

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Problemstellung	3
1.3 Aufbau der Arbeit	6
2 Stand der Wissenschaft und Technik	7
2.1 Wandel in der Produktion	7
2.1.1 Entwicklungen des Produktionssystems	7
2.1.2 Auswirkungen des Wandels auf die physische und logische Ebene des Produktionssystems	10
2.2 Hybride Fertigung	11
2.2.1 Definition hybride Fertigung	12
2.2.2 Hybride additive Fertigungsprozesse	13
2.2.3 Anlagentechnologien für die hybride additive Fertigung	16
2.3 Prozessplanung im Kontext der hybriden additiven Fertigung	19
2.3.1 Definition Computer-Aided Process Planning	19
2.3.2 CAPP Ansätze für die hybride additive Fertigung	21
2.3.3 Prozessmodelle für die Prozessplanung	23
2.3.4 Algorithmen für die Reihenfolgeplanung	27
2.3.5 Domänenübergreifende Planung	28
2.4 Zusammenfassung und Darstellung der Forschungslücke	32
3 Zielsetzung, Forschungsfragen und Arbeitshypothese	35
4 Konzeption des Incremental Manufacturing Lab	41
4.1 Einsatzfall der inkrementellen Fertigung	42
4.1.1 Bauteilspektrum und -anforderungen	42
4.1.2 Fertigungstechnologien (Grobauswahl)	43
4.2 Entwicklung eines Anlagenkonzepts für die Erprobung der inkrementellen Fertigung	43
4.2.1 Anforderungen an das Incremental Manufacturing Lab	43
4.2.2 Technologisches Konzept des Incremental Manufacturing Labs	45
	IX

4.3	Umsetzung des Incremental Manufacturing Lab im Technikums- maßstab	50
4.3.1	Systematik des Anlagenaufbaus	50
4.3.2	Integrierte Fertigungsverfahren	52
4.3.3	Steuerung und Vernetzung	56
4.3.4	Zusammenfassung Incremental Manufacturing Lab	57
5	Prozessplanung für die inkrementelle Fertigung	61
5.1	Herausforderungen des inkrementellen Fertigungsansatzes	62
5.1.1	Herausforderungen im Kontext Bauteilentwurf	62
5.1.2	Herausforderungen im Kontext Prozessplanung	62
5.1.3	Herausforderungen im Kontext Fertigung	63
5.2	Anforderungen an die Prozessplanung und Grenzen der inkremen- tellen Fertigung	64
5.3	Planungsmethode	65
5.3.1	Kombinierte Bauteilauslegung und Prozessplanung für die inkrementelle Fertigung	66
5.3.2	Bausteine der Prozessplanung	68
5.4	Bewertung von Fertigungsrouten	69
5.4.1	Definition und Anwendung von Kennzahlen	69
5.4.2	Fertigungskomplexität/Kennzahlensystem im Kontext der inkrementellen Fertigung	70
5.5	Fertigungsmodelle für die inkrementelle Fertigung	74
5.5.1	Zeitmodelle für die additive Fertigung	74
5.5.2	Qualitätsmodell	84
5.5.3	Kostenmodell	86
5.6	Interprozessuale Fertigungsschritte	88
5.6.1	Allgemeine Fertigungsregeln	90
5.6.2	Interprozessuale Fertigungsschritte mit Einfluss auf die Bau- teilkomplexität	95
5.6.3	Interprozessuale Fertigungsschritte mit Einfluss auf die Pro- zessreihenfolge	99
5.6.4	Anwendung der Fertigungsregeln auf Demonstratorebene	110
5.7	Aufstellen von Fertigungsrouten	114
5.8	Multikriterielle Bewertung von Bauteilvarianten	120
5.8.1	Multikriterielle Entscheidung	120
6	Umsetzung der Prozessplanung in einem Planungstool	125
6.1	Klassenstruktur	125
6.2	Programmablauf	127
7	Prozesskorrektur während der Fertigung	131
7.1	Bauteilfehler in der inkrementellen Fertigung	131

7.2	Inkrementelle Bauteilkorrekturstrategien und ihre Umsetzung . . .	134
7.2.1	Prozessreihenfolgeflexibilität und Prozessstrategiewechsel zur Bauteilkorrektur	135
7.2.2	Anforderungen an eine Prozessbeschreibung und Auswahl im Kontext der inkrementellen Fertigung	137
7.2.3	Schnittstellen für den flexiblen Strategiewechsel	141
8	Inkrementeller Bauteildemonstrator	147
8.1	Demonstratorbauteilauswahl	147
8.1.1	Vorgehen für die Bewertung der Eignung eines Bauteils für die inkrementelle Fertigung	149
8.1.2	Auswahl eines Demonstrators für die inkrementelle Fertigung	151
8.2	Prozesskette und Fertigung des Demonstratorbauteils	152
8.3	Herausforderungen der inkrementellen Fertigung am Beispiel des Demonstrators	154
9	Schlussbetrachtung	157
9.1	Zusammenfassung	157
9.2	Ausblick	159
Anhang		161
A.1	Materialdaten	161
Abbildungsverzeichnis		163
Tabellenverzeichnis		169
Literatur		171