

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Gründe für eine Wärmepumpenheizung	2
1.2	Vorbehalte gegenüber Wärmepumpenheizungen	3
2	Politische und gesetzliche Rahmenbedingungen von Wärmepumpenheizungen	5
2.1	Klimaschutzziele im Überblick	6
2.1.1	Bewertung und Möglichkeiten zur Erreichung der politischen Ziele	7
2.2	EU-Energielabel	8
2.3	Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)	9
2.3.1	Förderung von Wohngebäuden (BEG WG)	10
2.3.2	Förderung von Einzelmaßnahmen (BEG EM)	12
2.3.3	Fördervoraussetzungen und förderfähige Wärmepumpenheizungen	14
2.3.4	Förderfähige Kosten	15
3	Marktanalyse und Bedeutung von Wärmepumpenheizungen	17
3.1	Marktsituation des Gebäudesektors	18
3.1.1	Struktur des Gebäudebestands	18
3.1.2	Endenergieverbrauch von Wohngebäuden	19
3.1.3	Marktanteile von Wärmeerzeugern	20
3.2	Marktsituation des Wärmepumpenmarktes	22
4	Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit von Wärmepumpenheizungen	27
4.1	Effizienz und Leistung von Wärmepumpen	28
4.1.1	Vergleich von Wärmepumpen	28
4.1.2	Leistungskennzahlen von Wärmepumpenheizungen	29
4.1.3	Bilanzgrenzen	34
4.1.4	Vergleich von Energieeffizienzklassen und ETAs-Werten	35
4.2	Umweltfreundlichkeit von Wärmepumpenheizungen	35
4.2.1	Energieflussdiagramm	35
4.2.2	CO ₂ -Bilanz der Wärmepumpenheizung	37
4.3	Kosten von Wärmepumpenheizungen	39
4.3.1	Energiekosten	40
4.3.2	Investitionskosten	42
4.3.3	Betriebskosten	43
4.3.4	Kostenvergleich mit anderen Heizungssystemen	47
5	Technik von Wärmepumpenheizungen	61
5.1	Grundlegendes zur Technik von Wärmepumpenheizungen	62
5.1.1	Bauformen und Einsatzgebiete von Wärmepumpenheizungen	62
5.1.2	Hauptkomponenten einer Wärmepumpenheizung	63

5.2	Technik einer Wärmequellenanlage (WQA)	63
5.2.1	Wärmequellen	63
5.2.2	Luft/Wasser-Wärmepumpen (LWP)	66
5.2.3	Sole/Wasser-Wärmepumpen (SWP)	73
5.2.4	Wasser/Wasser-Wärmepumpen (WWP)	79
5.2.5	Luft/Luft-Wärmepumpen (LLWP)	82
5.3	Technik einer Wärmepumpe	84
5.3.1	Funktionsprinzip einer Wärmepumpe	84
5.3.2	Kältekreis und Bauteile der Wärmepumpe	88
5.3.3	Kältemittel	98
5.3.4	Strom als Antriebsenergie von Wärmepumpen	103
5.3.5	Elektroheizstab in einer Wärmepumpe	105
5.3.6	Leistungsregelung von Wärmepumpen	105
5.3.7	Betriebsarten von Wärmepumpenheizungen	108
5.4	Technik einer Wärmenutzungsanlage (WNA)	110
5.4.1	Bauteile einer Wärmenutzungsanlage	111
5.4.2	Pufferspeicher	111
5.5	Digitalisierung von Wärmepumpenheizungen	114
5.5.1	Das vernetzte Gebäude – Smart Home-Technologie	116
5.5.2	Intelligentes Stromnetz (Smart Grid)	117
5.5.3	Moderne Messeinrichtung und intelligentes Messsystem	117
6	Planung von Wärmepumpenheizungen	119
6.1	Wärmebedarfsermittlung	122
6.1.1	Grundlegendes	122
6.1.2	Heizlastberechnung des Gebäudes	122
6.1.3	Leistungszuschlag für die Brauchwassererwärmung	127
6.1.4	Leistungszuschlag für Sperrzeiten	129
6.1.5	Gesamtheizlast	130
6.1.6	Überblick der Methoden zur Heizlastberechnung	131
6.2	Planung einer Wärmequellenanlage (WQA)	131
6.2.1	Grundlegendes	131
6.2.2	Wahl einer Wärmequelle	132
6.2.3	Luft/Wasser-Wärmepumpen (LWP)	133
6.2.4	Sole/Wasser-Wärmepumpen (SWP)	137
6.2.5	Wasser/Wasser-Wärmepumpen (WWP)	147
6.2.6	Rückbau von Wärmequellenanlagen	153
6.2.7	Planungsübersicht und Vergleich der Wärmequellenanlagen	154
6.3	Planung einer Wärmepumpe (WP)	154
6.3.1	Grundlegendes	154
6.3.2	Wahl der Betriebsart einer Wärmepumpe	154
6.3.3	Auslegung der Leistungsgröße einer Wärmepumpe	159
6.4	Planung einer Wärmenutzungsanlage (WNA)	172
6.4.1	Grundlegendes	172
6.4.2	Volumenstrom und Temperaturspreizung	173
6.4.3	Rohrnetzdimensionierung	176
6.4.4	Auslegung des Pufferspeichers	177
6.4.5	Hinweise zur Einstellung einer Heizkurve	179
6.4.6	Hydraulischer Abgleich	181

