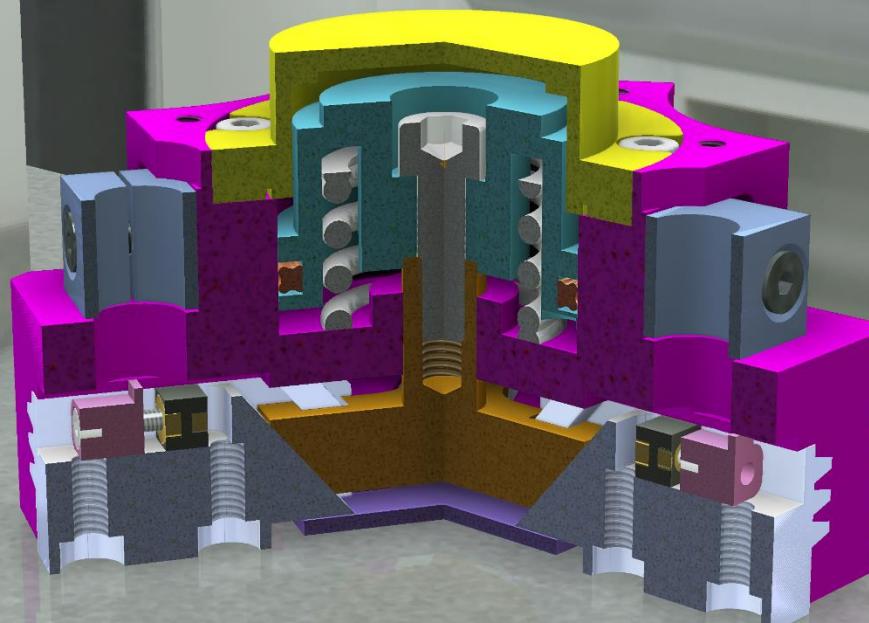


# Konstruieren mit CAD



1. Einführung

# Organisatorisches Konstruieren mit CAD (134131)

Campus Künzelsau  
Reinhold-Würth-Hochschule

Dozenten: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm  
Prof. Dr.-Ing. Robert Paspa

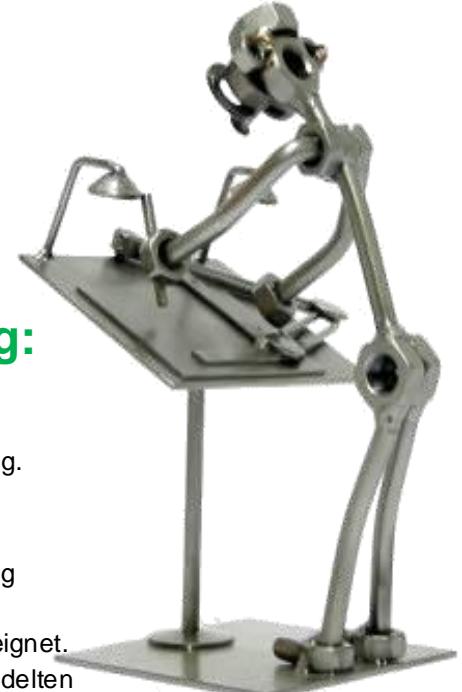
Email: [robert.paspa@hs-heilbronn.de](mailto:robert.paspa@hs-heilbronn.de)

Büro: Künzelsau – C121

Tel.: 07940 / 1306 – 137

Sprechstunde: nach Vereinbarung

Webex: <https://hhn.webex.com/meet/robert.paspa>



## Wichtiger Hinweis zur Verwendung dieser Foliensammlung:

Dieser Foliensatz stellt kein „Skriptum“ im ursprünglichen und eigentlichen Sinne dar.

Er soll die Vermittlung des Stoffes in der Vorlesung durch textuelle und bildliche Darstellung unterstützen.

Ein den Studierenden vorliegender Ausdruck des Foliensatzes ist hilfreich bei der Mitarbeit während der Vorlesung.

Der Foliensatz erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Ergänzungen Notizen der Studierenden während der Vorlesung erhöhen den individuellen Lernerfolg deutlich.

Einige Inhalte werden mit Hilfe von Animationen dargestellt, wodurch statische Ausdrücke dieser Folien u.U. wenig aussagefähig sind. Diese Folien sollten zur Vertiefung im Präsentationsmodus von Powerpoint betrachtet werden.

Der Foliensatz ist nur eingeschränkt zum selbstständigen Studium ohne regelmäßigen Besuch der Vorlesung geeignet.

Hierfür sei auf die umfangreiche Literaturliste auf den folgenden Seiten verwiesen, da alle in der Vorlesung behandelten Themen in einer Vielzahl von Büchern beschrieben sind.

# Organisatorisches 1

## Vorlesungsanteil Konstruktion (2 SWS)

- Freitag Vormittag
- Erarbeiten der Grundlagen für die Konstruktion
- Themenbereich: Handhabungs- und Montagetechnik

## Vorlesungsanteil CAD (2 SWS)

- Freitag Nachmittag
- Einstieg in das CAD-System – Autodesk Inventor Professional (...nicht Fusion...)

Beides zusammengefasst in der ersten Semesterhälfte  
Material

- Vorlesungsfolien und weiteres → Download via ILIAS
- Kurspasswort: „inventor“

# Organisatorisches 2

## Prüfungsleistung

- Konstruktionsprojekt – Bearbeitung in Teams
- Dokumentation
- Präsentation

## Projektaufgabenstellung

- Montagesystem für ein bestimmtes Produkt
- ggf. Vorschläge aus der Gruppe
- Aufteilung des gesamten Montageprozesses in verschiedene Teilschritte  
→ einzelne Stationen → pro Team eine Station
- Entscheidung für ein Thema (...das zu montierende Objekt...)
- Teameinteilung

## Coaching

- zwei CAD-Coaching-Termine

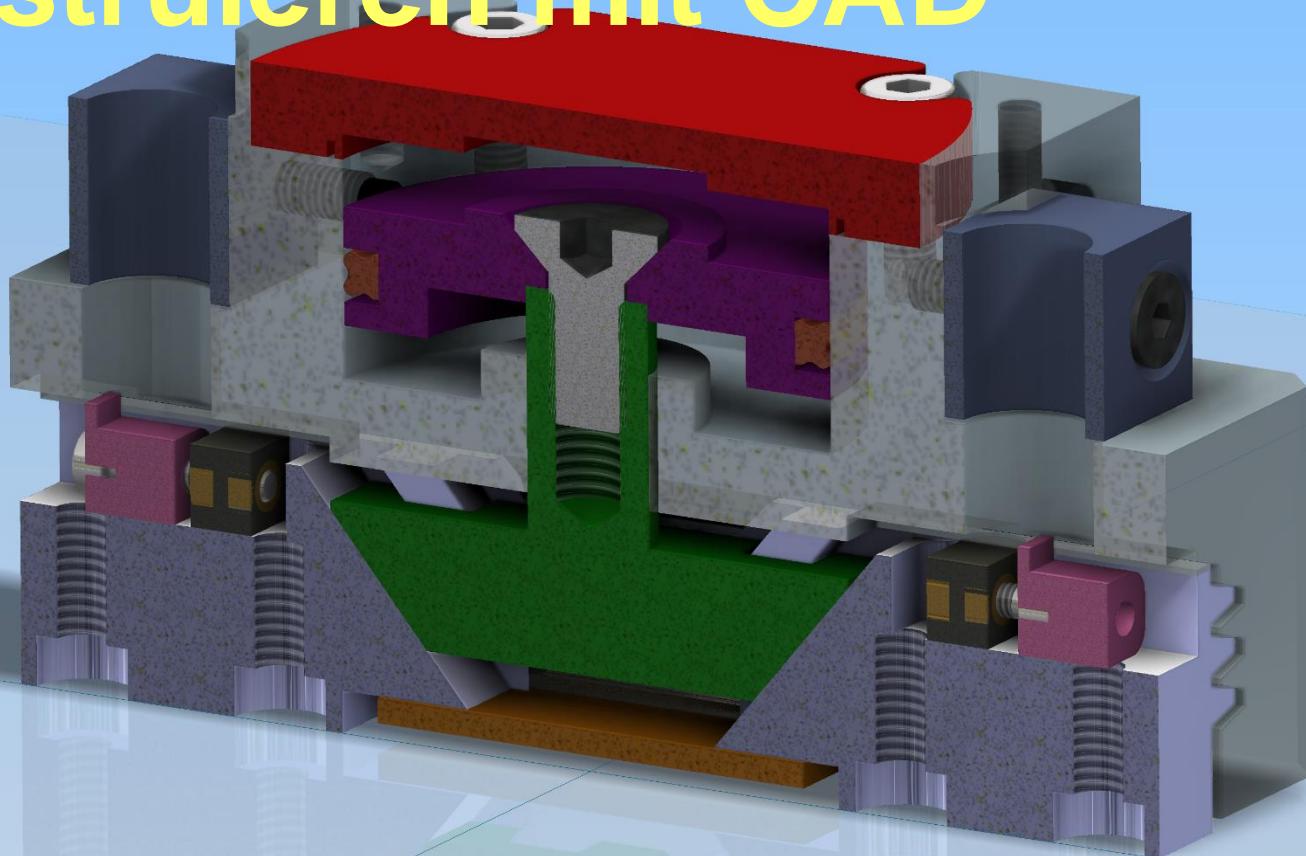
## Präsentation

- in der letzten Vorlesungswoche
- voraussichtlich Freitag Nachmittag
- Es sind während der gesamten Präsentationen alle da!
- Abgabe der ausgedruckten Dokumentation unmittelbar vor der Präsentation

