



# **TOP 8:** **Neuartiges Verfahren zum Verzahnungsprägen an** **Sicherungsscheiben**

André Weiß, M.Sc.

Referent: Tahsin Deliktas, M.Sc.



**Herbstsitzung – Arbeitskreis Kaltpressen**

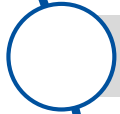
Arbeitskreis für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens

**IFU**

# Agenda



## Stand der Technik



Verfahrensgrundlagen



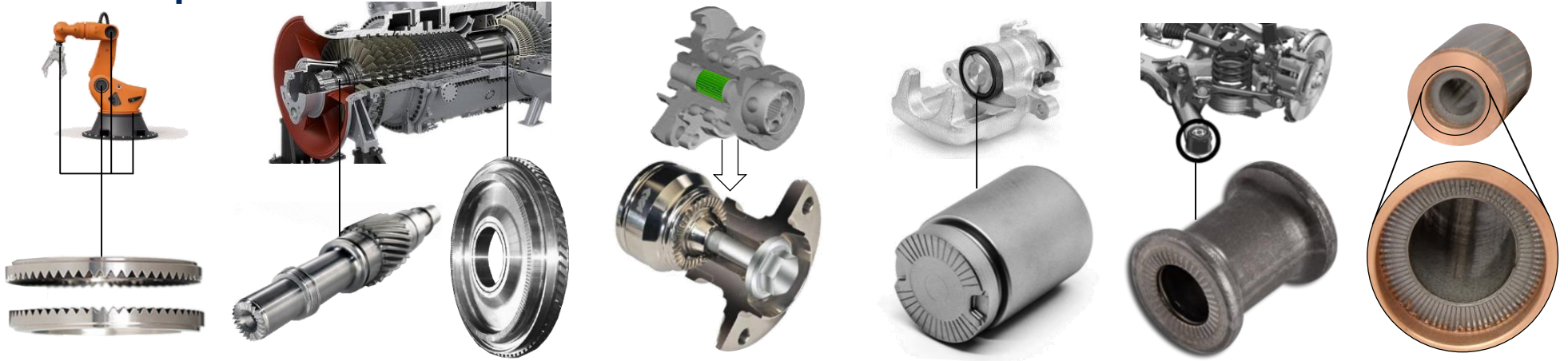
Numerische Verfahrensuntersuchung



Experimentelle Verfahrensuntersuchung

# Stand der Technik

## Bauteilspektrum



## Herstellungsverfahren



Urformend



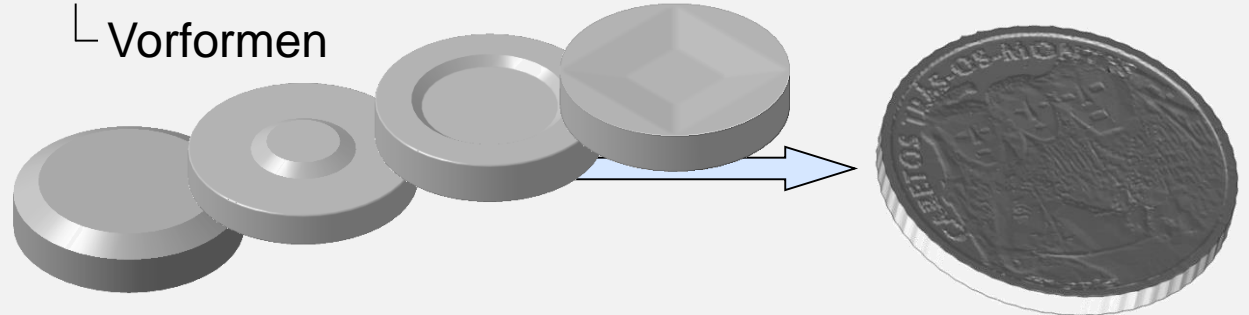
Umformend



Trennend

Erweiterung der Verfahrensgrenzen

└ Vorformen



**Vorformgeometrie unabhängig von Zielgeometrie!**

Neuartiges Verfahren zum Verzahnungsprägen an Sicherungsscheiben

André Weiß, M.Sc. | 02.11.2023 | Folie 3

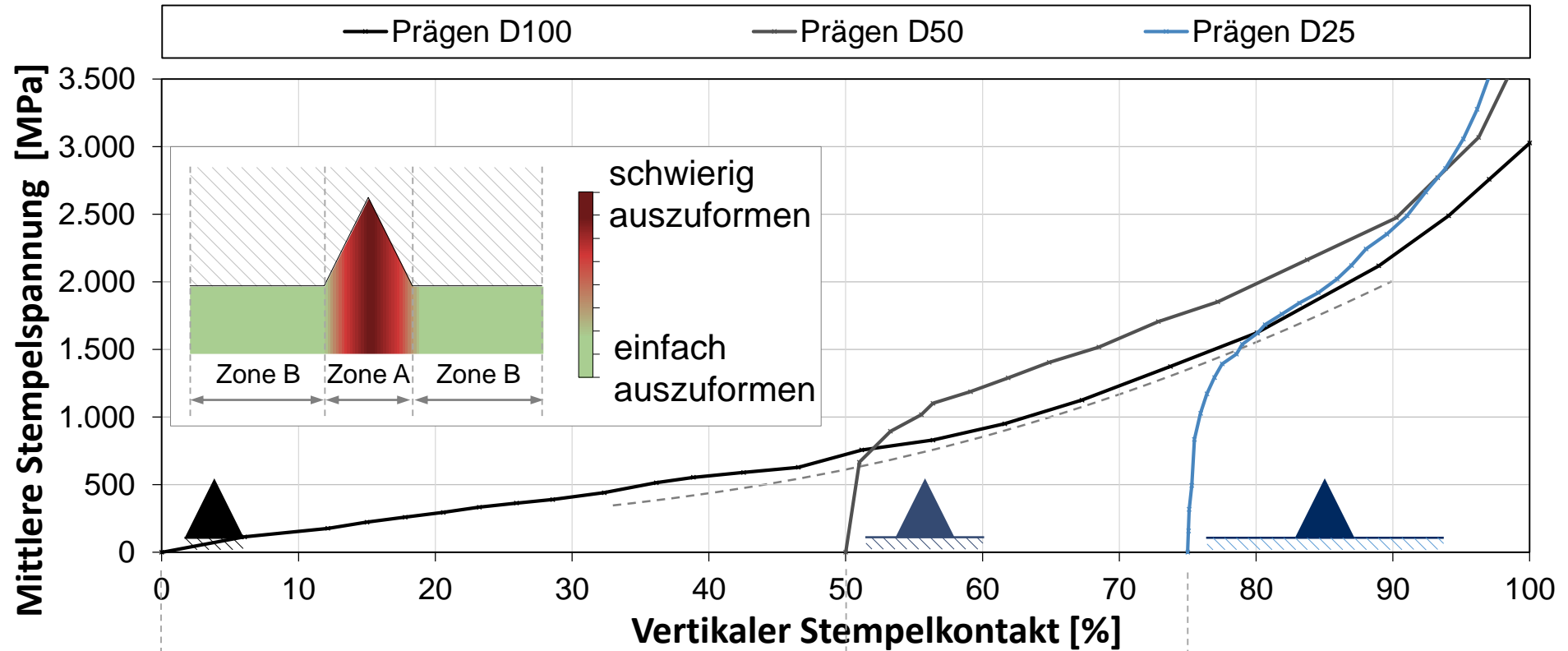


Universität Stuttgart



# Stand der Technik

## Prägen



25% Zahndichte

Zone B Zone A

50% Zahndichte

Zone B Zone A

100% Zahndichte

Zone A

# Verfahrensgrundlagen

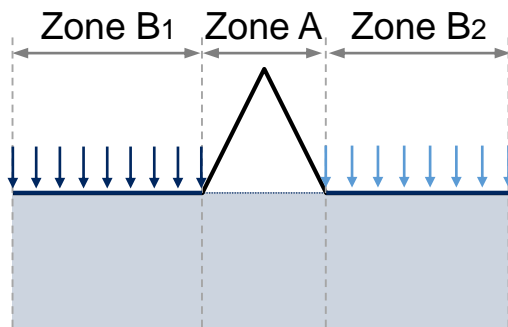
Die wissenschaftliche Aufgabenstellung in diesem Projekt lautet ...

Entwicklung eines Verfahrens, mit dem die Werkstoffvorverteilung systematisch an die Formelementgeometrie angepasst wird.

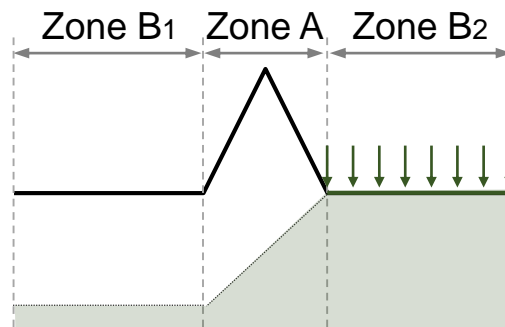
## Forschungshypothese

Wird der Werkstück-Stempelkontakt in schwierig auszuformende Zonen (Zahnspitze in Zone A) vor dem Kontakt in einfach auszuformenden Zonen (Zahnfuß in Zone B) erzeugt, kann eine hohe Formfüllung mit geringen Prozesskräften erreicht werden.

