

Inhalt

Symbole und Abkürzungen	VII
--------------------------------------	------------

Abbildungen und Tabellen	IX
---------------------------------------	-----------

1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung der Arbeit	2
1.3 Gliederung der Arbeit.....	2
2 Grundlagen der Rapid-Technologie	3
2.1 Systematik der Technologieanwendungen	4
2.1.1 Rapid Prototyping.....	4
2.1.2 Rapid Manufacturing	4
2.2 Die Rapid-Technologie im Produktentstehungsprozess.....	5
2.2.1 Einordnung der GF-Verfahren.....	6
2.2.2 Zukünftige Technologienutzung.....	6
2.3 Verfahrensgrundlagen	7
2.3.1 Technologische Prozesskette.....	7
2.3.2 Datentechnische Prozesskette	8
2.4 Datenaustausch für Anwendungen der Rapid-Technologie	9
2.4.1 STL	10
2.4.2 Weitere 3D-Schnittstellenformate	11
2.4.3 2 ¹ / ₂ D-Schichtdatenrepräsentationen	12
2.5 Vorbereitung des Bauprozesses	13
2.5.1 Bauteilorientierung	13
2.5.2 Bauraumplanung.....	14
2.5.3 Supportgenerierung.....	15
2.5.4 Schichtzerlegung	16
2.5.5 Einstellparameter	17
2.6 Bauprozess und Post Processing	17
3 Konzeption der Orientierungsoptimierung	19
3.1 Potenziale und Grenzen der Rapid-Technologie.....	19
3.2 Anforderungen an die Bauteilorientierung.....	23
3.3 Konzeptentwurf.....	26

4	Stand der Wissenschaft	29
4.1	Ansätze zur Optimierung des Datentransfers	29
4.1.1	Problemdefinition	29
4.1.2	Weiterentwicklungen des STL-Formats	29
4.1.3	Ansätze zur Erhöhung der Bauteilgenauigkeit.....	30
4.1.4	Ansätze zur Modellierung heterogener Bauteile	31
4.1.5	STEP-basierter Datenaustausch.....	32
4.1.6	Fazit.....	32
4.2	Ansätze zur Optimierung der Bauteilorientierung.....	33
4.2.1	Problemdefinition	33
4.2.2	Geometriebasierte Ansätze	34
4.2.3	Parameterbasierte Ansätze	36
4.2.4	Fazit.....	37
4.3	Ansätze zur Optimierung der Bauraumausnutzung	37
4.3.1	Problemdefinition	38
4.3.2	Hüllkörperbasierte Ansätze.....	39
4.3.3	Objektbasierte Ansätze	41
4.3.4	Weitere Ansätze	41
4.3.5	Fazit.....	41
4.4	Ansätze zur Optimierung der Schichtzerlegung.....	42
4.4.1	Problemdefinition	42
4.4.2	Adaptive Schichtzerlegung	43
4.4.3	Direkte adaptive Schichtzerlegung	46
4.4.4	Fazit.....	47
4.5	Ansätze zur Unterstützung der Prozessvorbereitung	48
4.6	Fazit zum Stand der Wissenschaft.....	48
5	Algorithmen zur Lösung geometrischer Teilprobleme	49
5.1	Anwendung der Algorithmischen Geometrie.....	49
5.1.1	Begriffsdefinitionen	50
5.1.2	Algorithmische Operationen	52
5.1.2.1	Dreieckoperationen.....	52
5.1.2.2	Halbraumtest.....	53
5.1.2.3	Flächeninhalt eines Polygons	54
5.1.2.4	Volumen eines Polyeders.....	55
5.1.2.5	Ebener Schnitt eines Polyeders	56
5.1.2.6	Triangulierung	57
5.1.2.7	Affine Transformation	59
5.1.3	Hüllkörper.....	61
5.1.4	Konvexe Hülle	62
5.1.4.1	Algorithmen zur Berechnung	63
5.1.4.2	Durchmesser	64
5.1.5	Datenstrukturen für Polygonnetze	66

