

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>vii</b>
<b>1     Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2     Stand der Technik und Forschung .....</b>	<b>3</b>
2.1   Umformtechnik im Automobilbau.....	3
2.1.1   Fertigungsprozess von Karosseriebauteilen.....	3
2.1.2   Umformverfahren zur Herstellung von Karosseriebauteilen.....	4
2.1.3   Einflussfaktoren auf den Umformprozess und resultierende Qualitätsmerkmale .....	5
2.2   Tribologie in der Blechumformung.....	9
2.2.1   Das tribologische System .....	10
2.2.2   Einflussfaktoren auf die Reibung in der Blechumformung .....	13
2.2.3   Modellversuche zur Ermittlung des Reibverhaltens .....	20
2.3   Reibung in der Umformsimulation .....	22
2.4   Halbzeugeigenschaften und Chargenschwankungen in der Blechumformung.....	24
2.4.1   Schwankungen der Schmierstoffmenge und Schmierstoffverteilung .....	25
2.4.2   Schwankungen der Rauheit .....	27
2.4.3   Weitere Schwankungen von Halbzeugeigenschaften .....	28
2.5   Zusammenfassende Bewertung .....	31
<b>3     Zielsetzung der Arbeit und methodische Vorgehensweise.....</b>	<b>33</b>
<b>4     Werkstoffe und Versuchsmethoden.....</b>	<b>35</b>
4.1   Untersuchtes Halbzeug und Karosseriebauteil.....	35
4.2   Anlagen und Werkzeug für die Herstellung des Karosseriebauteils ..	36
4.3   Messtechnik zur Halbzeugcharakterisierung.....	38
4.3.1   Methoden zur Oberflächencharakterisierung .....	38
4.3.2   Methode zur Ermittlung der Schmierstoffauflagemenge .....	41
4.3.3   Methode zur Blechdickenmessung .....	41
4.3.4   IMPOC-System zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften .....	42
4.4   Methode zur Reibungscharakterisierung .....	43
4.4.1   Versuchsanlage und Werkzeug .....	43
4.4.2   Untersuchte Halbzeuge .....	45
4.5   Finite-Elemente-Simulation.....	46

- 5 Ursachenanalyse und Charakterisierung von im Serienprozess erfassten Halbzeugeigenschaften..... 49
  - 5.1 Erfassung und Charakterisierung von Schwankungen der Schmierstoffmenge und Schmierstoffverteilung ..... 50
    - 5.1.1 Erfassung der Schmierstoffmesswerte und Prüfung der Datenreduzierung..... 50
    - 5.1.2 Schwankungen der Schmierstoffmenge und -verteilung ..... 56
    - 5.1.3 Einflussfaktoren auf die Schmierstoffverteilung .....73
  - 5.2 Erfassung und Charakterisierung von Schwankungen der Rauheit ... 82
    - 5.2.1 Prüfung des Inline-Rauheitsmessverfahrens SRM ..... 82
    - 5.2.2 Schwankungen der Rauheit ..... 88
  - 5.3 Zusammenfassende Bewertung der Charakterisierung von Chargenschwankungen ..... 96
- 6 Methode zur Charakterisierung der tribologischen Bedingungen bei Chargenschwankungen ..... 99
  - 6.1 Methodik zur Halbzeugcharakterisierung und Reibungscharakterisierung ..... 99
  - 6.2 Charakterisierung der Halbzeuge ..... 102
  - 6.3 Charakterisierung der Reibung .....111
- 7 Numerisch gestützte Analyse zum Aufbau eines Prozessverständnisses bei schwankenden tribologischen Bedingungen .....119
  - 7.1 Vorgehensweise zur Übertragung der Erkenntnisse in die FE-Simulation ..... 120
    - 7.1.1 Validierung des bestehenden Simulationsmodells ..... 120
    - 7.1.2 Überführung der Streifenziehversuche in die Simulation..... 123
  - 7.2 Analyse und Bewertung der Auswirkung von Chargenschwankungen auf das Umformverhalten ..... 126
- 8 Zusammenfassende Prozessbewertung für die Herstellung von Karosseriebauteilen im Serienprozess .....135
- 9 Zusammenfassung und Ausblick ..... 139
- 10 Summary and outlook .....143
- Literaturverzeichnis ..... 147