

Inhalt

Vorwort	5
1 Einführung in die Technologie der Wärmepumpen	19
1.1 Grundlagen der Wärmepumpentechnologie	19
1.1.1 Historische Entwicklung der Wärmepumpentechnologie	19
1.1.2 Prinzip der Wärmepumpentechnologie	20
1.1.3 Hauptkomponenten einer Wärmepumpenanlage	21
1.2 Typen (Bauarten) von Wärmepumpen und ihre Anwendungsbereiche	23
1.2.1 Erdwärme: Sole-Wasser-Wärmepumpen	23
1.2.2 Luft: Luft-Wasser-Wärmepumpen	23
1.2.3 Luft: Luft-Luft-Wärmepumpen	24
1.2.4 Grundwasser: Wasser-Wasser-Wärmepumpe	24
1.2.5 Hybridwärmepumpen	25
1.2.6 Anwendungsbereiche des optimalen Wärmepumpentyps	27
1.3 Vorteile und Grenzen von Wärmepumpensystemen	28
2 Technische Details von Wärmepumpen	31
2.1 Funktionsweise	31
2.1.1 Kältekreislauf einer Wärmepumpenanlage, einfach erklärt	32
2.1.1.1 Verdampfen: Wärmeaufnahme durch das Kältemittel	33
2.1.1.2 Verdichten: Erhöhung von Druck und Temperatur	33
2.1.1.3 Verflüssigen: Wärmeübertragung an das Heizsystem	33
2.1.1.4 Entspannen: Rückführung in den Ausgangszustand	34
2.1.2 Komponenten einer Wärmepumpe	34
2.1.2.1 Verdampfer	35
2.1.2.2 Kompressor	35
2.1.2.3 Kondensator	36
2.1.2.4 Expansionsventil	37
2.2 Verschiedene Typen von Wärmepumpen	40
2.2.1 Luft-Wasser-Wärmepumpen	40
2.2.1.1 Effiziente Nutzung von Luft als Wärmequelle	40
2.2.1.2 Typen der Luft-Wasser-Wärmepumpen	40
2.2.1.3 Luft-Wasser-Wärmepumpen mit unregelmäßigem Verdichter	41
2.2.1.4 Marktentwicklung und Effizienzsteigerungen	41
2.2.1.5 Herausforderungen bei bestimmten Wetterbedingungen	41
2.2.1.6 Einsatzgrenzen und zusätzliche Heizsysteme	42

2.2.1.7	Luft-Wasser-Wärmepumpe in Kompaktbauweise	42
2.2.1.8	Luft-Split-Wärmepumpen	43
2.2.1.9	Zusammenfassend für Luft-Wasser-Wärmepumpen	43
2.2.2	Wasser-Wasser-Wärmepumpen	44
2.2.2.1	Nutzung von Grundwasser	44
2.2.2.2	Nutzung von Oberflächenwasser	45
2.2.2.3	Zwischenkreis zur Systemschutz	45
2.2.2.4	Effizienz und Leistungsfähigkeit	45
2.2.2.5	Zusammenfassend für Wasser-Wasser-Wärmepumpen	45
2.2.3	Sole-Wasser-Wärmepumpen	46
2.2.3.1	Optimale Wärmegewinnung aus der Erde für nachhaltiges Heizen	46
2.2.3.2	Die Funktionsweise der Erdwärmepumpe	46
2.2.3.3	Wärmequelle Erdreich – Erdkollektoren	47
2.2.3.4	Effizienz und Umgebungsbedingungen:	48
2.2.3.5	Zusammenfassend für Sole-Wasser-Wärmepumpen:	48
2.3	Betriebsmodi und Steuerungstechnologien	48
2.3.1	Betriebsmodi	48
2.3.2	Steuerungstechnologien:	49
2.4	Wichtige Kennzahlen der Wärmepumpe	49
2.4.1	Jahresarbeitszahl (JAZ)	50
2.4.2	Leistungszahl (COP)	51
2.4.3	Heizleistung	51
2.4.4	Elektrische Leistungsaufnahme	52
2.4.5	Vorlauftemperatur	52
2.4.6	Quellentemperatur	52
2.4.7	Betriebsstunden	52
2.4.8	Wärmemenge (Q)	52
2.4.9	Anlaufhäufigkeit	52
2.4.10	Schallleistungspegel	53
2.5	Betriebsweisen von Wärmepumpenanlagen	53
2.5.1	Monovalente Betriebsweise	53
2.5.2	Monoenergetische Betriebsweise	53
2.5.3	Bivalente Betriebsweise	54
2.5.4	Bivalent-alternative Betriebsweise	54
2.5.5	Bivalent-parallele Betriebsweise	54
2.6	Kältemittel	54
2.6.1	Definition von Kältemitteln	54
2.6.2	Einsatzorte von Kältemitteln in Wärmepumpen	55
2.6.3	Typen von Kältemitteln: FCKW, HFCKW, HFKW und natürliche Kältemittel	55

