

Berichte des Wrangell-Instituts für Umweltgerechte
Produktionsautomatisierung

Band 3

Berthold Bitzer (Hrsg.)

Wissensbasierte Steuerung vernetzter Stoffströme

Optimierung und Kreislaufschluss von Heizgasen einer Raffinerie zur Emissionsreduzierung

Das diesem Abschlussbericht zugrundeliegende Vorhaben (WISTEU) wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01 RV 9634 gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Shaker Verlag
Aachen 2001

Berichte des Wrangell-Instituts für Umweltgerechte
Produktionsautomatisierung

Band 3

Berthold Bitzer (Hrsg.)

**Wissensbasierte Steuerung
vernetzter Stoffströme**

Shaker Verlag
Aachen 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Wissensbasierte Steuerung vernetzter Stoffströme/

Berthold Bitzer (Hrsg.). Aachen : Shaker, 2001

(Berichte des Wrangell-Instituts für Umweltgerechte
Produktionsautomatisierung ; Bd. 3)

ISBN3-8265-8514-3

Copyright Shaker Verlag 2001

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-8514-3

ISSN 1615-2557

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Vorwort

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat zwar mit rd. 3,7 % nur einen geringen Anteil am gesamten Bundeshaushalt, das entspricht aber für das Jahr 2000 etwa 20 Mrd. DM, hiervon gehen über 70% in die Forschung und Entwicklung.

Für die Forschungslandschaft ist dieses Fördervolumen von erheblicher Bedeutung. Ein nicht unerheblicher Anteil hiervon geht in die Umweltschutztechnik, wobei diese sich mittlerweile von additiven Umweltschutztechniken zum produktionsintegrierten Umweltschutz weiter entwickelt hat. Das bedeutet, dass Produktionsverfahren und Produkte bereits bei der Konzeption so ausgelegt, optimiert und aufeinander abgestimmt werden, dass Abgase, Abwässer und Abfälle weitgehend gar nicht erst entstehen, sondern möglichst umfassend schon an der Quelle vermieden werden. Unvermeidbare Reststoffe müssen im Sinne einer Kreislaufschließung oder Vernetzung entweder direkt wieder in den Produktionsprozess zurückgeführt werden oder in anderen Prozessen als Roh- bzw. Hilfsstoffe wieder einsetzbar sein. Das sind Ziele des Förderprogramms "Produktionsintegrierter Umweltschutz".

Im Rahmen dieses Programms hat das Bundesministerium für Forschung und Technologie das Forschungsprojekt "Wissensbasierte Steuerung vernetzter Stoffströme - Optimierung und Kreislaufschluss von Heizgasen einer Raffinerie zur Emissionsreduzierung" bewilligt. Hierüber berichtet der vorliegende Band. Diese Arbeiten sind damit im thematischen Zentrum des fünften Kondratieffs Zyklus "Probleme für die Mitwelt lösen" mit den Technologiefeldern "Information und Ökologie". Weitere Informationen über die Forschungsschwerpunkte im Fachgebiet Automatisierungstechnik können im Internet unter <http://www.uni-paderborn.de/extern/fb/16/fat/public> abgerufen werden.

Allen Mitarbeitern und Studenten sowie den beteiligten Unternehmen sei für die engagierte Unterstützung des Projektes in der Akquisitions- und Durchführungsphase herzlich gedankt. Namentlich danken möchte ich den Herren Dipl.-Ing. Manfred Gross und Dipl.-Ing. Frank Rößler sowie den wissenschaftlichen Mitarbeitern der Durchführungsphase Jürgen Richters, Ralf Biernatzki, Jürgen Teutenberg und Ulf Werner.

