TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

# 11. SAXSIM

Thema:

**Untersuchungen am koaxialen Getriebe „HypoGear“**


**Professur Montage- und Handhabungstechnik**
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger

Email: mht@mb.tu-chemnitz.de
Tel: +49 (0) 371 531 – 32841
Fax: +49 (0) 371 531 – 23739

www.tu-chemnitz.de/mb/mht

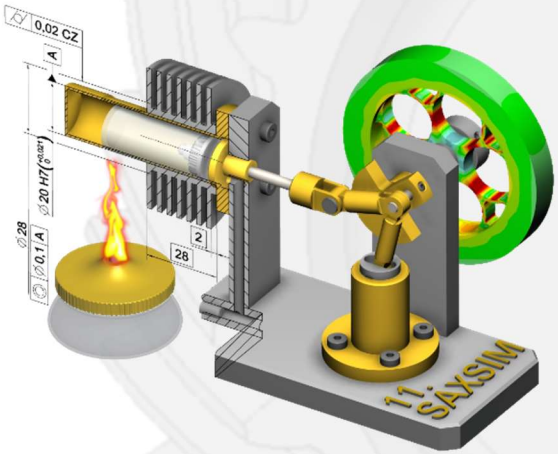
**Technische Universität Chemnitz**
Fakultät für Maschinenbau
Professur Montage- und Handhabungstechnik
Reichenhainer Straße 70
D-09126 Chemnitz



Qualitätsmanagement ISO 9001:2008
Zertifikats-Reg.-Nr. 103325 QM08


# Untersuchungen am koaxialen Getriebe „HypoGear“


Autoren: Florian Eigner, Prof. Dr.-Ing. Maik Berger



**Kontaktdaten:**
Florian Eigner, M. Sc.
Tel.: 0371 / 531 – 31915
E-Mail: florian.eigner@mb.tu-chemnitz.de

TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

# 11. SAXSIM

Thema:

**Untersuchungen am koaxialen Getriebe „HypoGear“**


**Professur Montage- und Handhabungstechnik**
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger

Email: mht@mb.tu-chemnitz.de
Tel: +49 (0) 371 531 – 32841
Fax: +49 (0) 371 531 – 23739

www.tu-chemnitz.de/mb/mht

**Technische Universität Chemnitz**
Fakultät für Maschinenbau
Professur Montage- und Handhabungstechnik
Reichenhainer Straße 70
D-09126 Chemnitz


Qualitätsmanagement ISO 9001:2008
Zertifikats-Reg.-Nr. 103325 QM08

## Agenda

1. Was ist HypoGear?
2. Übergang vom Hyperboloid zur Verzahnung
3. Numerische Integration der Flankenlinie
4. Anpassung an die Welt der Fertigung
5. Diskrete Wirkungsgradabschätzung
6. Statische Kontaktsimulation
7. Zusammenfassung & Ausblick

imk industrial competence
Projektpartner


Europa fördert Sachsen.
EFRE
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Europäische Union
Förderer

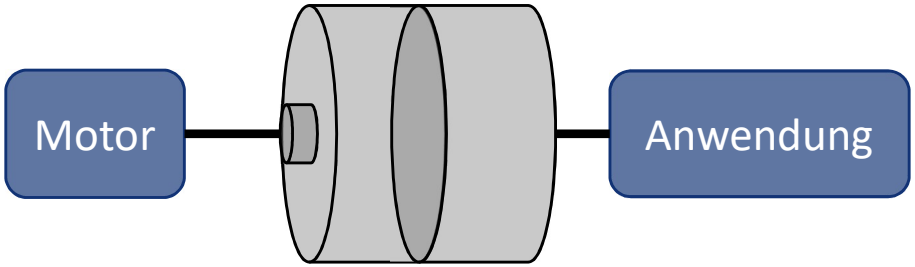
# Was ist HypoGear?

Grundsatz: Durchmesser erzeugt Drehmoment.

**Randbedingung**

Gesamtübersetzung $i_{gesamt} \approx 90$

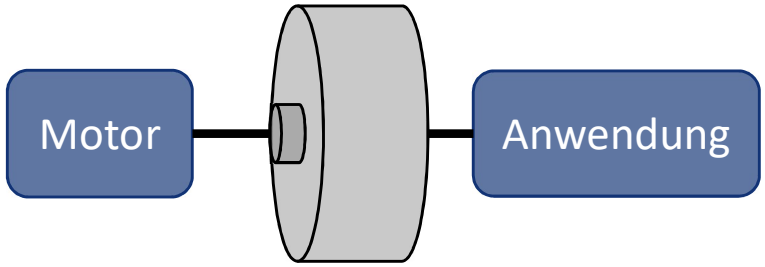
## Gekoppeltes Umlaufrädergetriebe




- Bauraum steigt mit Anzahl der URGs

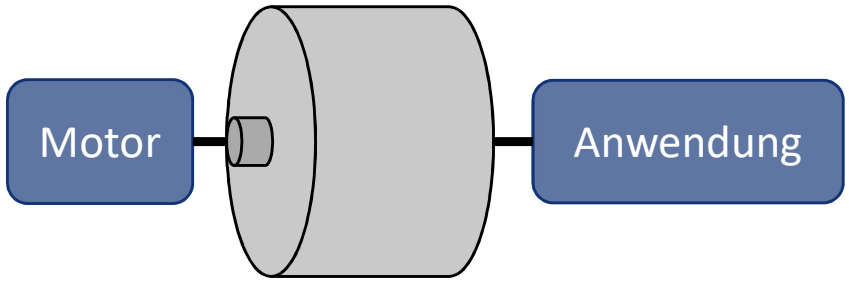
→ Maximale Moment bleibt aufgrund des Durchmessers begrenzt

