

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Nomenklatur</b>	<b>vii</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>xii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiv</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung und Herausforderung . . . . .	2
1.2 Zielsetzung der Arbeit . . . . .	6
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	8
<b>2 Stand der Forschung</b>	<b>9</b>
2.1 Einsatzbereiche der Bewegungssimulation . . . . .	10
2.1.1 Trainingssimulatoren . . . . .	10
2.1.2 Simulatoren in Forschung und Entwicklung . . . . .	11
2.2 Bewegungswahrnehmung . . . . .	13
2.3 Bewegungsplattformen . . . . .	17
2.3.1 Parallele Kinematiken . . . . .	17
2.3.2 Serielle Kinematiken . . . . .	21
2.4 Algorithmen zur Bewegungssimulation . . . . .	28
2.4.1 Bahnplanungsalgorithmen . . . . .	29
2.4.2 Direkte und inverse Kinematik . . . . .	32
2.5 Visuelle Simulation . . . . .	35
2.5.1 Mitbewegtes Projektionssystem . . . . .	36
2.5.2 Stationäres Projektionssystem . . . . .	37
<b>3 Auswahl des Bewegungssystems</b>	<b>39</b>
3.1 Anforderungen an das Bewegungssystem . . . . .	39
3.2 Ableitung der Bewertungskriterien . . . . .	43
3.3 Konzeptvergleich durch Analyse von Dynamik und Kinematik . . . . .	46
3.4 Wahl des Bewegungskonzepts . . . . .	57

<b>4</b>	<b>Konzeption eines Fahrsimulators auf Basis eines Industrieroboters</b>	<b>61</b>
4.1	Auswahl des Bewegungssystems . . . . .	61
4.1.1	Auswahl der Traglastklasse . . . . .	63
4.1.2	Auswahl der Arbeitsraumbegrenzung . . . . .	64
4.2	Kabinenkonzept . . . . .	66
4.3	Sicherheitskonzept . . . . .	69
4.3.1	Gefahrenbereich des Roboters . . . . .	71
4.3.2	Sicherheit der Testperson in der Kabine . . . . .	74
4.4	Anlagensteuerkonzept . . . . .	76
4.4.1	Konzept der Rechnerarchitektur . . . . .	78
4.4.2	Akustik- und Vibrationsfeedback . . . . .	82
4.4.3	Systemarchitektur . . . . .	83
4.5	Visualisierungskonzept . . . . .	84
4.5.1	Wahl des Visualisierungsmodus . . . . .	84
4.5.2	Wahl der Projektionsart . . . . .	85
4.5.3	Wahl und Anordnung der Projektoren . . . . .	87
4.6	Zusammenspiel der Komponenten - Beispielszenario . . . . .	91
<b>5</b>	<b>Ermittlung der Simulationsgüte von RODOS</b>	<b>93</b>
5.1	Bestimmung der Latenzen und der Maximalbeschleunigungen . . . . .	93
5.2	Bewegungssimulation ohne Bedienerinteraktion . . . . .	97
5.2.1	Nachfahren eines Pkw-Offroad-Manövers . . . . .	97
5.2.2	Playback einer Testfahrt mit einem Mobilkran . . . . .	100
5.3	Bewegungssimulation mit Bedienerinteraktion . . . . .	101
5.3.1	Interaktive Fahrt mit einem Mobilbagger . . . . .	102
5.3.2	Visualisierungsfeedback bei der interaktiven Simulation . . . . .	104
5.4	Bestätigung der Konzeptauswahl durch simulativen Vergleich mit einem Hexapoden . . . . .	107
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>110</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>113</b>