

1	Einleitung.....	1
1.1	Problematik.....	1
1.2	Zielsetzung.....	3
1.3	Vorgehensweise	4
2	Problemanalyse.....	7
2.1	Begriffsdefinitionen und Ausrichtung der Arbeit	7
2.2	Mechatronische Systeme.....	8
2.2.1	Grundstruktur mechatronischer Systeme.....	9
2.2.2	Klassen mechatronischer Systeme.....	10
2.2.3	Fortgeschrittene mechatronische Systeme	12
2.3	Interdisziplinäre Produktentstehung.....	17
2.3.1	3-Zyklen-Modell nach GAUSEMEIER	17
2.3.2	Entwicklung mechatronischer Systeme – VDI2206.....	19
2.3.3	Systems Engineering	22
2.3.4	Model-Based Systems Engineering	25
2.4	Wissensmanagement mit Lösungsmustern	27
2.4.1	Wissensformen	27
2.4.2	SECI-Modell.....	29
2.4.3	Kernprozesse des Wissensmanagements nach PROBST	30
2.4.4	Lösungsmuster – ein geeigneter Wissensmanagementansatz?	32
2.4.5	Lösungsmuster in der Produktentstehung – Geschichte.....	36
2.5	Problemabgrenzung.....	40
2.6	Anforderungen an die Arbeit	43
3	Stand der Technik	47
3.1	Überblick – Lösungsmuster in der Produktentstehung.....	47
3.1.1	Universal Design Theory nach GRABOWSKI	47
3.1.2	Musterhierarchie nach CLOUTIER.....	49
3.1.3	SE Entwurfsmuster-Metamodell nach PFISTER	51
3.1.4	SE Mustersprache nach SIMPSON	54
3.2	Lösungswissen für den Systementwurf.....	55
3.2.1	Techniken für die Wissensrepräsentation	56
3.2.1.1	CONSENS	56

3.2.1.2	UML – Unified Modeling Language	58
3.2.1.3	SysML – Systems Modeling Language	60
3.2.1.4	PrEMISE	61
3.2.1.5	Modelica®	63
3.2.2	Fachdisziplinübergreifende Lösungsmuster	64
3.2.2.1	Systemarchitekturmuster nach CLOUTIER	64
3.2.2.2	Lösungsmuster mit SysML nach WEILKINS	66
3.2.2.3	Lösungsmuster für selbstoptimierende Systeme nach DUMITRESCU	68
3.2.3	Fachdisziplinspezifische Lösungsmuster	71
3.2.3.1	Lösungsmuster im Maschinenbau nach SUHM	71
3.2.3.2	Entwurfsmuster nach SALUSTRI	74
3.2.3.3	Koordinationsmuster der Softwaretechnik nach DZIWOK	75
3.2.3.4	Ansätze der Regelungstechnik nach FÖLLINGER	77
3.2.3.5	Muster der Regelungstechnik nach SANZ/ZALEWSKI	79
3.3	Systematiken für den Einsatz von Lösungsmustern	80
3.3.1	Identifizierung von Systemarchitekturmustern nach KALAWSKY	81
3.3.2	Musterbasierter Entwurf mechatronischer Systeme nach GAUSEMEIER ET AL.	82
3.3.3	Musterbasierter Entwurf der selbstoptimierenden Informationsverarbeitung nach DUMITRESCU	84
3.4	Bewertung und Handlungsbedarf	86
4	Instrumentarium für einen lösungsmusterbasierten Entwurf	89
4.1	Das Instrumentarium im Überblick	89
4.2	Das Paradigma der Lösungsmuster in der Produktentstehung	90
4.2.1	Lösungsmuster – Begriffsklärung	91
4.2.2	Klassifikation von Lösungsmustern in der Produktentstehung	91
4.2.2.1	Lösungsmuster in der Strategischen Produktplanung	92
4.2.2.2	Lösungsmuster in der Produktentwicklung	94
4.2.2.3	Lösungsmuster in der Produktionssystementwicklung	100
4.2.3	Wirkgefüge der Lösungsmuster in der Produktentstehung ...	102
4.3	Lösungswissen für den Systementwurf	105
4.3.1	Einheitliche Strukturierung von Lösungsmustern	106
4.3.2	Ausgewählte Beispiele von Lösungsmustern	108

