

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	3
2 Grundlagen der Heizkostenverteilung	5
2.1 Verfahren zur Ermittlung des Wärmeverbrauchs	5
2.1.1 Heizkostenverteiler	6
2.1.2 Verbrauchsabhängige Heizkostenverteilung.....	8
2.1.3 Bedeutung des c -Wertes.....	9
2.2 c -Wert-Prüfung	11
2.2.1 Randbedingungen.....	11
2.2.2 Prüfumfang.....	12
2.2.3 Aufwandsanalyse	12
2.3 Einsatzpotential der Simulationstechnik.....	14
3 Modellierung von Raumheizsystemen	15
3.1 Grundlagen und Methoden der objektorientierten Modellbildung	15
3.1.1 Das Modellierungswerkzeug <i>CAMex</i>	15
3.1.2 Objektorientierte Modellbildung.....	17
3.2 Konzeptionelle Modellbildung und Strukturierung.....	19
3.2.1 Relevante Teilmodelle (Grobstrukturierung).....	20
3.2.2 Schnittstellen zwischen den Teilmodellen.....	20
3.2.3 Kennzeichnung relevanter Systemgrößen.....	23
3.2.4 Modellattribute.....	25
3.2.5 Bewertung des Modellkonzepts	25
3.3 Substantielle Abstraktion	26
3.4 Phänomenologische Abstraktion	31
3.4.1 Wärmeleitung durch die Wand	36
3.4.2 Äußerer Wärmeübergang – Physiknaher Modellansatz.....	36
3.4.3 Innerer Wärmeübergang	50
3.4.4 Wärmedurchgang – Potenzansatz	59
3.4.5 Gegenüberstellung von physikalischem Ansatz und Potenzgesetz.....	69
3.4.6 Modifizierter Potenzansatz	72

3.5	Strömungssimulation (CFD)	79
3.5.1	Das CFD-Werkzeug <i>STAR-CD</i>	79
3.5.2	Integration der CFD-Simulation	81
3.5.3	Parametrierte Ersatzmodelle	86
3.6	Weitere Modellbausteine	89
3.6.1	Kontaktmodell	89
3.6.2	<i>c</i> -Wert-Berechnung	94
3.6.3	Strahlungsanteil	94
4	Parametrierung	96
4.1	Klassifikation von Modellparametern	96
4.1.1	Geometrieparameter	97
4.1.2	Stoffparameter	98
4.1.3	Heizkörper-Parameter	99
4.1.4	Montage-Parameter	101
4.1.5	Strukturparameter	101
4.2	Implementierte Parameteridentifikation	102
4.2.1	Identifikation unbekannter Geometrieparameter	102
4.2.2	Approximation des Fließkanalquerschnitts	103
4.2.3	Automatisierung der Parameteridentifikation	104
4.3	Parameterverwaltung	105
4.4	Parameterwirkungsplan	107
5	Simulation	109
5.1	Aggregation zum Prozeßmodell	109
5.2	Simulation des Prozeßverhaltens	113
5.3	Validierung des Prozeßmodells	116
5.4	Modellbeurteilung	118
5.4.1	Anwendungsbereich	118
5.4.2	Praktischer Nutzen des Virtuellen <i>c</i> -Wert-Prüfstands	118
6	Zusammenfassung	119
7	Literatur	121
8	Anhang	124
	Anhang A: Formelzeichen	124
	Anhang B: Modellparameter	126