## Einfaches Umlaufrädergetriebe



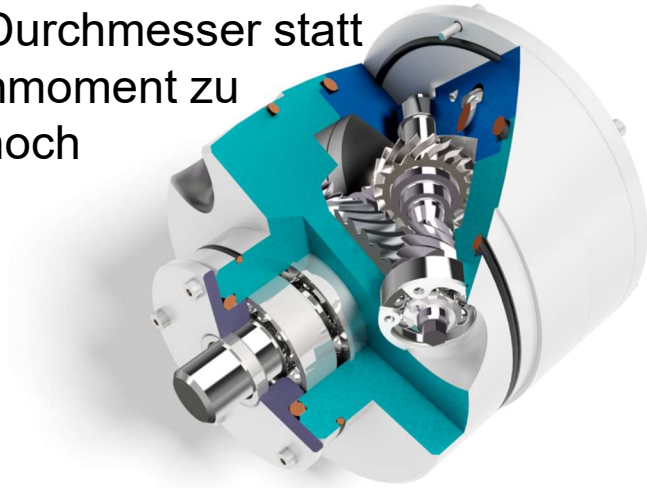

- je nach Übersetzung hohe Verlustleistung
- meist selbsthemmend

## HypoGear




- Der letzte Zahnkontakt findet an einem großen Durchmesser statt

→ Vermögen Drehmoment zu übertragen ist hoch

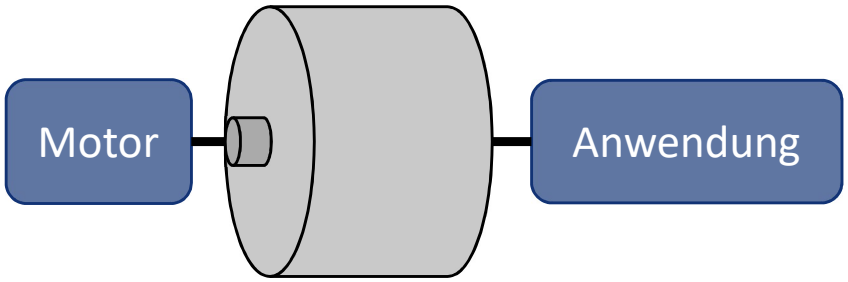


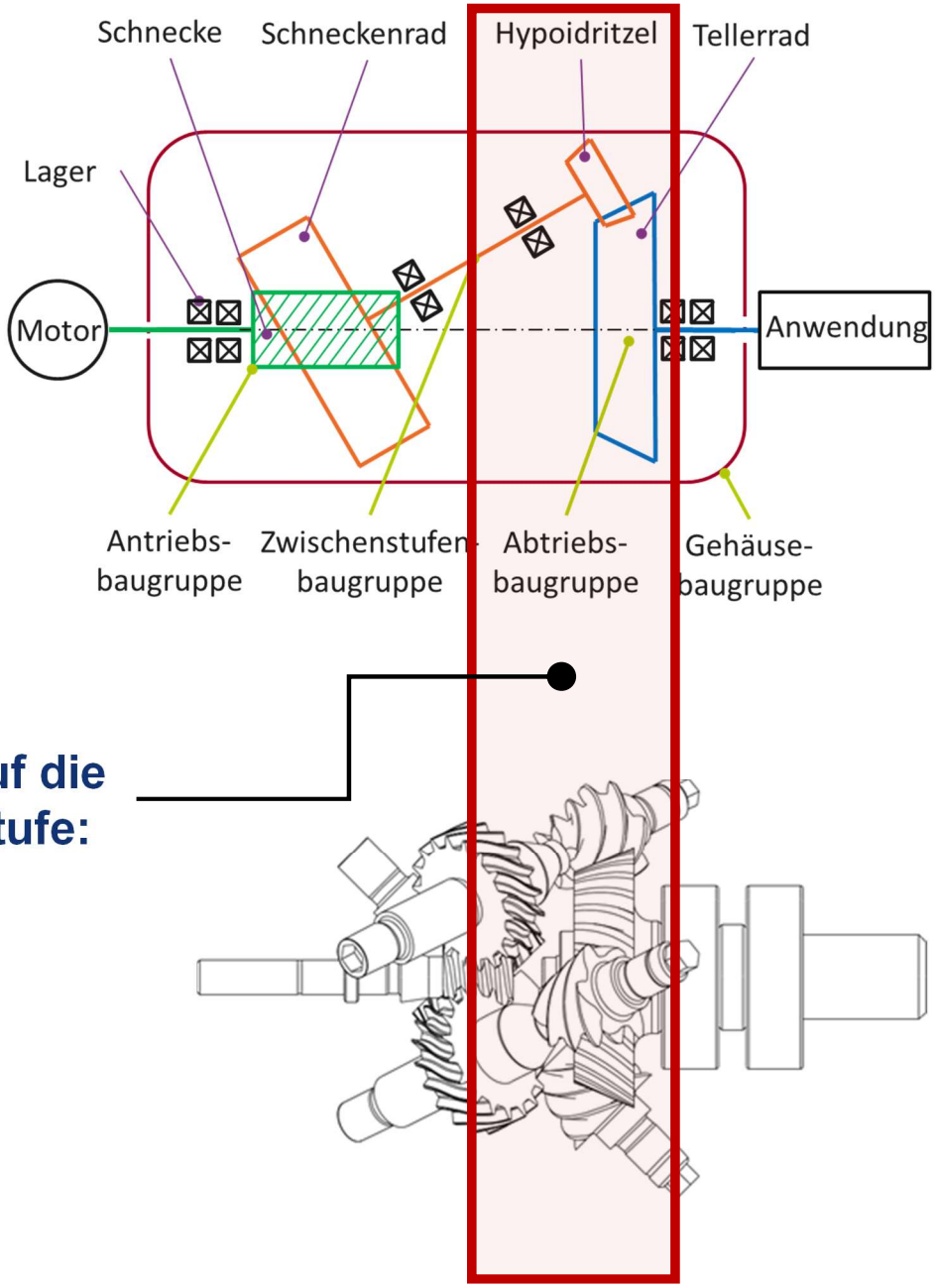
# Was ist HypoGear?

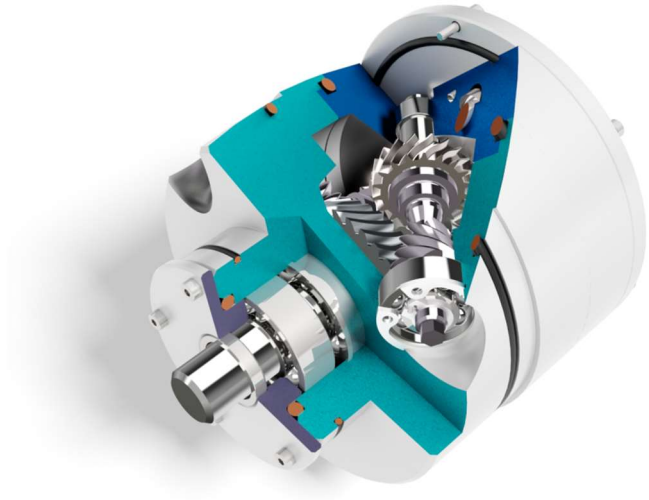
## Randbedingung

Gesamtübersetzung $i_{gesamt} \approx 90$

**HypoGear**



**Fokus auf die Hypoidstufe:**

# Übergang vom Hyperboloid zur Verzahnung

**Schritt 1:**

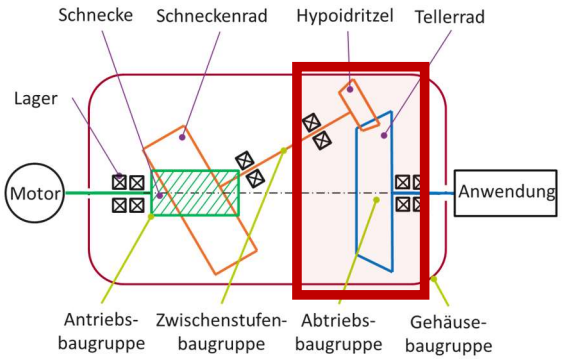
Generierung zweier einschaliger Hyperbolide mit Kontakt

