

2810 - 7130



dandelion.com

© 2008 AGI-Information Management Consultants
May be used for personal purposes only or by
libraries associated to dandelion.com network.

Ursula Eicker

Solare Technologien für Gebäude

Mit 186 Abbildungen
und 28 Tabellen



Teubner

B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig · Wiesbaden

Inhalt

1	Energieverbrauch von Gebäuden und solares Deckungspotential	15
1.1	Gesamtenergieverbrauch von Gebäuden	15
1.1.1	Wohngebäude	15
1.1.2	Büro- und Verwaltungsbauten	16
1.1.3	Klimatisierung	19
1.2	Bedarfsdeckung durch aktive und passive Solarenergienutzung	21
1.2.1	Aktive Solarnutzung für Strom, Wärme- und Kälteerzeugung	21
1.2.2	Energiebedarfsdeckung durch passive Solarenergienutzung	24
2	Solarstrahlung	26
2.1	Extraterritoriale Solarstrahlung	26
2.1.1	Strahlungsleistung und Spektralverteilung der Solarstrahlung	26
2.1.2	Geometrie Sonne–Erde	29
2.1.2.1	Äquatorkoordinaten	30
2.1.2.2	Horizontkoordinaten	33
2.1.2.3	Sonnenstandsdiagramme	34
2.2	Strahlendurchgang durch die Atmosphäre	37
2.3	Statistische Erzeugung von stündlichen Einstrahlungsdatensätzen	39
2.3.1	Tagesmittelwerte aus Monatsmittelwerten	39
2.3.2	Stundenmittelwerte aus Tagesmittelwerten	43
2.4	Globalstrahlung und Strahlung auf geneigte Flächen	47
2.4.1	Direkt- und Diffusstrahlung	47
2.4.2	Umrechnung der Globalstrahlung auf beliebig geneigte Flächen	48
2.4.2.1	Isotrope Diffusstrahlungsmodell	48
2.4.2.2	Diffusstrahlungsmodell nach Perez	49
2.4.3	Meßtechnische Erfassung der Solarstrahlung	52
2.5	Verschattung	52
3	Solare Wärmeerzeugung	59
3.1	Solartechnische Wasserkollektoren	59
3.1.1	Thermische Kollektortypen	60
3.1.2	Systemtechnik Brauchwassererwärmung	62
3.1.2.1	Solarkreis und Hydraulik	68
3.1.2.2	Wärmespeicherung	68
3.1.2.3	Rohrleitungs- und Zirkulationsverluste	73
3.1.3	Systemtechnik Heizungsunterstützung	75

3.1.4	Große Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung mit Kurzzeitspeicher	76
3.1.4.1	Auslegung großer Solaranlagen	80
3.1.5	Solare Nahwärme	81
3.1.6	Kosten und Wirtschaftlichkeit	85
3.1.7	Betriebserfahrungen und relevante Normen	86
3.1.8	Wirkungsgradberechnung von thermischen Kollektoren	88
3.1.8.1	Temperaturverteilung des Absorbers und Wirkungsgradfaktor F'	89
3.1.8.2	Kollektorwirkungsgradfaktor F'	93
3.1.8.3	Wärmeabfuhrfaktor F_R	93
3.1.8.4	Wärmeverluste thermischer Kollektoren	97
3.1.8.5	Optische Eigenschaften transparenter Abdeckungen und Absorbermaterialien	107
3.1.9	Speichermodellierung	112
3.2	Solare Luftkollektoren	118
3.2.1	Systemtechnik	120
3.2.2	Berechnung der thermischen Nutzung von solaren Luftkollektoren	122
3.2.2.1	Temperaturabhängige Stoffeigenschaften von Luft	122
3.2.2.2	Energiebilanz und Kollektorwirkungsgradfaktor	123
3.2.2.3	Konvektiver Wärmeübergang in Luftkollektoren	125
3.2.2.4	Thermischer Wirkungsgrad von Luftkollektoren	132
3.2.3	Auslegung des Luftkreislaufes	135
3.2.3.1	Kollektordruckverluste	136
3.2.3.2	Luftkanalsystem	137
4	Solares Kühlen	139
4.1.1	Sorptiongesteuerte Klimatisierung	142
4.1.1.1	Einführung in die Technologie	142
4.1.2	Kopplung mit thermischen Solarkollektoren	145
4.1.3	Kosten	145
4.1.4	Physikalische und technologische Grundlagen	146
4.1.4.1	Technologie Sorptionsräder	146
4.1.4.2	Luftzustandsberechnungen	147
4.1.4.3	Entfeuchtungspotential von Sorptionsmaterialien	150
4.1.4.4	Berechnung der Sorptionsisothermen und Isosteren von Silikagel	152
4.1.4.5	Beispielrechnung der Entfeuchtungsleistung eines Sorptionsrotors	157
4.1.5	Technologische Wärmerückgewinnung	160
4.1.5.1	Rekuperatoren	160
4.1.5.2	Regenerativ-Wärmeübertrager	165
4.1.6	Technologie Befeuchter	169
4.1.7	Auslegungsgrenzen und klimatische Randbedingungen	169
4.1.7.1	Anforderungen an Raumtemperaturen und -feuchten	169
4.1.7.2	Regenerationstemperatur und -feuchte	170
4.1.7.3	Berechnung des Zuluftzustands	170
4.1.7.4	Grenzen und Einsatzmöglichkeiten der offenen Sorption	172
4.1.8	Energiebilanz sorptionsgestützter Klimatisierung	173
4.1.8.1	Nutzbare Kälteleistung offener Sorption	173
4.1.8.2	Leistungszahlen und Primärenergieverbrauch	175

