

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	11
2. Das Rückkopplungsprinzip in Natur und Technik	15
2.1. Wechselwirkung im Kleinen und im Großen	15
2.2. Wechselwirkung zwischen Systemen	22
2.3. Erscheinung der Selbstreferenz	28
2.3.1. Eindimensionale lineare Selbstreferenz	29
2.3.2. Mehrdimensionale lineare Selbstreferenz	30
2.3.3. Eindimensionale nichtlineare Selbstreferenz	31
2.3.4. Mehrdimensionale nichtlineare Selbstreferenz	38
2.3.5. Stochastische Selbstreferenz	39
2.4. Lineare Netze	41
2.5. Dynamische Selbstreferenz	42
2.6. Selbstreferenz im geschlossenen Regelkreis	48
3. Signaltheorie und ihre Nutzung für Regelungssysteme	52
3.1. Räumlich-zeitliche Signale	52
3.2. Signalkodierung und Signalsimulation auf dem PC	55
3.3. Signalgeneratoren	59
3.3.1. Regelungstechnische Signalklasse	59
3.3.2. Signalgenerator POTENZ $x(t)=Kt^k$	62
3.3.3. Signalgenerator EXPO $x(t)=Ke^{-\alpha t}$	64
3.3.4. Signalgenerator $x([at]) = K \cos(2\pi f_a t)$	65
3.3.5. Signalgenerator EVOLON: $dx/dt=GK x^{**}(B^w-x^w)^l$	68
3.4. Darstellung von Zeitsignalen im Frequenzbereich durch die Fourier-Laplace-Transformation	70
4. Lineare Regelungssysteme und Netzwerke	75
4.1. Das Gesetz der linearen Superposition	75
4.2. Beschreibung linearer zeitinvarianter Übertragungsglieder	82
4.2.1. Beschreibung von linearen Übertragungsgliedern mit konstanten Parametern mit Hilfe von Differentialgleichungen	82
4.2.2. Übertragungsoperator eines linearen Übertragungsgliedes mit konstanten Parametern nach der symbolischen Methode von Heaviside	87
4.2.3. Die Übertragungsfunktion von linearen Übertragungsgliedern mit konstanten Koeffizienten über die Laplace-Transformation	90

4.2.4. Die Frequenzgangmethode zur Verhaltensanalyse von linearen Systemen mit konstanten Koeffizienten	92
4.2.5. Methode der Beschreibung des Übertragungsverhaltens linearer Glieder mit konstanten Parametern durch die Übergangsfunktion $h(t)$ bzw. die Gewichtsfunktion $g(t)$	93
4.2.6. Darstellung des Übertragungsverhaltens linearer Systeme mit konstanten Parametern durch integrale Operatorreihen	95
4.3. Grundschaltungen lineare Netze	103
4.3.1. Reihenschaltung linearer Übertragungsglieder	104
4.3.2. Parallelschaltung linearer Übertragungsglieder	106
4.3.3. Rückführschaltung linearer Übertragungsglieder	107
5. Lineare Regelungssysteme	112
5.1. Lineare Basisglieder 1. Ordnung	112
5.1.1. PT₁-Glied / Proportionales Glied mit Verzögerung 1.Ordnung	113
5.1.2. Integrator	118
5.1.3. Differenzierer	119
5.2. Dynamik des Masse-Feder-Dämpfungssystems (MFD)	121
5.2.1. Das MFD-System als Modell	121
5.2.2. Der Dämpfungstyp des MFD-Systems	124
5.2.3. Der Schwingungstyp des MFD-Systems	129
5.3. Hyperkomplexe Zahlen bei MFD-Systemen	135
5.4. Die natürlichen Polarkoordinatensysteme des MFD-Systems	142
5.5. MFD-System mit Amplituden- und Frequenzmodulation	145
5.6. MFD-Anwendungen	147
5.6.1. Schwingungen einer eisbesetzten Freileitung	147
5.6.2. Kreisbewegung einer wärmestromgetriebenen Flüssigkeitsströmung in einem hohlwandigen Kreiszylinder	150
5.7. Hyperkomplexe Beschreibung der Kreiselkinetik	150
5.8. Dynamik eines PID-Reglers	156
5.9. Dynamik des Regelkreises mit PID-Regler am MFD-System	160
5.10. Hyperkomplex geregeltes MFD-System	168
6. Nichtlineare Regelungsprobleme	172
6.1. Statische nichtlineare Übertragungsglieder	172
6.2. Nichtlineare Regelungssysteme	176
6.3. Neue Konzeptionen für nichtlineare Regler	177