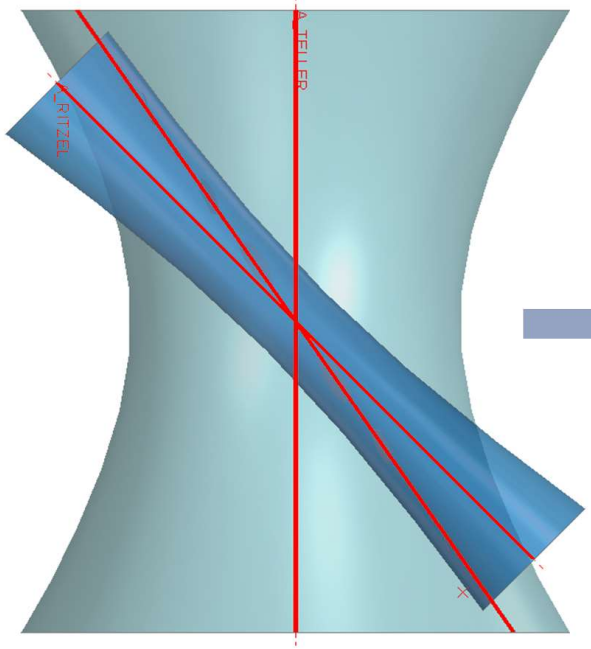
**Schritt 2:**

Berechnung der optimalen Flanken-Linien auf den Gleit-Wälzkörpern

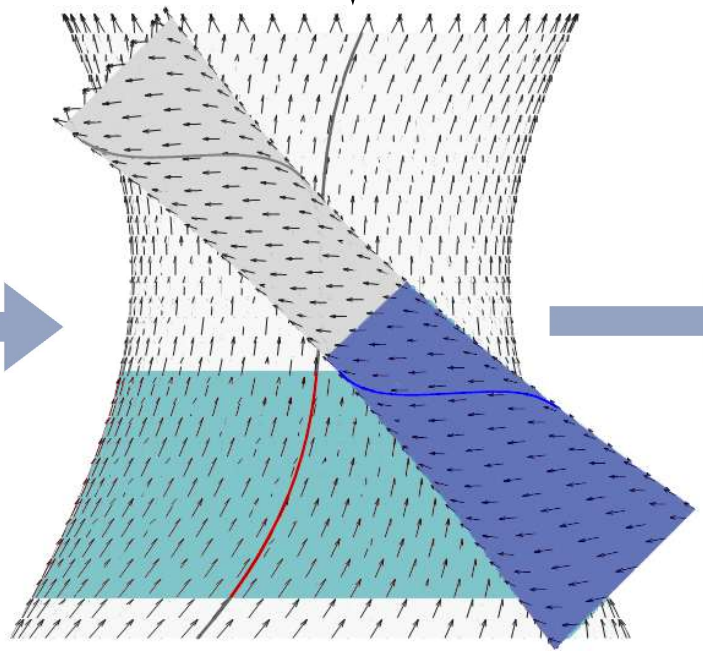
**Schritt 3:**

Aufbringen der konjugierten Verzahnung

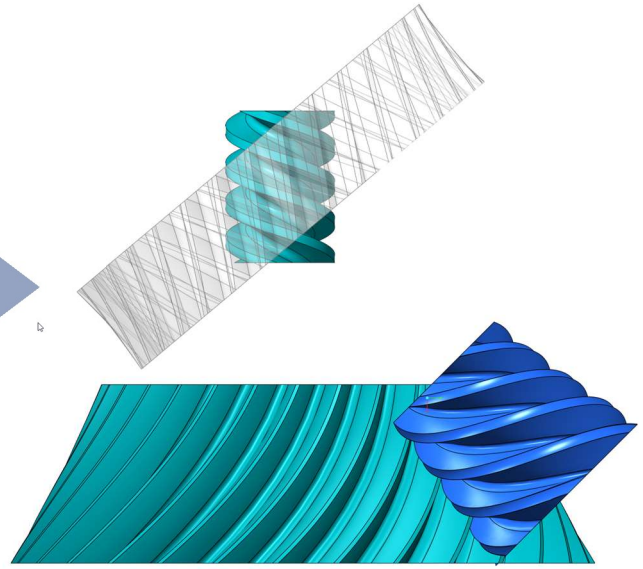



Gleit-Wälzkörper



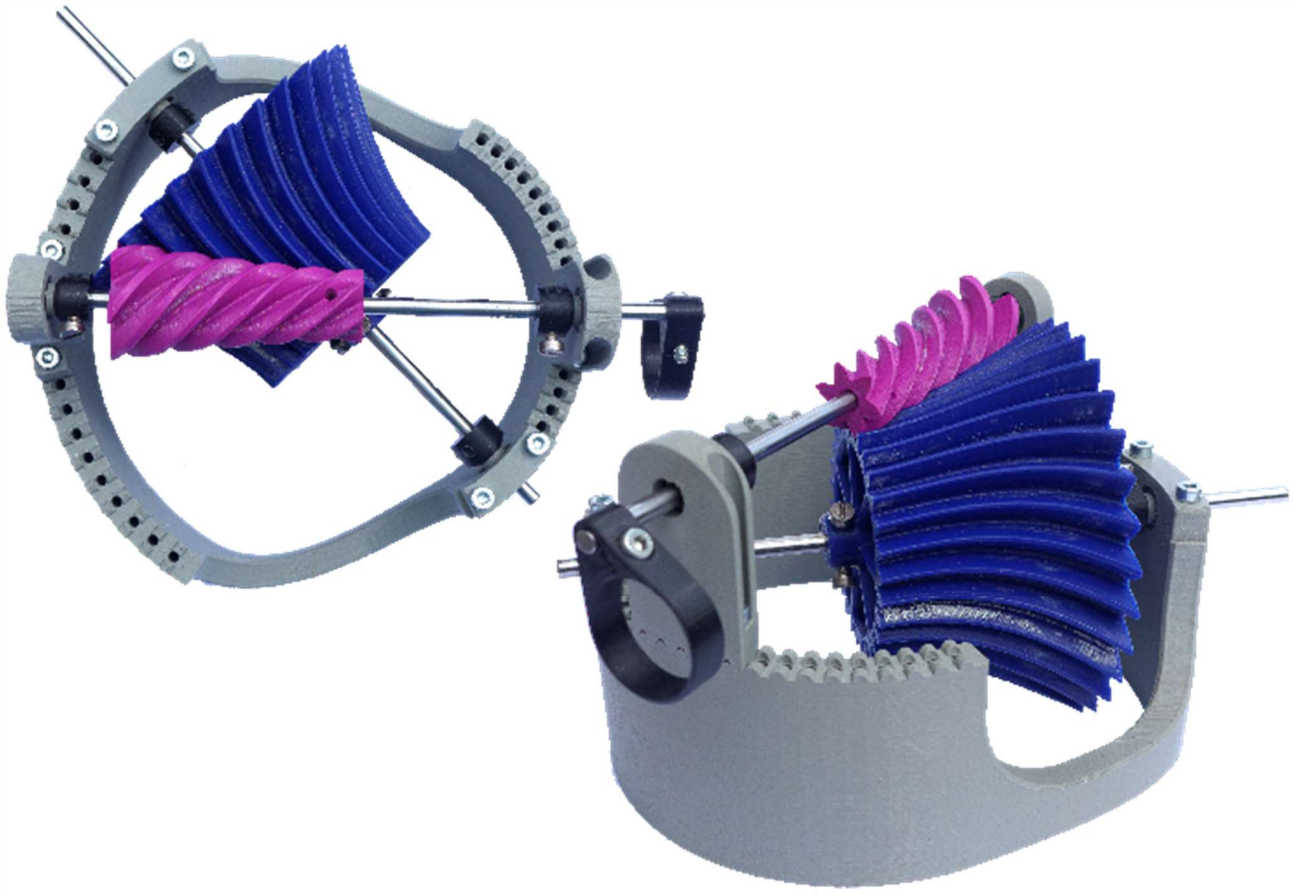
Gleit-Wälzkörper mit Flankenlinie



Konjugierte Verzahnung

# Anpassung an die Welt der Fertigung

## 3D-Druck Funktionsmuster



Das Modell kann auf Achswinkel $\delta_{Achs}$ von 0° bis 90° eingerichtet werden. Durch austauschbare Lagerböcke bleibt der Achsabstand variabel.

