

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis.....	XIII
Nomenklatur.....	XV
1 Einleitung und Zielstellung.....	17
2 Stand der Technik.....	19
2.1 Wärmeübertragung im Gewächshaus	19
2.1.1 Strahlung.....	20
2.1.2 Wärmeleitung	21
2.1.3 Konvektion	22
2.1.4 Evapotranspiration	22
2.1.5 Kondensation	23
2.1.6 Wärmeverlust durch Luftwechsel	23
2.2 Wärmebedarf und Wärmeverbrauch von Gewächshäusern	24
2.3 HORTEX – ein Simulationsprogramm für das Gewächshaus.....	27
2.4 Wärmespeicherung im Gewächshaus	29
2.5 Regelung der Temperatur und der Luftfeuchte	33
2.5.1 Regelung der Temperatur	33
2.5.2 Regelung der Luftfeuchte	35
2.6 Bedachungsmaterialien und ihre Eigenschaften.....	37
2.7 Energieschirme	41
2.7.1 Verhältnswerte V_{Heiz} und V_{Luft}	43
2.7.2 Blatttemperatur.....	45
3 Beschreibung der Versuchsanlage.....	46
3.1 Konstruktion	46
3.2 Isolierstufen zur Wärmedämmung	47

3.3 Wärmeversorgung und Wärmeverteilung	49
3.4 Klimaregelung und Datenerfassung.....	51
3.5 Referenzmesstechnik	52
3.5.1 Messgeräte	52
3.5.2 Messung von Lufttemperatur und Luftfeuchte	53
3.5.3 Messung der Wärmemengen	54
3.5.4 Messung der Strahlungsdurchlässigkeit.....	54
3.5.5 Messung der Windgeschwindigkeit	56
3.6 Kulturtechnische Ausstattung	56
4 Durchführung und Auswertung der Untersuchungen	58
4.1 Wärmeverbrauchsbeiwert U_{cs}	58
4.1.1 Material und Methoden.....	58
4.1.2 Ergebnisse	60
4.1.2.1 Messungen ohne Pflanzenbestand	60
4.1.2.2 Messungen mit Pflanzenbestand	62
4.1.2.3 Messungen mit aufliegenden Energieschirmen.....	65
4.1.3 Zusammenfassung.....	67
4.2 Verhältniswerte V_{Heiz} und V_{Luft}	67
4.2.1 Material und Methoden.....	67
4.2.2 Verhältniswert V_{Heiz}	68
4.2.2.1 Ergebnisse.....	68
4.2.2.2 Zusammenfassung	71
4.2.3 Verhältniswert V_{Luft}	72
4.2.3.1 Ergebnisse.....	72
4.2.3.2 Zusammenfassung	74
4.3 Wärmeströme	75
4.3.1 Material und Methoden.....	75
4.3.2 Ergebnisse	75
4.3.3 Zusammenfassung.....	79
4.4 Strahlungsdurchlässigkeit	80
4.4.1 Strahlungsdurchlässigkeit der verwendeten Doppelfolien	80

4.4.1.1	Material und Methoden	80
4.4.1.2	Ergebnisse	80
4.4.2	Strahlungsdurchlässigkeit unter den Energieschirmsystemen	81
4.4.2.1	Material und Methoden	81
4.4.2.2	Ergebnisse	82
4.4.3	Zusammenfassung	86
4.5	Das Gewächshaus als Wärmespeicher	87
4.5.1	Material und Methoden	87
4.5.2	Ergebnisse	89
4.5.2.1	Wärmeverbrauch und Speicherpotential der Einzeltage	89
4.5.2.2	Wärmeverbrauch und Speicherpotential für verschiedene Kulturen	96
4.5.2.3	Wärmespeicher bei verschiedenen Heizsollwerten	100
4.5.3	Zusammenfassung	103
4.6	Luftfeuchte im Gewächshaus	103
4.6.1	Material und Methoden	103
4.6.2	Ergebnisse	106
4.6.2.1	„Passive Entfeuchtung“ der Luft bei Heizbedarf	106
4.6.2.2	„Aktive Entfeuchtung“ der Luft durch Lüften/Heizen	111
4.6.2.3	Entfeuchtungsanteile bei verschiedenen Entfeuchtungssollwerten	115
4.6.3	Zusammenfassung	120
4.7	Energieeffizienz	121
4.7.1	Material und Methoden	121
4.7.2	Ergebnisse	123
4.7.3	Zusammenfassung	124
5	Diskussion	125
5.1	Wärmeverbraukoeffizienten	125
5.2	Wärmeströme	127
5.3	V_{Luft} Wert und V_{Heiz} Wert	129
5.4	Einstrahlung in das Gewächshaus	130

5.5 Klimaregelstrategien und Wärmespeicherung	131
5.5.1 Regelung der Temperatur und Wärmespeicherung	131
5.5.2 Regelung und Verhalten der Luftfeuchte.....	132
6 Schlussfolgerungen	135
7 Zusammenfassung (Summary)	139
Literaturverzeichnis.....	142
Danksagung	150
Curriculum Vitae	151
Publikationen	152