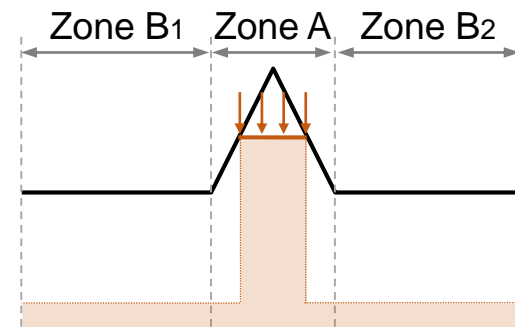
Prägen



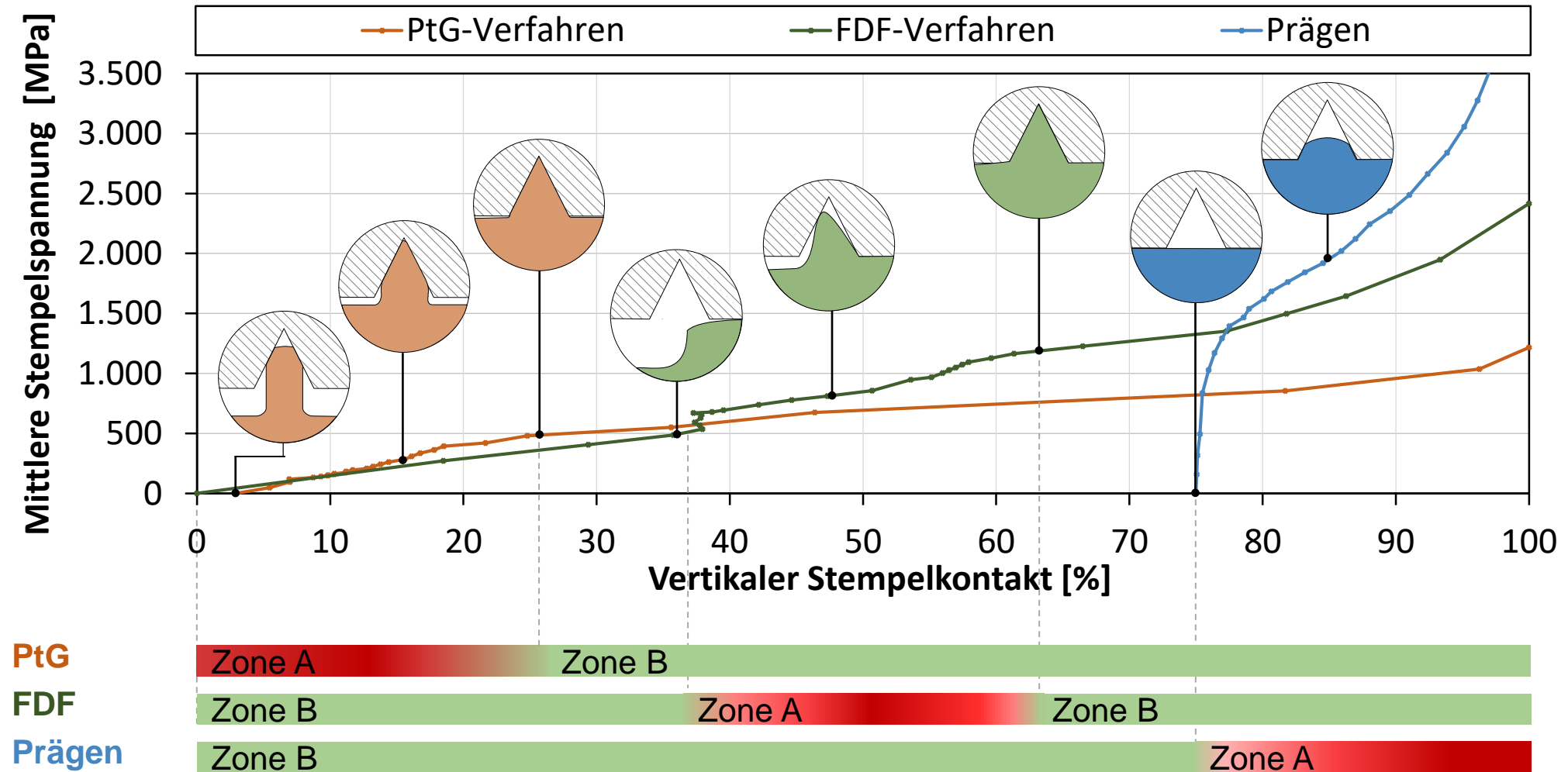
FDF - Verfahren



PtG - Verfahren

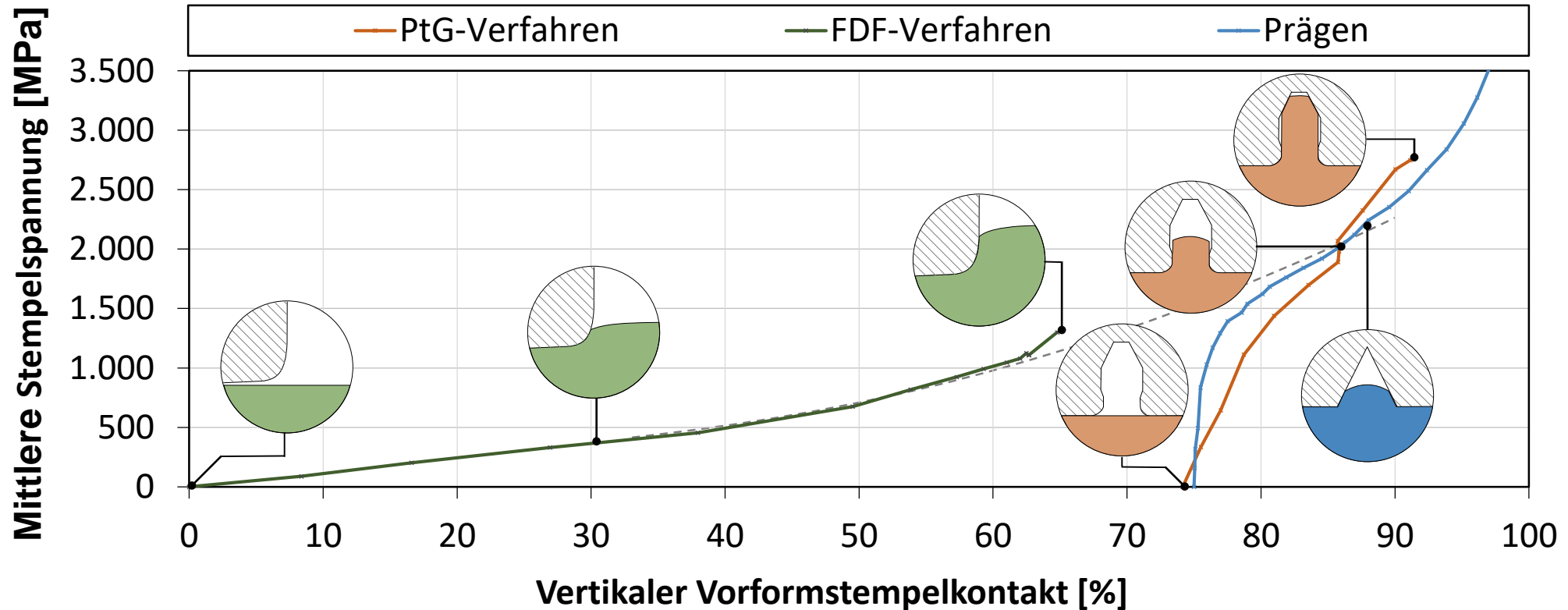


# Verfahrensgrundlagen





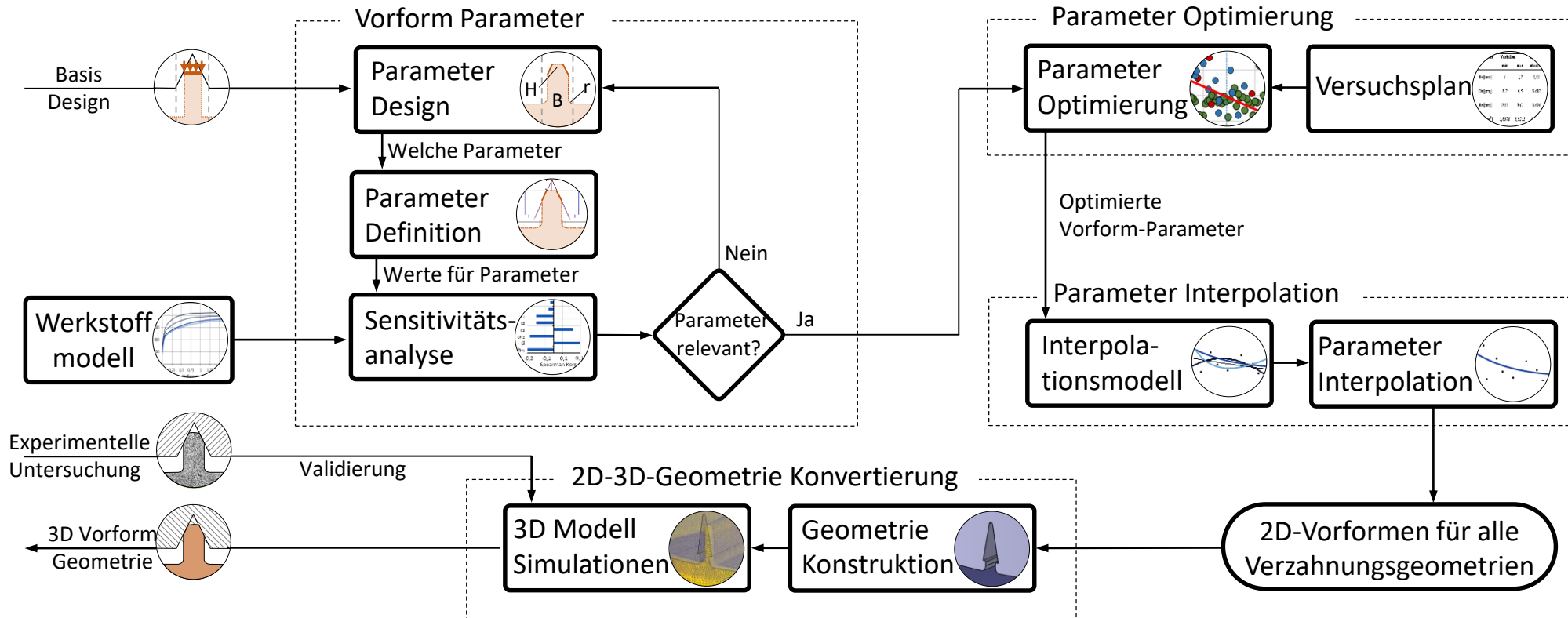
# Verfahrensgrundlagen



## Anwendungsgebiete

- FDF-Verfahren für Bauteile mit wenigen Zähnen auf großer Fläche (Zahndichte)
- Pin-to-Gear-Verfahren für hohe / mittlere Verzahnungsdichten und extreme Verzahnungsgeometrien

