

Inhaltsverzeichnis

	Vorworte ...	VII
1	Einführung	1
	Lernziele	1
	Lernaufgabe	1
1.1	Die Automation	2
1.2	Das Rückkopplungsprinzip	14
1.3	Geschichtliche Entwicklung	19
1.4	Inhalt und methodisches Vorgehen	22
	Bearbeitung der Lernaufgabe	23
	Fragen zur Selbstkontrolle	26
2	Signale und Systeme	27
2.1	Grundbegriffe der Signal- und Systemtheorie	27
	Lernziele	27
	Lernaufgabe	28
2.1.1	Grundbegriffe	28
2.1.2	Elemente und Kopplungsarten im Wirkschaltplan	40
2.1.3	Modellbildung von Systemen	44
2.1.4	Beispiele von Wirkschaltplänen	50
	2.1.4.1 Raumheizung	50
	2.1.4.2 Mechanisches Dämpfer-Massesystem	51
	2.1.4.3 Fahrzeug-Systeme	52
	Bearbeitung der Lernaufgabe	56
	Fragen zur Selbstkontrolle	57
2.2	Beschreibung von Signalen	59
	Lernziele	59
	Lernaufgabe	59

2.2.1	Beschreibung im Zeitbereich.....	64
2.2.1.1	Elementarsignale	65
2.2.1.2	Zusammengesetzte Signale	67
2.2.1.3	Periodische Signale	69
2.2.2	Beschreibung im Frequenzbereich.....	71
2.2.2.1	Periodische Signale	71
2.2.2.2	Aperiodische Signale.....	73
2.2.2.3	Fourier-Transformierte wichtiger Signale.....	77
2.2.3	Beschreibung im Bildbereich	84
2.2.3.1	Laplace-Transformierte wichtiger Signale	92
	Bearbeitung der Lernaufgabe	96
	Fragen zur Selbstkontrolle.....	99
2.3	Beschreibungsmethoden für Systeme	101
	Lernziele.....	101
	Lernaufgabe.....	101
2.3.1	Systemeigenschaften und Modellanforderungen	105
2.3.1.1	Linearität.....	107
2.3.1.2	Kausalität.....	108
2.3.1.3	Zeitinvarianz.....	110
2.3.1.4	Stabilität.....	110
2.3.1.5	Modellanforderungen	112
2.3.2	Beschreibungsformen im Zeitbereich	112
2.3.2.1	Beschreibung durch Systemgleichungen.....	112
2.3.2.2	Linearisierung nichtlinearer Systeme	114
2.3.2.3	Elementare Systeme	117
2.3.2.4	Verzögertes Zeitverhalten	121
2.3.2.5	Zusammengesetztes Zeitverhalten.....	122
2.3.2.6	Beschreibung durch Antwortsignale	125
2.3.3	Beschreibung im Frequenzbereich	132
2.3.3.1	Frequenzgang	132
2.3.3.2	Nyquist- und Bode-Diagramm	134
2.3.4	Beschreibung im Bildbereich	142
2.3.4.1	Übertragungsfunktion.....	143
2.3.4.2	Pol-Nullstellenplan und "Pol-Nullstellenkurve"	150

2.3.4.3	Beschreibung zusammengesetzter Systeme	161
2.3.4.4	Systembeispiel	165
	Bearbeitung der Lernaufgabe	168
	Fragen zur Selbstkontrolle	170
3	Regelungstechnik	173
3.1	Grundbegriffe und Aufgaben von Regelungen	173
	Lernziele	173
	Lernaufgabe	174
3.1.1	Der standardisierte einschleifige Regelkreis	183
3.1.2	Anforderungen an Regelungen	188
3.1.3	Beispiele von Regelkreisen	190
3.1.3.1	Die Füllstandsregelung eines Wasserbehälters	190
3.1.3.2	Druckregelung eines Strömungskanal mit gasförmigem Medium	193
	Bearbeitung der Lernaufgabe	197
	Fragen zur Selbstkontrolle	199
3.2	Regelstrecken und Regeleinrichtungen	201
	Lernziele	201
	Lernaufgabe	201
3.2.1	Regelstrecken	203
3.2.1.1	Regelstrecken mit Ausgleich	207
3.2.1.2	Regelstrecken ohne Ausgleich	211
3.2.2	Regeleinrichtungen	212
3.2.2.1	Die Vergleichseinrichtung	212
3.2.2.2	Der Regler	213
3.2.2.3	Unstetige Regler	217
3.2.2.4	Stetige Regler	228
	Bearbeitung der Lernaufgabe	248
	Fragen zur Selbstkontrolle	252
3.3	Der Standard-Regelkreis	255
	Lernziele	255
	Lernaufgabe	255
3.3.1	Grundgleichungen	257
3.3.2	Regelgüte	264
3.3.2.1	Stationäre Regelgüte	266

