

**DIN EN 15450****DIN**

ICS 27.080; 91.140.10

**Heizungsanlagen in Gebäuden –  
Planung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen;  
Deutsche Fassung EN 15450:2007**

Heating systems in buildings –  
Design of heat pump heating systems;  
German version EN 15450:2007

Systèmes de chauffage dans les bâtiments –  
Conception des systèmes de chauffage par pompe à chaleur;  
Version allemande EN 15450:2007

Gesamtumfang 51 Seiten

Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN

## **Nationales Vorwort**

Dies Norm beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee CEN/TC 228 „Heizungsanlagen in Gebäuden“, dessen Sekretariat vom DS (Dänemark) gehalten wird, im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN 15450:2007.

Das zuständige deutsche Gremium ist AA 041-01-58 im Normenausschusses Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

ICS 27.080

Deutsche Fassung

## Heizungsanlagen in Gebäuden — Planung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen

Heating systems in buildings —  
Design of heat pump heating systems

Systèmes de chauffage dans les bâtiments —  
Conception des systèmes de  
chauffage par pompe à chaleur

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 26. August 2007 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

# Inhalt

	Seite
Vorwort .....	4
Einleitung.....	5
<b>1 Anwendungsbereich .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Normative Verweisungen.....</b>	<b>7</b>
<b>3 Begriffe und Symbole.....</b>	<b>7</b>
3.1 Begriffe .....	7
3.2 Symbole, Einheiten und Abkürzungen.....	8
<b>4 Systemplanungsanforderungen.....</b>	<b>9</b>
4.1 Allgemeines.....	9
4.1.1 Grundsätzliche Überlegungen.....	9
4.1.2 Wärmequelle.....	10
4.1.3 Stromversorgung.....	12
4.1.4 Strategie.....	12
4.1.5 Positionierung.....	12
4.1.6 Geräuschemission.....	13
4.2 Wärmeerzeugung.....	13
4.3 Zusatzheizer .....	14
4.4 Warmwasserbereitungs- bzw. sonstige verbundene Systeme.....	15
4.4.1 Warmwasserbedarf.....	15
4.4.2 Wärmepumpendaten .....	15
4.4.3 Auslegung (Wärmepumpenleistung, DHW-Speichervolumen, Hilfsquellenleistung) .....	15
4.4.4 Besondere Anforderung an die Regelung der Warmwasserbereitung .....	18
4.4.5 Sonstige Festlegungen .....	18
4.5 Hydraulische Einbindung .....	19
4.6 Regelung des Systems .....	19
4.7 Sicherheitseinrichtungen.....	20
4.8 Betriebliche Anforderungen .....	20
4.8.1 Allgemeines.....	20
4.8.2 Einrichtungen zur Überwachung der Betriebsbedingungen (z. B. der Temperatur, der Leistungsaufnahme).....	20
<b>5 Installationsanforderungen .....</b>	<b>21</b>
<b>6 Inbetriebnahme des Systems .....</b>	<b>21</b>
6.1 Überblick.....	21
6.2 Vorbereitung der Inbetriebnahme .....	22
6.2.1 Wärmeverteilungskreis .....	22
6.2.2 Erdverlegte Leitungen .....	22
6.2.3 Füllen und Entlüften .....	22
6.2.4 Schaltkasten und elektrische Verdrahtung.....	22
6.3 Inbetriebnahme .....	22
6.3.1 Funktionsprüfungen.....	22
6.3.2 Prüfungen der Betriebsleistung .....	23
6.3.3 Hydraulischer Abgleich.....	24
6.4 Übergabe .....	24
<b>Anhang A (informativ) Leitfäden für die Bestimmung von Auslegungsparametern.....</b>	<b>25</b>
<b>A.1 Auslegungsparameter für Wärmepumpen, die Wasser als Wärmequelle extrahieren.....</b>	<b>25</b>
A.1.1 Wasserqualität .....	25
A.1.2 Wassertemperatur .....	25
A.1.3 Wassermenge.....	25

	Seite
<b>A.2 Auslegungsparameter für Wärmepumpen, die das Erdreich als Wärmequelle nutzen .....</b>	<b>26</b>
<b>A.2.1 Allgemeines .....</b>	<b>26</b>
<b>A.2.2 Temperatur des Erdreichs .....</b>	<b>26</b>
<b>A.2.3 Wärmeentzugsleistungen .....</b>	<b>26</b>
<b>A.2.4 Vertikaler Bohrlochwärmetauscher .....</b>	<b>27</b>
<b>Anhang B (informativ) Standard-Hydraulikkreise.....</b>	<b>30</b>
<b>Anhang C (normativ) Berechnung und Anforderungen hinsichtlich der Jahresarbeitszahl (SPF) .....</b>	<b>37</b>
<b>C.1 Definitionen.....</b>	<b>37</b>
<b>C.2 Berechnungen .....</b>	<b>37</b>
<b>C.3 Mindest- und Sollwerte der Jahresarbeitszahl für Wärmepumpen.....</b>	<b>38</b>
<b>Anhang D (informativ) Geräuschemissionen in der näheren Umgebung .....</b>	<b>40</b>
<b>Anhang E (informativ) Durchschnittliches Zapfprofil für die Trinkwarmwasserbereitung .....</b>	<b>41</b>
<b>E.1 Durchschnittliches Zapfprofil .....</b>	<b>41</b>
<b>E.2 Beispielrechnung .....</b>	<b>45</b>
<b>Anhang F (informativ) Leistungsregelung.....</b>	<b>47</b>
<b>F.1 Allgemeine Strategie in Bezug auf die Regelung.....</b>	<b>47</b>
<b>F.2 Leistungsregelung der Wärmepumpe.....</b>	<b>47</b>
<b>F.3 Systeme mit verbesserten Kreisen.....</b>	<b>47</b>
<b>Literaturhinweise.....</b>	<b>49</b>

## **Vorwort**

Dieses Dokument (EN 15450:2007) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 228 „Heizungsanlagen in Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2008, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2008 zurückgezogen werden.

Bei den vom CEN/TC 228 abgedeckten Themen handelt es sich um folgende:

- Auslegung von Heizungsanlagen (Warmwasserheizungen, elektrisch usw.);
- Einbau von Heizungsanlagen;
- Inbetriebnahme von Heizungsanlagen;
- Anleitungen für Betrieb, Wartung und Anwendung von Heizungsanlagen;
- Verfahren zur Berechnung der Norm-Wärmeverluste und -Wärmelasten;
- Verfahren zur Berechnung der Energieeffizienz von Heizungsanlagen.

Heizungsanlagen umfassen auch die Wirkung angrenzender Systeme, wie z. B. Wassererwärmungssysteme.

Bei all diesen Normen handelt es sich um Systemnormen, d. h. sie beruhen auf Anforderungen an das gesamte System und behandeln nicht die Anforderungen an die im System enthaltenen Produkte.

Wo dies möglich ist, wird auf weitere Europäische oder Internationale Normen verwiesen, u. a. Produktnormen. Jedoch stellt die Anwendung von Produkten, die den zutreffenden Produktnormen entsprechen, keine Garantie für die Übereinstimmung mit den Anforderungen an die Systeme dar.

Die Anforderungen werden hauptsächlich in Form von funktionalen Anforderungen angegeben, d. h. als Anforderungen, die die Funktion des Systems betreffen, und nicht als solche, die Form, Werkstoffe, Maße u. Ä. festlegen.

In den Leitfäden werden Möglichkeiten beschrieben, die Anforderungen zu erfüllen; jedoch dürfen auch weitere Möglichkeiten genutzt werden, sofern nachgewiesen werden kann, dass die funktionalen Anforderungen erfüllt werden.

Aufgrund der Unterschiede in Klima, Traditionen und nationalen Bestimmungen variieren die Heizungsanlagen in den verschiedenen Mitgliedsländern. In einigen Fällen sind die Anforderungen in Form von Klassen angegeben, damit nationale oder individuelle Erfordernisse berücksichtigt werden können.

In Fällen, in denen die Normen den nationalen Bestimmungen entgegenstehen, sollten die letzteren befolgt werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

## Einleitung

Das vorliegende Dokument stellt Kriterien für die Planung von Heizungsanlagen mit integrierten Wärmepumpensystemen in Bezug auf folgende Aspekte zur Verfügung:

- Wärmequelle;
- Stromversorgung;
- Strategie;
- Positionierung;
- Geräuschemission;
- Wärmezufuhr und
- Dimensionierung.

Die Kriterien für die energetische Planung werden in einem anderen Dokument dieses Technischen Komitees behandelt.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Kriterien für die Planung von Heizungsanlagen in Gebäuden fest, die entweder nur mit elektrisch betriebenen Wärmepumpen oder mit Wärmepumpen in Verbindung mit anderen Wärmeerzeugern arbeiten. Dazu gehören folgende Systeme (siehe Tabelle 1):

- Wasser/Wasser;
- Wasser/Luft;
- Sole/Wasser;
- Kältemittel/Wasser (Direktverdampfungssysteme);
- Kältemittel/Kältemittel;
- Luft/Luft;
- Luft/Wasser.

Diese Norm berücksichtigt die für die Planung der Wärmeerzeugung maßgeblichen Heizungsanforderungen sämtlicher verbundener Systeme (z. B. Trinkwarmwasser), behandelt jedoch nicht die Planung dieser Systeme. Diese Norm behandelt nur die für die Wärmepumpe, die Schnittstelle mit dem Wärmeverteilungs- und Wärmeübergabesystem (z. B. Puffersystem) und die Regelung des gesamten Systems sowie die für die Energiequelle des Systems geltenden Aspekte.

Systeme, die hauptsächlich zur Kühlung ausgelegt sind, sowie Systeme, die gleichzeitig im Kühl- und Heizbetrieb laufen können, liegen nicht im Anwendungsbereich dieser Norm.

**Tabelle 1 — Wärmepumpensysteme (innerhalb des Anwendungsbereichs)**

Quellensystem (entzogene Energie)		Senkensystem (abgeführte Energie)	
Energiequelle <sup>a</sup>	Medium <sup>b</sup>	Medium	Energiesenke <sup>c</sup>
Abluft Außenluft	Luft	Luft	Raumluft
		Wasser	Raumluft Wasser
Oberflächenwasser Grundwasser	Wasser	Wasser	Raumluft Wasser
		Luft	Raumluft
Untergrund	Sole (Wasser)	Luft	Raumluft
		Wasser	Raumluft Wasser
	Kältemittel	Wasser	Raumluft Wasser
		Kältemittel	Raumluft

<sup>a</sup> Die Energiequelle ist der Ort, an dem die Energie entzogen wird.

<sup>b</sup> Das Mittel ist das Fluid, das im entsprechenden Verteilungssystem transportiert wird.

<sup>c</sup> Die Energiesenke ist der Ort, an dem die Energie verwendet wird; dies kann der beheizte Raum oder bei Erzeugung von Trinkwarmwasser das Wasser sein.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 378-1, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Definitionen, Klassifikationen und Auswahlkriterien*

EN 12828:2003, *Heizungsanlagen in Gebäuden — Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen*

EN 12831, *Heizungsanlagen in Gebäuden — Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast*

EN 14336, *Heizungsanlagen in Gebäuden — Installation und Abnahme der Warmwasser-Heizungsanlagen*

EN 14511-1:2004, *Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern für die Raumheizung und -kühlung — Teil 1: Begriffe*

prEN 15316-4-2, *Heizungsanlagen in Gebäuden — Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen — Teil 4-2: Wärmeerzeugung für die Raumheizung, Wärmepumpensysteme*

## 3 Begriffe und Symbole

### 3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 12828:2003 und die folgenden Begriffe.

#### 3.1.1

##### **Leistungszahl**

en: Coefficient of Performance

*COP*

Verhältnis der Heizleistung zur effektiven Leistungsaufnahme des Gerätes, angegeben in Watt/Watt

[EN 14511-1:2004]

#### 3.1.2

##### **Jahresarbeitszahl**

en: Seasonal Performance Factor

*SPF*

Verhältnis der jährlich von der Wärmepumpe an das Verteilungssystem zur Raumheizung und/oder an andere verbundene Systeme (z. B. Trinkwarmwasser) gelieferten Gesamtenergiemenge  $Q_{HP}$

ANMERKUNG Siehe auch Anhang C.

#### 3.1.3

##### **Bivalenzpunkt**

tiefste Norm-Außenlufttemperatur, bei der die Wärmepumpen-Ausgangsleistung und der Wärmebedarf (die Heizlast) des Gebäudes gleich sind

ANMERKUNG Bei niedrigeren Außenlufttemperaturen wird ein zweiter Wärmeerzeuger verwendet, um einen Teil des Wärmebedarfs oder den gesamten Wärmebedarf des Gebäudes zu decken.