# Numerische Verfahrensuntersuchung



## Vorgehen

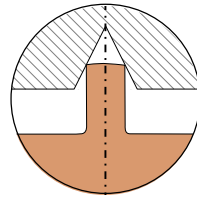
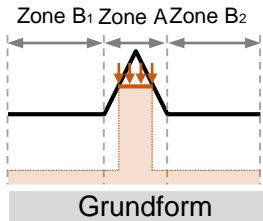
- Abfolge von vier numerischen Untersuchungsschwerpunkten mit nachfolgender experimentellen Untersuchung und Validierung für das FDF- & PtG-Verfahren



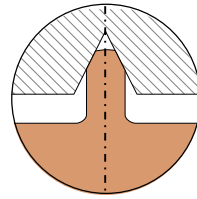
# Numerische Verfahrensuntersuchung

## Materialvorverteilung der Verfahren Definition

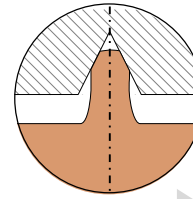
### Prägen



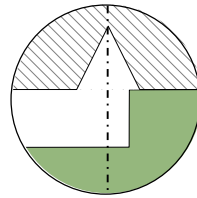
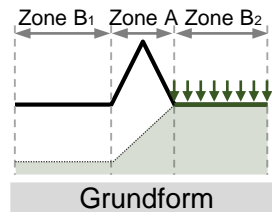
1. Iteration



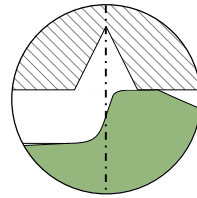
2. Iteration



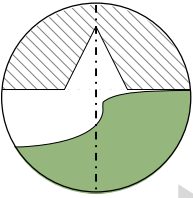
3. Iteration



1. Iteration

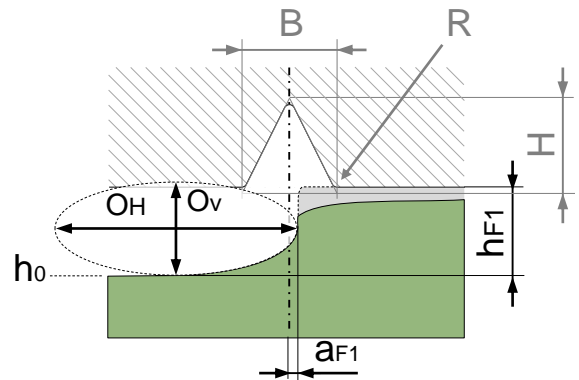
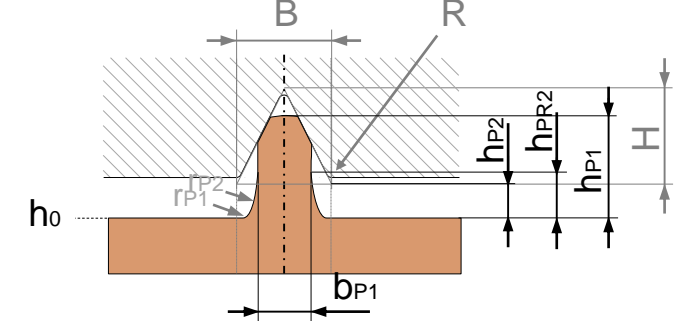


2. Iteration



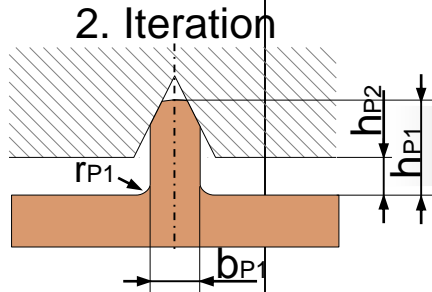
3. Iteration

### PtG - Verfahren



# Numerische Verfahrensuntersuchung

## Vorform Parameter Definition

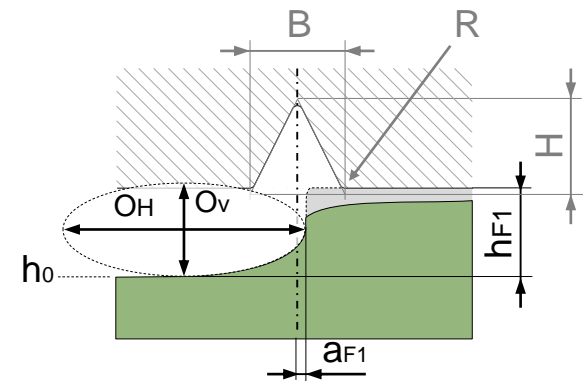
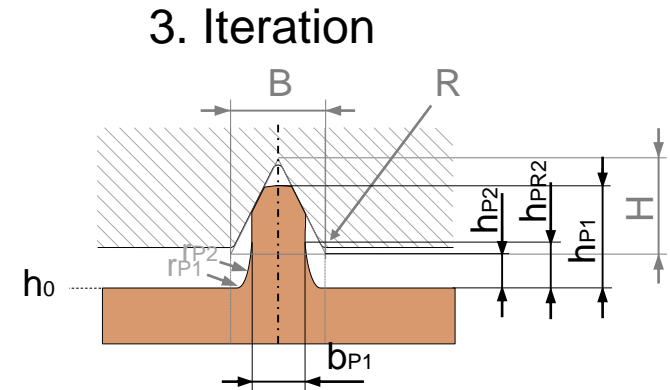
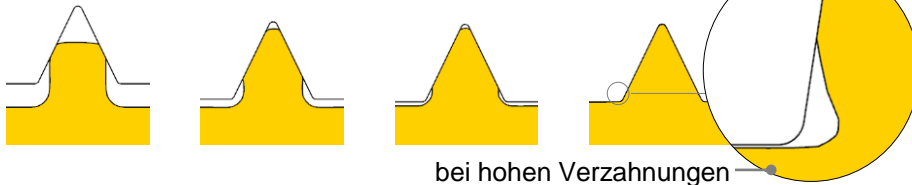


## 3. Iteration?

DOE- Simulationen  
Sensitivitätsanalyse

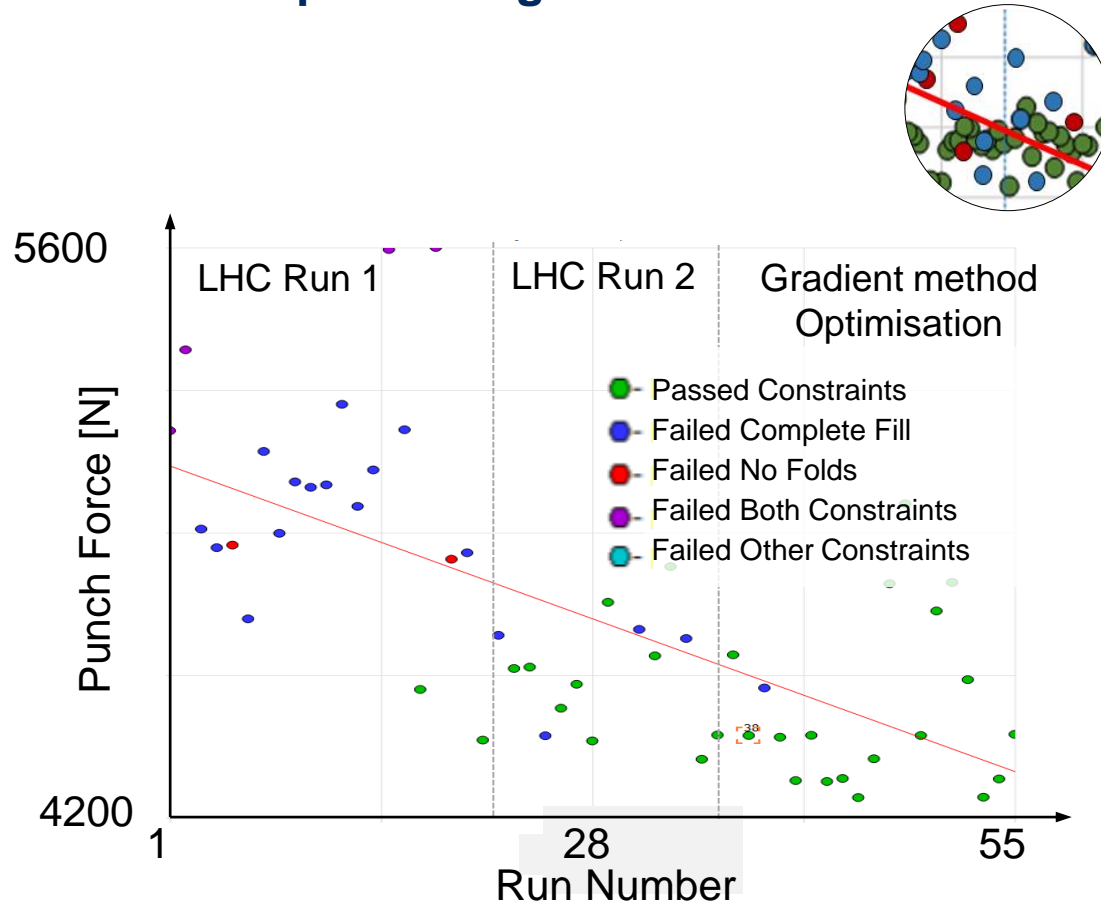
## Erkenntnisse 2. Iteration

- Parameter  $r_{P1} = R$  der Verzahnung bei Iteration 3
- Bereits kleine Variationen von  $b_{P1}$  führen zu Bauteilfehlern
- Vorform gegen Unterfüllung bei hohen Verzahnungen anpassen  $\Rightarrow r_{P2}$

