

Berichte der
Institute für
Automatisierungs-
technik



Technische
Universität
Braunschweig

Dipl.-Ing. Axel Janhsen, Weener

Anthropozentrische Modellierung und Spezifikation komplexer Systeme am Beispiel von Eisenbahnleitsystemen

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik Nr. **696**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	III
Geleitwort des Herausgebers	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Übersicht.....	X
Abstract.....	XI
Verwendete Abkürzungen	XII
Verwendete Formelzeichen	XIV
1 Einleitung.....	1
1.1 Randbedingungen für den Systementwurf	1
1.2 Anwendungsfall Verkehrsautomatisierung	1
1.3 Auswirkungen auf den Systementwurf	2
1.4 Anthropozentrischer Ansatz	3
1.5 Übersicht über die Arbeit	4
TEIL I: Theoretische Grundlagen	
2 Mentale Wissensrepräsentation	7
2.1 Grundlegende Begriffsdefinitionen.....	8
2.1.1 Anthropotechnik.....	8
2.1.2 System	9
2.1.3 Kognition und Intelligenz	10
2.1.3.1 Menschliche Intelligenz.....	10
2.1.3.2 Kognition	12
2.1.3.3 Künstliche Intelligenz.....	12
2.1.4 Mentales Modell	13
2.2 Strukturelle Fähigkeiten des Gehirns	16
2.2.1 Physiologischer Nachweis	16
2.2.2 Prozesse und Objektstrukturen.....	16

2.2.2.1 Trennung von funktionalen und statischen Objektstrukturen.....	16
2.2.2.2 Statische Objektstrukturen.....	17
2.2.2.3 Funktionale Strukturen	18
2.2.2.4 Dynamische Strukturen.....	18
2.2.2.5 Stochastische Strukturen.....	19
2.2.2.6 Wissensverknüpfung.....	19
2.2.2.7 Analoge Wissensanteile.....	20
2.3 Lernprozesse beim Menschen	21
2.3.1 Gedächtnis.....	21
2.3.2 Kognitive Prozesse und Lernen	22
2.3.2.1 Bezug zu mentalen Modellen	22
2.3.2.2 Aktivierung von Lernprozessen.....	23
2.3.2.3 Assoziatives und nicht-assoziatives Lernen	23
2.3.2.4 Verständnismodelle des Lernens	24
3 Mentales Referenzmodell	30
3.1 Objekte	30
3.1.1 Physiologische Erkenntnisse zu Objekten	30
3.1.2 Objekte im Referenzmodell	31
3.2 Prozesse	32
3.2.1 Physiologische Erkenntnisse zu Prozessen	32
3.2.2 Prozesse im Referenzmodell	32
3.3 Verbindungen	34
3.3.1 Verbindung zwischen Objekten	35
3.3.2 Verbindungen zwischen Objekten und Prozessen	35
3.3.3 Verbindungen zwischen Attributen und anderen Elementen.....	35
3.4 Attribute.....	36
3.4.1 Physiologische Grundlagen.....	36
3.4.2 Attribute im Referenzmodell.....	37
3.5 Attributwerte.....	38
3.5.1 Werte von Objektattributen.....	39
3.5.2 Werte von Prozeßattributen.....	40
3.5.3 Werte von Verbindungsattributen	40
3.6 Zustände	41

3.7 Gesamtdarstellung des mentalen Referenzmodells	42
4 Untersuchung von Beschreibungsmitteln	45
4.1 Natürliche Sprache	46
4.1.1 Natürliche Sprache des Menschen	46
4.1.2 Modellierbare Sprache	47
4.1.2.1 Ansatz mit Satzbauplänen.....	47
4.1.2.2 Kontrollierte, natürliche Sprache.....	49
4.2 Sprachen mit isolierter Betrachtungsweise	49
4.2.1 Zustandsbeschreibungen	49
4.2.1.1 Eigenschaftslisten	49
4.2.1.2 Zustandsautomaten	50
4.2.1.3 State-Charts.....	52
4.2.2 Deklarative Darstellungen.....	53
4.2.2.1 Semantische Netze.....	53
4.2.2.2 Rahmen	56
4.2.3 Prozedurale Beschreibungen	56
4.2.3.1 Regelbasierte Beschreibungen.....	57
4.2.3.2 Skripte.....	58
4.2.3.3 Datenflußdiagramme	60
4.2.3.4 Strukturdiagramme	62
4.3 Sprachen mit kombinatorischen Aspekten	65
4.3.1 Objekt-orientierte Analyse	65
4.3.1.1 Basismodell.....	67
4.3.1.2 Statisches Modell.....	71
4.3.1.3 Dynamisches Modell	75
4.3.2 Strukturierte Analyse	78
4.3.2.1 Prozeßspezifikationen.....	79
4.3.2.2 Kontrollflußdiagramme	79
4.3.2.3 Kontrollspezifikationen	80
4.3.2.4 Datenkatalog	80
4.4 Sprachen mit integrierten Aspekten	81
4.4.1 Mathematisch basierte Notationen.....	81
4.4.1.1 „CCS“	81
4.4.1.2 „B-Method“	82

