

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung . . . . .</b>	<b>1</b>
<i>Dirk Weidemann und Rainer Drath</i>	
1.1 Lesefahrplan: welche Kapitel Sie nicht lesen müssen . . . . .	1
1.2 Motivation und Problembeschreibung . . . . .	2
1.2.1 Motivation . . . . .	2
1.2.2 Problembeschreibung . . . . .	3
1.2.3 Ansätze . . . . .	6
1.3 Initiatoren . . . . .	9
1.4 Ziele von AutomationML . . . . .	10
1.4.1 Übersicht . . . . .	10
1.4.2 Offenheit . . . . .	12
1.4.3 Datenaustausch im Engineering . . . . .	12
1.4.4 Hoher Abdeckungsgrad . . . . .	13
1.4.5 Hohe Marktdurchdringung . . . . .	14
1.4.6 Kombination bewährter Datenformate . . . . .	14
1.4.7 Erweiterbarkeit und Standardisierung . . . . .	15
1.4.8 Abgrenzung . . . . .	15
1.5 Vergleich von Planungsprozessen . . . . .	16
1.5.1 Ein typischer Planungsprozess in der Automobilindustrie . . . . .	16
1.5.2 Ein typischer Planungsprozess in der Prozessindustrie . . . . .	19
1.5.3 Gemeinsamkeiten von Fertigungs- und Prozesstechnik . . . . .	22
1.5.4 Problematik heterogener CAE-Systeme . . . . .	23
1.6 AutomationML in a Nutshell: ein Architekturüberblick . . . . .	25
1.6.1 Architekturanforderungen und Architekturübersicht . . . . .	25
1.6.2 Beschreibung der Anlagentopologie . . . . .	28
1.6.3 Geometrie- und Kinematikbeschreibung . . . . .	30
1.6.4 Beschreibung von Abläufen und Verhalten . . . . .	31
1.6.5 Schnittstellen- und Rollen-Bibliotheken . . . . .	33
1.6.6 Erweiterte AutomationML-Konzepte . . . . .	34
1.7 Anwendungen und Beispiele . . . . .	35
1.8 Standardisierungsvorhaben . . . . .	39
1.9 Möglichkeiten der Mitgestaltung . . . . .	42
Literatur . . . . .	43

<b>2 Grundarchitektur: das Objektmodell . . . . .</b>	<b>45</b>
<i>Rainer Drath und Miriam Schleipen</i>	
2.1 Die Architektur von AutomationML . . . . .	45
2.2 Ein Wort zur Objektorientierung in der Anlagenplanung . . . . .	46
2.3 Einführung in CAEX . . . . .	48
2.3.1 Überblick über wesentliche CAEX-Elemente . . . . .	48
2.3.2 CAEX-Bibliotheken . . . . .	49
2.3.3 Die Instanz-Hierarchie . . . . .	50
2.3.4 Das CAEX-Rollenkonzept . . . . .	52
2.4 AutomationML-spezifische Festlegungen zu CAEX . . . . .	54
2.4.1 Drei Wege zum Umgang mit der Instanz-Hierarchie . . . . .	54
2.4.2 Objektidentifizierung . . . . .	55
2.4.3 Unterstützung mehrerer Rollen . . . . .	56
2.5 Beziehungen zwischen CAEX-Objekten . . . . .	58
2.5.1 Überblick . . . . .	58
2.5.2 Vater-Kind-Relationen . . . . .	59
2.5.3 Vererbungsbeziehungen . . . . .	60
2.5.4 Klassen-Instanz-Relationen . . . . .	61
2.5.5 Relationen zwischen Instanzen . . . . .	62
2.6 Referenzierung extern gespeicherter Informationen . . . . .	64
2.6.1 Referenzierung von COLLADA- und PLCopen-XML-Daten . . . . .	64
2.6.2 Relationen zwischen extern gespeicherten Informationen . . . . .	64
2.7 AutomationML-Standardbibliotheken . . . . .	67
2.7.1 AutomationML-Schnittstellenbibliothek . . . . .	67
2.7.2 AutomationML-Basis-Rollenbibliothek . . . . .	68
2.7.3 Fertigungstechnische Rollenbibliothek . . . . .	69
2.7.4 Leittechnische Rollenbibliothek . . . . .	69
2.8 Abbildung nutzerdefinierte Daten . . . . .	70