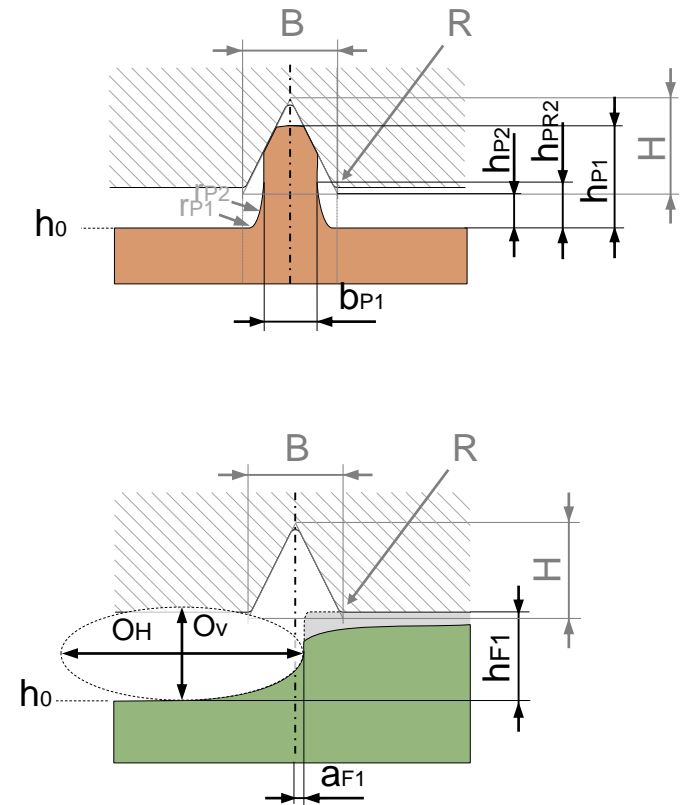


# Numerische Verfahrensuntersuchung

## Parameter Optimierung

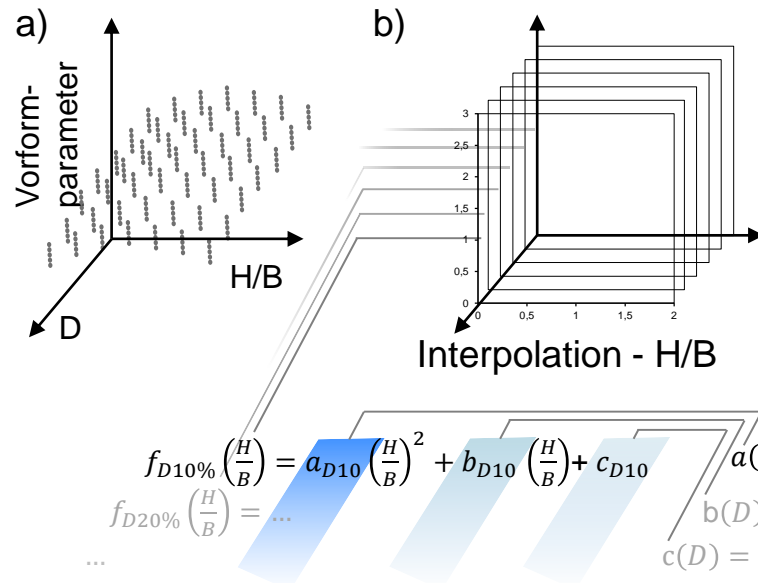


## Vorform Parameter



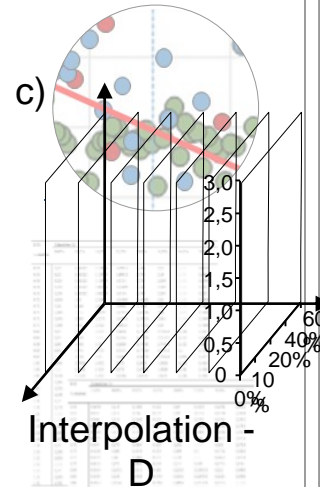
# Numerische Verfahrensuntersuchung

# Parameter Interpolation

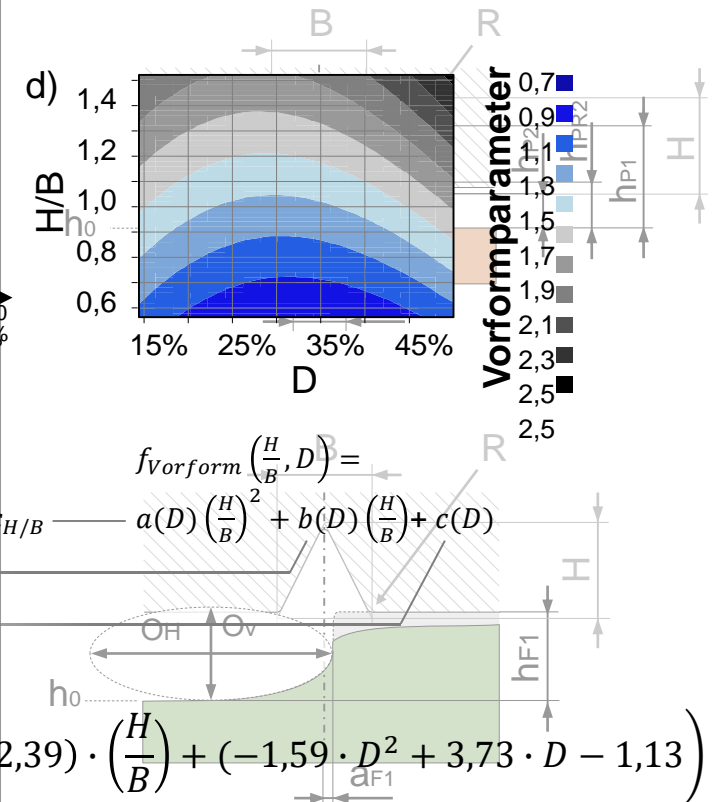


$$f_{aF1} = \left( 5,5 \left( \frac{H}{B}, D \right) \cdot D^2 - 1,25 \cdot D - 0,49 \right) \cdot \left( \frac{H}{B} \right)^2 + (-1,63 \cdot D^2 - 4,92 \cdot D + 2,39) \cdot \left( \frac{H}{B} \right) + (-1,59 \cdot D^2 + 3,73 \cdot D - 1,13)$$