#### 3.1.4

##### **bivalent-alternativer Betrieb**

Betriebsart, bei der ein zweiter Wärmeerzeuger (z. B. ein Gasheizkessel) für die Deckung des gesamten Wärmebedarfs der Heizungsanlage sorgt, sobald die Außentemperatur unter den Bivalenzpunkt absinkt

**3.1.5**

**bivalent-paralleler Betrieb**

Betriebsart, bei der ein zweiter Wärmeerzeuger (z. B. ein Gasheizkessel) für die Deckung des verbleibenden Wärmebedarfs der Heizungsanlage sorgt, der nicht von der Wärmepumpe gedeckt werden kann, wenn die Außentemperatur unter den Bivalenzpunkt absinkt

**3.1.6**

**monovalenter Betrieb**

Betriebsart, bei der die Wärmepumpe so ausgelegt ist, dass sie allein den gesamten Wärmebedarf der Heizungsanlage deckt.

ANMERKUNG Die Wärmepumpen-Ausgangsleistung ist dabei gleich der nach EN 12831 berechneten Norm-Heizlast

**3.1.7**

**Zusatzheizer**

zusätzliche Heizvorrichtung, die zur Wärmeerzeugung verwendet wird, wenn die Leistung der Wärmepumpe unzureichend ist

**3.2 Symbole, Einheiten und Abkürzungen**

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Symbole und Einheiten (Tabelle 2) und Abkürzungen (Tabelle 3).

**Tabelle 2 — Symbole und Einheiten**

Symbol	Beschreibung	Einheit
$C_{ih}$	Effektive interne Heizleistung der Bauelemente	Wh/(m <sup>3</sup> K)
$COP_{\theta_{set}}$	Leistungszahl der Wärmepumpe für den Trinkwarmwasserbedarf beim Sollwert der Pufferspeichertemperatur $\theta_{set}$	–
$f_{AS}$	Auslegungsfaktor für verbundene Systeme	–
$f_{DHW}$	Auslegungsfaktor für Warmwasserbereitungssysteme	–
$f_{HL}$	Auslegungsfaktor für die Heizlast	–
$\Phi_{hp,el,\theta_{set}}$	Elektrische Leistung der Wärmepumpe für den Trinkwarmwasserbedarf bei $\theta_{set}$	kW
$P_{el}$	Effektive elektrische Eingangsleistung	kW
$Q$	Energie	kWh
$Q_{\text{täglich}}$	Gesamt-Warmwasserenergiebedarf pro Tag	kWh
$Q_S$	Im Pufferspeicher gespeicherte Energie	kWh
$Q_{DP}$	Energiebedarf während der festgelegten Periode	kWh
$Q_{l,s}$	Wärmeverluste des Pufferspeichers in einem bestimmten Zeitraum	kWh
$Q_{s,eff}$	Effektive (nutzbare) Energiemenge im Pufferspeicher	kWh
$q_{l,s}$	Spezifische tägliche Wärmeverluste des Pufferspeichers	kWh/(24h · l)
$t_{DP}$	Dauer der festgelegten Periode	h
$t_{\text{Energie,HP}}$	Dauer der Periode, in der Energie für die Wärmepumpe verfügbar ist	h
$V_S$	Pufferspeichervolumen	l

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Symbol	Beschreibung	Einheit
$V_{DP60}$	Während der festgelegten Periode bei 60 °C bereitgestelltes Volumen	l
$V_{I,s}$	Das die Wärmeverluste des Pufferspeichers ausmachende Volumen	l
$V_{\Phi_{set}}$	Volumen des Warmwassers bei $\theta_{set}$ mit derselben Enthalpie wie $Q_{DP}$	L
$\Phi_{AS}$	Heizleistung verbundener Systeme	kW
$\Phi_{DHW}$	Heizleistung der Wärmepumpe für die Warmwassernutzung	kW
$\Phi_{HL}$	Heizlast	kW
$\Phi_{hp,\theta_{set}}$	Heizleistung der Wärmepumpe bei $\theta_{set}$	kW
$\Phi_{hp}$	Heizleistung der Wärmepumpe	kW
$\Phi_{SU}$	Heizleistung des Wärmeerzeugungssystems	kW
$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit	W/(mK)
$\theta_{CW}$	Zulauftemperatur (Kaltwasser)	°C
$\theta_{DPset}$	Solltemperatur im Wärmespeicher	°C
$\theta_e$	Norm-Außenlufttemperatur	°C
$\theta_{m,e}$	Mittlere örtliche Außenlufttemperatur	°C
$\theta_{min}$	Mindestwert für das gezapfte Trinkwarmwasser	°C
$\theta_{set}$	Temperatursollwert	°C

Tabelle 3 — Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung
<i>COP</i>	Leistungszahl
DHW	Trinkwarmwasser
GWP	Erderwärmungspotenzial
ODP	Ozonabbaupotenzial
<i>SPF</i>	Jahresarbeitszahl

## 4 Systemplanungsanforderungen

### 4.1 Allgemeines

#### 4.1.1 Grundsätzliche Überlegungen

Die Heizungsanlage muss entsprechend den in Abschnitt 4.1 von EN 12828:2003-03 angegebenen Anforderungen geplant werden. Darüber hinaus sind die folgenden zusätzlichen Aspekte zu berücksichtigen.

## **4.1.2 Wärmequelle**

### **4.1.2.1 Allgemeine Planungsaspekte**

Für jeden Wärmequellentyp müssen die folgenden Planungsaspekte berücksichtigt werden:

- Verfügbarkeit der Wärmequelle;
- Temperaturniveau der Wärmequelle;
- verfügbare Wärmeentzugsleistung;
- Güte der Wärmequelle.

### **4.1.2.2 Wärmequelle Luft**

Bei der Planung des Systems muss der vom Hersteller angegebene Mindestluftvolumenstrom berücksichtigt werden.

Der Wirkungsgrad und die Leistung der Wärmepumpe nehmen mit steigender Außenlufttemperatur zu. Bei monovalenten Systemen wird die erforderliche Leistung der Wärmepumpe gemäß der Heizlastberechnung nach EN 12831 anhand der Norm-Außenlufttemperatur  $\theta_e$  bestimmt. Im Falle von bivalenten Systemen muss je nach der gewählten Betriebsart (bivalent-alternativ oder bivalent-parallel) ein geeigneter Bivalenzpunkt festgelegt werden.

Der Reinheitsgrad der in den Verdampfer der Wärmepumpe eintretenden Luft (Außenluft bzw. Fortluft) muss den Herstellerspezifikationen entsprechen.

### **4.1.2.3 Wärmequelle Wasser (z. B. Grundwasser, Meerwasser, See, Fluss)**

Der für die Wärmepumpeneinheit erforderliche Mindest-Wasserstrom ist bereitzustellen, wobei am Einsatzort geltende Rechtsvorschriften zu berücksichtigen sind, welche die Verfügbarkeit und die Durchflussmengen begrenzen können.

Die mittlere Grundwassertemperatur kann bei den örtlichen Behörden erfragt, mittels Testbohrung bestimmt oder (im Falle von Wohngebäuden) durch qualifizierte Schätzung (d. h. beruhend auf der mittleren Jahresaußentemperatur am Einsatzort) ermittelt werden.

Die Wasserquelle muss die kontinuierliche Entnahme der Auslegungs-Durchflussmenge der verbundenen Wärmepumpen ermöglichen. Die Werte, die die Entnahmedurchflussmenge annehmen kann, sind von örtlichen geologischen Faktoren abhängig und können durch kontinuierliche Entnahme der Norm-Durchflussmenge in einem Prüflauf ermittelt werden, der eine für das Erreichen des stationären Zustands ausreichende Dauer aufweist. Bei größeren Systemen können hydrogeologische Untersuchungen (z. B. Brunnenversuch) erforderlich sein.

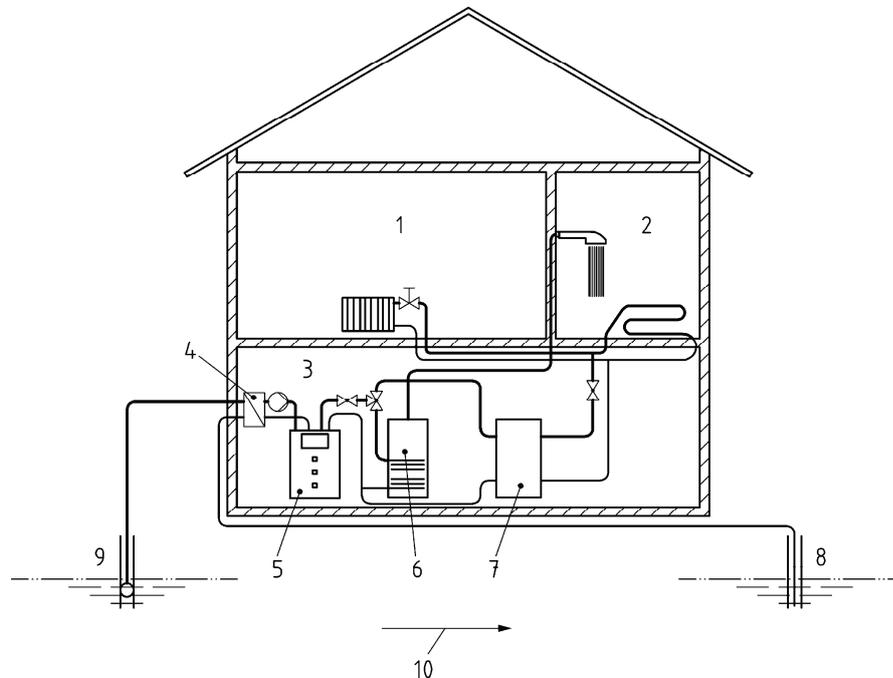
Das Wasser sollte frei von Verunreinigungen und aggressiven Substanzen sein, um ein Verstopfen des Schluckbrunnens zu vermeiden. Es sollte darauf geachtet werden, dass kein Sauerstoff in das System eindringt, vor allem, wenn das Wasser eisen- und manganhaltig ist. Die Herstellerspezifikationen sind zu befolgen. Für den Fall, dass keine Herstellerspezifikationen zur Verfügung stehen, sind in Anhang A Richtwerte für die Wasserqualität angegeben.

Falls die oben genannten Anforderungen nicht eingehalten werden können (z. B. bei Verwendung von Meerwasser), ist zu erwägen, ob ein Sekundärkreislauf eingebaut oder das Wasser aufbereitet werden sollte.

Das in die Umwelt zurückgespeiste Wasser muss so sauber wie möglich sein und am Einsatzort geltenden Rechtsvorschriften entsprechen.

Es müssen Vorkehrungen für die Rückführung des Wassers getroffen werden. Bei der Positionierung des Schluckbrunnens muss die Richtung des Grundwasserstroms berücksichtigt werden. Wenn die Wärmepumpe nur für Heizzwecke genutzt wird, muss der Schluckbrunnen in Richtung des Grundwasserstroms vor dem Entnahmebrunnen angeordnet sein (siehe Bild 1).

Das Wärmeauskopplungssystem ist so zu planen und zu regeln, dass die Gefahr des Einfrierens vermieden wird.



#### Legende

- |                 |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|
| 1 Wohnzimmer    | 6 Warmwasserspeicher              |
| 2 Badezimmer    | 7 Pufferspeicher                  |
| 3 Keller        | 8 Schluckbrunnen                  |
| 4 Wärmetauscher | 9 Entnahmebrunnen                 |
| 5 Wärmepumpe    | 10 Richtung des Grundwasserstroms |

**Bild 1 — Anordnung einer Wärmepumpen-Heizungsanlage mit Grundwasserstrom**

#### 4.1.2.4 Wärmequelle Erdreich

Die Wärmequelle Erdreich lässt sich durch Verwendung von horizontal unter der Oberfläche verlegten Erdwärmekollektoren (Horizontalkollektoren) oder vertikal angeordneten Bohrlochwärmekollektoren (Erdsonden) erschließen.

Bei der Planung des Wärmepumpensystems muss die Tiefsttemperatur des Erdreichs in der entsprechenden Tiefe berücksichtigt werden. Anhang A der vorliegenden Norm enthält Informationen zu den typischen Temperaturprofilen.

Der durch die Wärmeauskopplung über die Heizperiode bedingte Abfall der Bodentemperatur sowie der langfristige Temperaturabfall aufgrund eines Wärmepumpenbetriebs über mehrere aufeinander folgende Jahre müssen berücksichtigt werden, damit der Betrieb der Wärmepumpe zu keinem Zeitpunkt gefährdet ist und wirtschaftliche sowie auch angemessene ökologische Betriebsbedingungen sichergestellt sind.

Lokale thermische Eigenschaften des Erdreichs, ungestörte Bodentemperatur und Auslegung der Anlage müssen bei der Planung des Wärmetauschers berücksichtigt werden.

Sofern Informationen über in der näheren Umgebung vorgenommene Bohrungen vorliegen, müssen diese berücksichtigt werden.

Die am Einsatzort geltenden Rechtsvorschriften (z. B. zu den Bohrtiefen, zur Anwesenheit von Grundwasser) können die Verfügbarkeit des Erdreichs als Wärmequelle begrenzen.

#### **4.1.3 Stromversorgung**

Die Verfügbarkeit der Stromversorgung (Leistung und Stromstärke) muss sichergestellt sein.

