

## **Inhaltsverzeichnis**

|                                                                                                                   |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen</b>                                                                  | <b>VIII</b> |
| <b>1 Einleitung</b>                                                                                               | <b>1</b>    |
| <b>2 Bekannte Verfahren zur Identifikation nichtlinearer Systeme</b>                                              | <b>3</b>    |
| <b>3 Ziele und Gegenstand der vorliegenden Arbeit</b>                                                             | <b>6</b>    |
| <b>4 Das Modell der selbstorganisierenden Karten als neuronales Netz zur Identifikation nichtlinearer Systeme</b> |             |
| 4.1 Neuronale Netze                                                                                               | 8           |
| 4.2 Selbstorganisierende Karten                                                                                   | 9           |
| 4.3 Karten lokaler linearer Abbildung                                                                             | 14          |
| 4.4 Nachteile neuronaler Netze beim Einsatz zur Systemanalyse - eine alternative Herangehensweise                 | 15          |
| <b>5 Partielle Regression zur Identifikation nichtlinearer Systeme</b>                                            |             |
| 5.1 Zellen lokaler linearer Modelle                                                                               | 17          |
| 5.2 Adaption der lokalen Modelle und der Phasengrenzen                                                            | 22          |
| <b>6 Verfahren zur Adaption der Phasengrenzen</b>                                                                 |             |
| 6.1 Rekursive gewichtete Regression mit variablem Regressanden                                                    | 30          |
| 6.2 Direkte gewichtete Regression mit variablem Regressanden                                                      | 38          |
| 6.3 Eine empirische Methode                                                                                       | 40          |
| 6.4 Vergleich der empirischen Methode mit den Regressionsmethoden                                                 | 42          |
| <b>7 Simulative Untersuchung der Verfahren zur Phasengrenzenadaption</b>                                          |             |
| 7.1 Partielle Regression mit unbeweglichen Phasengrenzen                                                          | 45          |
| 7.2 Rekursive gewichtete Regression mit variablem Regressanden                                                    | 48          |
| 7.3 Direkte gewichtete Regression mit variablem Regressanden                                                      | 50          |
| 7.4 Empirische Methode zur Adaption der Phasengrenzen                                                             | 52          |

|           |                                                                                                                    |     |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>8</b>  | <b>Erweiterung des Zellenverfahrens durch die Möglichkeit der Zellteilung</b>                                      |     |
| 8.1       | Die Entwicklung eines Zellenkomplexes durch Zellteilung                                                            | 55  |
| 8.2       | Auslösung von Zellteilungen                                                                                        | 61  |
| 8.3       | Durchführung von Zellteilungen                                                                                     | 62  |
| 8.4       | Entwicklung der äußeren Gestalt eines Zellenkomplexes durch Zellteilung - simulative Untersuchung                  | 64  |
| 8.5       | Alter und Lernfähigkeit von Zellen verschiedener Generation                                                        | 67  |
| 8.6       | Korrektur der Präzisionsmatrizen und der Werte $s_{F,i}$ und $S_{N,i}$ bei Zellteilungsvorgängen                   | 70  |
| 8.7       | Entwicklung der Struktur eines Zellenkomplexes - Simulationsergebnisse                                             | 72  |
| <b>9</b>  | <b>Möglichkeiten zur Verbesserung der Entwicklung des Zellenkomplexes</b>                                          |     |
| 9.1       | Überlegungen zur Topologieentwicklung durch Zellteilungsvorgänge                                                   | 75  |
| 9.2       | Verbesserung der Morphologie der Zellen                                                                            | 76  |
| 9.3       | Simulationsergebnisse bei Anwendung der Topologiesteuerung und Morphologiebeeinflussung                            | 79  |
| <b>10</b> | <b>Das Zellenverfahren zur Identifikation gestörter Systeme</b>                                                    |     |
| 10.1      | Probleme mit der Adaption der Phasengrenzen bei der Identifikation gestörter Systeme                               | 82  |
| 10.2      | Die Kontraktionsmethode - ein Verfahren zur Phasengrenzen-adaption bei der Identifikation gestörter Systeme        | 84  |
| 10.3      | Anwendung der Kontraktionsmethode - Simulationsergebnisse                                                          | 92  |
| 10.4      | Einstellung der Leitfunktion bei der Identifikation gestörter Systeme                                              | 94  |
| 10.5      | Einstellung der Teilungsrate bei der Identifikation gestörter Systeme                                              | 109 |
| <b>11</b> | <b>Erprobung der ermittelten Einstellregeln an dem System <math>y=u_1 \cdot u_2</math> - Simulationsergebnisse</b> | 111 |

|                                                                                                                                                                                                                                                     |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>12 Vergleich der vier Methoden zur Adaption der Phasengrenzen</b>                                                                                                                                                                                | <b>123</b> |
| <b>13 Weiterführende Überlegungen</b>                                                                                                                                                                                                               |            |
| 13.1 Mehrfachverwendung von Prozeßdaten                                                                                                                                                                                                             | 125        |
| 13.2 Identifikation von Systemen mit mehreren Ausgangsgrößen                                                                                                                                                                                        | 127        |
| 13.3 Vorschlag zum Einsatz des Zellenmodells in selbstanpassenden<br>Prädiktivreglern für nichtlineare Systeme                                                                                                                                      | 128        |
| <b>14 Vorzüge des Zellenverfahrens gegenüber herkömmlichen Methoden<br/>zur experimentellen Identifikation nichtlinearer Systeme</b>                                                                                                                | <b>136</b> |
| <b>15 Zusammenfassung</b>                                                                                                                                                                                                                           | <b>138</b> |
| <b>16 Summary</b>                                                                                                                                                                                                                                   | <b>140</b> |
| <b>17 Anhang</b>                                                                                                                                                                                                                                    |            |
| Anhang 1: Bildung des Fehlerintegrals nach Gleichung (6.47)                                                                                                                                                                                         | 142        |
| Anhang 2: Feststellung, ob ein Punkt $\mathbf{u}$ innerhalb eines Raumwinkels liegt                                                                                                                                                                 | 144        |
| Anhang 3: Einfluß der Anzahl der verarbeiteten Versuchspunkte<br>und der Art der Gewichtung auf den Erwartungswert der<br>Präzisionsmatrix                                                                                                          | 145        |
| Anhang 4: Nachweis, daß für gleichverteilte Versuchspunkte gilt<br>$E\{\mathbf{e}^{(i)} \mathbf{u}\} = \mathbf{0}$                                                                                                                                  | 148        |
| Anhang 5: Einfluß der Anzahl der verarbeiteten Versuchspunkte<br>und der Art der Gewichtung auf $E\{\mathbf{U}^T \mathbf{e}^{(i)}\}$                                                                                                                | 150        |
| Anhang 6: Einfluß der Anzahl der verarbeiteten Versuchspunkte<br>und der Art der Gewichtung auf die Erwartungswerte<br>$E\{\mathbf{U}^T \mathbf{e}^{(i)} \mathbf{e}^{(i)T} \mathbf{U}\}$ und $E\{\mathbf{U}^T \mathbf{s} \mathbf{s}^T \mathbf{U}\}$ | 151        |
| <b>18 Literaturverzeichnis</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>154</b> |