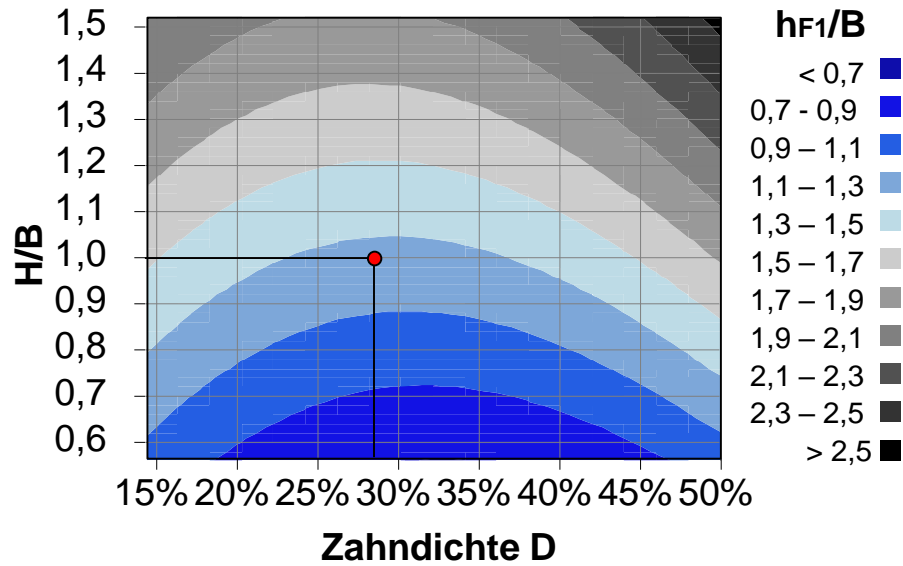
Opt



## Vorform Parameter



## Parameter Interpolation



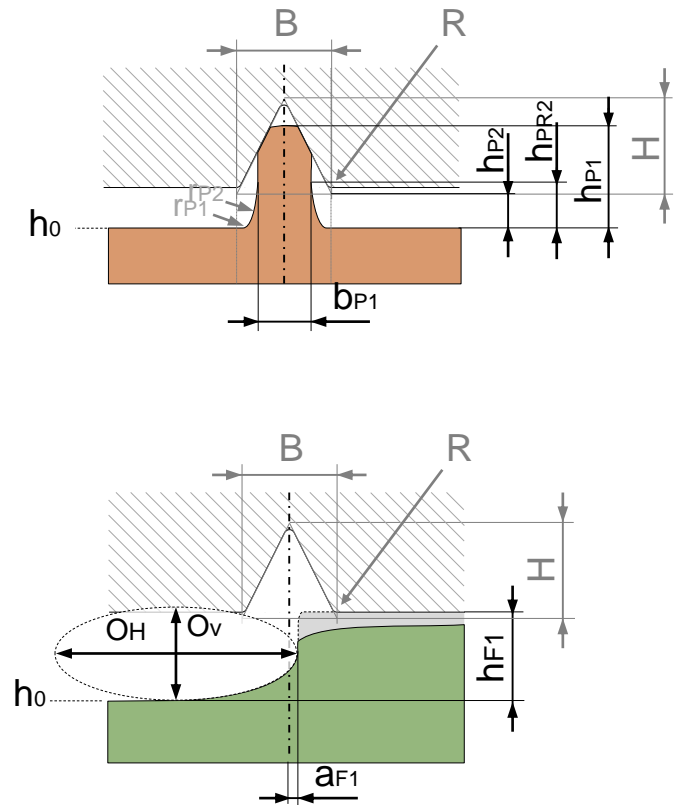
### Verzahnung

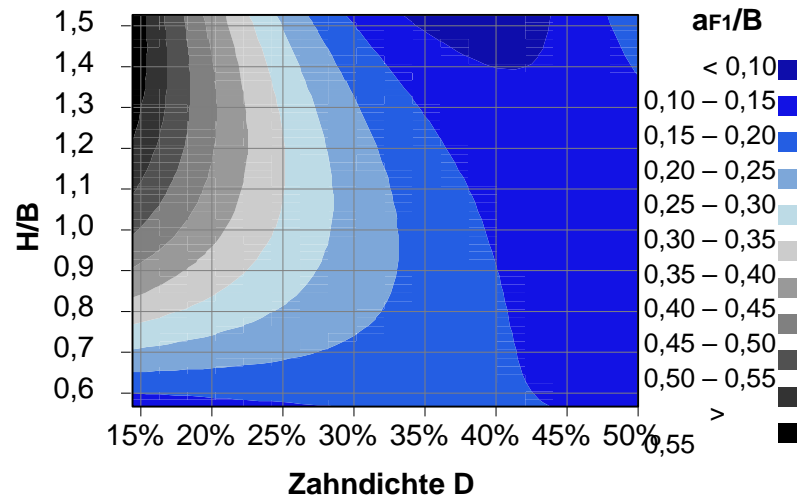
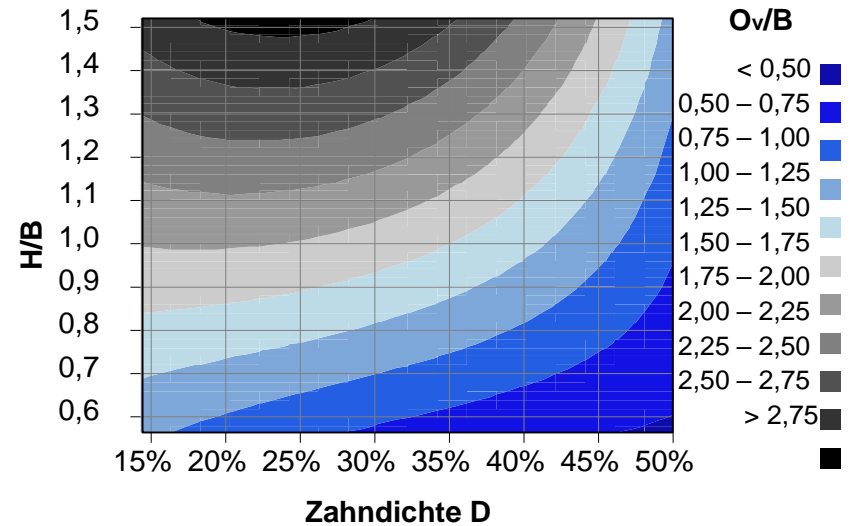
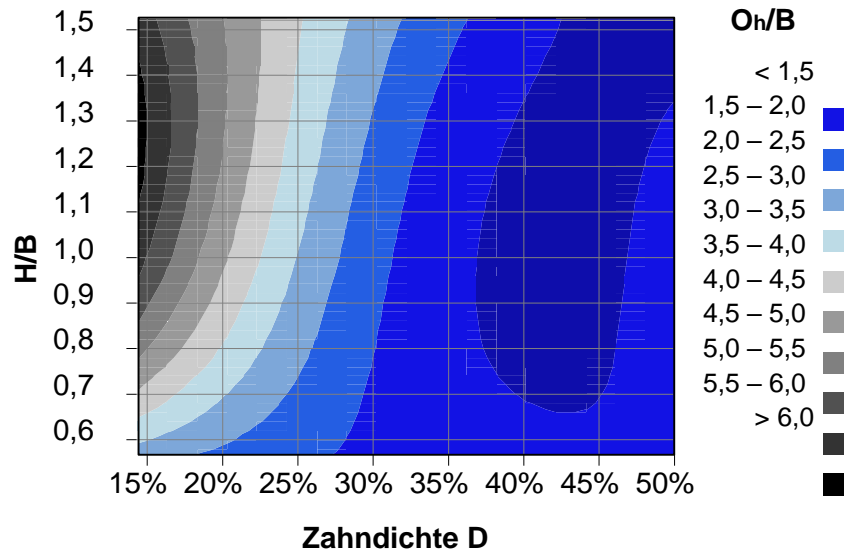
B	H/B	D
[mm]		[%]
1,5	1,0	28

### Vorform

$h_{F1}$	$a_{F1}$	$O_v$	$O_H$
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1,86	0,37	2,51	3,57

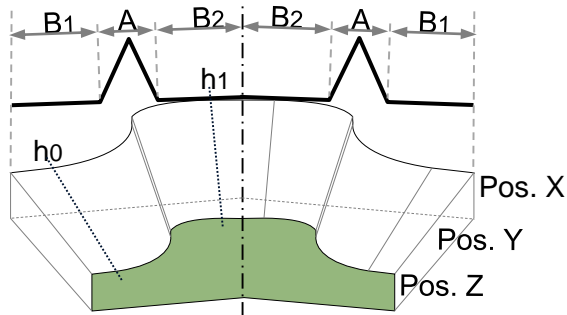
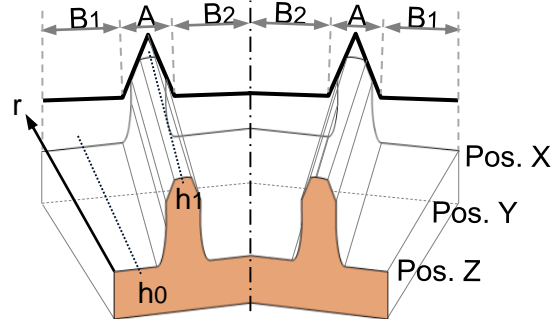
## Vorform Parameter



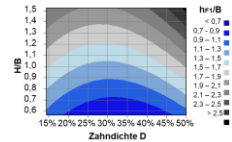
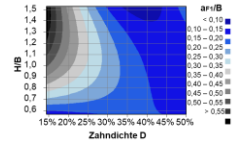
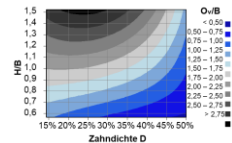
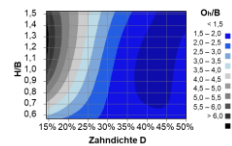
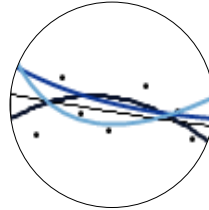


# Numerische Verfahrensuntersuchung

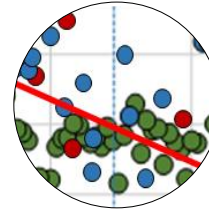
## 2D-3D Vorform



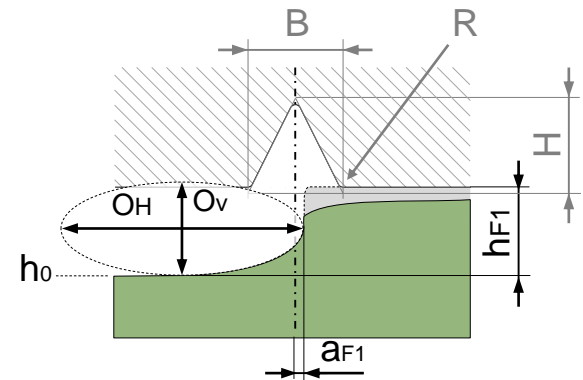
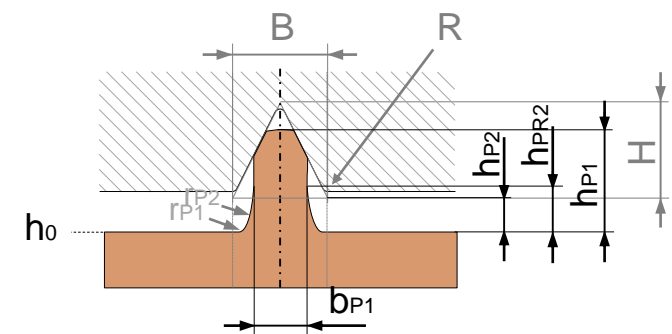
# Interpol



# Opt

[illegible]

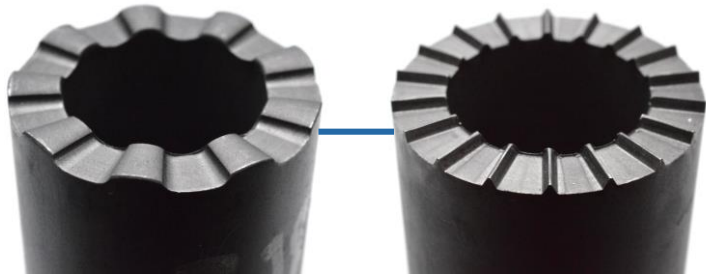
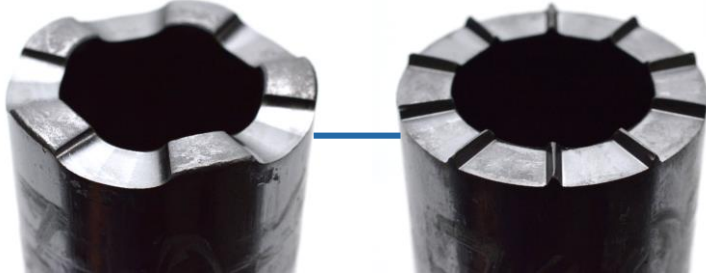
## Vorform Parameter



