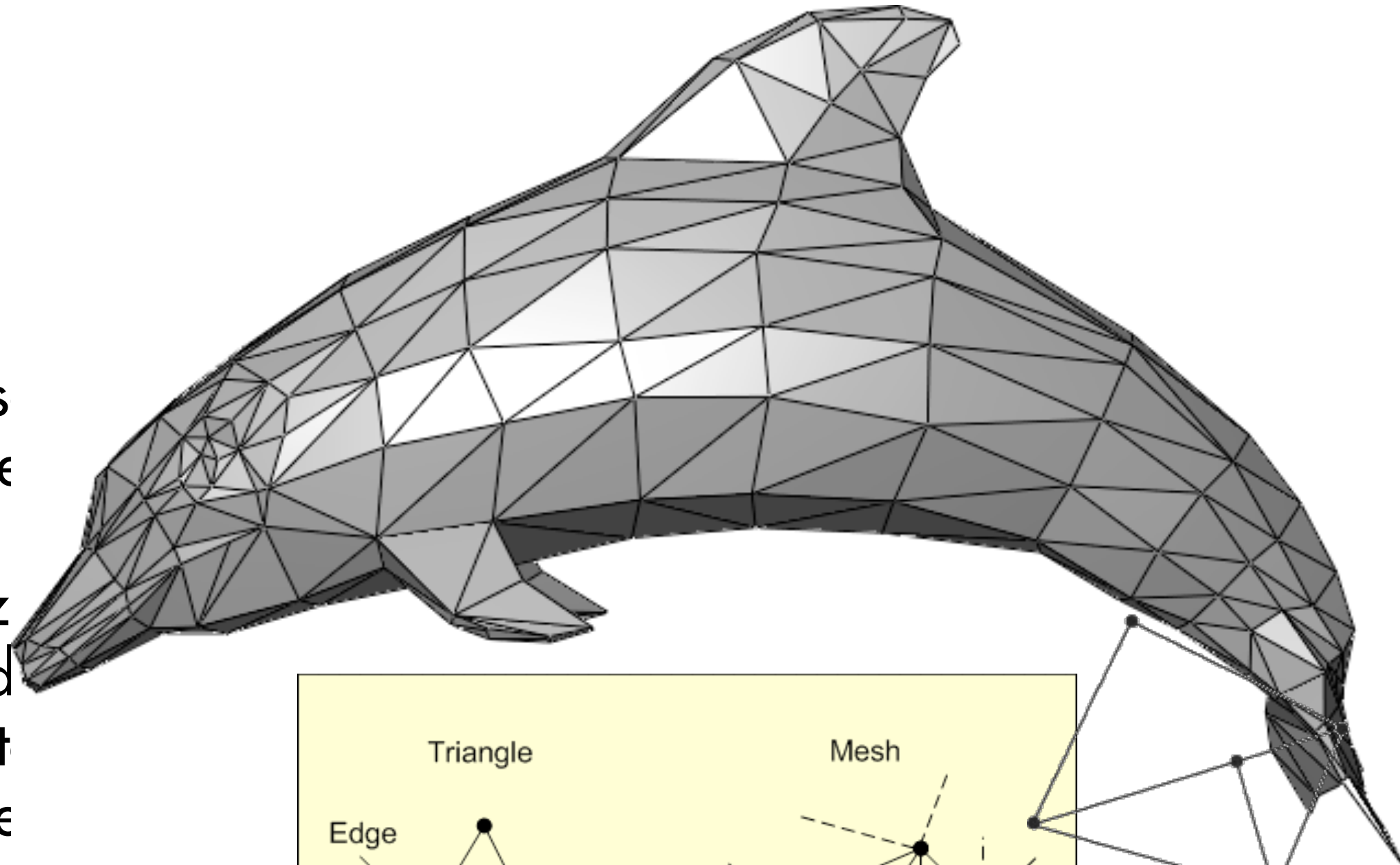
- Alle Dreiecke zusammen werden als die Oberfläche eines polyederförmigen soliden Objektes interpretiert
- Dazu folgende zusätzliche Anforderungen an die Dreiecke:
  - Orientierung der Dreiecke: Rechte-Hand-Regel
  - "Vertex-to-vertex rule"
  - Mannigfaltigkeitskriterien



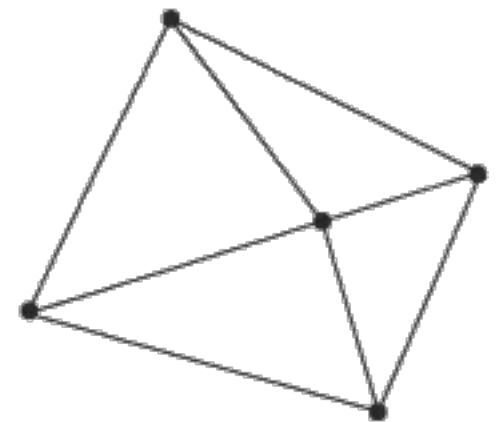
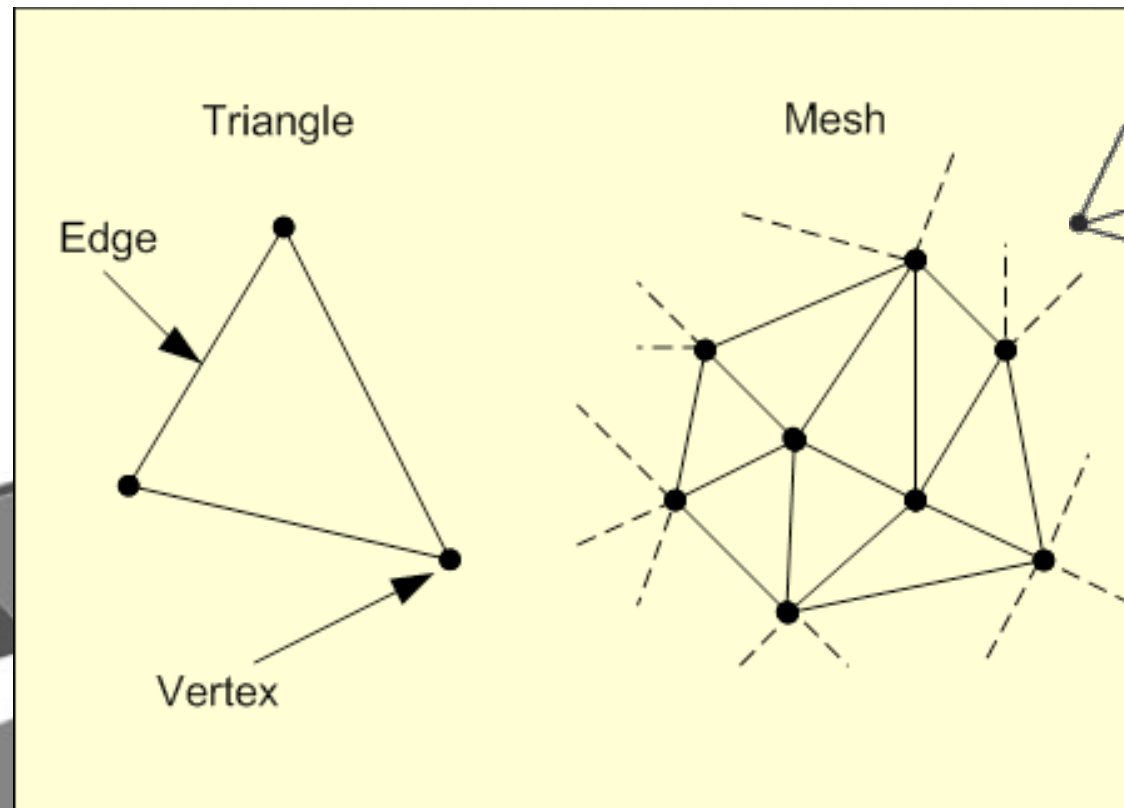
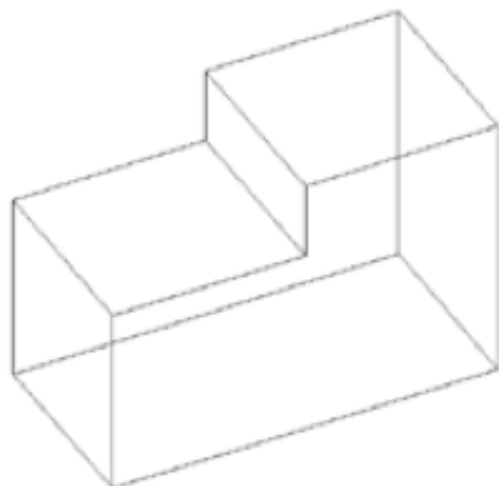


- Alle Dreiecke zum Objekt interpretieren

- Dazu folgende Schritte:
  - Orientierung der Dreiecke
  - "Vertex-to-vertex" Verbindungen
  - Mannigfaltigkeitsprüfung