## Termine

- siehe Ilias-Kurs

# Konstruieren mit CAD

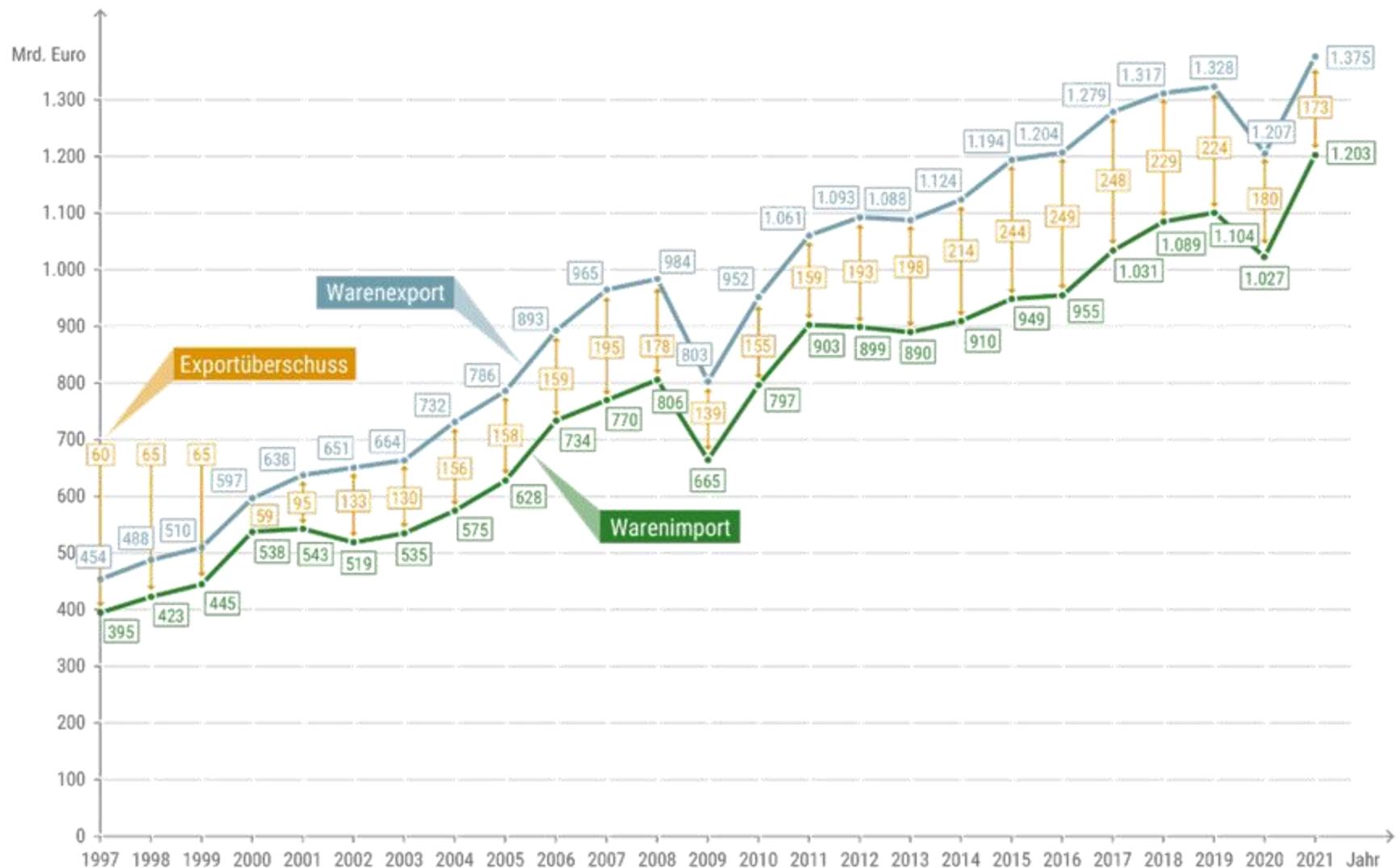


## 1.1 Konstruktion – Warum?



## ■ Deutschland: Entwicklung des Außenhandels

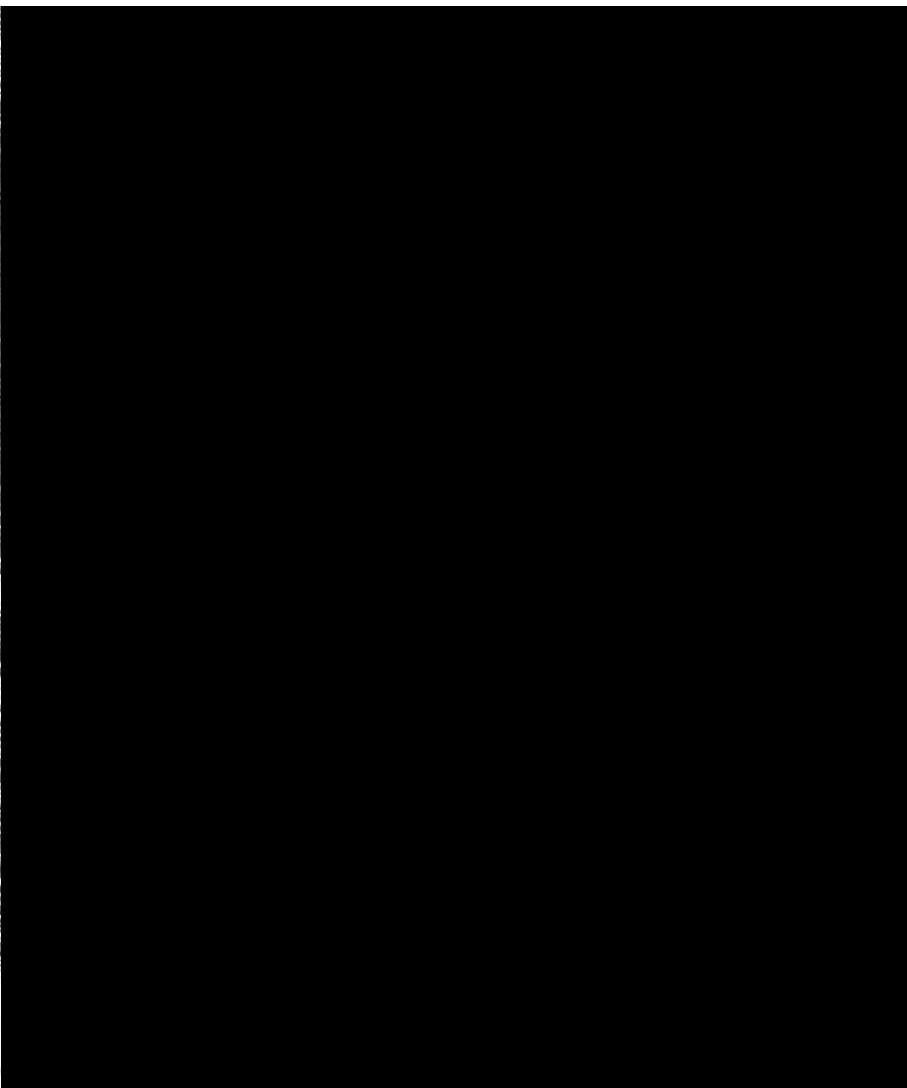
Export, Import und Exportüberschuss in absoluten Zahlen, 1997 bis 2021



Quelle: Statistisches Bundesamt: Außenhandel

Lizenz: Creative Commons by-nc-nd/3.0/de

Bundeszentrale für politische Bildung 2022 | [www.bpb.de](http://www.bpb.de)



# Konstruieren mit CAD



1.2 Beispiel Kleberoller

# 2 Kleberoller

- Maße: ca. 8 mm x 6 m
- Klebstoff permanent haftend

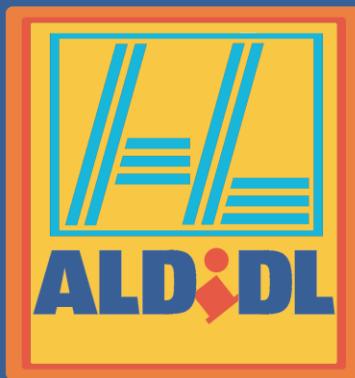
2er-Set

1.79\*

(1 m = -.15)



