

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Theorie der Signale	5
2.1 Einführung	5
2.2 Determinierte Signale	8
2.2.1 Betrachtung im Zeitbereich	8
2.2.2 Betrachtung im Frequenzbereich	16
2.2.2.1 Periodische Funktionen, Fourierreihen	17
2.2.2.2 Periodische Folgen, Diskrete Fouriertransformation	23
2.2.2.3 Spektren von Funktionen, Fouriertransformation	28
2.2.2.4 Spektren von Folgen	48
2.2.2.5 Spektrum abgetasteter Funktionen	51
2.2.2.6 Das Abtasttheorem	58
2.2.3 Kausale und analytische Signale	64
2.2.4 Zusammenfassung	73
2.3 Stochastische Folgen und Funktionen	75
2.3.1 Betrachtung im Zeitbereich	75
2.3.1.1 Einführung	75
2.3.1.2 Definitionen und grundlegende Beziehungen	76
2.3.1.3 Funktionen einer Zufallsvariablen	83
2.3.1.4 Erwartungswert, Charakteristische Funktion	87
2.3.1.5 Zwei Zufallsvariablen	90
2.3.1.6 Korrelation und Kovarianz	96
2.3.1.7 Zeitmittelwerte, Ergodische Prozesse	99
2.3.2 Betrachtung im Frequenzbereich	102
2.4 Literatur	106
3 Systeme	109
3.1 Systemeigenschaften	109
3.2 Beschreibung von linearen Systemen im Zeitbereich	116
3.2.1 Kennzeichnung durch die Sprungantwort	116
3.2.2 Kennzeichnung durch die Impulsantwort	120
3.2.3 Eine Stabilitätsbedingung	124
3.2.4 Zeitverhalten von linearen Systemen mit ℓ Eingängen und r Ausgängen	126
3.3 Beschreibung von linearen Systemen im Frequenzbereich	127

3.3.1	Zeitinvariante Systeme	127
3.3.2	Zeitvariante Systeme	136
3.4	Beispiele	138
3.4.1	Verzögerungsglied	138
3.4.2	Angenäherte und exakte Differentiation	139
3.4.3	Angenäherte und exakte Integration	141
3.4.4	Mittelwertbildung über ein Fenster fester Breite	143
3.4.5	System erster Ordnung	144
3.5	Kausale, lineare, zeitinvariante Systeme	146
3.5.1	Kausalität	146
3.5.2	Passivität und Verlustfreiheit	148
3.6	Reaktion eines linearen, zeitinvarianten Systems auf ein Zufalls-signal	152
3.7	Bemerkungen zu nichtlinearen Systemen	163
3.7.1	Reguläre Verzerrungen	164
3.7.2	Beschreibung nichtlinearer Systeme	168
3.7.3	Ein Verfahren zur Messung der Eigenschaften nichtlinearer Systeme	172
3.7.4	Nichtreguläre nichtlineare Verzerrungen	176
3.7.4.1	Übersteuerung	176
3.7.4.2	Quantisierung	178
3.7.4.3	Realer Multiplizierer	179
3.7.5	Hystereseverzerrungen	182
3.8	Literatur	184
4	Kausale Systeme, beschrieben durch gewöhnliche Differential- oder Differenzengleichungen	185
4.1	Zustandskonzept und Zustandsgleichungen	185
4.2	Lineare, zeitinvariante Systeme	187
4.2.1	Vorbemerkung	187
4.2.2	Zustandsgleichungen, realisierende Basisstrukturen, Über-tragungsfunktionen	192
4.2.2.1	Beispiele	194
4.2.2.2	Systeme n-ter Ordnung	197
4.2.2.3	Transformation von Zustandsvektoren	210
4.2.3	Die Lösung der Zustandsgleichung im Zeitbereich	215
4.2.3.1	Kontinuierliche Systeme	215
4.2.3.2	Diskrete Systeme	221
4.2.4	Die Lösung der Zustandsgleichung im Frequenzbereich	224
4.2.4.1	Kontinuierliche Systeme	224
4.2.4.2	Diskrete Systeme	225
4.2.5	Ergänzende Betrachtungen diskreter Systeme	230
4.2.5.1	Impuls- und Sprungantwort	230
4.2.5.2	Stabilität	231
4.2.5.3	Frequenzgang	234
4.2.5.4	Mindestphasensysteme und Allpässe	240
4.2.5.5	Nichtrekursive Systeme	244