Soest, im Dezember 2000

Berthold Bitzer

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung - Jürgen Richters	1
1.1	Ziel des Projektes.....	1
1.2	Einsatz des Expertensystems in der Raffinerie.....	2
1.3	Zum Aufbau dieses Buches.....	4
2.	Eine Einführung in das Expertensystem G2 - Jürgen Richters	5
2.1	Entwickeln mit dem Expertensystem G2.....	6
2.2	Hauptbestandteile einer Wissensbasis.....	7
2.2.1	Klassen.....	8
2.2.2	Regeln.....	8
2.3	Die Echtzeit-Inferenzmaschine.....	9
2.4	Zugriffskontrolle.....	10
2.5	Daten-Schnittstellen.....	11
2.5.1	G2 Standard Interface (GSI).....	11
2.5.2	G2 File Interface (GFI).....	12
2.5.3	G2-to-G2 Interface.....	12
2.6	Modularisierung.....	13
2.7	Telewindows.....	14
3.	Übertragung der Prozessdaten - Ilja Schmidt	15
3.1	Anschluss an die Leitsysteme.....	15
3.2	Visualisierung der Datenübertragung.....	19
4.	Prozessdatenanalyse - Jürgen Teutenberg, Markus Lauhoff	24
4.1	Einleitung.....	24
4.1.1	Übersicht der zu erkennenden Ereignisse.....	25
4.2	Übersicht über die Datenanalyse.....	31
4.3	Initialisierung der Trenderkennung.....	32
4.3.1	Objekt Real-Sensor.....	32
4.3.2	Objekt Var-Sensor.....	40
4.3.3	Initialisierung.....	41

4.4	Signalaufbereitung	46
4.4.1	Ausfilterung ungültiger Meßwerte.....	48
4.4.2	Ausreißereliminierung.....	49
4.4.3	Rauschausfilterung.....	53
4.4.3.1	Gauß-Methode.....	54
4.4.3.2	Methode des gewichteten Mittelwerts.....	55
4.4.3.3	Digitale Filter.....	57
4.4.3.4	Kurvenapproximation.....	58
4.4.4	Rauschgraderkennung.....	67
4.4.5	Waveletanalyse.....	68
4.4.5.1	Grundlagen der Wavelettransformation.....	69
4.4.5.2	Wavelettypen.....	71
4.4.5.3	Die diskrete Wavelettransformation.....	72
4.4.5.4	Die GSI-Schnittstelle.....	74
4.4.5.5	Auswertung der Waveletkoeffizienten.....	75
4.4.6	NaN-Behandlung.....	76
4.5	Merkmalerkennung.....	78
4.5.1	Allgemeine Merkmale.....	79
4.5.2	Methode nach Cusum.....	79
4.5.3	Schwellwerttest.....	81
4.5.4	Baselinemethode.....	82
4.5.5	Hinkley-Detektor.....	84
4.5.6	Trenderkennung.....	86
4.5.7	Wavelet-Trenderkennung.....	93
4.6	Bedingungstypen.....	94
4.6.1	Bedingungstyp 0 (immer erfüllt).....	96
4.6.2	Bedingungstyp 1 (Einschaltvorgang).....	96
4.6.3	Bedingungstyp 2 (Ausschaltvorgang).....	98
4.6.4	Bedingungstyp 3 und 4 (Hinkley - steigt /fällt).....	99
4.6.5	Bedingungstyp 5 (Niveausprung).....	99
4.6.6	Bedingungstyp 6 (Wertabfrage).....	102
4.6.7	Bedingungstyp 7 und 8 (Prognose zur Überschreitung von Schwell- werten.....)	102
4.6.8	Bedingungstyp 9 (Rauschgradüberwachung).....	102
4.6.9	Bedingungstyp 10 und 11 (Cusum -steigt/fällt).....	103

