

Universität Stuttgart

Dünnschichtsensoren zur datengesteuerten Vorhersage der Stempelkonzentrizität beim Napf-Rückwärts-Fließpressen



Herbstsitzung AK Kaltpressen 2024

Validierung eines dünnschichtbasierten Messsystems zur Bestimmung vektorieller Presskraftwirkungen (VIPress)

BMBF-Fördermaßnahme „**Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung - VIP+**“

Einreichung: 05/2024

Gutachtersitzung: 09/2024

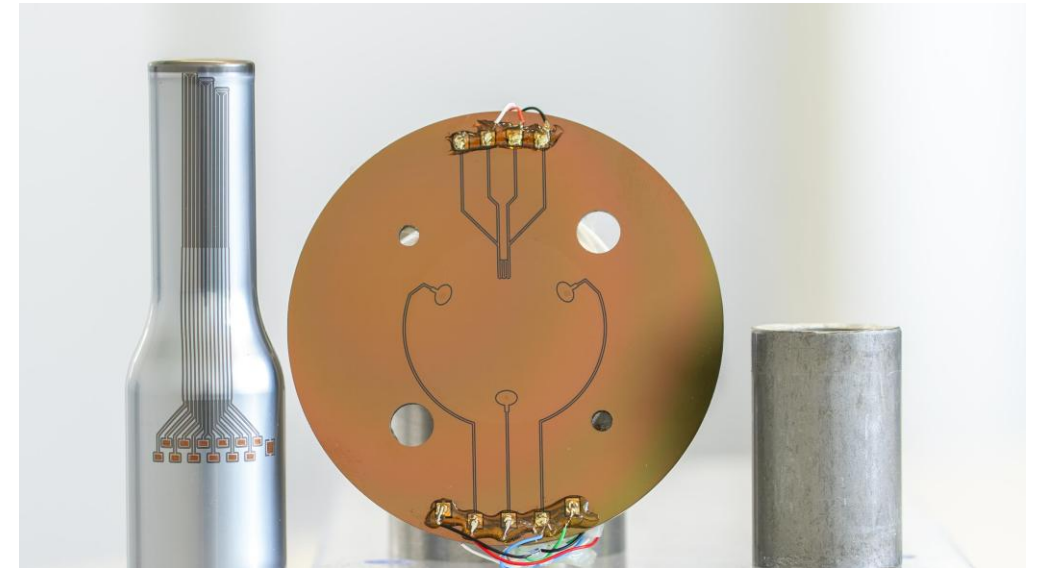
Rückmeldung erwartet: 10/2024

Geplante Laufzeit: 01.12.2024 – 30.11.2027

Fördervolumen: 1.169.106,51 €

Koordination: Institut für Umformtechnik (IFU), Universität Stuttgart

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST (Prof. Herrmann)



1. Motivation

Hohe Anforderungen an neue Bauteile

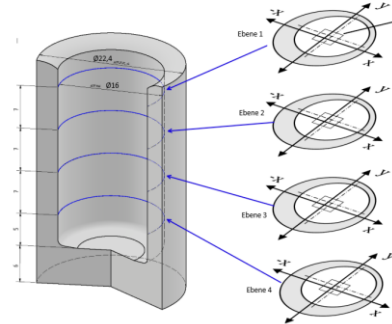
- Steigender Bedarf an Energie- und Rohstoffeffizienz
→ Ausschussreduktion, reduzierte Einrichtzeiten
- Gestiegene Anforderungen an Wuchtgüte
→ Enge Toleranzen für Konzentritätsabweichung (z.B. Rotorwellen)

Rotorwellen



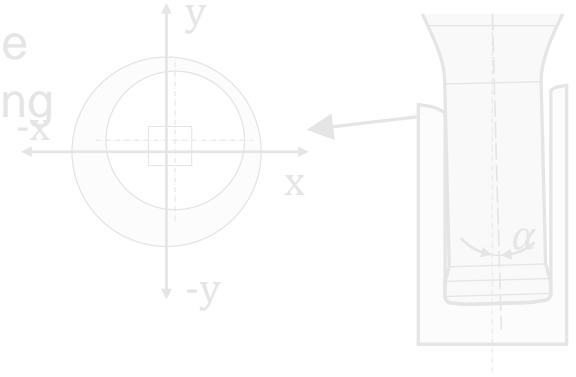
Source: Hirschvogel Holding GmbH

Konzentritätsabweichungen
beim Napffließpressen



Konzentritätsabweichung beim Fließpressen

Stempelbiegung als Ursache
für Konzentritätsabweichung
aufgrund von:

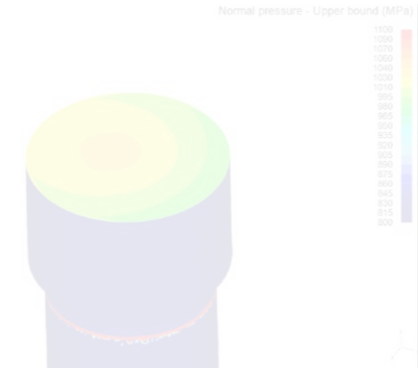
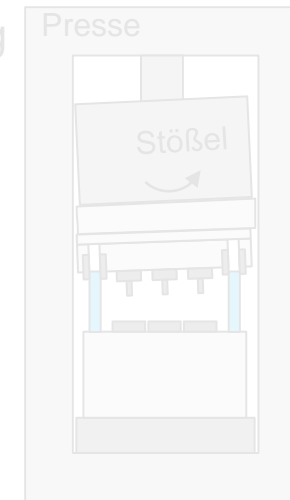
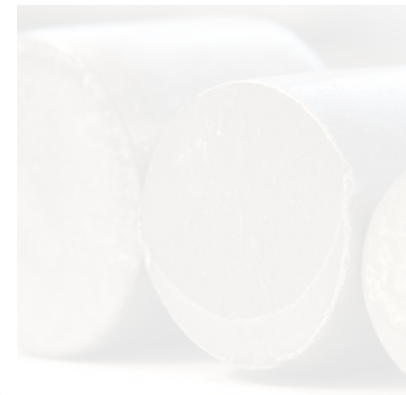


