

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit . . . . .	2
<b>2 Leichtbau mit formfeldstrukturierten Blechen</b>	<b>4</b>
2.1 Prinzipien des Leichtbaus . . . . .	4
2.1.1 Material- und Werkstoffauswahl des Leichtbaus . . . . .	5
2.1.2 Formgebung und Struktur des Leichtbaus . . . . .	6
2.1.3 Leichtbauweisen . . . . .	6
2.2 Strukturierungstechniken für Feinbleche . . . . .	8
2.2.1 Wellblechstrukturierung . . . . .	10
2.2.2 Walzstrukturierung . . . . .	10
2.2.3 Kugelstrukturierung . . . . .	11
2.2.4 Höckerstrukturierung . . . . .	12
2.2.5 Wölbstrukturierung . . . . .	12
2.2.6 Formfeldstrukturpressen . . . . .	14
2.2.7 Vorzugsverfahren zur Makrostrukturierung von Feinblechen . . . . .	16
<b>3 Stand der Technik zur Dimensionierung strukturierter Leichtbauwerkstücke</b>	<b>18</b>
3.1 Experimentelle Prüfverfahren zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten . . . . .	18
3.1.1 Mechanische Prüfverfahren . . . . .	18
3.1.2 Schwingungsbasierte Prüfverfahren zur Ermittlung der mechanischen Eigen- schaften . . . . .	25
3.2 Analytische Beschreibung der Geometrie unterschiedlicher Leichtbaustrukturelemente	28
3.2.1 Analytische Geometriebeschreibung von Wellblechen . . . . .	28
3.2.2 Analytische Geometriebeschreibung kugelstrukturierter Bleche . . . . .	31
3.2.3 Analytische Geometriebeschreibung von Hutprofilen . . . . .	32
3.3 Nutzung der GALERKIN-Methode . . . . .	35
3.4 Diskretisierende Methoden zur Dimensionierung von Leichtbaustrukturelementen .	36
3.4.1 Finite-Element-Modellierung der Geometrie . . . . .	36
3.4.2 Finite-Element-Modellierung des Herstellungsprozesses . . . . .	42
3.5 Erstellung von Ersatzmodellen zur Dimensionierung von Leichtbaustrukturen .	44
3.5.1 Experimentelle Bestimmung von Ersatzmodellen . . . . .	45
3.5.2 Mathematische Steifigkeitsbeschreibung eines Ersatzmodells strukturierter Bau- teile . . . . .	46

3.5.3 Energiemethode zur Erstellung von Ersatzmodellen strukturierter Bauteile . . . . .	46
3.5.4 Finite-Element-Methode zur Erstellung von Steifigkeitsmodellen strukturierter Bauteile . . . . .	49
3.6 Zusammenfassung der Methoden . . . . .	52
<b>4 Handlungsbedarf und Lösungsansatz</b>	<b>54</b>
<b>5 Mechanische Grundlagen des Steifigkeitsmodells formfeldstrukturierter Bleche</b>	<b>57</b>
5.1 HOOKESches Materialgesetz . . . . .	57
5.2 Verformungstheorie von Platten . . . . .	61
5.2.1 KIRCHHOFFSche Plattentheorie . . . . .	62
5.2.2 Plattentheorie nach MINDLIN . . . . .	64
5.2.3 Schubfelddeformationstheorie höherer Ordnung . . . . .	65
5.2.4 Auswahl einer Plattenbiegetheorie . . . . .	65
5.3 Herleitung der ABD-Matrix . . . . .	66
<b>6 Mechanische Charakterisierung formfeldstrukturierter Bleche</b>	<b>69</b>
6.1 Versuchsvorbereitung zur Bestimmung der ABD-Matrix . . . . .	69
6.1.1 Prüfvorrichtungen zur Charakterisierung der FSP-Struktur . . . . .	70
6.1.2 Herstellung der Versuchspunktkörper . . . . .	73
6.1.3 Gewähltes Messsystem zur Verformungserfassung . . . . .	78
6.2 Mechanische Charakterisierung der FSP-Bleche . . . . .	79
6.2.1 Zugversuche in x-Richtung . . . . .	80
6.2.2 Zugversuche in y-Richtung . . . . .	83
6.2.3 Biegeversuche um die x-Achse . . . . .	85
6.2.4 Biegeversuche um die y-Achse . . . . .	88
6.2.5 Schubversuche . . . . .	90
6.2.6 Torsionsversuche . . . . .	92
<b>7 Erstellung der Ersatzsteifigkeitsmodelle der FSP-Strukturen</b>	<b>94</b>
7.1 Berechnung der Materialmodelle . . . . .	94
7.2 Verifizierung der Steifigkeitsmodelle durch Vergleich mit Versuchs- und Simulationsergebnissen . . . . .	97
7.2.1 Vergleich der Steifigkeitsmodelle mit den Versuchsergebnissen . . . . .	97
7.2.2 Vergleich der Steifigkeitsmodelle mit errechneten FSP-Strukturen . . . . .	100

<b>8 Exemplarische Anwendung der Steifigkeitsmodelle</b>	<b>107</b>
<b>8.1 Auslegung einer Aufzugskomponente mit FSP-Struktur . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>8.1.1 Dimensionierung des Bauteils . . . . .</b>	<b>108</b>
<b>8.1.2 Bestimmung der Spannungen . . . . .</b>	<b>110</b>
<b>8.2 Potential der Materialeinsparung durch FSP an Bauteilen . . . . .</b>	<b>113</b>
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>117</b>
<b>A Anhang</b>	<b>136</b>