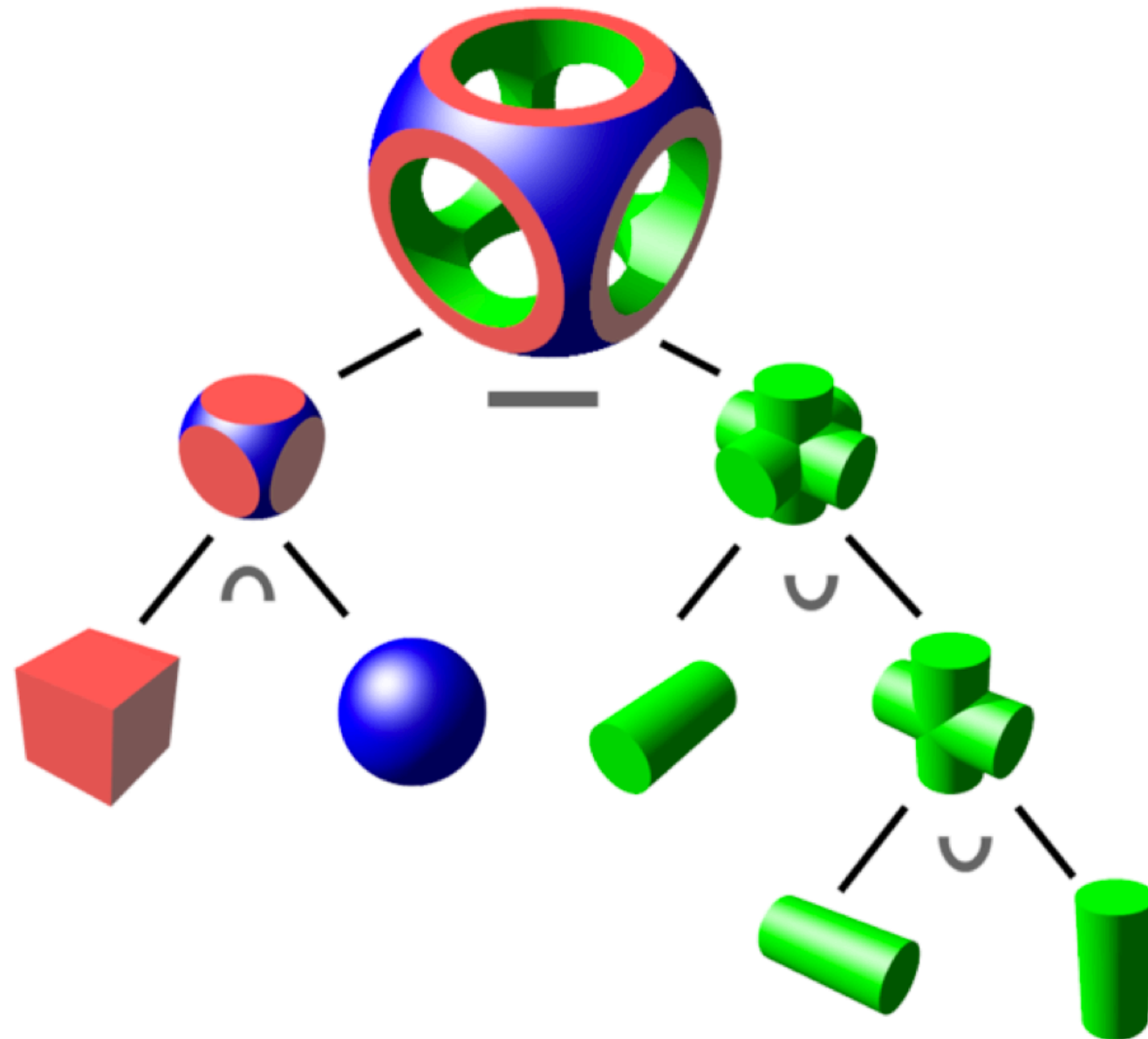


in soliden



# Constructive Solid Geometry

Objekte werden aus Grundobjekten und Mengenoperationen aufgebaut



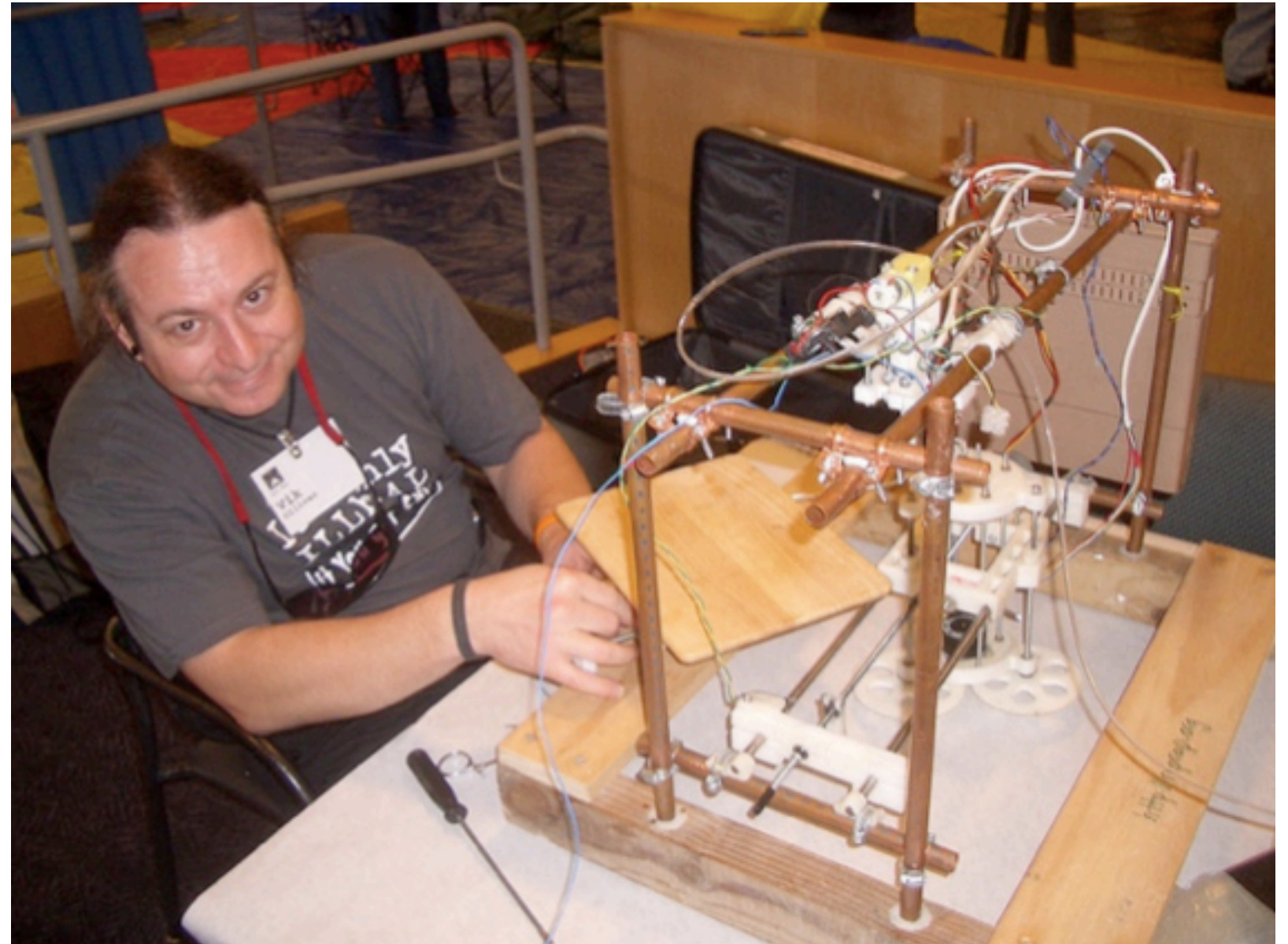