Konstruktion 2



Aufgabenstellung



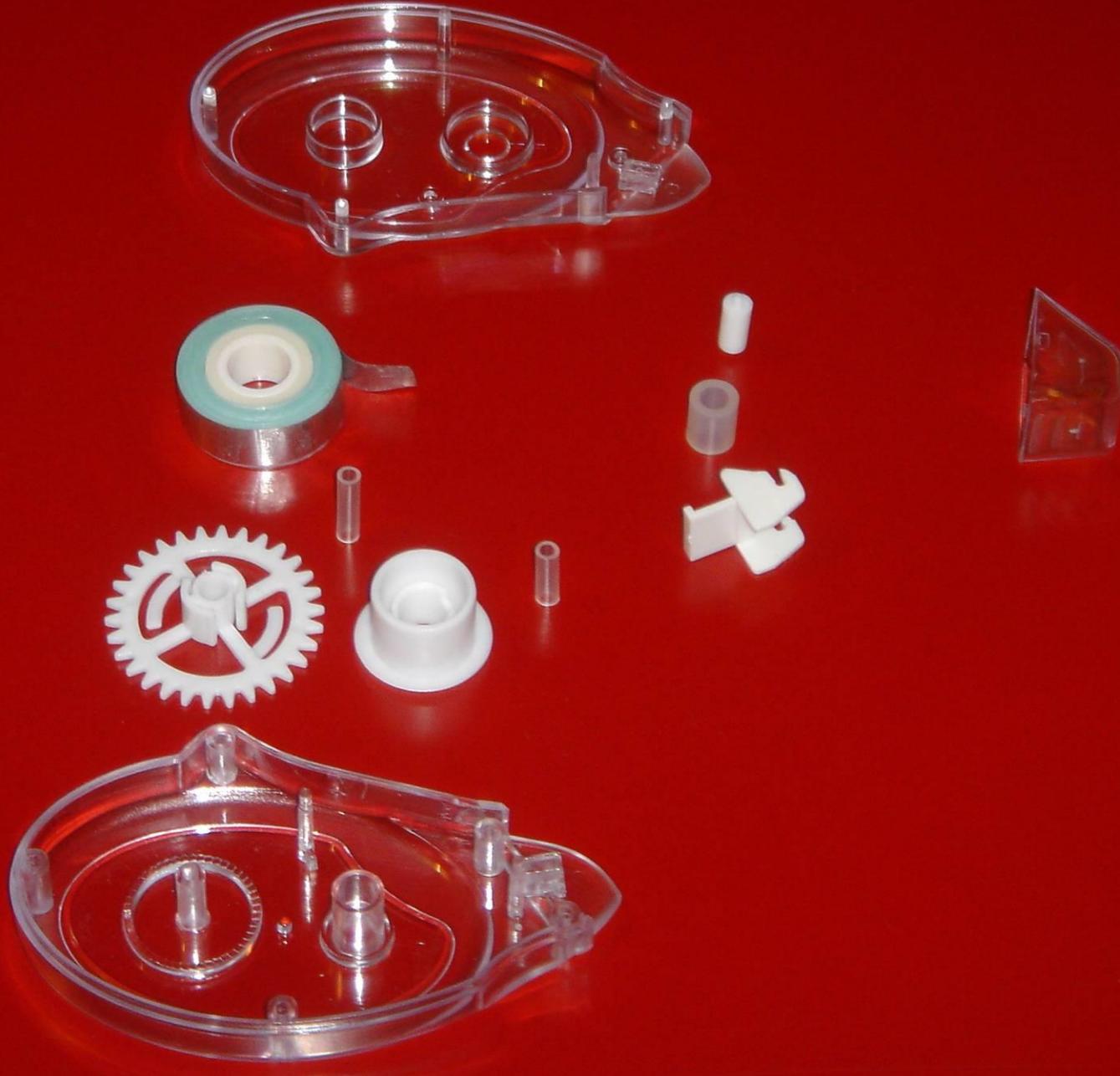


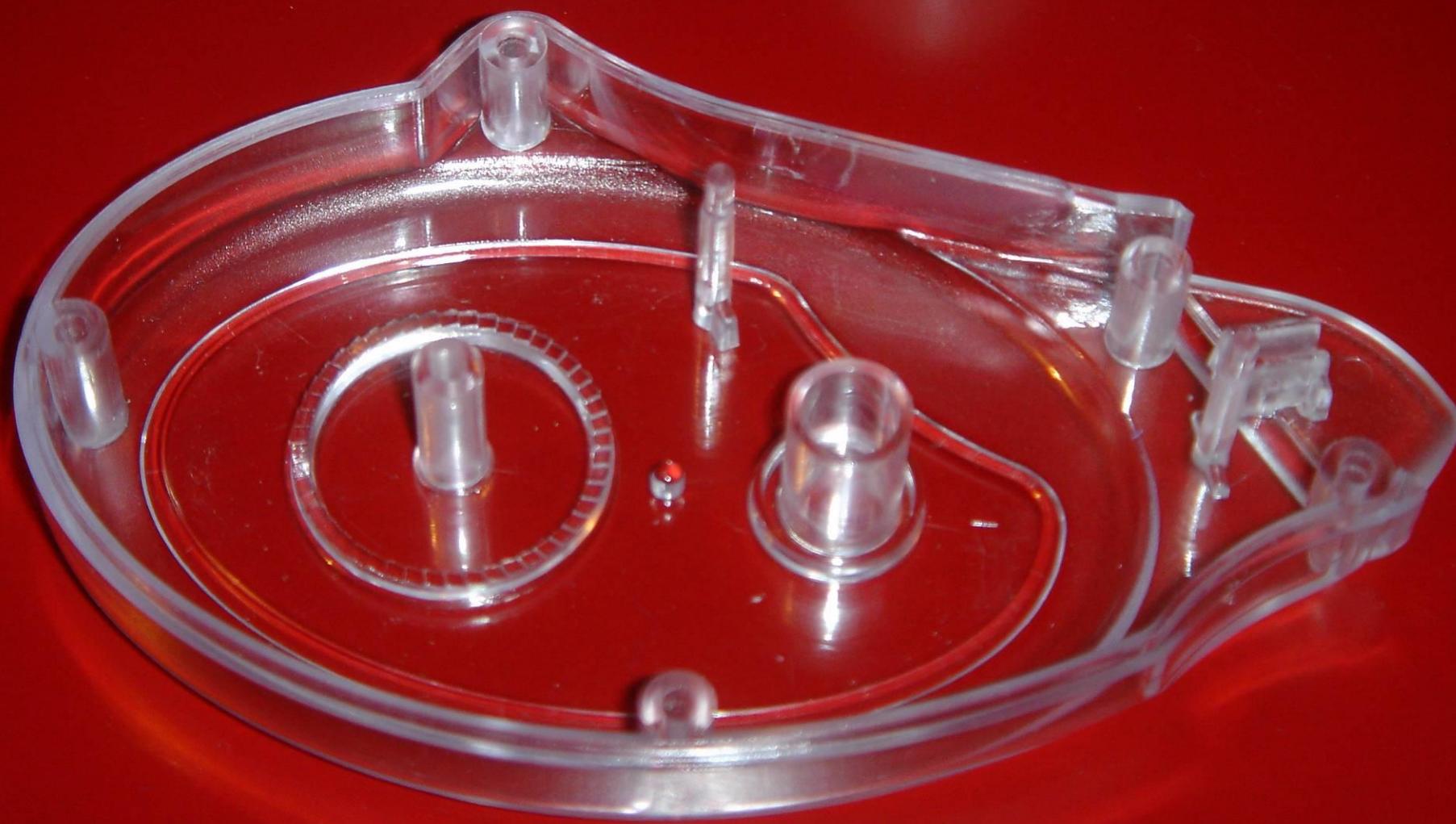
# Konstruktion

2



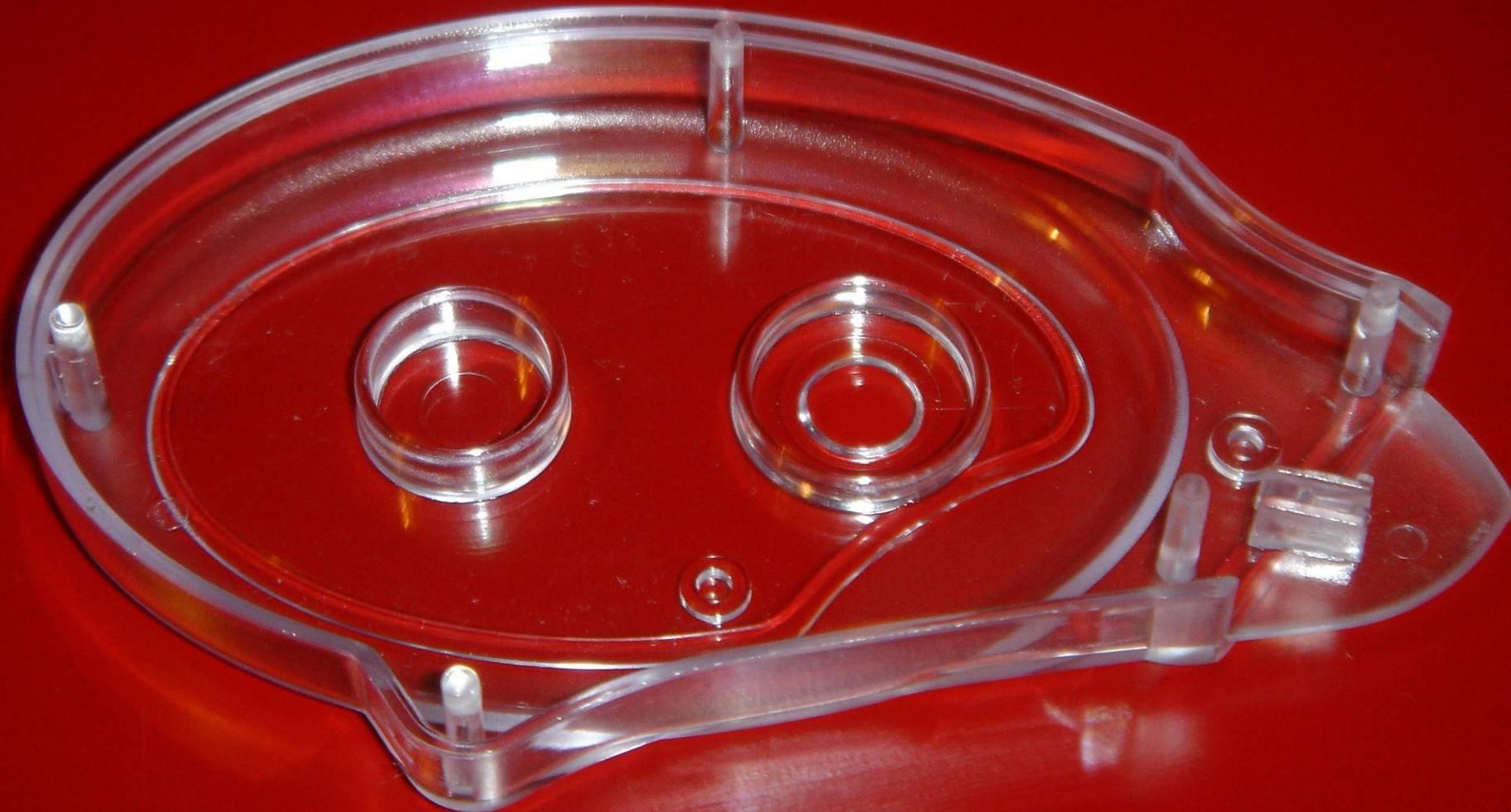
Einzelteile









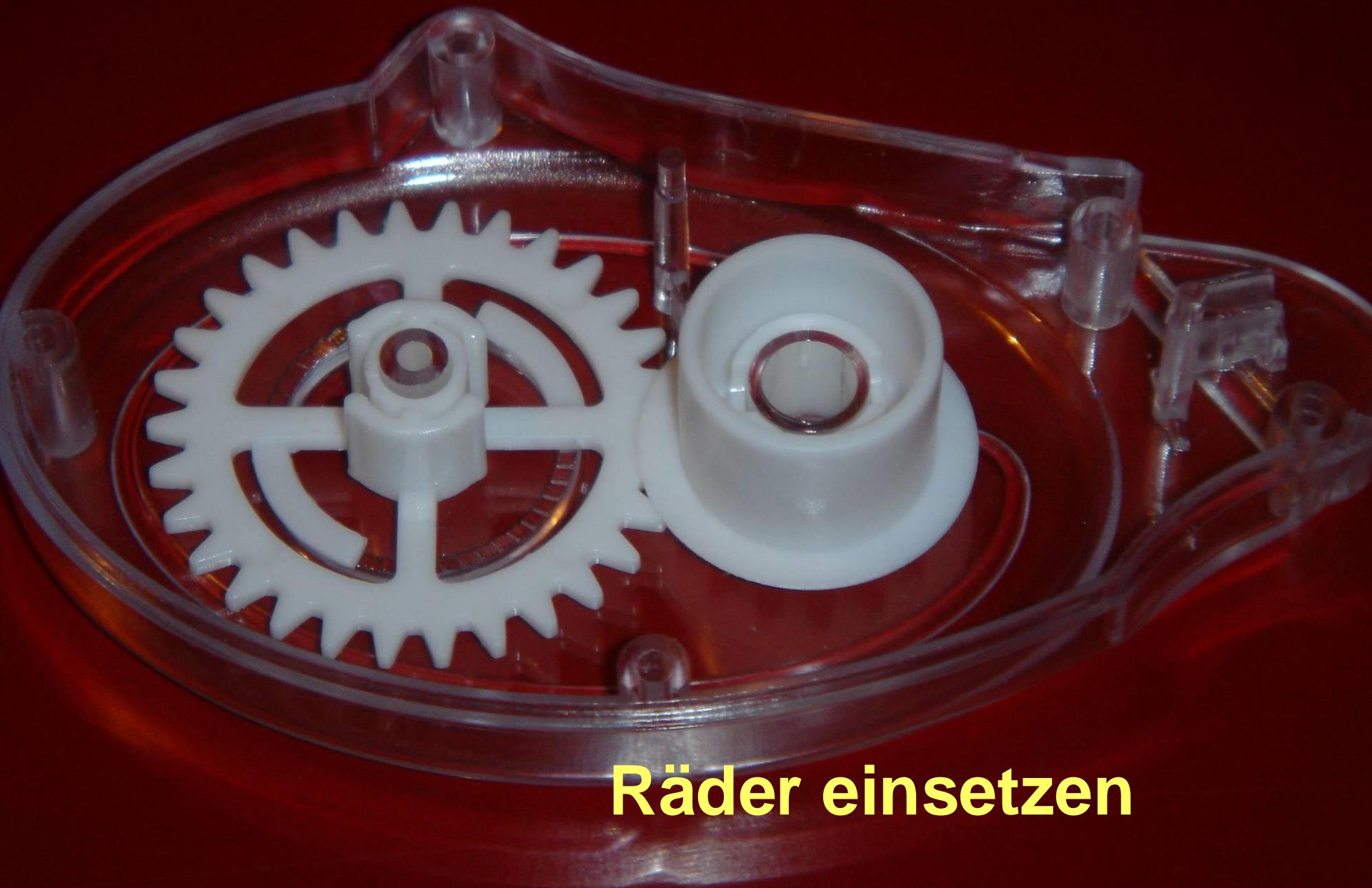


# Konstruktion

2



Montagereihenfolge



Räder einsetzen



Hülsen einsetzen



Achse in Andruckrolle einsetzen



Lagerbock vormontieren



**Lagerbock einsetzen**



**Folienrolle einsetzen**

A close-up photograph of a clear plastic tape dispenser mechanism. It