**3D-Druck als Lösung dieser Verzahnung?**

Als Funktionsmuster: **JA!**

Als Serienprodukt: **NEIN!**

**Ziel:**

Anpassung der Flankenlinie an herkömmliche Fertigungsverfahren

- Durchmesser Werkzeugkopf
- Position Werkzeugkopf
- Winkelversatz der Kinematik

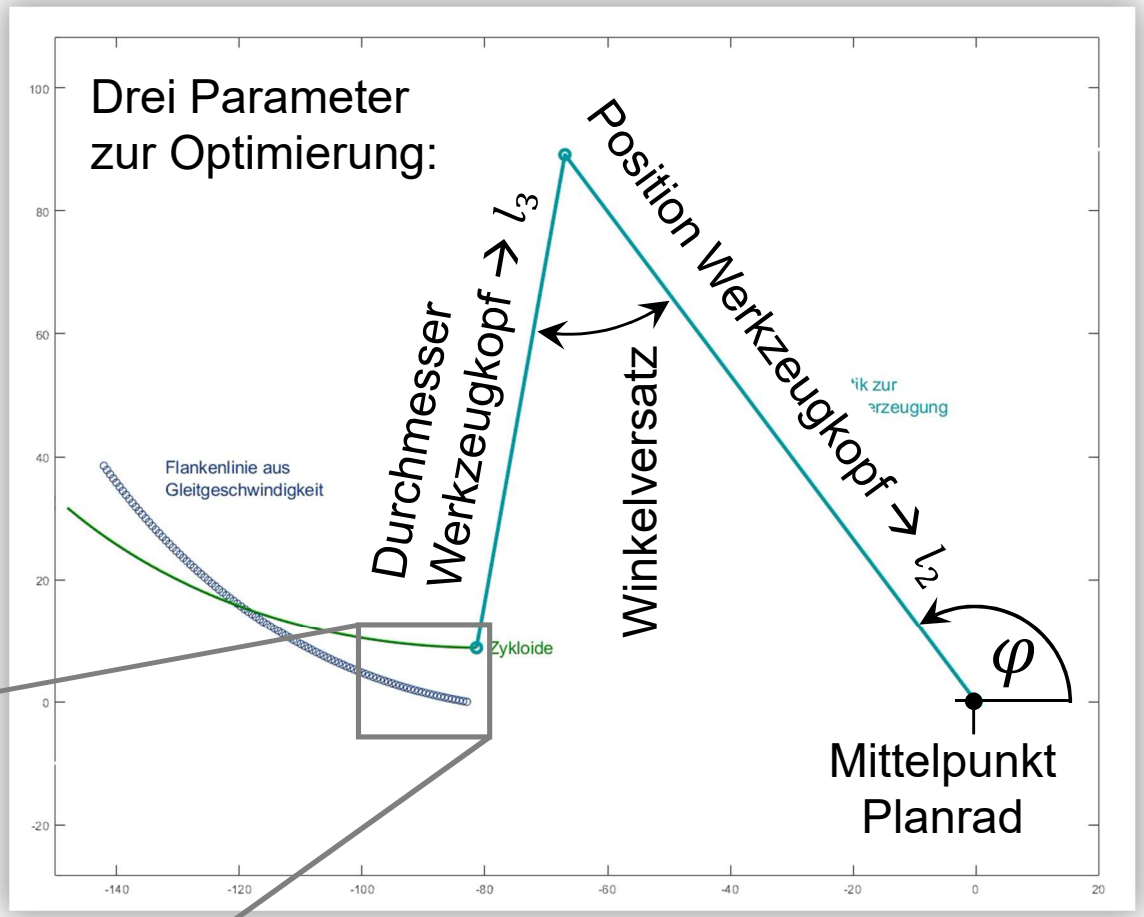
# Anpassung an die Welt der Fertigung

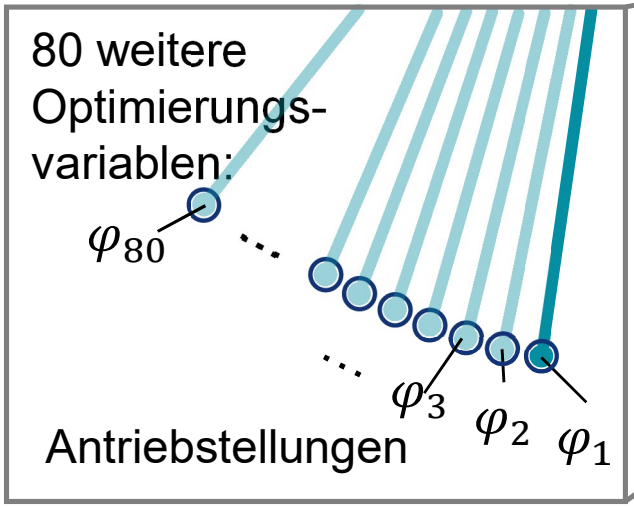
**Ziel:** Anpassung der Flankenlinie an herkömmliche Fertigungsverfahren

- Durchmesser Werkzeugkopf
- Position Werkzeugkopf
- Winkelversatz der Kinematik

**Vorgehensweise:**

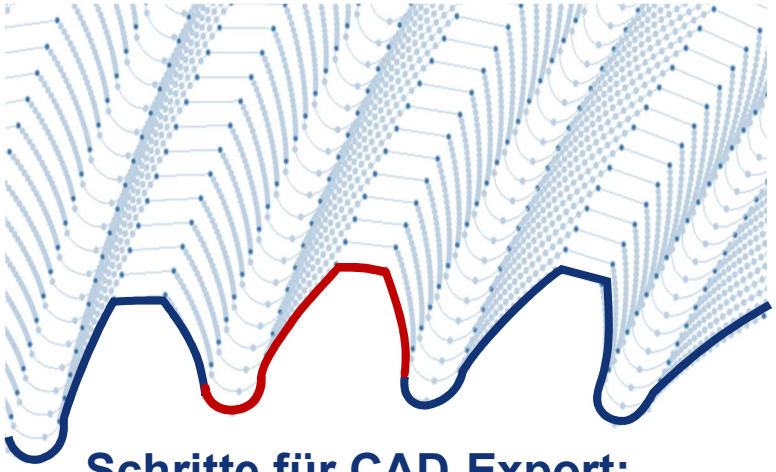
- Parametrisierung einer Zykloide
- Vorgabe einer geeigneten Startlösung
- Einschränken der Optimierung




→ Optimierung von 83 Parametern, aufgrund der zusätzlichen Parameter $\varphi_1$ bis $\varphi_{80}$