4.6.10	Bedingungstyp 12 und 13 (Sprung zu größeren /kleineren Meß- werten.....)	103
4.6.11	Bedingungstyp 14 (Störung).....	104
4.6.12	Bedingungstyp 15 (Hinkley - steigt oder fällt).....	105
4.6.13	Bedingungstyp 16 und 17 (Trenderkennung - steigt /fällt).....	105
4.6.14	Bedingungstyp 18 (Normalzustand).....	105
4.6.15	Bedingungstyp 99 (nie erfüllt).....	105
5.	Meldungserzeugung - Jürgen Teutenberg, Oliver Schönhaus -.....	107
5.1	Ereigniserkennung.....	107
5.1.1	Ziele der Ereigniserkennung.....	107
5.1.2	Initialisierung der Ereigniserkennung.....	107
5.1.3	Ereignistypen.....	110
5.1.3.1	Ereignistyp 1 und 2 (angefahren/abgestellt).....	111
5.1.3.2	Ereignistyp 3,4 und 10,11 (Hinkley -steigt/fällt und Cusum steigt/fällt).....	112
5.1.3.3	Ereignistyp 5 (Tankwechsel).....	112
5.1.3.4	Ereignistyp 6 (Niveausprung).....	115
5.1.3.5	Ereignistyp 7 und 8 (Prognose steigt/fällt).....	115
5.1.3.6	Ereignistyp 9 und 17 (schwankend / Störung).....	115
5.1.3.7	Ereignistypen 12-16 (Substitution).....	116
5.1.3.8	Ereignistyp 18 (Rohölwechsel).....	116
5.1.3.9	Ereignistyp 19 und 20 (Sensorgruppierungen).....	118
5.1.3.10	Ereignistyp 21 und 22 (steigt/fällt).....	119
5.2	Ablaufsteuerung der Ereigniserkennung.....	119
5.3	Meldungsverwaltung.....	124
5.3.1	Meldungstableaus.....	124
5.3.1.1	Aufbau.....	124
5.3.1.2	Funktion.....	126
5.3.1.3	Aufbau und Programmierung des Meldungstableaus.....	130

6.	Visualisierung der Stoffströme - Ulf Werner -	137
6.1	Öfen 8-bar Heizgas	138
6.2	Öfen DWA Heizgas	140
6.3	Übersicht Brennstoffverbrauch	141
6.4	Tanklager	142
6.4.1	Objekt <i>tank-3d</i>	143
6.4.2	Regeln und Prozeduren des Tanklagers	143
6.5	Heizgas Header	145
6.6	Erdgasnetz	150
6.7	Reichgasnetz	151
6.8	Objekte des Ofen	152
6.8.1	Objekt <i>ofen-3d</i>	153
6.8.2	Die Ofenanzeige	154
6.8.2.1	Objekt <i>anzeige-ofen</i>	154
6.8.2.2	Objekt <i>skal</i>	156
6.8.2.3	Regeln und Prozeduren der Ofenanzeige	157
6.9	Die Bodenfackel	160
6.9.1	Objekt <i>fackel-3d</i>	161
6.9.2	Objekt <i>anzeige-fackel</i>	163
6.9.3	Regeln und Prozeduren der Bodenfackel	164
7.	Bilanzierung der Netze - Ulf Werner -	167
7.1	Definitionen der Knotenelemente	167
7.1.1	Objekt <i>summerer</i>	168
7.1.2	Objekt <i>splitt</i>	171
7.1.3	Objekt <i>header</i>	173
7.1.4	Objekt <i>einspeisung</i>	176
7.1.5	Objekt <i>abgang</i>	179
7.2	Die Gasleitung	181
7.2.1	Connection <i>gas-leitung</i>	182
7.3	Definitionen der Objekte zur Visualisierung	185
7.4	Netzwerkanalyse	186
7.4.1	Netzwerkanalyse zur Berechnung der Durchflüsse	187
7.4.2	Netzwerkanalyse zur Berechnung der Gaskomponenten	195