features two white plastic reels: one with a red band and another with a green band. A white gear is visible on the right side. The mechanism is set against a solid red background.

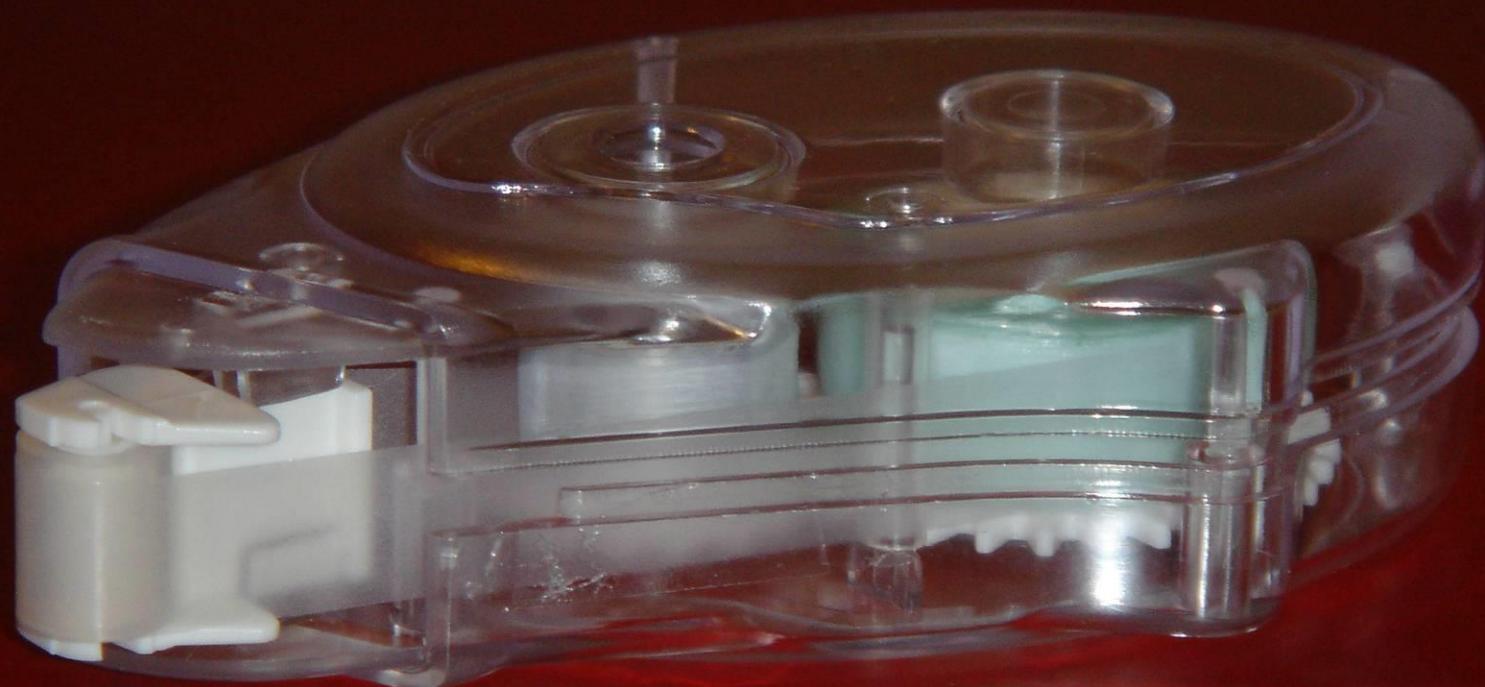
Folie einfädeln



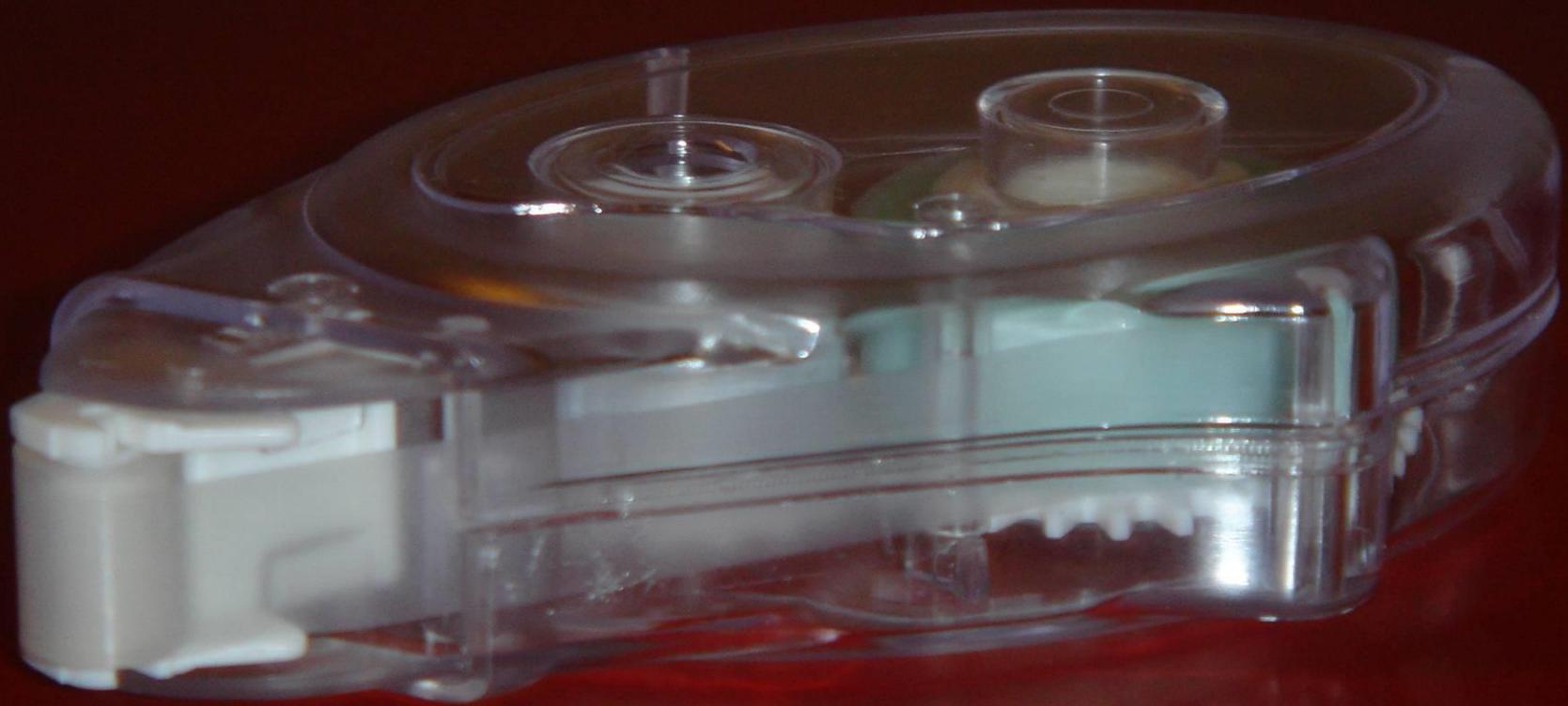
Folie aufrollen



**Folie aufrollen**



**Deckel aufsetzen**



**Deckel anpressen**



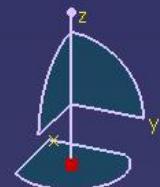
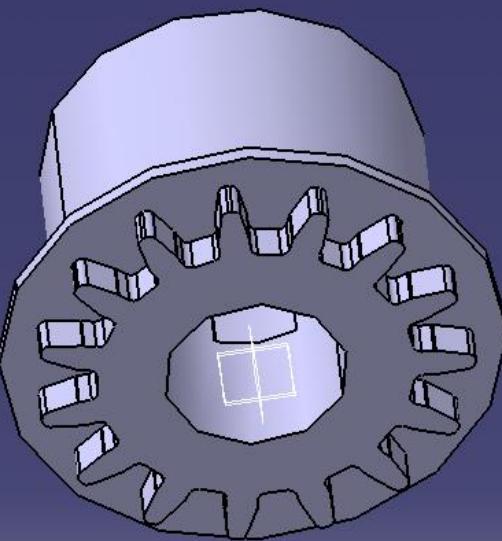
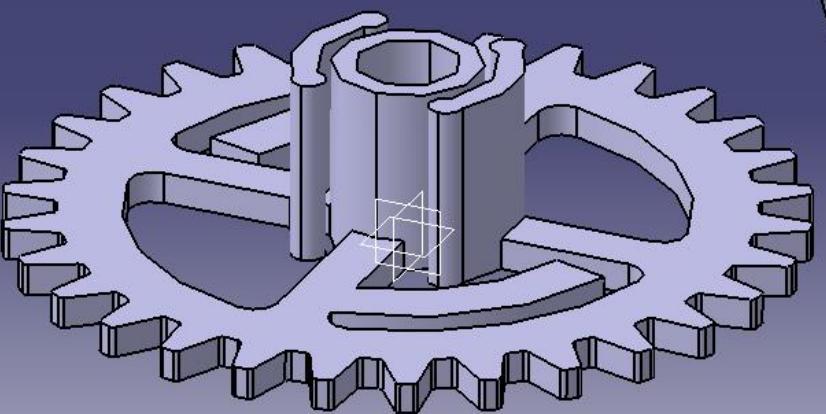
**Funktionstest**



