

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelverzeichnis</b>	<b>XV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>3</b>
2.1 Kreislaufsimulationsprogramme . . . . .	3
2.1.1 Benutzer-Anforderungen an Kreislaufsimulationsprogramme . . . . .	7
2.2 ENBIPRO . . . . .	10
2.2.1 Grundgedanke . . . . .	11
2.2.2 Entwicklung . . . . .	14
2.2.3 Aufbau . . . . .	15
2.2.4 Anwendungsfeld . . . . .	16
2.2.5 Lösung des Gleichungssystems zur stationären Simulation . . . . .	19
2.2.5.1 Nullstellensuche . . . . .	19
2.2.5.2 Extremalwertsuche . . . . .	21
2.2.6 Residuum des Gleichungssystems . . . . .	22
2.2.7 Bildung der Funktionalmatrix . . . . .	23
2.2.8 Validierbares System . . . . .	25
2.3 Bestehende Mathematikbibliotheken . . . . .	27
2.4 Übersicht der Richtlinien und Regelwerke zur Messdatenvalidierung und Abnahmetests . . . . .	27
<b>3 Validierung</b>	<b>30</b>
3.1 Begriffe zur Validierung . . . . .	30
3.2 Grundlagen . . . . .	41
3.2.1 Einsatzgebiete der Validierung . . . . .	41
3.2.2 Prozesssimulation . . . . .	43
3.3 Arten der Validierung . . . . .	46
3.3.1 Einfluss der Minimierungsfunktion . . . . .	46
3.3.2 Stationäre und dynamische Validierung . . . . .	48

<b>3.4 Einteilung der Algorithmen in der Validierung . . . . .</b>	<b>50</b>
3.4.1 Algorithmen zur Validierungsrechnung . . . . .	51
3.4.1.1 Z-Algorithmus . . . . .	53
3.4.1.2 Epsilon-Algorithmus . . . . .	57
3.4.1.3 Eliminationsalgorithmus . . . . .	57
3.4.2 Vergleich zwischen stationärer Simulation und stationärer Validierung . . . . .	58
3.4.3 Wichtungsfaktor bei der Verbesserung v . . . . .	60
<b>3.5 Programmablauf der Validierungsalgorithmen . . . . .</b>	<b>60</b>
3.5.1 Ablaufschema Eliminationsalgorithmus . . . . .	61
3.5.2 Ablaufschema Z-Algorithmus und Epsilon-Algorithmus . . . . .	63
<b>3.6 Fehlerquellen . . . . .</b>	<b>66</b>
3.6.1 Fehler im Messvorgang . . . . .	66
3.6.2 Validierungsvorgang . . . . .	66
3.6.2.1 Kriterium Qualitätskontrolle . . . . .	67
3.6.2.2 Kriterium grobe Fehler . . . . .	68
3.6.2.3 Kriterium der Nebenbedingungen . . . . .	69
3.6.2.4 Kriterium der Konvergenz . . . . .	69
3.6.2.5 Kriterium der stetigen Funktion . . . . .	70
3.6.3 Untersuchung von Messabweichungen mit dem Z-Algorithmus . . . . .	70
3.6.3.1 Fehleranalyse grobe Fehler, Fehler in S . . . . .	71
3.6.3.2 Fehleranalyse Modellierungsfehler, Fehler in F . . . . .	71
3.6.3.3 Fehleranalyse falsch gemessener Wert, Fehler in $f(x,y)$ . . . . .	72
<b>4 Beispiel zur Messdatenvalidierung der VDI-Richtlinie 2048 . . . . .</b>	<b>73</b>
4.1 Beispiel der Richtlinie [VDI2048-1 2012] gerechnet mit dem Z-Algorithmus . . . . .	73
4.2 Beispiel zur Fehleranalyse zum Modellierungsfehler, Fehler in F . . . . .	77
4.3 Beispiel zur Fehleranalyse zum falsch gemessenen Wert, Fehler in $f(x,y)$ . . . . .	81
4.4 Vergleich der Ergebnisse . . . . .	85
<b>5 Zusammenfassung . . . . .</b>	<b>87</b>
<b>6 Anhang . . . . .</b>	<b>89</b>
<b>Anhang . . . . .</b>	<b>89</b>
6.1 Beispiel zum Z-Algorithmus . . . . .	89
6.1.1 Validierung einer Rohrstrecke . . . . .	89

## *Inhaltsverzeichnis*

<b>6.2 Fehleruntersuchung, einfaches Beispiel - Massenstrommessungen in einem Rohr . . . . .</b>	<b>92</b>
6.2.1 Falsch angenommenes System (Leckage, Zustrom), Fehler in $F(x,y)$ . . . . .	93
6.2.2 Messfehler, Fehler in $f(x,y)$ . . . . .	94
<b>6.3 Zusammenfassung der erweiterten Fehleranalyse . . . . .</b>	<b>95</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>97</b>