

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 \mathcal{Z} -Transformation.....	80
2.3.7	Differenzgleichungen 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 \mathcal{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 Petrinetz (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	Petrimetz-basierte hybride Systeme	396
4.3.1	Petrimetz-Arten zum Aufbau hybrider Systeme	396
4.3.2	Hybride Petrimetze	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