

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
Formelzeichen und Indizes.....	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Einführung in die Problemstellung	1
1.2 Motivation und Zielsetzung	3
1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	7
2 Begriffsdefinition und Grundlagen	11
2.1 Grundlagen der Produktentwicklung.....	11
2.1.1 Der Produktentstehungsprozess.....	12
2.1.2 Die Produktentstehung in der Automobilindustrie	14
2.1.3 Ursachen der Variantenvielfalt	16
2.2 Grundlagen der Montageplanung	19
2.2.1 Das Vorgehen in der Montageplanung.....	19
2.2.2 Einordnung in den Produktentstehungsprozess.....	21
2.2.3 Montageplanung innerhalb der automobilen Fertigung	23
2.3 Datenmodellierung und Produktstruktur	26
2.3.1 Grundlagen der Datenmodellierung	26
2.3.2 Grundlagen der Produktstruktur.....	27
2.3.2.1 Wege der Produktstrukturierung.....	27
2.3.2.2 Strukturierung bei Automobilherstellern	29
2.4 Grundlagen der Komplexität	30
2.4.1 Komplexität: Eine Begriffsklärung	31
2.4.2 Formen der Produktkomplexität	33
2.5 Graphentheorie: Einführung und Definitionen.....	34
2.5.1 Ungerichtete Graphen und Vektoren.....	35
2.5.2 Algorithmen zur Analyse komplexer Graphen.....	39
2.5.3 Vergleich von Graphen und Vektoren	41
3 Stand der Forschung und Technik.....	47
3.1 Aktuelle Entwicklungen	47
3.1.1 Simultaneous Engineering in der Produktentwicklung	48
3.1.2 Ansätze und Methoden der Digitalen Fabrik	52

3.2	Planungsmethoden in der Montageplanung	55
3.2.1	Methods Time Measurement.....	55
3.2.2	Boothroyd und Dewhurst Methode.....	56
3.2.3	Complexity Connectivity Methode	58
3.3	Ansätze zur automatisierten Montageplanung.....	61
3.3.1	Automatisierte Ermittlung von Montagezeiten.....	62
3.3.2	Automatisierte Montagereihenfolgenplanung	64
3.3.2.1	Grundlagen.....	65
3.3.2.2	Intrinsische Vorgangsbeziehungen	66
3.3.2.3	Extrinsische Vorgangsbeziehungen	68
3.3.2.4	Existierende Ansätze.....	69
3.4	Problemfelder und Handlungsbedarfe	73
3.5	Anforderungen an die Methoden	77
4	Ermitteln von Komplexität in der Montage	81
4.1	Aufbau der Methode	81
4.2	Zusammenführung der relevanten Daten	83
4.3	Aufstellen des Konnektivitätsgraphen für eine Baugruppe.....	84
4.4	Bestimmung der relevanten Attribute zur Graphenbeschreibung	87
4.4.1	Größe: Anzahl der Elemente und Relationen.....	88
4.4.2	Vernetzung: Kürzeste Wege und Flussrate.....	88
4.4.3	Zentralität: Vernetzungsgrad eines Graphen.....	89
4.4.4	Dekomposition: Zerlegung eines Graphen	90
4.4.5	Weitere Attribute zur Graphenbeschreibung	92
4.5	Aufstellen von Konnektivitätsvektoren für Baugruppen.....	92
4.6	Vergleich von Baugruppen.....	94
4.7	Grenzen der Vergleichbarkeit	97
5	Methode zur Ermittlung von Verbaureihenfolgen.....	99
5.1	Aufbau und Ablauf der Methode	99
5.2	Datenaufbereitung	100
5.2.1	Erweiterung der Datenbasis um vorliegendes Wissen	101
5.2.2	Analyse der Produktstruktur und Gruppenbildung.....	102
5.3	Regelwerk zur Bildung der Verbaureihenfolgen.....	105
5.3.1	Regel 1: Referenzregel	106
5.3.2	Regel 2: Transformationsregel	108
5.3.3	Regel 3: Schalenmodell	111

5.3.4	Regel 4: Graphentheorie	113
5.3.5	Regel 5: Schlagwortanalyse.....	115
5.3.6	Regel 6: Schraubregel	117
5.3.7	Weitere Regeln	119
5.4	Gewichtung der Regeln	120
5.5	Generierung einer Reihenfolge: Ergebnisdarstellung	122
6	Methode zur Prognose der Montagezeit.....	125
6.1	Aufbau und Ablauf der Methode	125
6.2	Bereinigung der Konnektivitätsgraphen	126
6.3	Aufstellen einer Vektordatenbank	128
6.4	Prognose der Montagezeit mithilfe von KNN	129
6.4.1	Netzauswahl	129
6.4.2	Trainieren der Netze	130
7	Validierung der Methoden.....	133
7.1	Rahmenbedingungen beim Industriepartner.....	133
7.1.1	Vorstellung des Industriepartners.....	133
7.1.2	Einordnung der Thematik.....	134
7.2	Datengrundlage	135
7.2.1	Produktstruktur.....	136
7.2.2	Konstruktionsdaten	137
7.2.3	Vorliegendes Wissen	139
7.2.4	Zusammenführung der relevanten Daten.....	140
7.2.5	Systemtechnische Umsetzung.....	140
7.3	Anwendung der Methoden an einem Praxisbeispiel	141
7.3.1	Ermitteln der Komplexitätstreiber	143
7.3.2	Ermitteln der Verbaureihenfolge.....	146
7.3.3	Zeitenabschätzung.....	149
8	Diskussion der Ergebnisse.....	153
8.1	Relevanz und Gültigkeit.....	153
8.2	Kritische Konzeptbestätigung	154
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	161
10	Literaturverzeichnis.....	165
11	Anhang	181
11.A	Anhang zu Kapitel 2.....	181
11.A.1	Mehrdimensionale Systemanalysemodelle	181

11.A.2 Clustern von Baugruppen an einem Beispiel.....	182
11.A.3 Vergleich von KNN und anderen Analysemodellen	182
11.B Anhang zu Kapitel 3	184
11.B.1 Beispiel für eine MTM-Tabelle	184
11.B.2 Vorgehensweise im Rahmen der CCM	185
11.B.3 Vergleich der existierenden Planungsmethoden	187
11.B.4 Generierung einer Verbaureihenfolge mittels Wave Model	187
11.C Anhang zu Kapitel 4	189
11.C.1 Beispiel einer Distanzanalyse.....	189
11.C.2 Berechnung des Komplexitätsvektors für den Zentralbass	190
11.C.3 Dekompositions-Algorithmus: Performanceuntersuchung.....	193
11.C.4 Komplexitätswerte für verschiedene Baugruppen	194
11.D Anhang zu Kapitel 5	196
11.D.1 Ermittelte Verbaugruppen des aktuellen BMW 1er.....	196
11.D.2 Beispiel für eine Montagerefenz.....	198
11.D.3 Validierung der Schlagwortanalyse	199
11.E Anhang zu Kapitel 6	201
11.F Anhang zu Kapitel 7	202
11.F.1 Distanzanalyse mit Verschiebung.....	202
11.F.2 Auszug aus der Gesamtliste	203
11.F.3 Komplexitätsanalyse der Verbaugruppe Frontend.....	204