

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Ausgangssituation .....	1
1.2	Ziel der Arbeit .....	4
1.3	Forschungsmethodischer Rahmen der Arbeit .....	6
1.4	Aufbau der Arbeit .....	8
<b>2</b>	<b>Herausforderungen der Produktstrukturierung</b> .....	<b>11</b>
2.1	Betriebs- und produkttypologische Einordnung des Untersuchungsbereichs .....	11
2.2	Grundlagen der Produktstrukturierung .....	15
2.2.1	Strukturierung von Produkten .....	15
2.2.2	PDM-System zur Unterstützung der Produktstrukturierung .....	25
2.3	Grundlagen der variantenreichen Fertigung .....	26
2.3.1	Fertigung variantenreicher rotationssymmetrischer Bauteile Einzel- und Kleinserienfertigung .....	26
2.3.2	ERP- und MES-Systeme zur Unterstützung der variantenreichen Fertigung .....	32
2.4	Auswirkungen der Produktstrukturierung und variantenreichen Fertigung auf die Wirtschaftlichkeit von Unternehmen .....	34
2.5	Defizite der Produktstrukturierung am Beispiel eines Einzel- und Kleinserienherstellers im Maschinen- und Anlagenbau .....	38
2.6	Problem bei der Gestaltung einer Produktstruktur für variantenreiche rotationssymmetrische Bauteile .....	40

2.6.1	Unsystematische Ermittlung der bauteilmerkmalsabhängigen Aufwandsentstehung in der Fertigung.....	40
2.6.2	Keine durchgängige Datennutzung zur Ermittlung der Wechselwirkungen von Bauteilmerkmalsausprägung und Fertigungsprozess .....	43
2.6.3	Unzureichende Abstimmung zwischen Entwicklung und Fertigung bei Bauteil- und Fertigungsstandarddefinition .....	44
2.7	Handlungsbedarf aus der Praxis .....	46
<b>3</b>	<b>Bestehende Ansätze zur Produktstrukturierung .....</b>	<b>49</b>
3.1	Überblick bestehender Ansätze .....	49
3.1.1	Ansätze zur produktionsorientierten Produktstrukturierung.....	51
3.1.2	Ansätze zur Produkt- und Prozessgestaltung basierend auf Data Mining.....	62
3.2	Bewertung der bestehenden Ansätze.....	66
3.3	Forschungsdefizit und Handlungsbedarf.....	71
<b>4</b>	<b>Theoriezusammenhang der Arbeit.....</b>	<b>73</b>
4.1	Grundlagen der Systemtheorie.....	73
4.2	Wissensentdeckung in Datenbanken – Knowledge Discovery in Databases (KDD) und Data Mining.....	77
4.3	Statistische Versuchsplanung – design of experiments (DoE) .....	79
4.4	Grundlagen der Statistik und statistischer Analysemethoden.....	82
4.4.1	Kennzahlen.....	82
4.4.2	Heuristisches Screening .....	82
4.4.3	Lineare Regression und Konfidenzintervall.....	84
4.4.4	Clusteranalyse .....	86
4.4.5	Statistische Tests.....	89
4.4.6	Varianzanalyse .....	90

4.4.7	Signifikanztest, Effektstärke und Aussagekraft statistischer Tests .....	91
4.4.8	Mittelwert, Standardabweichung, Normalverteilung und Variationskoeffizient .....	94
4.4.9	Visualisierung großer Datenmengen .....	96
4.5	Grundlagen der Vektorgeometrie .....	97
4.6	Zwischenfazit .....	99
<b>5</b>	<b>Konzeption der Gestaltungsmethodik .....</b>	<b>101</b>
5.1	Anforderungen an die Methodik .....	101
5.1.1	Inhaltliche Anforderungen .....	101
5.1.2	Formale Anforderungen .....	103
5.2	Kernidee der Arbeit .....	104
5.3	Konzept zur Gestaltung einer Produktstruktur .....	105
5.3.1	Datenbasierte Identifikation der Bauteilmerkmal- und Fertigungsprozessvarianz von potenzialträchtigen Bauteilen .....	108
5.3.2	Statistische Ermittlung der Wechselwirkungen von Bauteilmerkmalsausprägung und Fertigungsprozess .....	110
5.3.3	Bewertung und Aggregation der Wechselwirkungen zur Ableitung von konstituierenden Merkmalen .....	112
5.4	Zwischenfazit: Potenziale der Gestaltungsmethodik .....	113
<b>6</b>	<b>Detaillierung der Gestaltungsmethodik .....</b>	<b>117</b>
6.1	Datenbasierte Identifikation der Bauteilmerkmal- Fertigungsprozessvarianz von potenzialträchtigen Bauteilen .....	118
6.1.1	Auswahl von potenzialträchtigen Bauteilen .....	120
6.1.2	Auswahl von potenzialträchtigen Bauteilmerkmalen .....	135
6.1.3	Aufbereitung und Verknüpfung von Bauteil- und Fertigungsrückmeldedaten .....	142

6.1.4	Visualisierung der Arten der Bauteilmerkmals- und Fertigungsprozessvarianz .....	148
6.2	Statistische Ermittlung der Wechselwirkungen von Bauteilmerkmal und Fertigungsprozess .....	151
6.2.1	Identifikation signifikant abweichender Fertigungsprozesse.....	153
6.2.2	Identifikation der Bauteilmerkmalsinduzierten Fertigungsprozessabweichung .....	158
6.2.3	Statistische Ermittlung der Wechselwirkung von Bauteilmerkmalsausprägungen und Fertigungsprozess .....	161
6.2.4	Visualisierung und Validierung der Wechselwirkungen von Bauteilmerkmal und Fertigungsprozess .....	166
6.3	Bewertung und Aggregation der Wechselwirkungen zur Ableitung von konstituierenden Merkmalen .....	171
6.3.1	Bewertung und Aggregation der Varianzsensitivitätsindikatoren der Bauteilmerkmale .....	172
6.3.2	Aggregation der Varianzsensitivitätsklassen von Bauteilmerkmalen .....	181
6.3.3	Bestimmung der Fertigungswirkung für das Wirkungsprofil von Bauteilmerkmalen potenzialträchtiger Bauteile.....	183
6.3.4	Visualisierung der Wirkungsprofile zur Ableitung konstituierender Merkmale .....	187
6.4	Zwischenfazit: Detaillierung der Gestaltungsmethodik .....	189
<b>7</b>	<b>Validierung und kritische Reflexion .....</b>	<b>191</b>
7.1	Validierung der Gestaltungsmethodik für eine Produktstruktur .....	191
7.1.1	Ausgangssituation bei der Lamellen GmbH.....	191
7.1.2	Anwendung der Gestaltungsmethodik für eine Produktstruktur.....	192
7.2	Kritische Reflexion der Ergebnisse .....	210
7.2.1	Beurteilung hinsichtlich der inhaltlichen Anforderungen .....	210
7.2.2	Beurteilung hinsichtlich der formalen Anforderungen .....	212

---

7.2.3	Zwischenfazit .....	213
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>215</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>219</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>241</b>
10.1	Klassifizierungssysteme rotationssymmetrischer Bauteile und Sachmerkmalelisten (SML) .....	241
10.2	Spanende Fertigungsverfahren .....	245
10.3	Dateninput aus Arbeitsplan und Fertigungsauftrag .....	246
10.4	Dateninput für statistische Ermittlung der Wechselwirkungen .....	248
10.5	Arbeitsschritte zur statistischen Ermittlung der Wechselwirkungen .....	250