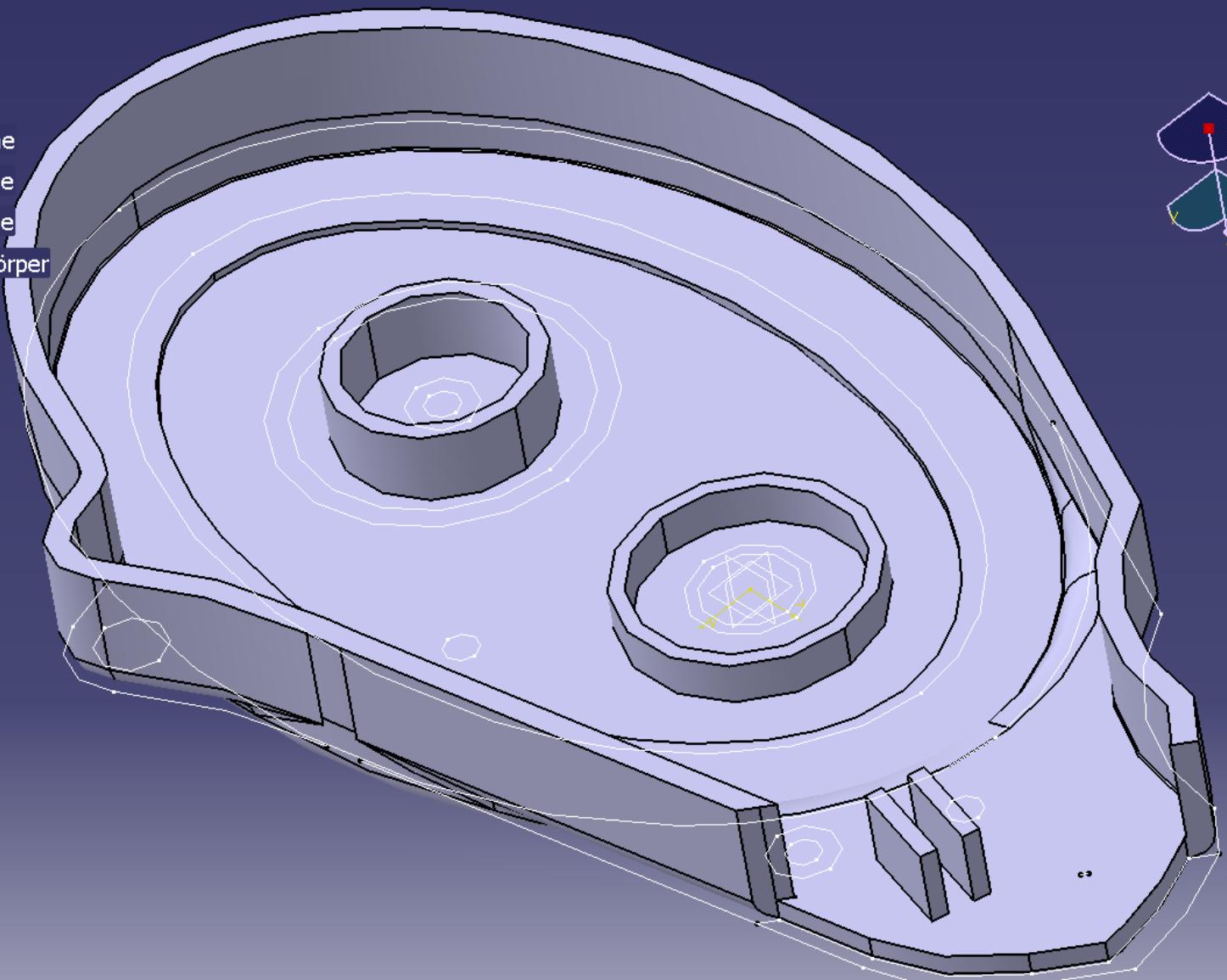
**Kappe aufsetzen**



Product2  
  Product1 (Product1.1)  
    Ab-Rolle (Ab-Rolle.1)  
    Achse (Achse.1)  
      Achse  
      xy-Ebene  
      yz-Ebene  
      zx-Ebene  
      Hauptkörper  
  Rolle (Rolle.1)  
    Rolle  
  Part1 (Part1.1)  
    Part1  
      xy-Ebene  
      yz-Ebene  
      zx-Ebene  
      Hauptkörper  
Applications



Part1  
xy-Ebene  
yz-Ebene  
zx-Ebene  
Hauptkörper



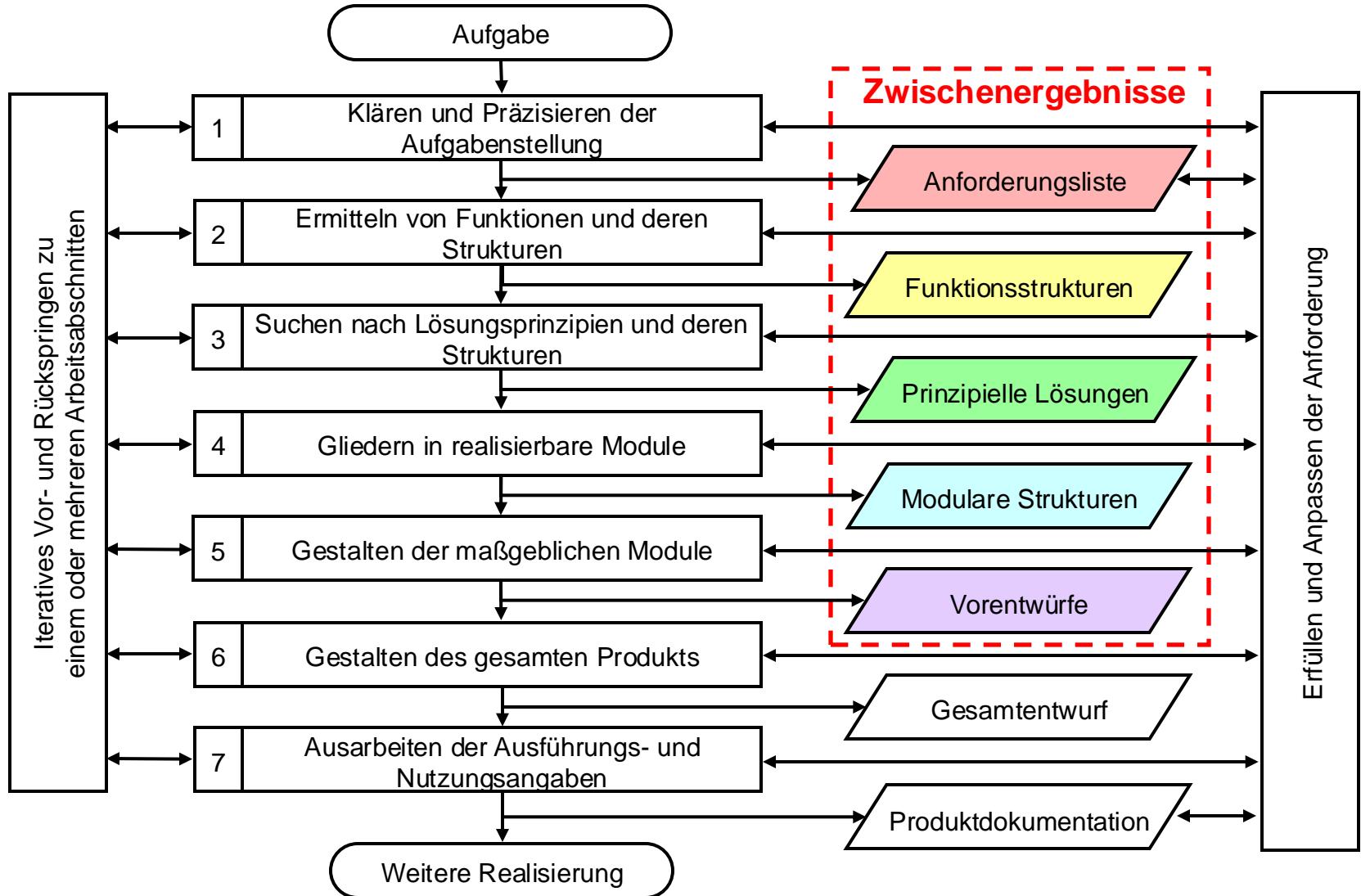
# Arbeitsschritte

Nr.	Inhalt	inkl.
0	Transfersystem	5a
1	Gehäuseteil auf WT aufsetzen	7
2	„Ab“- und „Auf“-Rolle orientieren und einsetzen	
3	Andruckrolle vormontieren und einsetzen	
4	Hülsen und Klebeband orientieren und einsetzten	
5a	Klebeband von Hand auflegen	
5b	Klebeband automatisch auflegen	
6	Klebeband spannen	
7	Deckel aufsetzen, fertigen Roller und weitergeben	
8	Roller übernehmen, prüfen, Schlechtteile aussondern, Schutzkappe aufsetzen und ablegen	

