

Inhalt

1	Einführung	1
1.1	Automatisierung gestern, heute und morgen	1
1.2	Grundprinzip der Automatisierung	4
1.3	Automatisierungsziele und Automatisierungsfunktionen	6
1.4	Reaktive Systeme der Automatisierungstechnik	7
1.5	Arten rückgekoppelter Systeme	9
1.6	Dynamische und statische Systeme	11
1.7	Signalarten der dynamischen Systeme	12
1.7.1	Signale in Regelungssystemen	12
1.7.2	Signale in Steuerungssystemen	14
1.7.3	Signale auf Bussystemen	15
1.8	Prozessbegriff	16
2	Regelungssysteme	19
2.1	Regelkreis als dynamisches System	19
2.1.1	Kontinuierliche Dynamik und Strukturbild	19
2.1.2	Strukturbild des Regelkreises	25
2.1.3	Technische Regelungsbeispiele	27
2.1.4	Spezifikation des Regelungssystems	33
2.1.5	Reglerentwurfsprozess	38
2.2	Modellierung im Zeitbereich	41
2.2.1	Aufstellen von Differenzialgleichungen	41
2.2.2	Differenzialgleichungen und Zustandsraumbeschreibung	44
2.2.3	Linearisierung der Zustandsgleichungen	49
2.2.4	Lösung im kontinuierlichen Zeitbereich	57
2.2.5	Lösung im diskreten Zeitbereich	62
2.2.6	Aufgaben zu Kapitel 2.2	66
2.3	Modellierung im Bildbereich	67
2.3.1	Motivation des Bildbereiches	67
2.3.2	Die Laplace-Transformation \mathcal{L}	69
2.3.3	Lösung über den Laplace-Bereich	75
2.3.4	Übertragungsfunktion und Übertragungsmatrix	76
2.3.5	Übertragungsverhalten und Gewichtsfunktion	81

2.3.6	Die Z -Transformation	83
2.3.7	Differenzgleichungen und z -Übertragungsfunktion	93
2.3.8	Erzeugung rekursiver Algorithmen aus kontinuierlichen Systembeschreibungen ...	97
2.3.9	Aufgaben zu Kapitel 2.3	104
2.4	Stabilität dynamischer Systeme	106
2.4.1	Grundlegendes zur Stabilität linearer und nichtlinearer Systeme	106
2.4.2	Stabilität linearer Systeme im Zeitbereich	107
2.4.3	Stabilität linearer Systeme im Bildbereich der Laplace-Transformation	109
2.4.4	Stabilität linearer Systeme im Bildbereich der Z -Transformation	111
2.4.5	Stabilität von Übertragungsfunktion und Zustandsraummodell	113
2.4.6	Aufgaben zu Kapitel 2.4	115
2.5	Bestimmung der Reglerstruktur	116
2.5.1	Reglerstruktur und Reglerparameter	116
2.5.2	Übertragungsfunktionen im linearen Standardregelkreis	117
2.5.3	Stationäres Verhalten	122
2.5.4	Lineare Standardregler	124
2.5.5	Kaskadenregelung	130
2.5.6	Störgrößenaufschaltung	132
2.5.7	Internal Model Control (IMC)	135
2.5.8	Nichtlineare Erweiterungen linearer Regler	139
2.5.9	Aufgaben zu Kapitel 2.5	144
2.6	Bestimmung der Reglerparameter	148
2.6.1	Allgemeines zu den Verfahren	148
2.6.2	Wahl der Abtastzeit T	148
2.6.3	Stabilität und Wurzelortskurve	151
2.6.4	Einstellregeln für lineare Standardregler	156
2.6.5	Autotuning von Standardreglern	162
2.6.6	Optimale Einstellungen	169
2.6.7	Reglervalidierung	172
2.6.8	Aufgaben zu Kapitel 2.6	174
3	Steuerungssysteme	179
3.1	Steuerkreis als ereignisdiskretes System	179
3.1.1	Strukturbild des Steuerkreises	179
3.1.2	Technische Steuerungsbeispiele	181
3.1.3	Spezifikation des Steuerungssystems	188
3.1.4	Steuerungsentwurfsprozess	192
3.2	Modellierung mit Boolescher Algebra	195
3.2.1	Operanden und ihre Grundverknüpfungen	196
3.2.2	Erweiterte Verknüpfungen	197
3.2.3	Gesetze der Booleschen Algebra	198
3.2.4	Anwendung der Booleschen Algebra	198
3.2.5	Aufgaben zu Kapitel 3.2	200