# RepRap-Projekt



**Dr. Adrian Bowyer**

Institut für Maschinenbau University of Bath

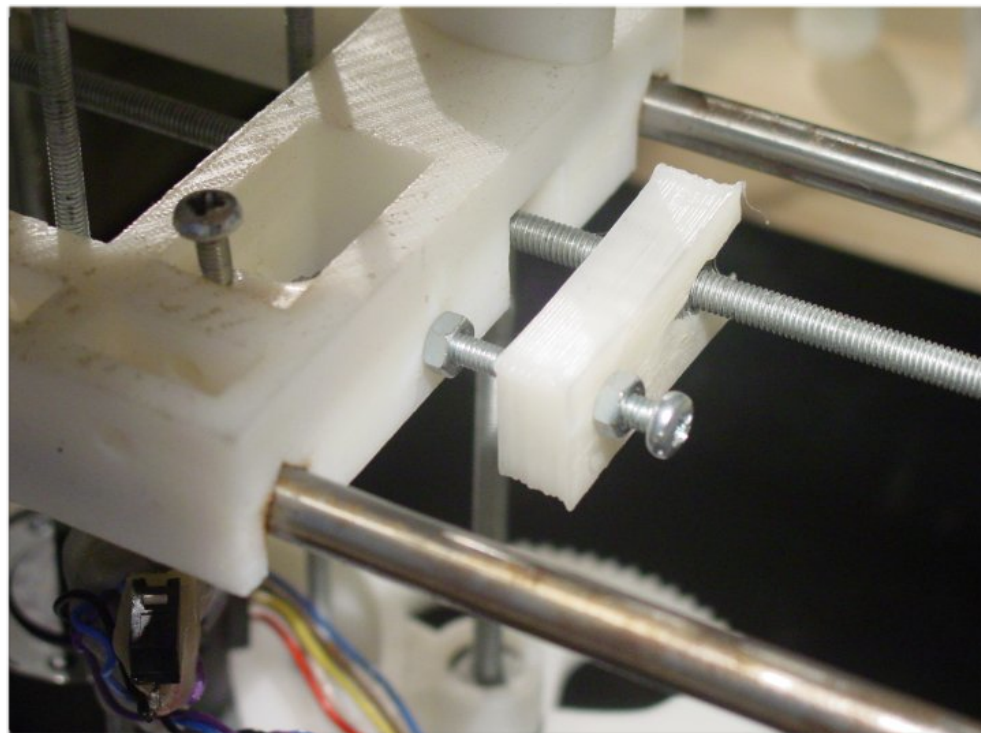
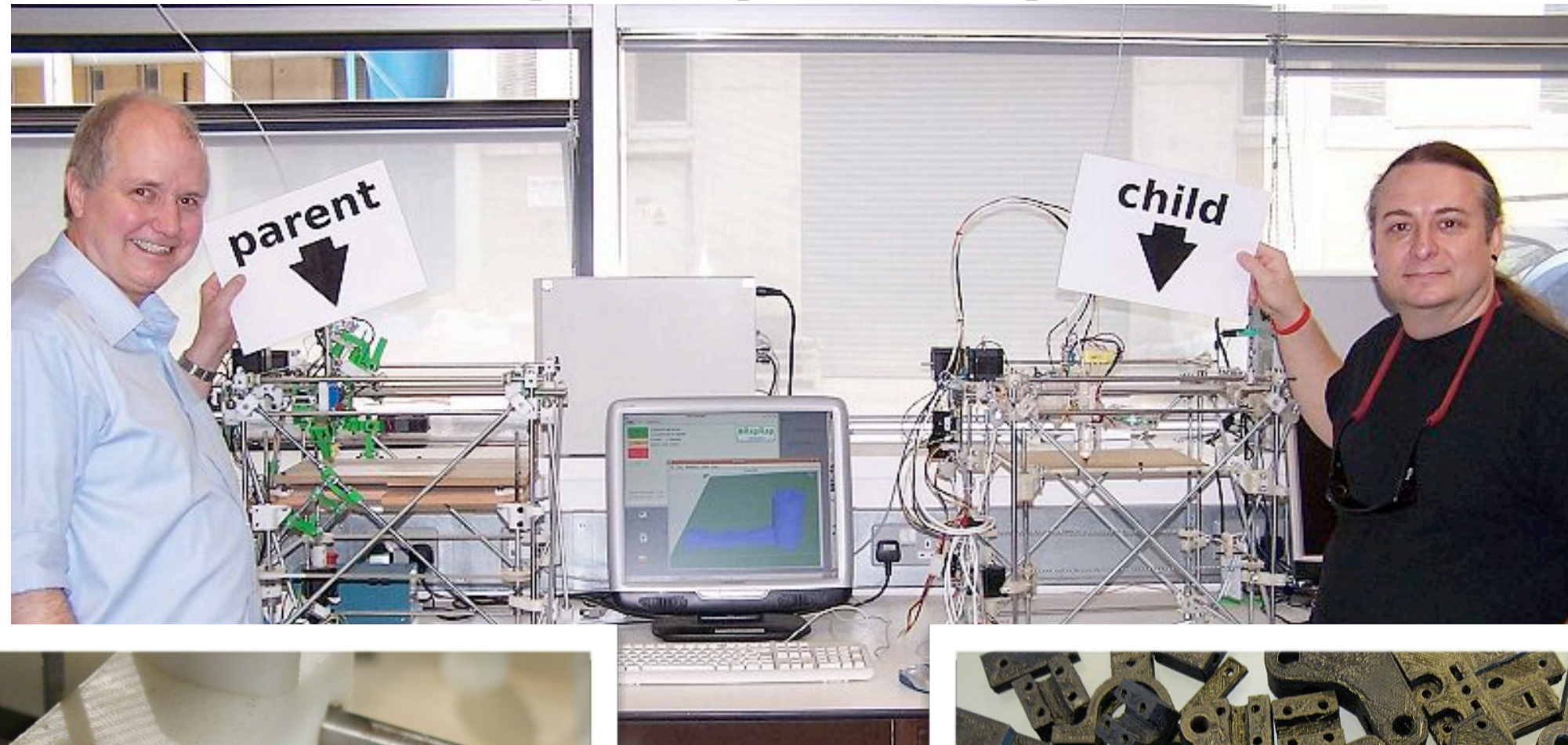


**Vik Olliver**

Diamond Age Solutions Ltd.

