

# Inhalt

Häufig gebrauchte Bezeichnungen . . . . .	9
Vorwort . . . . .	15
<b>1. Einführung</b>	
1.1 Simulation und ihre Bedeutung . . . . .	19
1.2 Beschreibung des zu simulierenden Systems . . . . .	20
1.3 Mittel der Simulation, insbesondere Analog- und Digitalrechner . . . . .	23
1.31 Übersicht über die verschiedenen Mittel der Simulation . . .	23
1.32 Prinzipielle Wirkungsweise des Analogrechners und des digitalen Simulators . . . . .	25
1.33 Standard-Blöcke des analogen und digitalen Simulators . . .	26
1.34 Beispiel einer Simulation . . . . .	29
1.35 Vergleich: Analogrechner und digitaler Simulator . . . . .	34
1.4 Probleme und Lösungswege der digitalen Simulation . . . . .	38
1.41 Numerische Integration . . . . .	38
1.42 Allgemeine Fragen der digitalen Simulation . . . . .	39
1.43 Digitale Simulationssysteme . . . . .	41
<b>2. Verfahren der numerischen Integration</b>	
2.1 Einführung . . . . .	45
2.11 Problemstellung . . . . .	45
2.12 Verschiedene Verfahren der numerischen Integration . . . .	48
2.121 Runge-Kutta-Verfahren . . . . .	48
2.122 Prediktor-Korrektor-Verfahren . . . . .	51
2.13 Darstellung der Integrationsformeln als Laufzeitsysteme . .	53
2.131 Runge-Kutta-Verfahren . . . . .	54
2.132 Prediktor-Korrektor-Verfahren . . . . .	56
2.133 Allgemeines zum Näherungssystem . . . . .	59

---

2.14	Kennzeichnende Eigenschaften eines numerischen Integrationsverfahrens . . . . .	62
2.141	Integrationsfehler . . . . .	64
2.142	Numerische Stabilität . . . . .	82
2.15	Anwendung einer Integrationsformel auf ein System von Differentialgleichungen . . . . .	91
2.16	Flußbilder für Runge-Kutta- und Prediktor-Korrektor-Verfahren . . . . .	96
2.2	Runge-Kutta-Verfahren . . . . .	100
2.21	Standard-Runge-Kutta-Verfahren 4. Ordnung . . . . .	101
2.211	Die RK4-Formel . . . . .	101
2.212	Der Abbrechfehler des RK4-Verfahrens . . . . .	105
2.213	Numerische Stabilität des RK4-Verfahrens . . . . .	119
2.214	Frequenzgang . . . . .	121
2.22	Runge-Kutta-Merson-Verfahren . . . . .	136
2.221	Die RKM4-Formel . . . . .	138
2.222	Der Abbrechfehler des RKM4-Verfahrens . . . . .	140
2.223	Numerische Stabilität des RKM4-Verfahrens . . . . .	146
2.3	Prediktor-Korrektor-Verfahren . . . . .	147
2.31	Die einzelne Mehrschrittformel . . . . .	148
2.310	Darstellung der Mehrschrittformel als Laufzeitsystem . . . . .	148
2.311	Abbrechfehler . . . . .	151
2.312	Numerische Stabilität . . . . .	160
2.32	Kombination von Prediktor- und Korrektorformel . . . . .	178
2.321	Verschiedene Arten der Kombination . . . . .	178
2.322	Abbrechfehler . . . . .	180
2.323	Numerische Stabilität . . . . .	199
2.33	Start eines Mehrschrittverfahrens und dessen Verhalten an Unstetigkeitsstellen . . . . .	208
2.331	Start eines Mehrschrittverfahrens . . . . .	208
2.332	Verhalten an Unstetigkeitsstellen . . . . .	210
2.333	Sonderfall der Trapezregel . . . . .	214
3.	<b>Allgemeine Fragen zur digitalen Simulation</b>	
3.1	Probleme der schrittweisen Lösung . . . . .	217
3.11	Numerische Stabilität . . . . .	217
3.12	Nichtreguläre Zeitverläufe . . . . .	221
3.121	Sprung im Schrittzeitpunkt . . . . .	222
3.122	Sprung innerhalb eines Schrittes . . . . .	225

