

# Auslegung von Profilwalzprozessen

## Teilautomatisierte, numerische Auslegung und Erweiterung der Prozessgrenzen hinsichtlich Ausbringung und Formgebung beim Profilwalzen

**Bearbeiter:in** Stefan Volz M. Sc.  
**Laufzeit** September 2019 – August 2021  
**Abteilung** Tribologie  
**Förderlinie** BMWK | AiF

### Abstract

Der Einsatz der FEM erhöht die Kosten- und Zeiteffizienz bei der Auslegung von Umformprozessen erheblich. Im Bereich des Profilwalzens wird sie jedoch aufgrund der anspruchsvollen Simulationen bisher nur in sehr geringem Umfang eingesetzt. Im Rahmen dieses Projektes wurde ein Beitrag dazu geleistet, dass FEM-Simulationen zukünftig Prozessausfälle durch Werkstückschlupf vorhersagen können. Basierend auf optischen Messungen in einer industriellen Umgebung konnte die Prozessgrenze umfassend erfasst und charakterisiert werden. Durch die Implementierung eines mehrdimensionalen Reibungsmodells in die FEM wurde die Simulation in die Lage versetzt, das Abrollverhalten des Werkstücks simulativ vorherzusagen.

### Projektbeschreibung

Die vorliegende Forschungsarbeit befasst sich mit der digitalen Prozessauslegung von Profilwalzprozessen, insbesondere mit dem Fokus auf das Durchrutschen des Bauteils als häufigem Walzfehler. Angesichts der verkürzten Produktlebenszyklen und der zunehmenden Bauteilkomplexität ist eine Transformation von empirischen, iterativen Prozessauslegungen zu einer erkenntnisbasierten und FEM-gestützten Auslegung notwendig. Die FE-Simulationen stehen jedoch vor Herausforderungen, insbesondere im ungenauen Abbilden des Abrollverhaltens beim Flachbacken-Profilwalzen. Die angenommenen konstanten Reibwerte für die Kaltmassivumformung beeinträchtigen die Aussagekraft der FEM im Auslegungsprozess. Es existiert zudem ein Mangel an industrieller Erfahrung und grundlegendem Wissen zur Prozessgrenze durch Schlupf.

Das Hauptziel des Projekts ist es, die Prozessgrenze durch Schlupf detailliert zu charakterisieren und den Einfluss von Walzstrategien, tribologischen Systemen und der Hubzahl zu erfassen. Durch die Identifikation optimaler Walzstrategien soll die Ausbringung des Flachbacken-Profilwalzens maximiert werden. Zentral ist die Befähigung der FE-Simulation, die Prozessgrenze durch Schlupf simulativ vorherzusagen.

Das Forschungsvorgehen gliedert sich in zwei Teile: Im ersten Teil erfolgt die Erfassung des Rutschverhaltens durch Kraftmessungen und optische Schlupfmessungen im industriellen Umfeld. Im zweiten Teil wird die FE-Simulation befähigt, das Rutschverhalten abzubilden, indem das im ersten Teil erfasste Systemverhalten numerisch abgebildet wird. Tribometerversuche und Simulationen zur Messung geschwindigkeitsabhängiger Reibwerte werden durchgeführt, gefolgt von der mathematischen Beschreibung dieser Reibwerte in einem Reibmodell.

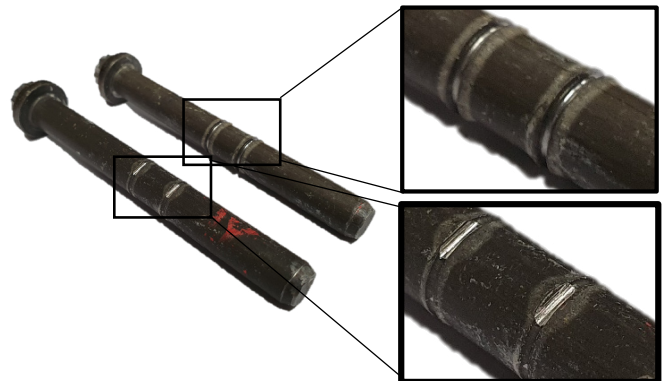
Schließlich wird das Reibmodell in die FE-Simulation integriert, um die gewünschte Vorhersage der Prozessgrenze durch Schlupf zu ermöglichen.

