

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Begriffliche Einordnung	1
1.2	Historischer Abriß und gegenwärtige Situation	3
1.3	Entwicklung von Automatisierungssystemen	4
1.4	Automatisierungsgrad und -fähigkeit	7
1.5	Bezugsobjekte der Automatisierung und wirtschaftliche Bedeutung	8
2	Automatisierungssysteme	11
2.1	Automatisierungsziele, -aufgaben und -funktionen	11
2.1.1	Automatisierungsziele	12
2.1.2	Automatisierungsaufgaben	13
2.1.3	Automatisierungsfunktionen	13
2.2	Betriebsmittel von Automatisierungssystemen	14
2.2.1	Betriebsmittel für den automatisierten Prozeß (Automatisierungsanlage)	14
2.2.2	Betriebsmittel für die Automatisierungseinrichtung	16
2.3	Das BMW-Prinzip im Lebenszyklus von Automatisierungssystemen	18
2.3.1	Beschreibungsmittel	19
2.3.2	Methoden	19
2.3.3	Werkzeuge (Tools)	20
2.4	Automatisierungsfunktionen: Zustand und Verhalten	21
2.4.1	Zustandsbegriff	21
2.4.2	Verhalten, Prozeß und Ereignis	23
2.4.3	Funktionsdarstellung	24
2.5	Automatisierungstechnische Steuerungseinrichtungen	25
2.5.1	Funktionsträger	25
2.5.2	Funktion und Realisierung	26
2.5.3	Merkmale und Strukturierung	27
2.5.3.1	Kurven- und Nockenscheiben, Schrittschaltwerke	27
2.5.3.2	Hydraulische und pneumatische Steuerungen	29
2.5.3.3	Elektromechanische Steuerungen	30
2.5.3.4	Elektronische Steuerungen mit diskreten Bauelementen	31
2.5.3.5	Verbindungsprogrammierbare Steuerungen	31
2.5.3.6	Steuerungen mit integrierten Schaltkreisen	32
2.5.3.7	Speicherprogrammierbare Steuerungen	32
2.5.3.8	Prozeßrechner, Mikrorechner, Personalcomputer, Prozeßleitsysteme	34
2.5.3.9	Zusammenfassende Übersichten	34

3 Modellbildung für die Automatisierungstechnik.....	39
3.1 Probleme, Sichten und Ansätze.....	39
3.1.1 Ausgangslage und Probleme.....	39
3.1.2 Sichten und Anforderungen.....	40
3.1.3 Ansatzmöglichkeiten.....	43
3.2 Grundlegende Modellkonzepte.....	46
3.2.1 Netzsysteme als Modellstrukturen.....	46
3.2.2 Systemkonzept.....	49
3.2.3 Objektorientierung.....	52
3.2.4 Mentales Referenzkonzept.....	55
3.3 Beschreibungsmittel für die Automatisierungstechnik.....	56
3.3.1 Übersicht und Strukturierung.....	56
3.3.2 Erste Bewertung.....	59
3.3.3 Ansätze zur Vereinheitlichung.....	60
4 Petrinetze als Beschreibungsmittel.....	63
4.1 Kausale Netze.....	64
4.1.1 Grundlegende Definitionen.....	64
4.1.2 Dynamik in Petrinetzen.....	74
4.1.3 Matrixdarstellung von Petrinetzen.....	82
4.1.4 Erreichbarkeit und Lebendigkeit.....	83
4.1.5 Eigenschaften von Petrinetzen.....	86
4.1.5.1 Eigenschaften von Erreichbarkeitsgraphen.....	86
4.1.5.2 Algebraische Eigenschaften von Petrinetzen (Transitions- und Stelleninvarianten).....	88
4.1.5.3 Strukturelle Eigenschaften von Petrinetzen (Netzklassen).....	89
4.2 Zeitbewertete Netze.....	92
4.2.1 Determinierte zeitbewertete Petrinetze.....	92
4.2.1.1 Zeitbewertungsformen.....	93
4.2.1.2 Überführbarkeit von Zeitbewertungsformen.....	94
4.2.1.3 Petrinetze mit Platzverweildauer.....	95
4.2.1.4 Analyse zeitbewerteter Petrinetze.....	102
4.2.2 Stochastische Petrinetze.....	104
4.2.2.1 Übersicht und grundlegende Definitionen.....	104
4.2.2.2 Dynamisches Verhalten der Markierungswahrscheinlichkeit eines Stochastischen Petrinetzes bzw. einer Markovkette.....	107
4.2.2.3 Zusammenfassende Betrachtung der Zeitbewertungen von Petrinetzen.....	111
4.3 Kompakte und Gefärbte Petrinetze.....	111
4.3.1 Höhere Petrinetze.....	111
4.3.2 Coloured Petri Nets.....	112
4.4 Hybride Petrinetze.....	115
4.4.1 Kontinuierliche Petrinetze.....	115
4.4.2 Hybride Low Level Petrinetze.....	117
4.4.3 Hybride High Level Petrinetze.....	118
4.5 Fuzzy-Petrinetze.....	119
4.5.1 Fuzzy-Petrinetze zur Prozeßmodellierung.....	119

