

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	5
<b>1 Einführung in die Technologie der Wärmepumpen</b> .....	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
<b>2 Technische Details von Wärmepumpen</b> .....	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 ungeregelter 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 Wärmegegewinnung 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 Klimaanlagen . . . . .	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
<b>3</b>	<b>Gesetze, DIN-VDE-Normen und Richtlinien</b>	
	<b>zur Wärmepumpentechnik . . . . .</b>	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 – Sicherheitsschalteinrichtungen 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 Klimaanlagen 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
<b>4</b>	<b>Energieeffizienz und Umweltaspekte . . . . .</b>	<b>79</b>
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
<b>5</b>	<b>Auswahl und Planung von Wärmepumpenanlagen . . . . .</b>	<b>91</b>
5.1	Auswahl und Dimensionierung . . . . .	92
5.2	Planungsgrundlagen . . . . .	96
5.2.1	Projektierung und Planungsvorbereitung . . . . .	99

<b>6</b>	<b>Anschluss von Wärmepumpenanlagen an das elektrische Verteilungsnetz</b> . . . . .	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
<b>7</b>	<b>Elektrische Errichtung von Wärmepumpenanlagen</b> . . . . .	117
7.1	Zentrale Aspekte und Handlungsempfehlungen plakativ dargestellt . . . . .	118
<b>8</b>	<b>Erdungsfragen und elektromagnetische Verträglichkeit</b> . . . . .	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 Prüfmethoden . . . . .	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
<b>9</b>	<b>Interaktionen mit anderen Gebäudetechniken</b>	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
<b>10</b>	<b>Anpassung an regionale Gegebenheiten</b>	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
<b>11</b>	<b>Elektro- und wärmetechnische Anforderungen an das Bestandsgebäude für den Einbau von Wärmepumpen</b>	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
12		

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
<b>12</b>	<b>Betrieb und Instandhaltung . . . . .</b>	<b>187</b>
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

<b>13</b>	<b>Sicherheitsaspekte und Unfallverhütung</b>	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
<b>14</b>	<b>Praktische Tipps für Elektrofachkräfte</b>	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
<b>15</b>	<b>Aktuelle Marktentwicklungen und Technologietrends</b>	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

<b>Anhang</b> . . . . .	233
<b>Anhang A DIN-EN-IEC-Normen, DIN-VDE-Normen, VDI-Richtlinien, Leitfäden und Sicherheitsstandards im Schnellüberblick und mit einigen Erläuterungen</b> . . . . .	233
Anhang A.1 VDI 4645:2023-04 Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern – Planung, Errichtung, Betrieb . . . . .	234
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 ( <b>VDE 0700-40</b> ):2014-01 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-40: Besondere Anforderungen für elektrisch betriebene Wärmepumpen, Klimageräte und Raumluft-Entfeuchter . . . . .	244
Anhang A.4 E DIN IEC 60335-2-40 ( <b>VDE 0700-40</b> ):2018-05 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-40: Besondere Anforderungen für elektrisch betriebene Wärmepumpen, Klimageräte und Raumluft-Entfeuchter . . . . .	246
Anhang A.5 E DIN IEC 60335-2-40/A11 ( <b>VDE 0700-40/A11</b> ):2021-10 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-40: Besondere Anforderungen für elektrisch betriebene Wärmepumpen, Klimageräte und Raumluft-Entfeuchter . . . . .	249
Anhang A.6 DIN VDE 0100-802:2021-10 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 8-2: Kombinierte Erzeugungs-/Verbrauchsanlagen . . . . .	251
Anhang A.7 DIN 18015-1:2020-05 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden – Teil 1: Planungsgrundlagen . . . . .	257
Anhang A.8 DIN EN 378 Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teile 1 bis 4 . . . . .	260
Anhang A.9 DIN EN 12831-1:2017-09 Energietische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Teil 1: Raumheizlast . . . . .	267

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
<b>Anhang B Begriffsdefinitionen und kurze Erläuterungen .....</b>	<b>316</b>
<b>Anhang C Häufig gestellte Fragen beantwortet von Öko-Wärme-Willi. ....</b>	<b>359</b>
Anhang C.1 Allgemeine Fragen und Antworten zur Wärmepumpe auch für Laien geeignet.....	359
Anhang C.2 Spezifische Fragen zur Wärmepumpe für Elektrofachkräfte .....	362
<b>Anhang D Vorurteile über Wärmepumpen. ....</b>	<b>365</b>
<b>Anhang E Checklisten für die Installation und die Instandhaltung/ Wartung von Wärmepumpen .....</b>	<b>369</b>
Anhang E.1 Installation von Wärmepumpen .....	371
Anhang E.2 Instandhaltung/Wartung von Wärmepumpen .....	373
<b>Anhang F Richtlinien für die Entsorgung und das Recycling von Wärmepumpenkomponenten. ....</b>	<b>375</b>
<b>Anhang G Argumente-Katalog von Öko-Wärme-Willi für den Einsatz von Wärmepumpenanlagen im Neubau oder in der Bestandsanlage. ....</b>	<b>378</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>381</b>