

- 1 Einleitung1
 - 1.1 Motivation.....3
 - 1.2 Zielsetzung und Notwendigkeit einer komplexen Struktur4
 - 1.3 Vorgehensweise.....7

- 2 Numerische Simulation und digitale Geometrieverarbeitung8
 - 2.1 Finite Elemente Methode8
 - 2.2 Strukturoptimierung.....15
 - 2.2.1 Optimierungsansätze.....16
 - 2.2.1.1 Parameteroptimierung.....17
 - 2.2.1.2 Formoptimierung.....18
 - 2.2.1.3 Topologieoptimierung.....19
 - 2.2.2 Optimierungsziele22
 - 2.3 Digitale Geometrieverarbeitung.....25
 - 2.3.1 Grundlagen der 3D-Modellierung25
 - 2.3.2 Technisches CAD26
 - 2.3.2.1 ACIS28
 - 2.3.2.2 Stetigkeit31
 - 2.3.3 Digital Sculpting und Generative Design.....32
 - 2.3.3.1 Subdivision.....33
 - 2.3.3.2 Voxelm Modelle37

- 3 Produktoptimierung mittels der Potentiale der additiven Fertigung40
 - 3.1 Verfahrensprinzip und Abgrenzung zu herkömmlichen Verfahren.....40
 - 3.2 Restriktionen / Konstruktionsrichtlinien.....43
 - 3.3 Technische Potentiale der additiven Fertigung.....46

- 4 Handlungsbedarf53

- 5 Voxelbasierte Methodik zur digitalen Geometriegenerierung54
 - 5.1 Datenverarbeitung im Produktentstehungsprozess54
 - 5.1.1 Gesamtprozess.....54
 - 5.1.2 Randbedingungen des Gesamtprozesses61
 - 5.2 Voxelbasierter Ansatz64
 - 5.2.1 Anforderungen an Geometriedaten zur effektiven Nutzung von AM64
 - 5.2.2 Konstruktion des Ausgangsmodells66
 - 5.2.3 Erstellung des Berechnungsmodells und Diskretisierung.....66
 - 5.2.4 Glättung von Voxelmodellen68

5.2.4.1	Zweidimensionale Glättung	70
5.2.4.2	Dreidimensionale Glättung	82
5.2.5	Kerbspannungsreduktion mit Baumkurven	85
5.2.6	Offsetfunktionen	90
5.2.7	Rückführung in analytisch definierte Geometrien	92
5.2.8	Speicherbedarf und Komplexitätsabbildung	95
5.2.9	Zusammenfassung und Prozessbeschreibung auf Voxelbasis	98
5.3	Umsetzung mit OptiStruct und Geomagic Freeform	101
5.4	Umsetzung mit Eigenentwicklung	108
6	Anpassung der generierten Geometrien für die additive Fertigung	112
6.1	Geometrieanforderungen der additiven Fertigung	112
6.1.1	Digitale Prüfung der Konstruktionsregeln	115
6.1.2	Manuelle Korrektur der Ergebnisse nach Abschluss der Optimierung ..	119
6.1.3	Softwareintegrierte Korrektur während des Optimierungsprozesses.....	121
6.2	Strukturintegration als Erweiterung der Integralbauweise	122
7	Anwendungsbeispiele zur Topologieoptimierung und Evaluation	124
7.1	Topologieoptimierung eines Radträgers aus der Formula Student.....	124
7.1.1	Variante 2011: CAD, Fräsen	126
7.1.2	Variante 2013:CAD, Additive Fertigung	128
7.1.3	Variante 2013: CAD, Additive Fertigung, manuelle AM-Regeln	129
7.1.4	Variante 2014: höhere Auflösung, CAD, manuelle AM-Regeln	130
7.1.5	Variante 2015: Hochauflösend, Voxel CAD, manuelle AM-Regeln	131
7.1.6	Variante 2017: Strukturbauweise mit hoher Auflösung	132
7.1.7	Variante 2018: sehr hohe Voxelauflösung, mit Rückführung.....	134
7.2	Evaluationsbeispiel: Halter für Massenschwungrad	135
8	Zusammenfassung und Ausblick	138
9	Literaturverzeichnis.....	141