# Anpassung an die Welt der Fertigung



**Schritte für CAD-Export:**

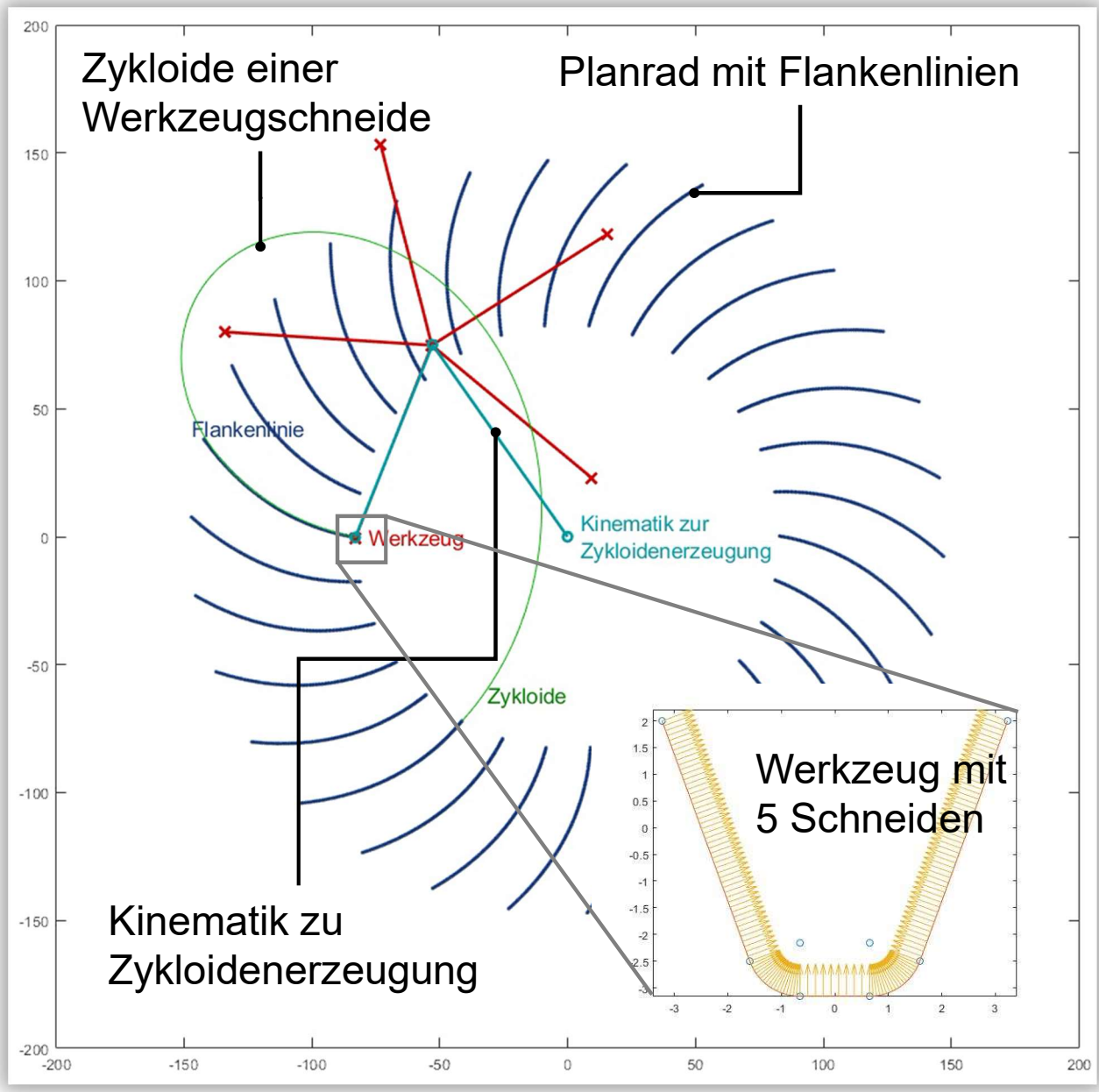
Zug und Schubflanke sind vorhanden

Berechnung von Zahnkopf und Zahnfuß

Erkennen der Reihenfolge von:

- Zugflanke
- Schubflanke
- Zahnfuß
- Zahnkopf

Vervielfachen der einzelnen Zahnkonturen je Schnittebene

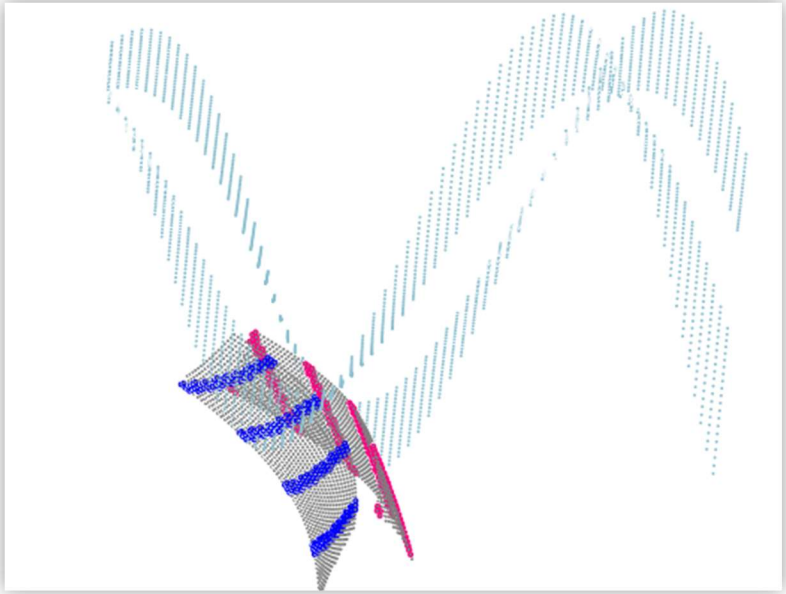


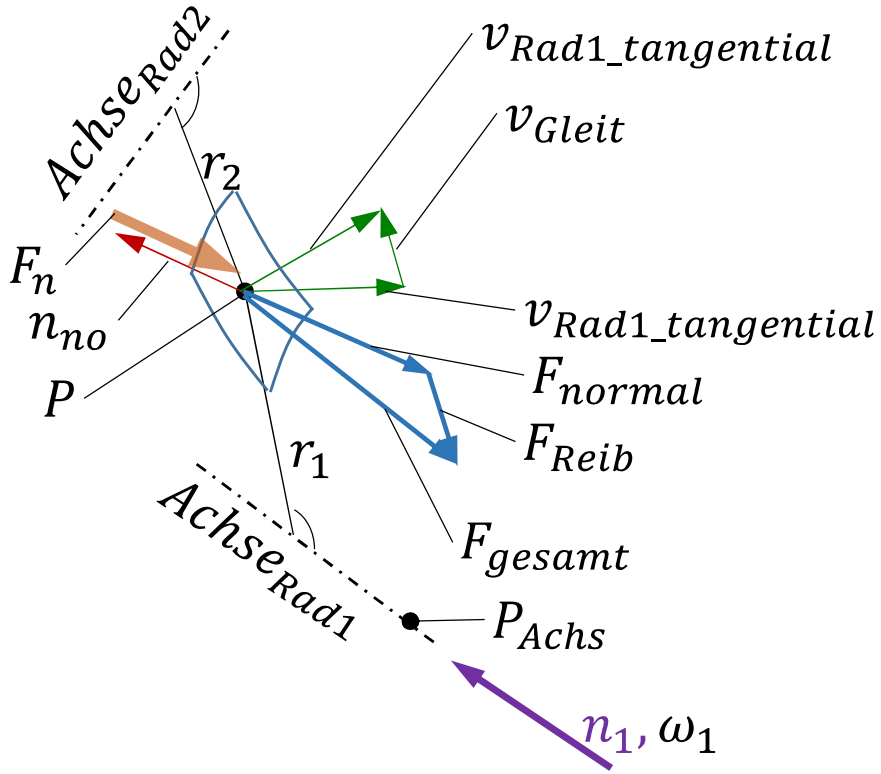
# Diskrete Wirkungsgradabschätzung

Ansatz zur Berechnung des Wirkungsgrades einer infinitesimal kleinen Flankenfläche

