

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Motivation .....	2
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise .....	3
1.3 Aufbau der Arbeit .....	5
<b>2 Wissenschaftliche Grundlagen der Layoutplanung im Fabrikplanungsprozess .....</b>	<b>7</b>
2.1 Allgemeine Grundlagen der Fabrikplanung.....	7
2.1.1 Planungsfälle.....	9
2.1.2 Der Planungsprozess anhand der Fabrikplanungsphasen .....	10
2.2 Layoutplanung .....	13
2.2.1 Planungsebenen .....	15
2.2.2 Methoden und Werkzeuge der Layoutplanung.....	18
2.2.3 Partizipative Planung .....	19
2.3 Die Digitale Fabrik .....	21
2.3.1 Visualisierung und Interaktion.....	23
2.3.2 Virtual Reality .....	24
2.3.3 Digitale Methoden und Werkzeuge der Layoutplanung.....	26
2.3.4 Materialflusssimulation .....	28
2.4 Digitale Durchgängigkeit in der Layoutplanung .....	31
2.4.1 Durchgängigkeit der Planungsmethoden zur Erstellung von Grob- und Feinlayouts.....	32
2.4.2 Durchgängigkeit von Visualisierung und Interaktion.....	33
2.4.3 Durchgängigkeit über die Planungsebenen hinweg.....	33
2.5 Zusammenfassung der Grundlagen für die Layoutplanung im Fabrikplanungsprozess.....	34
<b>3 Bisheriger VR-Einsatz in der Layoutplanung.....</b>	<b>35</b>
3.1 Stand der Forschung .....	36
3.1.1 Literaturrecherche.....	36
3.1.2 Schlussfolgerungen zum Stand der Forschung .....	38
3.2 Analyse aktueller Fabrikplanungsprogramme und -systeme .....	39
3.2.1 Betrachtete Software.....	39
3.2.1.1 Spezielle Fabrikplanungssoftware .....	40
3.2.1.2 CAD-Programme .....	42
3.2.1.3 Fabrikplanungssysteme.....	43
3.2.2 Bewertungskriterien.....	44

V

3.2.2.1	Bewertungskriterien zur Visualisierung und Interaktion .....	45
3.2.2.2	Bewertungskriterien zur Interaktion in den Planungsebenen.....	46
3.2.3	Einordnung und Diskussion der Analyseergebnisse.....	46
3.3	Zusammenfassung des bisherigen Einsatzes von VR in der Layoutplanung.....	50
<b>4</b>	<b>Abgeleiteter Forschungs- und Entwicklungsbedarf .....</b>	<b>51</b>
4.1	Übergeordnete Anforderungen an die Layoutplanung in und mit VR.....	52
4.1.1	Informationsbereitstellung .....	52
4.1.2	Übersichtlichkeit.....	52
4.1.3	Interaktion.....	53
4.2	Funktionale Anforderungen an die durchgängige Layoutplanung in und mit VR.....	53
4.2.1	Der virtuelle Planungstisch.....	54
4.2.2	Bauteilbibliotheken.....	55
4.2.3	Virtuelle Anzeigetafel.....	56
4.2.4	Darstellung von Transportwegen und -intensitäten .....	56
4.2.5	Integration der dynamischen Materialflusssimulation.....	57
4.3	Konzeptionelle Anforderungen.....	57
4.3.1	Interaktion in und mit der virtuellen Welt .....	57
4.3.2	Partizipative Planung .....	58
4.4	Zusammenfassung des abgeleiteten Forschungs- und Entwicklungsbedarfs .....	59
<b>5</b>	<b>Konzeption einer Gesamtmethodik zur Planung von Grob- und Feinlayouts in und mit VR.....</b>	<b>60</b>
5.1	Die neue VR-Arbeitsumgebung der Fabrikplanung 5.0 .....	60
5.1.1	Der virtuelle Planungstisch.....	61
5.1.2	Die Bauteilbibliothek.....	63
5.1.3	Die virtuelle Anzeigetafel.....	65
5.1.4	Planung in Originalgröße.....	66
5.1.5	Darstellung von Bearbeitungsreihenfolgen und Transportintensitäten.....	67
5.1.6	Bidirektionale Kopplung zur Materialflusssimulation.....	70
5.2	Interaktion in und mit der VR.....	73
5.2.1	Navigation.....	73
5.2.2	Objektselektion .....	75
5.2.3	Objektplatzierung .....	75
5.2.4	Datenaggregation .....	77
5.3	Partizipative Planung in der Fabrikplanung 5.0.....	78
5.4	Die Gesamtmethodik Fabrikplanung 5.0.....	80
5.4.1	Ablauf ohne Materialflusssimulation.....	82
5.4.2	Beginn des Ablaufs mit dem Aufbau des VR-Layouts und anschließender Simulation.....	83
5.4.3	Beginn des Ablaufs mit dem Aufbau des Simulationsmodells.....	83
5.5	Zusammenfassung der Entwicklung der Gesamtmethodik.....	84

<b>6</b>	<b>Prototypische Systementwicklung .....</b>	<b>85</b>
6.1	Verwendete Hardware .....	85
6.1.1	3D-Großprojektion .....	86
6.1.2	VR-Brillen .....	89
6.1.3	Auswahl eines geeigneten VR-Systems für die FP 5.0.....	90
6.1.4	Technische Ausstattung des IMAB .....	91
6.2	Erhebung von 3D-Ausgangsdaten .....	93
6.2.1	Überprüfung von Bestandsdaten.....	94
6.2.2	3D-Daten-Aufnahme für die Fabrikplanung 5.0.....	95
6.3	Softwareumsetzung.....	100
6.3.1	Umsetzung des virtuellen Planungstisches .....	104
6.3.2	Virtuelle Begehung und Bearbeitung der Arbeitsplatzebene.....	106
6.3.3	Variable Hallen .....	108
6.3.4	Visualisierung der Bearbeitungsreihenfolgen.....	108
6.3.5	Berechnung und Visualisierung kürzester Transportwege .....	109
6.3.6	Die virtuelle Anzeigetafel.....	111
6.3.7	Umsetzung der Bauteilbibliothek .....	111
6.3.8	Generierung von VR-Elementen .....	112
6.3.9	Bidirektionale Kopplung zur Materialflusssimulation.....	114
6.3.10	Partizipative Planung in und mit VR .....	117
6.4	Zusammenfassung der prototypischen Systementwicklung .....	119
<b>7</b>	<b>Praktische Anwendung der Gesamtmethodik Fabrikplanung 5.0</b>	<b>120</b>
7.1	Beispiel 1: Layoutplanung auf Generalebene .....	121
7.2	Beispiel 2: Partizipative Layoutplanung.....	125
7.2.1	Partizipative Planung mit VR-Brille und VR-Großprojektion .....	125
7.2.2	Partizipative Planung mit mehreren VR-Brillen.....	130
7.3	Beispiel 3: Planung mit bidirektionaler Kopplung zur Materialflusssimulation .....	131
7.4	Beispiel 4: Demontagefabrik .....	133
7.5	Zusammenfassung der Anwendungsbeispiele .....	136
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>138</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>141</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>149</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>151</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>151</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>152</b>