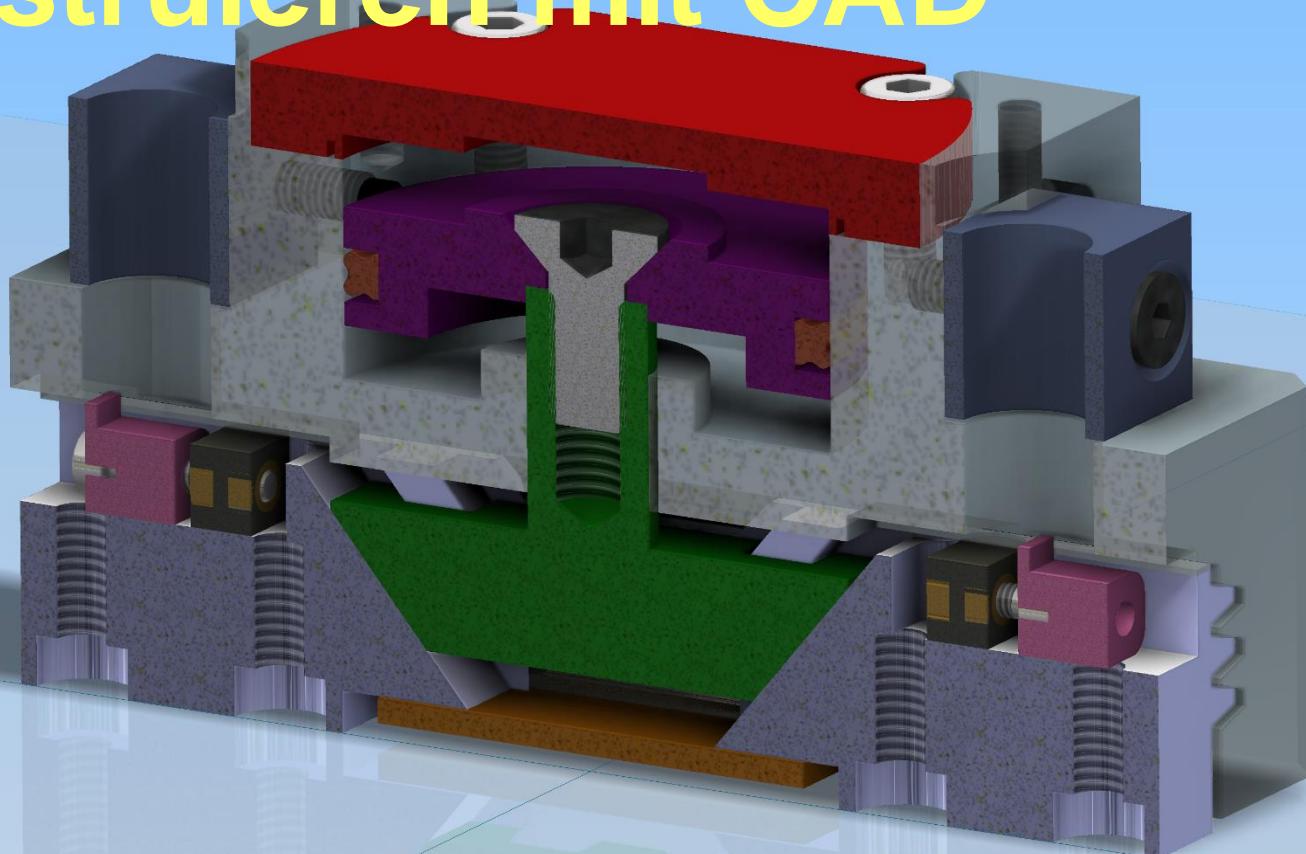
# Intern oder Extern ?

- Es ist besser Fertigungssysteme bei einem Lieferanten zu kaufen, wenn...
  - sie nur ein einziges mal benötigt werden
  - viel Know-How erarbeitet werden müsste  
(Es kann nachher nicht mehr genutzt werden!)
  - man sich auf seine Kernkompetenzen (=Modemherstellung) konzentrieren will
  - dabei kein produktspezifisches Know-How an den Lieferanten herausgegeben werden muss
- Es ist günstiger Fertigungssysteme selbst herzustellen, wenn...
  - sie häufig umgebaut oder neu gebaut werden
  - sonst Produkt-Know-How, welches einen wesentlichen Wettbewerbsvorteil darstellt nach Außen gegeben werden müsste.  
Bsp.: Produktion Energiesparlampen: Viel Know-How steckt nicht in der Technik der Energiesparlampe selbst sondern in deren kostengünstigsten Herstellung

# Entwicklungsprozess nach VDI 2222



# Konstruieren mit CAD



1.3 R1ubic's Zauberwürfel als  
Handhabungs-Aufgabe

# „Rubik's Zauberwürfel“ lösen als Handhabungsaufgabe

Das Lösen des Zauberwürfels stellt eine Handhabungsaufgabe dar zu deren Umsetzung (im Sinne der ursprünglichen Erfindung) zwei menschliche Hände erforderlich sind. (...ggf. reicht auch eine Hand...)

Das Lösen des Zauberwürfels kann aber auch automatisiert mit Hilfe einer Handhabungseinrichtung erfolgen.

Hierzu gibt es dank vielfältig motivierten (werdenden) Ingenieuren und anderen Technikern eine Vielzahl von unterschiedlichsten Konzepten.

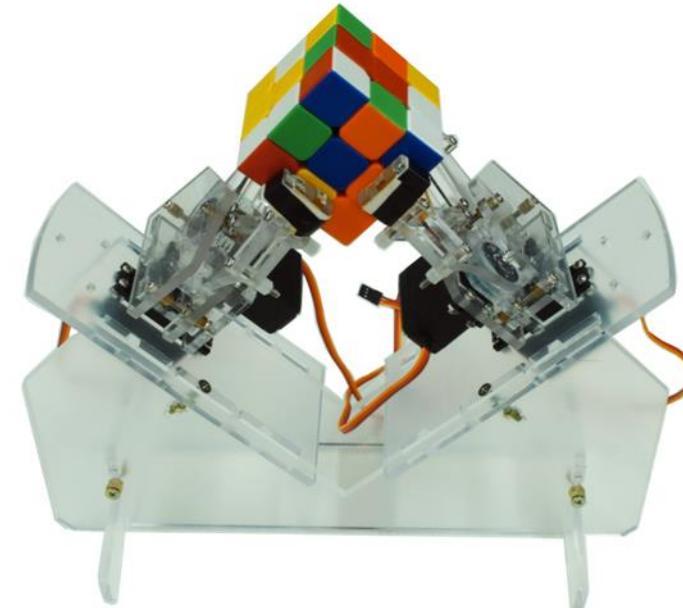
Ein großer Anteil davon wurde mit dem Lego-Mindstorms-System unterschiedlicher Generationen aufgebaut.

Hierbei kann man zwei unterschiedliche Ausrichtungen der Konstruktionen erkennen:

1. Aufbau mit einem einzigen Baukasten möglich  
(...daraus resultiert eine Begrenzung auf nur drei Antriebe und einem Farbsensor)
2. Höchst mögliche Geschwindigkeit bei der Lösung – mit beliebig großem Aufwand (bis zu 9 Antrieben = min. drei Baukästen nötig + ggf. Zusatzteile und ext. Bilderfassung + Lösungsalgorithmus mittels Smartphone)

Die vergleichende Betrachtung der auf einen Baukasten begrenzten Konzepte ist sehr lehrreich, da dort teils sehr unterschiedliche Mechanismen zum Einsatz kommen um mit 3 oder sogar nur 2 Antrieben die 6 Freiheitsgrade des Würfels zu bewegen. Der 3. Antrieb wird bei einigen Konzepten nur für die Bewegung des Farbsensors verwendet um auch das mittlere Feld einlesen zu können.

Neben vollständig unterschiedlichen Aufbauten sind aber auch bei identischen Aufbauten unterschiedlich programmierte Bewegungsabläufe erkennbar. Mit diesen werden meist aus der geringen Festigkeit, Steifigkeit oder Spielfreiheit der Lego-Bauteile resultierenden Unzulänglichkeiten der Mechaniken auf verschiedene Arten ausgeglichen werden (teils „elegant“, teils „hau drauf“).



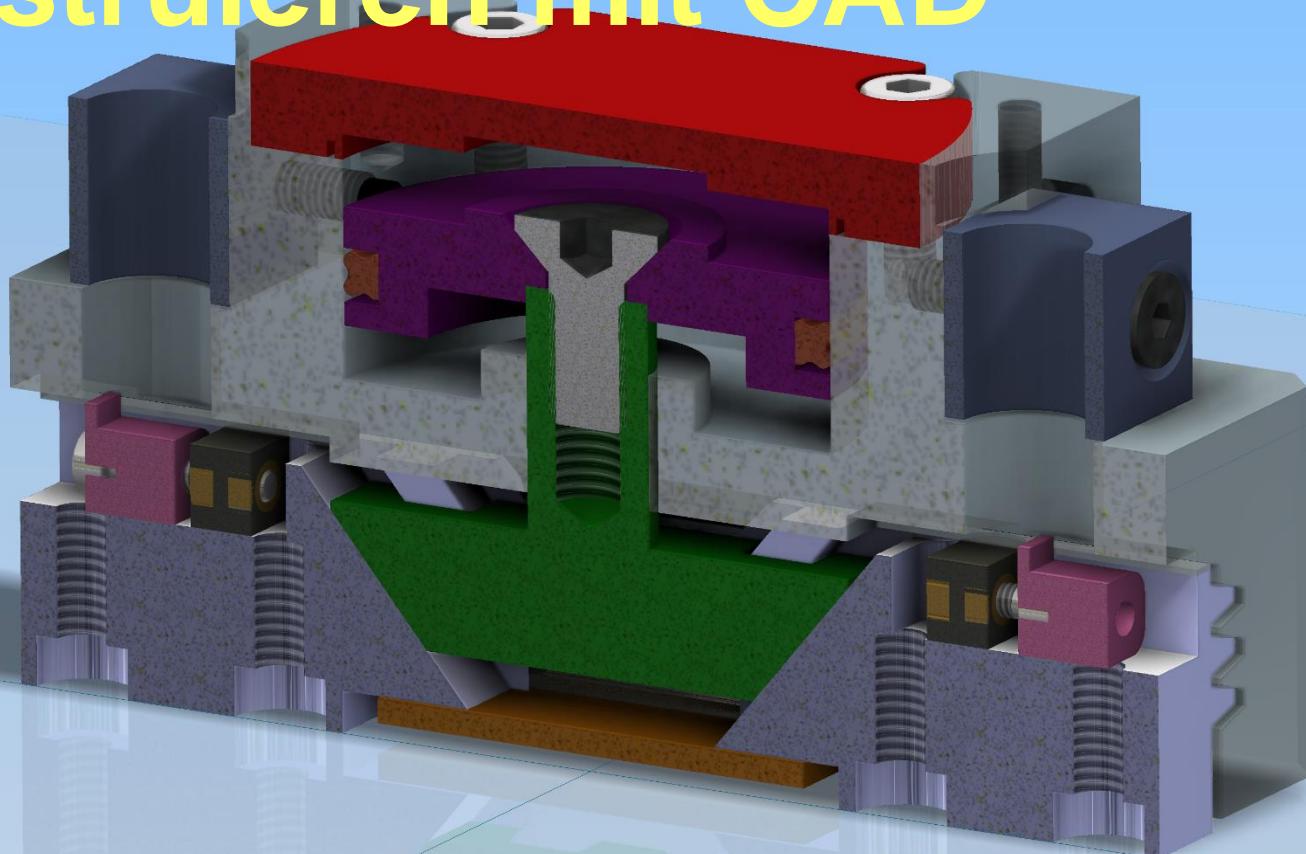
# „Rubik's Zauberwürfel“ lösen als Handhabungsaufgabe

Beim Analysieren der einzelnen Maschinen sollte geachtet werden auf:

1. Primäre Bewegungen
  - Anzahl
  - diskrete Anzahl von Positionen (2 oder 3 oder mehr)  
(2 und 3 Stellungen wären bei einem „echten“  
Handhabungssystem sehr günstig mit pneumatischen  
Antrieben realisierbar – vor allem wenn es sich um lineare  
Bewegungen handelt)
  - müssen mehr Positionen oder sehr genaue  
Geschwindigkeitsprofile gefahren werden?  
→ das erfordert deutlich teurere Servo-Antriebe
  - wird eine Getriebe oder eine Kinematik verwendet um eine  
„komplizierte“ 2-dimensionale Bewegung zu erzeugen?
  - werden (Teil-)Bewegungen durch Schwerkraft erzeugt  
(Bsp.: zurückrutschen in die Würfelaufnahme nach dem  
Wenden beim diagonalen/schrägen Aufbau)
2. Sekundäre Bewegungen
  - Anzahl der Bewegungssachsen
  - ausgeführte Funktionen (Farbsensor positionieren)
3. Konstruktiver Aufwand vs. Herstellungsaufwand - Bsp.: 6 identische Antriebe → nur einmal zu konstruieren
4. Effizienz (Geschwindigkeit vs. Aufwand)



# Konstruieren mit CAD



1.4 Links

# Links - Lieferanten

[www.ace-ace.de](http://www.ace-ace.de) (Stoßdämpfer)

[www.afag.com](http://www.afag.com) (Zuführtechnik, Handhabungstechnik, Transfersysteme)

[www.alratec.de](http://www.alratec.de) (Transfersysteme)

[www.atlascopco.com](http://www.atlascopco.com) (Schraubspindeln)

[www.balluff.de](http://www.balluff.de) (Sensoren, Nährungsschalter)

[www.boschrexroth.de](http://www.boschrexroth.de) (Pneumatik, Profilsysteme, Antriebstechnik, Transfersysteme, Schraubspindeln)

[www.festo.de](http://www.festo.de) (Pneumatik, Handhabungstechnik, Greifer, Vakuumgreifer)

[www.flexlink.com](http://www.flexlink.com) (Transfersysteme)

[www.ganter-griff.de](http://www.ganter-griff.de) (Normteile)

[www.ief-werner.de](http://www.ief-werner.de) (Transfersysteme)

[www.item.info](http://www.item.info) (Profilsystem)

[www.kms-kuehnle.de](http://www.kms-kuehnle.de) (Stoßdämpfer)

[www.maedler.de](http://www.maedler.de) (Normteile, Antriebselemente)

[www.mafu.de](http://www.mafu.de) (Zuführtechnik)

[www.mikscha.de](http://www.mikscha.de) (Rundtisch-Getriebe)

[www.montech.ch](http://www.montech.ch) (Handhabungstechnik)

[www.norelem.de](http://www.norelem.de) (Normteile)

[www.norgren](http://www.norgren.com) (Pneumatik, Greifer)

**[www.partserver.de](http://www.partserver.de)**

[www.phdinc.com](http://www.phdinc.com) (Handhabungstechnik)

[www.schunk.de](http://www.schunk.de) (Greifer)

[www.servus.info](http://www.servus.info) (Transferbänder, autonom)

[www.sick.de](http://www.sick.de) (Sicherheitstechnik, Sensoren)

[www.siemens.de](http://www.siemens.de) (Steuerungstechnik / Automation and Control)

[www.smceu.com](http://www.smceu.com) (Pneumatik, Stoßdämpfer)

[www.sortimat.de](http://www.sortimat.de) (Zuführtechnik)

[www.stein-automation.de](http://www.stein-automation.de) (Transfersysteme)

[www.thk.de](http://www.thk.de) (Linearführungen)

[www.weber-online.com](http://www.weber-online.com) (Zuführtechnik, Schraubspindeln)

[www.winkhaus.de](http://www.winkhaus.de) (Zuführsysteme)

# Links – Rubic's Würfel

3 Motoren kein Farbsensor (? ← externe Vorgabe)

<https://www.youtube.com/watch?v=3QOvEG27Gt4>

Schonenderer Bewegungsablauf (Webcam => Externer PC!?)

<https://www.youtube.com/watch?v=sRTcHnjNd5E>

3 Motoren (Farbsensor => ? => wenn überhaupt erkennt offensichtlich die Farbe in den zentralen Feldern nicht )<https://www.youtube.com/watch?v=oLuHg8al1Gk>

<https://www.youtube.com/watch?v=hEyRjWIB0gA>

Ähnlich mit besserer Kinematik

<https://www.youtube.com/watch?v=CeNmKGn84d0>

2-Motoren + Kinematik + 1 Motor für Farbsensor

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

Leichtbau

[https://www.youtube.com/watch?v=oXH\\_7z8PqH4](https://www.youtube.com/watch?v=oXH_7z8PqH4)

2-Motoren + Kinematik + 1 Motor für Farbsensor

<https://www.youtube.com/watch?v=FzfcUqya7Ho>

3-Motoren (kann nur die untere Ebene drehen, nicht die obere =>

<https://www.youtube.com/watch?v=4jZSBK6oB1Q>

8 Motoren (+ 1 für Hub)

<https://www.youtube.com/watch?v=o9hPXDkmV7I>

6 Motoren – Modifikation am Würfel zur Fixierung nötig

<https://www.youtube.com/watch?v=wLzn1w8vgM4>

Konstruktiv die einfachste Lösung (1 Antriebsmodul konstruieren, 6xKombinieren

Menschliche Fähigkeiten (...“zum Vergleich”)

<https://www.youtube.com/watch?v=4wBRhGMOh88>

<https://www.youtube.com/watch?v=7c0yDlb4aI0>

[https://www.youtube.com/watch?v=1liSrb\\_7I4U](https://www.youtube.com/watch?v=1liSrb_7I4U)

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

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_gJswDCTlwg](https://www.youtube.com/watch?v=_gJswDCTlwg)

<https://www.youtube.com/watch?v=q6AsIXpKBU>

Funny

Selbstlöser

<https://www.youtube.com/watch?v=xCoH2AORcEQ>

[https://www.youtube.com/watch?v=PFA-RmV\\_wG0](https://www.youtube.com/watch?v=PFA-RmV_wG0)

# Links – Montagetechnik Powertrain

Audi /(Apex Cooper Powertools ehem. DGD, Aalen Westhausen)

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

<https://www.youtube.com/watch?v=sLBh86R3FS0>

<https://www.youtube.com/watch?v=LR9aRGtpQyU>

I3

<https://www.youtube.com/watch?v=gt1k3BLN7pw>

<https://www.youtube.com/watch?v=1u7XiBnwPCw>

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

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

(bei den Robotern vor allem auf die Endeffektoren („Greifer“) und die Teileaufnahmen in welchen die Bauteile abgelegt und gespannt werden)

# Links – Montagetechnik / Sondermaschinenbau

BMW 5er 2020 Produktion

<https://www.youtube.com/watch?v=El9u-D6HBtl>

Audi E-Motor-Fertigung

<https://www.youtube.com/watch?v=7T6iCknDCEg>

Contexo In-Line Assembly Machine for Medical Devices

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_RjnYe3GGmk](https://www.youtube.com/watch?v=_RjnYe3GGmk)

<https://www.youtube.com/watch?v=RcZ1glOKdAQ>

Montage Bundmutter

<https://www.youtube.com/watch?v=6kKIUXI2kZk>

Küchen-Modul-Montage

<https://www.youtube.com/watch?v=HAYbWsN-xtc>

Sondermaschinenbau

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

Handhabungstechnik

[https://www.youtube.com/watch?v=c9UGc\\_tTeiY](https://www.youtube.com/watch?v=c9UGc_tTeiY)

Rundtaktmaschine

<https://www.youtube.com/watch?v=aKRM1exE75A>

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

Feder wickeln

<https://www.youtube.com/watch?v=p9Ek7L8Jw0g&list=PLb3j0MmzAzIt-iaal6sm-SkdV1sg3nla1>

