

**Alfred Paulisch
Bernhard Reichel**

Heizen mit Umgebungsenergie

**Sonnenkollektor
Energiedach und -fassade
Wärmepumpe**

Deutscher Consulting Verlag

Inhalt

9	Vorwort
11	1. Verzeichnis der verwendeten Symbole
14	1.1. Tabellen zur Umrechnung von Energieeinheiten, Leistungseinheiten und Einheiten der Strahlungsdichte
15	2. Sonnenenergie
15	2.1. Solarkonstante und Strahlungsbilanz der Erde
17	2.2. Ort, Zeit und Winkelabhängigkeit der Einstrahlung
22	2.3. Verfügbare Formen von Solarenergie
23	3. Bauarten von Solarkollektoren
23	3.1. Flachkollektoren-Stahdar'daufbau
25	3.1.1. Absorberbauarten
26	3.1.2. Absorbtemperatur
27	3.1.3. Aufstellung von Kollektoren
28	3.2. Energiedach und Energiefassade
29	3.3. Vakuumkollektoren
29	3.4. Wärmerohrabsorber
30	3.5. Konzentrierende Kollektoren
31	3.6. Solarkollektoren in Verbindung mit Solarzellen
32	4. Wirkungsweise und Kenngrößen von Flachkollektoren
32	4.1. Wirkungsweise
34	4.2. Kenngrößen
34	4.2.1. Konversionsfaktor und Wirkungsgrad
35	4.2.2. Korrekturfaktor für nicht senkrechten Strahleneinfall
36	4.2.3. Gekrümmte Kennlinien
37	4.2.4. Selektivität
38	4.2.5. Wärmekapazität des Absorbers
38	4.2.6. Maximale Stillstandstemperatur
39	4.2.7. Zulässiger Betriebsdruck
40	5. Kenngrößen zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit
40	5.1. Ermittlung der maximalen Stillstandstemperatur
41	5.2. Ermittlung des Wirkungsgrades
43	6. Wärmepumpe
43	6.1. Prinzip der Wärmepumpe
44	6.2. Wirkungsweise der Wärmepumpe
47	6.2.1. Temperaturdifferenzen
48	6.3. Wärmequellen für Wärmepumpenheizungen
48	6.3.1. Erdreich als Wärmequelle

48	6.3.2. Grundwasser als Wärmequelle
49	6.3.3. Oberflächenwasser als Wärmequelle
49	6.3.4. Umgebungsluft als Wärmequelle
49	6.4. Monovalenter Betrieb mit Wärmepumpe
49	6.5. Bivalenter Betrieb mit Wärmepumpe
50	6.6. Dimensionierung von Wärmepumpenheizungen
52	7. Energiedach und Energiefassade
52	7.1. Bivalenter Wärmepumpenbetrieb mit einem Energiedach
54	7.2. Monovalenter Wärmepumpenbetrieb mit einem Energiedach
54	7.3. Energiedächer aus bauphysikalischer Sicht
56	7.4. Energiefassaden
58	8. Energieausbeute von Kollektoren
58	8.1. Intensitätsverluste
59	8.2. Thermische Verluste
59	8.2.1. Verlustwärmestromdichte
60	8.2.2. Effektive Wärmedurchgangszahl
62	8.2.3. Rechnerische Ermittlung der Wärmeverluste
63	8.3. Energieausbeute verschiedener Kollektorsysteme
63	8.3.1. Kollektoren zur Gewinnung von Wärme höherer Temperatur
66	8.3.2. Einfachkollektoren ohne Abdeckung
67	8.3.3. Energiedach und Energiefassade
69	9. Wärmespeicher
69	9.1. Proportionalspeicher — Wasserspeicher
71	9.2. Latentspeicher — Schmelzspeicher
72	9.3. Einspeisung von Wärme
73	9.4. Großspeicher
76	10. Betriebsanforderungen und Werkstoffe
76	10.1. Vorschriften für Solaranlagen
76	10.2. Einfluß von Verschmutzungen
78	10.3. Wärmeträgerflüssigkeiten
79	10.4. Werkstoffe
79	10.4.1. Aluminium
80	10.4.2. Kupfer
81	10.4.3. Stahl
83	10.4.4. Kunststoffe
85	11. Anlagentechnik und Ausführungsbeispiele
86	11.1. Wärmetransport und Wärmeträger
90	11.1.1. Durchflußmenge und Druckverlust
93	11.2. Anlagen zur direkten Verwendung von Kollektorwärme
93	11.2.1. Schwimmbaderwärmung
94	11.2.2. Brauchwassererwärmung
97	11.2.3. Brauchwassererwärmung und Raumheizung
97	11.3. Anlagen zur Nutzung von Strahlungs- oder Umgebungsenergie in Verbindung mit einer Wärmepumpe