4.3.2.1	Softwareintensives Lösungsmuster „Zusammenarbeit synchronisieren“	108
4.3.2.2	Multidisziplinäres Lösungsmuster „Servoantrieb“ ..	113
4.3.3	Charakterisierung von Lösungsmustern für den Systementwurf	116
4.3.3.1	Dimension 1: Art der Wissensrepräsentation	116
4.3.3.2	Dimension 2: Spezialisierung des Lösungswissens.....	118
4.3.3.3	Dimension 3: Aggregation des Lösungswissens... ..	119
4.3.3.4	Multidimensionaler Wissensraum	120
4.3.3.5	Zusammenspiel zwischen Wissensraum und Entwurfsebenen	123
4.4	Vorgehensmodell zur Identifizierung von Lösungsmustern für den Systementwurf	126
4.4.1	Phase 1: Informationsakquisition	127
4.4.2	Phase 2: Systemanalyse.....	128
4.4.3	Phase 3: Interaktive Analyse.....	129
4.4.4	Phase 4: Dokumentation von Lösungsmustern.....	130
4.5	Vorgehensmodell für einen lösungsmusterbasierten Systementwurf	131
4.5.1	Phase 1: Initiale Zielbestimmung	132
4.5.2	Phase 2: Suche nach Lösungsmustern.....	133
4.5.3	Phase 3: Konkretisierung der Zielbestimmung.....	134
4.5.4	Phase 4: Suche nach spezialisierten Lösungsmustern	135
4.5.5	Phase 5: Lösungsmusterbasierte Systemmodellierung	136
5	Anwendung und Bewertung.....	139
5.1	Anwendung des Vorgehensmodells zur Identifizierung von Lösungsmustern für den Systementwurf am Beispiel „Separator“ ...	139
5.1.1	Phase 1: Informationsakquisition	140
5.1.2	Phase 2: Systemanalyse.....	142
5.1.3	Phase 3: Interaktive Analyse.....	147
5.1.4	Phase 4: Dokumentation von Lösungsmustern.....	150
5.2	Anwendung des Vorgehensmodells für einen lösungsmusterbasierten Systementwurf am Beispiel „Kooperierende Deltaroboter“	151
5.2.1	Phase 1: Initiale Zielbestimmung	152
5.2.2	Phase 2: Suche nach Lösungsmustern.....	155
5.2.3	Phase 3: Konkretisierung der Zielbestimmung.....	156
5.2.4	Phase 4: Suche nach spezialisierten Lösungsmustern	158
5.2.5	Phase 5: Lösungsmusterbasierte Systemmodellierung	160
5.3	Bewertung der Arbeit anhand der Anforderungen.....	163

6	Zusammenfassung und Ausblick	167
7	Abkürzungsverzeichnis	171
8	Literaturverzeichnis	173

Anhang

A1	Ergänzungen zum Stand der Technik	A-1
	A1.1 Beispiele für Lösungsmuster nach SIMPSON	A-1
	A1.2 Beispiel für ein Lösungsmuster nach CLOUTIER	A-3
	A1.3 Beispiele für Lösungsmuster nach GAUSEMEIER ET AL.	A-5
A2	Ergänzungen zu Kapitel 4.2 – Das Paradigma der Lösungsmuster in der PE	A-7
	A2.1 Beispiele für Lösungsmuster der strategischen Produktplanung	A-7
	A2.2 Beispiele für Lösungsmuster der Produktentwicklung	A-9
	A2.3 Beispiele für Lösungsmuster der Produktionssystementwicklung ..	A-10
A3	Ergänzungen zu Kapitel 4.3 – Lösungswissen für den Systementwurf ..	A-13