Nationale Rechtsvorschriften können die Anforderung enthalten, vor der Installation die Genehmigung des örtlichen Energielieferanten einzuholen.

Die Betriebszeiten, die Stromtarife und die Abschaltzeiten müssen berücksichtigt werden.

Die maximale Stromentnahme während der Anlaufphase muss berücksichtigt werden.

#### **4.1.4 Strategie**

Die Strategie für die Planung eines Wärmepumpensystems muss die folgenden Aspekte berücksichtigen:

- das Wärmepumpensystem ist so zu planen, dass die höchstmögliche Jahresarbeitszahl (*SPF*) in Bezug auf die gewählte Wärmequelle erreicht wird. Die Jahresarbeitszahl steigt mit abnehmender Differenz zwischen Quellen- und Senkentemperatur. Wünschenswert sind hohe Quellentemperaturen und niedrige Senkentemperaturen (eine Verringerung der Senkentemperatur um 1 K führt zu einem *COP*-Anstieg von etwa 2 %);
- das Wärmepumpensystem ist so zu planen, dass die Jahresarbeitszahl gleich den in einem entsprechenden nationalen Anhang angegebenen Mindestwerten oder höher als diese ist. Wurde kein nationaler Anhang veröffentlicht, sind in Anhang C Standard-Mindestwerte angegeben;

ANMERKUNG Darüber hinaus sind in einem entsprechenden nationalen Anhang Sollwerte der Jahresarbeitszahl angegeben. Wurde kein nationaler Anhang veröffentlicht, sind in Anhang C Standard-Sollwerte angegeben.

- das Wärmepumpensystem ist so zu planen und zu regeln, dass übermäßig viele Anlaufzyklen vermieden werden (z. B. drei Anlaufzyklen in der Stunde). Die maximale Anzahl an Anlaufzyklen je Stunde (oder einer anderen Zeiteinheit) muss den Vorschriften des örtlichen Versorgungsunternehmens und den Spezifikationen des Wärmepumpenherstellers entsprechen;
- die durch den Betrieb der Wärmepumpe verursachten Umweltbelastungen müssen auf ein Mindestmaß reduziert werden. Das für die Wärmepumpe gewählte Kältemittel muss ein Ozonabbaupotential (ODP) gleich Null haben und ein geringes Erderwärmungspotenzial (GWP) aufweisen (siehe auch EN 378-1). Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass weder während des Betriebs noch während der Wartung Kältemittel aufgrund von Undichtigkeiten in die Atmosphäre gelangt;
- das Wärmepumpensystem ist so zu planen, dass es anwenderfreundlich ist und Wartungsarbeiten nur in geringem Umfang durchgeführt werden müssen.

#### **4.1.5 Positionierung**

Bei der Positionierung der Wärmepumpe sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- der Einbauort der Wärmepumpe, z. B. außerhalb des Gebäudes, im beheizten oder einem unbeheizten Raum;
- der zulässige Umgebungstemperaturbereich der Wärmepumpe (vom Hersteller anzugeben);

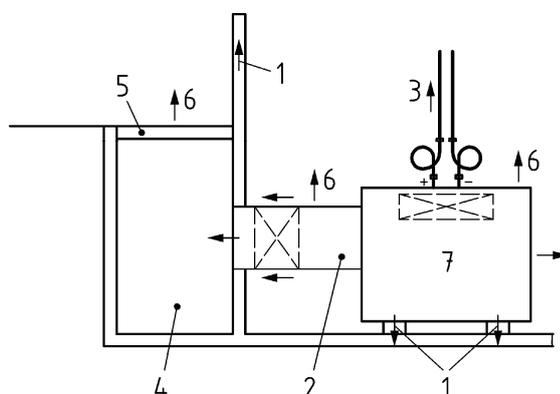
- die Möglichkeit von Frostschäden an der Einheit oder an den Komponenten;
- die Zugänglichkeit für Installations- und Wartungsarbeiten.

#### 4.1.6 Geräuschemission

Die von der Wärmepumpeneinheit und ihren Hilfskomponenten verursachten Geräuschemissionen (d. h. der Schalldruck) dürfen die von den nationalen Behörden festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.

In Anhang D sind empfohlene Geräuschemissionsgrenzwerte angegeben.

Wärmepumpen, die Luft als Wärmequelle verwenden, sind in Bezug auf Geräuschemissionen problematisch, da der Schall in diesem Falle durch Festkörper und Luft übertragen wird. Bild 2 zeigt für die Schallübertragung kritische Teile derartiger Wärmepumpenanlagen. Bei der Planung und Installation von Wärmepumpensystemen sollten diese Teile sorgfältig schallisoliert werden.



#### Legende

- |                                     |                         |
|-------------------------------------|-------------------------|
| 1 Körperschallübertragung           | 5 Schutzgitter          |
| 2 Kanal für Lufteinlass oder Abluft | 6 Luftschallübertragung |
| 3 Heizrohre                         | 7 Wärmepumpe            |
| 4 Luftschacht                       |                         |

**Bild 2 — Für die Schallübertragung kritische Teile von Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft**

Die Raumakustik hat ebenfalls einen bedeutende Einfluss auf die Schallausbreitung und die Geräuschemission. Dies sollte in der Planungsphase berücksichtigt werden.

## 4.2 Wärmeerzeugung

Das Wärmeerzeugungssystem muss so geplant werden, dass die Norm-Heizlast des Gebäudes und der Bedarf sämtlicher verbundener Systeme (z. B. zur Trinkwassererwärmung) gedeckt werden können. Die Norm-Heizlast ist nach EN 12831 zu berechnen.

**ANMERKUNG** Die Wärmeleistung der Wärmepumpe lässt sich durch Vermeidung zusätzlicher Heizlasten, die durch periodisches Heizen verursacht werden, (z. B. durch Vermeidung von Nachtabsenkung) auf einem niedrigen Wert halten.

Die Wärmeleistung der für die Versorgung des Systems vorgesehenen Wärmeerzeugung ist nach EN 12828:2003, 4.2.2, auszulegen:

$$\Phi_{SU} = f_{HL} \cdot \Phi_{HL} + f_{DHW} \cdot \Phi_{DHW} + f_{AS} \cdot \Phi_{AS} \quad \text{kW} \quad (1)$$

Dabei ist

$\Phi_{SU}$  die Leistung des Wärmeerzeugungssystems, in kW;

- $f_{HL}$  der Auslegungsfaktor für die Heizlast;
- $\Phi_{HL}$  die Heizlast, in kW;
- $f_{DHW}$  der Auslegungsfaktor für Warmwasserbereitungssysteme;
- $\Phi_{DHW}$  die Auslegungsleistung für die Warmwasserbereitung, in kW;
- $f_{AS}$  der Auslegungsfaktor für sämtliche verbundenen Systeme;
- $\Phi_{AS}$  die Leistung sämtlicher verbundener Systeme, in kW.

Der Leistungsanteil für die Warmwasserbereitung  $\Phi_{DHW}$  ist nach 4.4 zu bestimmen.

Für Wärmepumpensysteme können die Auslegungsfaktoren für Gleichung (1) der Tabelle 4 entnommen werden.

**Tabelle 4 — Auslegungsfaktoren für Wärmepumpensysteme**

Last	Wärmepumpen-auslegungsfaktor	Planungskriterien	Werte für Auslegungs-faktoren
Heizlast	$f_{HL}$	Geringe Gebäudemasse (abgehängte Decken und Doppelböden sowie Leichtbauwände); $C_{ih} \leq 20 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$	1,00
		Mittlere Gebäudemasse (Betonböden und -decken sowie Leichtbauwände); $20 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) < C_{ih} < 40 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$	0,95
		Große Gebäudemasse (Betonböden und -decken in Kombination mit Ziegel- oder Betonwänden); $C_{ih} \geq 40 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$	0,90
Trinkwarmwasser	$f_{DHW}$	Normale sanitäre Ausstattung	1
Verbundene Systeme	$f_{AS}$		1

Dabei ist

$C_{ih}$  die effektive interne Heizleistung der Bauelemente, in  $\text{Wh}/(\text{m}^3\text{K})$ .

### 4.3 Zusatzheizer

Wärmepumpen, die mit einem Zusatzheizer ausgestattet sind, müssen so ausgewählt werden, dass die vom Zusatzsystem gelieferte Energie auf ein Mindestmaß reduziert wird (z. B. unter 5 % der von der Wärmepumpe erzeugten Gesamtenergie, wenn die Energiequelle des Zusatzheizers nicht erneuerbar ist).

Um sicherzustellen, dass die Trinkwarmwasserbereitung die an sie gestellten Anforderungen erfüllt, muss der Planer berechnen und dokumentieren, welches Volumen an Warmwasser das Zusatzsystem täglich allein bereitstellen kann.

## 4.4 Warmwasserbereitungs- bzw. sonstige verbundene Systeme

### 4.4.1 Warmwasserbedarf

Für die Dimensionierung des Systems müssen der maximale tägliche Warmwasserbedarf und das entsprechende Verbrauchsverhalten ermittelt werden.

Der Warmwasserbedarf kann sich je nach Art des Gebäudes, seiner Nutzung und der Region oder des Landes erheblich unterscheiden. Das Mandat M/324 und der SAVE-Bericht zum Brauchwarmwasserbedarf enthalten Daten, mit deren Hilfe sich der tägliche Warmwasserbedarf für Wohngebiete ermitteln lässt. Daher sind bevorzugt nationale Werte zum täglichen Warmwasserbedarf zu verwenden.

Sind keine nationalen Werte vorgeschrieben, kann als Standardwert ein mittlerer täglicher Warmwasserbedarf von 1,45 kWh angesetzt werden, was 25 Litern je Person und Tag bei 60 °C entspricht. Dies entspricht dem mittleren täglichen Warmwasserverbrauch (Mandat M/324 der Europäischen Kommission). Für das Verbrauchsverhalten in Wohngebäuden wird davon ausgegangen, dass das Warmwasser morgens (35 %), mittags (20 %) und abends (45 %) benötigt wird.

### 4.4.2 Wärmepumpendaten

Die zu verwendenden Daten sollten aus den Herstellerspezifikationen abgeleitet werden, welche auf nach EN 255-3 erhaltenen Versuchsdaten beruhen.

### 4.4.3 Auslegung (Wärmepumpenleistung, DHW-Speichervolumen, Hilfsquellenleistung)

#### 4.4.3.1 Ermittlung des Warmwasserbedarfs für die Systemdimensionierung

Der Planer muss den kritischen Wert  $Q_{DP}$  für die dem täglichen Warmwasserbedarf entsprechende Energie  $Q_{\text{täglich}}$  während einer bestimmten Periode sowie die Dauer dieser entsprechenden Periode  $t_{DP}$  ermitteln.

Anhang E enthält Informationen zum Warmwasserbedarf für den Wohngebäudesektor.

In Abhängigkeit vom Strompreis, dem zur Verfügung stehenden Raum und der Wirtschaftlichkeit der Planungslösungen sind verschiedene Strategien möglich.

#### Lösung 1 – Speicherung

Diese Lösung führt zu einem größeren DHW-Speicher, der ausgehend vom maximalen Tagesbedarf bemessen wird. Die gewählte Wärmekapazität der Wärmepumpe ermöglicht die Aufheizung des DHW-Speichers in Niedrigtarifzeiten.

#### Lösung 2 – Teilspeicherung

Dies ist die grundlegendste Lösung, die erfordert, dass die Wärmepumpe für die Warmwassererzeugung durchgehend verfügbar ist.

Der Planer muss überprüfen, welche Periode am kritischsten ist, um den DHW-Speicher im aufgeheizten Zustand zu halten. Die in Anhang E angegebenen Tabellen bieten Empfehlungen zur Festlegung der dem täglichen Warmwasserbedarf entsprechenden Energie  $Q_{\text{täglich}}$ , des kritischen Werts  $Q_{DP}$  und der Dauer der entsprechenden Periode  $t_{DP}$ .

#### 4.4.3.2 Festlegung des DHW-Speichervolumens $V_S$

Die Größe des DHW-Speichers und die zur Aufheizung und bedarfsgerechten Bereithaltung des Trinkwarmwassers erforderliche Wärmekapazität stehen in enger Beziehung zueinander.

Die einfachste Art der Planung des DHW-Speichers besteht darin, ein Volumen festzulegen und anschließend zu überprüfen, ob die Wärmeleistung der Wärmepumpe für die ausschließliche Deckung des Trinkwarmwasserbedarfs sowie auch für die Heizperiode ausreicht. Reicht die Wärmeleistung nicht aus, ist der DHW-Speicher entsprechend anzupassen.

**Lösung 1 – Speicherung**

Als Basis wird der in 4.4.1 angegebene mittlere Tagesverbrauch verdoppelt (z. B. von 25 Litern je Person bei 60 °C); dieser Wert wird dann für die Systemdimensionierung angesetzt. Bei großen Bädern oder im Falle einer weiteren Verwendung von Trinkwarmwasser dürfen auch größere Werte verwendet werden.

Die täglichen Wärmeverluste des DHW-Speichers ( $Q_{l,s}$ ) sind als zusätzliches Volumen beim entsprechenden Temperatursollwert in diese Gleichung zu integrieren.