Rohteilgeometrie

- Unebene Scherflächen
- Ungleichmäßige
Schmierstoffverteilung

Stößelverkipfung

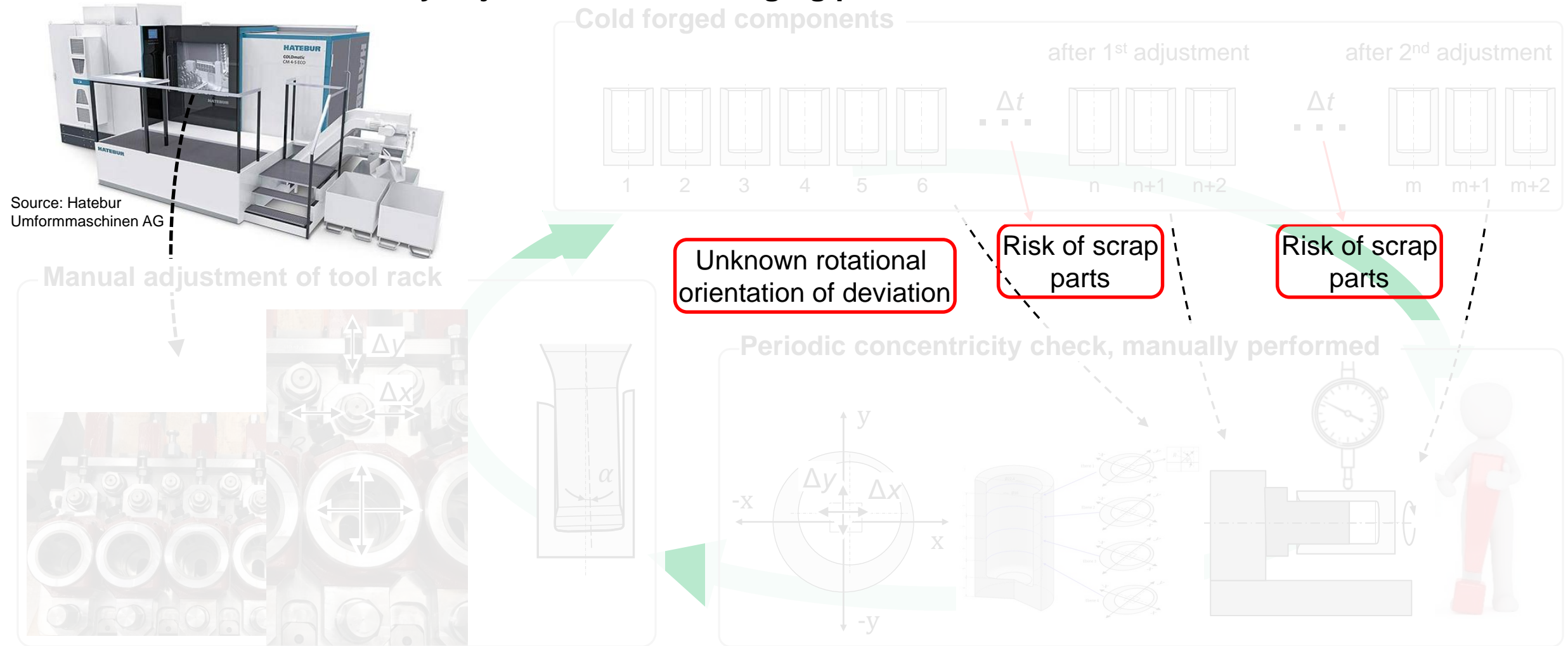
→ Ungleichmäßiger
Kontaktdruck



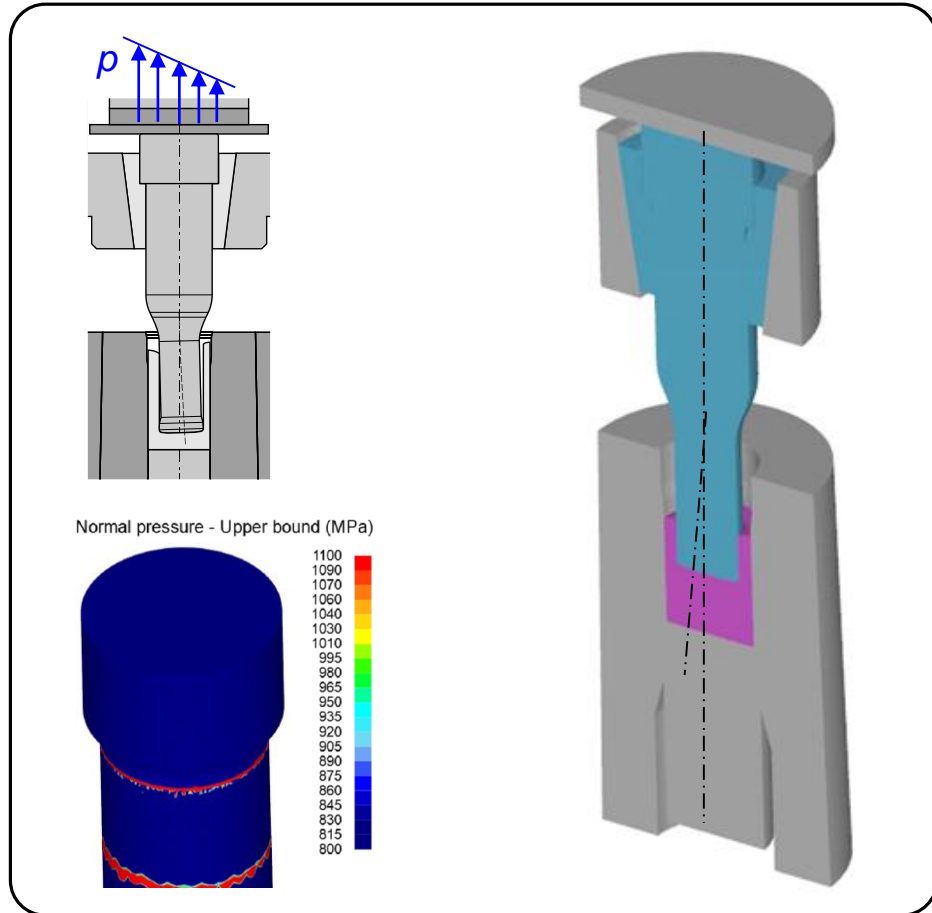
Source: R. Matei, IFU

1. Motivation

State of the art: Concentricity adjustment in cold forging processes



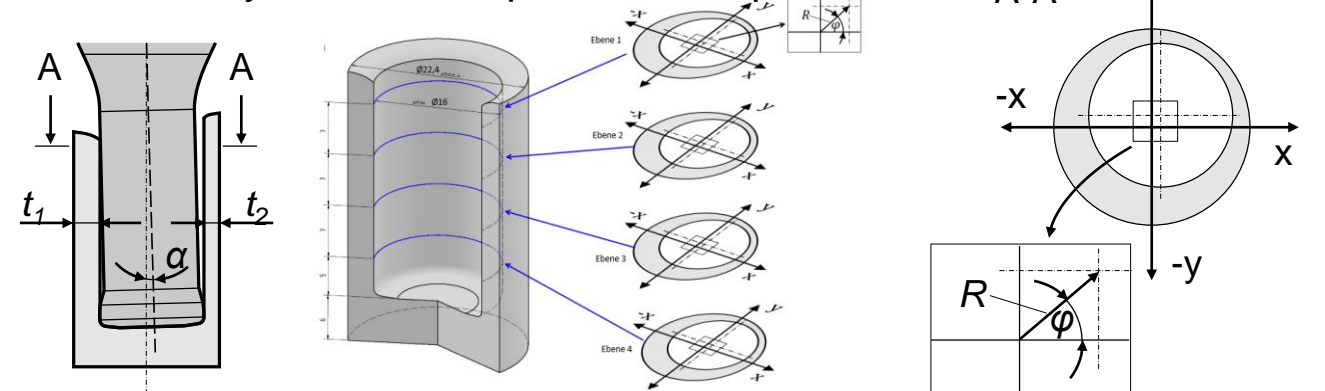
2. Hypothese



