

Hartmut Frey

Energieautarke Gebäude

Auf dem Weg zu Smart Energy Systems

Springer Vieweg

Inhaltsverzeichnis

1 Energieautarke Gebäude	1
1.1 Einleitung	1
Literatur	3
2 Passivhausgestaltung	5
2.1 Einführung	5
2.2 Physikalische Grundlagen	6
2.2.1 Wärmedurchgangskoeffizient	7
2.2.2 Wärmeleitfähigkeit	12
2.2.3 Wärmedämmung	20
2.2.4 Analyse gebräuchlicher Dämmstoffe	26
2.3 Grundsätzlicher Vergleich der Dämmsysteme	36
2.3.1 Außendämmung	37
2.3.2 Kerndämmung	38
2.3.3 Innendämmung	38
2.3.4 Befestigung der Dämmplatten	42
2.3.5 Architektonische Gestaltung	45
2.3.6 Brandverhalten	48
2.3.7 Stoßfestigkeit	49
2.3.8 Rückbau	50
2.3.9 Verwertung	50
2.4 Gesetzliche Bestimmungen	51
2.5 Wärmedämmung und Wirtschaftlichkeit	51
2.6 Probleme bei der Wärmedämmung	52
2.6.1 Algenbefall an Bauteilen im Außenklima	52
2.6.2 Wärmedämmung und Feuchtigkeit	52
2.7 Wärmeverluste von Fenstern	53
2.7.1 Wellenlängenselektive Beschichtung („Low-E“)	56
2.7.2 Entwicklungstendenzen	64
Literatur	65

3	Wärmebrückenfreie Konstruktionen	67
3.1	Einführung	67
3.2	Indirektes Verfahren zur einfachen Bestimmung des Wärmeverlusts	71
3.2.1	Berechnungsbeispiel	73
3.3	Direktes Verfahren	80
3.4	Grundsätzliches zur Verringerung von Wärmebrücken	90
3.4.1	Wärmebrücken durch unsachgemäße Ausführung	92
3.5	Thermographie	93
*3.5.1	Prinzip	93
3.5.2	Mögliche Messfehler	93
3.5.3	Passive Thermographie	95
	Literatur	96
4	Solarenergienutzung durch optimale Gebäudegestaltung	97
4.1	Einleitung	97
4.2	Solarthermie	100
4.2.1	Physikalische Grundlagen	100
4.2.2	Solarkollektoren	101
4.2.3	Anwendungen in Gebäuden	109
4.2.4	Wärmespeichersysteme	110
4.3	Wärmeübertragung und Strömungsvorgänge	119
4.3.1	Einführung	119
4.3.2	Wärmeübertragung durch Konvektion	121
4.4	Wärmeübertrager	140
4.4.1	Einleitung	140
4.4.2	Wärmedurchgang	141
4.4.3	Grundgleichung zur Berechnung von Wärmeübertragern	142
4.4.4	Wirtschaftlichkeit	150
4.4.5	Konstruktives und Sonderbauarten	151
4.4.6	Sonderbauarten ohne Rohrbündel	153
4.5	Wärmeträgermedien	153
4.5.1	Wasser	154
4.5.2	Wasser-Alkohol-Lösungen	154
4.5.3	Ethylenglykol (Ethylenglycol)	155
4.5.4	Diethylenglykol (Diethylenglycol)	155
4.5.5	Triethylenglykol (Triethylenglycol)	155
4.5.6	Propylenglykol (Propylenglycol)	156
4.5.7	Luft	156
4.5.8	Thermalöle	156
4.6	Photovoltaik	158
4.6.1	Einleitung	158
4.6.2	Physikalische Grundlagen	159
4.6.3	Solarzelle als elektrisches Bauelement	164

4.6.4	Materialien	166
4.6.5	Solarzellenmodule	201
4.6.6	Wirkungsgrad- und Herstellungskostenvergleich verschiedener Solarzellentypen	206
4.6.7	Energieertrag einer Photovoltaikanlage	210
4.6.8	Sicherheitsbetrachtungen	212
4.6.9	Smart Grid/Hybrid	213
4.6.10	Erntefaktor	214
4.6.11	Normung	218
4.6.12	Kosten von Photovoltaikanlagen	219
4.6.13	Recycling	220
4.7	Sonnenstrahlung und Klimatisierungsbedarf von Gebäuden	223
4.7.1	Gebäudeklimatisierung mit Solarstrom	223
	Literatur	227
5	Windkraftanlagen	229
5.1	Einleitung	229
5.2	Energieertrag	230
5.2.1	Leistungsdichte des Windes	230
5.2.2	Verlustloser Leistungsbeiwert	230
5.2.3	Verluste	233
5.2.4	Ertrag	233
5.2.5	Auslegung des Rotors	235
5.2.6	Typenklasse (Windklasse)	237
5.2.7	Bestandteile und Technik von Windkraftanlagen	239
	Literatur	271
6	Innenklimaerzeugung ohne separates Heizungssystem und ohne Klimaanlage	273
6.1	Einleitung	273
6.2	Messsystem	274
6.3	Behaglichkeitskriterium Temperatur und Feuchtigkeit	274
6.3.1	Die Temperaturregelung des menschlichen Körpers	277
6.3.2	Die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers	278
6.4	Verunreinigungen der Raumluft und ihre Bekämpfung	281
6.4.1	Umluft Zirkulation (Lüftungsanlage)	285
6.4.2	Reale Gase und Dämpfe	293
6.5	Konzeption von Lüftungsanlagen	302
6.5.1	Berechnung von Lüftungskanälen	307
6.6	Typen von Ventilatoren	313
6.6.1	Einleitung	313
6.6.2	Physikalische Grundlagen	315
	Literatur	324

