

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Problematik.....	1
1.2 Zielsetzung	5
1.3 Vorgehensweise	6
2 Problemanalyse	7
2.1 Begriffsdefinition und Ausrichtung der Arbeit.....	7
2.2 Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau.....	8
2.2.1 Charakteristika des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus	9
2.2.2 Zukunftsperspektiven im Maschinen- und Anlagenbau	11
2.3 Fortgeschrittene mechatronische Systeme	13
2.3.1 Mechatronische Systeme	14
2.3.2 Adaptiv geregelte Systeme.....	16
2.3.3 Selbstoptimierende Systeme	17
2.3.3.1 Definition der Selbstoptimierung.....	18
2.3.3.2 Operator-Controller-Modul.....	20
2.3.3.3 Ansätze zur Realisierung der Selbstoptimierung	22
2.3.3.4 Selbstoptimierung in der Anwendung	25
2.4 Produktentstehung	28
2.4.1 Referenzmodell der Strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen	28
2.4.2 Strategische Produktplanung im Innovationsprozess	30
2.4.3 Produktentwicklung	31
2.4.3.1 Entwicklung mechatronischer Systeme.....	31
2.4.3.2 Entwicklung selbstoptimierender Systeme	33
2.5 Kundeneinbindung in der Produktentstehung.....	35
2.5.1 Kundenbedürfnisse an technische Systeme.....	37
2.5.2 Kundeneinbindung in den frühen Phasen sowie Kundenrollen..	39
2.6 Herausforderungen.....	41
2.7 Anforderungen an die Systematik.....	43
3 Stand der Technik.....	47
3.1 Förderung von Innovationen durch die Integration von Intelligenz	47
3.1.1 Integration kognitiver Funktionen nach METZLER.....	48
3.1.2 Integration kognitiver Funktionen nach DUMITRESCU	50

3.1.3	Entwurf von Zielsystemen selbstoptimierender Systeme nach POOK.....	52
3.1.4	Intelligente Systeme nach ISERMANN.....	53
3.1.5	Einsatzgestaltung intelligenter Objekte nach DEINDL.....	55
3.1.6	Leitfaden Industrie 4.0 nach ANDERL ET AL.....	57
3.2	Bedarfsidentifikation zur Modifikation.....	59
3.2.1	Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalysen.....	59
3.2.2	Identifikation von Produktfeatures nach BACCIOTTI ET AL.....	60
3.2.3	Produktbenchmarking nach SABISCH und TINTELNOT.....	62
3.2.4	Quality Function Deployment.....	64
3.2.5	KANO-Modell der Kundenzufriedenheit.....	65
3.2.6	Lead-User Integration.....	67
3.2.7	Empathic Design.....	69
3.2.8	Service Driven Design nach EISENHUT.....	70
3.3	Stufen von Intelligenz in technischen Systemen.....	72
3.3.1	Reifegradmodell smarterer Objekte.....	72
3.3.2	Architektur von Cyber-Physical Systems nach LEE ET AL.....	74
3.3.3	Bewertung der Selbststeuerung von Logistiknetzwerken.....	76
3.3.4	Klassifizierungsrahmen für Embedded Devices.....	78
3.3.5	Stufen der Industrie 4.0 Readiness.....	79
3.3.6	Stufenmodell nach PORTER und HEPPELMANN.....	80
3.4	Bewertung und Auswahl von Lösungsideen.....	82
3.4.1	Einfache Methoden zur ganzheitlichen Bewertung.....	82
3.4.2	Nutzwertanalyse.....	83
3.4.3	Analysen auf Basis von Portfolios.....	84
3.4.4	Conjoint-Analyse.....	85
3.5	Handlungsbedarf.....	86
4	Systematik zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme.....	91
4.1	Die Systematik im Überblick.....	91
4.2	Stufenmodell zur Steigerung der Intelligenz.....	93
4.2.1	Das Stufenmodell im Überblick.....	93
4.2.2	Messen und Agieren.....	97
4.2.3	Steuern und Regeln.....	101
4.2.4	Identifizieren und Adaptieren.....	106
4.2.5	Optimieren.....	110
4.2.6	Zusätzliche Funktionen der Informationsverarbeitung.....	113
4.2.7	Einsatzszenarien des Stufenmodells.....	116
4.3	Planung der Umsetzung von intelligentem Verhalten.....	118
4.3.1	Einsatz von mathematischen Optimierungsverfahren.....	119
4.3.2	Entwurf von Prozessmodellen intelligenter Regelungen.....	122

4.3.3	Einsatz von maschinellen Lernverfahren	126
4.3.4	Erweiterte Analyse der Verlässlichkeit.....	129
4.4	Vorgehensmodell zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme im Maschinen- und Anlagenbau	132
4.4.1	Phase 1: Disziplinübergreifende Systemspezifikation	133
4.4.2	Phase 2: Identifikation von Potentialen.....	135
4.4.3	Phase 3: Spezifikation von Lösungsideen	136
4.4.4	Phase 4: Bewertung und Auswahl von Lösungsideen	137
4.5	Hilfsmittel zur Förderung der Kommunikation und Spezifikation.....	138
4.5.1	Spezifikation des Systems.....	139
4.5.1.1	Spezifikation von Prozessen	139
4.5.1.2	Spezifikation von mechatronischen Systemen	142
4.5.2	Abbildung von Potentialen.....	143
4.5.3	Ansatz zur Spezifikation von Lösungsideen	147
4.5.4	Unterstützung der Bewertung und Auswahl	149
5	Anwendung und Bewertung	153
5.1	Anwendungsbeispiel: Lackieranlage	153
5.1.1	Phase 1: Disziplinübergreifende Systemspezifikation	154
5.1.2	Phase 2: Identifikation von Potentialen.....	156
5.1.3	Phase 3: Spezifikation von Lösungsideen	158
5.1.4	Phase 4: Bewertung und Auswahl der Lösungsideen	159
5.2	Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen	162
6	Zusammenfassung und Ausblick	165
7	Abkürzungsverzeichnis	169
8	Literaturverzeichnis	173