2.8.1 Übersicht . . . . .	70
2.8.2 Nutzerdefinierte Attribute . . . . .	70
2.8.3 Nutzerdefinierte SystemUnit-Klassen . . . . .	71
2.8.4 Nutzerdefinierte Rollenbibliotheken . . . . .	72
2.8.5 Fazit . . . . .	73
2.9 Erweiterte AutomationML-Konzepte . . . . .	74
2.9.1 Überblick . . . . .	74
2.9.2 AutomationML Port-Konzept . . . . .	74
2.9.3 AutomationML Facetten-Konzept . . . . .	77
2.9.4 AutomationML Gruppen-Konzept . . . . .	79
2.9.5 Kombination aus Gruppen- und Facetten-Konzept . . . . .	80
2.9.6 Ressource-Produkt-Prozess-Konzept . . . . .	83
2.10 Import und Export von AutomationML-Objekten . . . . .	91
Literatur . . . . .	94

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>xiii</b>
<b>3 Beschreibung von Geometrie und Kinematik mit COLLADA . . . . .</b>	<b>95</b>
<i>Steffen Lips</i>	
<b>3.1 Übersicht zu COLLADA 1.5 . . . . .</b>	<b>95</b>
<b>3.2 Geometriebeschreibung . . . . .</b>	<b>96</b>
<b>3.2.1 Einführung . . . . .</b>	<b>96</b>
<b>3.2.2 Aufbau eines COLLADA-Dokuments . . . . .</b>	<b>97</b>
<b>3.2.3 Boundary Representation (BREP) . . . . .</b>	<b>98</b>
<b>3.2.4 Tessellierte Geometrien . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>3.2.5 Modellieren von Produktbäumen . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>3.2.6 Modellieren von Materialien . . . . .</b>	<b>108</b>
<b>3.2.7 Modellieren unterschiedlicher Detaillierungsgrade . . . . .</b>	<b>111</b>
<b>3.3 Kinematikbeschreibung . . . . .</b>	<b>111</b>
<b>3.3.1 Anforderung an ein Kinematikbeschreibung . . . . .</b>	<b>111</b>
<b>3.3.2 Beschreibung von Gelenken . . . . .</b>	<b>112</b>
<b>3.3.3 Kinematische Modelle . . . . .</b>	<b>113</b>
<b>3.3.4 Abbildung von Formeln . . . . .</b>	<b>115</b>
<b>3.3.5 Artikulierte Systeme . . . . .</b>	<b>116</b>
<b>3.3.6 Vereinen von Kinematik und Geometrie . . . . .</b>	<b>121</b>
<b>3.3.7 Zusammengesetzte Kinematiken . . . . .</b>	<b>123</b>
<b>3.3.8 Verknüpfung von CAEX und COLLADA . . . . .</b>	<b>124</b>
<b>3.4 Beispiele . . . . .</b>	<b>128</b>
<b>3.4.1 BREP: Flansch mit Loch . . . . .</b>	<b>128</b>
<b>3.4.2 Dreieckmodell: Flansch mit Loch . . . . .</b>	<b>130</b>
<b>3.4.3 Kinematik einer Schraube mit Formel . . . . .</b>	<b>133</b>
<b>3.5 Zusammenfassung . . . . .</b>	<b>133</b>
<b>Literatur . . . . .</b>	<b>134</b>
<b>4 Verhaltensbeschreibung mit PLCopen XML . . . . .</b>	<b>135</b>
<i>Lorenz Hundt, Arndt Lüder, Rainer Drath und Björn Grimm</i>	
<b>4.1 Überblick . . . . .</b>	<b>135</b>
<b>4.2 Beschreibungsmittel zur Verhaltensmodellierung . . . . .</b>	<b>139</b>
<b>4.2.1 Verhaltensinformationen einer Anlagenkomponente . . . . .</b>	<b>139</b>
<b>4.2.2 Beschreibungsmittel für Verhalten . . . . .</b>	<b>140</b>
<b>4.2.3 Beschreibungsmittel im Engineering-Prozess . . . . .</b>	<b>141</b>
<b>4.2.4 Gantt Charts . . . . .</b>	<b>143</b>
<b>4.2.5 PERT Charts . . . . .</b>	<b>144</b>
<b>4.2.6 Impuls-Diagramme . . . . .</b>	<b>145</b>
<b>4.2.7 Sequential Function Charts . . . . .</b>	<b>147</b>
<b>4.2.8 Logiknetzwerke . . . . .</b>	<b>149</b>