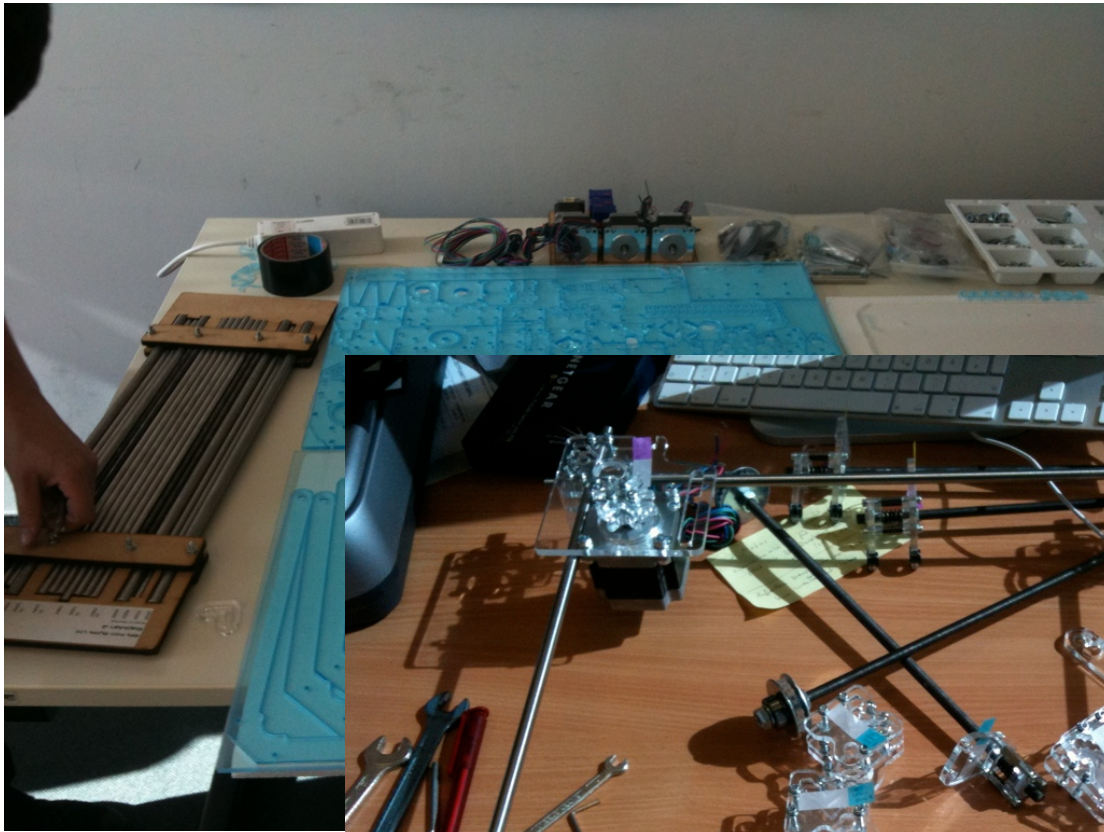


# RepRap-Projekt

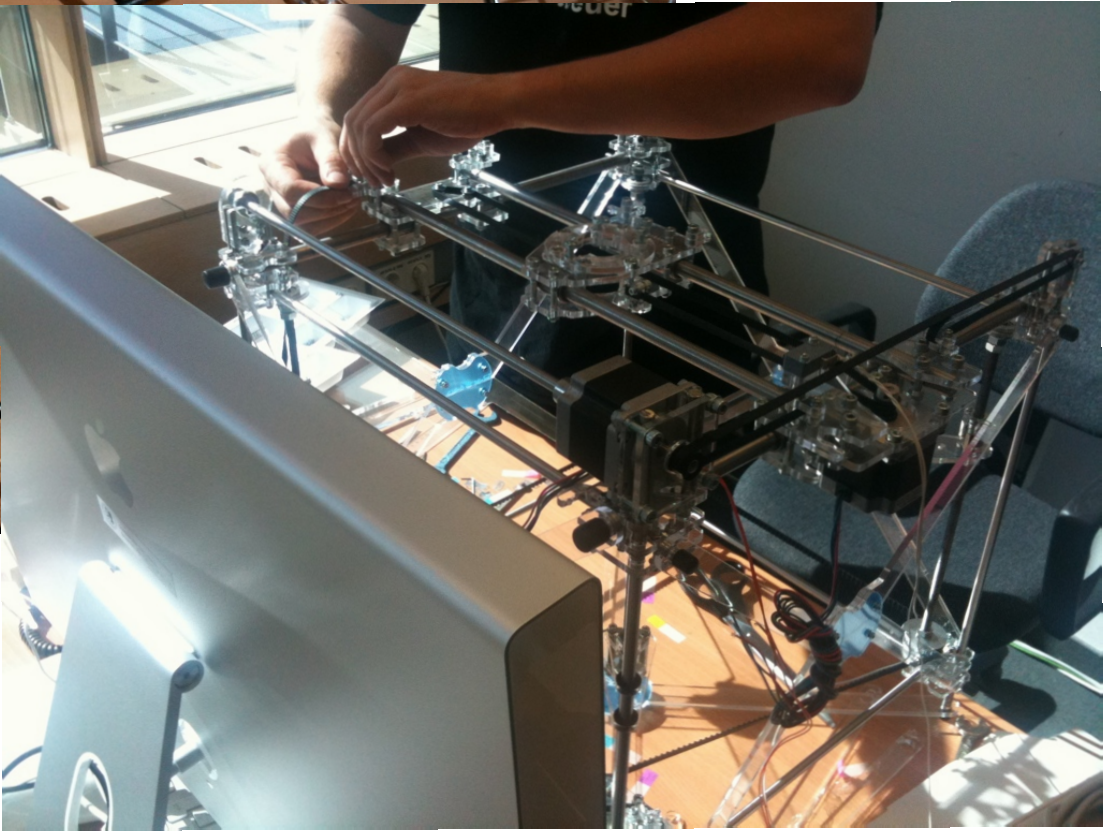
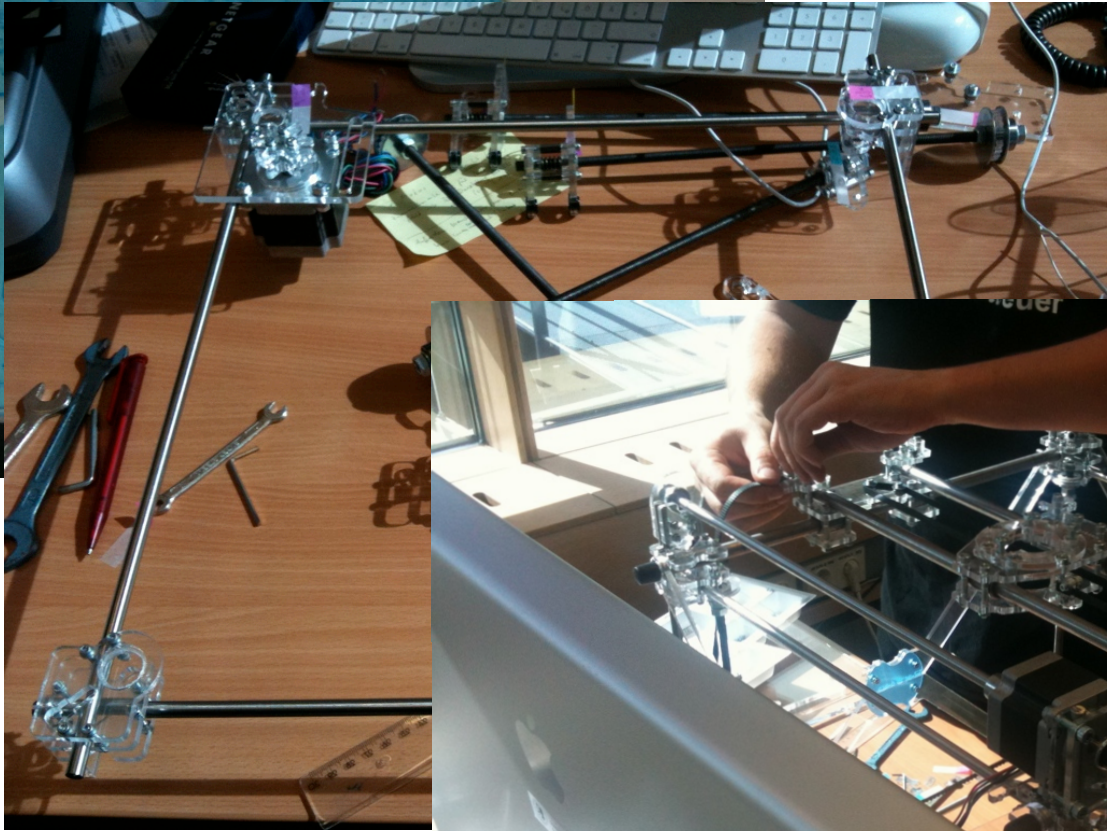
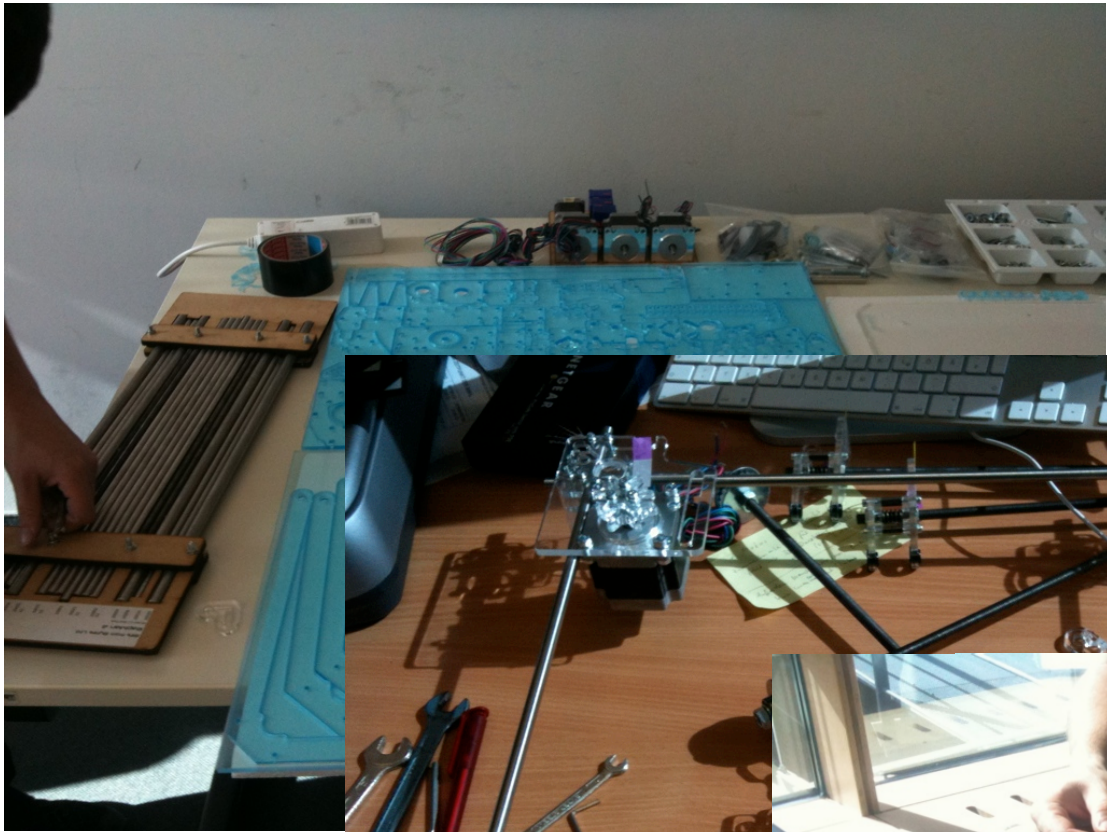