7 Wärmepumpen	325
7.1 Physikalische Grundlagen	325
7.2 Wärmepumpentypen	330
7.2.1 Theoretische Verflüssigungsarbeit	332
7.2.2 Joule-Thomson-Effekt bzw. Drosselentspannung	333
7.3 Realisierung von Wärmepumpen	338
7.3.1 Leistungszahl und Gütegrad	339
7.3.2 Kältemittel	340
7.4 Ausführungsarten von Wärmepumpen	341
7.4.1 Kompressionswärmepumpe	341
7.4.2 Absorptionswärmepumpe	342
7.4.3 Adsorptionswärmepumpe	347
7.4.4 Vuilleumier-Kreisprozess	357
7.4.5 Einsatzgebiete von Sole-Wasser-Wärmepumpen	361
7.4.6 Oberflächennahe Nutzung der Erdwärme	362
Literatur	364
8 Speicherung von elektrischer Energie	365
8.1 Einleitung	365
8.2 Prinzip der Lithium-Ionen-Akkumulatoren	369
8.2.1 Ladeverfahren	386
8.2.2 Abschaltkriterien	389
8.2.3 Selbstentladung	392
8.3 Aufbau und Sicherheitsaspekte	393
8.4 Elektrische Energiespeichersysteme für Smart-Energy-Grids	395
8.5 Umweltbilanz	400
8.5.1 CO ₂ -Bilanz	400
8.5.2 Recycling	401
8.6 Fertigungsmethoden (Johannes Strasser, Festo AG&CoKG)	401
8.6.1 Gängige Akkumulator Formen	401
8.6.2 Prozessbeeinflussende Merkmale	402
8.6.3 Fertigungsschritte	403
8.6.4 Abieiter verbinden (= Tab-Welding)	410
8.6.5 Verpacken der Zellstapel	411
8.6.6 Elektrolyt einfüllen	412
Literatur	413
9 Brennstoffzellen	415
9.1 Einleitung	415
9.2 Physikalische Grundlagen	415
9.2.1 Phosphorsaure Brennstoffzelle (PAFC-Phosphoric Acid Fuel Cells)	420
9.2.2 Alkalische AFC (Alkaline Fuel Cells) Brennstoffzelle	424
9.2.3 Schmelzkarbonat Brennstoffzelle (MCFC)	425

9.2.4	Hochtemperatur mit oxidischem Elektrolyten (SOFC) Brennstoffzelle	426
9.2.5	PEMFC-Membranbrennstoffzelle	429
9.3	Alternative Brennstoffe für Brennstoffzellen	437
9.3.1	Methanol	437
9.3.2	Erdgas	439
9.4	Reformierungsprozesse	439
9.4.1	Gasaufarbeitung	443
9.5	Direktmethanolbrennstoffzelle	444
9.6	Reversible Brennstoffzellen	445
9.6.1	Thermodynamische Grundlagen	445
9.7	Brennstoffzellenheizung	447
9.8	Wasserstoffspeicher und Elektrolyseur	449
9.8.1	Einleitung	449
9.8.2	Elektrolyseverfahren	452
9.8.3	Wasserstoffspeicherung	453
9.8.4	Sicherheit	461
	Literatur	462
10	Photobioreaktoren	465
10.1	Gebäudeintegrierte Biomasseerzeugung	466
10.2	Aufbau Fassadensystem	468
10.2.1	Photobioreaktor-Paneel	470
10.3	Energiegewinnung	472
10.3.1	Integration Haustechnik	474
	Literatur	476
11	Mikrogasturbine	479
11.1	Einleitung	479
11.2	Aufbau	479
11.3	Einsatz zur Energieerzeugung in Smart Energy Systems	482
	Literatur	483
12	Energie-Management	485
12.1	Einleitung	485
12.2	Management komplexer gebäudetechnischer Anlagen	489
12.2.1	Abgrenzung zur Gebäudesystemtechnik	489
12.2.2	Gebäudeautomation in drei Ebenen	490
12.3	Voraussetzung für die Gebäudeautomation	491
12.3.1	Elemente der Gebäudesystemtechnik	492
12.4	Gebäudeautomatisierung mit dem KNX-System	498
12.4.1	Übertragungsmedien	499
12.4.2	Das KMX OSI Kommunikationsprotokoll	509
12.4.3	KNX-Netzverwaltung und Adressierung	510

12.4.4 Software zur Programmierung des KNX Gebäudeautomatisierungssystems	515
12.4.5 Ethernet-Busanbindung	517
12.4.6 Vorteile von KNX-Netzen	523
12.4.7 Nachteile von KNX	523
12.4.8 Weiterentwicklung und Zukunft	524
12.5 Gebäudeautomation mit dem LON-Feldbussystems	524
12.5.1 Topologie des LON-Systems	525
12.5.2 LON-Medien und Datenübertragungsverfahren	527
12.5.3 LON-Adressierung	530
12.5.4 Software für LON	534
12.6 Pro und Kontra von automatisiertem Gebäudemanagement	535
Literatur	536