

Bruno Keller & Stephan Rutz

**PINPOINT  
FAKTEN DER BAUPHYSIK  
ZU NACHHALTIGEM BAUEN**

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

## 7 Vorwort

## 9 ENERGIEHAUSHALT

### 10 Komfortbedingungen im Innenraum

- 10 Wärmeempfindung und Reaktion
- 10 Die entscheidenden Behaglichkeitsfaktoren
- 12 Referenzgrößen des Menschen
- 12 met-Wert, menschliche Leistungswerte
- 12 clo-Wert, Wärmedurchlasswiderstand der Bekleidung

### 16 Klimaeinfluss

- 16 Aussentemperatur
- 20 Sonneneinstrahlung

### 30 Grundmechanismen des Energieaustausches

Aussenraum  
Infrarotstrahlung, Konvektion

- 32 Innenraum  
Infrarotstrahlung, Wärmeleitung und Konvektion
- 34 Grenzschicht

### 38 Wärmeaustausch stationär

U-Wert, Temperaturverlauf

- 42 Verlustfaktor  $F_v$
- 44 Konstruktionshinweise

### 46 Wärmeaustausch instationär

Temperaturleitfähigkeit  $a$ ,  
Wärmeeindringvermögen  $b$

- 50 Periodische Anregung:  
Eindringtiefe  $\alpha$ , Energiemenge  $Q_T$
- 52 Dynamische Wärmekapazität  $C$
- 54 Vorwiderstand  $R_v$
- 56 Einmalige Anregung: Zeitkonstante  $\tau$ ,  
Reaktion auf eine Veränderung

### 58 Energiedurchgang durch die opake Gebäudehülle

Stationäre Auswirkung: Temperatur und Einstrahlung

- 60 Instationäre Auswirkung: Temperaturdurchgriff TDG, Strahlungsdurchgriff SDG, Isotherm, Adiabatisch
- 62 Gesamtbilanz für opake Bauelemente
- 66 Konstruktionsvergleich

## 70 Transparente Elemente

Strahlstransmissionsgrad  $\tau_E$ , Sekundärwärmeabgabegrad  $q^{\wedge}$  Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$ ,  $U_g$ -Wert, Tageslichttransmissionsgrad  $\tau_v$ ,

- 72 Spektrale Selektivität  $S$ , Farbwiedergabe  $R_3$
- 76 Sonnenschutz
- 78 Leistungsbilanz

## 80 Luftinfiltration

- 82 Minimaler Luftwechsel
- 84 Maximal anzunehmender Luftwechsel
- 86 Mittlerer zu erwartender Luftwechsel  
Grenz- und Zielwerte für die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle
- 87 Regeln am Bau

## 89 ENERGETISCHE GESAMTOPTIMIERUNG

### 90 Dynamische Kenngrößen eines Raumes

Verlustfaktor  $K$ , Strahlungsempfangsfläche  $A'_{ST}$ , Mittlere Strahlungsdurchlässigkeit  $G$ , Dynamische Wärmekapazität  $C$

- 92 Gewinnfaktor  $\gamma$ , Zeitkonstante  $\tau$   
Leerlauftemperatur  $LLT$

### 94 Energy Design Guide I

Optimierung der Gebäudehülle in der Frühphase

### 100 Energy Design Guide II

Ein Werkzeug für die energetische Optimierung von Bauten

### 106 Sanfte Haustechnik

Thermisch aktive Bauelemente TAB

### 108 Komfortlüftung

### 110 Begriffe des Energiemanagements

Begriffe und Kennzahlen

- 112 Graue Energie - Größenordnung

### 114 Grundsätze

Die wichtigsten Elemente für energieeffizientes Bauen

- 117 FEUCHTE
- 118 **Wasserdampf und Luftfeuchtigkeit**  
Absolute Luftfeuchtigkeit  $v$ , Wasserdampfdruck  $p$ , Sättigungsdampfdruck  $p_{\text{sat}}$ , Relative Luftfeuchtigkeit ( $p$ , Taupunkttemperatur  $e_0$ )
- 119 Dampfdruckkurven
- 120 Dampfdrucktabelle
- 122 Oberflächenkondensation, Schimmelpilzbildung, Temperaturfaktor  $f_{\text{rs}}$
- 124 Vermeidung von Schimmelpilzbildung/ Oberflächenkondensation
- 126 **Wasserdampf diffus Jon**  
Wasserdampfleitfähigkeit  $\bar{O}$ , Diffusionswiderstandszahl  $J$ , diffusionsäquivalente Luftschichtdicke  $s$
- 128 Kondensationsüberprüfung (nach Glaser) - grafisch
- 136 Kondensatmengen-Überprüfung - rechnerisch
- 138 **Grundsätze zur Konstruktion**
- 141 SCHALL
- 142 **Dimension**  
Hörbarer Frequenzbereich, Schallpegel  $L$
- 144 **Schallausbreitung**  
Schallemissionspegel Strassenverkehr
- 146 Lärmschutzverordnung LSV
- 148 Distanzabhängigkeit
- 150 Hinderniswirkung
- 152 Schallschutzwahl, Schallschutzwand
- 160 Absenkung der Strassenführung
- 162 **Luft- und Trittschall**  
Luftschallnachweis
- 163 Lärmempfindlichkeit  
Mindestanforderungen gegen Luftschall von innen, von aussen
- 165 Nomogramm Pegelkorrektur  $AL_{\text{LS}}$ ,  
Volumenkorrektur  $C_v$
- 166 Trittschallnachweis
- 167 Mindestanforderungen Trittschall
- 168 Nomogramm Pegelkorrektur  $AL_{\text{TS}}$ ,  
Volumenkorrektur  $C_v$
- 170 Bewertete Trittschallminderung  $AL^*$
- 172 **Schalldämmregeln**
- 173 Luftschalldämmung von Bauelementen
- 179 RAUMAKUSTIK
- 180 **Laufzeit - Schallreflexionen**  
Direktschall, Erste Reflexionen, Wegunterschiede  $\Delta s$ , Diffusschall
- 182 Nachhallzeit  $T$
- 184 Schallabsorption
- 186 **Raumform**  
Schallverteilung
- 188 Optimierung der Raumform
- 190 Schallreflexion
- 192 **Frequenzwiedergabe**  
Korrekturlemente, Schallabsorption
- 194 **Raumakustische Projektierung**
- 197 TAGESLICHT
- 198 **Lichttechnische Kenngrössen**  
Licht, Lichtstrom  $\Phi_v$ , Strahlungsäquivalent  $K$ , Augenempfindlichkeitskurve
- 200 Lichtstärke  $I$ , Leuchtdichte  $L$ ,  
Beleuchtungsstärke  $E$ , Sekundärquelle  $L$
- 204 Visuelles Auflösungsvermögen  $L/AL$
- 206 Tageslichttransmissionsgrad  $T_v$ ,  
Energiegewicht des Tageslichts,  
Leuchtdichteverteilung des Himmels
- 207 Einfluss der Verschattung
- 208 **Tageslichtquotient TLQ**
- 210 Bestimmung des Tageslichtquotienten TLQ
- 218 **Auswirkungen und Verfügbarkeit von Tageslicht**
- 220 **Tageslicht-Regeln**
- 223 **Anhang**
- 266 Stichwortverzeichnis
- 273 Abbildungsnachweis
- 275 Autorenportraits
- 288 Impressum