**Lösung 2 – Teilspeicherung**

Das Volumen sollte grundsätzlich dem in 4.4.1 angegebenen Tagesverbrauch an Trinkwarmwasser entsprechend angesetzt werden. Falls die Heizleistung der Wärmepumpe ausreicht, um den DHW-Speicher auch nach kritischen Abläufen, wie z. B. zwei aufeinander folgenden Bädern, wieder auf die Solltemperatur aufzuheizen, dürfen auch geringere Volumina angesetzt werden.

ANMERKUNG Als eine für das Trinkwarmwasser geltende Größe wird der kritische Wert  $Q_{DP}$  der dem täglichen Warmwasserbedarf entsprechenden Energie üblicherweise als Bezugswert  $V_{DP60}$  für die Bereitstellung bei 60 °C angegeben. Das Trinkwarmwasservolumen muss entsprechend dem Temperatursollwert des Trinkwarmwassers im DHW-Speicher korrigiert werden.

Das DHW-Speichervolumen wird als das Volumen des bei  $\theta_{set}$  abgegebenen Warmwassers  $V_{\theta set}$  bestimmt und nach folgender Gleichung berechnet:

$$V_S = V_{\theta set} = V_{DP60} \times \frac{(60 - \theta_{cw})}{(\theta_{set} - \theta_{cw})} \tag{2}$$

Dabei ist

- $V_S$  das Volumen des DHW-Speichers, in l;
- $V_{\theta set}$  das Trinkwarmwasservolumen bei  $\theta_{set}$  entsprechend  $Q_{DP}$ , in l;
- $V_{DP60}$  das Trinkwarmwasservolumen bei 60°C entsprechend  $Q_{DP}$ , in l;
- $\theta_{set}$  der Temperatursollwert des Trinkwarmwassers im Pufferspeicher, in °C;
- $\theta_{cw}$  die Temperatur des kalten Wassers, in °C.

**4.4.3.3 Energiebilanz des DHW-Speichers**

Die im DHW-Speicher gespeicherte Energie wird wie folgt ausgedrückt:

$$Q_s = 0,00116 (\theta_{set} - \theta_{cw}) \cdot V_s \quad \text{kWh} \tag{3}$$

Die Extraktionstemperatur im DHW-Speicher darf während des Zapfens zu keinem Zeitpunkt unter  $\theta_{min}$  (40 °C) fallen. Die im Speicher verfügbare effektive Energiemenge ist daher:

$$Q_{s,eff} = Q_s \cdot (\theta_{set} - 40) / (\theta_{set} - \theta_{cw}) \quad \text{kWh} \tag{4}$$

Der Energiebedarf während der festgelegten Periode wird wie folgt berechnet:

$$Q_{DP} = 0,00116(60 - \theta_{cw}) \cdot V_{DP60} \quad \text{kWh (da der Energiebedarf für die Bereitstellung bei 60 °C angegeben wird)} \tag{5}$$

#### 4.4.3.4 Berechnung der zur Deckung des Trinkwarmwasserbedarfs mindestens erforderlichen Heizleistung

##### Lösung 1 – Speichersysteme

Die Heizleistung der Wärmepumpe ist für die DHW-Erzeugung so zu bemessen, dass sie den Speicher aufheizt, sobald elektrische Energie zur Verfügung steht.

$$\Phi_{\text{hp},\theta_{\text{p},0}} = \frac{Q_{\text{S}}}{t_{\text{Energie, hp}}} \quad \text{kW} \quad (6)$$

Dabei ist

- $\Phi_{\text{hp},\theta_{\text{set}}}$  die Heizleistung der Wärmepumpe bei  $\theta_{\text{set}}$  in kW;
- $Q_{\text{S}}$  die im DHW-Speicher gespeicherte Energie, in kWh;
- $t_{\text{Energie, hp}}$  der Zeitraum, in h, in dem elektrische Energie für die DHW-Erzeugung verfügbar ist.

Die entsprechende elektrische Leistung wird wie folgt bestimmt:

$$P_{\text{hp,el},\theta_{\text{set}}} = \frac{\Phi_{\text{hp},\theta_{\text{set}}}}{COP_{\theta_{\text{set}}}} \quad \text{kW} \quad (7)$$

Dabei ist

- $P_{\text{hp,el},\theta_{\text{set}}}$  die elektrische Leistung der Wärmepumpe für die Trinkwarmwassernutzung, in kW;
- $\Phi_{\text{hp},\theta_{\text{set}}}$  die Heizleistung der Wärmepumpe bei  $\theta_{\text{set}}$  in kW;
- $COP_{\theta_{\text{set}}}$  die Leistungszahl bei  $\theta_{\text{set}}$  (entsprechend den Herstellerspezifikationen).

##### Lösung 2 – Teilspeichersystem

Unter Berücksichtigung der während der kritischen Periode  $Q_{\text{DP}}$  gezapften Energie wird die Wärmekapazität der Wärmepumpe ermittelt, um den DHW-Speicher vor der nächsten Zapfung wieder in den gleichen Zustand zu bringen.

Dies bedeutet, dass die Leistung der Wärmepumpe während der festgelegten Periode (z. B. wie in Anhang E dargestellt) ausreicht, um die Temperatur des DHW-Speichers auf einem Mindestwert (mindestens 40 °C) zu halten.

Gleichung (8) gibt die Energiebilanz des Systems an.

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{Energieaufnahme} & = & \text{verbrauchte} & - & \text{gespeicherte Nutzenergie} & + & \text{Energieverluste des} \\
 & & \text{Energie} & & & & \text{DHW-Speichers} \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 \Phi_{\text{hp},\theta_{\text{set}}} \cdot t_{\text{DP}} & = & Q_{\text{DP}} & - & Q_{\text{S}} \cdot (\theta_{\text{set}} - 40) / (\theta_{\text{set}} - \theta_{\text{cw}}) & + & Q_{\text{l,s}}
 \end{array} \quad (8)$$

$$\Phi_{\text{hp},\theta_{\text{set}}} = \frac{Q_{\text{DP}} - Q_{\text{S}} \cdot \frac{(\theta_{\text{set}} - 40)}{(\theta_{\text{set}} - \theta_{\text{cw}})}}{t_{\text{DP}}} + \frac{Q_{\text{l,s}}}{t_{\text{DP}}} \quad (9)$$

Dabei ist

$t_{\text{DP}}$  die Dauer des definierten Zeitraums, in h;

$Q_{\text{l,s}}$  die Energie der thermischen Verluste des DHW-Speichers im betrachteten Zeitraum, in kWh.

Ein Rechenbeispiel ist in Anhang E angegeben.

#### 4.4.3.5 Zusätzliche Heizungsanforderungen und Dimensionierung des Zusatzheizers

Die in 4.4.3.2 angegebene Gleichung (2) stellt das Verhältnis zwischen der Ausgangsleistung der Wärmepumpe und dem Volumen des DHW-Speichers dar.

Der Planer sollte bei der Wahl des DHW-Speichervolumens berücksichtigen, dass die Gesamtausgangsleistung der Wärmepumpe ausreichen sollte, um den Raumheizungs- und den Trinkwarmwasserbedarf zu decken; ist dies nicht der Fall, muss das Volumen des DHW-Speichers geändert werden.

Der (üblicherweise elektrische) Zusatzheizer sollte so dimensioniert sein, dass mindestens der Trinkwarmwasserbedarf des Systems nach den oben stehenden Berechnungen gedeckt ist.

#### 4.4.4 Besondere Anforderung an die Regelung der Warmwasserbereitung

Das System ist so zu dimensionieren und mit einem Regelungssystem zu versehen, dass das Erreichen einer Temperatur von 60 °C einmal am Tag sichergestellt wird, sofern dies erforderlich ist. Wenn die Wärmepumpe allein nicht in der Lage ist, 60 °C zu erreichen, muss das Hilffssystem sicherstellen, dass 60 °C erreicht werden können.

Im Falle kombinierter Systeme (Raumheizung und Warmwasserbereitung) sollte das Regelungssystem so ausgelegt sein, dass bei gleichzeitigem Bedarf an Raumheizung und Warmwasser der Warmwassererzeugung Priorität beigemessen wird.

Es sollte darauf geachtet werden, dass sichergestellt ist, dass die Regelung des Zusatzheizers ordnungsgemäß in die Wärmepumpenregelung integriert ist. Dabei sollte vermieden werden, dass beide Geräte gleichzeitig laufen, wenn die Temperatur des zum Kondensator zurückströmenden Wassers so weit ansteigen könnte, dass die Hochdruckabschaltung die Wärmepumpe abschaltet.

#### 4.4.5 Sonstige Festlegungen

Für die Leistung des Systems ist es wichtig, dass der DHW-Speicher und die Anschlussstellen sorgfältig wärmegeämmt sind.

$$q_{\text{l,s}} = \frac{Q_{\text{l,s}}}{V_{\text{S}}} \quad \text{kWh} / (24 \text{ h} \cdot \text{l}) \quad (10)$$

Die täglichen Wärmeverluste des DHW-Speichers  $q_{l,s}$  werden in der Form kWh/(24 h · l) für eine festgelegte Temperaturdifferenz von 45 K angegeben. Die Werte von  $q_{l,s}$  liegen typischerweise im Bereich zwischen 0,005 kWh/(24 h · l) und 0,015 kWh/(24 h · l).

DHW-Speicher (Trinkwarmwasserbereiter, Warmwasser- DHW-Speicher) mit einem Speichervolumen zwischen 30 l und 2000 l, die vom Hersteller mit einer vorgefertigten Dämmung ausgestattet sind, werden einem energiebezogenen Prüfverfahren unterzogen. Der Energieverlust darf die in Tabelle 5 angegebenen Werte nicht überschreiten. Es können auch strengere nationale Regelungen anzuwenden sein.

**Tabelle 5 — Vorgeschlagene maximale Energieverluste von DHW-Speichern**

Nennvolumen l	max. Wärmeverlust kWh/24h	Nennvolumen l	max. Wärmeverlust kWh/24h
30	0,75	600	3,8
50	0,90	700	4,1
80	1,1	800	4,3
100	1,3	900	4,5
120	1,4	1000	4,7
150	1,6	1100	4,8
200	2,1	1200	4,9
300	2,6	1300	5,0
400	3,1	1500	5,1
500	3,5	2000	5,2

Zwischengrößen sind durch lineare Interpolation zu ermitteln; das tatsächliche Volumen darf maximal 5 % unterhalb des Nennvolumens liegen.

Die oben angegebenen Wärmeverluste gelten für Anlagen und Geräte mit bis zu zwei wasserführenden Rohrverbindungen. Jede weitere Rohrverbindung erhöht den zulässigen Wärmeverlust um 0,1 kWh in 24 h bis maximal 0,3 kWh in 24 h.

Wenn der DWH-Speicher in einem unbeheizten Raum installiert wird, sollte eine zusätzliche Wärmedämmung in Betracht gezogen werden.

#### 4.5 Hydraulische Einbindung

Um die Anzahl der Heizzyklen auf ein Mindestmaß zu reduzieren, muss sichergestellt werden, dass die von der Wärmepumpe abgegebene Heizleistung vollständig auf die Heizungsanlage übertragen wird.

ANMERKUNG Dies lässt sich durch Einstellen eines ausreichenden konstanten Volumenstroms an der Wärmesenkenseite der Wärmepumpe erreichen. Durch den Einsatz von Flächenheizungsanlagen oder durch Installation eines Pufferspeichers (parallel oder in Reihe) lässt sich eine höhere Trägheit (Kapazität) erreichen. Ein parallel zur Wärmepumpe angeschlossener Pufferspeicher dient außerdem als Hilfsmittel zur hydraulischen Entkopplung. Als Richtwert für die Dimensionierung des Pufferspeichervolumens gelten 12 l bis 35 l je kW der maximalen Wärmepumpenleistung.

#### 4.6 Regelung des Systems

Die Ausgangsleistung der Wärmepumpe ist an den Wärmebedarf des Gebäudes anzupassen. Dies kann durch unterschiedliche, in Anhang F angegebene Verfahren erreicht werden.

## 4.7 Sicherheitseinrichtungen

Die in EN 12828:2003, 4.6, angegebenen Anforderungen gelten auch für diese Norm (Nenn-Wärmeabgabe < 300 kW), wenn das Medium auf der Wärmesenkeseite eines Wärmepumpensystems Wasser ist.

Sämtliche Wärmepumpensysteme sind mit geeigneten Regelungen zu versehen, die einen wesentlichen Austritt von Kältemittel im Fall einer Störung verhindern. Kältemittelsystem müssen EN 378-1 entsprechen.

ANMERKUNG Am Einsatzort geltende Rechtsvorschriften können es erforderlich machen, dass Wärmepumpensysteme, die als Wärmequelle das Erdreich nutzen, mit geeigneten Vorrichtungen zum Ermitteln eines Austritts von Sole oder Wasser versehen sind.

