

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	4
1.3 Forschungsmethodisches Vorgehen	5
1.4 Aufbau der Arbeit	6
2 Grundlagen	9
2.1 Mechatronische Systeme und Mensch-Maschine-Schnittstellen im Maschinen- und Anlagenbau	9
2.2 Interaktionstechnologien für Maschinen und Anlagen	12
2.2.1 Etablierte Interaktionstechnologien und aktuelle Trends	13
2.2.2 Potenziale zukünftiger Interaktionstechnologien	16
2.3 Softwareergonomie	19
2.3.1 Definition und Ziele der Softwareergonomie	19
2.3.2 Zentrale Qualitätsmerkmale ergonomischer Software	21
2.3.3 Relevante Normen und Richtlinien	23
2.4 Modellbildung und Simulation	26
2.4.1 Beschreibung des System-, Modell- und Simulationsbegriffs	26
2.4.2 Modellbildung bei mechatronischen Systemen und Mensch- Maschine-Schnittstellen	28
2.4.3 Simulation von mechatronischen Systemen und Mensch- Maschine-Schnittstellen	33
3 Stand der Wissenschaft und Technik	37
3.1 Überblick über die Entwicklung mechatronischer Systeme	37
3.2 Überblick über die Entwicklung von Mensch-Maschine-Schnittstellen	40
3.3 Entwicklungsansätze für mechatronische Systeme	42
3.3.1 Generelle Vorgehensmodelle und Entwicklungsmethoden	43

3.3.2	Spezielle Ansätze zur modellbasierten Entwicklung	45
3.3.3	Analyse der Ansätze hinsichtlich der Berücksichtigung von Mensch-Maschine-Schnittstellen	53
3.4	Entwicklungsansätze für Mensch-Maschine-Schnittstellen	54
3.4.1	Generelle Vorgehensmodelle und Entwicklungsmethoden	55
3.4.2	Spezielle Ansätze zur modellbasierten Entwicklung	62
3.4.3	Analyse der Ansätze hinsichtlich einer Übertragung auf mechatronische Entwicklungsprozesse	70
3.5	Identifikation des Handlungsbedarfs	72
4	Anforderungsanalyse	73
4.1	Anforderungen an die Entwicklungsmethodik	73
4.1.1	Allgemeine Anforderungen	73
4.1.2	Spezielle Anforderungen im Kontext der Mechatronik	75
4.1.3	Spezielle Anforderungen im Kontext der Mensch-Maschine-Schnittstelle	76
4.2	Auswahl einer mechatronischen Entwicklungsmethodik als Forschungsgrundlage	77
5	Modellbasierte Entwicklungsmethodik für Mensch-Maschine-Schnittstellen im Maschinen- und Anlagenbau	79
5.1	Gesamtüberblick über die Entwicklungsmethodik	79
5.2	Aktivität I: HMI-Modellierung	82
5.2.1	Erweiterte Systemmodellierungstechnik zur Abbildung von HMIs	82
5.2.2	Prozessablauf für den Einsatz der Modellierungstechnik während der Konzeption von mechatronischen Systemen	92
5.3	Aktivität II: Technologieauswahl	100
5.3.1	Gegenüberstellung von Auswahlfaktoren und Interaktionstechnologien in einer Einflussmatrix	100
5.3.2	Prozessablauf für den Einsatz der Einflussmatrix bei der Technologieauswahl	111
5.4	Aktivität III: HMI-Implementierung	115

5.4.1	Transformation der Modelle von Mensch-Maschine-Schnittstellen	115
5.4.2	Prozessablauf für den Einsatz der Modelltransformation während der Implementierung von Mensch-Maschine-Schnittstellen	120
5.5	Aktivität IV: HMI-Qualitätssicherung	124
5.5.1	Eingesetzte Simulationstechniken	125
5.5.2	Prozessablauf für den Einsatz der Simulationstechniken	130
5.6	Zusammenfassung	134
6	Anwendung und Bewertung der modellbasierten Entwicklungsmethodik	135
6.1	Vorgehensweise bei der Anwendung und Bewertung	135
6.2	Softwareumsetzung der technischen Lösungsbausteine	136
6.2.1	Umsetzung der Modellierungstechnik, der Modelltransformation und der Simulationstechniken	136
6.2.2	Umsetzung der Einflussmatrix	140
6.3	Anwendung an einem industrienahen Fallbeispiel	141
6.3.1	Einführung des Fallbeispiels	141
6.3.2	HMI-Modellierung	142
6.3.3	Auswahl von Interaktionstechnologien	147
6.3.4	HMI-Implementierung	149
6.3.5	HMI-Qualitätssicherung	154
6.4	Technische Bewertung	158
6.4.1	Bewertung anhand der formulierten Anforderungen	158
6.4.2	Nutzenpotenziale, Aufwände und Einschränkungen	161
6.5	Wirtschaftliche Bewertung	163
6.6	Zusammenfassung	167
7	Schlussbetrachtung	169
8	Literaturverzeichnis	173

Anhang	205
A1 Detailbetrachtung des IMoMeSA-Ansatzes von HACKENBERG ET AL.	205
A2 Metamodell der Modellierungstechnik	218
A3 Auswahlfaktoren und Klassifikationskriterien	222
A4 Verzeichnis verwendeter Software	228
A5 Verzeichnis betreuter Studienarbeiten	229