

Fred Ranft  
Bernhard Frohn

# Natürliche Klimatisierung

Mit einem Geleitwort von Michael Vesper  
und einem Vorwort von Norbert Hüttenhölscher

Herausgegeben von der Energieagentur NRW

Bau Praxis

Birkhäuser Verlag  
Basel · Boston · Berlin

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Behaglichkeit</b>	<b>2</b>
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	Temperaturasymmetrie	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
<b>3</b>	<b>Gebäudestandort, Gebäudeumfeld</b>	<b>9</b>
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
<b>4</b>	<b>Gebäudeform, -ausrichtung und -organisation</b>	<b>16</b>
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	Windfang als Pufferraum, Planungsbeispiel	28
<b>5</b>	<b>Außenbauteile</b>	<b>29</b>
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
5.3.4.1	Empfehlungen zur Tageslichtnutzung .....	59
5.3.4.2	Fenstergröße, -anordnung, Raumproportionen .....	60
5.3.4.3	Diffuslichtumlenkung .....	61
5.3.4.4	Sonnenschutz mit Diffuslichtdurchlass .....	61
5.3.4.5	Sonnenlichtlenkung (ohne Sonnenschutz) .....	63
5.3.4.6	Lichttransport .....	64
5.3.4.7	Sonnenstandsabhängige Lichtlenk-/Sonnenschutzsysteme .....	66
5.3.4.8	Lichtstreuende Systeme .....	67
<b>6</b>	<b>Baustoffe und Bauteile .....</b>	<b>69</b>
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
<b>7</b>	<b>Innenraum .....</b>	<b>80</b>
7.1	Raumgestaltung .....	80
7.2	Materialauswahl .....	80
7.3	Befeuchtung durch Pflanzen .....	81
7.3.1	Befeuchtungspotenzial .....	81
7.3.2	Zielkonflikt .....	82

<b>8 Freie Lüftung</b> .....	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
<b>9 Lufterdwärmetauscher</b> .....	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
<b>10 Erdwärmesonde</b> .....	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
<b>11 Adiabate Kühlung</b> .....	96
11.1 Technik .....	96
11.1.1 Wirkprinzip .....	96
11.1.2 Anlagenkomponenten .....	96
11.2 Auslegung .....	96
11.3 Wirtschaftlichkeit .....	97
<b>12 Bauteiltemperierung</b> .....	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

<b>13 Nachtkühlung</b> .....	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
<b>14 Solare Kühlung</b> .....	108
14.1 Technik .....	108
14.2 Zielkonflikt .....	108
<b>15 Spielräume</b> .....	109
<b>16 Simulation als Planungsinstrument</b> .....	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
<b>17 Kurzbeschreibung der Beispielprojekte</b> .....	115
17.1 Sanierung: Käthe Kollwitz Berufsfachschule in Aachen .....	115
17.2 Neubau: Bürogebäude Solarsiedlung Aachen .....	116
<b>18 Wirtschaftlichkeitsberechnung/Kosten</b> .....	118
18.1 Anmerkungen zu den genannten Kosten .....	118
18.2 Anmerkungen zu Aussagen zur Wirtschaftlichkeit .....	118
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	119