

Inhalt

1 Einleitung	1
2 Behaglichkeit	2
2.1 Definitionsversuch	2
2.2 Temperatur	3
2.2.1 Wärmeabgabe des Menschen	3
2.2.2 Empfindungstemperatur	4
2.2.3 Empfindungstemperatur als Auslegungsgröße	5
2.2.4 Temperatursymmetrie	6
2.3 Luftfeuchtigkeit	6
2.3.1 Kühlung durch Befeuchtung	7
2.4 Luftbedarf des Menschen	7
2.4.1 Luftverdünnung kontra Schadstoffemission	8
2.4.2 Luftgeschwindigkeit	8
2.4.3 Lüftungsarten	8
3 Gebäudestandort, Gebäudeumfeld	9
3.1 Gebäudestandort	9
3.2 Gebäudeumfeld	10
3.2.1 Strahlungsangebot	10
3.2.2 Belichtung	10
3.2.3 Windeinfluss	10
3.2.4 Niederschlag	12
3.2.5 Luftfeuchte	12
3.2.6 Temperatur, Wärmestrahlung	12
4 Gebäudeform, -ausrichtung und -organisation	16
4.1 Gebäudeform	16
4.2 Gebäudeausrichtung	17
4.2.1 Besonnung	17
4.2.1.1 Einstrahlungswinkel	19
4.2.1.2 Einfluss einer Wasserfläche vor der Südfassade, Planungsbeispiel	22
4.2.1.3 Sonnenenergieeintrag bei geneigter Fassade, Planungsbeispiel	23
4.2.1.4 Verschattung durch Vegetation, Planungsbeispiel	24
4.2.2 Windeinfluss	27
4.3 Gebäudeorganisation	27
4.3.1 Windsang als Pufferraum, Planungsbeispiel	28
5 Außenbauteile	29
5.1 Außenwände	30
5.1.1 Transmissionswärmeverluste	30
5.1.1.1 Transmissionswärmeverluste, Planungsbeispiel	30
5.1.2 Wärmegewinnungssysteme	31
5.1.2.1 Direkte Wärmegewinnungssysteme	31
5.1.2.2 Indirekte Wärmegewinnungssysteme	31
5.1.2.3 Abgekoppelte Wärmegewinnungssysteme	34
5.1.2.4 Transparente Wärmedämmung (TWD)	34
5.1.3 Sommerlicher Wärmeschutz	37

5.2 Dächer	40
5.2.1 Transmissionswärmeverluste	40
5.2.1.1 Transmissionswärmeverluste, Planungsbeispiel	40
5.2.2 Wärmeeinträge	40
5.3 Fenster	41
5.3.1 Transmissionswärmeverluste	41
5.3.1.1 Verglasung	41
5.3.1.2 Rahmen	41
5.3.1.3 Randverbund	41
5.3.1.4 Temporärer Wärmeschutz	43
5.3.2 Wärmegewinne durch Fenster	43
5.3.2.1 Wintergärten und verglaste Atrien	44
5.3.2.2 Einfluss des Glasflächenanteils auf den Kühl- bzw. den Heizenergiebedarf, Planungsbeispiel	44
5.3.2.3 Behaglichkeit in einem verglasten Atrium, Planungsbeispiel	46
5.3.3 Sonnenschutz	47
5.3.3.1 Überkopfverschattung	48
5.3.3.2 Außenliegende Sonnenschutzvorrichtungen	49
5.3.3.3 Innenliegende Sonnenschutzvorrichtungen	52
5.3.3.4 Sommerlicher Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung (EnEV)	52
5.3.3.5 Einfluss verschiedener Sonnenschutzmaßnahmen auf den Jahres-Kühlenergiebedarf und die Raumlufttemperaturen, Planungsbeispiel	56
5.3.4 Tageslichtnutzung, Lichtlenkung	58
5.4.3.1 Empfehlungen zur Tageslichtnutzung	59
5.4.3.2 Fenstergröße, -anordnung, Raumproportionen	60
5.4.3.3 Diffuslichtumlenkung	61
5.4.3.4 Sonnenschutz mit Diffuslichtdurchlass	61
5.4.3.5 Sonnenlichtlenkung (ohne Sonnenschutz)	63
5.4.3.6 Lichttransport	64
5.4.3.7 Sonnenstandsabhängige Lichtlenk-/Sonnenschutzsysteme	66
5.4.3.8 Lichtstreuende Systeme	67
6 Baustoffe und Bauteile	69
6.1 Eigenschaften von Gläsern	69
6.1.1 Wärmeschutzgläser	69
6.1.2 Sonnenschutzgläser	69
6.1.3 Elektrochrome Gläser	69
6.2 Opake Baustoffe und Bauteile	69
6.2.1 Einfluss der Speichermasse auf die thermische Behaglichkeit	69
6.2.2 Speichervermögen von Baustoffen und Bauteilen	73
6.2.2.1 Einfluss der Speichermasse, Planungsbeispiel	73
6.2.3 Kenngrößen sommerlichen Wärmeschutzes von Dämmstoffen	81
7 Innenraum	80
7.1 Raumgestaltung	80
7.2 Materialauswahl	80
7.3 Befeuchtung durch Pflanzen	81
7.3.1 Befeuchtungspotenzial	81
7.3.2 Zielkonflikt	82