### Ergebnisse

Abbildung [1] zeigt das verwendete Versuchswerkzeug, die Detailgeometrie der Nut sowie die untersuchten Walzstrategien. Neben den Walzstrategien wurden außerdem das tribologische System entsprechend den in Tabelle 1 aufgeführten Systemen sowie die Hubzahl zwischen 10 und 70 Hub/min variiert. Die Versuche wurden mit den Walzbackengrößen TR4 und TR 6 durchgeführt.

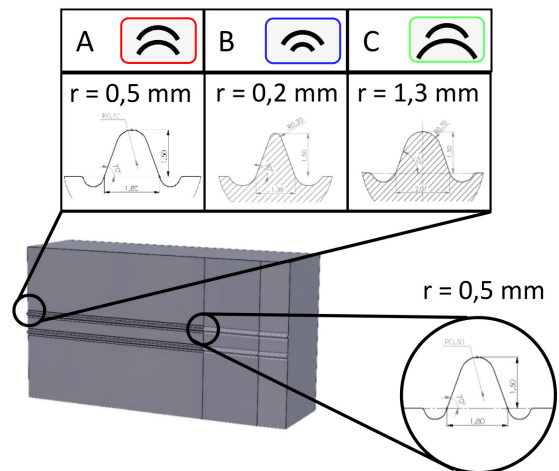
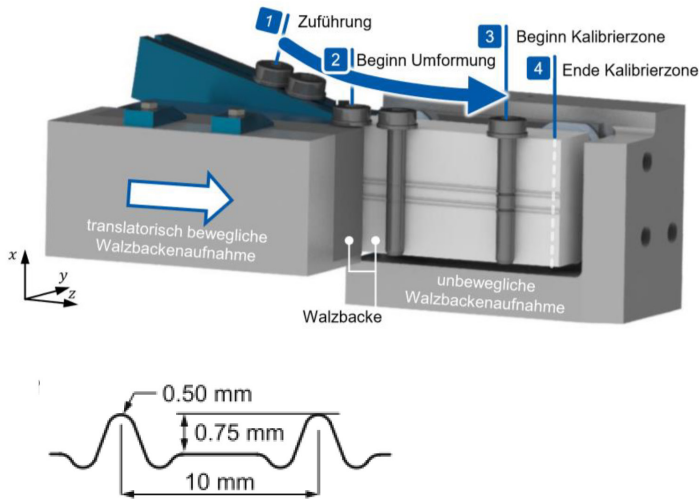
Beschichtung	Schmierstoff	Beschichtung	Schmierstoff
phosphatiert	Öl *)	entschichtet	Öl
phosphatiert	trocken	entschichtet	trocken
phosphatiert	Polymer	entschichtet	Polymer

\*) industrieller Standard



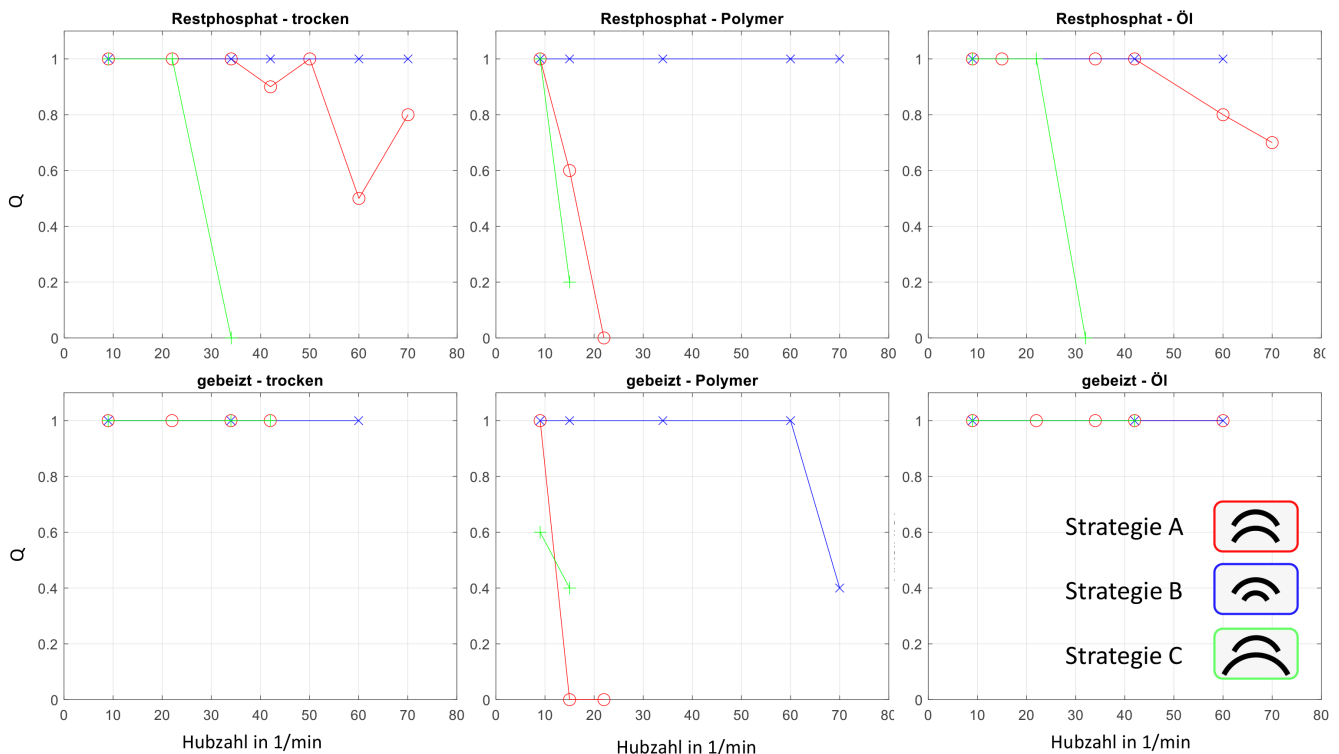
[1] Vergleich zwischen n.i.O. und i.O. Teil mit Detailansicht der Nut