3.3.2.2	Dynamische Regelgüte.....	271
3.3.2.3	I/I-Regelkreise.....	277
	Bearbeitung der Lernaufgabe.....	278
	Fragen zur Selbstkontrolle.....	281
3.4	Stabilität von Regelkreisen.....	283
	Lernziele.....	283
	Lernaufgabe.....	283
3.4.2	Mathematische Stabilitätskriterien.....	290
3.4.3	Graphische und experimentelle Stabilitätsverfahren.....	294
3.4.3.1	WOK-Verfahren.....	295
3.4.3.2	Nyquist-Verfahren.....	299
	Bearbeitung der Lernaufgabe.....	309
	Fragen zur Selbstkontrolle.....	313
3.5	Entwurf von Regelkreisen.....	315
	Lernziele.....	315
	Lernaufgabe.....	315
3.5.1	Empirische Einstellregeln für Regelstrecken mit Ausgleich.....	318
3.5.1.1	Verfahren nach Ziegler-Nichols.....	318
3.5.1.2	Verfahren nach Chien-Hrones-Reswick.....	319
3.5.2	Parameteroptimierung.....	321
3.5.2.1	Integralkriterium der linearen Regelfläche.....	322
3.5.2.2	Integralkriterium der Betragsregelfläche (IAE-Kriterium).....	322
3.5.2.3	Integralkriterium der quadratischen Regelfläche.....	323
3.5.3	Dynamische Kompensation.....	323
3.5.4	Synthese im Bildbereich.....	324
3.5.5	Synthese im Frequenzbereich.....	327
3.5.6	Erweiterungen der einschleifigen Regelkreisstruktur.....	330
3.5.6.1	Regelkreis mit Störgrößenaufschaltung.....	331
3.5.6.2	Regelkreis mit Hilfsgrößenaufschaltung.....	333
3.5.6.3	Kaskadenregelung.....	334
3.5.6.4	Regelkreis mit Vorsteuerung.....	335
	Bearbeitung der Lernaufgabe.....	337
	Fragen zur Selbstkontrolle.....	340

4	Steuerungstechnik	341
4.1	Grundbegriffe der Steuerungstechnik	341
	Lernziele	341
	Lernaufgabe	342
	Bearbeitung der Lernaufgabe	352
	Fragen zur Selbstkontrolle	353
4.2	Steuerungsarten	355
	Lernziele	355
	Lernaufgabe	355
	Bearbeitung der Lernaufgabe	366
	Fragen zur Selbstkontrolle	367
4.3	Methoden und Verfahren	369
	Lernziele	369
	Lernaufgabe	369
4.3.1	Grundfunktionen für kombinatorische Steuerungen (Schaltalgebra)	371
	4.3.1.1 Die Identität	372
	4.3.1.2 Die Negation	372
	4.3.1.3 Die Konjunktion - AND	373
	4.3.1.4 Die Disjunktion - OR	375
	4.3.1.5 Erweiterte logische Grundfunktionen	375
	4.3.1.6 Gesetzmäßigkeiten der Schaltalgebra	379
4.3.2	Grundfunktionen für sequentielle Steuerungen	380
	4.3.2.1 RS-Flipflop	382
	4.3.2.2 JK-Flipflop	383
	4.3.2.3 D-Flipflop	384
4.3.3	Zeitfunktionen	385
4.3.4	Entwurfsmethoden für Schaltnetze	388
4.3.5	Entwurfsmethoden für Schaltwerke	398
4.3.6	Beschreibungsformen für Steuerungen	401
	4.3.6.1 Schaltbelegungstabelle	401
	4.3.6.2 Schaltfolgetabelle und Schaltfolgediagramm	402
	4.3.6.3 Kontaktplan	405
	4.3.6.4 Logik- oder zustandsorientierter Funktionsplan	411
	4.3.6.5 Funktionsplan oder Ablaufplan	412

4.3.6.6	Zustands- oder Automatengraph	416
4.3.6.7	Programmablaufplan	418
	Bearbeitung der Lernaufgabe	421
	Fragen zur Selbstkontrolle.....	423
4.4	Speicherprogrammierbare Steuerungen - SPS	425
	Lernziele.....	425
	Lernaufgabe.....	426
4.4.1	Rechnergestützte Automatisierungsgeräte	427
4.4.2	Hardware-Aufbau einer SPS	433
4.4.3	Software-Aufbau einer SPS.....	437
4.4.3.1	Permanent zyklischer Betrieb.....	438
4.4.3.2	Zusätzliche Betriebsarten	443
4.4.4	SPS-Programmiersprachen.....	444
4.4.4.1	Kontaktplan (KOP).....	445
4.4.4.2	Anweisungsliste (AWL).....	447
4.4.4.3	Funktionsplan (FUP)	449
4.4.5	SPS-Standard EN 61131 (IEC 1131)	452
4.4.5.1	Hardwaremodell einer SPS.....	455
4.4.5.2	Softwaremodell einer SPS	456
4.4.5.3	Spracherweiterungen	461
4.4.5.4	Kommunikation zwischen Speicherprogrammierbaren Steuerungen ...	469
	Bearbeitung der Lernaufgabe	470
	Fragen zur Selbstkontrolle.....	475
5	Anhang	477
5.A	Der Dirac-Impuls $\delta(t)$	477
5.B	Fourier- und Laplace-Transformation	478
5.C	Korrespondenztabelle von Laplace-Transformationen	482
5.D	Partialbruchzerlegung.....	483
6	Literaturangaben	485
7	Stichwortverzeichnis	487