

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
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