2.6.4	Aktuelle und zukünftige Kältemittel: Bezug zu GWP.	55
2.6.5	Das Kältemittel der Zukunft: Propan?	57
2.7	Wärmepumpen und Klimaanlage	58
2.7.1	Technische Grundlagen	58
2.7.2	Praktische Anwendung	59
2.7.3	Nutzen für Elektrofachkräfte	59
2.8	Wärmepumpen mit eigener PV-Anlage	59
2.8.1	Technische Grundlagen	59
2.8.2	Praktische Anwendung	60
2.8.3	Nutzen für Elektrofachkräfte	60
2.9	Warmwassererwärmung mit Wärmepumpen.	60
2.9.1	Heizungswärmepumpen und Warmwasser	61
2.9.2	Minimalkonzept: Drei-Wege-Ventil	61
2.9.3	Effizienz und Temperaturanforderungen	61
2.9.4	Legionellen und Sicherheitsaspekte	62
2.10	Technische Herausforderungen und Lösungsansätze für Wärmepumpen	62
2.10.1	Effizienz bei extremen Temperaturen	62
2.10.2	Geräuschpegel bei Luft-Wärmepumpen	63
2.10.3	Integration in bestehende Heizsysteme	63
2.10.4	Dimensionierung und Installation	63
2.10.5	Wartung und Inspektion.	64
2.10.6	Integration mit Photovoltaikanlagen und Warmwasserbereitung	64
3	Gesetze, DIN-VDE-Normen und Richtlinien	
	zur Wärmepumpentechnik	67
3.1	Gesetze und Regelungen für mehr klimafreundliche Heizungen	67
3.1.1	Kurzer Überblick über wichtige Gesetze und Verordnungen	68
3.1.2	Zielsetzung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)	69
3.1.3	Anforderungen und Förderungen beim Heizungstausch	69
3.1.4	Technologische Vielfalt für klimafreundliches Heizen	70
3.1.5	Übergangslösungen bei Heizungsausfällen	71
3.2	Überblick über DIN-VDE-Normen, VDE-Anwendungsregeln, VDI-Richtlinien, Leitfäden und DGUV-Vorschriften und Sicherheitsstandards	71
3.2.1	VDI 4640: Thermische Nutzung des Untergrunds	72
3.2.2	VDI 4645: Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern	72
3.2.3	VDI 4650 Blatt 1: Berechnung von Wärmepumpenanlagen	72
3.2.4	DIN EN 387-1, DIN EN 1264, DIN 8901	73