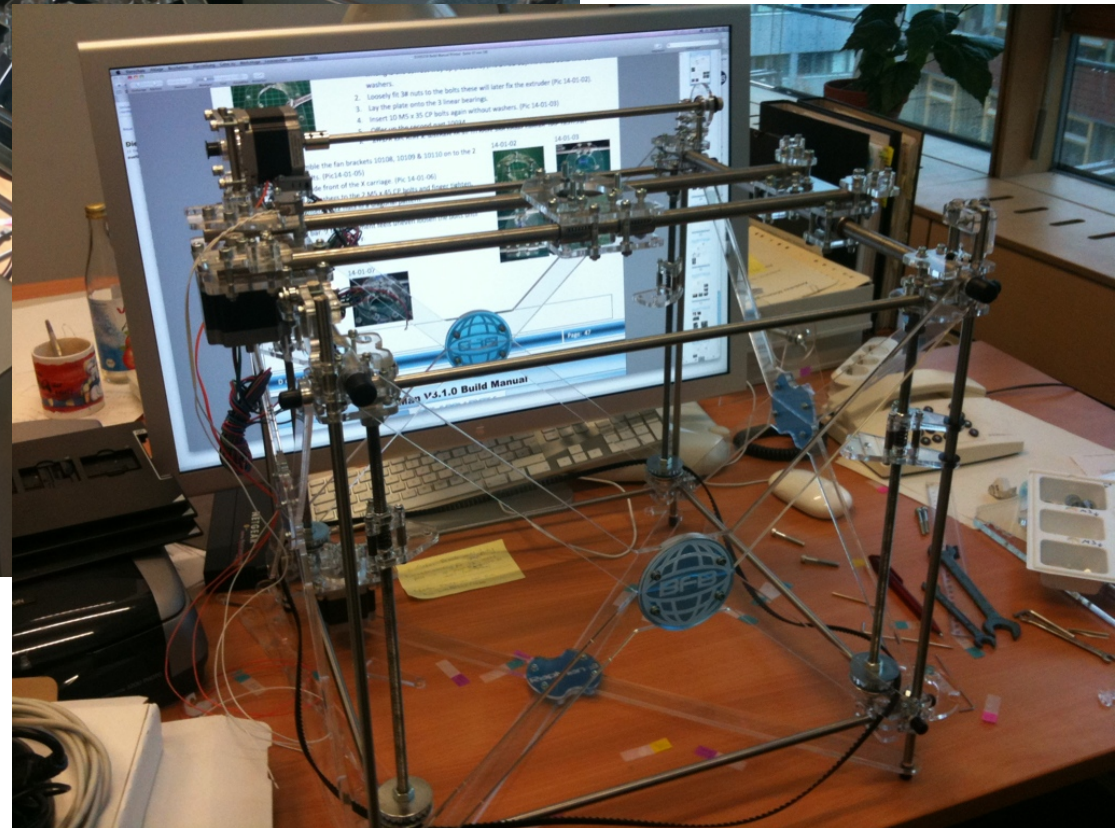
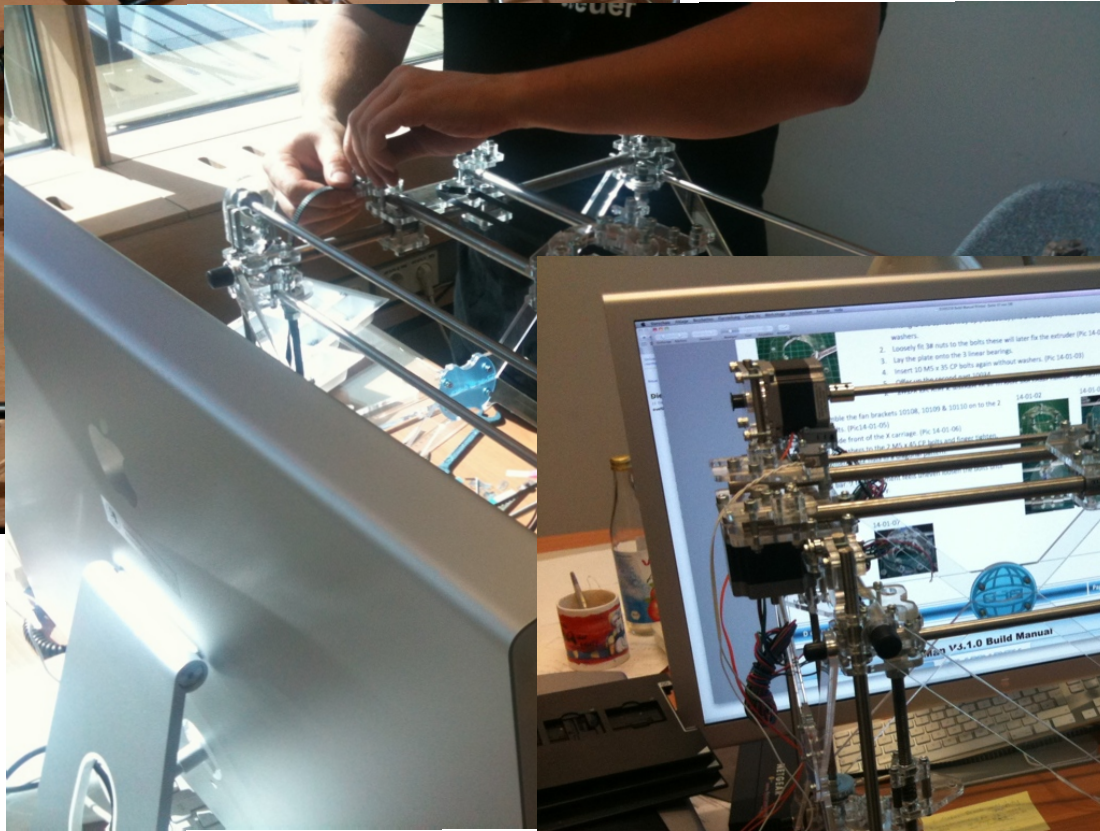
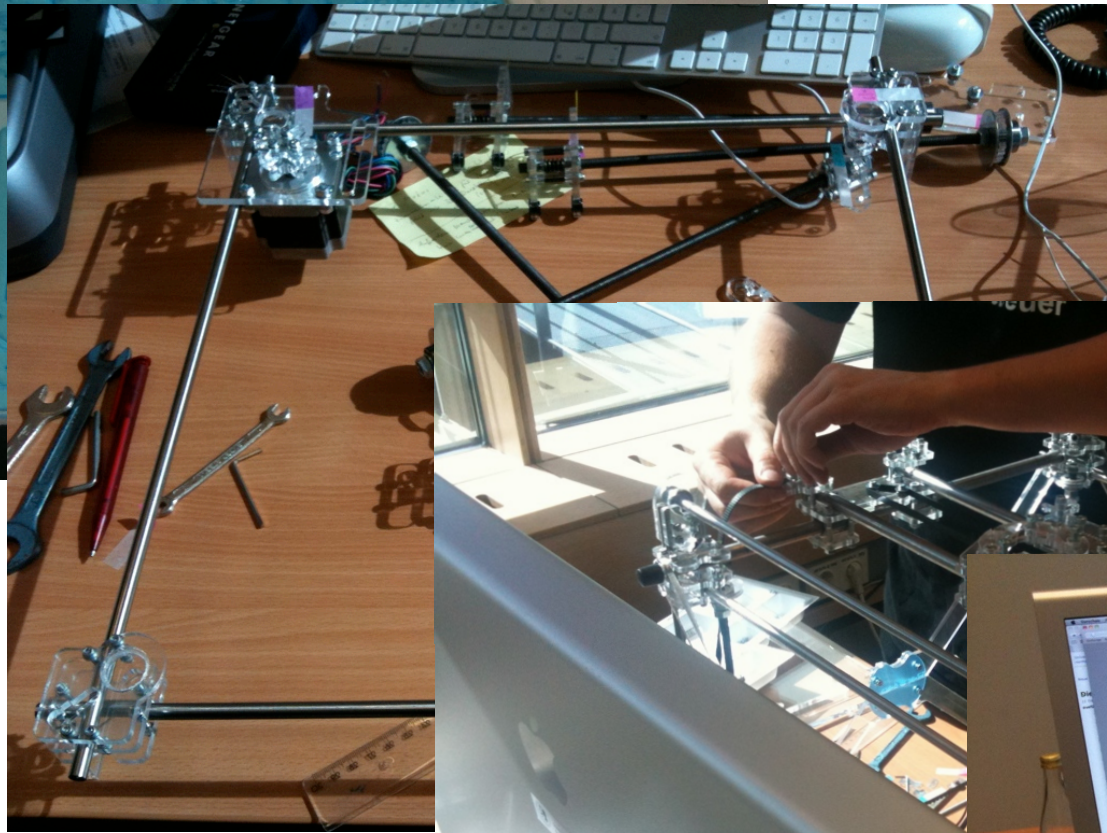
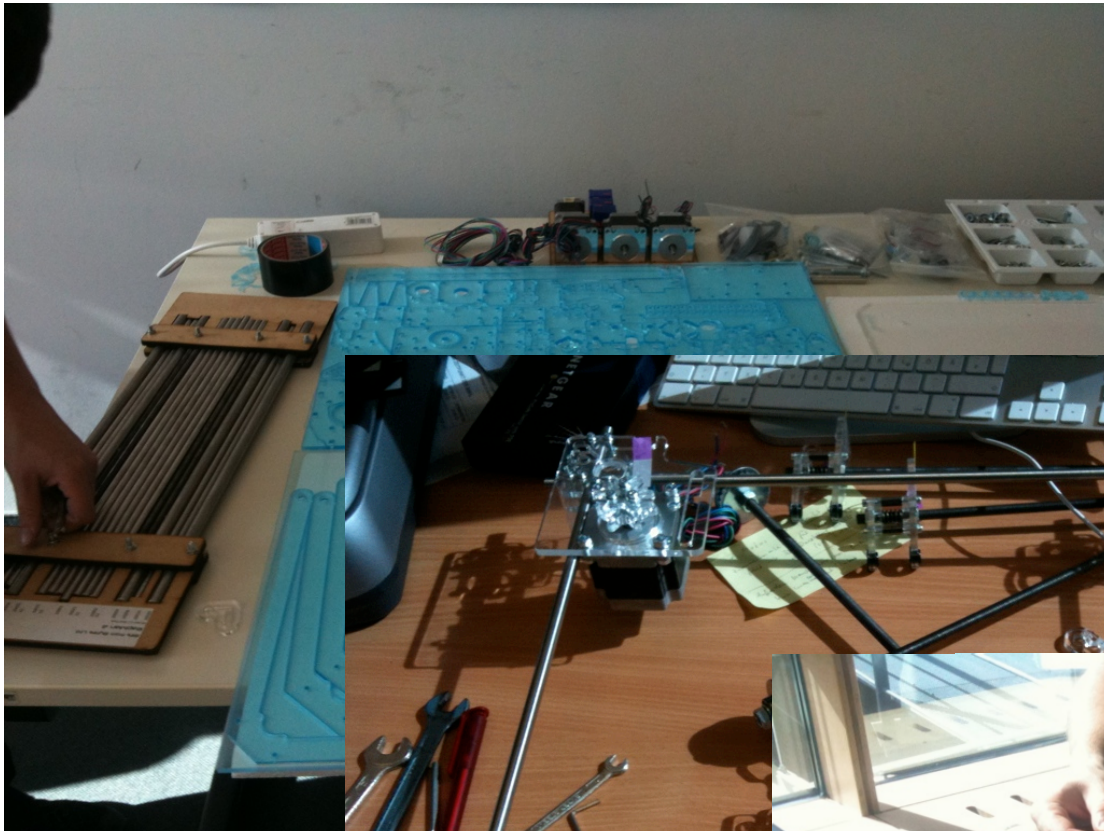