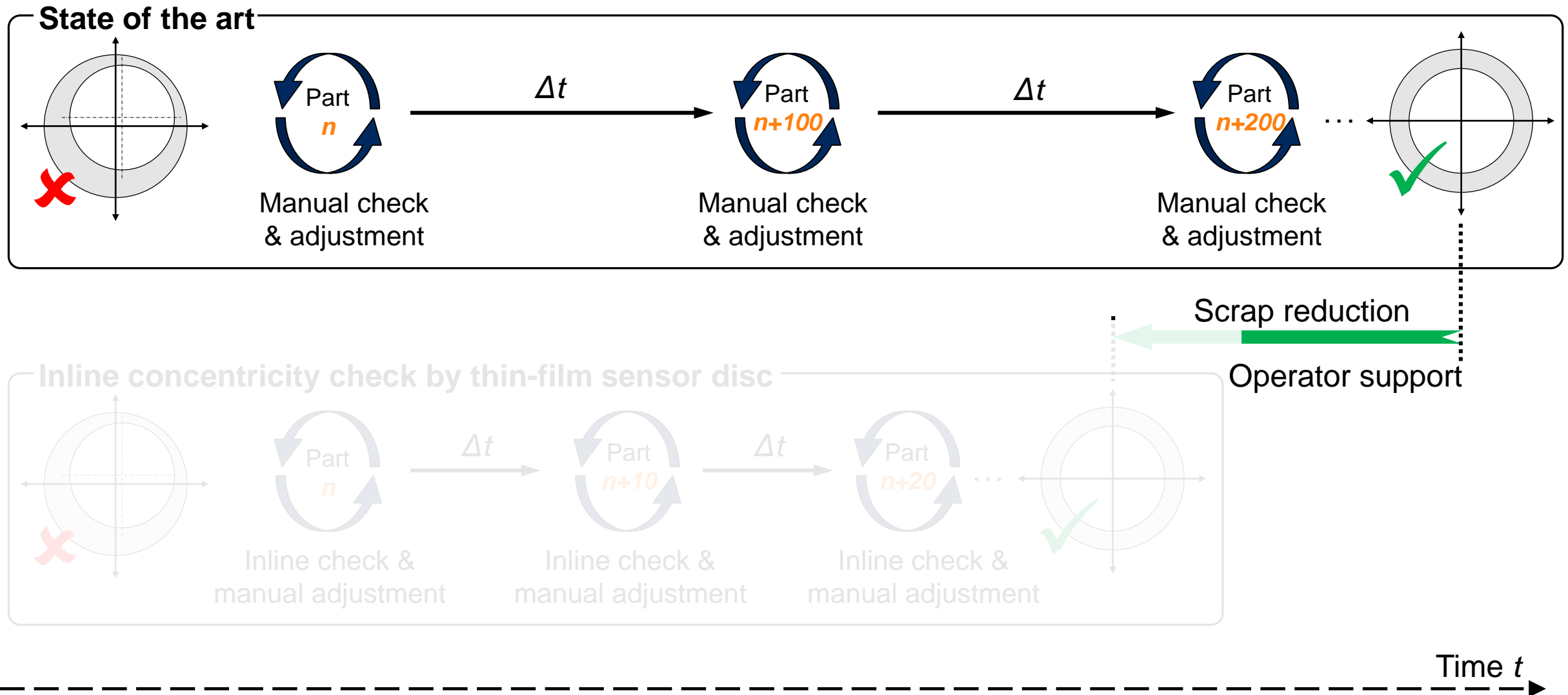
Die Konzentritätsabweichung der fließgepressten Bauteile kann auf Basis der inline gemessenen Kontaktdruckverteilung in der Stempelauflage vorhergesagt werden

- Kontinuierliche inline-Prozessüberwachung
- Unterstützung für den Maschinenbediener beim Einrichten
- Ausschussreduktion durch schnelle und gezielte Justierprozesse