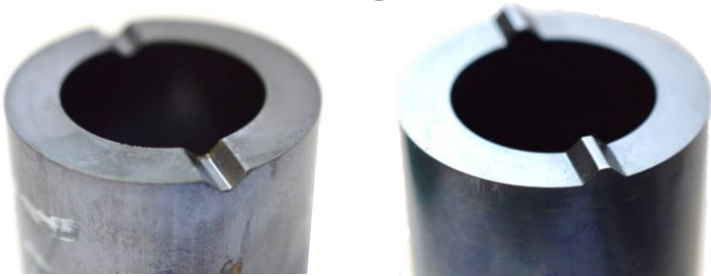


# Experimentelle Verfahrensuntersuchung

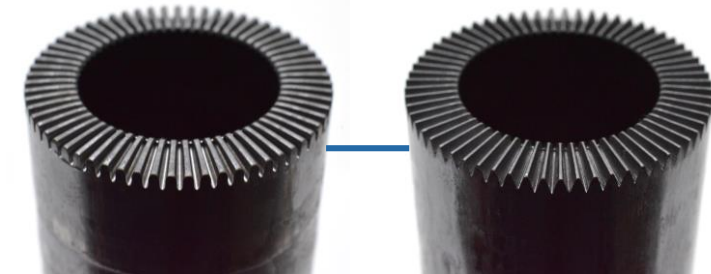
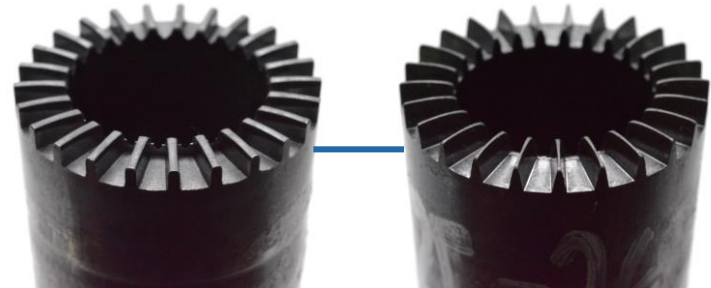
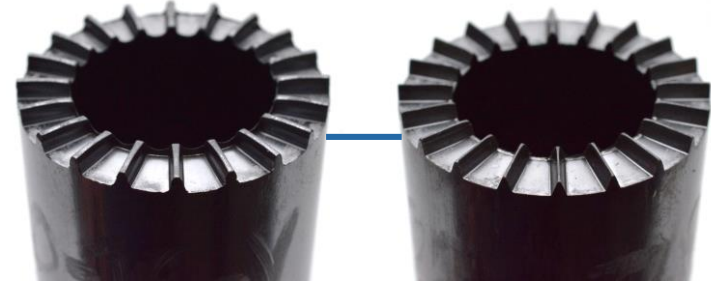
## FDF-Verfahren