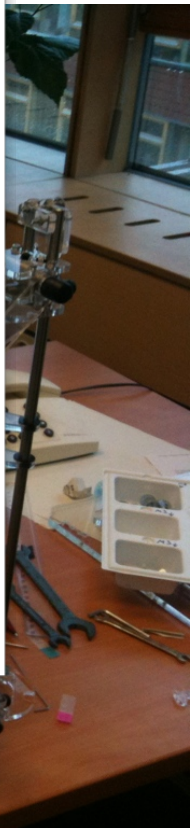
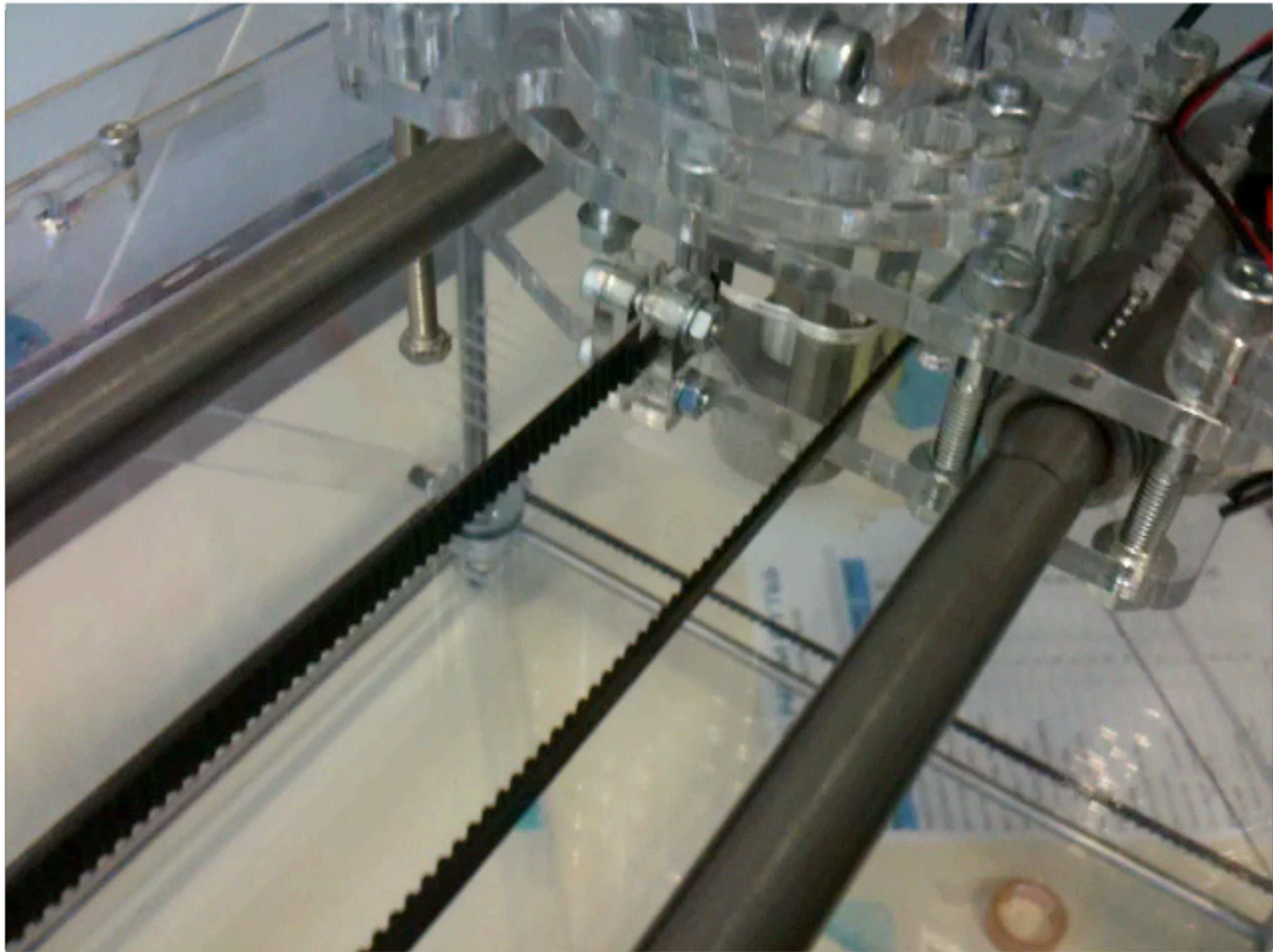












# Materialien und Verfahren

- Fräsen
- Extruder
- Laser-Cutter
- Sintern



Plastik

Metall

Gips



# Grundkonzept

- CAD-Daten werden für das „Rapid Prototyping“-Gerät aufbereitet
- Urformverfahren: Formlose Rohstoffe erzeugen fertige Form.
- Gerät erzeugt Werkstück *additiv* (i.d.R. günstiger) oder *subtraktiv* (Kunststoff, Aluminium)
- Additive Geräte: 3D-Drucker



# Subtraktive Verarbeitungsmethoden

Mechanisch, traditionell:

- Bohren
- Schneiden

Größere Werkstoffmenge benötigt

# Additive Verarbeitungsmethoden

- Gießen (schmelzen/aushärten)
- Sintern, via Laser (Druck/Erhitzung bis nahe Schmelzpunkt)
- Stereolithographie (aushärten durch Laser)

und viele zu den dreien mehr oder weniger ähnliche Verfahren

# Verarbeitung durch Gießen

- Kunststoffe, Keramik, Beton
- Stützstrukturen evtl. Notwendig
- Werkstoff härtet aus, einfache Methode



# Verarbeitung durch Sintern

- via Laser: Pulver wird zur Form verfestigt, über welche eine neue Pulverebene aufgebracht wird.
- Metalle, Keramik
- keine Stützstruktur notwendig
- Materialien toxisch