4.2	Geschlossene Absorptionskälte	179
4.2.1	Technologie und Einsatzbereiche	179
4.2.2	Kosten	180
4.2.3	Funktionsprinzip	180
4.2.4	Energiebilanzen und Druckverhältnisse	182
4.2.4.1	Verdampfer	184
4.2.4.2	Kondensator	185
4.2.4.3	Adsorptionsprozeß	187
4.2.4.4	Aufheizphase	189
4.2.4.5	Desorptionsprozeß	190
4.2.4.6	Abkühlphase	192
4.2.5	Leistungszahlen	192
4.3	Absorptionskälte	195
4.3.1	Der Absorptionsprozeß und seine Komponenten	196
4.3.1.1	Zweistufiger Absorptionskälteprozeß	198
4.3.1.2	Verdampfer und Kondensator	198
4.3.1.3	Absorber	200
4.3.1.4	Generator	201
4.3.2	Physikalische Grundlagen des Absorptionsprozesses	202
4.3.2.1	Dampfdruckkurven von Arbeitsstoffpaaren und Druckniveaus der Kältemasch.	202
4.3.2.2	Kältemitteldampfkonzentration	205
4.3.3	Energiebilanzen und Leistungszahlen einer Absorptionskältemaschine	207
4.3.3.1	Ideale Leistungszahlen	207
4.3.3.2	Reale Leistungszahlen und Enthalpiebilanzen	209
4.3.4	Absorptions-technik und Solaranlagen	217
5	Netzgekoppelte Photovoltaiksysteme	218
5.1	Aufbau netzgekoppelter Anlagen	218
5.2	Solarzellentechnologien	220
5.3	Modultechnologie	221
5.4	Gebäudeintegration und Kosten	221
5.5	Energieproduktion und Performance Ratio von PV-Systemen	223
5.5.1	Energierückzahlzeiten	224
5.6	Physikalische Grundlagen der Solarstromerzeugung	224
5.7	Strom-Spannungs-Kennlinien	226
5.7.1	Kennwerte und Wirkungsgrad	227
5.7.2	Kurvenanpassungen an die Strom-Spannungs-Kennlinie	228
5.7.2.1	Parameteranpassung aus Moduldatenblättern	233
5.7.2.2	Einfaches explizites Modell für Anlagenauslegung	238
5.7.3	Kennlinienaddition und Generatorverschaltung	240
5.8	PV-Leistung bei Verschattung	241
5.8.1	Bypassdioden und Rückwärtskennlinien von Solarzellen	241
5.9	Einfaches Temperaturmodell für PV-Module	245
5.10	Systemtechnik	248
5.10.1	DC-Verschaltung	248
5.10.1.1	Leitungsdimensionierung	248

5.10.1.2	Systemspannung und elektrische Sicherheit	249
5.10.1.3	Strangdioden und Kurzschlußsicherung	249
5.10.2	Wechselrichter	251
5.10.2.1	Funktionsprinzip	251
5.10.2.2	Elektrische Sicherheit und Netzüberwachung	252
5.10.2.3	Wechselrichterwirkungsgrade	253
5.10.2.4	Leistungsdimensionierung von Wechselrichtern	256
6	Thermische Analyse gebäudeintegrierter Solarkomponenten	261
6.1	Empirisches thermisches Modell gebäudeintegrierter Photovoltaik	262
6.2	Energiebilanz und stationäres thermisches Modell von Doppelfassaden	264
6.2.1	Wärmeübergangskoeffizienten Innenraum und Fassadenluftspalt	268
6.3	Bauteilkennwerte gebäudeintegrierter Solarkomponenten	272
6.4	Warmluftnutzung von Photovoltaikfassaden	275
7	Passive Solarenergienutzung	279
7.1	Passive Solarnutzung durch Verglasungen	279
7.1.1	Gesamtenergiedurchlaßgrad von Verglasungen	280
7.1.2	Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern	282
7.1.3	Neue Verglasungssysteme	284
7.2	Transparente Wärmedämmung (TWD)	285
7.2.1	Funktionsprinzip	285
7.2.2	Verwendete Materialien und Konstruktionen	289
7.3	Wärmespeicherung von Innenbauteilen	291
7.3.1	Bauteiltemperaturen bei Temperatursprüngen	293
7.3.2	Periodisch veränderliche Temperaturen	302
7.3.3	Einfluß solarer Einstrahlung	306
7.4	Lichttechnik und Tageslichtnutzung	308
7.4.1	Solarstrahlung und Lichtstrom	309
7.4.1.1	Photometrisches Strahlungsäquivalent	310
7.4.2	Tageslichtquotienten in seitenbelichteten Räumen	312
7.4.3	Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten	314
7.4.3.1	Leuchtdichte und Helligkeitsempfindung des Auges	318
7.4.3.2	Lichtstärkeverteilung von Leuchten	319
7.4.3.3	Leuchtdichtekontraste und Blendung	320
7.4.3.4	Leuchtdichteverteilung im Außenbereich	321
7.4.4	Fensteranordnung und Tageslicht im Innenraum	324
7.4.4.1	Berechnung der Tageslichtverteilung nach DIN 5034	327
	Literatur	332
	Sachverzeichnis	335