7.5	Berechnung der Stoffströme und Gaszusammensetzungen.....	200
7.5.1	Kompensation der Meßwerte.....	205
7.5.2	Berechnung der Stoffströme.....	212
7.5.3	Berechnung der Gaszusammensetzung.....	214
7.5.4	Bestimmung der Dichte.....	217
7.5.5	Bestimmung des Heizwertes und der Wobbe.....	219
7.5.6	Überprüfung der Bilanzierung.....	221
7.5.7	Plausibilitätsuntersuchungen.....	224
8.	Optimierung des Heizgaseinsatzes - Ralf Biernatzki -.....	228
8.1	Die Erzeuger und Verbraucher der Heizgase.....	228
8.1.1	Topgas.....	229
8.1.2	DWA-Restgas 2. Stufe.....	229
8.1.3	Armgas 30 bar.....	230
8.1.4	Reichgas.....	230
8.1.5	Isomargas.....	231
8.1.6	Die wichtigsten Abnehmer des Heizgases / Feuerungsanlagen.....	232
8.1.7	Das Fackelsystem.....	233
8.2	Berechnung des SO ₂ - Ausstoßes.....	234
8.2.1	Allgemeines zu den verwendeten Brennstoffen.....	234
8.2.2	Heizgase.....	235
8.2.3	Heizöluunterfeuerung.....	236
8.2.4	Bestimmung von Abgasvolumenströmen mit Hilfe der Verbrennungs- rechnung	236
8.2.5	Mindestluftbedarf für feste und flüßige Stoffe.....	236
8.2.6	Luftverhältniszahl λ	237
8.2.7	Berechnung von Rauchgasvolumen und Rauchgaszusammensetzung fester und flüssiger Brennstoffe.....	238
8.2.8	Rauchgasberechnung.....	239
8.2.8.1	Berechnungsschritte für die Berechnung des spezifischen Rauchgasvolumens des 8 bar Heizgases in den Prozeduren.....	240
8.2.8.2	Berechnung der Rauchgasmengen.....	241
8.2.9	Berechnung der SO ₂ -Konzentration.....	241

8.3	Aufbau der Wissensbasis.....	243
8.3.1	Programmstruktur.....	243
8.3.2	Einlesen der Werte und Erzeugung von Zwischenmeldungen.....	246
8.3.3	Abfrage der Zwischenmeldungen und Setzen von Zwischen-	
	zuständen.....	249
8.3.3.1	Definitionen von Zwischenzuständen.....	249
8.3.3.2	Objekt Zwischenzustand.....	249
8.3.3.3	Regeln zur Wissensverarbeitung.....	250
8.4	Aufruf der Regelbäume zur Wissensverarbeitung.....	252
8.5	Prioritäten und Sperrzeiten.....	253
8.6	Ausgabe der Ereignismeldungen und Einordnung auf den Tableaus.....	253
8.6.1	Aufruf der Meldungen durch Regeln.....	253
8.6.2	Übergabe der Parameter durch Ausgabe-Prozeduren.....	255
8.7	Ausgabe der Regelbäume und weitere Informationen.....	258
8.8	Übersicht der Ereignismeldungen und abgefragten Meldungstypen.....	261
8.9	Beispiel der Ereignismeldung Heizgasmangel.....	264
8.9.1	Verwendete Zwischenzustände.....	266
8.9.2	Regeln zur Wissensverarbeitung.....	267
8.9.3	Regelbaum zum Szenario Heizgasmangel.....	270
8.9.4	Ausgabe der Meldung Heizgasmangel.....	271
8.10	Erstellung von Heizgasprognosen.....	273
9.	Simulation des Heizgassystems - Martin Piechaczek, Ralf Biernatzki -.....	284
9.1	Aufbau und Programmierung.....	286
9.1.1	Darstellung der Simulatoroberflächen.....	286
9.2	Bedienelemente und Anzeigen.....	289
9.3	Berücksichtigung der Randbedingungen.....	292
9.4	Aufruf der Prozeduren.....	295
9.4.1	Aufbau des Simulators.....	297
9.4.2	Initialisieren der Werte.....	299
9.4.3	Eingabe neuer Werte auf dem Workspace Headersimulator.....	301
9.4.4	Eingabe neuer Werte auf dem Workspace Emissionen.....	307
9.4.5	Eingabe einer neuen Zusammensetzung.....	310
9.5	Ausgabe der Ergebnisse.....	312
9.6	Meldungen von Grenzwertüberschreitungen.....	312

9.7	Simulation von typischen Eingriffen in das Heizgassystem.....	314
9.7.1	Heizgasmangel.....	314
9.7.2	Heizgasüberschuß.....	315
9.7.3	Heizgasqualität.....	316
9.7.4	SO ₂ -Ereignis.....	317
10.	Zusammenfassung - Jürgen Richters -.....	319
11.	Schrifttum.....	320