Concentricity deviation of pressed component

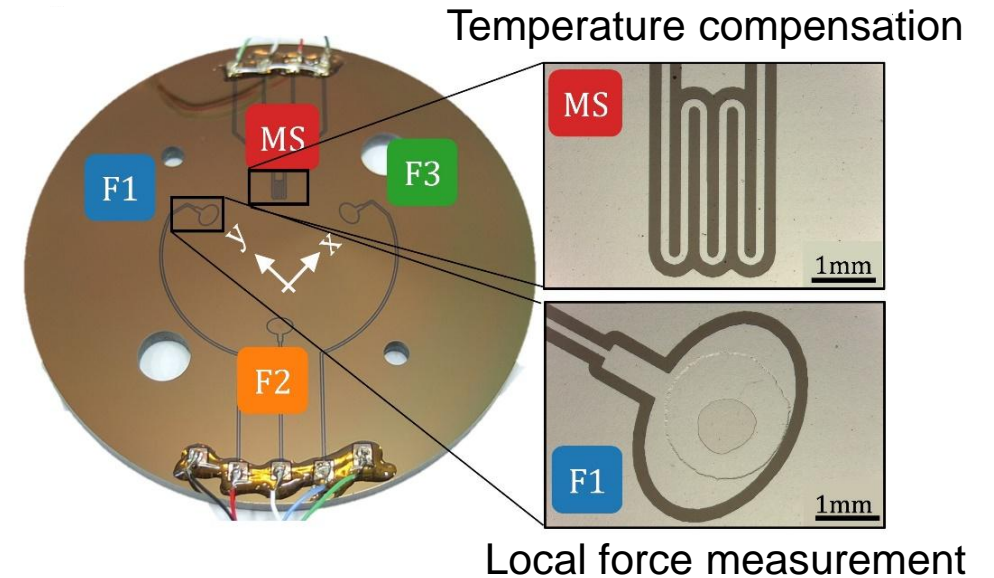
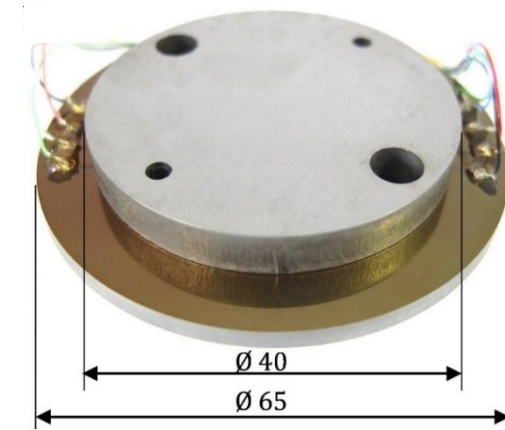
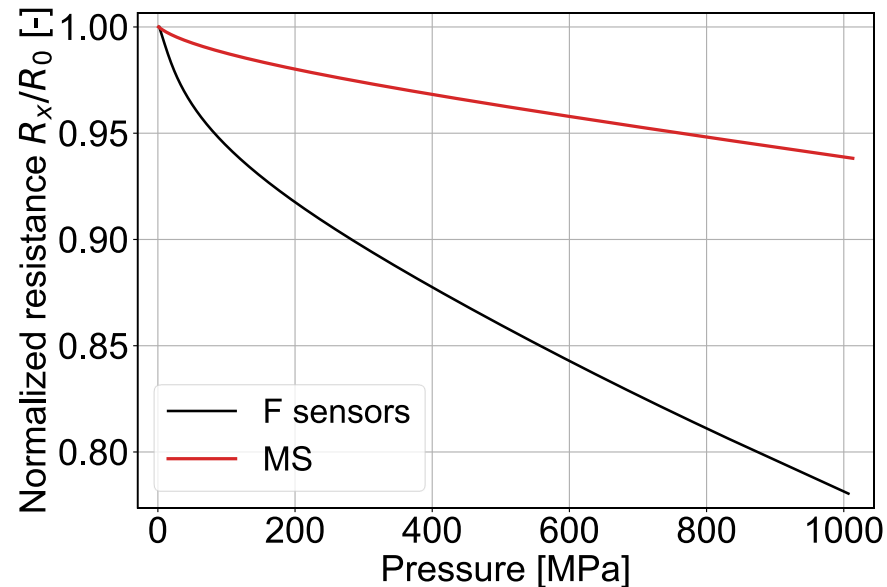


2. Hypothese



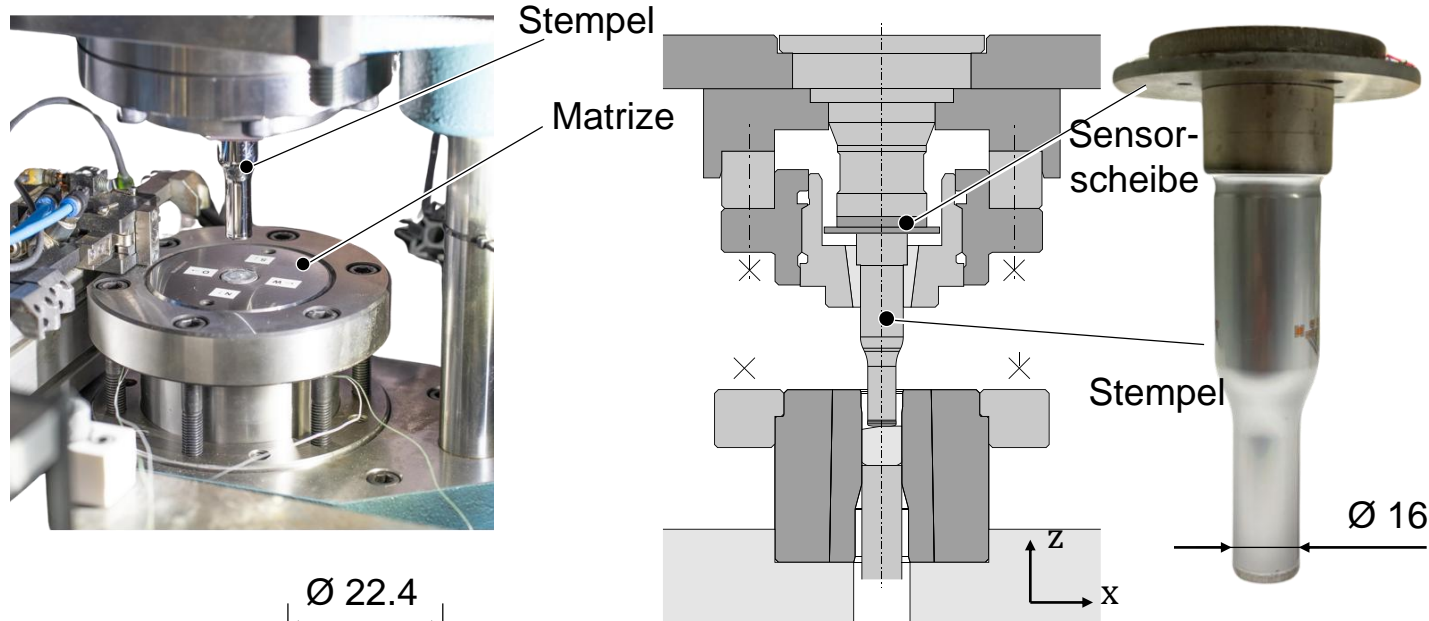
3. Sensordesign

- Two sensor types are used:
 - F1**, **F2**, **F3**: Amorphous hydrogenated diamond-like carbon (DLC)
 - Temperature meander structure **MS**: Chromium
- Two thin steel foils (50 μm) ensure uniform load distribution across the sensor electrodes