## Verdrehsicherung



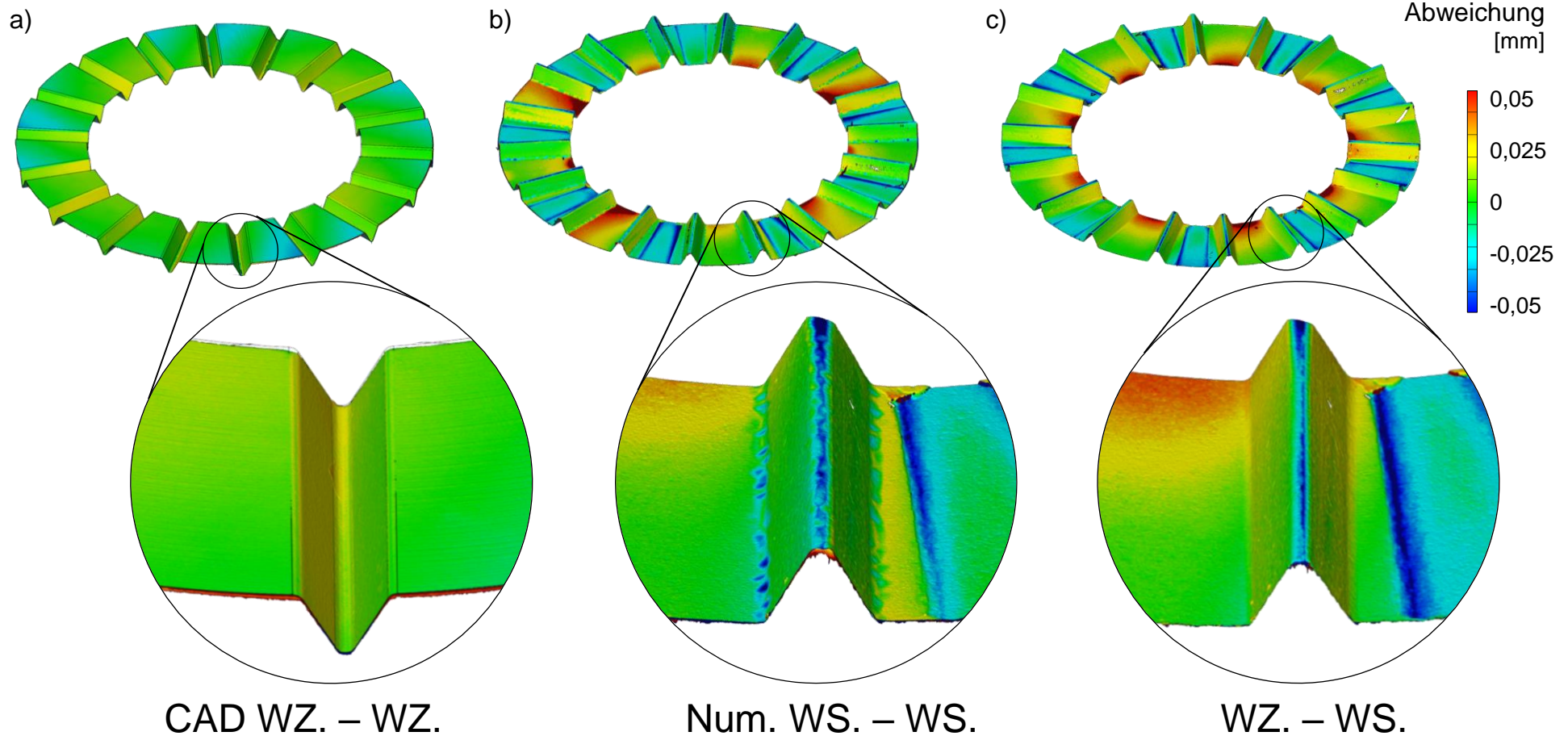
## PtG-Verfahren



# Experimentelle Verfahrensuntersuchung

## Formfüllungsanalyse

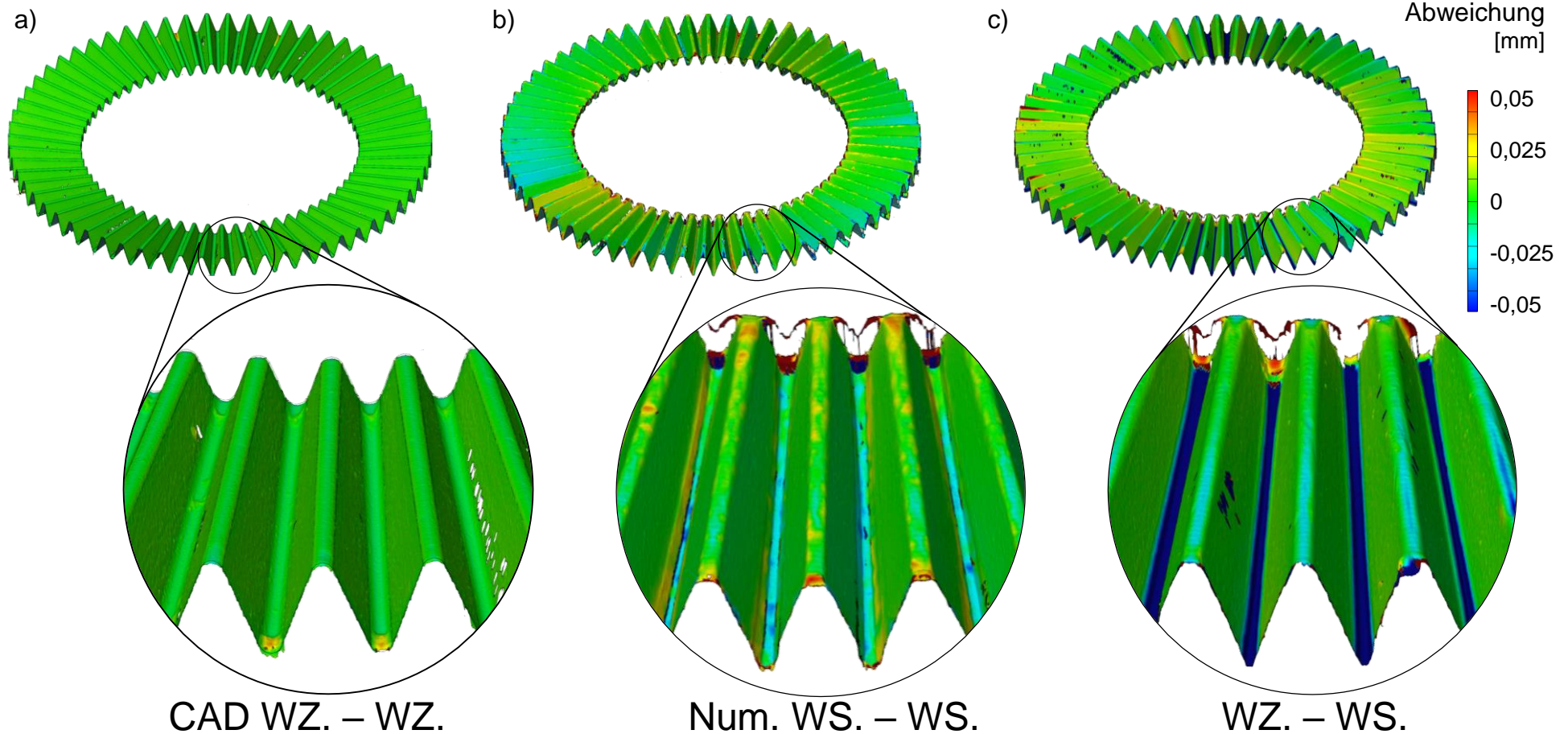
### FDF-Verfahren



# Experimentelle Verfahrensuntersuchung

## Formfüllungsanalyse

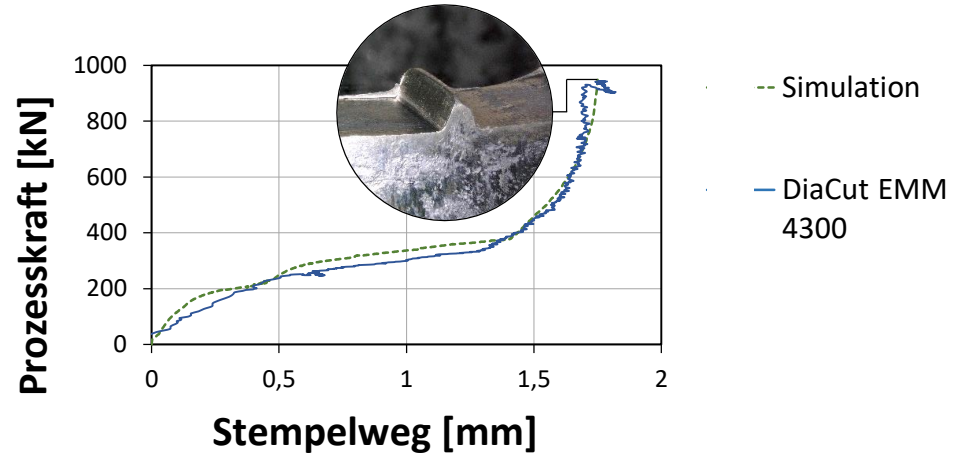
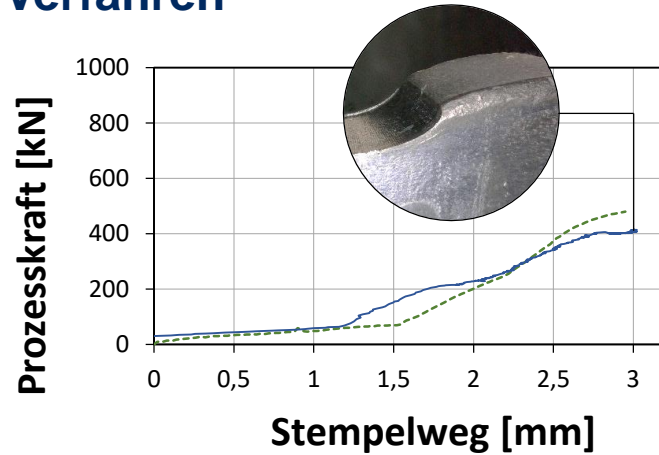
### PtG-Verfahren



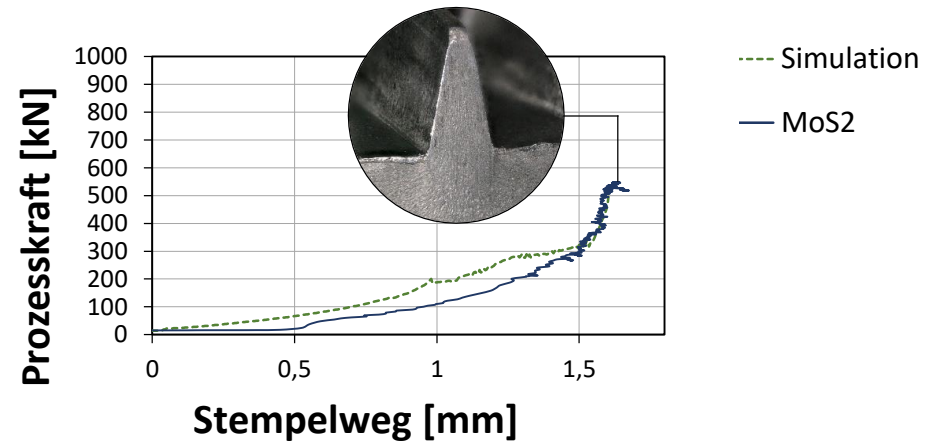
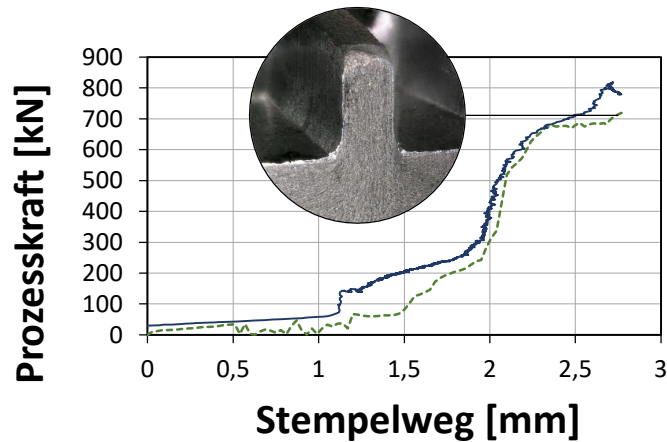
# Experimentelle Verfahrensuntersuchung

## Prozesskraftanalyse

### FDF-Verfahren



### PtG-Verfahren



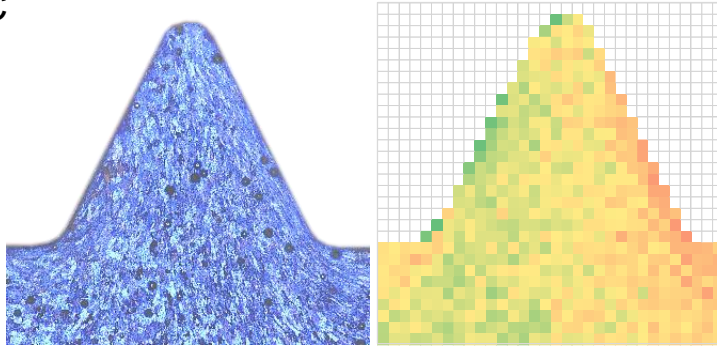


# Experimentelle Verfahrensuntersuchung

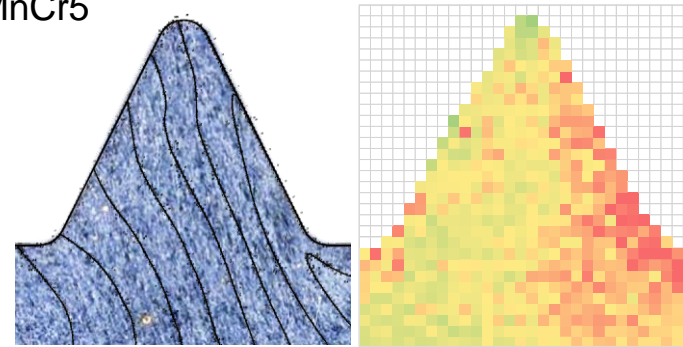
## Härteverteilung der Verzahnung

### FDF-Verfahren

C4C



16MnCr5

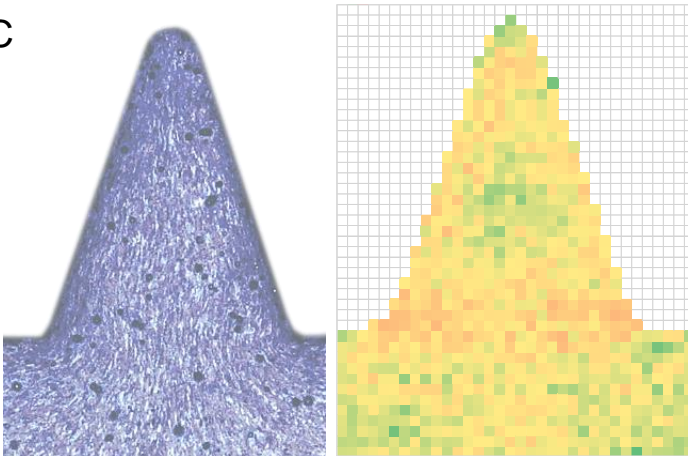


Härte  
[HV 0,05]