6.4. Neue Basisregler nach dem EVOLON-Konzept	184
6.4.1. Das EVOLON als Wachstumsmodell	184
6.4.2. Simulation des EVOLONS durch Phasenmodulation	187
6.4.2.1. Die Phasenmodulation der Kreisbewegung	187
6.4.2.2. Darstellung des EVOLONS als phasenmodulierte Kreisbewegung	188
6.4.3. EVOLON-Verhalten in einem nichtlinearen Folgesystem	189
6.4.4. Modifiziertes EVOLON-Konzept für den Regelkreis als Ganzes	191
6.4.5. Das EVOLON-Konzept für den Regler	193
6.5. Faktorregler als flexible Mikrorechnerregler	194
6.5.1. Gleichgewichtsverhalten und Stabilität von Faktorreglern	195
6.5.2. Ausgleichsregelung und Spieldynamikregelung	198
6.5.3. Anwendung der Faktorregler auf die Kreisdynamik	200
6.5.4. Zusammenhang der Faktorregelungen mit dem EVOLON	201
6.5.5. Fraktale bei der komplexen Variante des Faktorreglers	202
6.6. Konzeption für einen adaptiven Mikrorechnerregler	203
6.6.1. Eigenschaften klassischer Abtastrelaisregelkreise	203
6.6.2. Heuristische Grundlagen für einen adaptiven Abtastrelaisregler	206
6.6.3. Mögliche Anwendungsrichtungen für den adaptiven Mikrorechnerregler	208
6.6.3.1. Prinzip der Referenzsteuerung	208
6.6.3.2. Prinzip der Diagonalsteuerung	208
6.6.3.3. Festwertregelung für lineare Mehrfachregelsysteme	209
6.6.3.4. Festwertregelung für nichtlineare Lotka-Volterra-Systeme	209
6.6.3.5. Folgeregelungen für lineare Mehrgrößenregelsysteme bzw. Lotka-Volterra-Systeme	211
6.6.3.6. Parameteridentifikation in linearen und nichtlinearen Mehrgrößenregelsystemen	211
7. Anwendungen regelungstechnischer Methodiken	212
7.1. Überblick	212
7.2. Ein Decision-Support-System zur multikriteriellen Datenanalyse in der Regelungstechnik	214
7.3. Lokale Modelle und Simulation	219

7.3.1. Grundzüge einer diskreten Theorie der ratengekoppelten Systeme durch konsequente Anwendung der Zinseszinsrechnung	219
7.3.2. Beispiele für die Beschreibung bekannter kontinuierlicher Systeme durch ein entsprechendes Modell aus der Theorie der diskreten ratengekoppelten Systeme	222
7.3.2.1. Diskretes Räuber-Beute-Modell	222
7.3.2.2. Diskontinuierlicher Laser mit lichtintensitätsabhängiger Absorption	223
7.3.2.3. Diskretes Analogon des kontinuierlichen MFD-Systems	224
7.4. Chaos in Regelungssystemen	226
7.4.1. Eine Heuristik für die Erzeugung chaotischer Erscheinungen in dynamischen Systemen	226
7.4.2. Verallgemeinertes ebenes MFD-System als Hilfsmittel zur Installation chaotischer Erscheinungen	228
7.4.3. Chaospänomene	234
7.4.4. Physiologische Wirkungen chaotischer Prozesse	242
7.4.5. Überblick über elementarchaotische Erscheinungen bei der Kreisdynamik und der Regelung	245
7.4.6. Die mögliche Bedeutung chaotischer Erscheinungen bzw. des Bifurkationsverhaltens bei nichtlinearen Regelungsproblemen	249
7.4.7. Das Franksche Apfelmännchen	251
7.4.8. Kreisdynamik und chaotische Oszillationen bei organischen Pumpen	254
7.4.9. Morphologische Erscheinungen am Apfelmännchen in Analogie zu biologischen morphologischen Erscheinungen	259
8. Aufgaben	263
8.1. Systemphilosophie (SPHIL)	263
8.2. Systemanalyse (SA) 6	266
8.3. Identifikation (IDENT)	275
8.4. Simulation (SIM)	279
8.5. Regler (REG)	283
8.6. Regelungsstrukturen (RSTRU)	286
8.7. Chaos (CHAOS)	288
8.8. Projekte (PRO)	291
9. Literaturverzeichnis	295
10. Sachwörterverzeichnis	299