

---

**INHALTSVERZEICHNIS**

---

Inhaltsverzeichnis-----	I
Abbildungsverzeichnis-----	VII
Tabellenverzeichnis-----	IX
Abkürzungen-----	XI
1 Einleitung-----	I
1.1 Ausgangssituation der Produktindividualisierung-----	1
1.2 Problemstellung im Maschinen- und Anlagenbau-----	4
1.3 Zielstellung und Lösungsansatz der Arbeit-----	7
1.4 Aufbau der Arbeit-----	8
2 Stand des Wissens und der Technik-----	11
2.1 Produktindividualisierung und Variantenmanagement-----	11
2.1.1 Mass Customization, Produktindividualisierung und Personalisierung-----	12
2.1.2 Varianten- und Komplexitätsmanagement-----	13
2.1.3 Kommunalität-----	15
2.1.4 Modularität-----	16
2.1.5 Produktstrukturen definierter Komponenten-----	17
2.1.6 Produktstrukturen für die Produktadaption-----	18
2.1.7 Vorbereitungsgrad und Auftragseindringungspunkt im Wertstrom-----	21
2.1.8 Zwischenfazit zum Themengebiet Produktindividualisierung-----	24
2.2 Entwicklung individualisierbarer Produkte-----	25
2.2.1 Modelle der anforderungsbasierten Produktkonkretisierung-----	25
2.2.2 Modelle der fähigkeitsbasierten Produktentwicklung-----	28
2.2.3 Zwischenfazit zum Themengebiet Entwicklung individualisierbarer Produkte--	30
2.3 Datenverarbeitung in Konstruktion und Auftragsabwicklung-----	30
2.3.1 Daten, Information und Wissen-----	31
2.3.2 Produktmodellierung-----	31
2.3.3 Computer Aided Design-----	31
2.3.4 Produktlösungsraum-----	36
2.3.5 Produktkonfiguration-----	36
2.3.6 Zwischenfazit zum Themengebiet Datenverarbeitung-----	38
2.4 Produktions- und Fertigungstechnik-----	39
2.4.1 Spanende Fertigung mit definierter Schneide-----	39
2.4.2 Steuerung von Werkzeugmaschinen-----	41

2.4.3	Arbeitsvorbereitung für die spanende Fertigung	43
2.4.4	Erstellung von NC-Programmen	43
2.4.5	Vorgehensweisen der NC-Programmierung	45
2.4.6	Parametrische CNC-Programmierung	46
2.4.7	Zwischenfazit zum Themengebiet Fertigungstechnik	47
2.5	Produktionsorganisation im Kontext der variantenreichen Produktion	48
2.5.1	Lean Production	48
2.5.2	Quick Response Manufacturing	48
2.5.3	Fertigungssegmentierung, Fraktale Fabrik und Business Process Reengineering	49
2.5.4	Computer Integrated Manufacturing	50
2.5.5	Industrie 4.0	51
2.5.6	Zwischenfazit zum Themengebiet Produktionsorganisation	52
2.6	Fazit zum Stand des Wissens und der Technik	52
3	Zielsetzung, Forschungskonzeption und Anwendungsbereich	55
3.1	Zielsetzung der Arbeit	55
3.1.1	Forschungsziele	55
3.1.2	Zielgrößen der Auftragsabwicklung	57
3.2	Lösungsansatz und Gestaltungshypothesen	59
3.3	Forschungskonzeption und Forschungsprozess	61
3.4	Definition des Anwendungsbereichs der Arbeit	63
4	Untersuchung der Produktindividualisierung	67
4.1	Untersuchung der Individualisierung monolithischer Komponenten	67
4.1.1	Bildung einer Morphologie der geometrischen Adaptionenformen	68
4.1.2	Realisierbarkeit der Adaptionenformen	70
4.1.3	Erhebung individualisierter Komponentengruppen in der industriellen Praxis	71
4.1.4	Bildung von Stufen der geometrischen Adaption	71
4.1.5	Eignung der Lösungsraumdefinition für die Produktindividualisierung	74
4.2	Untersuchung der Auftragsabwicklung individualisierter Komponenten	76
4.2.1	Identifikation von Leitfragen	76
4.2.2	Entwicklung einer Darstellungsform für Prozessketten	77
4.2.3	Aufnahme der Auftragsabwicklungsprozesse individualisierter Komponenten	79
4.2.4	Erfassung von Komplikationen der individualisierten Fertigung	80
4.2.5	Identifikation der Barrieren der Produktindividualisierung	80
4.2.6	Formulierung der Gestaltungsdimensionen	84
4.3	Zwischenfazit zur Untersuchung der Produktindividualisierung	84

