

# Inhalt

<b>Abstract</b>	I
<b>Zusammenfassung</b>	III
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	XIII
<b>Verzeichnis der Formelzeichen</b>	XV
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	4
1.3 Spezifizierung des Betrachtungsbereichs . . . . .	5
1.4 Wissenschaftstheoretische Einordnung . . . . .	6
1.5 Methodische Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit . . . . .	10
<b>2 Stand der Erkenntnisse</b>	<b>13</b>
2.1 Begriffsdefinitionen . . . . .	13
2.2 Vibrationswendelförderer . . . . .	16
2.2.1 Produktionstechnische Bedeutung und Einsatzgebiete . . . . .	17
2.2.2 Aufbau und Funktionsweise . . . . .	20
2.2.3 Fördergut und Ordnungsschikanen . . . . .	22
2.3 Auslegung von Ordnungsschikanen . . . . .	29
2.3.1 Konventionelle Auslegung . . . . .	29
2.3.2 Methodische Unterstützung bei der Auslegung . . . . .	32
2.3.3 Unterstützung der Auslegung durch Simulationsverfahren	37
2.3.4 Automatisierte Auswahl und Sequenzierung von Schikanenelementen . . . . .	40
2.4 Forschungsdefizit . . . . .	42
2.5 Reinforcement Learning als Verständnisgrundlage . . . . .	43
2.5.1 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen . . . . .	44
	IX

2.5.2	Reinforcement Learning im Detail . . . . .	53
<b>3</b>	<b>Anforderungsanalyse und Lösungsansatz</b>	<b>59</b>
3.1	Anforderungen an die Methode . . . . .	59
3.1.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	59
3.1.2	Spezifische Anforderungen . . . . .	60
3.2	Lösungsansatz: Methode zur automatisierten Generierung von Ordnungsschikanen . . . . .	62
<b>4</b>	<b>Methodenschritt 1: Datenaufbereitung</b>	<b>67</b>
4.1	Überblick . . . . .	67
4.2	Automatisierte Fördergut-Analyse . . . . .	69
4.2.1	Extraktion von Fördergut-Charakteristika . . . . .	69
4.2.2	Ähnlichkeit-Analyse . . . . .	76
4.3	Entwurf einer erweiterbaren CAD-Bibliothek . . . . .	83
4.3.1	Auswahl und Parametrierung von Schikanenelementen	83
4.3.2	Struktur der CAD-Bibliothek . . . . .	87
<b>5</b>	<b>Methodenschritt 2: Bewertung der Schikanenelemente</b>	<b>91</b>
5.1	Überblick . . . . .	91
5.2	Simulationsbasierte Bewertung von Schikanenelementen . . . . .	93
5.2.1	Bewertung von Schikanenelementen . . . . .	93
5.2.2	Umsetzbarkeit mit der Physiksimulation . . . . .	96
5.3	Berechnungsvorschriften für Simulationsläufe . . . . .	97
5.3.1	Automatisierte Versuchsplanung . . . . .	97
5.3.2	Konvergenz der Simulationsergebnisse . . . . .	99
<b>6</b>	<b>Methodenschritt 3: Generierung der Ordnungsschikane</b>	<b>101</b>
6.1	Überblick . . . . .	101
6.2	Aufbau des Reinforcement-Learning-Systems . . . . .	104
6.2.1	Modellierung des zugrundeliegenden Optimierungs- problems . . . . .	104
6.2.2	Struktur und Komponenten des Reinforcement-Learning- Systems . . . . .	105
6.3	Reinforcement Learning zur automatisierten Generierung von Ordnungsschikanen . . . . .	109
6.3.1	Lernprozess und Training . . . . .	109

6.3.2	Prädiktion von Ordnungsschikanen . . . . .	112
6.4	Simulative Evaluation und Optimierung . . . . .	114
6.4.1	Erzeugung der Ordnungsschikane aus dem Design- entwurf . . . . .	114
6.4.2	Simulation der Ordnungsschikane und Parameter- optimierung . . . . .	115
<b>7</b>	<b>Implementierung und Evaluierung der Auslegungsmethode</b>	<b>117</b>
7.1	Rahmenbedingungen . . . . .	119
7.2	Automatisierte Generierung einer Ordnungsschikane . . . . .	119
7.2.1	Datenaufbereitung . . . . .	119
7.2.2	Bewertung der Schikanenelemente . . . . .	123
7.2.3	Generierung der Ordnungsschikane . . . . .	124
7.2.4	Evaluation der Ordnungsschikane . . . . .	127
7.3	Kritische Bewertung der Forschungsergebnisse . . . . .	128
7.3.1	Richtigkeit der Ergebnisse . . . . .	128
7.3.2	Anwendbarkeit im industriellen Kontext . . . . .	130
7.3.3	Wirtschaftlichkeit . . . . .	132
7.3.4	Allgemeingültigkeit . . . . .	134
7.3.5	Zusammenfassung . . . . .	135
7.3.6	Bewertung der Zielerreichung . . . . .	135
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>139</b>
8.1	Zusammenfassung . . . . .	139
8.2	Ausblick . . . . .	140
<b>Literatur</b>		<b>143</b>
<b>Betreute Studienarbeiten</b>		<b>181</b>
<b>Anhang</b>		<b>193</b>