3.3	Modellierung mit endlichen Automaten.....	201
3.3.1	Eingaben, Ausgaben, Signale und Ereignisse	201
3.3.2	Endliche Automaten mit Ein- und Ausgaben	206
3.3.3	Halbautomat und autonomer Automat	217
3.3.4	Nichtdeterministische Automaten	219
3.3.5	Automaten und ihr Verhalten	224
3.3.6	Aufgaben zu Kapitel 3.3.....	230
3.4	Modellierung mit Petrinetzen	232
3.4.1	Elemente und Aufbau des Petrinetzes	233
3.4.2	Platz/Transitionennetz.....	236
3.4.3	Bedingungs/Ereignisnetz.....	245
3.4.4	Allgemeine Netzeigenschaften und Netzanalyse.....	250
3.4.5	Signalinterpretiertes Petrinetz (SIPN)	254
3.4.6	Eigenschaften und Analyse des SIPN	271
3.4.7	Petrinetz und endlicher Automat	282
3.4.8	Aufgaben zu Kap. 3.4.....	286
3.5	Modellierung mittels Temporaler Logik (TL).....	295
3.5.1	Zusammenhang mit Boolescher Logik und Automaten	296
3.5.2	Kripke-Strukturen, Zustandsfolgen und Abwicklungen.....	297
3.5.3	Lineare Temporale Logik (LTL).....	301
3.5.4	Berechnungsbaum-Logik (CTL)	305
3.5.5	Modellierung typischer Systemeigenschaften	309
3.5.6	Nachweis von Eigenschaften anhand von Abstraktionen.....	316
3.5.7	Aufgaben zu Kapitel 3.5.....	325
3.6	Steuerungsentwurf.....	328
3.6.1	Regelungs- und Steuerungsentwurf im Vergleich	328
3.6.2	Qualitätsbegriff und Methodentübersicht	329
3.6.3	Simulation und Test	334
3.6.4	Model Checking	342
3.6.5	Verifikation und Validierung	353
3.6.6	Evaluation der Transparenz.....	365
3.6.7	Automatische Implementierung in Standardsprachen	371
3.6.8	SIPN-basierter Steuerungsentwurf	383
3.6.9	Aufgaben zu Kapitel 3.6.....	399
4	Hybride Systeme	405
4.1	Kontinuierliche, ereignisdiskrete und hybride Systeme	405
4.1.1	Signalarten, Informationsträger und Modellierung	405
4.1.2	Zustand, Zustandsraum und Automat.....	407
4.1.3	Allgemeines hybrides dynamisches System.....	408
4.2	Hybride Automaten	409
4.2.1	Reaktion des Automaten in der Zeit.....	409
4.2.2	Hybrider Zustand und allgemeiner hybrider Automat.....	411
4.2.3	Zeitbewerteter Automat.....	416

4.3	Petrinetz-basierte hybride Systeme	417
4.3.1	Petrinetz-Arten zum Aufbau hybrider Systeme.....	417
4.3.2	Hybride Petrinetze.....	418
4.3.3	Netz-Zustandsraum-Modelle.....	420
4.4	Spezielle Probleme, Werkzeuge und Anwendungen.....	426
4.4.1	Spezielle Probleme und Lösungsansätze.....	426
4.4.2	Verfügbare Analyse- und Entwurfswerkzeuge.....	427
4.4.3	Reifegrad der Theorie bei Regelungs-, Steuerungs- und hybriden Systemen	429
4.5	Aufgaben zu Kapitel 4.....	431
5	Literaturverzeichnis	433
5.1	Lehrbücher und Fachartikel.....	433
5.2	Internetadressen.....	440
5.3	Standards und Normen	441
A1	Lineare Übertragungsglieder	443
A2	Mathematische Modelle der Beispiele	445
A3	Korrespondenztafeln	447
A4	Herleitungen zur Laplace- und Z-Transformation	449
A4.1	Sätze zur Laplace-Transformation	449
A4.2	Sätze zur Z-Transformation.....	450
A5	Partialbruchzerlegung	453
A5.1	Ausgangspunkt.....	453
A5.2	Partialbruchzerlegung bei einfachen Polen	454
A5.3	Partialbruchzerlegung bei mehrfachen Polen	455
A6	Zeitdiskrete Standardregler	457
A7	Lösungen der Aufgaben	459
A8	wichtige englische Fachbegriffe	505
A9	SIPN und SMV-Eingabe	509
A10	Steuerungsfachsprachen nach IEC 61131-3	513
A10.1	Kurzübersicht Kontaktplan (KOP).....	513
A10.2	Kurzübersicht Anweisungsliste (AWL)	516
A10.3	Automatisch erzeugte AWL für das Test-SIPN	518
A10.4	Synchronisation in SIPN und SFC	521
A10.5	Kurzübersicht Structured Text	522

A11 Ergänzungen zu Beispiel 3.65

525

Index

531