Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen, Indizes und Abkürzungen xi

1 Einleitung 1

1.1 Kraftwerksbetrieb und Instandhaltung 1

1.2 Stand der Technik 3

1.3 Ziel und Aufbau der Arbeit 4

2 Methodik 7

2.1 Gütegradformulierung 7

2.1.1 Definition 7

2.1.2 Physikalische Modelle 9

2.1.3 Empirische Modelle 10

2.1.4 Semi-empirische Modelle 10

2.2 Verfahrensablauf 11

2.2.1 Prozessanalyse und Gütegraddefinition 13

2.2.2 Datenanalyse und Modellbildung 15

2.2.3 Gütegradberechnung und Visualisierung 19

2.2.4 Bestimmung des optimalen Instandhaltungszeitpunktes 22

3 Nichtverfügbarkeitsanalyse 27

3.1 Verfügbarkeit und Nichtverfügbarkeit 27

3.2 Identifikation der Verursacher von Nichtverfügbarkeiten 30

3.3 Auswertung repräsentativer Verfügbarkeitsdaten 31

4 Zustandskenngrößen 35

4.1 Wärmeübertrager 35

4.1.1 Auswirkungen von Verschmutzungen und Schäden 35

4.1.2 Direkt berechnete Kenngrößen 37

4.1.3 Wärme- und strömungstechnische Zustandskenngrößen 39

4.2 Dampfturbinen 43

4.2.1 Ursachen und Auswirkungen von Zustandsverschlechterungen 45

4.2.2 Thermodynamische Zustandskenngrößen 46

4.2.3 Schwingungstechnische Zustandskenngrößen 50

4.3 Pumpen 51

4.4 Gebläse 54

5 Datenanalyse und Informationsverdichtung 59

5.1 Anforderungen 59

5.2 Empirische Korrelationsanalyse ... 60
5.3 Clusteranalyse ... 63
5.3.1 Hierarchische Verfahren ... 63
5.3.2 Partitionierende Verfahren ... 66

6 Künstliche Neuronale Netze ... 69
6.1 Grundlagen und Anwendung ... 69
6.1.1 Aufbau künstlicher Neuronaler Netze ... 69
6.1.2 Anwendungsgebiete ... 71
6.2 Mehrschichtige Perzeptren (Multi-Layer-Perceptrons) ... 72
6.2.1 Konfiguration und Topologie ... 73
6.2.2 Training und Validierung ... 74

7 Anwendungsbeispiele ... 77
7.1 Heizkraftwerk Wedel ... 77
7.2 Wasser-/dampfseitiges Fouling im Dampferzeuger ... 79
7.2.1 Prozessanalyse und Gütegraddefinition ... 83
7.2.2 Datenanalyse ... 88
7.2.3 Sensitivitätsanalyse und Referenzwertmodell ... 93
7.2.4 Gütegradverlauf ... 97
7.2.5 Optimaler Instandhaltungszeitpunkt ... 100
7.3 Zustandsüberwachung von Speisewasserpumpen ... 102
7.3.1 Prozessanalyse und Gütegraddefinition ... 103
7.3.2 Datenanalyse ... 106
7.3.3 Sensitivitätsanalyse und Referenzwertmodell ... 110
7.3.4 Gütegradverlauf ... 113
7.3.5 Optimaler Instandhaltungszeitpunkt ... 119

8 Zusammenfassung ... 123

Literaturverzeichnis ... 127

A Brennkammerwand-Gütegrade ... 135
A.1 Brennkammerwand-Temperatur 2 (Zeitraum 2007/2008) ... 135
A.1.1 Korrelationsmatrix und Streudiagramme ... 135
A.1.2 Modellvalidierung ... 137
A.1.3 Gütegradverläufe ... 138
A.2 Brennkammerwand-Temperatur 3 (Zeitraum 2007/2008) ... 139
A.2.1 Korrelationsmatrix und Streudiagramme ... 139
A.2.2 Modellvalidierung ... 141

A.2.3 Gütegradverläufe ... 142
A.3 Brennkammerwand-Temperatur 4 (Zeitraum 2007/2008) ... 143
A.3.1 Korrelationsmatrix und Streudiagramme ... 143
A.3.2 Modellvalidierung ... 145
A.3.3 Gütegradverläufe ... 146
A.4 Brennkammerwand-Temperatur 2 (Zeitraum 2009/2010) ... 147
A.5 Brennkammerwand-Temperatur 3 (Zeitraum 2009/2010) ... 148
A.6 Brennkammerwand-Temperatur 4 (Zeitraum 2009/2010) ... 149

B Speisewasserpumpen-Gütegrade ... 151
B.1 Speisewasserpumpe 1 des Blocks 1 (Zeitraum 2009/2010) ... 151
B.1.1 Korrelationsmatrix und Streudiagramme ... 151
B.1.2 Modellvalidierung ... 153
B.1.3 Gütegradverlauf ... 153
B.2 Speisewasserpumpe 2 des Blocks 1 (Zeitraum 2009/2010) ... 154
B.2.1 Korrelationsmatrix und Streudiagramme ... 154
B.2.2 Modellvalidierung ... 156
B.3 Speisewasserpumpe 1 des Blocks 2 (Zeitraum 2009/2010) ... 156
B.3.1 Korrelationsmatrix und Streudiagramme ... 156
B.3.2 Modellvalidierung ... 158
B.3.3 Gütegradverlauf ... 158