## 4.8 Betriebliche Anforderungen

### 4.8.1 Allgemeines

Die Betriebsparameter müssen während der Inbetriebnahme kontrolliert und im normalen Betrieb der Heizungsanlage periodisch überwacht werden. Darüber hinaus können Messungen und Aufzeichnungen bestimmter Betriebsparameter zur Berechnung der Energieeffizienz der Wärmepumpe im Betrieb über eine bestimmte Dauer verwendet werden. Diese Parameter sind die Vorlauf- und Rücklauf-temperatur der Wärmequelle und der Wärmesenke, der Stromverbrauch und der Volumenstrom (oder der mit Hilfe eines Wärmemengenzählers bestimmte Wert).

### 4.8.2 Einrichtungen zur Überwachung der Betriebsbedingungen (z. B. der Temperatur, der Leistungsaufnahme)

#### 4.8.2.1 Allgemeine Anforderungen

Um die Überwachung und Aufzeichnung der Betriebs- und Energieparameter zu erleichtern, müssen an für den Betrieb entscheidenden Stellen entsprechende Einrichtungen in die Rohrleitungen (Wassersysteme) oder Luftkanäle (Luftsysteme) integriert werden, sofern diese nicht bereits vom Hersteller integriert wurden.

#### 4.8.2.2 Fluidsysteme

Wenn die Quellenseite und/oder die Wärmesenkeseite des Wärmepumpensystems Wasser, Sole oder Kältemittel als Arbeitsmedium nutzen, gelten in diesen Kreisen die folgenden Betriebsbedingungen:

- es sind Einrichtungen zur direkten Messung der Vorlauf- und Rücklauf-temperatur des Kreises vorzusehen;
- am Vorlauf- oder Rücklaufrohr des Kreises ist eine Rohrmuffe so zu installieren, dass zu Messzwecken leicht ein Durchflussmengen-zähler installiert werden kann (externes Verfahren). Alternativ kann ein Kältemittelbilanzverfahren angewendet werden (internes Verfahren);
- der Stromverbrauch der Wärmepumpeneinheit sollte mit einem Stromzähler gemessen werden.

#### 4.8.2.3 Systeme mit Luft als Arbeitsmedium

Wenn die Quellenseite und/oder die Wärmesenkeseite des Wärmepumpensystems Luft als Arbeitsmedium nutzen, gelten in diesen Kreisen die folgenden Betriebsbedingungen:

- es sind Einrichtungen zur direkten Messung der Vorlauf- und Rücklauf-temperatur der Luft im Kreis vorzusehen;
- es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um sicherzustellen, dass um die Vorlauf- oder Rücklauf-Luftkanäle herum genug Raum bleibt, um den Messfühler eines Luftgeschwindigkeits- oder Luftmengenmessers in den Luftkanal einführen zu können (externes Verfahren). Alternativ kann ein Kältemittelbilanzverfahren angewendet werden (internes Verfahren);
- der Stromverbrauch der Wärmepumpeneinheit sollte mit einem Stromzähler gemessen werden.

## 5 Installationsanforderungen

Bei der Installation des Systems müssen die Installationsanweisungen des Herstellers befolgt werden.

Bei der Installation von vertikalen und horizontalen Erdkollektoren sind nationale Rechtsvorschriften einzuhalten. Dies gilt ebenso für die Einrichtung von Schluck- und Entnahmebrunnen in Systemen, die als Arbeitsmedium Wasser nutzen.

## 6 Inbetriebnahme des Systems

### 6.1 Überblick

Grundlegende Empfehlungen für die Inbetriebnahme des Wärmeverteilungssystems sind in EN 14336 angegeben.

Das Ziel der Inbetriebnahme nach dieser Norm ist:

- Überprüfung, ob sich das System als Ganzes in einem zufrieden stellenden und sicheren Zustand für den Betrieb befindet;
- Überprüfung, ob alle Komponenten des Systems den nach der Planung vorgesehenen Bedingungen entsprechend betrieben werden können;
- Einstellung der Parameter des Regelungssystems, um die vorgesehenen Betriebsbedingungen einhalten zu können;
- Abgleich des Wärmeverteilungssystems.

Die Inbetriebnahme muss nach Abschluss der Installation der gesamten Wärmepumpen-Heizungsanlage erfolgen.

Die Inbetriebnahme besteht aus folgenden Schritten:

- Vorbereitung der Inbetriebnahme:
  - Verteilungssystem;
  - Speicherung;
  - Wärmequelle;
  - Wärmepumpeneinheit;
  - Elektroinstallation;
- Inbetriebnahme:
  - Wärmepumpe;
  - Heizungsanlage;
- Übergabe:
  - Einweisung des Eigentümers;
  - Dokumentation;

Optimierung (falls gefordert oder erforderlich).

## 6.2 Vorbereitung der Inbetriebnahme

### 6.2.1 Wärmeverteilungskreis

Die Wärmeverteilungskreise von Systemen, die als Arbeitsmedium Wasser nutzen, sollten gereinigt und durchgespült werden. Dazu gehören auch Wärmetauscher, Speicher und sonstige hydraulische Komponenten.

Der Kreis muss auf Wasserdichtigkeit geprüft werden.

ANMERKUNG Ein mögliches Verfahren zur Kontrolle der Wasserdichtigkeit ist in EN 14336 angegeben.

### 6.2.2 Erdverlegte Leitungen

Die (horizontal oder vertikal) im Erdreich verlegten Rohrleitungen müssen gereinigt und durchgespült werden.

Der Kreis muss auf Dichtigkeit geprüft werden. Die im Erdreich verlegten Rohrleitungen sind mit einem geeigneten Verfahren zu prüfen, z. B. durch Beaufschlagung mit einem Druck von 4 bar über eine Dauer von mindestens 30 min (bei Metallrohren) erfolgen. Beim Prüfverfahren für Kunststoffrohre ist die Ausdehnung des Werkstoffs zu berücksichtigen. Die Werte können je nach Werkstoff des Rohres und Rohrmaßen variieren.

Die Rohrleitungen für Kältemittel sind nach EN 378-1 zu prüfen.

### 6.2.3 Füllen und Entlüften

Das Wärmeverteilungssystem muss mit Wasser gefüllt und entlüftet werden. Lüftung ist besonders wichtig bei Kreisen, die Sole als Medium verwenden, damit die Schaumerzeugung möglichst gering gehalten wird.

Nach dem Auffüllen des Systems muss die Füllquelle von der Wasserzuleitung getrennt werden.

Bei Bedarf sind dem Wasser in Übereinstimmung mit den Festlegungen des Wärmepumpenherstellers Frostschutzmittel hinzuzusetzen (Sole).

Die obigen Angaben gelten in gleicher Weise für das Auffüllen von erdverlegten Leitungen.

### 6.2.4 Schaltkasten und elektrische Verdrahtung

Es ist sorgfältig zu überprüfen, ob die elektrischen Anschlüsse der Wärmepumpe und der anderen Anlagenkomponenten (z. B. Lüfter, Pumpen, elektrische Ventile) an die Energieversorgung vorschriftsmäßig fest angezogen sind.

Die Anschlüsse der Erdpotential-Verdrahtung müssen überprüft werden.

Der Wert des Ausschaltstroms der Ausschalter muss überprüft werden.

## 6.3 Inbetriebnahme

### 6.3.1 Funktionsprüfungen

#### 6.3.1.1 Allgemeines

Die in den folgenden Unterabschnitten angegebenen Funktionsprüfungen sind durchzuführen.

### 6.3.1.2 Systeme mit Wasser als Arbeitsmedium

- Betrieb der elektrischen Ventile;
- Betrieb der handbetätigten Ventile;
- Betrieb der Umwälzpumpen;
- Betrieb der Regelventile.

### 6.3.1.3 Systeme mit Luft als Arbeitsmedium

- Betrieb der Lüfter (Rotationsrichtung)

### 6.3.1.4 Anlaufverfahren für alle Systeme – Anlauf der Wärmepumpeneinheit

Das Anlaufverfahren muss überprüft werden, und die Wärmepumpe muss für einige Minuten im Betriebszustand gehalten werden.

Das Abschaltverfahren muss befolgt werden, und es ist zu überprüfen, ob es in vorschriftsmäßiger Weise zur Abschaltung der Einheit führt.

## 6.3.2 Prüfungen der Betriebsleistung

### 6.3.2.1 Allgemeines

Durch Prüfungen der Betriebsleistung lässt sich feststellen, ob die Wärmepumpe in Verbindung mit den anderen Komponenten vorschriftsmäßig installiert wurde und den Planungszielen gerecht wird.

### 6.3.2.2 Wärmepumpeneinheit

Die folgenden Parameter sind zu überprüfen:

- Einstellwerte der Regeleinrichtung (z. B. Temperaturen, Heizkennlinie);
- Differenz zwischen der Vorlauf- und der Rücklauftemperatur auf der Quellen- und Senkenseite der Wärmepumpe;
- maximal erreichbare Temperatur des Trinkwarmwassers;
- Funktion und Position des externen Temperaturmessfühlers.

### 6.3.2.3 Wärmeverteilungssystem

Die Vorlauf- und die Rücklauftemperatur des Wasserkreislaufs sind zu überprüfen. Bei Systemen mit Luft als Arbeitsmedium müssen die Vorlauf- und die Rücklauftemperatur des Luftkanalsystems gemessen und mit den Auslegungswerten verglichen werden.

### 6.3.2.4 Wärmequellensystem

Die Vorlauf- und die Rücklauftemperatur der vom Wärmequellensystem führenden erdverlegten Leitungen sind zu messen und mit den Auslegungswerten zu vergleichen. Wenn dies aufgrund hoher Außentemperaturen nicht möglich ist, ist die Differenz zwischen der Vorlauf- und der Rücklauftemperatur der Wärmequelle zu messen.

### **6.3.2.5 Einstellung des Regelungssystems**

Die Regelungssysteme und -einrichtungen (zentrale Regelung, Thermostat) müssen auf die Auslegungswerte eingestellt werden.

### **6.3.3 Hydraulischer Abgleich**

#### **6.3.3.1 Allgemeines**

Der Wärmeverteilungskreis und der erdverlegte Leitungskreis müssen, falls ein solcher vorhanden ist, abgeglichen werden. Verfahren für den Abgleich sind in EN 14336 angegeben.

#### **6.3.3.2 Systeme mit Wasser als Arbeitsmedium**

Die Wasserdurchflussmengen des Wärmeverteilungssystems müssen hydraulisch abgeglichen werden und den Planungsvorgaben entsprechen.

#### **6.3.3.3 Systeme mit Luft als Arbeitsmedium**

Die Luft-Massenströme des Wärmeverteilungssystems müssen abgeglichen bzw. die Luftströme durch geeignete Mittel geregelt werden, um den Planungsvorgaben entsprechen.

#### **6.3.3.4 Erdverlegte Leitungen**

Die Wasser- (oder Sole-)Massenströme des Erdkollektorkreises müssen hydraulisch abgeglichen werden.

Die Massenströme in den verschiedenen Kreisläufen des Erdkollektorsystems müssen in Übereinstimmung mit den Planungserwägungen eingestellt werden (vertikale und horizontale erdverlegte Leitungen).

## **6.4 Übergabe**

Nach Abschluss des Inbetriebnahmeprozesses der gesamten Anlage muss der Installateur dem Auftraggeber die folgenden Dokumente übergeben:

- endgültige Pläne der Anlage, einschließlich der Luftkanäle und Rohrleitungen;
- elektrische Schaltpläne;
- vom Hersteller erstellte Datenblätter aller Komponenten;
- Benutzerhandbuch;
- Inbetriebnahmebericht;
- Wartungsanweisungen.

Außerdem ist der Auftraggeber in die Bedienung des Systems einzuweisen.

## Anhang A (informativ)

### Leitfäden für die Bestimmung von Auslegungsparametern

#### A.1 Auslegungsparameter für Wärmepumpen, die Wasser als Wärmequelle extrahieren

##### A.1.1 Wasserqualität

Um Schäden am Wärmepumpensystem (z. B. aufgrund von Niederschlag oder Korrosion) zu verhindern, sollte die Wasserqualität der Wärmequelle den Werten des Herstellers entsprechen; ist dies nicht der Fall, sollten die in Tabelle A.1 aufgeführten Werte eingehalten werden. Im Zweifelsfall wird empfohlen, eine Analyse der Wasserquelle durchzuführen.

**Tabelle A.1 — Anforderungen an die Qualität des Extraktionswassers, wenn dieses als Wärmequelle genutzt werden soll**

Bestandteile/Maßeinheiten	Wert
Organisches Material (Möglichkeit des Abscheidens)	k. A.
pH-Wert	6,5 bis 9
Elektrische Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	50 bis 1000
Chlorid (mg/Liter)	< 300
Eisen und Mangan (mg/Liter)	< 1
Sulfat (mg/Liter)	0 bis 150
O <sub>2</sub> -Gehalt (mg/Liter)	< 2
Chlor (mg/Liter)	0 bis 5
Nitrat (mg/Liter)	0 bis 100

##### A.1.2 Wassertemperatur

Bei Systemen mit einer thermischen Heizleistung von weniger als 30 kW kann für die mittlere Temperatur des Extraktionswassers die örtliche mittlere Außenlufttemperatur  $\theta_{m,e}$  angenommen werden, sofern der Entnahmebrunnen mindestens 10 m unterhalb der Bodenoberfläche liegt. Dieser Wert  $\theta_{m,e}$  kann in Stadtgebieten oder Regionen mit einer starken Schneedecke um bis zu 3 °C erhöht werden.

