

Inhalt

1	Ein einführendes Beispiel	9
2	Eindimensionale freie Konvektionsströmung	20
2.1	Reibungsfreie stationäre Strömung	20
2.2	Reibungsbehaftete stationäre Strömung	29
2.3	Kaminströmungen: Anwendungen und Erweiterungen	39
2.3.1	Flüssigkeitsströmung im Einzelkamin	39
	2.3.1.1 Kamin mit Blende. 2.3.1.2 Kamin mit veränderlichem Querschnitt. 2.3.1.3 Kamin mit nachgiebiger Wand. 2.3.1.4 Kamin mit Einzelloch. 2.3.1.5 Kamin mit poröser Wand	
2.3.2	Gasströmung im Einzelkamin	65
2.4	Umlaufströmungen: Anwendungen und Erweiterungen	79
2.4.1	Strömung in einem geschlossenen Naturumlaufsystem	79
2.4.2	Strömung zwischen Behältern unterschiedlicher Temperatur	88
2.5	Boussinesq-Approximation	101
2.5.1	Stationäre Strömung	101
2.5.2	Instationäre Strömung	107
2.5.3	Gültigkeitsbereich	112
2.6	Systemstabilität	113
2.6.1	Geschlossenes Naturumlaufsystem	114
	2.6.1.1 Stationäre Lösung. 2.6.1.2 Stabilität der stationären Lösung	
2.6.2	Einzelkamin	126
	2.6.2.1 Stationäre Lösung. 2.6.2.2 Stabilität der stationären Lösung	
2.6.3	Allgemeines Stabilitätskriterium	132
	2.6.3.1 Anwendungen	
3	Zweidimensionale freie Konvektionsströmung	143
3.1	Laminare Schichtenströmungen	149
3.1.1	Beheizter senkrechter Kamin	157
3.1.2	Horizontaler Kanal zwischen Behältern unterschiedlicher Temperatur	162
3.1.3	Senkrechter Kanal zwischen Behältern unterschiedlicher Temperatur	164

6	Inhalt	
3.1.4	Isolierglasfenster	169
3.1.5	Bergwerksschacht	172
3.2	Laminare Grenzschichtströmungen	176
3.2.1	Beheizte vertikale Platte	180
3.2.2	Beheizter horizontaler Draht	184
4	Widerstandsgesetze	188
4.1	Vergleich zwischen freien und erzwungenen Strömungen	188
4.2	Turbulente Strömungen	193
4.3	Poröse Medien	195
5	Temperaturen der Heizflächen	202
6	Inhärent sichere Kühlung von Wärmequellen	206
6.1	Universelle Darstellung des Massenstroms	206
6.2	Unempfindlichkeit gegen Fehlauslegung	208
6.3	Konstruktive Gestaltung optimaler Kühlsysteme	210
7	Thermische und hydrodynamische Stabilität	212
7.1	Einsetzen freier Konvektion	212
7.2	Umschlag laminar-turbulent	215
7.3	Temperaturgradient senkrecht zur Strömungsrichtung	219
8	Ähnlichkeit	224
9	Nutzung mechanischer und thermischer Energie aus freien Konvektionsströmungen	228
9.1	Aufwindkraftwerk	228
9.2	Sonnenkollektor	231
10	Strömungsseparation, Bypass- und Rezirkulationsströmung	236
10.1	Naturumlauf mit verschiebbarer Heizquelle	236
10.2	Strömung zwischen Behältern unterschiedlicher Dichte mit Nettodurchfluß	239
10.3	Bioreaktor mit externem und internem Kreislauf	243
10.4	Natürlich belüftete Halle mit innerer Wärmequelle	253

11	Übungsaufgaben und Lösungen	271
11.1	Aufgaben	271
11.2	Lösungen	278
	Ergänzende und weiterführende Literatur	292
	Sachverzeichnis	293