

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	2
2	Leichtbau mit formfeldstrukturierten Blechen	4
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
3	Stand der Technik zur Dimensionierung strukturierter Leichtbauwerkstücke	18
3.1	Experimentelle Prüfverfahren zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten	18
3.1.1	Mechanische Prüfverfahren	18
3.1.2	Schwingungsbasierte Prüfverfahren zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften	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 Bauteile	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
4	Handlungsbedarf und Lösungsansatz	54
5	Mechanische Grundlagen des Steifigkeitsmodells formfeldstrukturierter Bleche	57
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
6	Mechanische Charakterisierung formfeldstrukturierter Bleche	69
6.1	Versuchsvorbereitung zur Bestimmung der ABD-Matrix	69
6.1.1	Prüfvorrichtungen zur Charakterisierung der FSP-Struktur	70
6.1.2	Herstellung der Versuchsprobekörper	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
7	Erstellung der Ersatzsteifigkeitsmodelle der FSP-Strukturen	94
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

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