3.2.5	Historische Entwicklung der Wärmebedarfsberechnung: DIN 4701 . . .	73
3.2.6	DIN EN 12263: Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitsschalteneinrichtungen zur Druckbegrenzung – Anforderungen und Prüfungen	73
3.2.7	DIN EN 12831: Energetische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast	73
3.2.7.1	DIN EN 12831-1: Raumheizlast, Modul M3-3	73
3.2.7.2	DIN EN 12831-3: Trinkwassererwärmungsanlagen, Heizlast und Bedarfsbestimmung, Module M8-2, M8-3	74
3.2.8	DIN 4708-2: Zentrale Wassererwärmungsanlagen – Regeln zur Ermittlung des Wärmebedarfs zur Erwärmung von Trinkwasser in Wohngebäuden	74
3.2.9	DIN EN 15450: Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen	74
3.2.10	DIN EN 14825: Leistungsbemessung von Klimaanlage und Wärmepumpen	75
3.2.11	Zurückgezogene Normen: DIN 1988-3 und VDI/DVGW 6023	75
3.2.12	Trinkwasserverordnung	75
3.2.13	DVGW-Arbeitsblatt W 551(A):2024-04	75
3.2.14	DIN EN 14511: Luftkonditionierer und Wärmepumpen	75
3.2.15	Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und Bundesberggesetz (BBergG)	76
3.2.16	Chemikalien-Klimaschutz-Verordnung (ChemKlimaschutzV) und F-Gase-Verordnung	76
3.2.17	Ökodesign-Richtlinie	76
3.2.18	Wasserwirtschaftliche Anforderungen in NRW	76
3.2.19	Energielabel für Wärmepumpen	76
4	Energieeffizienz und Umweltaspekte	79
4.1	Effizienzvergleich mit anderen Heizsystemen	81
4.1.1	Effizienzkennzahlen	82
4.1.2	Vergleich der Heizsysteme	82
4.1.3	Vorteile der Wärmepumpen	82
4.2	Umweltvorteile von Wärmepumpen	83
4.3	Förderungen und Subventionen	86
4.4	Langzeitstudien und Lebenszyklusanalysen	89
5	Auswahl und Planung von Wärmepumpenanlagen	91
5.1	Auswahl und Dimensionierung	92
5.2	Planungsgrundlagen	96
5.2.1	Projektierung und Planungsvorbereitung	99

6	Anschluss von Wärmepumpenanlagen an das elektrische Verteilungsnetz	101
6.1	Technische Anforderungen und DIN-VDE-Normen	101
6.2	Kernaspekte und Maßnahmen	101
6.2.1	Hauptstromversorgungssystem	104
6.2.2	Zählerplätze	106
6.2.3	Stromkreisverteiler	108
6.2.4	Steuerung und Datenübertragung	108
6.2.5	Anbindung von Kommunikationsanlagen	109
6.3	Netzintegration und Energiemanagement	110
6.4	Schutzmaßnahmen und Fehlervermeidung	112
6.5	Auswirkungen auf die Netzstabilität und Lastmanagement	113
6.5.1	Kritische Schritte und Maßnahmen – EVU-Sperrzeiten für Wärmepumpenanlagen	113
6.5.2	Weitere Maßnahmen	115
6.5.2.1	Analyse der Auswirkungen von Wärmepumpenanlagen auf die Netzstabilität	115
6.5.2.2	Entwicklung und Umsetzung von Lastmanagementstrategien	115
6.5.2.3	Nutzung von Energiespeichern zur Glättung von Lastspitzen	116
7	Elektrische Errichtung von Wärmepumpenanlagen	117
7.1	Zentrale Aspekte und Handlungsempfehlungen plakativ dargestellt	118
8	Erdungsfragen und elektromagnetische Verträglichkeit	145
8.1	Einführung zu Erdungsanlagen für Wärmepumpen	145
8.2	Erdungsanlagen für Gebäude	146
8.3	Erdungsprinzipien und Methoden spezifisch für Wärmepumpenanlagen	148
8.3.1	Spezifische Erdungsanforderungen für Wärmepumpen	148
8.3.2	Messwerte und Prüfmethode	148
8.3.3	Praktische Hinweise zur Installation	149
8.3.4	Inspektion und Dokumentation	149
8.3.5	Blitzschutz und Überspannungsschutz	149
8.4	EMV-Anforderungen und -Maßnahmen zur Vermeidung von Störungen	150
8.5	Praktische Fallbeispiele	152
8.5.1	Wichtige Praxismaßnahmen und häufige Probleme bei der Erdung und EMV	152
8.5.2	Analyse von Fallbeispielen und deren Lösungen	152