##### A.1.3 Wassermenge

Die Leistung des Brunnens muss sicherstellen, dass die Nenn-Durchflussmenge der verbundenen Wärmepumpen dauerhaft erreicht werden kann. Falls keine anderen Daten zur Verfügung stehen, kann eine Wasserdurchflussmenge von 0,25 m<sup>3</sup>/h je Kilowatt der Wärmepumpen-Verdampferleistung als Auslegungsparameter verwendet werden. Die Temperaturdifferenz zwischen der Vorlauf- und der Rücklaufemperatur beträgt bei kleinen Systemen üblicherweise 3 K bis 4 K. Größere Systeme können mit größeren Temperaturdifferenzen arbeiten.

## A.2 Auslegungsparameter für Wärmepumpen, die das Erdreich als Wärmequelle nutzen

### A.2.1 Allgemeines

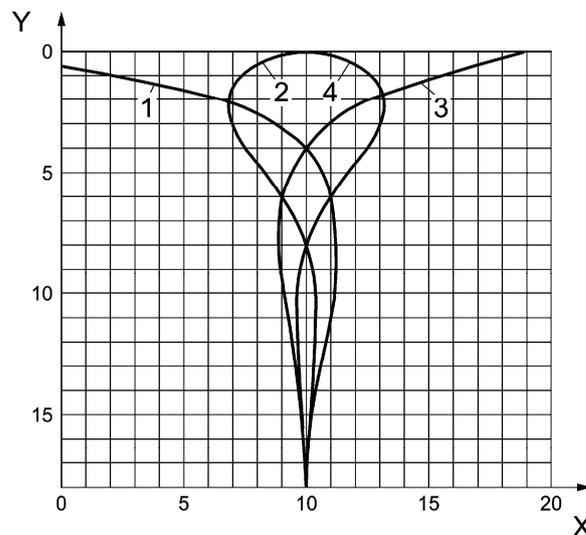
Bei Wärmepumpen, die das Erdreich als Wärmequelle nutzen, lässt sich die Wärmeauskopplung entweder durch den Einsatz von horizontal in einer Tiefe von 0,8 m bis 2,0 m (regionsabhängig) unter der Erdoberfläche angeordneten Wärmetauschern oder durch Bohren von vertikalen Bohrlöchern erreichen.

### A.2.2 Temperatur des Erdreichs

Die jahreszeitlichen Schwankungen der Temperatur des Erdreichs nehmen mit zunehmender Tiefe ab. Im nachstehenden Bild A.1 sind typische Werte der Temperatur des ungestörten Erdreichs angegeben. Für die Zwecke der Systemplanung (Heizlastberechnung) sollten die tiefsten Temperaturen des Erdreichs verwendet werden (üblicherweise 0 °C).

Erdverlegte Leitungskreise sind in einer geeigneten Tiefe so zu installieren (zu verlegen), dass ein Einfrieren des Mediums bei extremen Bedingungen (Norm-Außentemperatur) vermieden wird.

Für vertikale Bohrlochwärmetauscher kann als Auslegungswert das Jahresmittel der Außentemperatur  $\theta_{m,e}$  angesetzt werden.



#### Legende

- Y Tiefe, in m
- X Temperatur des umgebenden Erdreichs in horizontaler Ebene
- 1 Temperaturkennlinie für den 1. Februar
- 2 Temperaturkennlinie für den 1. Mai
- 3 Temperaturkennlinie für den 1. August
- 4 Temperaturkennlinie für den 1. November

**Bild A.1 — Theoretische Temperaturverteilung in Abhängigkeit von der Tiefe an einem Standort mit einer mittleren Jahresaußentemperatur von 10 °C**

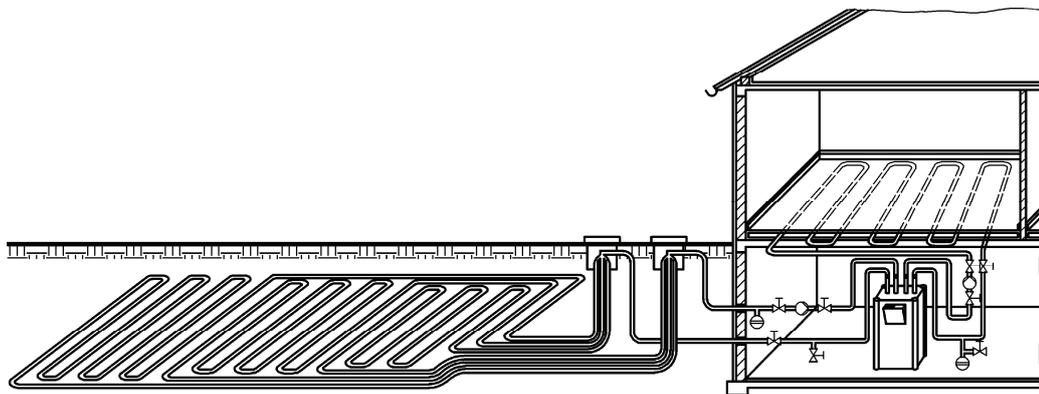
### A.2.3 Wärmeentzugsleistungen

#### A.2.3.1 Horizontale Erdwärmetauscher

In einfachen Fällen (d. h. Wohnhäusern) können die mittleren auf die Fläche bezogenen Wärmeentzugsleistungen in  $W/m^2$  durch Bestimmung einer Entzugsleistung je Quadratmeter der Erdkollektorfläche ermittelt

werden. Die Entzugsleistung hängt von den Eigenschaften des Erdreichs und der Dauer des Wärmeentzugs (Betriebsdauer der Wärmepumpe in Stunden pro Jahr) ab. Den in der nachstehenden Tabelle A.2 angegebenen Werten liegen Wärmepumpen-Betriebsdauern von 1800 und 2400 Stunden pro Jahr nur für das Heizungsanlage zugrunde. Einer zusätzlichen Wärmeerzeugung für Warmwasserbereitung lässt sich durch Verlängerung der Betriebsdauer der in der Tabelle angegebenen Werte Rechnung tragen. Horizontale Erdkollektoren sollten nicht überbaut werden.

Ein Beispiel für einen horizontalen Erdwärmetauscher ist in Bild A.2 angegeben.



**Bild A.2 — Wärmepumpen-Heizungsanlage mit horizontal verlegtem Wärmetauscher**

**Tabelle A.2 — Beispiel für Anforderungen an die Eigenschaften des Erdreichs in Mitteleuropa<sup>1)</sup>**

Eigenschaften des Erdreichs	Spezifische Wärmeentzugsleistungen	
	Betriebsdauer 1800 h pro Jahr	Betriebsdauer 2400 h pro Jahr
Trockener nichtbindiger Boden	10 W/m <sup>2</sup>	8 W/m <sup>2</sup>
Feuchter bindiger Boden	20 W/m <sup>2</sup> bis 30 W/m <sup>2</sup>	16 W/m <sup>2</sup> bis 24 W/m <sup>2</sup>
Wassergesättigter Sand oder Kies	40 W/m <sup>2</sup>	32 W/m <sup>2</sup>

Bei der Systemplanung für längere Betriebsdauern ist außerdem die jährlich extrahierte Wärme je Quadratmeter Kollektorfläche (in kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr) zu berücksichtigen, da dieser Wert die langfristigen Auswirkungen dauerhafter Wärmeextraktion widerspiegelt. Der Wert sollte für den reinen Heizbetrieb zwischen 50 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr und 70 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr liegen.

Die Differenz zwischen der Rücklauftemperatur des Wärmeaustauschmediums und der Temperatur des ungestörten Bodens darf im Dauerbetrieb nicht so groß sein, dass während des Betriebs technische Probleme auftreten. Ein für Mitteleuropa typischer Wert ist 12 K.

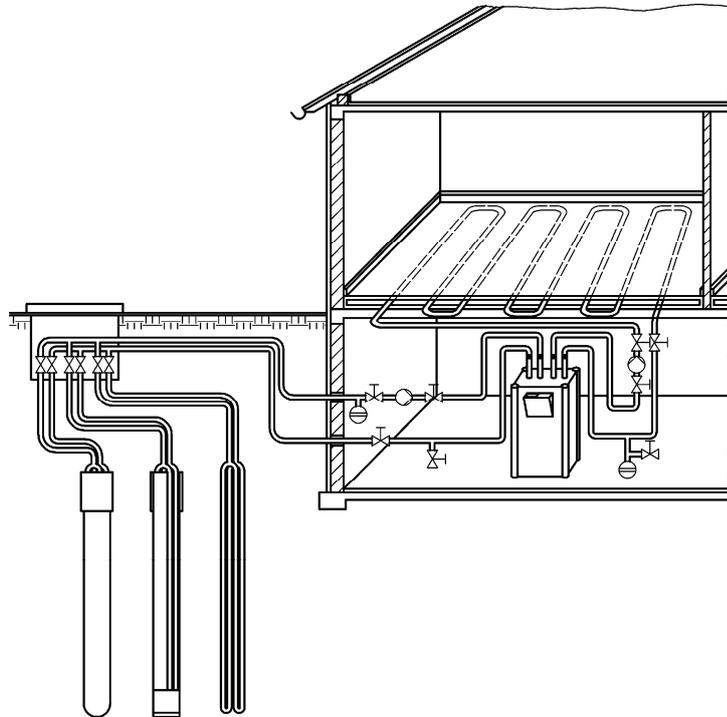
#### A.2.4 Vertikaler Bohrlochwärmetauscher

Bei kleineren Wärmepumpensystemen mit einer Wärmeleistung von bis zu 30 kW lassen sich die mittleren spezifischen Werte für die Wärmeentzugsleistung durch Bestimmung einer Entzugsleistung je Meter Bohrlochtiefe in W/m ermitteln. Die Auskopplungsrate hängt von den Eigenschaften des Erdreichs und der Dauer der Wärmeauskopplung (Betriebsdauer der Wärmepumpe in Stunden pro Jahr) ab. Den in der nachstehenden Tabelle A.3 angegebenen Werten liegen Wärmepumpen-Betriebsdauern von 1800 und 2400 Stunden pro Jahr nur für die Heizungsanlage zugrunde. Einer zusätzlichen Wärmeerzeugung für Warmwasserbereitung ist durch Verlängerung der Betriebsdauer der in der Tabelle angegebenen Werte

<sup>1)</sup> Die Werte sind VDI 4640, Teil 2, entnommen.

Rechnung zu tragen. Tabelle A.3 geht außerdem von einer mittleren Jahresaußentemperatur im Bereich zwischen 9 °C und 11 °C aus und gilt für einzelne Heizungsanlagen mit bis zu 5 Bohrlöchern. Falls sich die Eigenschaften des Erdreichs während des Bohrvorgangs in erheblichem Maße ändern, sollten die Bohrlochtiefe und/oder die Anzahl der Bohrlöcher angepasst werden, um der Abweichung der maximalen Wärmestromextraktion Rechnung zu tragen.

Ein Beispiel für einen vertikalen Bohrlochwärmetauscher ist in Bild A.3 angegeben.



**Bild A.3 — Wärmepumpen-Heizungsanlage mit Bohrloch-Wärmeaustausch durch Extraktion**

Bei der Systemplanung für längere Betriebsdauern ist außerdem die jährlich extrahierte Wärme je Meter Bohrlochtiefe (in kWh/m pro Jahr) zu berücksichtigen, da dieser Wert die langfristigen Auswirkungen dauerhafter Wärmeextraktion widerspiegelt. Der Wert sollte für den reinen Heizbetrieb zwischen 100 kWh/m pro Jahr und 150 kWh/m pro Jahr liegen.

Die Differenz zwischen der Rücklauftemperatur des Wärmeaustauschmediums und der Temperatur des ungestörten Bodens (d. h. in einer Tiefe von 10 m) darf im Dauerbetrieb nicht so groß sein, dass während des Betriebs technische Probleme auftreten. Ein für Mitteleuropa typischer Wert ist 11 K.

