

Inhaltsverzeichnis

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.....	10
1.7	Signalarten der dynamischen Systeme	12
1.7.1	Signale in Regelungssystemen	12
1.7.2	Signale in Steuerungssystemen	13
1.7.3	Signale auf Bussystemen.....	14
1.8	Prozessbegriff	15
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.....	32
2.1.5	Reglerentwurfsprozess	37
2.2	Modellierung im Zeitbereich.....	40
2.2.1	Aufstellen von Differenzialgleichungen	40
2.2.2	Differenzialgleichungen und Zustandsraumbeschreibung	43
2.2.3	Linearisierung der Zustandsgleichungen.....	48
2.2.4	Lösung im kontinuierlichen Zeitbereich	55
2.2.5	Lösung im diskreten Zeitbereich	60
2.2.6	Aufgaben zu Kapitel 2.2	63

2.3	Modellierung im Bildbereich	65
2.3.1	Motivation des Bildbereiches.....	65
2.3.2	Die Laplace-Transformation \mathcal{L}	67
2.3.3	Lösung über den Laplace-Bereich	73
2.3.4	Übertragungsfunktion und Übertragungsmatrix	74
2.3.5	Übertragungsverhalten und Gewichtsfunktion	78
2.3.6	Die Z -Transformation.....	80
2.3.7	Differenzengleichungen und z-Übertragungsfunktion.....	90
2.3.8	Erzeugung rekursiver Algorithmen aus kontinuierlichen Systembeschreibungen ...	93
2.3.9	Aufgaben zu Kapitel 2.3	100
2.4	Stabilität dynamischer Systeme	102
2.4.1	Grundlegendes zur Stabilität linearer und nichtlinearer Systeme	102
2.4.2	Stabilität linearer Systeme im Zeitbereich	103
2.4.3	Stabilität linearer Systeme im Bildbereich der Laplace-Transformation.....	105
2.4.4	Stabilität linearer Systeme im Bildbereich der Z -Transformation	107
2.4.5	Stabilität von Übertragungsfunktion und Zustandsraummodell	109
2.4.6	Aufgaben zu Kapitel 2.4	111
2.5	Bestimmung der Reglerstruktur	112
2.5.1	Reglerstruktur und Reglerparameter	112
2.5.2	Übertragungsfunktionen im linearen Standardregelkreis	113
2.5.3	Stationäres Verhalten	118
2.5.4	Lineare Standardregler	120
2.5.5	Kaskadenregelung	126
2.5.6	Störgrößenaufschaltung.....	128
2.5.7	Internal Model Control (IMC)	131
2.5.8	Nichtlineare Erweiterungen linearer Regler	135
2.5.9	Aufgaben zu Kapitel 2.5	140
2.6	Bestimmung der Reglerparameter	144
2.6.1	Allgemeines zu den Verfahren.....	144
2.6.2	Wahl der Abtastzeit T	144
2.6.3	Stabilität und Wurzelortskurve	147
2.6.4	Einstellregeln für lineare Standardregler	151
2.6.5	Autotuning von Standardreglern	157
2.6.6	Optimale Einstellungen	164
2.6.7	Reglervalidierung	167
2.6.8	Aufgaben zu Kapitel 2.6	169
3	Steuerungssysteme	173
3.1	Steuerkreis als ereignisdiskretes System.....	173
3.1.1	Strukturbild des Steuerkreises.....	173
3.1.2	Technische Steuerungsbeispiele.....	175
3.1.3	Spezifikation des Steuerungssystems.....	182
3.1.4	Steuerungsentwurfsprozess	186