$$\eta_i = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_{Verlust}}$$

Aufteilung in Reibleistung, Wälzleistung und Verlustleistung

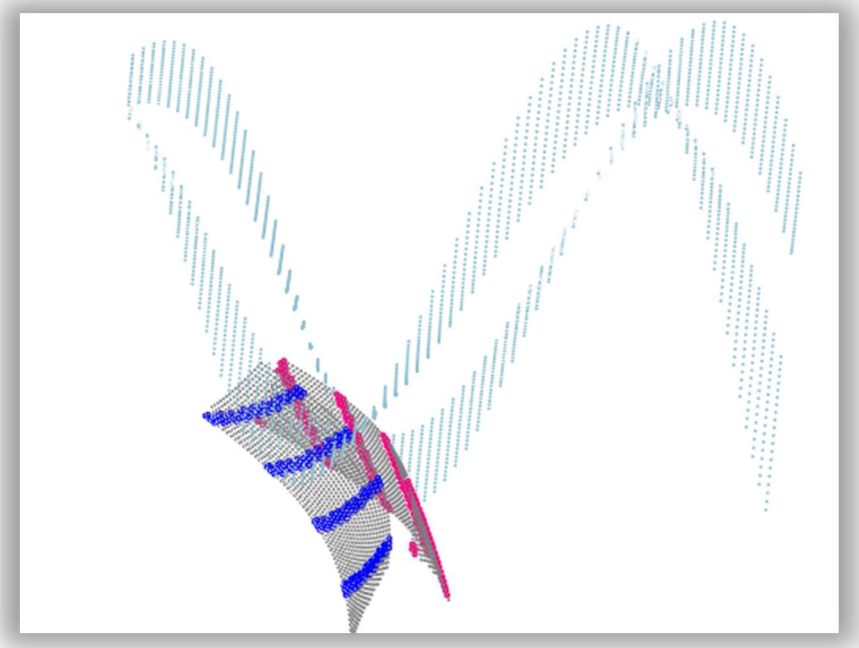




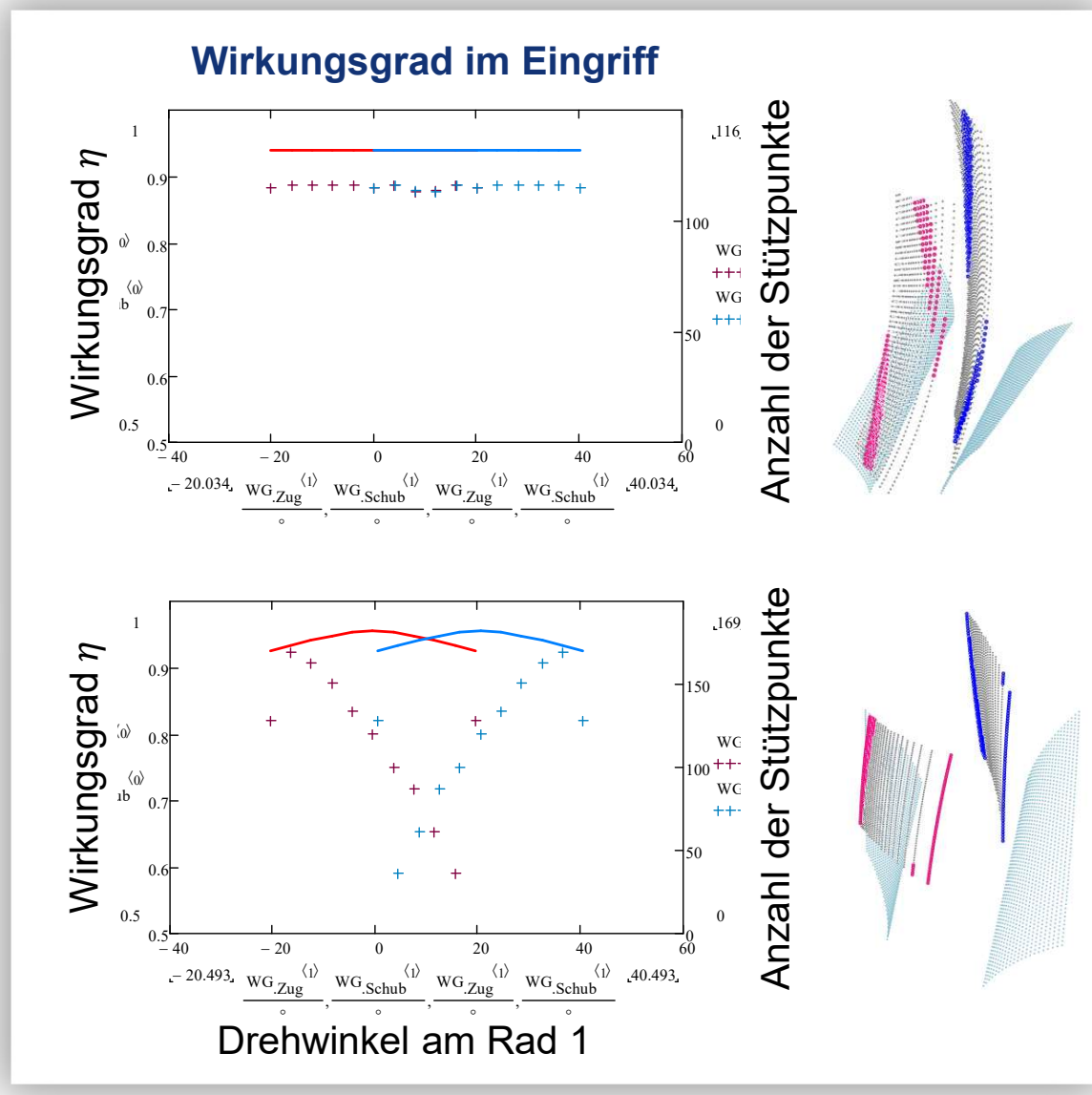

$$\eta_i = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_{Verlust}} = \frac{k \cdot r_1 + \mu \cdot reib}{k \cdot r_1 + \mu \cdot reib + \mu \cdot |v_{Gleit}|}$$