6.5	Brauchwassererwärmung	183
6.5.1	Brauchwassererwärmung mit der Heizungswärmepumpe	184
6.5.2	Brauchwassererwärmung mit der Brauchwarmwasser- Wärmepumpe (BWWP)	194
6.6	Kühlen mit Wärmepumpenheizungen	195
6.6.1	Grundlegendes	195
6.6.2	Kühlungsarten	197
6.6.3	Wärmeübergabesysteme zum Kühlen	200
6.6.4	Anlagentechnische Voraussetzungen für den Kühlbetrieb	202
6.6.5	Auslegungshinweise für den Kühlbetrieb	203
6.7	Schallemissionen von Wärmepumpen	204
6.7.1	Grundlegendes	204
6.7.2	Schallquellen bei Wärmepumpen	206
6.7.3	Gesetzliche Vorschriften	206
6.7.4	Ermittlung der Geräuschemissionen für Geräte im Freien	207
6.7.5	Mindestabstände	210
6.7.6	Schalldämmende Maßnahmen von Luft/Wasser – Wärmepumpen	210
6.7.7	Schalltechnische Empfehlungen zur Wahl der Wärmepumpe	213
6.8	Bestandsgebäude mit Wärmepumpenheizungen	214
6.8.1	Grundlegendes	214
6.8.2	Modernisierungsmöglichkeiten	216
6.8.3	Bestimmung der erforderlichen Vorlauftemperatur	218
6.8.4	Eignung von Wärmeübergabesystemen für Wärmepumpen	221
6.8.5	Hydraulische Anforderungen an Wärmepumpenheizungen	223
6.8.6	Empfehlungen zur Wahl der Wärmepumpe	223
6.9	Hybride Wärmepumpenheizungen	225
6.9.1	Grundlegendes	225
6.9.2	Hydraulische Einbindung von hybriden Systemlösungen	225
6.9.3	Regelung von bivalenten Wärmepumpenheizungen	226
6.10	Wärmepumpenheizungen mit Photovoltaikanlagen	228
6.10.1	Grundlegendes	228
6.10.2	Anlagenaufbau und -konfigurationen	230
6.10.3	Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage	233
6.10.4	Schnittstellen zwischen PV-Anlage und Wärmepumpe	238
6.11	Hydrauliksaltungen einfacher Wärmepumpenheizungen	238
6.11.1	Wärmepumpenheizung ohne Pufferspeicher und mit Brauchwarmwasserspeicher	238
6.11.2	Wärmepumpenheizung mit Reihenspufferspeicher und Brauchwarmwasserspeicher	238
6.11.3	Wärmepumpenheizung mit Trennpufferspeicher und Brauchwarmwasserspeicher	240
6.11.4	Wärmepumpenheizung mit Trennpufferspeicher, Brauchwarmwasserspeicher und passiver Kühlung	240
7	Optimierung von Wärmepumpenheizungen	243
7.1	Grundlegendes	244
7.2	Grundregeln für eine hohe Anlageneffizienz	245
7.3	Check-Liste allgemeiner Optimierungsmöglichkeiten	246
7.4	Beispiele zur Optimierung der Anlagenhydraulik	247

8	Erfahrungen mit Wärmepumpenheizungen in der Praxis ...	251
8.1	Erfahrungen von Endkunden	252
8.2	Ergebnisse aus Feldmessungen von Wärmepumpenanlagen des Fraunhofer ISE	252
8.2.1	„WP im Gebäudebestand“ (2010)	253
8.2.2	„WP Monitor“ (2014)	253
8.2.3	„WPsmart im Bestand“ (2020)	254
8.3	Häufige Störungen und Fehler in der Wärmequellenanlage	255
8.4	Ausführungsbeispiel: Zweifamilienhaus	256
9	Diskussion, Ausblick und Perspektive	261
9.1	Verantwortung der Politik	262
9.2	Verantwortung von Bauherren	263
9.3	Technische Entwicklung von Wärmepumpenheizungen	264
10	Fazit	267
	Serviceteil	
	Anhang	272
	Glossar	276
	Literatur	283
	Stichwortverzeichnis	289