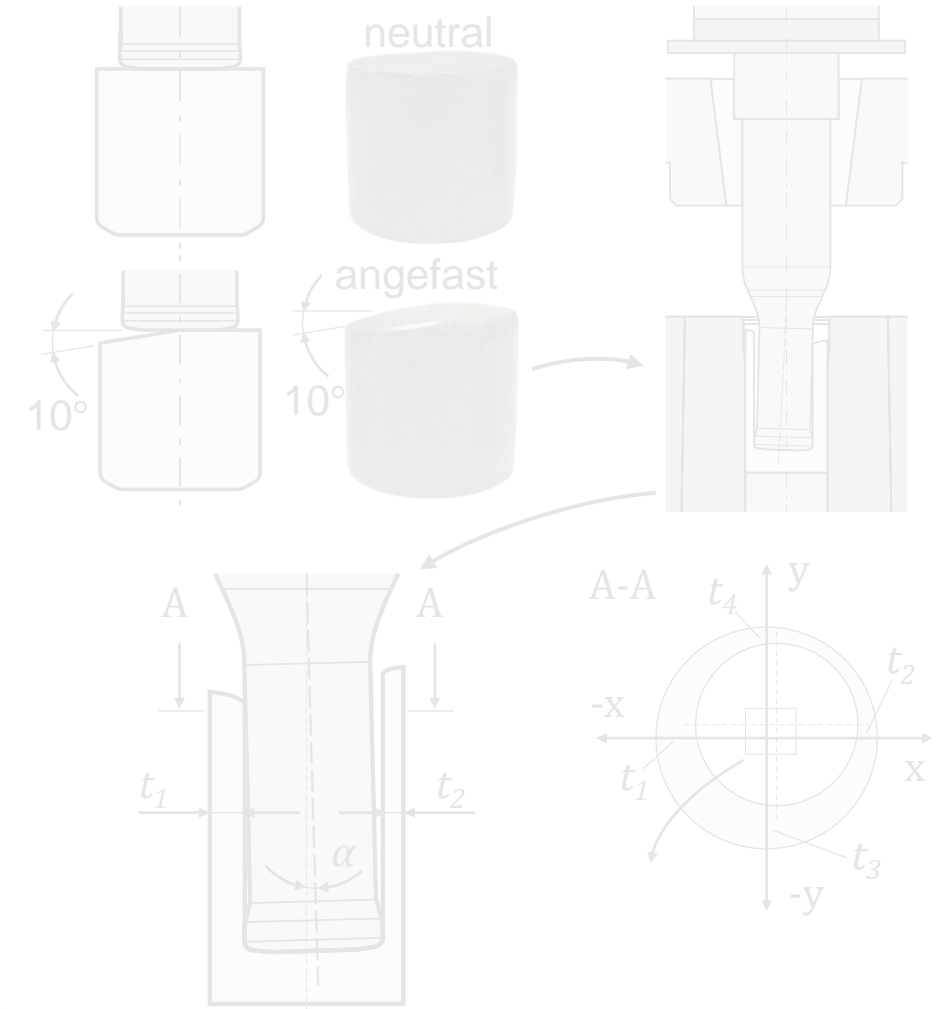
4. Experimentelle Untersuchungen

Sensorintegration



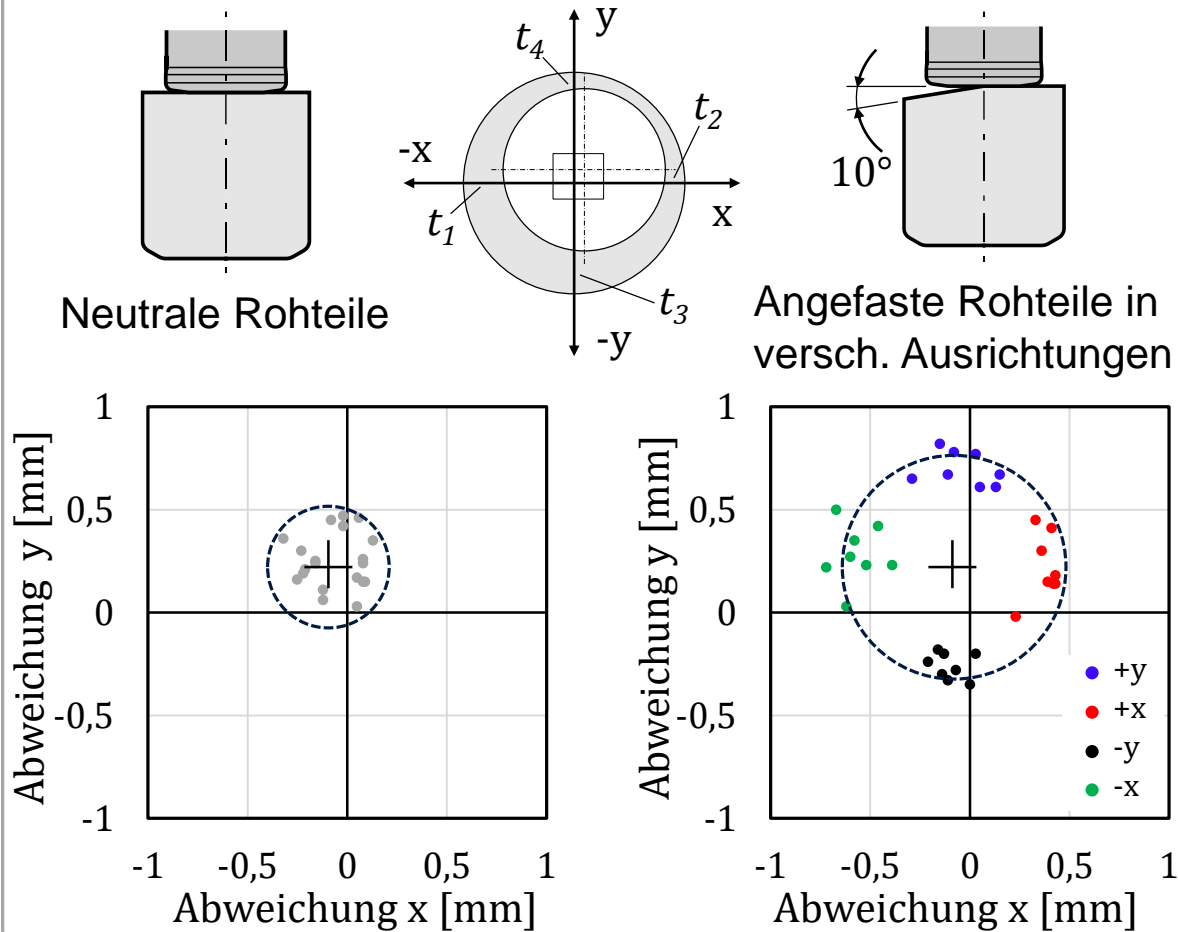
- Napf-Rückwärts-Fließpressen
 - Schmierstoff: Zinkphosphat + Seife
 - Werkstückwerkstoff: Stahl C15