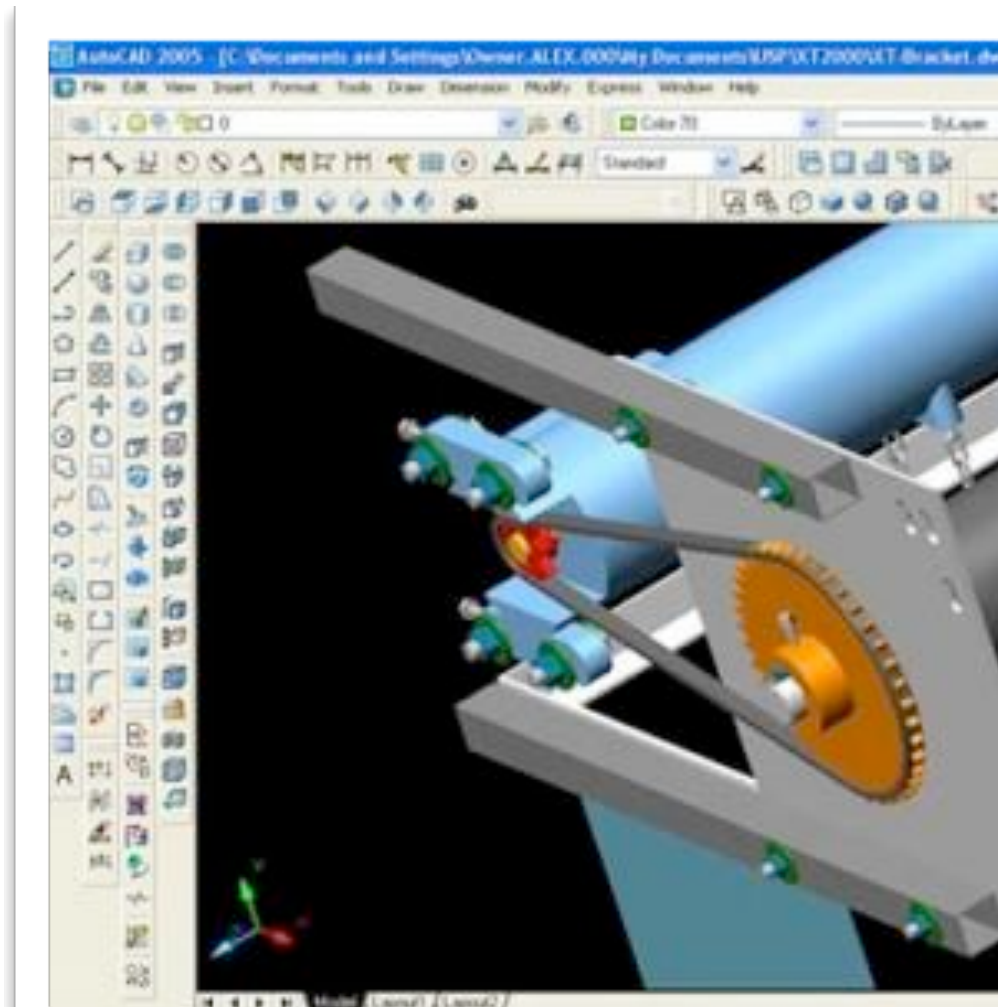
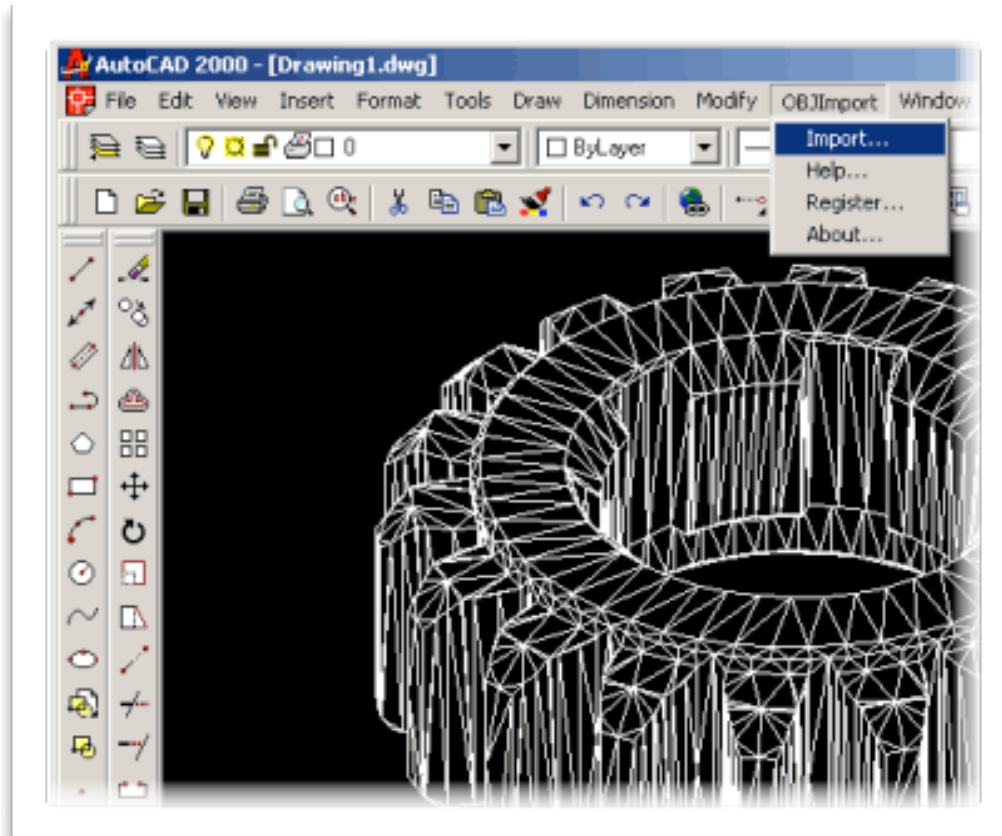
# Verarbeitung durch Lithographie

- Kunststoffbad, verfestigt sich durch Lasereinwirkung; Verfestigter Bereich wird abgesenkt
- Notwendigkeit von Stützstrukturen hängt von Werkstückgröße ab
- z.B. Gußformen



# 3D-Software

## AutoCAD



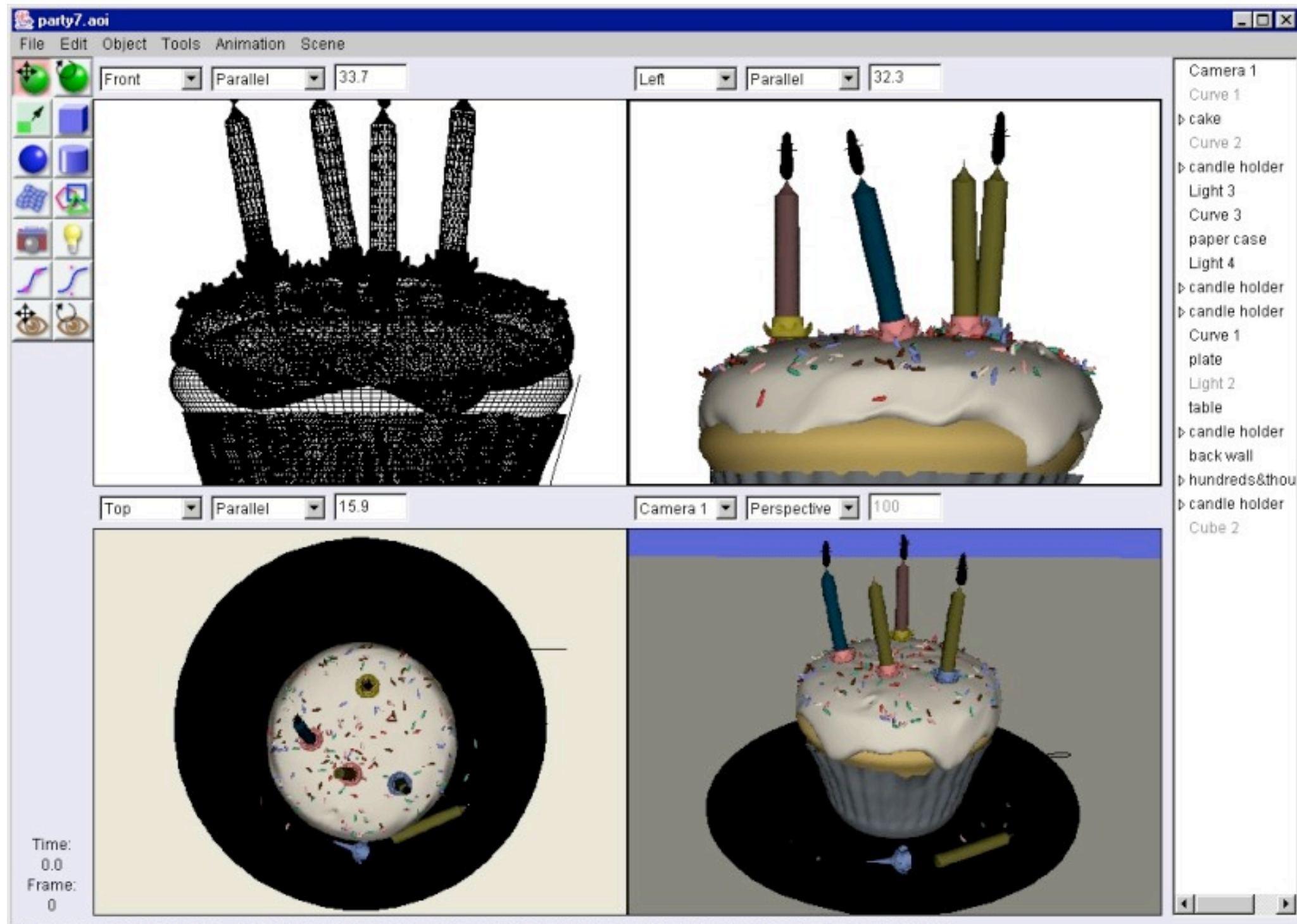
# 3D-Software Blender





# 3D-Software

## Art of Illusion



# Begriff „Rapid Prototyping“

- Schnelle Herstellung von Bauteilen (seit 1980)
- Möglichst ohne Zwischenschritte aus CAD-Daten generieren
- WYSIWYG („What you see is what you get“)
- Ursprünglich nicht für Werkzeugherstellung oder Fertigteilherstellung; insgesamt: „Generatives Fertigungsverfahren“
- Teil des „Rapid Product Development“