4.2.5.6	Systeme linearer Phase	246
4.2.5.7	Charakteristische Frequenzgänge	249
4.2.6	Passive Systeme	253
4.2.7	Zusammenfassung	261
4.2.8	Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit	267
4.2.9	Ergänzende Betrachtungen zur Stabilität linearer, zeit-invariante Systeme	275
4.2.9.1	Stabilitätsuntersuchung basierend auf den Zustandsvariablen	275
4.2.9.2	Graphische Stabilitätstests	276
4.2.10	Anwendungen	297
4.3	Lineare, zeitvariante Systeme	311
4.3.1	Die Lösung der Zustandsgleichung	312
4.3.1.1	Behandlung der homogenen Gleichungen	312
4.3.1.2	Behandlung der inhomogenen Gleichungen	320
4.4	Allgemeine Systeme	323
4.4.1	Stabilitätsdefinition nach LYAPUNOV	324
4.4.2	Die direkte Methode von LYAPUNOV	330
4.5	Literatur	341
5	Lineare, kausale Systeme, beschrieben durch partielle Differentialgleichungen	345
5.1	Vorbemerkungen	345
5.2	Homogene Leitungen	346
5.2.1	Leitungsgleichungen	346
5.2.2	Untersuchung des Frequenzverhaltens	347
5.2.3	Untersuchung des Zeitverhaltens	359
5.2.4	Wellenmatrizen	365
5.2.4.1	Einführung	365
5.2.4.2	Die Wellenquelle	367
5.2.4.3	Eintorige Stoßstelle	368
5.2.4.4	Zweitorige Stoßstelle, Streumatrix	369
5.2.4.5	Kaskadenmatrix	372
5.2.4.6	Beispiele	374
5.3	Physikalische Systeme, die zur homogenen Leitung analog sind	377
5.3.1	Die Wellengleichung	377
5.3.2	Die Wärmeleitungsgleichung	379
5.4	Literatur	381
6	Idealisierte, lineare, zeitinvariante Systeme	383
6.1	Einführung	383
6.2	Verzerrungsfreie Systeme	384
6.3	Impuls- und Sprungantworten idealisierter Systeme	386
6.3.1	Verzerrung des Betragsfrequenzganges	386
6.3.1.1	Idealisierter Tiefpaß	387
6.3.1.2	Allgemeine Systeme linearer Phase	391
6.3.1.3	Spezielle Verzerrungen des Betragsfrequenzganges	398

6.3.1.4	Impulsantwort von Bandpässen	405
6.3.2	Systeme mit Phasenverzerrung	409
6.3.2.1	Reine Phasenverzerrung	409
6.3.2.2	Tiefpässe mit Phasenverzerrung	411
6.3.3	Allgemeine Verfahren zur Berechnung des Zeitverhaltens von Systemen	414
6.4	Wechselschaltvorgänge	419
6.4.1	Allgemeine Zusammenhänge	419
6.4.2	Wechselschaltvorgänge in idealisierten Tiefpässen	423
6.4.3	Wechselschaltvorgänge im idealisierten Bandpaß	429
6.5	Kausale Systeme	434
6.5.1	Vorbemerkung	434
6.5.2	Beziehungen zwischen Real- und Imaginärteil des Frequenzganges eines kontinuierlichen Systems	437
6.5.3	Beziehungen zwischen Dämpfung und Phase	443
6.6	Literatur	448
7	Anhang	451
7.1	Einführung in die Distributionentheorie	451
7.1.1	Lokal integrierbare Funktionen	451
7.1.2	Die allgemeine Distribution	453
7.2	Fourierintegrale	457
7.2.1	Definition, Eigenschaften und Sätze	457
7.2.2	Fouriertransformation von Distributionen	458
7.3	Funktionentheorie	465
7.3.1	Holomorphe Funktionen	465
7.3.2	Potenzreihen	466
7.3.3	Integration	467
7.4	Z-Transformation	469
7.4.1	Definition und Eigenschaften	469
7.4.2	Die Rücktransformation	474
7.5	Signalflußgraphen	475
7.6	Literatur	478
Namen- und Sachverzeichnis		481