8.5.3	Tipps zur Vermeidung und Behebung von Problemen	153
9	Interaktionen mit anderen Gebäudetechniken	155
9.1	Lüftungsanlagen	155
9.1.1	Wesentliche Aspekte der Integration	155
9.2	Solartechnik	157
9.2.1	Vorteile und Herausforderungen der Integration von Wärmepumpen mit Solaranlagen	157
9.3	Ganzheitliches Energiekonzept	159
9.3.1	Wichtige Hinweise	160
9.3.1.1	Wesentliche Elemente eines ganzheitlichen Energiekonzepts.	160
9.3.1.2	Integration und Synergien	161
9.3.1.3	Planung und Implementierung.	161
9.3.1.4	Vorteile eines ganzheitlichen Energiekonzepts	161
9.4	Integration von Wärmepumpen in Smart-Home-Systeme.	163
9.4.1	Wichtige Voraussetzungen.	163
9.4.2	Beispiele für Smart-Home-Integration: erfolgreiche Projekte und deren Nutzen	164
10	Anpassung an regionale Gegebenheiten	167
10.1	Abhängigkeit der Effizienz der Wärmepumpen von lokalen, klimatischen Bedingungen.	167
10.2	Optimale Anpassungen	168
10.3	Fallstudien zu regionalen Erfolgen und Herausforderungen.	168
10.3.1	Fallstudie 1: Anpassung einer Wärmepumpenanlage an einem Einfamilienhaus auf dem Land	169
10.3.2	Fallstudie 2: Einsatz von Wärmepumpen in einem urbanen Umfeld mit speziellen Anforderungen (z. B. Stadtzentrum)	170
10.3.3	Fallstudie 3: Anpassung einer Wärmepumpenanlage in einer kalten Klimazone (z. B. Skandinavien)	171
10.3.4	Fallstudie 4: Integration von Wärmepumpen in einem mediterranen Klima (z. B. Südeuropa)	172
11	Elektro- und wärmetechnische Anforderungen an das Bestandsgebäude für den Einbau von Wärmepumpen	175
11.1	Wärmetechnische Lösungen für den Einsatz von Wärmepumpen in älteren Gebäuden	175
11.1.1	Hybridheizungssysteme.	175
11.1.2	Einbau größerer Heizkörper	176
11.1.3	Austausch alter Radiatoren durch größere Modelle	176

11.1.4	Einbau von zusätzlichen Heizkörpern	176
11.1.5	Hochtemperatur-Wärmepumpen	176
11.1.6	Weitere Optimierungsmaßnahmen	176
11.2	Elektrotechnische Voraussetzungen für Wärmepumpen in Bestandsgebäuden	177
11.2.1	Darstellung wichtiger Parameter, wie Anschlussleistung, Netzanschluss, Gleichzeitigkeitsfaktor, Installationsorte und Bau- und Betriebsweisen, Warmwasserbereitung	178
11.2.1.1	Anschlussleistung und Netzanschluss	178
11.2.1.2	Installationsorte	179
11.2.1.3	Bau- und Betriebsweisen	180
11.2.1.4	Warmwasserbereitung	180
11.2.2	Zählerplätze in Bestandsanlagen	181
11.3	Umrüstung und Nachrüstung in älteren Gebäuden	186
12	Betrieb und Instandhaltung	187
12.1	Einführung in die Instandhaltung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel	187
12.1.1	Inspektion	188
12.1.2	Wartung	189
12.1.3	Instandsetzung	190
12.1.4	Instandhaltungsplanung	191
12.2	Instandhaltungsstrategien und Wartungspläne	195
12.2.1	Präventive Instandhaltung	195
12.2.2	Reaktive Instandhaltung	196
12.2.3	Vergleich der präventiven und reaktiven Instandhaltung	196
12.3	Betriebsführung und Effizienzoptimierung	198
12.3.1	Optimierung der Betriebsparameter: Anpassung von Temperatur und Druck zur Maximierung der Effizienz	198
12.3.2	Regelmäßige Wartung und Inspektionen: Präventive Maßnahmen zur Vermeidung von Ausfällen	199
12.3.3	Nutzung von Monitoring- und Diagnosetools: Einsatz moderner Technologien zur Überwachung und Analyse der Systemleistung	200
12.3.4	Einsatz erneuerbarer Energien: Integration von Solar- oder Windenergie zur Unterstützung der Wärmepumpe	200
12.4	Fehlerdiagnose und Troubleshooting	202
12.5	Schulungsanforderungen und Qualifikationen für Techniker	203
12.5.1	Notwendige Qualifikationen und Zertifizierungen	203
12.5.2	Schulungsprogramme und Weiterbildungsangebote	204
12.5.3	Bedeutung der kontinuierlichen Weiterbildung	204