3. 2	Probleme der blockweisen Programmierung . . . . .	226
3. 21	Rechenfolge . . . . .	226
3. 211	Kennzeichnung des Problems . . . . .	227
3. 212	Prinzip des Baumsortierverfahrens . . . . .	228
3. 213	Sonderfragen der Rechenfolge . . . . .	232
3. 22	Algebraische Schleifen . . . . .	234
3. 221	Kennzeichnung des Problems . . . . .	235
3. 222	Verschiedene Verfahren der Behandlung algebraischer Schleifen . . . . .	236
3. 3	Blockarten . . . . .	245
3. 31	Allgemeines . . . . .	246
3. 311	Blockarten und Standard-Funktionen . . . . .	246
3. 312	" Analoge " und " logische " Systemgrößen . . . . .	247
3. 313	Blöcke mit Schaltverhalten . . . . .	248
3. 314	Einteilung der Blockarten . . . . .	248
3. 32	Zweckmäßige Blockarten . . . . .	249
3. 321	Analoge Übertragungsglieder . . . . .	249
3. 322	Digitale Übertragungsglieder . . . . .	264
3. 323	Quellglieder . . . . .	266
<b>4. Digitale Simulationssysteme</b>		
4. 1	Einführung . . . . .	268
4. 2	Simulationssprachen . . . . .	269
4. 21	Verschiedene Stufen von <b>Rechnersprachen</b> . . . . .	270
4. 22	Struktur und Elemente der Simulationssprachen . . . . .	272
4. 220	Einige Begriffe . . . . .	273
4. 221	Strukturaussagen . . . . .	273
4. 222	Parameteraussagen . . . . .	288
4. 223	Bearbeitungsaussagen . . . . .	289
4. 23	Übersicht bekannter Simulationssprachen . . . . .	294
4. 231	Strukturaussagen . . . . .	296
4. 232	Parameteraussagen . . . . .	306
4. 233	Bearbeitungsaussagen . . . . .	306
4. 3	Lösungsverfahren . . . . .	307
4. 31	Sortierung . . . . .	307
4. 32	Integrationsverfahren . . . . .	308
4. 321	Allgemeine Gesichtspunkte zur Wahl eines Integrationsverfahrens . . . . .	309

---

4.322	Die in verschiedenen Simulationssystemen benutzten Integrationsverfahren . . . . .	316
4.4	Programmsysteme . . . . .	321
4.41	Interpretierendes System . . . . .	322
4.42	DMP-System . . . . .	324
4.43	"Compiler"-System . . . . .	324
4.44	"Translator"-System . . . . .	325
4.5	Simulationssysteme mit engeren Mensch-Maschine-Beziehungen . . . . .	325
4.51	Die beiden Arten der Ausführung einer digitalen Simulation . . . . .	326
4.52	Mittel der Kommunikation zwischen Mensch und Rechenmaschine . . . . .	327
4.53	Übersicht über einige B-Modus-Simulationssysteme . . . . .	328
4.54	Einige Einzelheiten des graphischen CSMP 1130 . . . . .	332
<b>5.</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b>	
5.1	Beispiel 1: Drehzahlregelung eines pulsstromrichter gespeisten Gleichstrommotors . . . . .	338
5.2	Beispiel 2: Einschalten einer Drehstromdrossel . . . . .	345
5.3	Beispiel 3: Zwei-phasiger Einweg-Gleichrichter . . . . .	354
5.4	Beispiel 4: pn-Übergang im Halbleiter . . . . .	360
5.5	Beispiel 5: Isotherme chemische Reaktion 2. Ordnung . . . . .	366
5.6	Beispiel 6: Kontinuierliche chemische Reaktion in einem Rohrreaktor	369
	Anhang . . . . .	377
	Literaturverzeichnis . . . . .	381
	Sachverzeichnis . . . . .	405