3.2	Modellierung mit Boolescher Algebra	189
3.2.1	Operanden und ihre Grundverknüpfungen.....	190
3.2.2	Erweiterte Verknüpfungen	191
3.2.3	Gesetze der Booleschen Algebra.....	192
3.2.4	Anwendung der Booleschen Algebra.....	192
3.2.5	Aufgaben zu Kapitel 3.2.....	194
3.3	Modellierung mit endlichen Automaten.....	195
3.3.1	Eingaben, Ausgaben, Signale und Ereignisse	195
3.3.2	Endliche Automaten mit Ein- und Ausgaben.....	199
3.3.3	Halbautomat und autonomer Automat	209
3.3.4	Nichtdeterministische Automaten	211
3.3.5	Automaten und ihr Verhalten	216
3.3.6	Aufgaben zu Kapitel 3.3.....	221
3.4	Modellierung mit Petrinetzen	223
3.4.1	Elemente und Aufbau des Petrinetzes	224
3.4.2	Platz/Transitionennetz	226
3.4.3	Bedingungs/Ereignisnetz.....	235
3.4.4	Allgemeine Netzeigenschaften und Netzanalyse	239
3.4.5	Signalinterpretiertes Petrinet (SIPN)	243
3.4.6	Eigenschaften und Analyse des SIPN	259
3.4.7	Petrinetz und endlicher Automat.....	269
3.4.8	Aufgaben zu Kapitel 3.4.....	273
3.5	Modellierung mittels Temporaler Logik (TL).....	282
3.5.1	Zusammenhang mit Boolescher Logik und Automaten.....	283
3.5.2	Kripke-Strukturen, Zustandsfolgen und Abwicklungen	284
3.5.3	Lineare Temporale Logik (LTL).....	288
3.5.4	Berechnungsbaum-Logik (CTL)	292
3.5.5	Modellierung typischer Systemeigenschaften.....	296
3.5.6	Nachweis von Eigenschaften anhand von Abstraktionen	302
3.5.7	Aufgaben zu Kapitel 3.5.....	310
3.6	Steuerungsentwurf	313
3.6.1	Regelungs- und Steuerungsentwurf im Vergleich	313
3.6.2	Qualitätsbegriff und Methodenübersicht.....	314
3.6.3	Simulation und Test.....	317
3.6.4	Model Checking	325
3.6.5	Verifikation und Validierung	336
3.6.6	Evaluation der Transparenz.....	347
3.6.7	Automatische Implementierung in Standardsprachen.....	353
3.6.8	SIPN-basierter Steuerungsentwurf	365
3.6.9	Aufgaben zu Kapitel 3.6.....	380

4	Hybride Systeme	385
4.1	Kontinuierliche, ereignisdiskrete und hybride Systeme	385
4.1.1	Signalarten, Informationsträger und Modellierung.....	385
4.1.2	Zustand, Zustandsraum und Automat	387
4.1.3	Allgemeines hybrides dynamisches System	388
4.2	Hybride Automaten.....	389
4.2.1	Reaktion des Automaten in der Zeit.....	389
4.2.2	Hybrider Zustand und allgemeiner hybrider Automat	390
4.2.3	Zeitbewerteter Automat	395
4.3	Petrinetz-basierte hybride Systeme.....	396
4.3.1	Petrinetz-Arten zum Aufbau hybrider Systeme	396
4.3.2	Hybride Petrinetze.....	397
4.3.3	Netz-Zustandsraum-Modelle.....	399
4.4	Spezielle Probleme, Werkzeuge und Anwendungen	404
4.4.1	Spezielle Probleme und Lösungsansätze	404
4.4.2	Verfügbare Analyse- und Entwurfswerkzeuge	405
4.4.3	Reifegrad der Theorie bei Regelungs-, Steuerungs- und hybriden Systemen	407
4.5	Aufgaben zu Kapitel 4	409
5	Literaturverzeichnis	411
5.1	Lehrbücher und Fachartikel	411
5.2	Internetadressen.....	419
5.3	Standards und Normen	420
A1	Lineare Übertragungsglieder	421
A2	Mathematische Modelle der Beispiele	423
A3	Korrespondenztafeln	425
A4	Herleitungen zur Laplace- und Z-Transformation	427
A4.1	Sätze zur Laplace-Transformation	427
A4.2	Sätze zur Z-Transformation	428
A5	Partialbruchzerlegung	431
A5.1	Ausgangspunkt	431
A5.2	Partialbruchzerlegung bei einfachen Polen.....	432
A5.3	Partialbruchzerlegung bei mehrfachen Polen	433

A6	Zeitdiskrete Standardregler	435
A7	Lösungen der Aufgaben	437
A8	Wichtige englische Fachbegriffe	479
A9	SIPN und SMV-Eingabe	483
A10	Steuerungsfachsprachen nach IEC 61131-3	487
A10.1	Kurzübersicht Kontaktplan (KOP)	487
A10.2	Kurzübersicht Anweisungsliste (AWL)	490
A10.3	Automatisch erzeugte AWL für das Test-SIPN	492
A10.4	Synchronisation in SIPN und SFC	495
A10.5	Kurzübersicht Structured Text	496
A11	Ergänzungen zu Beispiel 3.65	499
Index		505