$$\bar{\eta} = \frac{\sum_0^{i_{max}} \eta_i}{i_{max}}$$

# Diskrete Wirkungsgradabschätzung



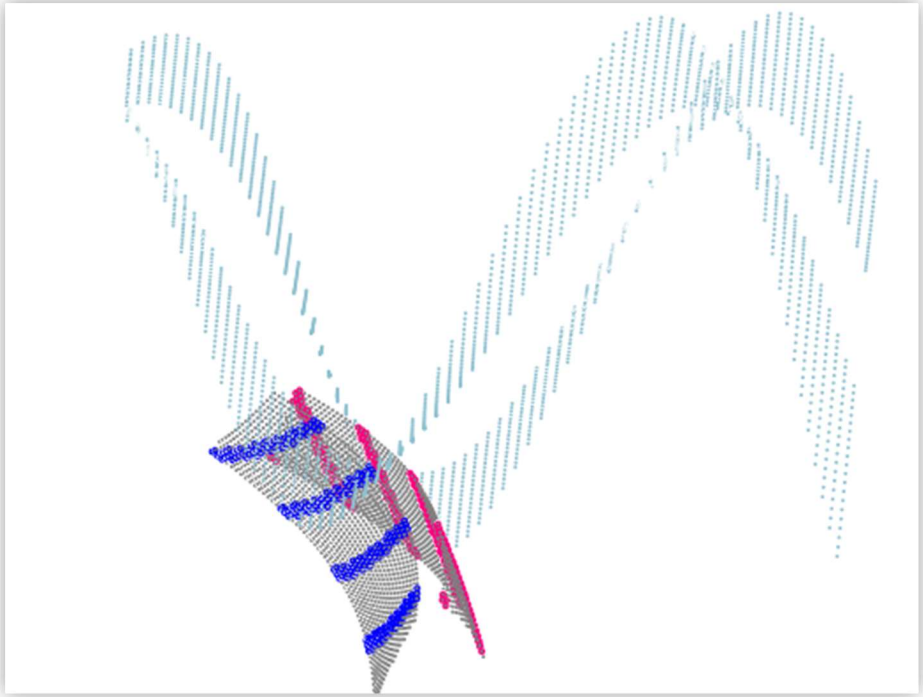
$$\bar{\eta} = \frac{\sum_0^{i_{max}} \eta_i}{i_{max}}$$

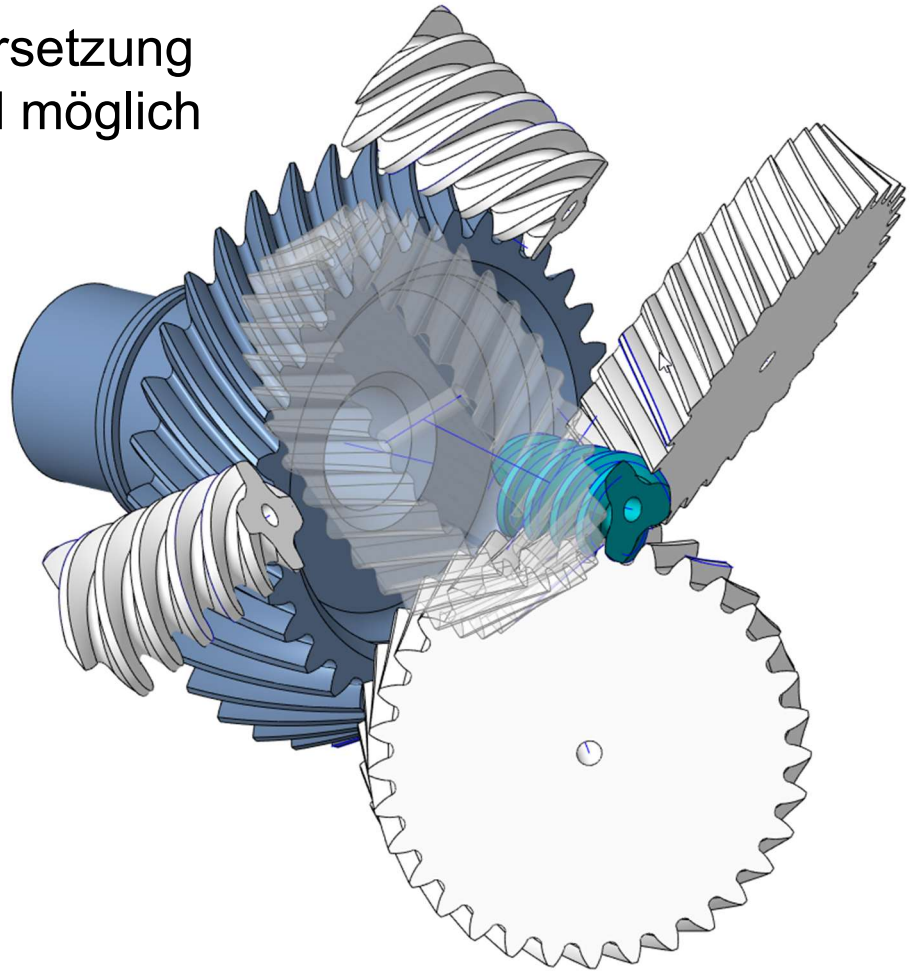



Während des Zahneingriffs wandern die Kontaktlinien entlang der Flanken
→ Betrachtung der Punkte die gleichzeitig im Eingriff sind

# Diskrete Wirkungsgradabschätzung

Verschiedene Aufteilungen der Gesamtübersetzung zwischen Schnecken- und Hypoidstufe sind möglich