Stirnseitige Fase am Rohteil



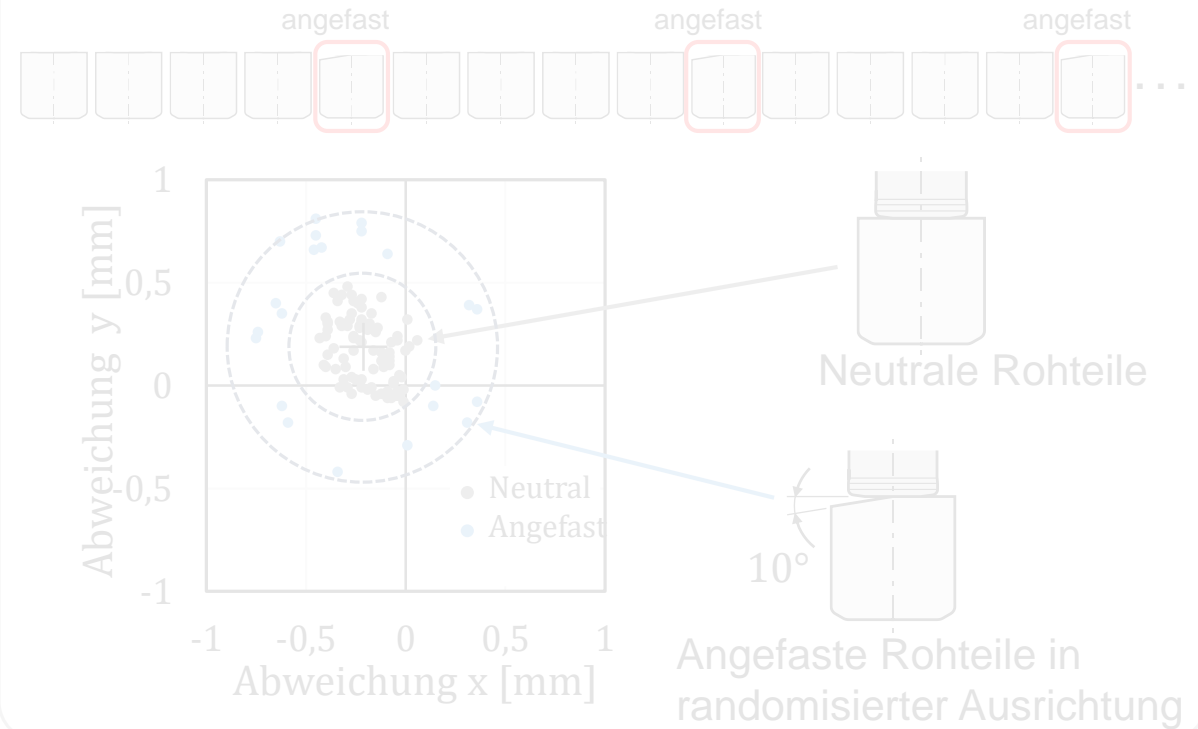
4. Experimentelle Untersuchungen

Einzelhubuntersuchungen



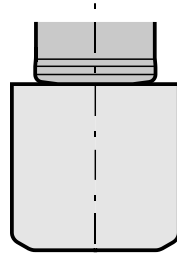
Experimente mit Greifertransfer (Automatik)

- Angefaste und neutrale Rohteile
- Randomisierte Orientierung der Fase relativ zur Matrice

