

# Systematik zur Entwicklung mechatronischer Systeme in der Technologie MID (Molded Interconnect Devices)

Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problematik.....	1
1.2 Zielsetzung.....	2
1.3 Vorgehensweise.....	3
<b>2 Problemanalyse .....</b>	<b>5</b>
2.1 Einordnung und Begriffsdefinitionen.....	5
2.2 Mechatronische Systeme .....	6
2.2.1 Klassen mechatronischer Systeme.....	7
2.2.2 Grundstruktur mechanisch-elektronischer Baugruppen .....	8
2.2.3 Differential- und Integralbauweise .....	10
2.3 Die Technologie MID .....	11
2.3.1 Beschreibung der Technologie MID.....	11
2.3.2 MID-Verfahren .....	14
2.3.3 Aufbau- und Verbindungstechnik.....	17
2.3.4 Nutzenpotentiale der Technologie MID.....	21
2.3.5 Barrieren der Technologie MID.....	22
2.4 Entwicklung mechanisch-elektronischer Baugruppen .....	24
2.4.1 Zyklenmodell der Produktentstehung .....	24
2.4.2 Produktentwicklung.....	27
2.4.2.1 Mechanik-Entwicklung nach PAHL/BEITZ..	27
2.4.2.2 Elektronik-Entwicklung nach GAJSKI .....	29
2.4.3 Produktionssystementwicklung.....	32
2.5 Problemabgrenzung .....	34
2.6 Anforderungen an die Systematik.....	36

<b>3</b>	<b>Stand der Technik.....</b>	<b>37</b>
3.1	Systematiken zur Mechatronik-Entwicklung .....	37
3.1.1	VDI-Richtlinie 2221: Entwicklung technischer Systeme .....	37
3.1.2	VDI-Richtlinie 2422: Entwicklung mikroelektronisch gesteuerter Systeme .....	40
3.1.3	VDI-Richtlinie 2206: Entwicklung mechatronischer Systeme .....	42
3.1.4	Mechatronik-Entwicklung nach ISERMANN.....	44
3.1.5	Mechatronik-Entwicklung nach LÜCKEL.....	47
3.1.6	Mechatronik-Entwicklung nach KALLENBACH.....	49
3.1.7	Mechatronik-Entwicklung nach LINDEMANN.....	50
3.1.8	Systematik nach EQUAL .....	53
3.1.9	Systematik nach INERELA.....	55
3.2	Spezifikationstechniken für das Produkt und das Produktionssystem.....	57
3.2.1	Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinziplösung selbstoptimierender Systeme nach FRANK .....	57
3.2.2	Integrative Spezifikation von Produkt- und Produktionssystemkonzeptionen nach MICHELS .....	59
3.3	MID-spezifische Methoden und Werkzeuge.....	61
3.3.1	Eigenschaftskarten der MID-Verfahren .....	61
3.3.2	MID-Konstruktionskatalog .....	63
3.3.3	MIDIS-Datenbank.....	64
3.3.4	MIDCAD .....	66
3.3.5	NEXTRA.....	68
3.4	Handlungsbedarf .....	70
<b>4</b>	<b>Systematik zur Entwicklung mechatronischer Systeme in der Technologie MID.....</b>	<b>73</b>
4.1	Validierungsbeispiel: Autonomer Miniaturroboter.....	73
4.2	Die Systematik im Überblick.....	76
4.3	Das Generische Vorgehensmodell.....	78
4.4	Das Spezifische Vorgehensmodell für die Laserdirektstrukturierung.....	82
4.4.1	Planen und Klären der Aufgabe .....	83
4.4.1.1	Aufgabe klären .....	83
4.4.1.2	Umfeld analysieren.....	84
4.4.1.3	Anforderungen analysieren.....	85

4.4.2	Produkt konzipieren .....	87
4.4.2.1	Funktionen ermitteln .....	88
4.4.2.2	Lösungsideen generieren .....	89
4.4.2.3	Wirkstruktur und Gestaltentwurf erstellen	91
4.4.2.4	Restriktionen durch Fertigung erfassen ...	93
4.4.3	Fertigungsprozess konzipieren .....	94
4.4.3.1	Restriktionen durch Produkt erfassen .....	94
4.4.3.2	Fertigungstechnologien auswählen .....	96
4.4.3.3	Prozesskette konzipieren .....	97
4.4.4	3D-Elektronik entwerfen .....	99
4.4.4.1	Schaltungsträger grobgestalten .....	100
4.4.4.2	Schaltungsträger feingestalten .....	102
4.4.4.3	Schaltungsträger ausarbeiten .....	104
4.4.4.4	Schaltung entwerfen .....	105
4.4.4.5	Schaltplan erstellen.....	107
4.4.4.6	Layout erstellen .....	109
4.4.4.7	Prototyp erstellen .....	112
4.4.5	Fertigungsprozess ausarbeiten.....	113
4.4.5.1	Verträglichkeit und Machbarkeit prüfen..	114
4.4.5.2	Fertigungsprozesskette ausarbeiten .....	115
4.4.5.3	Prüfverfahren auswählen .....	117
4.4.6	Aufbau- und Verbindungstechnik ausarbeiten .....	117
4.4.6.1	Verträglichkeit und Machbarkeit prüfen..	118
4.4.6.2	AVT-Prozesskette ausarbeiten .....	119
4.4.6.3	Prüfverfahren auswählen .....	121
4.5	Konzeption einer Wissensbasis.....	121
4.5.1	Das Anwendungsszenario der MID-Wissensbasis .	121
4.5.2	Anforderungen an die MID-Wissensbasis.....	122
4.5.3	Inhalte der MID-Wissensbasis .....	123
4.5.4	Verknüpfungen zwischen den Wissenselementen..	125
4.5.5	Abfragemöglichkeiten der MID-Wissensbasis .....	126
4.5.6	Auswahl des MID-Verfahrens .....	127
	Bewertung der Systematik an den Anforderungen.....	128
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>131</b>
<b>6</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>133</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>135</b>

# Anhang

<b>A1 Methoden zur Anforderungsanalyse.....</b>	<b>A1</b>
A1.1 Schwachstellen-Analyse .....	1
A1.2 Fokusgruppeninterview .....	1
<b>A2 Methoden zur Lösungsfindung .....</b>	<b>A3</b>
A2.1 Funktionsmodellierung .....	3
A2.2 Konstruktionskataloge .....	3
A2.3 Morphologischer Kasten.....	4
<b>A3 Methoden zur Gestaltung.....</b>	<b>A7</b>
A3.1 Gestaltungsprinzipien.....	7
A3.2 Systematische Variation der Gestalt .....	8
A3.3 Numerische Simulation .....	9
<b>A4 Methoden zur Arbeitsplanung .....</b>	<b>A11</b>
A4.1 Vorranggraphen .....	11
A4.2 Kapazitätsplanung mit Kapazitätsfeldern .....	12