

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Neuronale Netze zur Modellierung von Trinkwasseraufbereitungsanlagen | 1 |
| 1.2 | Problemstellung und Zielsetzung | 4 |
| 2 | Stand der Technik | 7 |
| 2.1 | Neuronale Netze | 7 |
| 2.1.1 | Entstehung und Anwendung | 7 |
| 2.1.2 | Aufbau und Eigenschaften | 9 |
| 2.1.3 | Der Backpropagation-Algorithmus | 16 |
| 2.2 | Der Flockungsprozess und seine Modellierung mit neuronalen Netzen | 22 |
| 2.2.1 | Die Bedeutung der Flockung in der Trinkwasseraufbereitung | 22 |
| 2.2.2 | Mechanismen der Flockung | 23 |
| 2.2.3 | Die Kinetik der Flockung | 28 |
| 2.2.4 | Einflussfaktoren auf den Flockungsprozess | 29 |
| 2.2.5 | Modellierung von Flockungsprozessen | 36 |
| 3 | Modellierung eines Flockungsprozesses | 42 |
| 3.1 | Vorgehen bei der Modellierung | 43 |
| 3.2 | Datenakquise und Aufbereitung der Datenbasis | 45 |
| 3.2.1 | Beschreibung des Wasserwerks | 45 |
| 3.2.2 | Festlegung der Modellgrenzen | 48 |
| 3.2.3 | Auswahl der Modellierungsparameter und -zeiträume | 51 |
| 3.2.4 | Analyse des Verweilzeitverhaltens | 55 |
| 3.2.5 | Umgang mit Zeitverhalten | 59 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.3 | Trübungsmodellierung | 60 |
| 3.3.1 | Prüfung der Modellierbarkeit und Vergleich der Verweilzeitmodelle | 63 |
| 3.3.2 | Einfluss von Zeitverhalten | 64 |
| 3.3.3 | Vergleich verschiedener Modellierungsansätze | 66 |
| 3.3.4 | Prüfung des Einflusses des pH-Werts nach Flockungsmitteldosierung | 69 |
| 3.3.5 | Reduktion der Eingangsgrößen | 72 |
| 3.3.6 | Spezialistenmodell | 78 |
| 3.3.7 | Vergleich des neuronalen Netzes mit Regressionsmodellen | 81 |
| 3.4 | Partikelzahlmodellierung | 83 |
| 4 | Optimierung des Flockungsprozesses | 86 |
| 4.1 | Optimierungsansätze | 86 |
| 4.2 | Umsetzung der Optimierungsansätze im Wasserwerk Obermaubach | 87 |
| 4.3 | Kostenfunktion | 90 |
| 4.4 | Bestimmung der optimalen Flockungsmittelkonzentrationen für die Optimierungsansätze im Vergleich | 97 |
| 4.5 | Abschätzung des Optimierungspotentials | 99 |
| 4.6 | Umsetzung im Online Betrieb | 103 |
| 5 | Evaluierung von Zusammenhängen | 111 |
| 5.1 | Einfluss einer Mittelwertbildung | 111 |
| 5.2 | Vergleich der Talsperrenwässer untereinander | 114 |
| 6 | Potentiale neuronaler Netze in der Trinkwasseraufbereitung | 124 |
| 7 | Zusammenfassung | 133 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 8 | Anhang | 136 |
| 8.1 | Zu neuronalen Netzen | 136 |
| 8.1.1 | Beschreibung der Vorgehensweise bei der Modellierung unter Berücksichtigung der Software NeuroModel | 136 |
| 8.1.2 | Radiale-Basisfunktionen Netze | 161 |
| 8.1.3 | Self organizing Maps | 163 |
| 8.1.4 | Optimierung von Prozessen auf Basis neuronaler Netze mit Hilfe Genetischer Algorithmen | 165 |
| 8.1.5 | Bestimmung des Optimierungspotentials | 166 |
| 8.2 | Zum modellierten Wasseraufbereitungsprozess | 170 |
| 8.2.1 | Beschreibung des Wasserwerks Obermaubach | 170 |
| 8.2.2 | Messgeräte | 176 |
| 8.2.3 | Modellierte Zeiträume | 177 |
| 8.3 | Glossar | 178 |
| 9 | Abkürzungsverzeichnis | 182 |
| 10 | Literatur | 188 |