Die Ausformung der Nut wurde durch eine augenscheinliche Untersuchung unter Zuhilfenahme eines Projektors in die Kategorien i.O. und n.i.O. entsprechend Abbildung 1 eingeteilt. Bauteile der Kategorie i.O. weisen vollständig ausgewalzte Nuten und keine Anzeichen von Schlupf auf, während n.i.O. Teile mindestens zum Teil unvollständig ausgewalzte Nuten haben.



[2] Schematische Darstellung des Versuchswerkzeugs, Detailansicht der Nutgeometrie, Darstellung der untersuchten Walzstrategien mit variablem Nutradius über der Einlaufzone

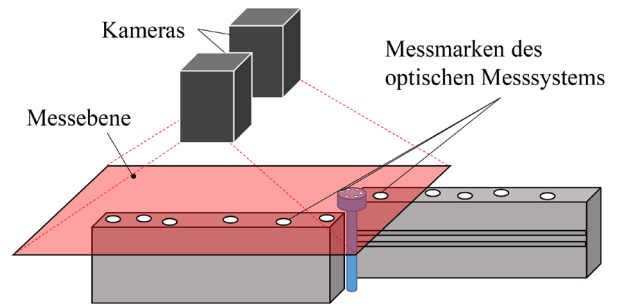
Abbildung 3 zeigt den Anteil von i.O. Teilen (Quotient  $Q$ ) über der Hubzahl für die sechs untersuchten tribologischen Systeme und drei untersuchten Walzstrategien. Es fällt auf, dass die Walzstrategie B gegenüber Strategie A und C höhere Hubzahlen erlaubt, bevor die Prozessgrenze durch Schlupf erreicht wird. Des Weiteren wird ersichtlich, dass das tribologische System einen erheblichen Einfluss auf das Erreichen der Prozessgrenze hat, wobei Systeme ohne Phosphatierung höhere Hubzahlen als Systeme mit Phosphatierung ertragen können, bevor Schlupf auftritt. Systeme mit Polymerschmierstoff zeigen frühes Durchrutschen, weshalb deren Eignung für das Profilwalzen in Frage gestellt werden kann. Die Versuche mit Walzbackengröße TR 6 bestätigen die mit TR 4 erzielten Ergebnisse, wobei die Prozessgrenze i.d.R. um ca. 10 Hub/min in Richtung höhere Hubzahl verschoben ist.