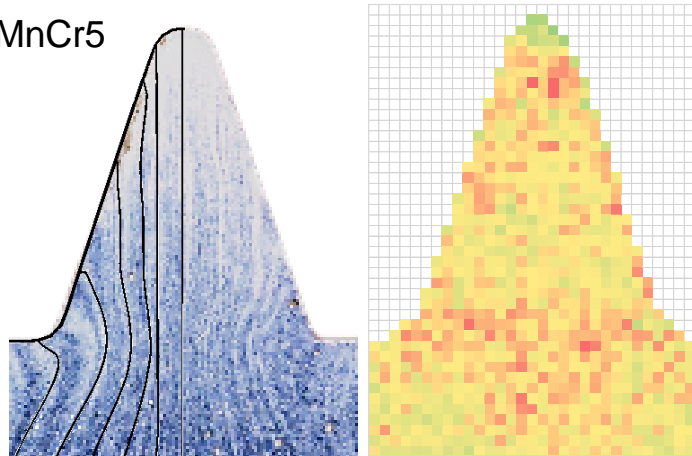
325  
300  
275  
250  
225  
200  
175

### PtG-Verfahren

C4C



16MnCr5



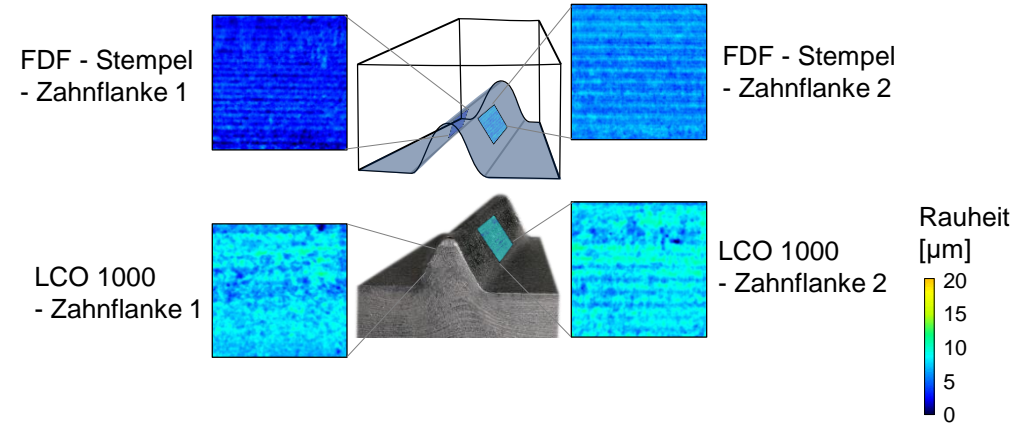
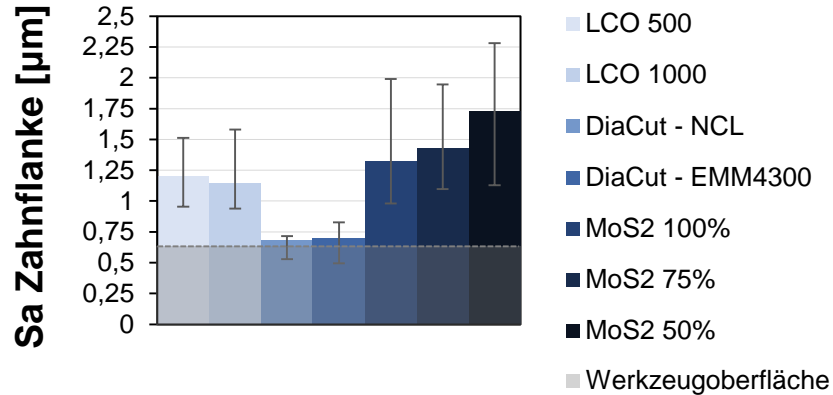
Härte  
[HV 0,05]

350  
325  
300  
275  
250  
225  
200  
175

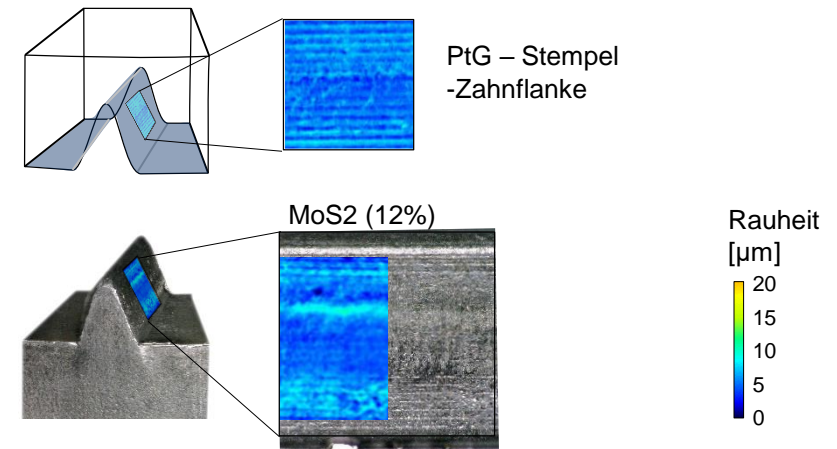
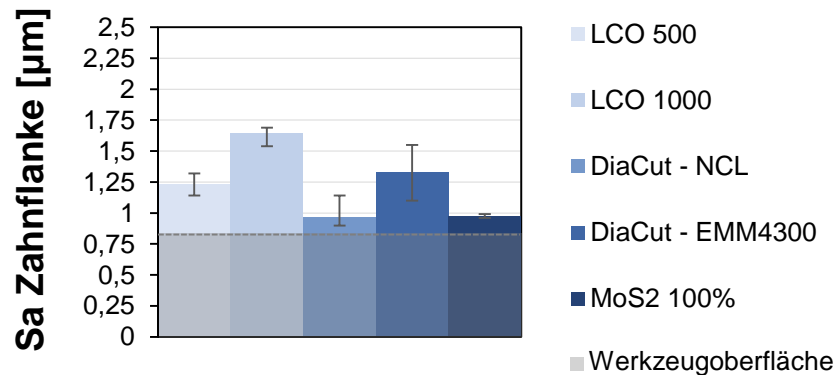
# Experimentelle Verfahrensuntersuchung

## Oberflächenqualität der Verzahnung

### FDF-Verfahren

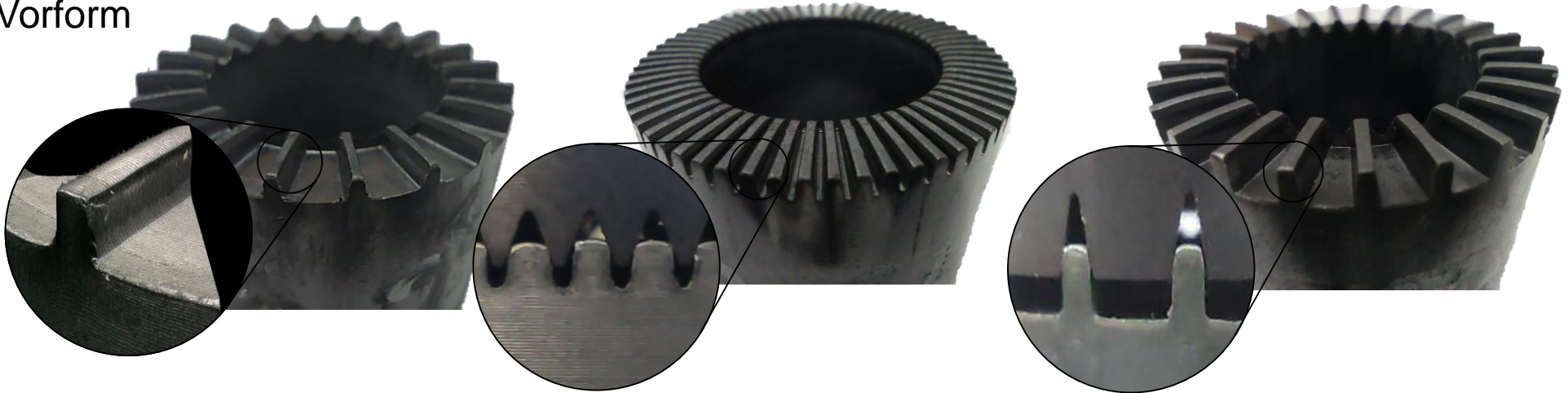


### PtG-Verfahren



# Experimentelle Verfahrensuntersuchung

Vorform



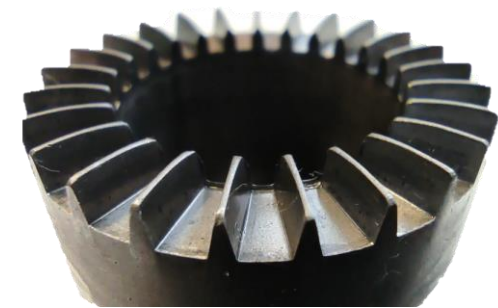
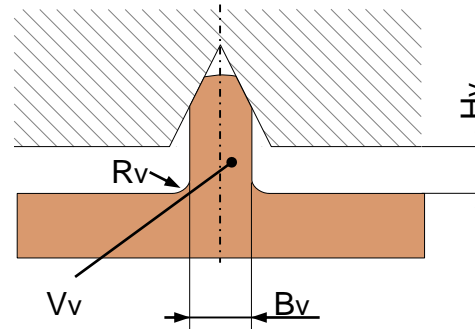
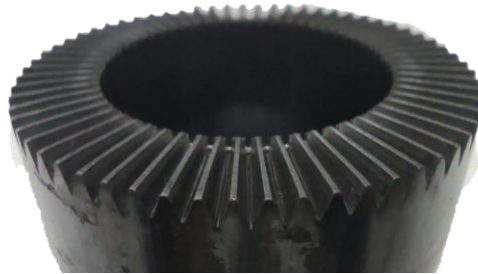
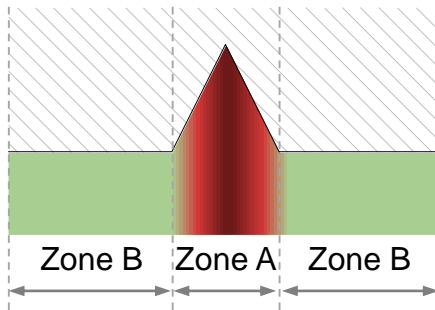
Verzahnung



## Zusammenfassung

- Alle Verzahnungen beider Verfahren wurden experimentell erfolgreich hergestellt
- Die numerischen Untersuchungen stimmen mit den Experimenten überein





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**André Weiß, M.Sc.**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Abteilung Massivumformung  
Institut für Umformtechnik

Tel.: +49 (0) 711 685-82301

E-Mail: [andre.weiss@ifu.uni-stuttgart.de](mailto:andre.weiss@ifu.uni-stuttgart.de)



**Neuartiges Verfahren zum Verzahnungsprägen an Sicherungsscheiben**

**André Weiß, M.Sc. | 02.11.2023 | Folie 23**



Universität Stuttgart  
Produktionstechnisches Zentrum  
Stuttgart PZS