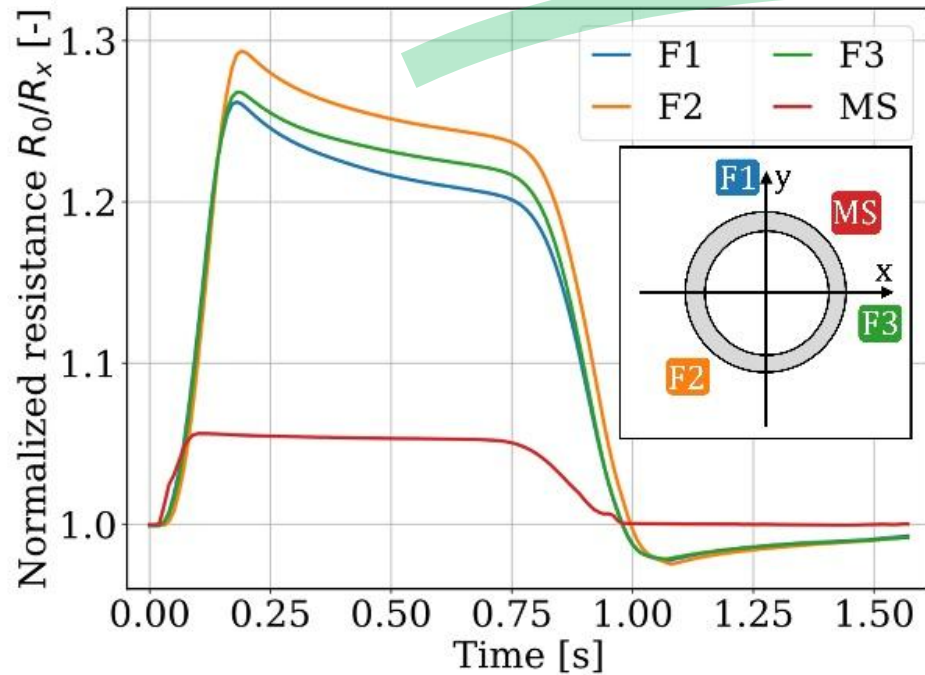


4. Experimentelle Untersuchungen

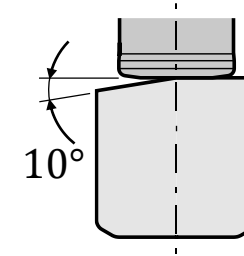
Messergebnisse der Kraftmessscheibe



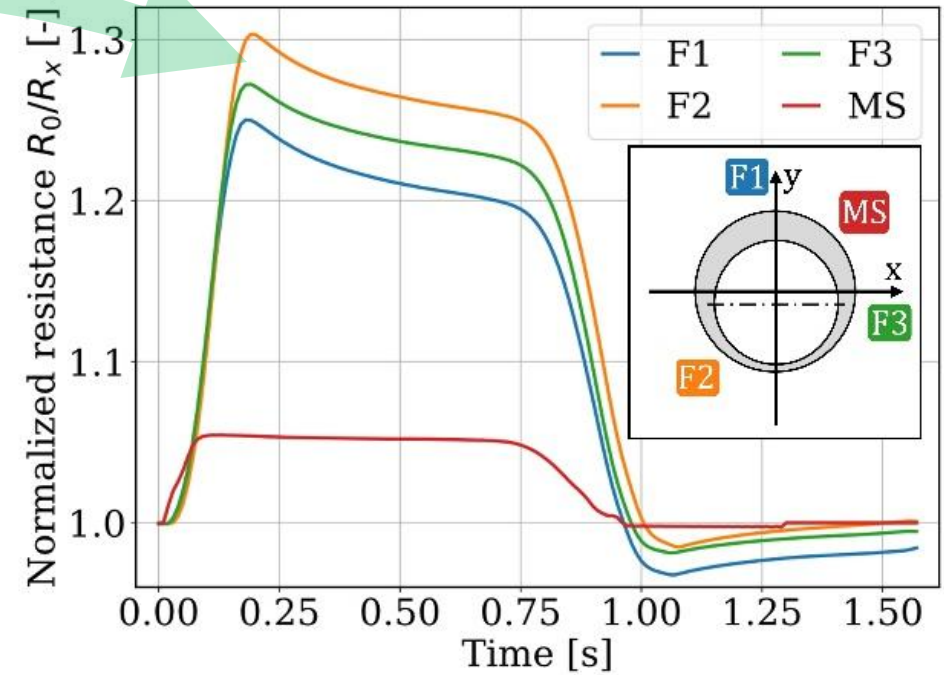
Neutrale Rohteile



Inwiefern unterscheiden sich die Signale voneinander?



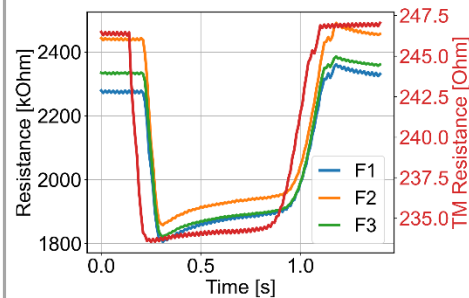
Angefaste Rohteile



5. Datenauswertung

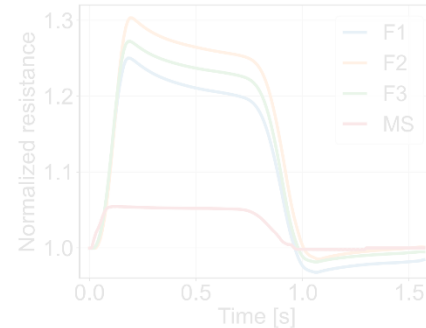
Data acquisition

- compactDAQ™
- Pressure sensors
F1-F3 2400 Hz
- Temperature sensor
MS 100 Hz



Preprocessing

- 50 Hz IIR notch filter
- Anti-aliasing filtering and downsampling (100 Hz)
- Normalization
- Peak alignment



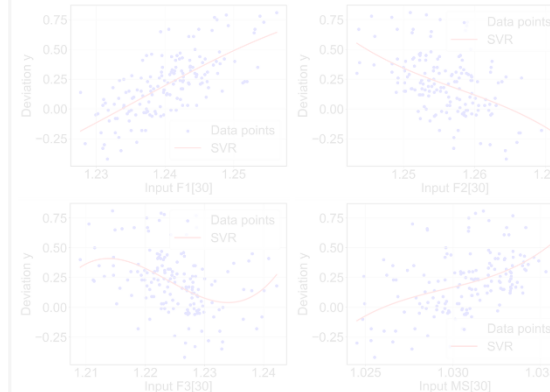
Features

- 1.64 second time-frame
- Four sensors
- 656 input features

$F_{1,0} \dots F_{1,163}$
 $F_{2,0} \dots F_{2,163}$
 $F_{3,0} \dots F_{3,163}$
 $MS_0 \dots MS_{163}$

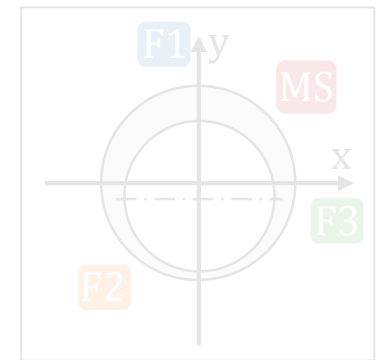
Model

- Support vector regression,
- Random forest
- k-nearest-neighbors
- Hyperparameter tuning



Output

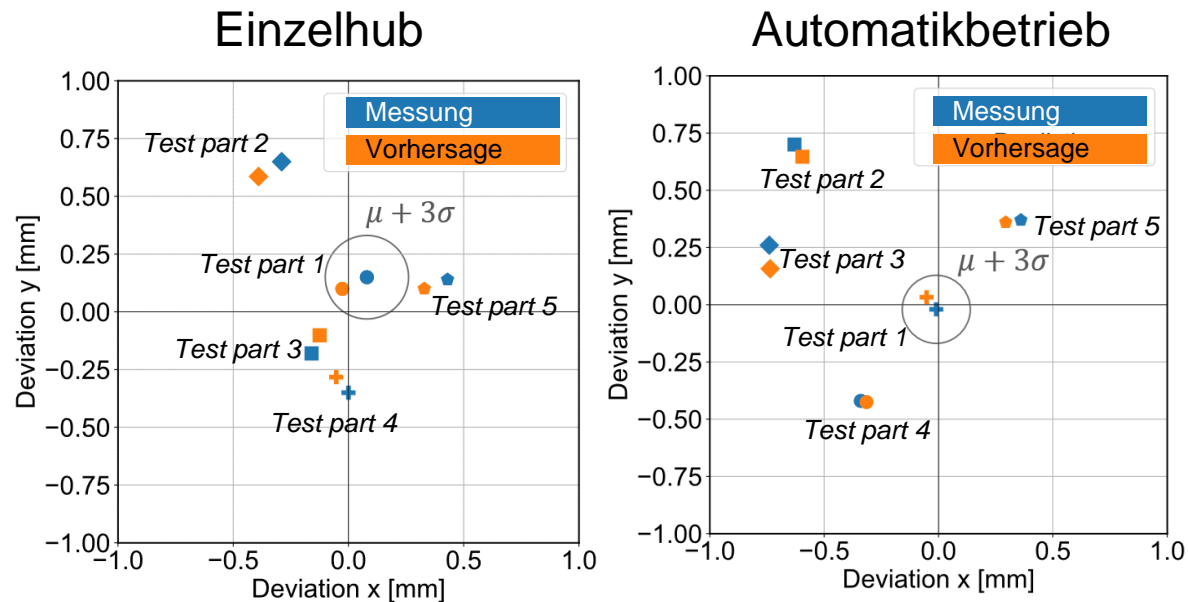
- Two separate output models
 - x-deviation
 - y-deviation