5	Gestaltungsmodell für die Produktindividualisierung-----	87
5.1	Konzeption des Gestaltungsmodells -----	87
5.2	Formulierung der Gestaltungsprinzipien des Gestaltungsmodells -----	90
5.2.1	Gestaltungsdimension 1: System der Auftragsabwicklung-----	90
5.2.2	Gestaltungsdimension 2: Produktlösungsraum und Kommunalität -----	93
5.2.3	Gestaltungsdimension 3: Informationssystem -----	96
5.2.4	Gestaltungsdimension 4: Prozessfolge-----	99
5.2.5	Gestaltungsdimension 5: Prozessgestaltung -----	103
5.3	Zwischenfazit zum Gestaltungsmodell für die Produktindividualisierung-----	107
6	Konzeption der Planungsmethode-----	109
6.1	Ermittlung inhaltlicher und formaler Anforderungen -----	109
6.1.1	Inhaltliche Anforderungen-----	109
6.1.2	Formale Anforderungen-----	111
6.2	Konzeption des Methodengerüsts -----	112
6.2.1	Initiierung der Methodenanwendung (Phase 1) -----	112
6.2.2	Konzeption der Prozesskette (Phase 2)-----	113
6.2.3	Synthese des Produktlösungsraums (Phase 3)-----	114
6.2.4	Detaillierung des Produktlösungsraums (Phase 4)-----	115
6.2.5	Planung des lösungsraumumfassenden Fertigungsprozesses (Phase 5) -----	115
6.3	Zwischenfazit zur Konzeption der Planungsmethode -----	115
7	Ausgestaltung der Planungsmethode -----	117
7.1	Initiierung der Methodenanwendung (Phase 1)-----	117
7.1.1	Gegenüberstellung von Ausgangssituation und strategischer Zielsetzung -----	117
7.1.2	Überprüfung der Anwendbarkeit eines geschlossenen Produktlösungsraums--	118
7.2	Konzeption der Prozesskette (Phase 2)-----	118
7.2.1	Schritt 1) Situationsanalyse der Auftragsabwicklung -----	119
7.2.2	Schritt 2) Zielformulierung -----	120
7.2.3	Schritt 3) Synthese von Gestaltungsalternativen der Prozesskette -----	120
7.2.4	Schritt 4) Beurteilung und Auswahl der Gestaltungsalternativen -----	123
7.2.5	Zwischenfazit zur Konzeption der Prozesskette-----	123
7.3	Synthese des Produktlösungsraums (Phase 3)-----	124
7.3.1	Schritt 1) Identifikation geometrischer Grundtypen -----	128
7.3.2	Schritt 2) Aufnahme und Analyse der Funktions-Merkmal-Zuordnung-----	128
7.3.3	Schritt 3) Zuordnung der Funktionen zu den kundenseitigen Anforderungen--	130
7.3.4	Schritt 4) Überarbeitung der Funktions-Merkmal-Matrix -----	130
7.3.5	Schritt 5) Überarbeitung der veränderbaren D-Merkmal-Grundformen-----	133
7.3.6	Schritt 6) Skizzieren des Entwurfs der Komponentengruppe -----	134

