

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Struktur der Forschungsberichtes	1
2	Grundlagen zur thermischen Behaglichkeit	3
2.1	Einleitung	3
2.2	Wärmephysiologische Grundlagen	3
2.3	Wärmeabgabe des Menschen	6
2.3.1	Einflussfaktoren	6
2.3.1.1	Wärmetransport durch die Kleidung	6
2.3.1.2	Umgebungsfaktoren	7
2.3.2	Berechnung der Wärmeabgabe des Menschen	8
2.4	Stationäre Behaglichkeitskriterien	13
2.4.1	Globale Kriterien	14
2.4.2	Lokale Kriterien	15
2.4.3	Kombinierte stationäre Betrachtungsweise	19
2.5	Instationäre Bewertungskriterien	21
2.5.1	Abgrenzung zur stationären Betrachtungsweise	21
2.5.2	Normen und Richtlinien	22
2.6	Studien zur thermischen Behaglichkeit	25
2.6.1	Modellbildung und Methoden	25
2.6.2	Vorhandene Forschungsarbeiten	27
2.6.2.1	Wärmebilanzmodell	27
2.6.2.2	Adaptives Komfortmodell	28
2.7	Luftführung im Raum	31
2.7.1	Auswahlkriterien	31
2.7.2	Arten der Raumluchtströmung	32
2.7.3	Einfluss der Positionierung der Luftdurchlässe	33
3	Versuchsablauf / Randbedingungen	36
3.1	Aktueller Forschungsstand	36
3.2	Messgrößen / Messtechnik	39
3.2.1	Physikalische Messgrößen	39
3.2.2	Physiologische Messgrößen	42
3.2.3	Subjektive Messgrößen	42
3.2.4	Detailbeschreibung der Sensoren	43
3.3	Versuchsraumgestaltung	44
3.4	Versuchsablauf	45
3.4.1	Allgemeines	45
3.4.2	Vorbereitungsphase	47
3.4.3	Initialisierungsphase	47
3.4.4	Versuchsdurchführung	48
3.4.5	Kontrollphase	51
3.4.6	Probandenbefragungen / Fragebogen	52
3.4.6.1	Vorbereitung	52
3.4.6.2	Fragebogen	53
3.4.6.3	Initialisierung	54

3.4.6.4	Versuchsdurchführung	55
4	Klimaraum der TU Dresden	59
4.1	Literaturrecherche zu bestehenden Versuchsständen	59
4.1.1	FH Zwickau	59
4.1.2	Fraunhofer IBP	59
4.1.3	TU Kopenhagen	60
4.1.4	RWTH Aachen	61
4.1.5	Karlsruher Institut für Technologie	62
4.1.6	Fazit der Literaturrecherche	63
4.2	Klimaraum der TU Dresden	65
4.2.1	Einleitung / Anforderungen	65
4.2.2	Detailkonstruktion	66
4.2.3	Aufbau des Klimaraumes	67
4.2.4	Hydraulik des Klimaraumes	70
4.2.5	Klima-/Lüftungstechnik	70
4.3	Mess- und Regelkonzept	72
4.3.1	Regelung der Oberflächentemperatur	72
4.3.2	Regelung der Klimaanlage	73
4.4	Inbetriebnahme	73
4.4.1	Thermographiemessung	73
4.4.2	Funktionstest	75
5	Ergebnisse der Analysen	79
5.1	Probandenstatistik	79
5.1.1	Individuelle Komforttemperatur	80
5.2	Ergebnisse der dynamischen Betrachtungen	81
5.2.1	Methodik der Auswertung	81
5.2.2	Überheizung des Raums	83
5.2.2.1	Klimabewertung	83
5.2.2.2	Thermische Präferenz	86
5.2.2.3	Annehmbarkeit des Innenraumklimas	87
5.2.3	Unterkühlung des Raums	88
5.2.3.1	Klimabewertung	88
5.2.3.2	Thermische Präferenz	90
5.2.3.3	Annehmbarkeit des Innenraumklimas	93
5.2.4	Kontrollgruppe	94
5.2.4.1	Klimabewertung	95
5.2.4.2	Thermische Präferenz	96
5.2.4.3	Annehmbarkeit des Innenraumklimas	98
5.3	Fazit der Probandenuntersuchungen	99
6	Regelungsstrategie	101
6.1	Einleitung	101
6.1.1	Einzelraumregelsysteme ohne Hilfsenergie	101
6.1.2	Einzelraumregelsysteme mit Hilfsenergie	101
6.1.2.1	Zweipunktregler	101
6.1.2.2	PI-Regler	102
6.1.2.3	PID-Regler	102
6.1.3	Optimierter "Behaglichkeitsregler"	103

6.2	Regelverfahren	104
6.3	Numerische Analysen	106
6.3.1	TRNSYS-TUD	106
6.3.2	Varianten / Randbedingungen	106
6.3.2.1	Gebäudemodell	106
6.3.2.2	Äußere und innere Randbedingungen	108
6.3.2.3	Wärmeübergabe	108
6.3.2.4	Variantenmatrix	110
6.4	Analyse der Simulationsergebnisse	112
6.4.1	Energetische Analyse	112
6.4.2	Wärmephysiologische Analyse	114
6.4.2.1	Summenhäufigkeit der Operativen Raumtemperatur	114
6.4.2.2	Einfluss der Betriebsweise auf die Tagesverläufe	118
6.5	Zusammenfassung	123
7	Gesamtfazit / Ausblick	125
	Literatur	127
A	Voruntersuchungen an einem Muster-Flächenelement	133
B	Daten des Einfamilienhauses	138