

# Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 20

Rechnerunterstützte  
Verfahren

Dipl.-Ing. Maik Riedel,  
Pinneberg

Nr. 470

Ein Beitrag zur wissens-  
basierten Unterstützung  
bei der Auswahl  
technischer Ressourcen

Repräsentation und Auswertung  
von Prinziplösungen auf  
Basis multidimensionaler,  
heterogener, vernetzter  
Merkmalräume



*Professur für Automatisierungstechnik*

*Professur für Prozessdatenverarbeitung  
und Systemanalyse*

Institut für Automatisierungstechnik der  
Helmut-Schmidt-Universität/  
Universität der Bundeswehr Hamburg

## Inhaltsverzeichnis

<b>VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN UND FORMELZEICHEN .....</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSSAR.....</b>	<b>XI</b>
<b>KURZFASSUNG.....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XV</b>
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1 HINTERGRUND UND MOTIVATION .....	1
1.2 ZIELSETZUNG UND AUFBAU.....	3
<b>2 AUSWAHL TECHNISCHER RESSOURCEN IM ANLAGENLEBENSZYKLUS .....</b>	<b>5</b>
2.1 PLT-ENGINEERING ALS BEITRAG DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK IN DER ANLAGENPLANUNG .....	5
2.2 AUSWAHL TECHNISCHER RESSOURCEN IM RAHMEN DES PLT-ENGINEERINGS .....	9
2.3 SENSORIK UND AKTORIK – TECHNISCHE RESSOURCEN DER FELDEBENE .....	12
2.4 CHARAKTERISTIK UND HERAUSFORDERUNGEN DER ENGINEERINGAUFGABE .....	13
<b>3 STATUS QUO UND HANDLUNGSBEDARF .....</b>	<b>16</b>
3.1 WISSENSAKQUISE .....	16
3.2 WISSENSVERARBEITUNG.....	17
3.2.1 MANUELLE AUSWAHL .....	18
3.2.2 VDI 2644-RICHTLINIENSOFTWARE.....	19
3.2.3 PROPRIETÄRE DATENBANKBASIERTE AUSWAHL DURCH KONFIGURATOREN .....	20
3.2.4 ANSÄTZE AUS FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG .....	21
3.2.5 BEWERTUNG DER MÖGLICHKEITEN ZUR WISSENSVERARBEITUNG .....	28
3.3 BEURTEILUNG DES STATUS QUO.....	31
<b>4 GRUNDLAGEN UND ANFORDERUNGEN FÜR DIE KONZEPTENTWICKLUNG</b>	<b>33</b>
4.1 ECKPFEILER EINES LÖSUNGSANSATZES.....	33
4.1.1 PRINZIPLÖSUNGEN .....	33
4.1.2 EXPERTEN-KONSENSWISSEN.....	39
4.1.3 WISSENSBASIERTE RECHNERUNTERSTÜTZUNG .....	40
4.1.4 FAZIT.....	41
4.2 BESONDERHEITEN UND RESULTIERENDE HERAUSFORDERUNGEN .....	42
4.3 ABLEITUNG KONKRETER ANFORDERUNGEN.....	44
4.3.1 ABBILDUNG UND VERARBEITUNG DES WISSENS .....	45
4.3.2 NUTZUNG UND SCHNITTSTELLE ZUM MENSCHEN.....	47
4.3.3 INTEGRATION UND SCHNITTSTELLE ZUR SYSTEM-/MASCHINENUMGEBUNG.....	48
4.3.4 ZUSAMMENFASSUNG .....	49
<b>5 BESCHREIBUNG TECHNISCHER OBJEKTE DURCH MERKMALE .....</b>	<b>50</b>
5.1 GRUNDLAGEN UND BEGRIFFSBESTIMMUNG .....	50
5.2 MERKMAL- UND KLASSIFIKATIONSSYSTEME .....	51
5.3 DAS MERKMAL ALS INFORMATIONSTRÄGER.....	53
5.3.1 MERKMALKONTEXT.....	53
5.3.2 MERKMALBESCHREIBUNG .....	55
5.3.3 MERKMALAUSSAGEN.....	56
5.4 INFORMATIONSTRUKTUREN AUF BASIS VON MERKMALEN .....	58
5.4.1 MERKMALLEISTE .....	58
5.4.2 MERKMALNETZ .....	59
5.5 BEWERTUNG.....	61

