

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Systemtheorie	1
1.2	Ziele und Aufgaben der Regelungstechnik	4
1.3	Überblick	6
2	Modellierung zeitkontinuierlicher Systeme	9
2.1	Modellbildung	9
2.1.1	Eigenschaften linearer Übertragungsglieder	15
2.1.2	Linearisierung nichtlinearer Systeme	16
3	Grundlagen	23
3.1	Math. Beschreibung des dynamischen Verhaltens von Systemen	23
3.1.1	Übertragungsglied und Strukturbild	23
3.1.2	Übertragungsfunktion	24
3.1.3	Rechnen mit Übertragungsfunktionen	27
4	Beschreibung von Systemen im Frequenzbereich	29
4.1	Sinusförmige Eingangsgröße und Frequenzgang	29
4.2	Zusammenhang zwischen Frequenzgang und Übertragungsfunktion	33
4.3	Graphische Darstellung des Frequenzganges	34
4.3.1	Darstellung als Ortskurve in der komplexen Zahlenebene	34
4.3.2	Logarithmische Frequenzkennlinien (Bode-Diagramm)	37
5	Eigenschaften rückgekoppelter Systeme	47
5.1	Übersicht und grundlegende Begriffe	47
5.2	Einfluss von Parameteränderungen in der Regelstrecke	49
5.3	Stationäres Verhalten	53
5.4	Beeinflussung der Einschwingvorgänge von Systemen	55
5.5	Auswirkungen von Störgrößen	58
5.6	Zusammenf. der wichtigsten Eigenschaften rückgekoppelter Systeme	60
5.7	Kenngößen zur Beschreibung des Regelverhaltens	61
5.7.1	Stationäre Fehler	61
5.7.2	Transientes Verhalten	62
5.8	Gütekriterien und optimales Verhalten	69
5.8.1	Minimale Einstellzeit als Kriterium	69
5.8.2	Güte-Index	70
6	Stabilität von linearen Regelsystemen	73
6.1	Begriff und Definition der absoluten Stabilität	73
6.2	Gegenkopplung und Mitkopplung	77
6.3	Relative Stabilität	78
6.4	Stabilitätsuntersuchungen im Frequenzbereich	79
6.4.1	Das Nyquist-Kriterium	79

6.4.2	Relative Stabilität, Amplituden- und Phasenrand	88
6.4.3	Stabilitätsuntersuchungen mit Hilfe des Bode-Diagramms	93
7	Entwurf von Regelkreisen nach dem Frequenzkennlinienverfahren	97
7.1	Problemstellung	97
7.2	Forderungen an die Regelung	99
7.3	Zur Synthese von Reglern	102
7.4	PI-Regler	103
7.5	Realer PD-Regler	112
7.6	PID-Regler	119
7.7	Anwendungsbeispiel: Kompensation von Operationsverstärkern	120
7.7.1	Der rückgekoppelte Operationsverstärker als Regelkreis	120
7.7.2	Stabilisierung für beliebige Verstärkung	123
7.7.3	Stabilisierung für feste Gegenkopplung	127
8	Kaskadenregelung und Störgrößenaufschaltung	131
8.1	Kaskadenregelung	131
8.2	Störgrößenaufschaltung	142
9	Mehrgrößen-Regelungen	143
10	Lineare zeitdiskrete Systeme	151
10.1	Einleitung	151
10.2	Struktur von Abtastregelungen	152
10.3	Abtastung und Quantisierung (Analog/Digital-Umsetzung)	154
10.4	D/A-Umsetzer	158
10.5	Zeitdiskretes Modell der Abtastregelung	160
10.6	Lineare zeitinvariante Systeme	162
10.7	Differenzengleichungen	164
10.8	z-Transformation/Übertragungsfunktion	168
11	Analyse von Abtastsystemen	171
11.1	Übertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises	171
11.2	Digitale Regelalgorithmen für quasikontinuierliche Abtastregelungen	172
11.3	Parameteroptimierte PID-Regelalgorithmen	178
11.4	Stabilität zeitdiskreter Systeme	180
11.4.1	Relative Stabilität und Polstellenverteilung	183
12	Zeitdiskrete Signale und Systeme	187
12.1	Frequenzgang und Übertragungsfunktion	187
12.2	Zeitkont. Signal und Abtastsequenz: Vergleich der Frequenzgänge	190
12.3	Erzeugung zeitkontinuierlicher Signale aus Abtastsequenzen	195
12.3.1	Interpolation	195
12.3.1.1	Exakte Rekonstr. bei Abtastung mit Nyquistrate	196
12.3.1.2	Rekonstruktion bei Überabtastung	198
12.3.1.3	Zeitdiskrete Interpolation	200
12.3.1.4	Rekonstruktion durch ein Halteglied 0. Ordnung	200
12.3.2	Digitale Simulation	202

A Mathematische Grundlagen	207
A.1 Transformationen	207
A.1.1 Fourier- und Laplace-Transformation	207
A.1.2 Laplace-Korrespondenzen	209
A.1.3 Fourier-Transformation einfacher Zeitfunktionen	211
A.1.4 z-Transformation	214
A.1.5 z-Transformationen und zugehörige Laplace-Transformationen	215
A.1.6 Rechenregeln zur z-Transformation	216
Aufgaben	217
Lösungen	243
Literaturverzeichnis	295