

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1: Grundlagen der Bonddiagramme

1.1. Eigenschaften von Darstellungsarten technischer Systeme	1
1.2. Bonddiagramme, eine sehr allgemeine Darstellungsart technischer Systeme	2
1.2.1. Symbolismus der Bonddiagramme	2
1.2.2. Ein- und Multiporte	3
1.2.3. Vervollständigung von Bonddiagrammen	7
1.3. Vereinfachung von Bonddiagrammen	8

Kapitel 2: Systemmodelle

2.1. Bonddiagramme und Algebra der Strukturzahlen	12
2.2. Das mengentheoretische System als allgemeines Systemmodell	13
2.2.1. Der topologische Raum	13
2.2.2. Die Strukturrelation R	14
2.2.3. Verschiedene Arten der Definition einer Relation R	17
2.2.3.1. Liste und Graph einer binären Relation R	17
2.2.3.2. Charakteristische Funktion des Graphen einer binären Relation R	18
2.2.3.3. Relationsmatrix einer binären Relation R	19
2.2.3.4. Äquivalenzrelation ρ_C in der Menge der Elemente der Relationsmatrix von R	23

2.2.3.5. Äquivalenzrelation ρ_I in der Menge der Indexpaare der Relationsmatrix von R	27
2.2.3.6. Anwendungen der Äquivalenzrelationen ρ_C und ρ_I	32
2.2.4. Strukturrelation R und abstraktes System	39
2.3. Das topologische Systemmodell	46
2.3.1. Der Begriff des eindimensionalen Simplexes	46
2.3.2. Das topologische System $\Gamma(R)$	49
2.3.3. Das orientierte topologische System $\vec{\Gamma}(R)$	52
2.3.4. Struktur des topologischen Systems	53
2.3.5. Das determinierte System	56
2.4. Das konkrete Systemmodell	60

Kapitel 3: Grundbegriffe der Strukturzahlentheorie

3.1. Zerlegung eines topologischen Systems	67
3.2. Die Strukturzahl und ihr geometrisches Bild	68
3.3. Algebra der Strukturzahlen	73
3.3.1. Die Operationen der Addition und Multiplikation ..	75
3.3.2. Ring der konstantzeiligen Strukturzahlen	78
3.4. Die komplementäre Strukturzahl und ihr geometrisches Cobild	80
3.5. Bestimmung der Strukturzahl eines zusammen- hängenden topologischen Systems	83
3.5.1. Unabhängige Zyklen und Fasern eines Systems	83
3.5.2. Ähnlichkeitsklassen topologischer Systeme und Systemsynthese; Beziehungen zur Graphentheorie	89
3.5.3. Berechnung der Strukturzahl eines gegebenen topologischen Systems	92
3.6. Die Determinantenfunktion	94
3.7. Algebraische Ableitung, algebraische Coableitung und Konjunktion	96

3.7.1. Die algebraische Ableitung einer Strukturzahl ..	96
3.7.2. Die algebraische Coableitung einer Strukturzahl; Konjunktion zweier Strukturzahlen	99
3.8. Die Gleichzeitigkeitsfunktion	102
3.8.1. Gemeinsame Zyklen der Ein- und Ausgangszweige eines topologischen Systems S	102
3.8.2. Relative Orientierung der Ein- und Ausgangszweige in gemeinsamen Zyklen des topologischen Systems	114
3.8.3. Die Funktion der Gleichzeitigkeit	122

Kapitel 4: Entwurf einer Theorie der Strukturzahlen für Bonddiagramme

4.1. Leistungsvariablen	125
4.1.1. Verallgemeinerte Leistungsvariablen	125
4.1.2. Energieflussrichtungen in Bonddiagrammen	126
4.1.3. Kausalitäten von Quellenelementen	127
4.1.4. Konstitutive Beziehungen und Kausalitäten passiver Elemente	127
4.1.5. Konstitutive Beziehungen und Kausalitäten von Uebertragerelementen	129
4.1.6. Konstitutive Beziehungen und Kausalitäten von Verknüpfungen	131
4.2. Gebietsspezifische Leistungsvariablen	133
4.3. Impedanzen und Admittanzen als Bindeglieder zwischen der Strukturzahlentheorie und den Bonddiagrammen	134
4.3.1. Gebietsspezifische passive Elemente	137
4.3.2. Uebertragerelemente: Impedanztransformation und gebietsspezifische Uebersetzungsverhältnisse..	139
4.4. Analyse passiver Systeme mit der Methode der Strukturzahlen	143
4.4.1. Charakteristische Beziehungen für Bonddiagramme ..	143

4.4.2. Drittes Kirchhoffsches Gesetz und Struktur-	
zahlen	145
4.4.3. Einflüsse der idealen Quellenelemente der	
Bonddiagramme auf die Methode der Struktur-	
zahlen	150
4.5. Bestimmung der Strukturzahl eines Bonddiagramms ..	153
4.5.1. Kodierung eines Bonddiagramms	154
4.5.2. Numerierung der Bindungen des Bonddiagramms	155
4.5.3. Das durch das Bonddiagramm definierte	
topologische System	155
4.5.4. Determinierende Funktion und Bonddiagramm	160
4.5.5. Die Menge der Bindungssimplexe	162
4.5.6. Orientierung der Struktur des konkreten	
Systemmodells	168
4.5.7. Bonddiagramm und abstraktes System	177
4.5.8. Entsprechungen zwischen der klassischen	
Netzwerktopologie und Bonddiagrammen	181
4.5.9. Fundamentalbeziehung der Intravariablen	183
4.5.10. Die durch die Fundamentalbeziehung	
bestimmten Ketten in Γ_B	184
4.5.11. Kettenbildungsregeln; Reduktionsfaktoren	185
4.5.12. Hauptverbindungen, Hauptknoten und	
Kettenbildungsregeln KR_i	188
4.5.13. Bestimmung der Primzahlen P_i	191