$$\bar{\eta} = \frac{\sum_0^{i_{max}} \eta_i}{i_{max}}$$

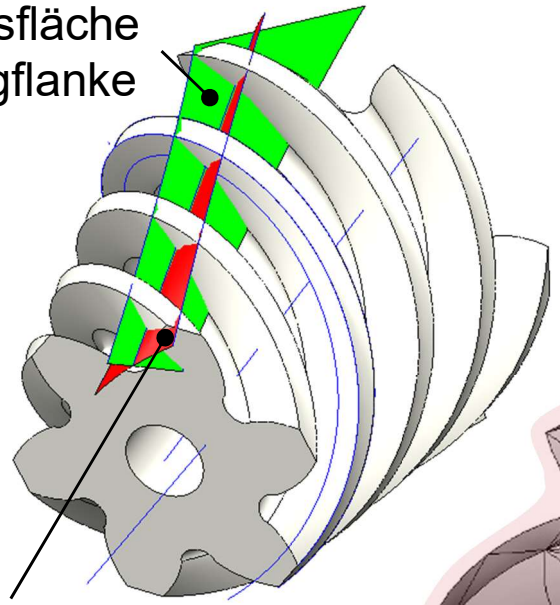
$$80\% < \eta_{Hypoid} < 92\%$$

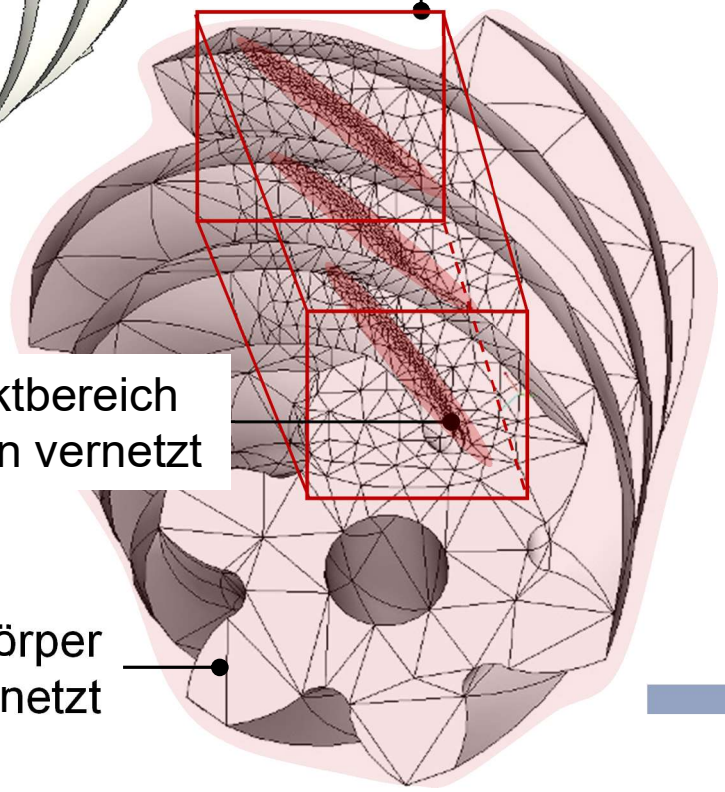
$$60\% < \eta_{Schnecke} < 85\%$$

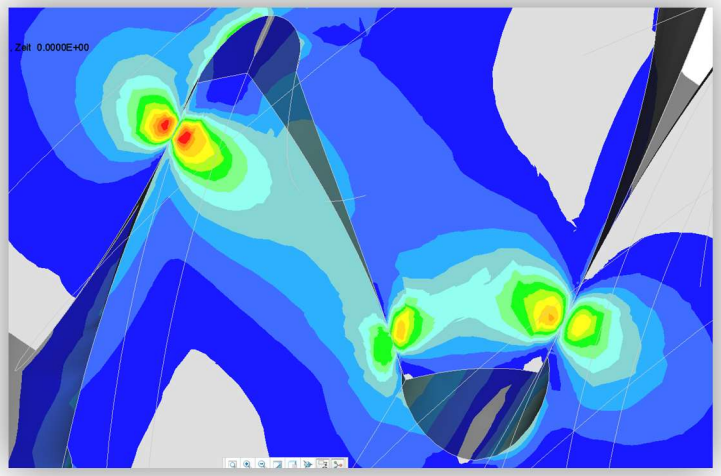
$$\eta_{gesamt}$$

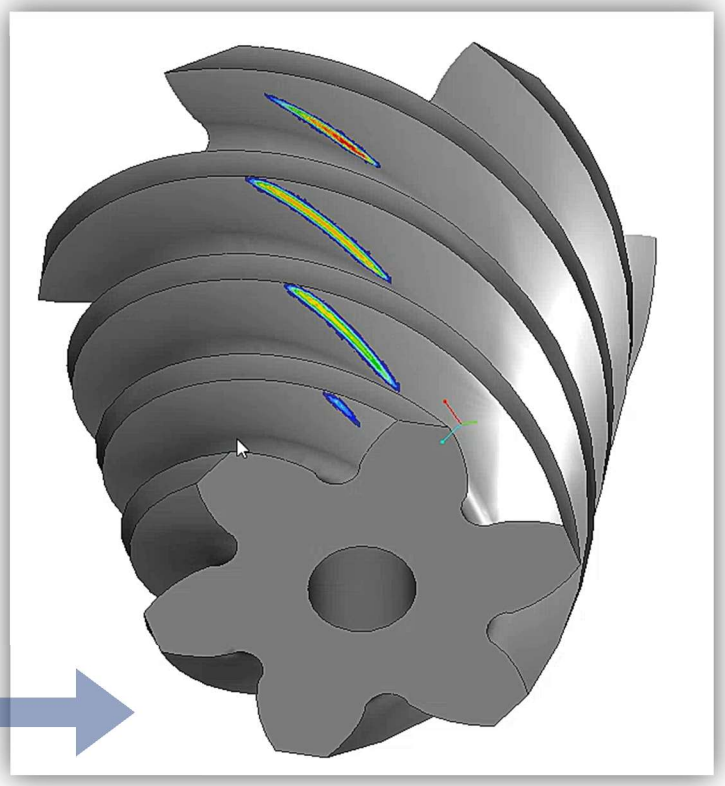
# Statische Kontaktsimulation

## Aus der Berechnung bekannt:





# Zusammenfassung & Ausblick

## Nachteile am Konzept

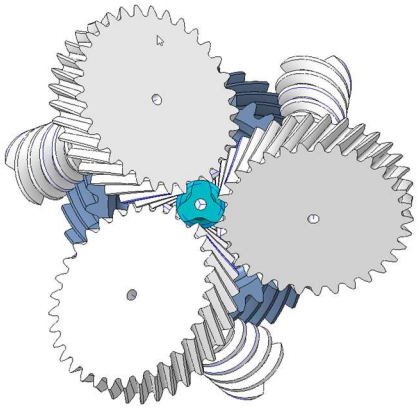
- Aufwändige Fertigung
- Justagemöglichkeit zwingend erforderlich

## Was wurde nicht angesprochen?

- Montagekonzepte
- Gehäuse Bauformen
- Toleranzkonzept
- Angestrebte Baugröße: Ø –Tellerrad < 25 mm

## Bekannte Vorteile

- Hohe Sprungüberdeckung der Verzahnungen
- Laufruhe durch große Drehzahlreduktion in der Schneckenstufe



- Übersetzungsaufteilung legt Eigenschaften fest
- Großes Drehmoment pro Durchmesser

## Ausblick

- Fertigung Prototyp
- Erkenntnisgewinn auf einem Getriebeprüfstand

TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

# 11. SAXSIM

Thema:

**Untersuchungen am koaxialen Getriebe „HypoGear“**


**Professur Montage- und Handhabungstechnik**
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger

Email: mht@mb.tu-chemnitz.de
Tel: +49 (0) 371 531 – 32841
Fax: +49 (0) 371 531 – 23739

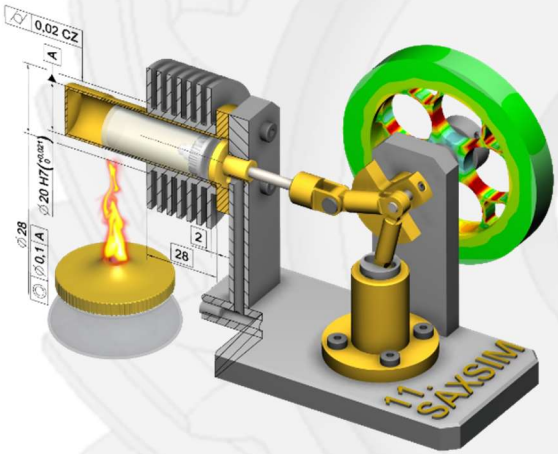
www.tu-chemnitz.de/mb/mht

**Technische Universität Chemnitz**
Fakultät für Maschinenbau
Professur Montage- und Handhabungstechnik
Reichenhainer Straße 70
D-09126 Chemnitz


Qualitätsmanagement ISO 9001:2008
Zertifikats-Reg.-Nr. 103325 QM08

# Vielen Dank

# für Ihre Aufmerksamkeit





**Kontaktdaten:**
Florian Eigner, M. Sc.
Tel.: 0371 / 531 – 31915
E-Mail: florian.eigner@mb.tu-chemnitz.de