- 11.3.1. Bivalenter Betrieb einer Wärmepumpe mit zwangsbelüftetem Wärmetauscher
- 11.3.2. Bivalenter Betrieb einer Wärmepumpe mit einer Solarkollektoranlage
- 11.3.3. Betrieb einer Wärmepumpe mit einem Energiedach als Wärmequelle
- 11.4. Auslegung von Solaranlagen

12. Beispiele industriell hergestellter Kollektoren

- 12.1. Flachkollektoren in abgedeckter Bauweise**
 - 12.1.1. Buderus AG
 - 12.1.2. Klaus Esser GmbH & Co. KG
 - 12.1.3. Happel KG
 - 12.1.4. Schäfer Werke GmbH
 - 12.1.5. Stiebel-Eltron GmbH
 - 12.1.6. Viessmann Werke KG
- 12.2. Vergleichstafel von Flachkollektoren
- 12.3. Energiedächer und -fassaden, Großflächenabsorber
 - 12.3.1. VAW-Leichtmetall GmbH
 - 12.3.2. Kabel- und Metallwerke, Gutehoffnungshütte AG
 - 12.3.3. Hoesch Siegerlandwerke AG
 - 12.3.4. Winson Wind- und Sonnenenergieanlagen GmbH
- 12.4. Einfachkollektoren
 - 12.4.1. Bosch/Junkers
 - 12.4.2. Prof. Dr.-Ing. Hans Kleinwächter
- 12.5. Vakuumkollektoren
 - 12.5.1. Philips
 - 12.5.2. ERNO Energietechnik GmbH
 - 12.5.3. MBB Messerschmidt-Bölkow-Blohm GmbH
- 12.6. Wärmerohrkollektor
 - 12.6.1. Dornier-System GmbH
- 12.7. Konzentrierende Sonnenkollektoren
 - 12.7.1. Liebi LNC AG
 - 12.7.2. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG
 - 12.7.3. Prof. Dr.-Ing. Hans Kleinwächter

13. Physikalischer Anhang

- 13.1. Temperatur
 - 13.1.1. Wärmeausdehnung
- 13.2. Wärmeenergie — Wärmemenge
 - 13.2.1. Wärmestrom - Wärmefluß
 - 13.2.2. Wärmestromdichte
- 13.3. Wärmekapazität
 - 13.3.1. Spezifische Wärmekapazität
- 13.4. Änderung des Aggregatzustandes
- 13.5. Wärmeübertragung
 - 13.5.1. Stationäre Zustände und nichtstationäre Vorgänge

140	13.5.2. Wärmeleitung
141	13.5.3. Wärmeübergang — Konvektion
142	13.5.4. Wärmedurchgang
143	13.6. Strahlung von Temperaturstrahlern
143	13.6.1. Stefan-Boltzmannsches Gesetz der Temperaturstrahlung
144	13.6.2. Wiensches Verschiebungsgesetz
144	13.7. Spektrale Strahlungsgrößen von Körpern
145	13.7.1. Emissionsvermögen von Temperaturstrahlern
145	13.7.2. Strahldichte und scheinbare Empfängerfläche
146	13.8. Wärmeaustausch durch Strahlung
147	13.8.1. Einfluß des Strahlungsanteils beim Wärmedurchgang durch Luftschichten oder Vakuum
148	Literaturverzeichnis
150	Bildnachweis
151	Stichwort