Kapitel 5: Anwendungsbeispiele

5.1. Bonddiagramme, Zustandsvariablen und Struktur-	
zahlen	202
5.2. Methode der Zustandsvariablen für Bonddiagramme ..	204
5.2.1. Regeln zur Bestimmung der Kausalitäten eines	
Bonddiagramms	204
5.2.2. Wahl der Variablen	204

5.2.3. Formulierung der Systemgleichungen	205
5.3. Der Uebertragungsoperator $G(D)$	209
5.4. Aufbau von Bonddiagrammen	210
5.4.1. Aufbauregeln B_{Ri}	210
5.4.2. Vereinfachungsregeln V_{Ri}	211
5.5. Ein elektrisches Netzwerk: die Brückenschaltung ..	211
5.5.1. Das gegebene System	211
5.5.2. Orientiertes akausales Bonddiagramm	212
5.5.3. Vereinfachtes Bonddiagramm	212
5.5.4. Kodierung des Bonddiagramms	214
5.5.5. Bestimmung von Primzahlen	214
B1. Feld der Strukturrelation R , konkretisierende Funktion f_{ω} , topologisches System S	214
B2. Ecken der Uebertrager Elemente, der Verknüpfungen, des Inneren und der Grenze des Systems	215
B3. Relationsmatrizen (a_{ij}) und $(\hat{a}_{ij})$ der Ecken und eindimensionalen Simplexe	215
B4. Mengen S_B der Bindungssimplexe und S_{VB} der Verbindungssimplexe	217
B5. Determinierende Funktion f	218
B6. Zweiermengen der Ecken der eindimensionalen Simplexe	218
B7. Orientierung des Eingangszweiges	219
B8. Orientierung der Bindungssimplexe	219
B9. Orientierung der Verbindungssimplexe	220
B10. Orientiertes topologisches System	222
B11. Abstraktes System	223
B12. Erste Primzahl P_1	225
B13. Zweite Primzahl P_2	230

B14. Dritte Primzahl P_3	233
5.5.6. Bestimmung der Strukturzahl und der komplexen Strukturzahl	235
5.5.7. Definition der strukturellen Ein- und Ausgangseinheiten sowie des gesuchten Uebertragungs-Verhältnisses und -Operators	236
5.5.8. Algebraische Ableitungen und Coableitungen; Konjunktion der Gleichzeitigkeitsfunktion	238
5.5.9. Vorzeichen der Gleichzeitigkeitsfunktion	239
5.5.10. Berechnung des Uebertragungsoperators $G(D)$ und des gesuchten Uebersetzungsverhältnisses	242
5.6. Translationsmechanisches System: Vereinfachtes Modell eines Auto-Aufhängungssystems	243
5.6.1. Das gegebene System	243
5.6.2. Orientiertes akausales Bonddiagramm	244
5.6.3. Vereinfachtes Bonddiagramm	245
5.6.4. Kodierung des Bonddiagramms und Bestimmung der Primzahlen; Inspektionsregeln IRI	247
5.6.5. Berechnung des Uebertragungsoperators $G(D)$ und des gesuchten Uebertragungsverhältnisses ...	250
5.7. Ein rotationsmechanisches System	254
5.7.1. Einleitung	254
5.7.2. Das gegebene System	254
5.7.3. Orientiertes akausales Bonddiagramm	255
5.7.4. Primzahlen und Strukturzahl A des Bonddiagramms ..	256
5.7.5. Berechnung des Uebertragungsoperators $G(D)$ und des gesuchten Uebertragungsverhältnisses	258
5.7.6. Bestimmung des gesuchten Uebertragungsverhältnisses mit Hilfe der Methode der Zustandsvariablen für Bonddiagramme	260
5.7.6.1. Kausales Bonddiagramm und explizite Leistungsvariablen	260
5.7.6.2. Berechnung des Uebertragungsverhältnisses	262

5.8. Hydraulisches System mit inkompressibler Flüssigkeit	265
5.8.1. Das gegebene System	265
5.8.2. Orientiertes akausales Bonddiagramm	266
5.8.3. Berechnung des Uebertragungsverhältnisses mit der Methode der Strukturzahlen	266
5.8.4. Berechnung des Uebertragungsverhältnisses mit der Methode der Zustandsvariablen	268
5.9. Ein elektromechanisches System: Elektromotor mit Getriebe und Last	273
5.9.1. Das gegebene System	273
5.9.2. Orientiertes akausales Bonddiagramm	274
5.9.3. Berechnung des gesuchten Uebertragungsverhältnisses mit der Methode der Strukturzahlen	274
 <u>Kapitel 6: Interaktive Systemanalyse mit dem Computer</u>	
6.1. Computerprogramme zur Bestimmung der Primzahlen und der Strukturzahl A	278
6.2. Programme zur Bestimmung der Systemantwort bei gegebenem Eingangssignal	281
Literaturverzeichnis	282
Sachverzeichnis	285