Tabelle A.3 — Spezifische Wärmeentzugsleistungen für verschiedene Bodenarten in Mitteleuropa<sup>2)</sup>

Bodenart	Spezifische Wärmeentzugsleistung	
	Betriebsdauer 1800 h pro Jahr	Betriebsdauer 2400 h pro Jahr
<b>Allgemeine Richtwerte:</b>		
Mangelhafter Untergrund (trockenes Sediment und $\lambda < 1,5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ )	25 W/m	20 W/m
Normaler Untergrund und wassergesättigtes Sediment $1,5 < \lambda < 3,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	60 W/m	50 W/m
Festes Gestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit $\lambda > 3,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	84 W/m	70 W/m
<b>Einzelne Bodenarten:</b>		
Trockener Kies oder Sand	< 25 W/m	< 20 W/m
Wassergesättigter Kies oder Sand	65 W/m bis 80 W/m	55 W/m bis 65 W/m
Kies oder Sand und starker Grundwasserstrom	80 W/m bis 100 W/m	80 W/m bis 100 W/m
Feuchter Lehm	35 W/m bis 50 W/m	30 W/m bis 40 W/m
Massiver Kalkstein	55 W/m bis 70 W/m	45 W/m bis 60 W/m
Sandstein	65 W/m bis 80 W/m	55 W/m bis 65 W/m
Kieseliges Magmatit (z. B. Granit)	65 W/m bis 85 W/m	55 W/m bis 70 W/m
Basisches Magmatit (z. B. Basalt)	40 W/m bis 65 W/m	35 W/m bis 55 W/m
Diorit	70 W/m bis 85 W/m	60 W/m bis 70 W/m
ANMERKUNG Die Werte gelten für Wärmepumpensysteme mit einer Wärmeabgabe von bis zu 30 kW.		

Bei größeren das Erdreich nutzenden Wärmepumpensystemen sind spezifische Berechnungen unter Anwendung analytischer Lösungen oder numerischer Simulationsverfahren erforderlich.

Es könnte erforderlich sein, die Bohrlöcher zu füllen und zu zementieren; die Abstände zwischen Bohrlöchern müssen angemessen sein und den am Einsatzort geltenden Rechtsvorschriften entsprechen.

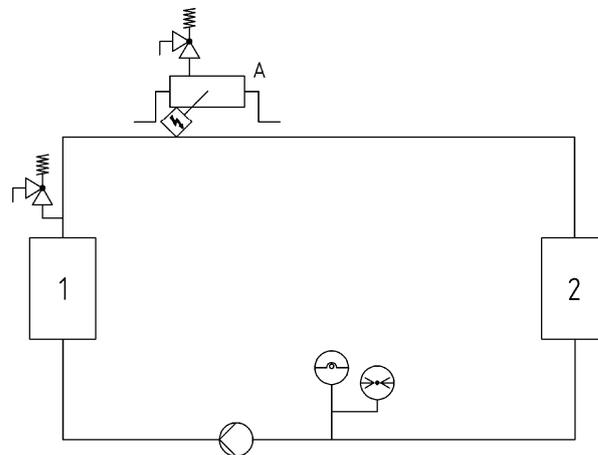
<sup>2)</sup> Die Werte sind VDI 4640, Teil 2, entnommen.

## Anhang B (informativ)

### Standard-Hydraulikkreise

Die am häufigsten eingesetzten Hydraulikkreise für den Einbau der Komponenten der Heizungsanlage sind in den Bildern B.1 bis B.7 beschrieben:

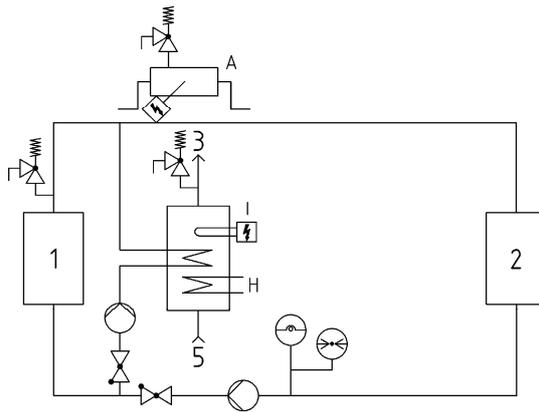
- Standardsystem 1: ohne Pufferspeicher, ohne Trinkwarmwasserbereitung, nur zur Raumheizung (siehe Bild B.1);
- Standardsystem 2: ohne Pufferspeicher, zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung (siehe Bild B.2);
- Standardsystem 3: mit in Reihe geschaltetem Pufferspeicher, nur zur Raumheizung (siehe Bild B.3);
- Standardsystem 4: mit in Reihe geschaltetem Pufferspeicher, zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung (siehe Bild B.4);
- Standardsystem 5: mit parallelem geschaltetem Pufferspeicher, nur zur Raumheizung (siehe Bild B.5);
- Standardsystem 6: mit parallelem geschaltetem Pufferspeicher, zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung (siehe Bild B.6);
- Standardsystem 7: mit Kombinationspeicher und Sonnenkollektoren, zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung (siehe Bild B.7).



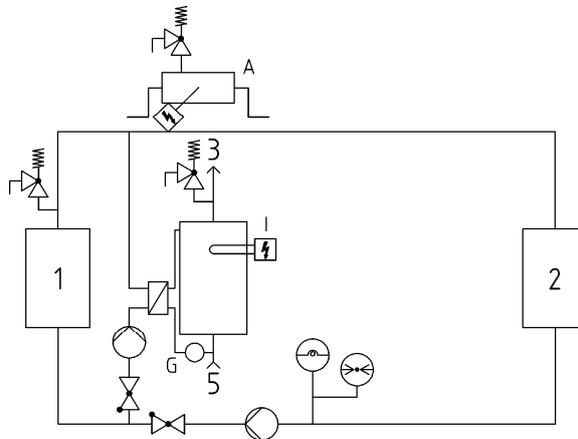
#### Legende

- 1 Wärmepumpe, die als Wärmequelle die Außenluft oder das Erdreich (Bohrloch-Wärmetauscher) nutzt
- 2 Wärmeverteilungs-, Wärmeabgabesystem
- A Optionale elektrische Zusatzheizung mit Sicherheitsventil

**Bild B.1 — Wärmepumpeninstallation ohne Pufferspeicher, ohne Trinkwarmwasserbereitung, nur zur Raumheizung**



a) Trinkwarmwasserbereitung mit internem Wärmetauscher

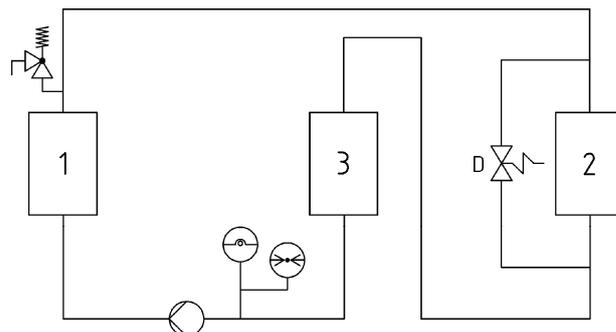


b) Trinkwarmwasserbereitung mit externem Wärmetauscher

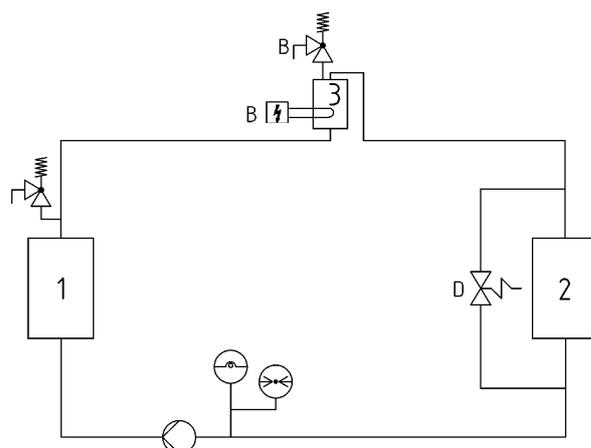
**Legende**

- |   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| 1 | Wärmepumpe, die als Wärmequelle die Außenluft oder das Erdreich (Bohrloch-Wärmetauscher) nutzt | A | optionale elektrische Zusatzheizung mit Sicherheitsventil        |
| 2 | Wärmeverteilungs-, Wärmeabgabesystem   | G | optionaler externer Wärmetauscher für Trinkwarmwasserbereitung   |
| 3 | Trinkwarmwasserspeicher  | H | optionaler Sonnenkollektor (nur Bild B.2.a)                      |
| 5 | Kaltwasserzuleitung  | I | optionale elektrische Zusatzheizung für Trinkwarmwasserbereitung |

**Bild B.2 — Verschiedene Alternativen von Wärmepumpeninstallationen ohne Pufferspeicher, zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung**



a) Pufferspeicher in der Rücklaufleitung

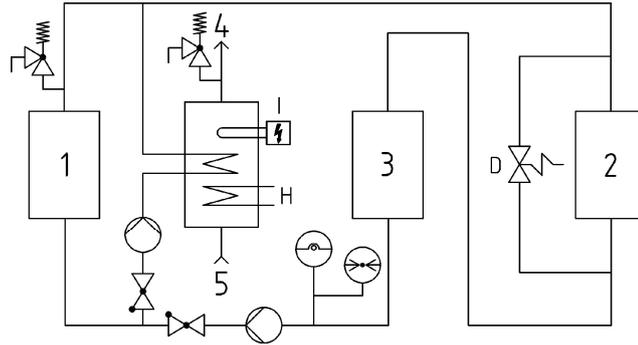


b) Pufferspeicher in der Vorlaufleitung

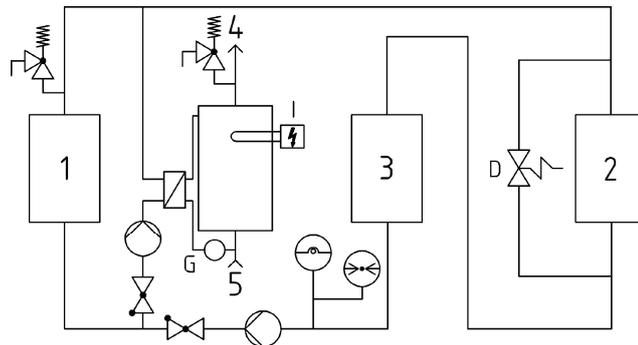
**Legende**

- |  |   |
|--|---|
| <p>1 Wärmepumpe, die als Wärmequelle die Außenluft oder das Erdreich (Bohrloch-Wärmetauscher) nutzt</p> <p>2 Wärmeverteilungs-, Wärmeabgabesystem</p> <p>3 Puffer-Wasserspeicher für die Raumheizung</p> | <p>B optionale elektrische Zusatzheizung mit Sicherheitsventil (nur Bild B.3.b)</p> <p>D optionales Überströmventil zur Verwendung bei Thermostatventilen</p> |
|--|---|

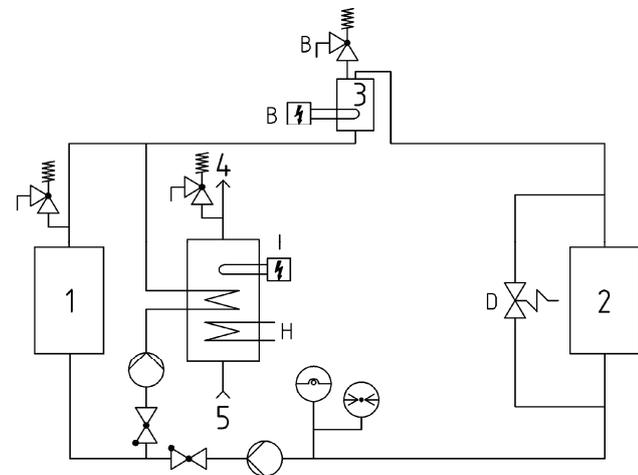
**Bild B.3 — Verschiedene Alternativen von Wärmepumpeninstallationen mit in Reihe geschaltetem Pufferspeicher, ohne Trinkwarmwasserbereitung, nur zur Raumheizung**



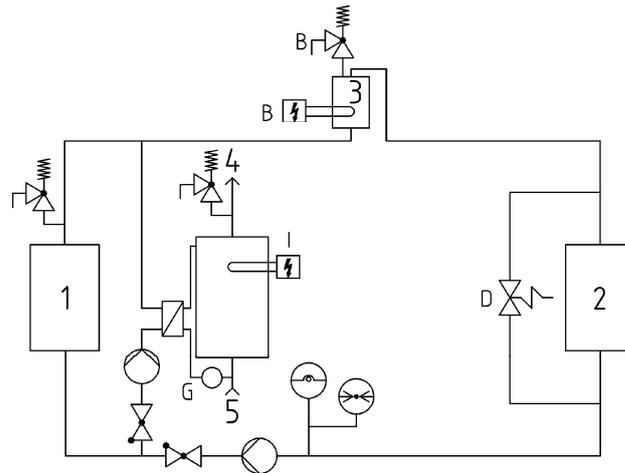
a) Pufferspeicher in der Rücklaufleitung, interner DHW-Wärmetauscher



b) Pufferspeicher in der Rücklaufleitung, externer DHW-Wärmetauscher



c) Pufferspeicher in der Vorlaufleitung, interner DHW-Wärmetauscher

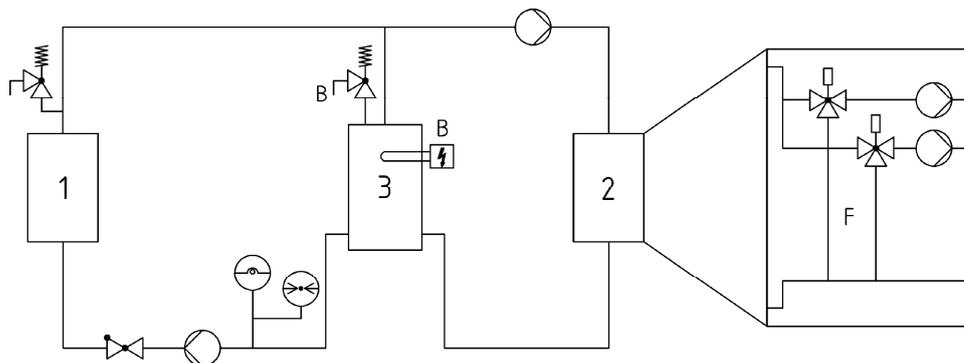


d) Pufferspeicher in der Vorlaufleitung, externer DHW-Wärmetauscher

**Legende**

- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| 1 | Wärmepumpe, die als Wärmequelle die Außenluft oder das Erdreich (Bohrloch-Wärmetauscher) nutzt | D | optionales Überströmventil zur Verwendung bei Thermostatventilen im Wärmeabgabesystem |
| 2 | Wärmeverteilungs-, Wärmeabgabesystem   | G | optionaler externer Wärmetauscher für Trinkwarmwasserbereitung                        |
| 3 | Puffer-Wasserspeicher für die Raumheizung  | H | optionaler Sonnenkollektor (nur Bild B.4.a und B.4.c)                                 |
| 4 | Trinkwarmwasserspeicher  | I | optionale elektrische Zusatzheizung für Trinkwarmwasserbereitung                      |
| 5 | Kaltwasserzuleitung  |   |   |
| B | optionale elektrische Zusatzheizung mit Sicherheitsventil (nur Bild B.4.c und B.4.d)           |   |   |