8 Freie Lüftung	82
8.1 Wirkprinzip	82
8.2 Ausgeführte Beispiele	82
8.2.1 Fensterlüftung	82
8.2.2 Atriumbelüftung	84
8.3 Wirksamkeit	84
8.4 Zielkonflikt	85
9 Lufterwärmesucher	86
9.1 Technisches Prinzip	86
9.1.1 Komponenten	86
9.1.2 Temperaturverlauf im Erdreich	87
9.1.3 Integration in die Gebäudetechnik	87
9.2 Wirksamkeit	87
9.2.1 Beispielrechnung	87
9.2.2 Wirtschaftlichkeit	90
9.3 Zielkonflikt	90
10 Erdwärmesonde	91
10.1 Technik	91
10.1.1 Wirkprinzip	91
10.1.2 Komponenten	91
10.2 Wirksamkeit	92
10.2.1 Kühlfall	94
10.2.2 Heizfall	94
10.3 Wirtschaftlichkeit	94
10.4 Erfahrung aus der Praxis	95
11 Adiabate Kühlung	96
11.1 Technik	96
11.1.1 Wirkprinzip	96
11.1.2 Anlagenkomponenten	96
11.2 Auslegung	96
11.3 Wirtschaftlichkeit	97
12 Bauteiltemperierung	97
12.1 Technische Systeme	97
12.2 Betonkerntemperierung	97
12.3 Wirkprinzip	99
12.4 Wirksamkeit	100
12.4.1 Kühlfall	100
12.4.2 Heizfall	100
12.5 Zielkonflikt	102
12.6 Wirtschaftlichkeit	102
12.6.1 Investitionskosten	102
12.6.2 Betriebskosten	103
12.6.3 Konsequenzen für den Bauablauf	103

13 Nachtkühlung	104
13.1 Technik	104
13.1.1 Wirkprinzip und Systeme	104
13.1.2 Nachtlüftung	104
13.2 Wirksamkeit	104
13.2.1 Zielkonflikt	105
13.2.2 Einfluss der Speichermasse	106
13.3 Wirtschaftlichkeit	107
14 Solare Kühlung	108
14.1 Technik	108
14.2 Zielkonflikt	108
15 Spielräume	109
16 Simulation als Planungsinstrument	110
16.1 Dynamisches System	110
16.2 Vorgehensweise bei einer Simulation	111
16.3 Interne und externe Lasten	112
16.4 Simulationsergebnis	113
16.5 Simulationssoftware	113
17 Kurzbeschreibung der Beispielprojekte	115
17.1 Sanierung: Käthe Kollwitz Berufsfachschule in Aachen	115
17.2 Neubau: Bürogebäude Solarstadt Aachen	116
18 Wirtschaftlichkeitsberechnung/Kosten	118
18.1 Anmerkungen zu den genannten Kosten	118
18.2 Anmerkungen zu Aussagen zur Wirtschaftlichkeit	118
Sachwortverzeichnis	119