Abbildungsverzeichnis

1.1	Übersicht des Headersystems.....	2
1.2	Die wichtigsten Verbraucher der Heizgase.....	3
2.1	Schema Telewindowsanbindung an G2.....	14
3.1	Netzübersicht.....	16
3.2	Schnittstellenübersicht.....	17
3.3	Developer-Interface.....	19
3.4	Sensorliste.....	20
3.5	Interfacemeldungen.....	22
4.1	Verschiedene Trendabschnitte im Kurvenverlauf.....	25
4.2	Ereignisse angefahren / abgestellt.....	26
4.3	Störung im Signalverlauf.....	27
4.4	Starke Schwankungen im Signalverlauf.....	27
4.5	Niveausprung.....	28
4.6	Ereignismeldung 'Tankwechsel'.....	29
4.7	Überschreitung eines Schwellwertes wird vorzeitig erkannt.....	30
4.8	Datenreduktion mit Hilfe der Datenanalyse.....	31
4.9	Behandlung von Var-Sensoren.....	40
4.10	Initialisierung der Bewegungsanalyse.....	43
4.11	Aufbau der Datenanalyse.....	47
4.12	Der Datenfluß der Ausreißereliminierung.....	49
4.13	Trendwechsel kann zu fälschlich erkannten Ausreißern führen.....	50
4.14	Datenfluß der Rauschfilterung.....	53
4.15	Berechnung nach Gauß: (a) zeitkontinuierlicher Fall, (b) zeitdiskreter Fall.....	54
4.16	Aufbau eines IIR-Filter (IIR=Infinite Impulse Response).....	57
4.17	Approximation mit Hilfe einer Ausgleichskurve.....	59
4.18	Blockdarstellung der Kurvenapproximation.....	60
4.19	Trendwechsel.....	61
4.20	Überwachung mit Schwellwerten.....	63
4.21	Überwachung mit einem Toleranzband.....	64

4.22	Änderung des Prognosegrads über die Zeit.....	66
4.23	Abdrifttest.....	66
4.24	Sinuswelle und Debauchies-Wavelet.....	69
4.25	Verschiebung eines Wavelets an einem Signal.....	69
4.26	Debauchies-Wavelets.....	71
4.27	Weitere Wavelettypen.....	72
4.28	Funktionsschema eines FIR-Filters mit 4 Filterkoeffizienten.....	73
4.29	Schematische Darstellung einer Waveletanalyse mittels FIR-Filtern.....	73
4.30	Darstellung von NaN-Werten.....	77
4.31	Die Methode nach Cusum.....	80
4.32	Methode des Schwellwerttestes.....	81
4.33	Baselinemethode.....	83
4.34	Der Hinkley-Detektor.....	84
4.35	Erkannte Trends.....	89
4.36	Überprüfung des Abdriftverhaltens einer Kurve.....	89
4.37	Erkennung von Extremwerten.....	90
4.38	Fuzzysets der Ableitungen.....	91
4.39	Schranke der Zugehörigkeitsfunktionen.....	92
4.40	Funktionsweise der Prozedur <i>ueberpruefen</i>	94
4.41	Einschaltvorgang.....	97
4.42	Ausschaltvorgang.....	99
4.43	Die Toleranzen für den Bedingungstyp 'Niveausprung'.....	100
4.44	Suche nach dem letzten Trend '0'.....	101
5.1	Tankwechsel.....	114
5.2	Rohölwechsel.....	117
5.3	Der Ablaufplan der Ereigniserkennung.....	121
5.4	Auswahl möglicher Sperrbereiche.....	123
5.5	Aufbau der Meldetableaus.....	125
5.6	Ereignismeldungstableau.....	131
5.7	Flussdiagramm zur Erzeugung einer Ereignismeldung.....	134
6.1	Übersichtsbild Öfen 8-bar Heizgas.....	138
6.2	Detailbild des Rohölofens.....	139
6.3	Übersichtsbild Öfen DWA Heizgas.....	140

