

Dipl.-Ing. Henrik Richter, Dresden

# **Qualitative Modellierung, Simulation und operative Steuerung dynamischer Systeme**

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-  
und Regelungstechnik

Nr. **610**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Prozeßführung mit qualitativen Methoden</b>	<b>1</b>
1.1	Einführung . . . . .	1
1.2	Zielstellung . . . . .	1
1.3	Stand der Forschung . . . . .	10
1.4	Hauptergebnisse der Arbeit . . . . .	15
<b>2</b>	<b>Grundbegriffe der qualitativen Modellierung</b>	<b>22</b>
2.1	Qualitative Größen . . . . .	22
2.2	Partitionierung . . . . .	22
2.3	Quantisierung . . . . .	24
2.4	Zeittaktung . . . . .	25
2.5	Dequantisierung . . . . .	26
2.6	Kodierung qualitativer Eingänge und Zustände . . . . .	27
2.7	Zusammenfassung . . . . .	28
<b>3</b>	<b>Grundlagen des Petri-Netz-Konzeptes</b>	<b>30</b>
3.1	Definition und Begriffe . . . . .	30
3.2	Suche von Wegen in gerichteten Graphen . . . . .	33
3.3	Klassischer Steuerungsentwurf mit Petri-Netzen . . . . .	34
<b>4</b>	<b>Qualitative Modellierung kontinuierlicher dynamischer Systeme durch Petri- Netze</b>	<b>37</b>
4.1	Zielstellung und Überblick über das Modellierungskonzept . . . . .	37
4.2	Interpretation der Netzelemente . . . . .	39
4.3	Modellbildung auf der Basis eines Differentialgleichungssystems . . . . .	42
4.4	Empirische Modellbildung . . . . .	47
4.5	Bestimmung von Parametern für lineare Differentialgleichungssysteme . . . . .	49
4.6	Simulation des qualitativen Systemverhaltens . . . . .	52
4.6.1	Off-line-Simulation . . . . .	52
4.6.2	Prozeßbegleitende Simulation . . . . .	56
4.7	Rekonstruktion qualitativer Zustände . . . . .	57
4.8	Aussagen auf graphentheoretischer Basis . . . . .	59
<b>5</b>	<b>Operative Steuerung auf der Basis des qualitativen Modells</b>	<b>62</b>
5.1	Zielstellung und Übersicht über das Vorgehen . . . . .	62
5.2	Bestimmung eines kürzesten Weges . . . . .	62
5.3	Bestimmung von Steuerfolgen . . . . .	64
5.4	Korrektur der Steuerfolge . . . . .	68

---

<b>6</b>	<b>Hybride Modellierung durch ein Drei-Ebenen-Modell</b>	<b>72</b>
6.1	Zielstellung . . . . .	72
6.2	Struktur des Modells . . . . .	72
6.2.1	Kopplung des Petri-Netzes mit quantitativen Modellkomponenten . . .	72
6.2.2	Erweiterte qualitative Beschreibung . . . . .	75
6.2.3	Wechselwirkungen zwischen den Modellebenen . . . . .	78
6.2.4	Definition des Drei-Ebenen-Modells . . . . .	80
6.3	Simulation des Systemverhaltens . . . . .	81
6.3.1	Ziel und Ablauf der Simulation . . . . .	81
6.3.2	Ergebnis der Simulation . . . . .	85
6.4	Beispiele für die Modellierung mit dem Drei-Ebenen-Modell . . . . .	88
6.4.1	Raibert's Hopper: Hybrides Modell für ein kontinuierliches System . . .	88
6.4.2	Stellkolben: Hybrides Modell mit Eingangsgrößen . . . . .	92
<b>7</b>	<b>Das Drei-Ebenen-Modell als Beschreibungsform für die Steuereinrichtung</b>	<b>97</b>
7.1	Zielstellung . . . . .	97
7.2	Anwendungsbeispiel: Wasserversorgungssystem . . . . .	98
<b>8</b>	<b>Beratungssystem für den Anfahrvorgang des Rossendorfer Forschungsreaktors</b>	<b>101</b>
8.1	Zielstellung des Beratungssystems . . . . .	101
8.2	Struktur des Beratungssystems . . . . .	102
8.3	Modellbildung für das Beratungssystem . . . . .	103
8.4	Ablauf der Beratung . . . . .	110
8.5	Bewertung der Ergebnisse . . . . .	112
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>116</b>
<b>A</b>	<b>Übersicht über die qualitativen Werte am Tanksystem</b>	<b>117</b>
	<b>Literatur</b>	<b>119</b>