13	Sicherheitsaspekte und Unfallverhütung	207
13.1	DIN-VDE-Normen und Sicherheitsrichtlinien im Umgang mit Wärmepumpen.	207
13.2	Risikomanagement und Schutzmaßnahmen	208
13.3	Unfallverhütung nach DGUV-Vorschriften	210
13.4	Dokumentation und Reporting von Vorfällen	212
14	Praktische Tipps für Elektrofachkräfte.	215
14.1	Bewährte Standardverfahren in der Installation und Inbetriebnahme	215
14.1.1	Auswahl des Standorts.	215
14.1.2	Mechanische Installation	216
14.1.3	Elektrische Installation	216
14.2	Tipps zur Vermeidung häufiger Fehler	217
14.3	Empfehlungen für die Inbetriebnahme	218
14.4	Umgang mit spezifischen Herausforderungen in der Praxis	220
15	Aktuelle Marktentwicklungen und Technologietrends	223
15.1	Neueste Trends in der Wärmepumpentechnologie, allgemein	223
15.2	Ideen für die Zukunft der Wärmepumpentechnologie.	224
15.2.1	Überblick über die neuesten Technologietrends	224
15.2.2	Vorteile und Potenziale der neuen Technologien.	225
15.2.3	Beispiele für innovative Wärmepumpenlösungen.	225
15.2.4	Forschung und Entwicklung (F & E).	226
15.3	Ausblick auf zukünftige Marktentwicklungen	227
15.3.1	Prognosen für die Marktentwicklung	227
15.3.2	Zukünftige Herausforderungen und Chancen	228
15.3.3	Einfluss von politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen	228
15.4	Rolle der Digitalisierung in der Wärmepumpentechnik	229
15.4.1	Wesentliche Einsatzmöglichkeiten	230
15.4.2	Vorteile der Digitalisierung für den Betrieb und die Wartung	230
15.4.3	Beispiele für digitale Lösungen in der Wärmepumpentechnik	231

Anhang233

**Anhang A DIN-EN-IEC-Normen,
 DIN-VDE-Normen, VDI-Richtlinien, Leitfäden und
 Sicherheitsstandards im Schnellüberblick und mit einigen
 Erläuterungen**233

Anhang A.1 VDI 4645:2023-04
 Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und
 Mehrfamilienhäusern – Planung, Errichtung, Betrieb234

Anhang A.2 VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4100:2019-04
 Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen
 an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb
 (TAR Niederspannung)236

Anhang A.3 DIN EN 60335-2-40 (**VDE 0700-40**):2014-01
 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und
 ähnliche Zwecke – Teil 2-40: Besondere Anforderungen
 für elektrisch betriebene Wärmepumpen, Klimageräte und
 Raumluf-Entfeuchter244

Anhang A.4 E DIN IEC 60335-2-40 (**VDE 0700-40**):2018-05
 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch
 und ähnliche Zwecke – Teil 2-40: Besondere Anforderungen
 für elektrisch betriebene Wärmepumpen, Klimageräte und
 Raumluf-Entfeuchter246