6.4	Übersicht Brennstoffverbrauch.....	141
6.5	Das Tanklager.....	142
6.6	Instanzen des Objektes <i>tank-3d</i>	143
6.7	Prozedur <i>fuellstand</i>	144
6.8	Das Headersystem.....	145
6.9	Farbliche Darstellung der Einspeisungen und Abgänge.....	146
6.10	Detaillierte Darstellung des 8-bar Heizgases.....	147
6.11	Darstellung des Bilanzfehlers.....	148
6.12	Detaillierte Informationen einer Gasleitung.....	149
6.13	Das Erdgasnetz.....	150
6.14	Das Reichgasnetz.....	151
6.15	Ofen mit Anzeigen.....	152
6.16	Instanzen des Objektes <i>ofen-3d</i>	153
6.17	Prozedur <i>detailbild-ofen</i>	153
6.18	Instanzen des Objektes <i>anzeige-ofen</i>	156
6.19	Instanzen der Objekte <i>skal25</i> , <i>skal50</i> , <i>skal100</i> und <i>skal300</i>	156
6.20	Prozedur <i>ini-ofen</i>	157
6.21	Prozedur <i>anzeigen-größe-ofen</i>	158
6.22	Bodenfackel mit den 7-Segment-Anzeigen.....	160
6.23	Instanzen des Objektes <i>fackel-3d</i>	162
6.24	Prozedur <i>detailbild-fackel</i>	162
6.25	Instanzen des Objektes <i>anzeige-fackel</i>	163
6.26	Prozedur <i>ini-fackel</i>	164
6.27	Prozedur <i>berechnung-fackel</i>	165
6.28	Prozedur <i>berechnung-fackel-anzeige</i>	166
7.1	Instanzen des Objektes <i>summierer</i>	168
7.2	Instanzen des Objektes <i>splitt</i>	171
7.3	Instanzen des Objektes <i>header</i>	173
7.4	Prozedur <i>detailbild-knoten</i>	176
7.5	Attribut <i>gas-aus1</i> des Objektes <i>einspeisung</i>	177
7.6	Instanzen des Objektes <i>einspeisung</i>	177
7.7	Instanzen des Objektes <i>abgang</i>	179
7.8	Leitungsnetz mit detaillierten Informationen zu einer Gasleitung.....	182
7.9	Ablaufplan der Prozedur <i>update-leitung</i>	185

7.10	Instanzen der Objekte zur Visualisierung.....	186
7.11	Prozedur <i>ini-durch</i>	187
7.12	Ablaufplan der Prozedur <i>verbindungen-durch</i>	189
7.13	Bezeichnung der Ein- und Ausgänge von Summierer und Splitter.....	190
7.14	Ausschnitt des Erdgasnetzes.....	192
7.15	Ablaufdiagramm Schritt 3.....	193
7.16	Prozedur <i>unberechenbar-durch</i>	194
7.17	Prozedur <i>erstellung-liste-durch</i>	195
7.18	Prozedur <i>ini-gas</i>	196
7.19	Prozedur <i>unberechenbar-gas</i>	198
7.20	Prozedur <i>erstellung-liste-gas</i>	199
7.21	Prozedur <i>berechnung</i>	201
7.22	Prozedur <i>einspeisung-übertrag</i>	203
7.23	Prozedur <i>ini-komp</i>	211
7.24	Prozedur <i>berechnung-komp</i>	212
7.25	Attribut <i>gas-aus1</i> des Objektes <i>einspeisung</i>	216
7.26	Anzeige des Bilanzfehlers des 8-bar Heizgas Headers.....	222
7.27	Prozedur <i>check-bilanz</i>	223
7.28	Anwendung für Plausibilitätsuntersuchung.....	224
7.29	Ablaufplan der Prozedur <i>plausibilitaet</i>	227
8.1	Das Header-System.....	228
8.2	Das Reichgasnetz.....	231
8.3	Die wichtigsten Verbraucher des 8 bar Heizgases.....	232
8.4	Das Fackelsystem.....	233
8.5	Unterfeuerung der Öfen im Bau 500 und im Bau 320.....	234
8.6	Generierung einer Ereignismeldung.....	245
8.7	Die Instanz <i>Heizgasmangel</i> des Objektes <i>Zwischenzustand</i>	249
8.8	Aufbau der Prozedur <i>regelmeldung-heizgasmangel-1001</i>	255
8.9	Ausgabe der Ereignismeldung <i>Heizgasmangel</i>	257
8.10	Das Workspace <i>regelbaum-heizgasmangel</i>	259
8.11	Flußdiagramm zum Szenario <i>Heizgasmangel</i>	264
8.12	Die Zwischenzustände des Szenarios <i>Heizgasmangel</i>	266
8.13	Der Regelbaum zum Szenario <i>Heizgasmangel</i>	270
8.14	Ausgabe der Ereignismeldung <i>Heizgasmangel</i>	271