<b>6</b>	<b>AUSWAHL UND ENTSCHEIDUNG MIT HILFE VON WISSEN (IM ENGINEERING).....</b>	<b>63</b>
6.1	EINORDNUNG.....	63
6.2	WISSENSBASIERTE SYSTEME ZUR ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG UND AUSWAHL.....	64
6.3	ABBILDUNG UND REPRÄSENTATION VON WISSEN.....	66
6.3.1	ÜBERBLICK UND SYSTEMATIK.....	66
6.3.2	LOGIK.....	67
6.3.3	SEMANTISCHE NETZE UND ONTOLOGIEN.....	68
6.3.4	FRAMES UND DER OBJEKTORIENTIERTE ANSATZ.....	69
6.3.5	REGELBASIERTE METHODEN.....	70
6.3.6	CONSTRAINTS.....	72
6.4	BEWERTUNG DER REPRÄSENTATIONSANSÄTZE.....	73
<b>7</b>	<b>KONZEPT ZUR REPRÄSENTATION UND AUSWERTUNG VERNETZTER MERKMALRÄUME.....</b>	<b>79</b>
7.1	ÜBERBLICK.....	79
7.2	VORAUSSETZUNGEN, FESTLEGUNGEN UND ANNAHMEN.....	82
7.2.1	SKALENNIVEAU-ÜBERGREIFENDE BETRACHTUNG.....	82
7.2.2	AUSSAGEZIELE.....	85
7.2.3	RELATIONEN.....	88
7.2.4	EINE HIERARCHIE VON MENGEN.....	92
7.2.5	PROBLEM- UND LÖSUNGSRAUM.....	93
7.3	MODELLIERUNG.....	94
7.3.1	RAHMENMODELL.....	95
7.3.2	METAEBENE.....	97
7.3.3	KLASSENEBENE.....	99
7.3.4	INSTANZENEBENE.....	101
7.4	ANALYSE.....	104
7.4.1	KONSISTENZPRÜFUNG UND -SICHERUNG.....	105
7.4.2	OPTIMIERUNG.....	106
7.5	VERARBEITUNG.....	108
7.5.1	ÜBERBLICK.....	109
7.5.2	VERARBEITUNGSSCHRITTE.....	112
7.6	METHODIK.....	136
7.7	INTEGRATION.....	140
<b>8</b>	<b>IMPLEMENTIERUNG.....</b>	<b>146</b>
8.1	ÜBERBLICK.....	146
8.2	WISSENSEDITOR.....	147
8.3	WERKZEUG ZUR AUSWAHLUNTERSTÜTZUNG.....	150
<b>9</b>	<b>EVALUATION.....</b>	<b>156</b>
9.1	ANWENDUNGSFALL „DURCHFLUSSMESSUNG“.....	156
9.1.1	HINTERGRUND UND AUSGANGSSITUATION.....	156
9.1.2	DURCHFÜHRUNG UND ERGEBNIS.....	157
9.2	ANWENDUNGSFALL „ANTRIEBE“.....	165
9.2.1	HINTERGRUND UND AUSGANGSSITUATION.....	165
9.2.2	DURCHFÜHRUNG UND ERGEBNIS.....	166
9.3	ANWENDUNGSFALL „STELLGERÄTE“.....	168
9.3.1	HINTERGRUND UND AUSGANGSSITUATION.....	168
9.3.2	DURCHFÜHRUNG UND ERGEBNIS.....	168
9.4	AUSWERTUNG.....	169