Anhang A.5 E DIN IEC 60335-2-40/A11 (**VDE 0700-40/A11**):2021-10
 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch
 und ähnliche Zwecke – Teil 2-40: Besondere Anforderungen
 für elektrisch betriebene Wärmepumpen, Klimageräte und
 Raumluf-Entfeuchter249

Anhang A.6 DIN VDE 0100-802:2021-10
 Errichten von Niederspannungsanlagen –
 Teil 8-2: Kombinierte Erzeugungs-/Verbrauchsanlagen251

Anhang A.7 DIN 18015-1:2020-05
 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden –
 Teil 1: Planungsgrundlagen257

Anhang A.8 DIN EN 378
 Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und
 umweltrelevante Anforderungen – Teile 1 bis 4260

Anhang A.9 DIN EN 12831-1:2017-09
 Energetische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur
 Berechnung der Norm-Heizlast – Teil 1: Raumheizlast267

Anhang A.10	DIN EN 14511-1:2023-08 Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen für die Raumheizung und -kühlung und Prozesskühler mit elektrisch angetriebenen Verdichtern – Teil 1: Begriffe	269
Anhang A.11	DIN EN 15450:2007-12 Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen	271
Anhang A.12	DIN EN 16147:2023-12 Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern – Prüfung, Leistungsbemessung und Anforderungen an die Kennzeichnung von Geräten zum Erwärmen von Brauchwasser	274
Anhang A.13	VDI 2067 Blatt 1:2012-09 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung	276
Anhang A.14	VDI 2078:2015-06 Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahressimulation)	278
Anhang A.15	VDI 4640 Blatt 2:2019-06 Thermische Nutzung des Untergrunds – Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen	281
Anhang A.16	VDI 4650 Blatt 1:2024-02 Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen – Elektrowärmepumpen zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung	284
Anhang A.17	FNN-Hinweis Zählerplätze in Bestandsanlagen – Anforderungen an Zählerplätze bei Änderungen bzw. Erweiterungen der Kundenanlage	286
Anhang A.18	ZVEI-Leitfaden Elektrotechnische Anforderungen an das Bestandsgebäude für den Einbau von Wärmepumpen, Fachverband Energietechnik . .	288
Anhang A.19	BWP-Leitfaden Außenaufstellung von Wärmepumpen mit brennbaren Kältemitteln	293
Anhang A.20	VDMA 24197-1 Energetische Inspektion von Komponenten gebäudetechnischer Anlagen	301
Anhang A.21	DGUV-Vorschrift-3-Prüfung.	304
Anhang A.22	DGUV-Regel 100-500, Kapitel 2.35 (zurückgezogen) Betreiben von Kälteanlagen, Wärmepumpen und Kühleinrichtungen	307

Anhang A.23	DIN 18014:2023-06 Erdungsanlagen für Gebäude – Planung, Ausführung und Dokumentation	309
Anhang A.24	Verordnung (EU) 2024/573 über fluorierte Treibhausgase.	311
Anhang B	Begriffsdefinitionen und kurze Erläuterungen	316
Anhang C	Häufig gestellte Fragen beantwortet von Öko-Wärme-Willi.	359
Anhang C.1	Allgemeine Fragen und Antworten zur Wärmepumpe auch für Laien geeignet.	359
Anhang C.2	Spezifische Fragen zur Wärmepumpe für Elektrofachkräfte . . .	362
Anhang D	Vorurteile über Wärmepumpen.	365
Anhang E	Checklisten für die Installation und die Instandhaltung/ Wartung von Wärmepumpen	369
Anhang E.1	Installation von Wärmepumpen	371
Anhang E.2	Instandhaltung/Wartung von Wärmepumpen	373
Anhang F	Richtlinien für die Entsorgung und das Recycling von Wärmepumpenkomponenten.	375
Anhang G	Argumente-Katalog von Öko-Wärme-Willi für den Einsatz von Wärmepumpenanlagen im Neubau oder in der Bestandsanlage.	378
Literatur	381