8.15	Histogramm der entstehenden Heizgasmengen in Anlage I.....	273
8.16	Histogramm Anlage II.....	274
8.17	Histogramm Anlage III.....	275
8.18	Histogramm DWA-Anlage.....	276
8.19	Ergebnis mit MATLAB (Sommerwoche Anlage I).....	279
8.20	Ergebnis mit MATLAB (Winterwoche Anlage I).....	280
8.21	Ergebnis mit NeurOn-Line (Sommerwoche Anlage I).....	281
8.22	Ergebnis mit NeurOn-Line (Winterwoche Anlage I).....	282
9.1	<i>Headersimulator</i>	286
9.2	<i>Emissionen</i>	288
9.3	<i>Hintergrundkasten</i>	289
9.4	<i>Melder</i>	289
9.5	<i>Info-Board</i>	290
9.6	<i>Statusanzeige</i>	290
9.7	<i>Button</i>	291
9.8	<i>Type-in-box (links)</i>	291
9.9	<i>Type-in-box (aktiv)</i>	291
9.10	<i>Read-out-table</i>	292
9.11	Regel zum Starten der Berechnungsprozeduren.....	295
9.12	Aufbau des Simulators.....	297
9.13	Flußdiagramm Initialisierung der Werte.....	299
9.14	Heizwert im Header zu gering.....	301
9.15	Eingabe neuer Werte auf dem Workspace <i>Headersimulator</i>	303
9.16	Sruktogramm Schwellwert.....	305
9.17	Verändern einer Durchflußmenge auf dem Workspace <i>Emissionen</i>	309
9.18	Workspace <i>Zusammensetzung</i>	311

Tabellenverzeichnis

3.1	Bedeutung der Statusanzeige.....	21
4.1	Attribute des Objektes Real-Sensor.....	33
4.2	Die Datei <i>sensor.csv</i>	41
4.3	Die Einträge in der Datei <i>sensor.csv</i>	42
4.4	Attribute mit Historie.....	43
4.5	Initialisierung der G2-Listen.....	43
4.6	Aufbau der Liste <i>the gesaeuberte-messung of RS</i>	50
4.7	Parameter zur Erkennung und Korrektur von Ausreißern	51
4.8	Mögliche Fälle der Ausreißerbehandlung.....	51
4.9	Wertzuweisungen für die erzeugte Zwischenmeldung.....	52
4.10	Wahl der Rauschfilterungsmethoden und deren Kombinationen.....	53
4.11	Rückführung der Funktionstypen auf lineare Funktionen.....	62
4.12	Wertzuweisungen für die erzeugte Zwischenmeldung.....	65
4.13	Bedeutung des Attributs <i>the schwankend of RS</i>	68
4.14	Eingabeparameter der Remoteprozedur <i>wavelet</i>	74
4.15	Ausgabeparameter der Remoteprozedur <i>wavelet</i>	74
4.16	Parameter der Waveletanalyse.....	75
4.17	Rückgabeparameter der Waveletanalyse.....	75
4.18	Aufteilung des Arrays <i>waveletdaten</i>	76
4.19	Merkmalerkennungsmethoden und deren Kombinationsmöglichkeiten.....	79
4.20	Berechnete Attribute der Methode <i>allgemeine-merkmale</i>	79
4.21	Parameter der Zwischenmeldungen.....	81
4.22	Parameter der Zwischenmeldungen.....	82
4.23	Parameter der ersten Zwischenmeldung.....	83
4.24	Parameter der zweiten Zwischenmeldung.....	83
4.25	Parameter der ersten Zwischenmeldung.....	85
4.26	Parameter der zweiten Zwischenmeldung.....	85
4.27	Trendformen.....	86
4.28	Attribute und Parameter zur Bestimmung der Intervallgrenzen.....	87
4.29	Attribute für die Trenderkennung.....	88
4.30	Bestimmung der charakteristischen Funktionen.....	91