5.1.5.1	Objektnetze.....	66
5.1.5.2	Listenstrukturen.....	66
5.2	Heterogene Objektrepräsentation	68
5.2.1	Segmentierung von Polygonnetzen.....	68
5.2.2	Identifikation von Netzsegmenten	69
5.3	Minimierung des Treppenstufeneffekts.....	71
5.3.1	Konzept des minimalen Volumenfehlers	71
5.3.2	Konzept der minimalen Spitzenhöhe	72
5.4	Minimierung des Verzugs	75
5.5	Optimierung der Stützkonstruktionen	76
5.5.1	Kontaktfläche.....	76
5.5.2	Volumen	79
5.5.3	Entfernbarkeit	79
5.5.4	Bauteilstabilität	81
5.6	Minimierung der Fertigungskosten	82
5.7	Optimierung der Bauraumausnutzung	84
5.7.1	Problemdefinition	84
5.7.2	Das Optimierungsmodell.....	84
6	Methodische Umsetzung der Mehrzieloptimierung	87
6.1	Optimierungen	87
6.1.1	Klassifizierung der Optimierungsverfahren	88
6.1.2	Mehrzieloptimierung	89
6.1.2.1	Definition	89
6.1.2.2	Leistungsbewertung von Algorithmen.....	90
6.1.2.3	Bewertung mehrdimensionaler Zielfunktionen.....	90
6.1.3	Evolutionäre Algorithmen.....	91
6.2	Genetischer Algorithmus	93
6.2.1	Terminologie.....	93
6.2.2	Prinzipieller Ablauf.....	95
6.2.3	Codierung	96
6.2.4	Fitnessfunktion.....	97
6.2.5	Abbruchkriterien.....	97
6.2.6	Genetische Operatoren	98
6.2.6.1	Selektion	98
6.2.6.2	Rekombination	100
6.2.6.3	Mutation.....	101
6.2.6.4	Beispiel	101
6.2.6.5	Weitere Evolutionsfaktoren.....	102
6.2.7	Konvergenz.....	102
7	Gesamtkonzept und Realisierung	103
7.1	Technische Implementierung.....	105

7.2	Konfigurierung des genetischen Algorithmus.....	106
7.2.1	Suchraum	106
7.2.2	Codierung.....	106
7.2.3	Anfangspopulation.....	106
7.2.4	Fitnessfunktion.....	107
7.2.5	Genetische Operatoren	107
7.2.6	Abbruchkriterien.....	108
7.3	Datenaufbereitung	108
7.3.1	Speicherung heterogener Objekteigenschaften.....	108
7.3.2	Herstellen der Topologie.....	109
7.3.3	Konvexe Hülle.....	109
7.3.4	Affine Transformation.....	110
7.3.5	Clipping	110
7.4	Integration der umgesetzten Teilkonzepte.....	114
8	Validierung und Evaluierung.....	115
8.1	Visualisierung und Interpretation der Ergebnisse.....	115
8.2	Anwendungsbeispiele	116
8.2.1	Minimierung der Bauhöhe	116
8.2.2	Optimierung der Schichtzerlegung.....	118
8.2.3	Minimierung des Treppenstufeneffekts	119
8.2.4	Minimierung des Verzugs	120
8.2.5	Optimierung der Stützkonstruktionen.....	121
8.2.5.1	Minimierung der Kontaktfläche	121
8.2.5.2	Minimierung des Volumens.....	123
8.2.5.3	Gewährleistung der Entfernbareit	124
8.2.5.4	Gewährleistung der Bauteilstabilität	125
8.2.6	Mehrzieloptimierung der Wirtschaftlichkeit	126
8.2.7	Mehrzieloptimierung der Bauteilqualität	128
8.2.8	Mehrzieloptimierung konträrer Fertigungsziele	130
8.3	Zusammenfassung und Bewertung des Konzepts	133
8.3.1	Bewertung der Algorithmen	133
8.3.2	Bewertung der Optimierungsparameter	134
8.3.3	Bewertung des Konvergenzverlaufs	135
8.3.4	Fazit.....	136
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	137
	Literatur.....	141
	Anhang.....	153
	Veröffentlichungen	167
	Lebenslauf	169