4.4.1.3 „Z“	82
4.4.1.4 „VDM“	82
4.4.1.5 Temporale Logik	82
4.4.2 Petrinetze.....	84
4.4.2.1 Bedingungs-Ereignis-Netze	84
4.4.2.2 Platz-Transitions-Netze	84
4.4.2.3 Algebraische Netze	85
4.4.2.4 Hierarchische, farbige Netze	85
4.4.2.5 Objekt-orientierte Petrinetze.....	87
4.5 Zusammenfassende Bewertung	87
5 Methodik der Spezifikation komplexer Systeme.....	92
5.1 Herkömmliche Vorgehensmodelle der Systementwicklung	92
5.1.1 Wasserfall-Modell.....	92
5.1.2 Prototyping-Modell	93
5.1.3 Spiralmodell	94
5.1.4 Vorgehensmodell des Systems Engineering nach Daenzer	95
5.2 Neuer Entwicklungsrahmen zur Spezifikation komplexer Systeme	96
5.2.1 Hauptebenen des Entwicklungsrahmens.....	97
5.2.2 Einflüsse der Repräsentationen.....	98
5.2.2.1 Abstraktionsgrad.....	98
5.2.2.2 Essenz und Inkarnation.....	100
5.2.2.3 Sichtweisen	101
5.2.3 Kontexteinfluß auf den Phasenablauf.....	103
5.2.4 Methodeneinfluß auf den Phasenablauf.....	104
5.2.4.1 Simulationen	105
5.2.4.2 Analysen	106
5.2.4.3 Dokumentation	106
5.2.4.4 Anbindung von Methoden der künstlichen Intelligenz	107
5.3 Anforderungsspezifikation	109
5.3.1 Ziele der Anforderungsfestlegung	109
5.3.2 Phasen der Anforderungsfestlegung	111
5.3.3 Vorbereitung der Anforderungsspezifikation	112
5.3.3.1 Ereignistabellen in der Anforderungsphase.....	112
5.3.3.2 Dialogführung.....	114

5.3.4 Szenarien in der Anforderungsspezifikation.....	116
5.3.4.1 Grundlegendes über Szenarien	116
5.3.4.2 Integration von formalen Szenarien.....	116
5.3.4.3 Funktionale Module.....	117
5.3.4.4 Beschreibungsmittel für Szenarien.....	118
5.4 Systemspezifikation.....	120
5.5 Werkzeuge zur Unterstützung der Methodik	122

TEIL II: Anwendung

6 Das europäische Zugbeeinflussungssystem ETCS	124
6.1 Einführung eines europäischen Leitsystems.....	124
6.2 Hauptaufgaben des Systems	126
6.3 Systemgrenze.....	128
6.4 ETCS Ausrüstungsebenen	128
6.4.1 Ausrüstungsebene 1	128
6.4.2 Ausrüstungsebene 2	131
6.4.3 Ausrüstungsebene 3	132
6.5 Betriebsarten.....	133
7 Spezifikation des ETCS	136
7.1 Herkömmliche Ansätze	136
7.2 Darstellung eines Stellwerkprozesses.....	137
7.2.1 Beschreibung mit kombinierten Beschreibungsmitteln	137
7.2.2 Beschreibung mit einem integrierten Beschreibungsmittel	140
7.3 Spezifikation nach dem neuen Entwicklungsrahmen.....	144
7.3.1 Anforderungsspezifikation des ETCS mittels Szenarien	144
7.3.2 Integration der Szenarien in die Systemspezifikation des ETCS.....	147
7.4 Beispiel methodischer Dialogführung.....	153
8 Zusammenfassung und Ausblick	156
Glossar	160
Literaturverzeichnis	170