5. Datenauswertung

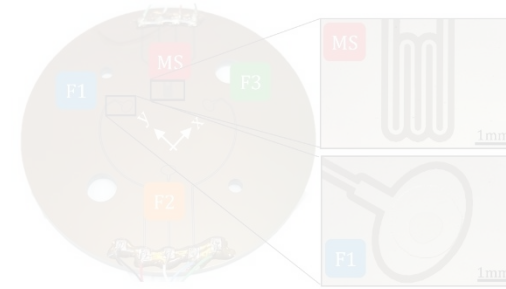
Vorhersage der Konzentritätsabweichung

- Machine Learning: Support Vector Regression ergab beste Korrelation zwischen gemessener Konzentritätsabweichung und Messsignal



Fortführung im Rahmen von VIPress

- Verbesserung des Sensordesigns



- Definition einer Methodik zur Sensorintegration in unterschiedliche Werkzeugdimensionen
- Überarbeitung der Messelektronik
- Verbesserung des KI-Modells
- Inline-Integration des Systems und der Datenverarbeitung (bislang im Post-Processing)

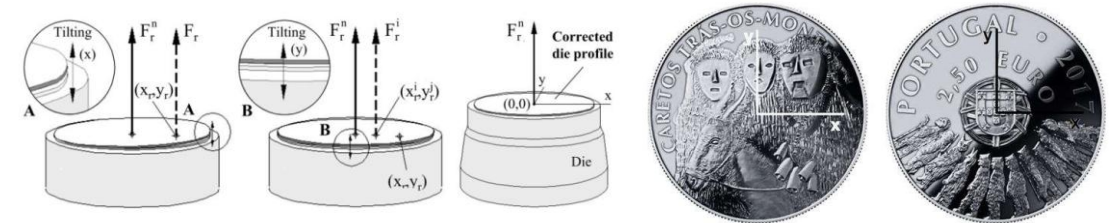
6. Zusammenfassung und Ausblick

Advantages of presented development

- Integrated inline quality control
→ Tendency of concentricity deviation visualizable
- Allows reduction of adjustment effort
→ Reduced ramp-up phase
→ Less scrap parts
- Rotational orientation of concentricity deviation measurable
→ Simplified alignment of upper and lower die
- Support vector regression predicts concentricity deviations with $R^2 \approx 0.92$
- No wear detected on thin-film sensor disc
→ Use in series production is possible

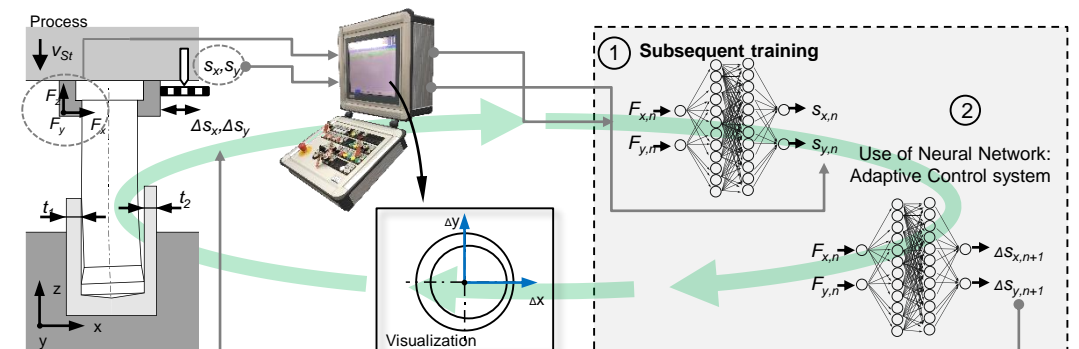
Outlook

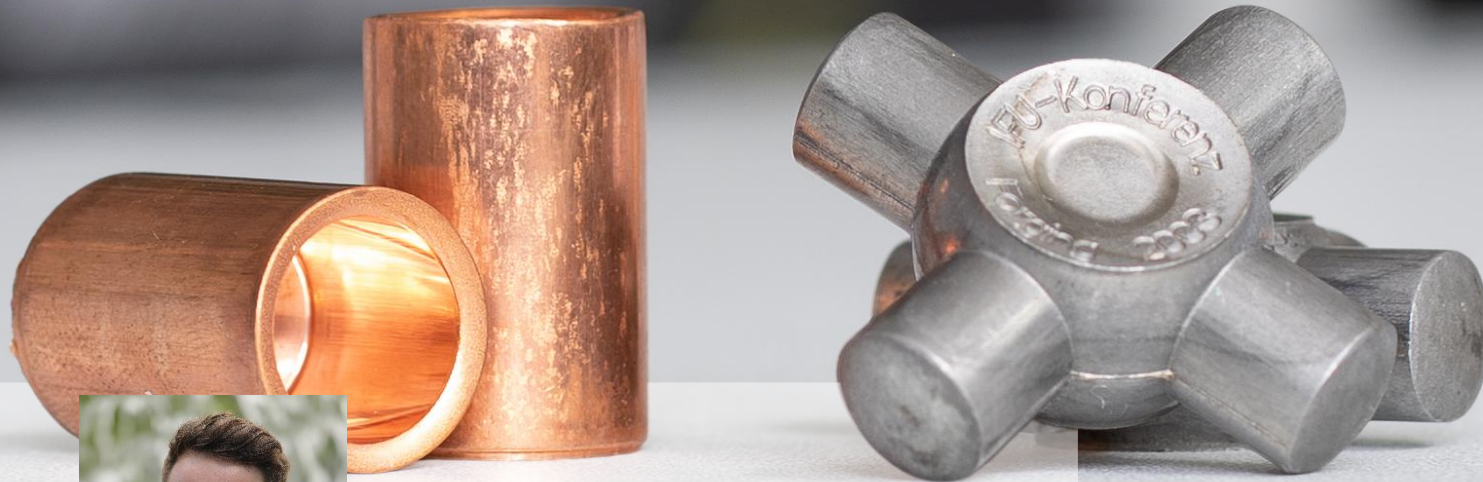
- Application of measuring technology for further processes, e.g. coin minting



Source: Paulo A.F. Martins: New developments in coin minting of collector coins, JSTP ISPF 2024

- Future: Automated adjustment of tool rack based on sensor signals as input





Karl C. Grötzinger M.Sc.

Research Assistant

+49 711 685-82306

karl.groetzing@ifu.uni-stuttgart.de



Institute for Metal Forming Technology

Department Bulk Metal Forming

University of Stuttgart, www.ifu.uni-stuttgart.de



International Cold Forging Group

International Cold Forging Group

ICFG Secretary 2020-2023

www.icfg.info