4.31	Ableitung der Zugehörigkeitsfunktionen der Kurventypen aus den charakt. Funktionen.....	92
4.32	Bedingungstypen.....	95
4.33	Parameter Baseline.....	97
4.34	Parameter Ausschaltvorgang.....	98
4.35	Eingestellte Parameter.....	101
4.36	Bedeutung des Attributs <i>the schwankend of RS</i>	103
4.37	Toleranzwerte.....	104
5.1	Beispiele für Ereignisdefinitionen in der Datei <i>ereignis.csv</i>	108
5.2	Aufbau der Datei <i>ereignis.csv</i>	109
5.3	Das Objekt <i>ereignisart</i>	110
5.4	Übersicht über die Ereignistypen.....	111
5.5	Datei <i>ereignis.csv</i>	113
5.6	Sensoren des Ereignisses ‘Substitution’.....	116
5.7	Datei <i>ereignis.csv</i>	117
5.8	Die Sensorgruppierungen.....	118
5.9	Die Einzelmeldungstableaus.....	125
5.10	Die Untermenüpunkte der Einzelmeldungen.....	126
5.11	Auswahl der Meldetableaus auf die Ausgabe von Meldungen.....	127
5.12	Die Übergabeparameter der Prozedur <i>erzeuge-message</i>	127
5.13	Attribute des Objektes <i>message-FB</i>	128
5.14	User-Menuechoices.....	129
5.15	Prozeduren der Meldungsverwaltung.....	130
5.16	Attribute vom Objekt <i>ereignis-meldung</i>	133
5.17	Weitere Prozeduren.....	136
6.1	Attribut <i>fuellstand-sensor</i> des Objektes <i>tank-3d</i>	143
6.2	Attribute des Objektes <i>anzeige-ofen</i>	155
6.3	Attribute des Objektes <i>fackel-3d</i>	161
6.4	Attribute des Objektes <i>anzeige-fackel</i>	163
7.1	Attribute des Objektes <i>summerer</i>	171
7.2	Attribute des Objektes <i>splitt</i>	172
7.3	Attribute des Objektes <i>header</i>	175

7.4	Attribute des Objektes <i>einspeisung</i>	178
7.5	Attribute des Objektes <i>abgang</i>	180
7.6	Attribute der Connection <i>gas-leitung</i>	183
7.7	Attribute des Objektes <i>real-sensor</i>	210
7.8	Aufteilung der Gaskomponenten in neun Gruppen.....	215
7.9	Dichten der Komponenten und Gruppen.....	217
7.10	Heizwerte und Wobbezahlen der Gasgruppen.....	220
7.11	Grenzen zur Darstellung des Bilanzfehlers.....	222
8.1	Typische Luftverhältniszahlen für verschiedene Feuerungen.....	238
8.2	Übersicht der Prozeduren und Parameter.....	240
8.3	Die Attribute des Objektes <i>Zwischenmeldung</i>	248
8.4	Meldungstypen.....	248
8.5	Attribute des Objektes <i>Zwischenzustand</i>	250
8.6	Übersicht der Übergabeparameter beim Aufruf der Prozedur <i>regelmeldung-einordnen</i>	256
8.7	Übersicht der definierten Ereignismeldungen und der angewandten Meldungstypen im Modul <i>Optimierung</i>	262
8.8	Liste der <i>Zwischenzustände</i> und die möglichen Einstellungen im Attribut <i>thezustand of</i> (workspace <i>zwischenzustände</i> , workspace <i>heizgasmangelzustände</i>).....	263
8.9	Liste der <i>Zwischenzustände</i> und die möglichen Einstellungen im Attribut <i>thezustand of</i> (workspace <i>wissen-kraftwerkzustände</i>).....	263
8.10	<i>Zwischenzustände</i> , die durch <i>search</i> -Regeln gesetzt werden.....	267
8.11	<i>Zwischenzustände</i> , die durch <i>work</i> -Regeln gesetzt werden.....	268
8.12	Koeffizienten der linearen Funktion.....	278
8.13	Gegenüberstellung der Ergebnisse.....	283
9.1	Heizwerte verschiedener Brennstoffe [MJ/kg].....	294