

INSTITUT FÜR BAUFORSCHUNG E.V., HANNOVER

01 HAF

Das wärmetechnische Verhalten mehrschichtiger Außenwände

**Physikalische Grundlagen
Berechnungsverfahren
25 praktische Beispiele
Vergleichende Untersuchungen
Bauphysikalische Regeln**

**Ein Forschungsbericht von
Dr.-Ing. Friedrich Haferland
Wiss. Rat u. Prof. an der TU
Hannover**

BAUVERLAG GMBH · WIESBADEN - BERLIN

<u>Inhaltsverzeichnis</u>		Seite
A	Verzeichnis der Kapitel	3
B	Verzeichnis der Abbildungen	5
C	Verzeichnis der Wandkonstruktionen	8
D	Verzeichnis der wärmetechnischen Diagramme	9
E	Verzeichnis der Formelzeichen	10
F	Verzeichnis der Literatur	12

A	<u>Verzeichnis der Kapitel</u>	3
1.	<u>Vorbemerkungen und Aufgabenstellung</u>	<u>15</u>

2.	Grundlagen der Wärmeübertragung	19
2.1	Arten der Wärmeübertragung	19
2.2	Die Wärmeübertragung bei Außenwänden	24
2.3	Der stationäre Temperaturverlauf bei Außenwänden	27
2.4	Kriterien des wärmetechnischen Verhaltens	28
2.4.1	Die Wärmespeicherfähigkeit einer Außenwand	29
2.4.2	Die Oberflächentemperatur der inneren Wandseite	32
2.4.3	Die Oberflächentemperatur der äußeren Wandseite	34
2.4.4	Wärmespannungen in den Materialschichten	36
2.4.5	Luftdruckspannungen und Atmungsaktivität	38
2.4.6	Frostgrenzen und Taupunktgrenzen	39
2.5	Der instationäre Temperaturverlauf bei Außenwänden	42

3.	Klimatologische Grundlagen	55
3.1	Vergleichende Zusammenstellung von Klimadaten	55
3.2	Die jährliche Temperatur der Außenluft	55
3.3	Die tägliche Temperatur der Außenluft	59
3.4	Die tägliche Energie der kurzwelligen Strahlung	60
3.5	Die Wechselwirkungen der langwelligen Strahlung	64
3.6	Die Temperatur der Raumluft	67

4.	Berechnungsverfahren für instationäre Wärmeübertragung	69
4.1	Das Differenzenverfahren	69
4.2	Das Differentialverfahren	79
"	Die Temperaturamplitudendämpfung Θ	87
"	Die unbenannte Kenngröße Γ	87
"	Der thermische Wechselstromwiderstand Ω	89
"	Die Wärmestromamplitudendämpfung P	89
"	Die komplexe und reelle Schichtmatrix	91

	Seite
4.3 Praktische Durchführung des Matrizenverfahrens	94
" Die Matrix einer reinen Wärmedämmschicht	99
" Die Wärmeübergangsmatrix	100
" Die Matrix einer reinen Wärmespeicherschicht	104
4.4 Die Sonneneinstrahlung an der Außenseite	108
" Die Berechnung der Strahlungslufttemperatur	109
" Berechnungsbeispiel für zwei mehrschichtige Wände mit spiegelbildlichem Aufbau unter Einstrahlung	118
" Näherungsverfahren für Maximal- und Minimaltemperaturen unter Einstrahlung	128
4.5 Die Abkühlungstemperaturen bei Heizung mit periodischer Heizunterbrechung über Nacht	131
" Näherungsverfahren für Minimaltemperaturen nach periodischer Heizunterbrechung	137
<hr/>	
5. Vergleichende Untersuchungen	141
5.1 Allgemeine Aufschlüsse	141
5.2 Untersuchungen über 25 mehrschichtige Außenwände	152
" Erläuterungen zu den Einzeluntersuchungen	152
" Die Ziegel - Vergleichswand	158
" Die Gruppe A (Massivbauwände)	159
" Die Gruppe B (Holz-Leichtbauwände)	180
" Die Gruppe C (Metall-Vorhangwände)	196
<hr/>	
6. Vergleichende Auswertung der Ergebnisse	210
6.1 Vergleich der Temperaturamplitudendämpfungen Θ und der zugehörigen Phasenverschiebungen ϕ	210
6.2 Vergleich der thermischen Wechselstromwiderstände Ω und der zugehörigen Phasenverschiebungen Ψ	214
6.3 Vergleich der unbenannten Kenngrößen Γ und der zugehörigen Phasenverschiebungen φ	215
6.4 Vergleich der Wärmestromamplitudendämpfungen P und der zugehörigen Phasenverschiebungen ψ	216
6.5 Oberflächentemperaturen im klimatisierten und im nicht klimatisierten Fall bei unbestrahlten Wänden	217
6.6 Oberflächentemperaturen im klimatisierten und im nicht klimatisierten Fall bei bestrahlten Wänden	219
6.7 Oberflächentemperaturen an der Innenseite nach 8-stündiger Heizunterbrechung über Nacht	222
6.8 Temperaturdifferenzen, Materialdehnungsdifferenzen, Luftdruckspannungen und Atmungskondensate	223
6.9 Schlußbetrachtungen	225
<hr/>	
6.10 Anhang: Tabellen der $G(z)$ -Werte	227