7.3.7 Schritt 7) Analyse des Fähigkeitsraums der Fertigung-----	134
7.3.8 Schritt 8) Abgleich des Fähigkeitsraums der Fertigung mit dem technischen Produktlösungsraum-----	135
7.3.9 Schritt 9) Technischen Lösungsraum und Fähigkeitsraum der Fertigung in Überdeckung bringen (Matching)-----	137
7.3.10 Zwischenfazit zur Synthese des Produktlösungsraums -----	138
7.4 Detaillierung des Produktlösungsraums (Phase 4)-----	138
7.4.1 Schritt 1) Erstellung des Konfigurationsmodells-----	138
7.4.2 Schritt 2) Erstellung einer Parametertabelle zur Steuerung des CAD-Modells -	140
7.4.3 Schritt 3) Erstellung des parametrischen, tabellengesteuerten CAD-Modells---	142
7.4.4 Schritt 4) Erstellung der Parametrik -----	143
7.4.5 Zwischenfazit zur Detaillierung des Produktlösungsraums -----	144
7.5 Planung des lösungsraumumfassenden Fertigungsprozesses (Phase 5) -----	144
7.5.1 Schritt 1) Bestimmung des Ausgangsteils-----	145
7.5.2 Schritt 2) Erstellung des einheitlichen Prozessplans -----	146
7.5.3 Schritt 3) Identifikation einer einheitlichen Bearbeitungsfolge-----	146
7.5.4 Schritt 4) Erstellung des Programmablaufplans für das CNC-Hauptprogramm	148
7.5.5 Schritt 5) Bildung von Operationsfolgen je D-Merkmal-Grundform -----	149
7.5.6 Schritt 6) Formalisierung der Werkzeugzuweisung -----	150
7.5.7 Schritt 7) Erstellung von Programmablaufplänen der CNC-Unterprogramme--	151
7.5.8 Zwischenfazit zur Planung des lösungsraumumfassenden Fertigungsprozesses	152
7.6 Detaillierte Gesamtdarstellung der Planungsmethode -----	152
8 Anwendung und Bewertung -----	155
8.1 Anwendung des Gestaltungsmodells -----	155
8.1.1 Anwendung im Labor (Anwendungsfall 1)-----	155
8.1.2 Anwendung des Gestaltungsmodells in Anwendungsfall 2 (Fallgeber A)-----	159
8.2 Bewertung des Gestaltungsmodells -----	161
8.2.1 Verbesserung in den Zieldimensionen Zeit, Qualität und Kosten -----	161
8.2.2 Gestaltungshypothesen-----	163
8.2.3 Zwischenfazit zur Anwendung und Bewertung des Gestaltungsmodells -----	163
8.3 Anwendung der Planungsmethode-----	164
8.3.1 Anwendung der Planungsmethode in Anwendungsfall 3 (Fallgeber A) -----	164
8.3.2 Anwendung der Planungsmethode in Anwendungsfall 4 (Fallgeber B) -----	169
8.3.3 Anwendung der Planungsmethode in Anwendungsfall 5 (Fallgeber C) -----	170
8.4 Bewertung der Planungsmethode -----	171
8.4.1 Erfüllung inhaltlicher Anforderungen an die Planungsmethode-----	171
8.4.2 Erfüllung formaler Anforderungen an die Planungsmethode -----	172
8.5 Zwischenfazit zu Anwendung und Bewertung-----	173

9 Zusammenfassung und Ausblick -----	175
9.1 Zusammenfassung -----	175
9.2 Ausblick -----	177
Literaturverzeichnis -----	179
Anhang -----	191
A.1: Konturen und Konturflächen an Fräs- und Drehbauteilen-----	191
A.2 Darstellung der Auftragsabwicklung einer individualisierten Komponente-----	192
A.3 Erläuterung der identifizierten Komplikationen der Produktindividualisierung in der spanenden Fertigung -----	193
A.4 Verdeutlichung der Wirkweise des Gestaltungsmodells für Produktindividualisierung in der spanenden Fertigung anhand einer Prozesskette -----	199
A.5 Teilvorgehen zur Automatisierung von Prozessen: -----	202
Lebenslauf des Autors -----	203