4.5.2	Fuzzy-Petrinetze zur Wissensmodellierung.....	120
4.6	Weitere Petrinetz-Typen, Klassifizierung und Standardisierung.....	121
4.6.1	Weitere Petrinetz-Typen.....	121
4.6.1.1	Steuerungstechnisch Interpretierte Petrinetze.....	122
4.6.1.2	Netz-Bedingungs-Ereignis-Systeme.....	122
4.6.1.3	Algebraische Petrinetze.....	122
4.6.1.4	Objektorientierte Petrinetze.....	122
4.6.2	Klassifizierung.....	123
4.6.3	Standardisierung.....	124
5	Konventionelle Beschreibungsmittel	125
5.1	Überblick und Klassifizierung.....	125
5.1.1	Paradigmatische Klassifizierung.....	125
5.1.2	Pragmatische Klassifizierung.....	126
5.2	Kognitive Modelle und natürliche Beschreibungsmittel.....	128
5.2.1	Mentale und linguistische Konzepte.....	129
5.2.2	Natürliche und Materiale Sprache.....	132
5.2.3	Petrinetzmodellierung textueller Beschreibungen.....	134
5.2.4	Begriffliche Ordnungsstrukturen.....	137
5.3	Algebraisch-logische Beschreibungsmittel.....	138
5.3.1	Aussagenlogik und Boolesche Algebra.....	138
5.3.2	Boolesches Differentialkalkül.....	141
5.3.3	Algebraische Darstellungen von Petrinetzen mit Boolescher Algebra.....	142
5.3.4	Algebraische Darstellung von Booleschen Funktionen mit Multilinearformen.....	143
5.3.5	Max-Plus-Algebra.....	145
5.3.6	Weitere Logiken.....	146
5.4	Implementierungsorientierte Beschreibungsmittel.....	147
5.4.1	Aufbauorientierte Beschreibungsmittel.....	148
5.4.1.1	Kontaktplan KOP (Ladder diagram LD).....	149
5.4.1.2	Logikplan.....	151
5.4.1.3	Entity-Relationship-Diagramm (ERD).....	152
5.4.1.4	Fehlerbaum.....	154
5.4.1.5	Andere aufbauorientierte Beschreibungsmittel.....	156
5.4.2	Ablauforientierte Beschreibungsmittel.....	156
5.4.2.1	Funktionsdiagramm.....	156
5.4.2.2	Gantt-Diagramm (Timing-Diagramm).....	157
5.4.2.3	Funktionsplan und Ablaufsprache (Sequential Function Chart SFC).....	158
5.4.2.4	Netzplantechniken.....	161
5.4.3	Programmiertechnisch-orientierte Beschreibungsmittel.....	161
5.4.3.1	Programmablaufplan (PAP).....	163
5.4.3.2	Struktogramme (Nassi-Shneiderman-Diagramm).....	164
5.4.3.3	Datenflußdiagramm (DFD).....	166
5.4.3.4	Anweisungsliste AWL (Instruction List IL).....	168
5.5	Zustands- und verhaltensorientierte Beschreibungsmittel.....	171
5.5.1	Schaltnetze und Karnaugh-Tafeln.....	171
5.5.2	Entscheidungstabellen (ET).....	173

5.5.3	Schaltwerke und Automatenmodelle	176
5.5.4	Automatengraph (AG) und Zustandsübergangsdiagramm (ZÜD).....	177
5.5.5	Zustandstabelle und -matrix.....	181
5.5.6	Statecharts	182
5.5.7	Hybride Automaten.....	186
5.5.8	Stochastische Automaten und Markov-Ketten.....	186
5.5.9	Weitere zustands- und verhaltensorientierte Beschreibungsmittel.....	187
5.6	Bewertung von Beschreibungsmitteln	188
5.6.1	Bewertung qualitativer Kriterien.....	188
5.6.2	Phasenorientierte Bewertung	191
5.6.3	Anthropozentrische Bewertung.....	193
5.6.4	Überführbarkeit von Beschreibungsmitteln	193
6	Methodische Systementwicklung nach BASYSNET	197
6.1	Entwicklungsobjekte, Ziele und Aufgaben	198
6.1.1	Entwurf und Entwicklung	198
6.1.2	Entwicklungsobjekt.....	199
6.1.3	Entwicklungsziele	199
6.1.4	„Methodologie“	200
6.1.4.1	Begriffs- und Modellkonzepte für Methoden.....	200
6.1.4.2	Formalisierung in der Systementwicklung	201
6.1.4.3	Entwicklungsraum und -ökonomie	201
6.1.4.4	Entwicklungsentropie.....	204
6.2	Methodische Konzepte für Entwicklungsprozesse.....	204
6.2.1	Phasen- und Vorgehensmodell.....	205
6.2.2	Strukturierte Analyse (SA).....	211
6.2.3	Mentale und schematische Vorgehensmodelle	213
6.2.4	Operatoren der Systembildung.....	213
6.2.4.1	Horizontale Assoziation	217
6.2.4.2	Vertikale Assoziation	217
6.2.4.3	Komplementäre Assoziation	217
6.2.5	Operatoren des Entwerfens	218
6.2.5.1	Formalisieren.....	220
6.2.5.2	Strukturieren.....	221
6.2.5.3	Konstruktion.....	222
6.2.6	Operatoren der Implementierung	223
6.3	Methodische Konzepte für Entwicklungsobjekte.....	224
6.3.1	Schichtenmodell.....	225
6.3.2	Informationsmodell.....	227
6.3.3	3-Schichten-Objektprozeßmodell	230
6.3.4	Ressourcenmodell	233
6.4	Netzbasierte Systementwicklung	237
6.4.1	Anforderungsspezifikation (Requirements Engineering).....	239
6.4.1.1	Anforderungen	240
6.4.1.2	Modularisierung	241
6.4.1.3	Erfassung der funktionalen Anforderungen	242
6.4.1.4	Anforderungsakquisition durch Dialogführung mit dem Mentalen Referenzmodell	243

