



Inhaltsverzeichnis

Formelverzeichnis	XV
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
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 Ab- nahmetests	27
3 Validierung	30
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



3.4	Einteilung der Algorithmen in der Validierung	50
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
3.5	Programmablauf der Validierungsalgorithmen	60
3.5.1	Ablaufschema Eliminationsalgorithmus	61
3.5.2	Ablaufschema Z-Algorithmus und Epsilon-Algorithmus	63
3.6	Fehlerquellen	66
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 \mathbf{S}	71
3.6.3.2	Fehleranalyse Modellierungsfehler, Fehler in \mathbf{F}	71
3.6.3.3	Fehleranalyse falsch gemessener Wert, Fehler in $\mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$	72
4	Beispiel zur Messdatenvalidierung der VDI-Richtlinie 2048	73
4.1	Beispiel der Richtlinie [VDI2048-1 2012] gerechnet mit dem Z-Algorithmus .	73
4.2	Beispiel zur Fehleranalyse zum Modellierungsfehler, Fehler in \mathbf{F}	77
4.3	Beispiel zur Fehleranalyse zum falsch gemessenen Wert, Fehler in $\mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$	81
4.4	Vergleich der Ergebnisse	85
5	Zusammenfassung	87
6	Anhang	89
Anhang		89
6.1	Beispiel zum Z-Algorithmus	89
6.1.1	Validierung einer Rohrstrecke	89



Inhaltsverzeichnis

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