[3] Überblick über den Quotient  $Q$  in Abhängigkeit der Walzstrategie, des tribologischen Systems und der Hubzahl. Walzbackengröße TR 4

### Optische Messungen

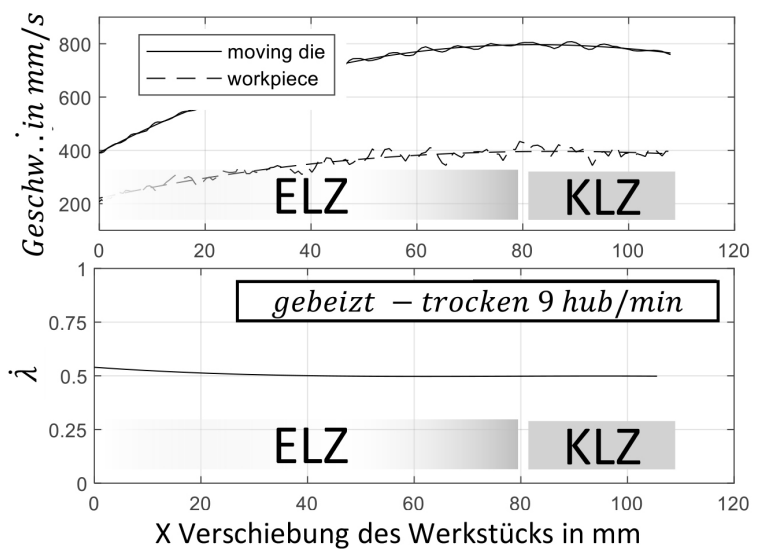
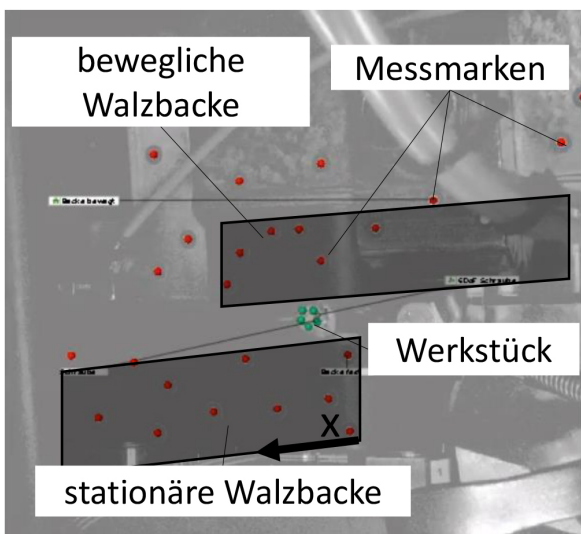
Um das Abrollverhalten des Werkstücks genauer zu analysieren wurden optische Messungen mithilfe des Pontos Systems der Firma GOM. Abbildung 4 zeigt schematisch den Aufbau der optischen Messung. Die Bildung des Quotienten aus den Geschwindigkeiten des Werkstücks und der beweglichen Walzbacke in x- Richtung erlaubt die Analyse des Abroll-/Schlupfverhaltens.



[4] Schematische Darstellung des optischen Messsystems GOM Pontos

### FE-Simulation und Tribometer

Um die experimentell erfasste Prozessgrenze numerisch abzubilden, wurde anstelle eines konstanten Reibwerts  $\mu$  der Reibwert von den tribologischen Lasten, Kontaktnormalspannung, Relativgeschwindigkeit und Temperatur, abhängig definiert. Die Prozessgrenze durch Werkstückschlupf konnte somit temperaturabhängig in der FE-Simulation abgebildet werden.



[5] links: Auszug aus den optischen Messungen, rechts: Verschiebung und Geschwindigkeit in x-Richtung sowie Quotienten über der Werkstückverschiebung in x-Richtung

### Danksagung

Die hier dargestellten Forschungsarbeiten finden im Rahmen des IGF-Vorhabens Nr. 20722N der Forschungsvereinigung Stahlverformung e.V. (FSV) statt. Dieses wird über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Ferner bedanken wir uns bei allen Industriepartnern, die das Forschungsprojekt „Auslegung von Profilwalzprozessen“ im Projektbegleitenden Ausschuss unterstützen:

- baier & michels GmbH & Co. KG
- bilstein&siekermann GmbH & Co. KG
- Carl Bechem GmbH
- CENIT AG
- CPM GmbH
- EJOT Holding GmbH & Co. KG
- Hilti AG
- KAMAX Holding GmbH & Co. KG

### Gefördert durch



- MKU-Chemie GmbH
- Prosymalis GmbH
- simufact engineering GmbH
- SSF Verbindungsteile GmbH
- Transvalor
- ZWEZ-CHEMIE GmbH

