

# **Inhaltsverzeichnis**

Formelzeichen- und Abkürzungszeichen .....	XI
Abbildungsverzeichnis .....	XVII
Tabellenverzeichnis .....	XXI
1 Einleitung .....	23
2 Stand der Technik .....	25
2.1 Methoden für systematische Entwicklungs- und Entscheidungsprozesse .....	25
2.1.1 Grundlagen .....	25
2.1.2 Problemlösungszyklus .....	27
2.1.3 Vorgehensweise beim Entwickeln und Konstruieren .....	29
2.1.4 Vorgehensweisen für die Werkstoffauswahl .....	32
2.1.5 Produkt- und Prozessentwicklungsprozesse .....	36
2.2 Anforderungen an Personenkraftfahrzeuge .....	38
2.2.1 Fahrzeugsicherheit .....	38
2.2.2 Leichtbaustrategien .....	41
2.3 Fertigungsleichtbau .....	43
2.3.1 Wärmebehandlung .....	43
2.3.2 Thermomechanische Behandlung .....	44
2.3.3 Bauteile mit lokal unterschiedlichen Eigenschaften .....	53
2.4 Werkstoffleichtbau .....	59
2.4.1 Höchstfeste Stahlwerkstoffe .....	59
2.4.2 Einfluss der Legierungselemente .....	62
2.5 Zusammenfassende Bewertung .....	65
3 Fokus und Zielsetzung der Arbeit .....	67
4 Methodik zur Prozessauslegung anforderungsgerecht gestalteter Strukturbauenteile .....	71
4.1 Anforderungsanalyse .....	73
4.1.1 Übertragung der Bauteilanforderungen in Werkstoffanforderungen ..	73

4.1.2	Erstellung eines Anforderungsprofils.....	74
4.2	Werkstoffsuche .....	76
4.3	Auswahl des geeigneten Umformprozesses.....	79
4.4	Charakterisierung der Werkstoffeigenschaften .....	81
4.4.1	Werkstoffcharakterisierung nach der Blechkaltumformung .....	81
4.4.2	Werkstoffcharakterisierung nach einer thermomechanischen Behandlung .....	84
4.4.3	Werkstoffcharakterisierung nach einer unterschiedlichen thermomechanischen Behandlungen .....	90
4.4.4	Parametereinflussanalyse .....	91
4.5	Ermittlung des Formänderungsvermögens .....	92
4.5.1	Ermittlung der Prozessparameter der Blechkaltumformung .....	92
4.5.2	Ermittlung der Prozessparameter der thermomechanischen Behandlung .....	95
4.5.3	Parametereinflussanalyse .....	97
4.6	Prozesskonfiguration und -anpassung.....	97
4.6.1	Statistische Versuchsplanung .....	97
4.6.2	Sensitivitätsanalyse.....	99
4.7	Entscheidungsvorschlag zur Prozessgestaltung.....	105
4.7.1	Soll-Ist-Vergleich .....	106
4.7.2	Erarbeitung des Prozessfensters .....	106
4.7.3	Entscheidungsvorschlag .....	108
5	Ermittlung des Prozessfensters zur Herstellung eines Strukturauteils mit partiell unterschiedlichen Eigenschaftszonen unter Anwendung der erarbeiteten Methodik .....	109
5.1	Definition der Anforderungen an das Strukturauteil .....	110
5.2	Werkstoffselektion .....	112
5.3	Auswahl des Umformprozesses .....	114
5.4	Thermische und thermomechanische Werkstoff-charakterisierung .....	115
5.4.1	Chemische Zusammensetzung.....	116
5.4.2	Umwandlungstemperaturen .....	116
5.4.3	Zeit-Temperatur-Schaubilder .....	118

5.4.4	Mechanische Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit der Abkühlrate .....	124
5.4.5	Mechanische Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit von der Abkühlrate und dem Umformgrad .....	128
5.4.6	Mechanische Werkstoffeigenschaften durch partiell unterschiedliche thermo-mechanische Behandlung.....	131
5.4.7	Parametereinflussanalyse .....	137
5.5	Ermittlung des Formanderungsvermogens .....	140
5.5.1	Warmfliekurven .....	142
5.5.2	Grenzziehverhaltnis.....	146
5.5.3	Erichsen-Tiefungswert.....	148
5.5.4	Rückfederung .....	150
5.5.5	Parametereinflussanalyse .....	151
5.6	Prozessentwicklung und -validierung .....	154
5.6.1	Statistische Versuchsplanung .....	156
5.6.2	Sensitivitätsanalyse mit der FE-Simulation .....	159
5.6.3	Sensitivitätsanalyse durch experimentelle Untersuchungen .....	169
5.7	Entscheidungsvorschlag .....	174
5.7.1	Auswertung .....	174
5.7.2	Ergebnisdokumentation und Prozessfenster.....	176
5.7.3	Entscheidungsvorlage .....	178
5.8	Zusammenfassung .....	180
6	Zusammenfassende Bewertung und Ausblick .....	183
7	Literaturverzeichnis.....	187
	Anlagen .....	199