<b>10 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>	<b>172</b>
10.1 ZUSAMMENFASSUNG .....	172
10.2 AUSBLICK .....	175
<b>ANHANG A PHASEN DES ANLAGEN-ENGINEERINGS .....</b>	<b>178</b>
<b>ANHANG B BEISPIELHAFTE TAXONOMIEN DER SENSORIK UND AKTORIK....</b>	<b>179</b>
B.1. SENSORIK .....	179
B.2. AKTORIK .....	179
<b>ANHANG C DOKUMENTE IM PLT-ENGINEERING: R&amp;I-FLIEßBILD.....</b>	<b>180</b>
<b>ANHANG D DOKUMENTE IM PLT-ENGINEERING: PLT-STELLENBLATT .....</b>	<b>181</b>
<b>ANHANG E CHARAKTERISTIK VERSCHIEDENER QUELLEN ZUR WISSENSAKQUISE .....</b>	<b>182</b>
<b>ANHANG F WISSENSQUELLEN UND HILFSMITTEL ZUR AUSWAHLUNTERSTÜTZUNG.....</b>	<b>183</b>
<b>ANHANG G BEISPIELHAFTE ANWENDERSCHNITTSTELLEN VON (ONLINE-) PRODUKTKONFIGURATOREN.....</b>	<b>184</b>
<b>ANHANG H ALGORITHMEN IM RAHMEN DER WISSENSVERARBEITUNG.....</b>	<b>185</b>
H.1. BILDUNG IMPLIZITER UNTERRÄUME IN EXTENSIONALEN RELATIONEN .....	185
H.2. VERARBEITUNG EXTENSIONALER RELATIONEN IM RAHMEN DER BILDUNG EINES RESULTIERENDEN GESAMTLÖSUNGSRRAUMS (VERARBEITUNGSSCHRITT 2) .....	186
H.3. VERARBEITUNG FUNKTIONALER RELATIONEN IM RAHMEN DER BILDUNG EINES RESULTIERENDEN GESAMTLÖSUNGSRRAUMS (VERARBEITUNGSSCHRITT 2) .....	187
H.4. FILTERUNG DER EINZELLÖSUNGSRÄUME DURCH FIXIERUNG VON AUSPRÄGUNGEN DER PROBLEMRAUMSPEZIFIKATION .....	188
<b>ANHANG I RELATIONSTYPSPEZIFISCHE (BE)DEUTUNG DER WIRKUNGSRICHTUNG.....</b>	<b>189</b>
<b>ANHANG J FORMALISIERUNG DER MODELLEBENEN (XML) .....</b>	<b>190</b>
J.1. KLASSENEBENE (AUSSCHNITT).....	190
J.2. INSTANZENEBENE (AUSSCHNITT).....	191
<b>ANHANG K AUFBAU DES FORMALISIERUNGSSCHEMAS (XSD).....</b>	<b>192</b>
K.1. KLASSENEBENE (AUSSCHNITT).....	192
K.2. INSTANZENEBENE (AUSSCHNITT).....	193
<b>ANHANG L AUSZUG AUS DER WISSENSGRUNDLAGE ZUM ANWENDUNGSFALL „DURCHFLUSSMESSUNG“.....</b>	<b>194</b>
<b>ANHANG M DEFINITION UND SPEZIFIKATION DER WISSENSELEMENTE FÜR DEN ANWENDUNGSFALL „DURCHFLUSSMESSUNG“ .....</b>	<b>195</b>
M.1. PZL DER FUNKTION „DURCHFLUSSMESSUNG“ IN DER PZL-BIBLIOTHEK .....	195
M.2. SPEZIFIZIERUNG DER MERKMALATTRIBUTE IN MERKMALLEXIKON UND PZL-BIBLIOTHEK.....	196
<b>ANHANG N VERMINDERUNG DES ZULÄSSIGEN PROZESSDRUCKS IN ABHÄNGIGKEIT VON DER PROZESSTEMPERATUR.....</b>	<b>196</b>

<b>ANHANG O VISUALISIERTE INSTANZENMODELLE VON PZL DER FUNKTION „DURCHFLUSSMESSUNG“</b> .....	<b>198</b>
O.1. PZL „CORIOLIS-(MASSE-)DURCHFLUSSMESSUNG“ .....	198
O.2. PZL „WIRBELZÄHLER“ .....	199
O.3. PZL „MAGNETISCH INDUKTIVE DURCHFLUSSMESSUNG“ (ALTERNATIVE MODELLIERUNG) .....	200
<b>ANHANG P BEISPIELHAFT PE-SPEZIFIKATION FÜR DIE FUNKTION „DURCHFLUSSMESSUNG“</b> .....	<b>201</b>
<b>ANHANG Q WISSENSGRUNDLAGE DES ANWENDUNGSFALLES „ANTRIEBE“</b> ..	<b>202</b>
<b>ANHANG R DEFINITION UND SPEZIFIKATION DER WISSENSELEMENTE FÜR DEN ANWENDUNGSFALL „STELLGERÄTE“</b> .....	<b>203</b>
R.1. PZL DER FUNKTION „STELLGERÄTE“ IN DER PZL-BIBLIOTHEK .....	203
R.2. SPEZIFIZIERUNG DER MERKMALATTRIBUTE IN MERKMALLEXIKON UND PZL-BIBLIOTHEK .....	204
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>205</b>
LITERATUR .....	205
NORMEN, RICHTLINIEN UND EMPFEHLUNGEN .....	221
VERÖFFENTLICHUNGEN DES AUTORS .....	225
STUDENTISCHE ARBEITEN .....	225
REFERENZIERTE INTERNETQUELLEN .....	226
REFERENZIERTE SOFTWARE .....	228