<b>4.2.9 State Charts . . . . .</b>	<b>150</b>
<b>4.3 PLCopen XML 2.0 . . . . .</b>	<b>153</b>
<b>4.3.1 Überblick . . . . .</b>	<b>153</b>
<b>4.3.2 Das AutomationML addData-Schema . . . . .</b>	<b>156</b>

4.4	Der Intermediate Modelling Layer IML . . . . .	160
4.4.1	Motivation . . . . .	160
4.4.2	IML-Modellelemente . . . . .	161
4.4.3	IML-Definition und Klassendiagramm . . . . .	163
4.4.4	Transformation von Gantt Charts nach IML . . . . .	163
4.4.5	Transformation von PERT Charts nach IML . . . . .	167
4.4.6	Transformation von Impuls-Diagrammen nach IML . . . . .	169
4.4.7	Transformation von State Charts nach IML . . . . .	174
4.4.8	Vergleich der Abbildungsvorschriften nach IML . . . . .	177
4.4.9	Transformation von IML nach PLCopen XML . . . . .	179
4.4.10	Vorgehensweise bei der Implementierung von IML . . . . .	181
4.5	Verriegelungslogik . . . . .	183
4.5.1	Übersicht . . . . .	183
4.5.2	Signal- und Komponentengruppen . . . . .	183
4.5.3	Beschreibung boolescher Verriegelungsbedingungen . . . . .	186
4.5.4	Erweiterte Verriegelungskonzepte . . . . .	187
4.6	Integration von Verhaltensbeschreibung in CAEX . . . . .	188
4.6.1	Referenzierung von PLCopen-XML-Daten . . . . .	188
4.6.2	Verknüpfung von Verhaltensbeschreibung . . . . .	189
4.7	Zusammenfassung . . . . .	191
Literatur	.....	192
<b>5</b>	<b>Ansatz zur integrierten Prozessbeschreibung . . . . .</b>	<b>195</b>
	<i>Andreas Keibel</i>	
5.1	Einleitung . . . . .	195
5.2	Übersicht und Motivation . . . . .	196
5.2.1	Problembeschreibung . . . . .	196
5.2.2	Anforderungen an AutomationML . . . . .	198
5.2.3	Vision . . . . .	200
5.2.4	Bestehende Datenformate zur Prozessdarstellung . . . . .	201
5.3	Modellierung von Bearbeitungsprozessen . . . . .	201
5.3.1	Übersicht . . . . .	201
5.3.2	Basisanforderungen an eine Prozessbeschreibung . . . . .	202
5.3.3	Die Eckpfeiler der Prozessbeschreibung . . . . .	202
5.3.4	Von der Prozessbeschreibung zum Roboter-Code . . . . .	204
5.4	Datentechnische Inhalte der Objekte . . . . .	205
5.4.1	Übersicht . . . . .	205
5.4.2	Modellierung des Bahn-Objektes . . . . .	206
5.4.3	Modellierung des Werkzeug-Objektes . . . . .	208
5.4.4	Modellierung des Prozess-Objektes . . . . .	213
5.5	Beispielmodellierung mit AutomationML . . . . .	214
5.6	Zusammenfassung . . . . .	220
Literatur	.....	220

<b>6 Praktische Anwendung .....</b>	<b>221</b>
<i>Rainer Drath, Dirk Weidemann, Steffen Lips, Lorenz Hundt, Arndt Lüder und Miriam Schleipen</i>	
<b>6.1 Überblick .....</b>	<b>221</b>
<b>6.2 Referenzwerkzeuge .....</b>	<b>224</b>
<b>6.2.1 Editieren und Visualisieren mit dem AutomationML             Editor .....</b>	<b>224</b>
<b>6.2.2 AutomationML Logic Editor .....</b>	<b>229</b>
<b>6.2.3 AutomationML Engine .....</b>	<b>233</b>
<b>6.2.4 COLLADA Tools .....</b>	<b>239</b>
<b>6.3 Graphic Conditioner Pipeline Framework .....</b>	<b>239</b>
<b>6.3.1 Motivation .....</b>	<b>239</b>
<b>6.3.2 Anforderungen .....</b>	<b>240</b>
<b>6.3.3 Umsetzung des Graphic CPF .....</b>	<b>243</b>
<b>6.3.4 Fazit .....</b>	<b>247</b>
<b>6.4 Das Logic CPF .....</b>	<b>247</b>
<b>6.4.1 Übersicht .....</b>	<b>247</b>