# Links – Sonstiges

Gewinde formen

<https://www.youtube.com/watch?v=8fCGAFwrJAg>

<https://www.youtube.com/watch?v=HUyd5w94dHQ>

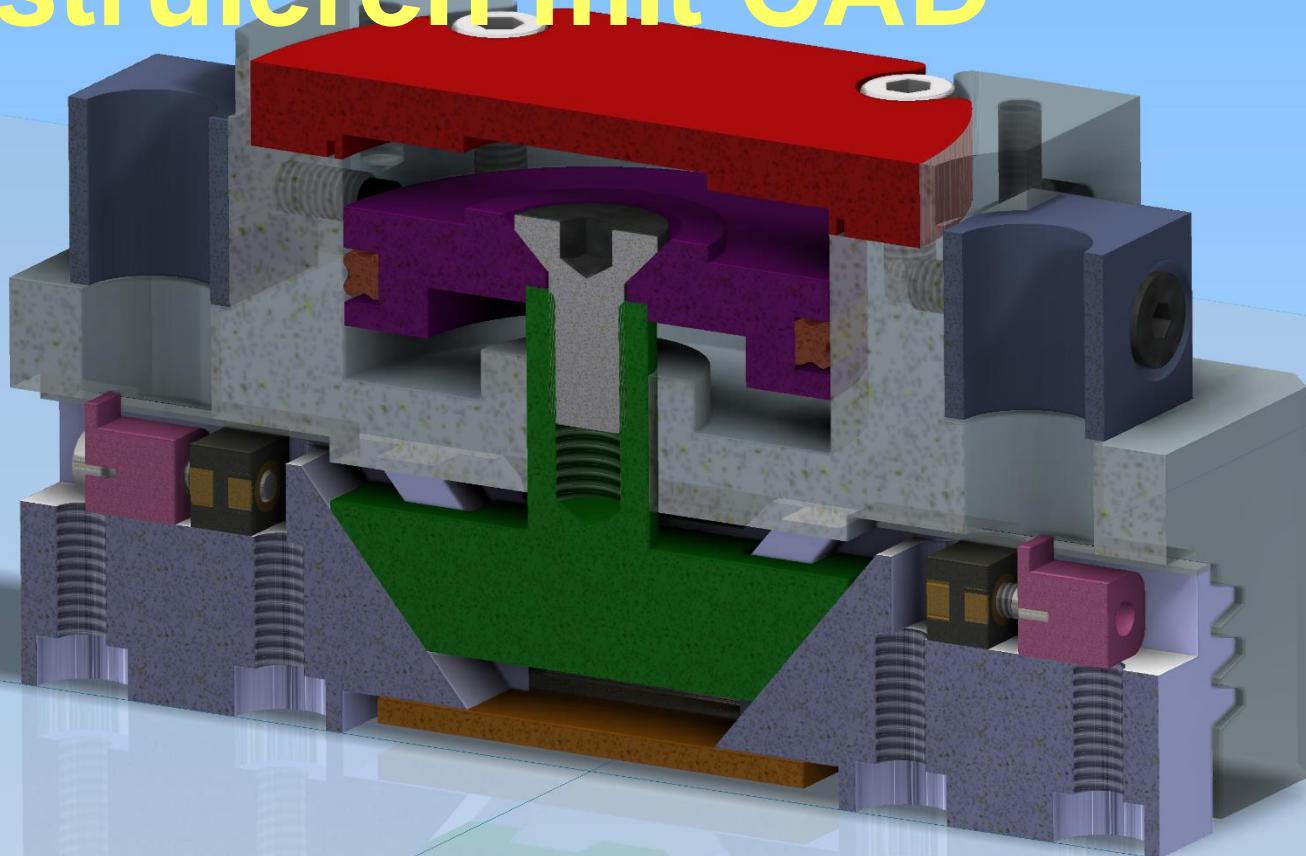
Reibschweißen

<https://www.youtube.com/watch?v=-aEuAK8bsQg>

Lagerungen

<https://www.youtube.com/watch?v=8xJKbGKa3kY>

# Konstruieren mit CAD



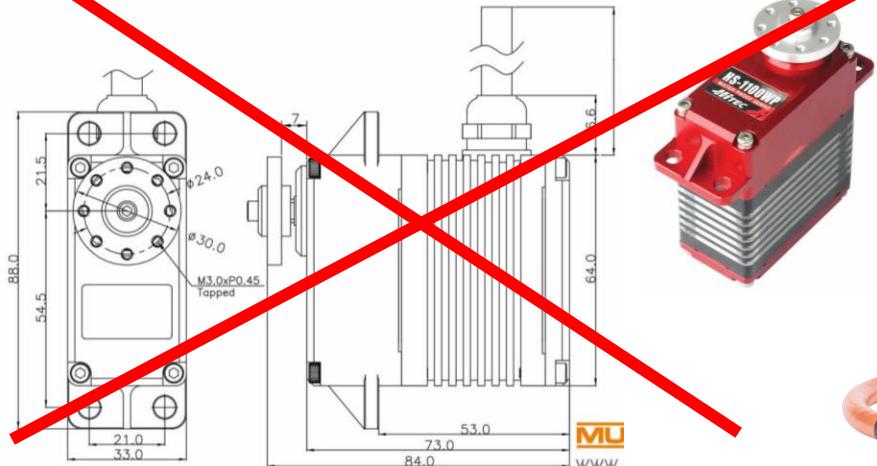
## 1.5 Hinweise an Maker

# „Servomotor“ ist nicht gleich „Servomotor“

Leider hat sich die Bezeichnung Servomotor auch für „Modellbauservos“ eingebürgert. Trotz des hohen Preises von z.B. <https://www.multiplex-rc.de/produkte/138100-servo-hs-1100wp> erfüllt derartiges Material nicht die Anforderungen, welche ein Handhabungssystem mit 30 Sekunden Taktzeit im 3-Schicht-Betrieb stellt.

Die Lebensdauer des Potentiometers ist mit 1 Million Zyklen angegeben → die Lebensdauer wäre demzufolge nach nicht mal 1,5 Jahren erreicht. Aus gutem Grund sind für viele Aufgaben berührungs- und kontaktlose Signalgeber vorgeschrieben.

Bei „echten“ Servomotoren werden deshalb nur Hallsensoren, magnetische oder optische Istwertgeber verwendet. [https://www.reichelt.de/de/de/starter-kit-sinamics-s210-1fk2-s210-starter-p284188.html?PROVID=2788&gclid=EA1alQobChMIm7Oolb\\_T7AIVjevtCh3I0Q7yEAYYCCABEgKKbPD\\_BwE&&r=1](https://www.reichelt.de/de/de/starter-kit-sinamics-s210-1fk2-s210-starter-p284188.html?PROVID=2788&gclid=EA1alQobChMIm7Oolb_T7AIVjevtCh3I0Q7yEAYYCCABEgKKbPD_BwE&&r=1)



# Inspirationen aus der „Maker-Szene“ ... und ihre Tücken

Generell ist es sehr lobenswert, dass sich durch Verbreitung der Maker-Szene eine neue Begeisterung für elektronische und mechanische Technik in Teilen der Öffentlichkeit etabliert hat.  
(Dies gab es aber durchaus auch schon viel früher, z.B. RC-Modellbau etc.)

Allen voran 3D-Drucker sind hier sehr beliebte Konstruktionen an denen und mit Hilfe derer viele in eine konstruktive Arbeitsweise einsteigen.

Der Versuchung konstruktive Details solcher Geräte auch bei größeren Maschinen wiederzuverwenden sollte man aber nicht ohne intensives Nachdenken erliegen.

Ein typischer 3-Drucker ist eine extrem auf niedrige Kosten und einfachste Bauteile (und Fertigungsverfahren) hin optimierte Konstruktion.

Auch wenn die generelle Funktion gegeben ist muss man – im Vergleich zu sonstigen im Maschinenbau geforderten Genauigkeiten – deutliche Abstriche machen.

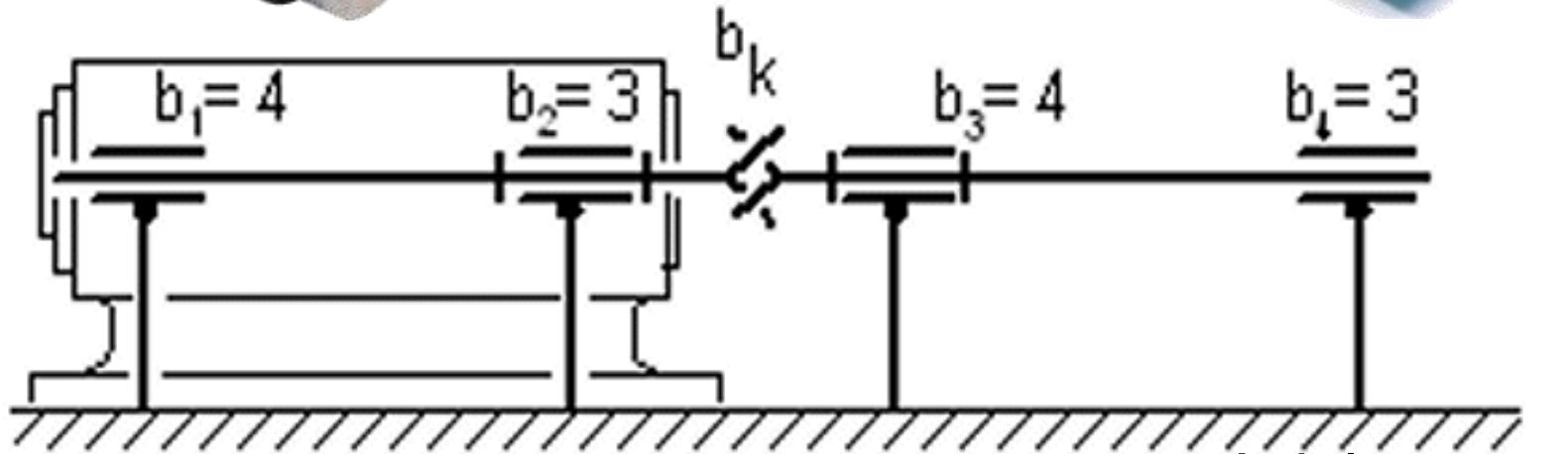
Zudem funktionieren einige der Lösungen oft nur deshalb, weil die Bauteile eine hohe Nachgiebig oder Verbindungen und Führungen sehr großes Spiel aufweisen. Würde man das alles steifer und enger/genauer ausführen wäre man meist im Bereich einer mehrfachen Überbestimmung mit der Folge von z.B. Verklemmen von Führungen o.ä.

Um die Funktionsfähigkeit bei steiferen Bauteilen und genauen Führungen trotzdem zu Gewährleisten müssen z.B. Ausgleichselemente (Kupplungen) oder Justagemöglichkeiten vorgesehen werden.

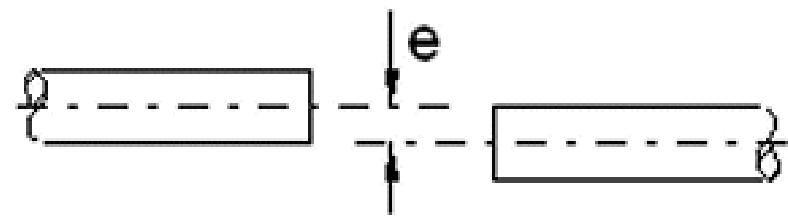
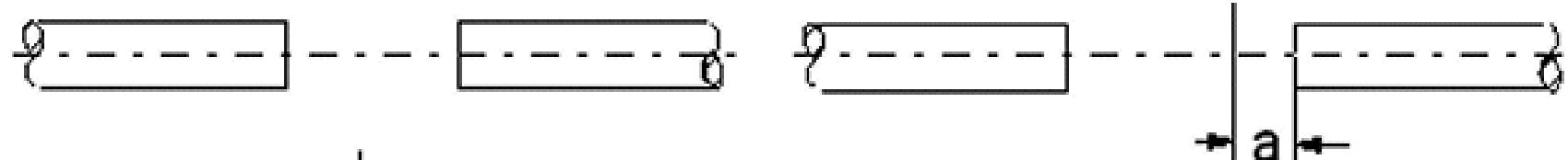
Beliebtes Beispiel: In der Maker-Szene mag es gut funktioniert die Position eines Bauteils mit Hilfe einer z.B. M4 Schraube durch ein Bohrung mit 10 mm (und entsprechend großer Unterlegscheibe) im Bereich von +- 3mm auf einige Zehntel Millimeter einstellen zu können. Derartige Lösungen sind aber nur geringfügig skalierbar. Bei einem Bauteil mit einer Masse von 50kg und/oder Genauigkeitsanforderungen von unter einem Zehntel Millimeter funktioniert das nicht mehr!

Bei der mediale Aufarbeitung der Themen (z.B.: auf Youtube) von teils mehr wort- und weniger sachkundigen Pos(t)er führt das Ziel viele Klicks oder Abos zu bekommen auch oft dazu, dass „neue“ Ideen oder Erkenntnisse deutlich überzogen dargestellt werden – obwohl es oft um einfache Grundprinzipien geht, welche jedem Industrie- oder Zerspanungsmechaniker bereits im 2. Lehrjahr klar sein sollten.

# Versatz ausgleichen



Axialversatz



Radialversatz

Winkelversatz

Bitte keine derartigen Fertigungszeichnungen