6.4.1.5	Szenarien in der Anforderungsspezifikation	245
6.4.1.6	Funktionale Module	245
6.4.2	Systemspezifikation	246
6.4.3	Modellbasierte Steuerungssynthese	247
6.4.3.1	Überblick über Syntheseansätze	248
6.4.3.2	Steuerungsziel, Voraussetzungen und Anforderungsspezifikation	250
6.4.3.3	Algorithmen zur Steuerungssynthese	250
6.4.3.4	Grundstruktur von Steuerungsnetzen	256
6.4.4	Codegenerierung	257
6.4.5	Schaltkreisgenerierung	261
6.4.6	Entwurf des Architektur- und Implementierungsmodells	263
6.5	Methodische Konzepte der Qualitätssicherung mit Petrinetzen	266
6.5.1	Validation	269
6.5.1.1	Simulation	269
6.5.1.2	Test	269
6.5.2	Verifikationskriterien der Netztheorie	270
6.5.2.1	Verifikationsziele	270
6.5.2.2	Beschränktheit	272
6.5.2.3	Sicherheit	272
6.5.2.4	Erreichbarkeit und Überdeckbarkeit von Markierungen	273
6.5.2.5	Lebendigkeit	274
6.5.2.6	Tote Transitionen	275
6.5.2.7	Kontakt	276
6.5.2.8	Konflikt	276
6.5.2.9	Livelock	276
6.5.2.10	Deadlock	276
6.5.2.11	Trap	277
6.5.2.12	Rücksetzbarkeit (Reversibilität)	277
6.5.2.13	Stelleninvarianten (S(tellen)- oder P(latz)-Invarianten)	277
6.5.2.14	Transitionsinvarianten (T-Invarianten)	278
6.5.3	Netztheoretische Analysemethoden	278
6.5.3.1	Übersicht	278
6.5.3.2	Analyse des Markenflusses - Erreichbarkeitsgraphenanalyse	280
6.5.3.3	Analyse der Inzidenzmatrix - Netzinvarianten	282
6.5.3.4	Analyse der Netztopologie - Strukturanalyse	287
6.5.3.5	Verifikationstabelle	289
6.5.4	Diagnose diskreter Systeme	291
6.5.4.1	Simulationsgestützte Diagnose	292
6.5.4.2	Erreichbarkeitsgestützte Diagnose	293
6.5.4.3	Erkennung von Zustandsfehlern	294
6.5.4.4	Erkennung von Ereignisfehlern	295
6.5.4.5	Erkennung von Zeitfehlern	296
6.5.4.6	Fehlerlokalisierung	296
6.5.4.7	Fehlerbewertung	296
6.5.4.8	Fehleranzeige	297
6.5.4.9	Fehlerreaktionen	299
6.5.4.10	Wiederaufsetzbarkeit	300

7 Werkzeuge	303
7.1 Bedeutung	304
7.2 Grundstrukturen	305
7.3 CAD-Referenzmodell	306
7.3.1 Architektur	306
7.3.2 Anwendungsteil	307
7.3.3 Systemteil.....	308
7.3.4 Produktmodell.....	309
7.3.5 Entwicklungs- und anwendungsspezifisches Wissen.....	310
7.4 Anforderungen und Merkmale	311
7.4.1 Kriterien	311
7.4.2 Kooperativer Toolverbund.....	313
7.5 Petrinetz-Werkzeuge	314
7.6 CoSyNet als Beispiel eines Petrinetz-Werkzeugs für Automatisierungssysteme ...	318
7.6.1 Graphischer Editor	319
7.6.2 Analyse- und Synthesemodul.....	321
7.6.3 Programmerzeugung	322
8 Anhang	325
8.1 Literatur zu Kapitel 1	325
8.2 Literatur zu Kapitel 2	325
8.3 Literatur zu Kapitel 3	326
8.4 Literatur zu Kapitel 4	327
8.5 Literatur zu Kapitel 5	331
8.6 Literatur zu Kapitel 6	338
8.7 Literatur zu Kapitel 7	344
8.8 Abkürzungen	347
8.9 Normen.....	351
Sachwortverzeichnis	353