

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Einleitung . . . . .	1
1.2	Problemstellung und Vorgehensweise . . . . .	3
1.3	Bisherige Arbeiten . . . . .	5
1.3.1	Übersicht . . . . .	5
1.3.2	Systemgleichungen . . . . .	7
1.3.3	Bewertung . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Untersuchtes System</b>	<b>10</b>
2.1	Zweiphasensystem mit Naturumlauf . . . . .	10
2.2	Phasenübergang im Kollektor . . . . .	11
2.3	Instabilitäten bei Zweiphasenströmung . . . . .	13
2.3.1	Geysir-Effekt . . . . .	14
2.3.2	Instabilitäten durch Druckabfall . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Experimenteller Aufbau</b>	<b>17</b>
3.1	Ziele . . . . .	17
3.2	Beschreibung der Versuchsanlage . . . . .	18
3.3	Leistungsbestimmung . . . . .	21
3.3.1	Einphasiger Betrieb . . . . .	21
3.3.2	Zweiphasiger Betrieb . . . . .	21
3.3.3	Fehler in der Leistungsbestimmung . . . . .	24
<b>4</b>	<b>Dynamische Kollektormodelle</b>	<b>26</b>
4.1	K-Modell . . . . .	27
4.1.1	Zwangsdurchströmter Einphasenbetrieb . . . . .	27
4.1.2	Zweiphasenbetrieb im Naturumlauf . . . . .	28

4.2	V-Modell . . . . .	30
4.2.1	Systemgleichungen für Einphasenbetrieb . . . . .	31
4.2.2	Systemgleichungen für Zweiphasenbetrieb . . . . .	33
4.2.3	Stationärer Grenzfall . . . . .	36
4.3	Wirkungsgrade . . . . .	36
4.4	Lösung der Differentialgleichungen . . . . .	37
4.5	Programmausführung . . . . .	38
<b>5</b>	<b>Thermisches Verhalten des Kollektors</b>	<b>39</b>
5.1	Stationärer Betrieb . . . . .	39
5.1.1	Gasdruck im Gehäuse . . . . .	39
5.1.2	Gehäusetiefe und Lage des Absorbers . . . . .	41
5.1.3	Emissionsgrad des Absorbers . . . . .	41
5.1.4	Wärmeübergang Absorber-Fluid . . . . .	43
5.1.5	Dampfmassenstromanteil . . . . .	43
5.2	Dynamischer Betrieb . . . . .	45
5.2.1	Dynamisches Verhalten . . . . .	45
5.2.2	Dynamisches Auswertverfahren . . . . .	48
5.3	Experimentelle Ergebnisse . . . . .	50
5.3.1	Einphasenbetrieb . . . . .	50
5.3.2	Zweiphasenbetrieb . . . . .	54
5.3.3	Dampfmassenstromanteil als Modellparameter . . . . .	57
5.3.4	Folgerungen . . . . .	58
<b>6</b>	<b>Ertragsvorhersagen</b>	<b>59</b>
6.1	Vorhersage einer Meßsequenz . . . . .	59
6.2	Jahresertrag . . . . .	60
6.3	Einflußgrößen . . . . .	60
<b>7</b>	<b>Wärmetransport in Kollektorfeldern</b>	<b>64</b>
7.1	Druckverluste . . . . .	64
7.2	Massenströme und Leitungsabmessungen . . . . .	66
7.3	Wärmeverluste und Temperaturabfall . . . . .	69
7.3.1	Wärmeübertragung bei Flüssigkeitsströmung . . . . .	69

7.3.2	Filmkondensation in waagrechten Rohren . . . . .	69
7.3.3	Äußerer Wärmeübergang . . . . .	70
7.3.4	Wärmeverluste . . . . .	70
7.3.5	Temperaturabfall . . . . .	73
7.4	Laufzeiten, Schaltung . . . . .	74
7.5	Vergleich der Systeme . . . . .	75
<b>8</b>	<b>Folgerungen und Ausblick</b>	<b>76</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>77</b>
<b>Anhang</b>		<b>79</b>
A.1	Ergänzungen zu den Kollektormodellen . . . . .	79
A.1.1	Wärmeübergangskoeffizienten im V-Modell . . . . .	79
A.1.2	Kollektorwirkungsgradfaktor im V-Modell . . . . .	82
A.1.3	Absorbierte Strahlung im V-Modell . . . . .	85
A.1.4	Einfallsrichtung der Solarstrahlung . . . . .	86
A.2	Beschreibung der Kollektoren . . . . .	88
A.2.1	Zwangsdurchströmter Kollektor . . . . .	88
A.2.2	Siedewasserkollektor . . . . .	89
A.3	Meßgeräte . . . . .	92
A.4	Standardkollektor für Simulationen . . . . .	94
	<b>Nomenklatur</b>	<b>97</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>101</b>