# 3D-Drucker - Prinzip

- Additive Rapid-Prototyping-Geräte
- Schichtweiser Aufbau
- evtl. mehrere „Patronen“
- Begriff „Drucker“ weit ausgelegt
  - Simple Version: Plastikstrom wird ausgelassen
  - Inkjet Printing (Z Corporation)  
Pulver-Layer und Binder; schnell und günstig;  
Vollfarbdruck möglich
  - Kunststoffbad-Lithographie
  - Sintern mittels Laser

# 3D-Drucker – Leistung

- Typische Schichtdicke 0,1mm
- Positionierung auf der Fläche ähnlich Laserdruckern
- Dicke der Druckpartikel 0,05 bis 0,1 mm
- Moderater Stromverbrauch ähnlich Laserdruckern
- Preis 400 Euro (RepRap), 1500 Euro (Fab@Home), ansonsten 10.000 bis 30.000 Euro



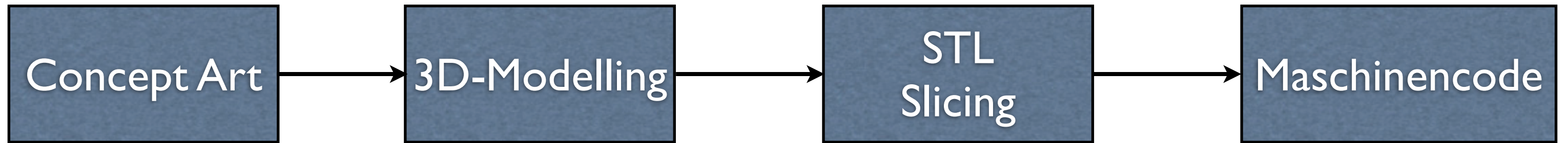
# „RepRap“ 3D-Drucksystem

- Design und Software ist frei und Open Source
- Preis extrem niedrig (ca. 400 Euro)
- Produktionskosten extrem gering (ca. 2 cent pro cm<sup>3</sup>)

*Selbstreplizierend*; Ausnahmen: Sensoren, Motoren, Elektronik

- Plastikguß
- Leitende Druckmaterialien gesucht

# Vom Design zum Druck



Solid Layers

Loops

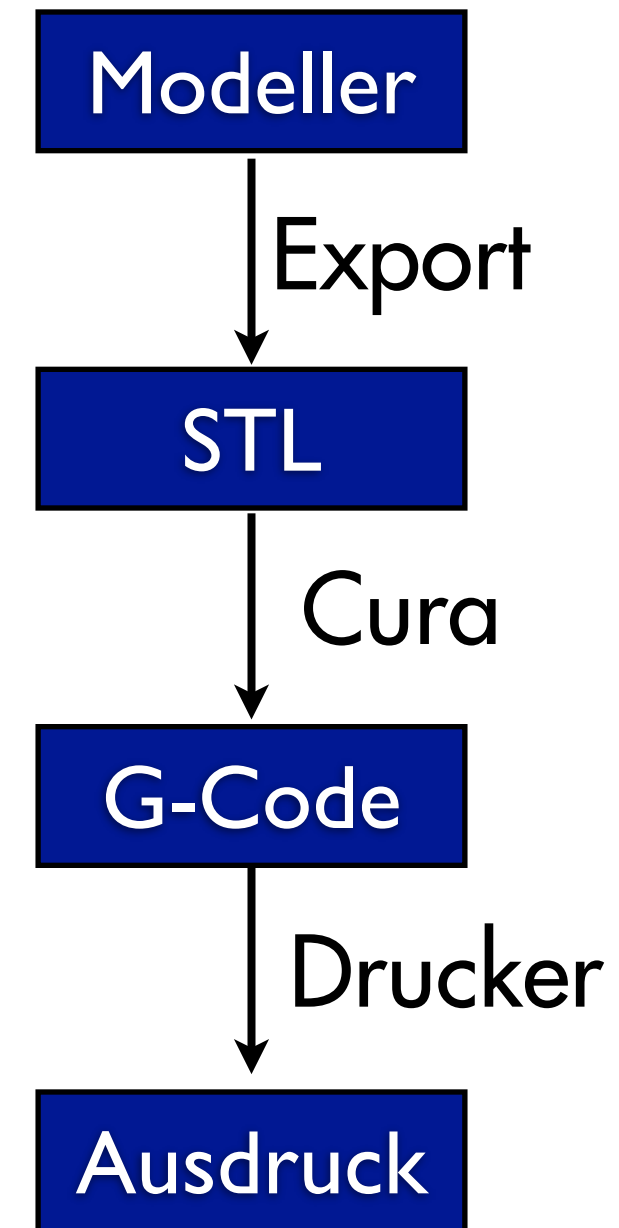
Infill

Support



# G-Code

- weit verbreitete CNC-Programmiersprache
- seit den 50-60ern
- trotz Standardisierungsversuchen (siehe ISO 6983) viele inkompatible Erweiterungen und Varianten, herstellerspezifisch

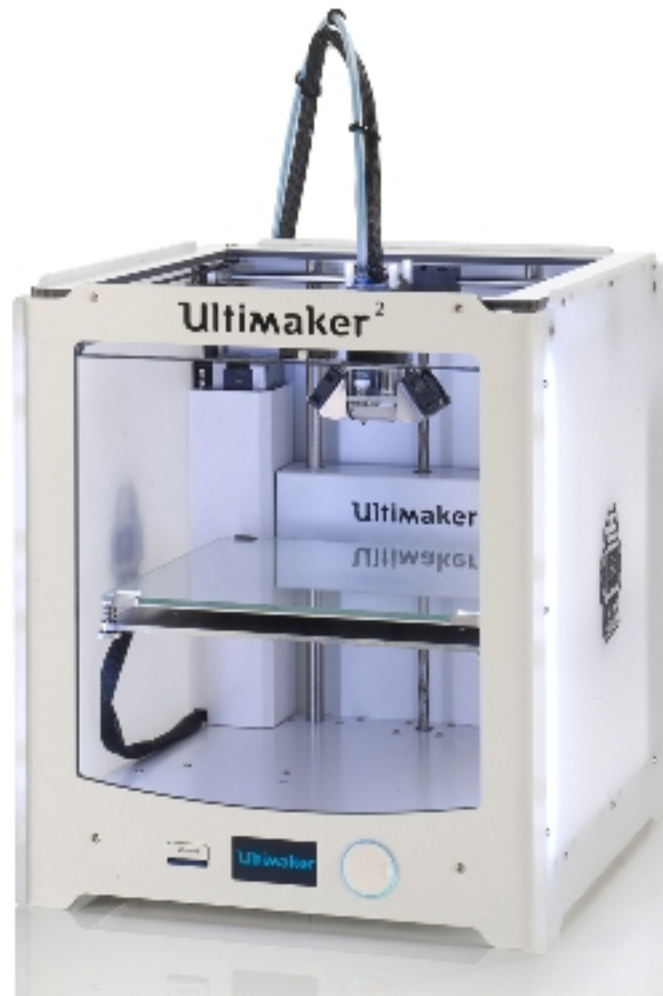


# STL: Vor- und Nachteile

- einfache Implementierung
- starke Verbreitung, gute Softwareunterstützung
- Nachteile
  - ineffiziente Kodierung (Speicherplatzbedarf hoch)
  - nicht sicher, ob Dreiecksmodell überhaupt ein physikalisch mögliches Objekt beschreiben
  - nicht erweiterbar (z. B. um Materialeigenschaften)
  - Rundungen nur approximativ speicherbar, feine Auflösungen nur datenaufwändig darstellbar



# Auf geht's



- Printer measurements: LxBxH: 358mm x 338mm x 389mm
- Maximum print size: LxBxH: 225 x 225 x 205 mm
- Print Bed: beheizte Glasplattform
- Print Material: PLA, ABS, LAYWOOD, LAYBRICK, Nylon, Flexible
- Layer Thickness: 0.02mm (20 Mikronen)!
- SD Karten Slot: Ja
- Extruder Typ: Neuer Single Extruder (Upgradable auf 2 Extruder)
- Software used: Cura Open Source

<http://www.fablab-bayreuth.de/index.php/project-12?showall=&start=2>