<b>6.4.2 Rahmenapplikation .....</b>	<b>249</b>
<b>6.4.3 IML-DOM .....</b>	<b>250</b>
<b>6.4.4 Plugins .....</b>	<b>253</b>
<b>6.4.5 Beispiel .....</b>	<b>254</b>
<b>6.4.6 Erweiterungsmöglichkeiten .....</b>	<b>256</b>
<b>6.4.7 Aufbau der Pipeline-Konfigurationsdatei .....</b>	<b>257</b>
<b>6.4.8 Bearbeiten von Pipeline-Konfigurationsdateien .....</b>	<b>259</b>
<b>6.5 AutomationML-Beispiel „Philipp“ .....</b>	<b>259</b>
<b>6.5.1 Wer oder was ist Philipp .....</b>	<b>259</b>
<b>6.5.2 Vorgehen zur Abbildung von Philipp             mit AutomationML .....</b>	<b>260</b>
<b>6.5.3 Aufbau der Objektstruktur von Philipp .....</b>	<b>262</b>
<b>6.5.4 Definition und Implementierung der             Objektschnittstellen .....</b>	<b>264</b>
<b>6.5.5 Integration externer Informationen .....</b>	<b>266</b>
<b>6.5.6 Verknüpfung der Objektschnittstellen .....</b>	<b>267</b>
<b>6.5.7 Erstellen von Bibliotheksobjekten .....</b>	<b>271</b>
<b>6.6 OPC-Konfiguration .....</b>	<b>273</b>
<b>6.6.1 Übersicht .....</b>	<b>273</b>
<b>6.6.2 Beispiel .....</b>	<b>275</b>
<b>6.7 Umgang mit großen CAEX-Dateien .....</b>	<b>278</b>
<b>6.7.1 Auslagerung von Bibliotheken .....</b>	<b>279</b>
<b>6.7.2 Aufteilung der Anlagenstruktur .....</b>	<b>280</b>
<b>6.7.3 Verteilung von Daten in eine Hierarchie             von Verzeichnissen .....</b>	<b>282</b>
<b>6.8 Umgang mit großen COLLADA-Dokumenten .....</b>	<b>283</b>

6.8.1	Verwendung eines Masterdokuments . . . . .	283
6.8.2	Auslagerung der verschiedenen Detaillierungsgrade . . . . .	284
6.8.3	Verteilung der Daten in einer Hierarchie von Verzeichnissen . . . . .	285
6.9	Workflow-Empfehlungen . . . . .	287
6.9.1	Übersicht . . . . .	287
6.9.2	Vom manuellen zum voll automatisierten Datenaustausch . . . . .	287
6.9.3	Randbedingungen zur Einführung von AutomationML . . . . .	290
6.9.4	Unidirektonaler Datenaustausch zwischen zwei Werkzeugen . . . . .	291
6.9.5	Bidirektonaler Datenaustausch zwischen zwei Werkzeugen . . . . .	292
6.9.6	Sequentieller Workflow . . . . .	294
6.9.7	Paralleler Workflow . . . . .	295
6.9.8	AutomationML als zentrale Planungsdatenbasis? . . . . .	296
6.9.9	Zwischenfazit . . . . .	297
6.9.10	Empfehlungen zum Umgang mit Rollenbibliotheken . . . . .	298
6.9.11	Empfehlungen zum Umgang mit SystemUnit-Bibliotheken . . . . .	299
6.9.12	Zusammenfassung der Empfehlungen . . . . .	302
	Literatur . . . . .	304
7	<b>Bewertung und Ausblick</b> . . . . .	307
	<i>Dirk Weidemann und Rainer Drath</i>	
7.1	Bewertung von AutomationML durch INPRO . . . . .	307
7.2	Nächste Schritte . . . . .	309
7.2.1	Schwerpunkte . . . . .	309
7.2.2	Kommunikation und Gerätebeschreibung . . . . .	311
7.2.3	Elektroplanung . . . . .	311
7.2.4	Safety-Aspekte . . . . .	313
7.2.5	Simulation und virtuelle Inbetriebnahme . . . . .	313
7.2.6	Compliance-Prüfung . . . . .	314
7.2.7	Projektierung und Konfiguration von MES mit AutomationML . . . . .	314
7.3	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	316
	Literatur . . . . .	318
	<b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . .	321