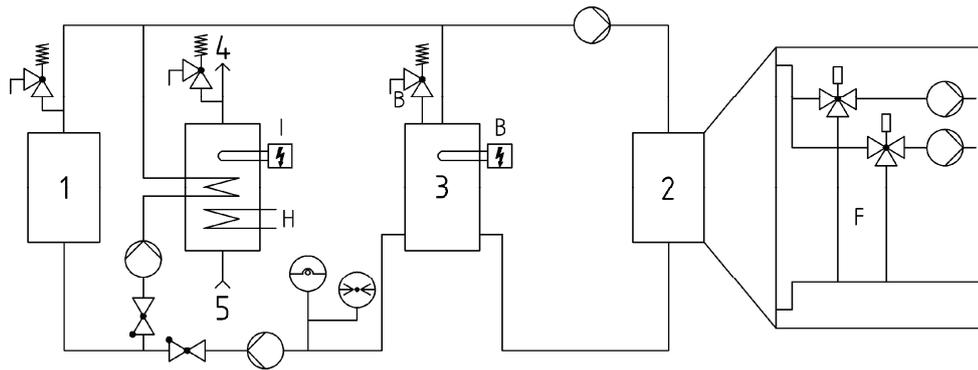
**Bild B.4 — Verschiedene Alternativen von Wärmepumpeninstallationen mit in Reihe geschaltetem Pufferspeicher, zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung**



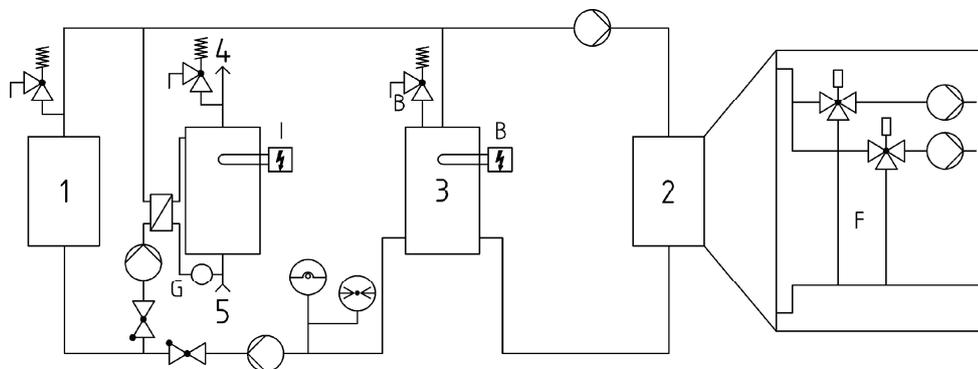
**Legende**

- |   |  |
|---|--|
| 1 | Wärmepumpe, die als Wärmequelle die Außenluft oder das Erdreich (Bohrloch-Wärmetauscher) nutzt |
| 2 | Wärmeverteilungs-, Wärmeabgabesystem   |
| 3 | Puffer-Wasserspeicher für die Raumheizung  |
| B | optionale elektrische Zusatzheizung mit Sicherheitsventil                                      |
| F | optionale zusätzliche Gruppen von Heizkreisen mit Mischventilen                                |

**Bild B.5 — Verschiedene Alternativen von Wärmepumpeninstallationen mit parallel geschaltetem Pufferspeicher, ohne Trinkwarmwasserbereitung, zur Raumheizung**



a) parallel geschalteter Pufferspeicher, interner DHW-Wärmetauscher

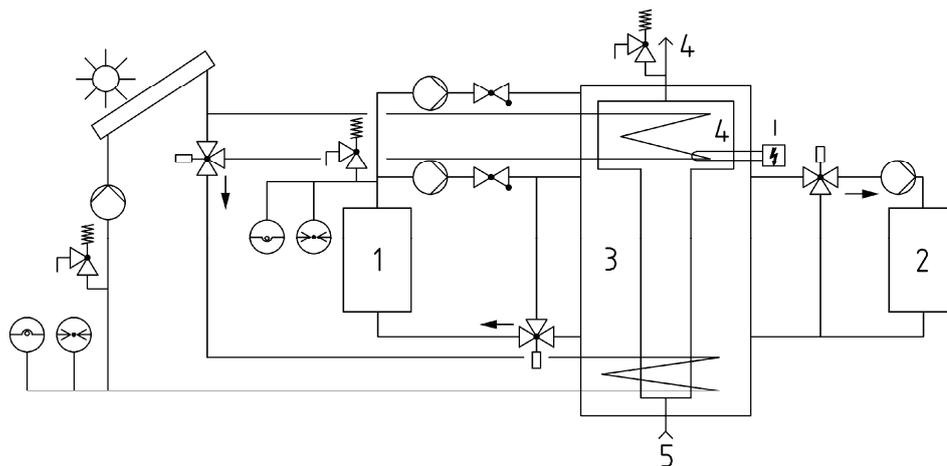


b) parallel geschalteter Pufferspeicher, externer DHW-Wärmetauscher

### Legende

- |   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| 1 | Wärmepumpe, die als Wärmequelle die Außenluft oder das Erdreich (Bohrloch-Wärmetauscher) nutzt | B | optionale elektrische Zusatzheizung mit Sicherheitsventil                                |
| 2 | Wärmeverteilungs-, Wärmeabgabesystem   | F | zusätzliche Gruppen von Heizkreisen mit Mischventilen                                    |
| 3 | Puffer-Wasserspeicher für die Raumheizung  | G | optionaler externer Wärmetauscher für Trinkwarmwasser bereitung (nicht mit H kompatibel) |
| 4 | Trinkwarmwasserspeicher  | H | optionaler Sonnenkollektor (nur Bild B.6.a)  |
| 5 | Kaltwasserzuleitung  | I | optionale elektrische Zusatzheizung für Warmwasserbereitung                              |

**Bild B.6 — Verschiedene Alternativen von Wärmepumpeninstallationen mit parallel geschaltetem Pufferspeicher, zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung**



### Legende

- 1 Wärmepumpe, die als Wärmequelle die Außenluft oder das Erdreich (Bohrloch-Wärmetauscher) nutzt
- 2 Wärmeverteilungs-, Wärmeabgabesystem
- 3 Puffer-Wasserspeicher für die Raumheizung
- 4 Trinkwarmwasserspeicher
- 5 Kaltwasserzuleitung
- I optionale elektrische Zusatzheizung für die Trinkwarmwasserbereitung

**Bild B.7 — Wärmepumpeninstallationen mit Kombinationsspeicher und zusätzlicher Solarheizung zur Trinkwarmwasserbereitung**

ANMERKUNG 1 Der logische Installationsort für einen möglicherweise eingebauten Zusatzheizer ist die Vorlaufleitung der Wärmepumpe.

ANMERKUNG 2 Als Alternative zur Verwendung von zwei Pumpen zum Wechsel zwischen Raumheiz- und Warmwasserbereitungsbetrieb kann in den Bildern B.2, B.4 und B.6 auch ein Schaltventil verwendet werden.

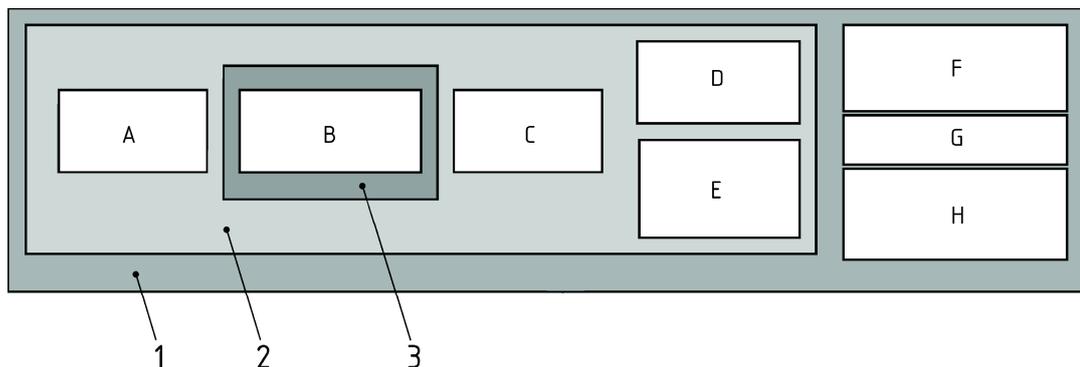
## Anhang C (normativ)

### Berechnung und Anforderungen hinsichtlich der Jahresarbeitszahl (*SPF*)

#### C.1 Definitionen

##### Kennwerte und Systemgrenzen

Mögliche Systemgrenzen sind in Bild C.1 dargestellt.



##### **Legende**

- A Wärmequelle
- B Wärmepumpe
- C Pufferspeicher (Raumheizung)
- E elektrischer Zusatzheizer
- F Verteilung (Lüftung und Heizung)
- G Wärmerückgewinnung
- H Verteilung

- 1 Gesamtjahresarbeitszahl des Raumheiz- und DHW-Systems,  $SPF_{sys}$
- 2 Gesamtjahresarbeitszahl des Erzeugers nach prEN 15316-4-2,  $SPF_{g,t}$
- 3 Leistungszahl der Wärmepumpe nach EN 14511-1,  $COP$

**Bild C.1 — Systemgrenzen für  $COP$  und  $SPF$**

#### C.2 Berechnungen

Die Schlüsselwerte dienen zur Beurteilung des Wirkungsgrades verschiedener Heizungsanlagen mit Wärmepumpen und Wärmerückgewinnung. Die wichtigsten dieser Schlüsselwerte werden in den folgenden Absätzen erläutert.

##### Leistungszahl ( $COP$ )

Die  $COP$  dient zur Beurteilung des Wirkungsgrades von Wärmepumpen an bestimmten Betriebspunkten.

$$COP = \frac{\Phi_{HP,hw}}{P_{HP} + P_{HP,aux}} \quad (C.1)$$

Dabei ist

- $\Phi_{HP,hw}$  die Heizleistung für Raumheizung und gegebenenfalls Trinkwarmwasserbereitung;
- $P_{HP}$  die Leistungsaufnahme des Kompressors;
- $P_{HP,aux}$  die zusätzliche Leistung zum Ausgleich des Druckabfalls im Verdampfer und Kondensator sowie zum Auftauen und zur Regelung der Wärmepumpe nach EN 14511-1.

Auszug aus prEN 15316-4-2

Die Gesamtjahresarbeitszahl des Erzeugers (einschließlich der Wärmepumpe und des elektrischen Zusatzheizers) kann wie folgt berechnet werden:

$$SPF_{g,t} = \frac{Q_{out,g,h} + Q_{out,g,DHW}}{E_{in,g} + W_g} \tag{C.2}$$

Dabei ist

- $SPF_{g,t}$  die Gesamtjahresarbeitszahl des Erzeugers;
- $Q_{out,g,h}$  der Gesamt-Raumheizwärmebedarf des Raumheizungs-Verteilungssystems in J;
- $Q_{out,g,DHW}$  der Gesamt-Nutzwärmebedarf des Trinkwarmwasser-Verteilungssystems in J;
- $E_{in,g}$  die Gesamt-Elektroenergiezufuhr zu Wärmepumpe und Zusatzheizer in J;
- $W_g$  die Gesamthilfsenergiezufuhr in J;

**C.3 Mindest- und Sollwerte der Jahresarbeitszahl für Wärmepumpen**

Wärmepumpensysteme sind so zu planen, dass sie eine möglichst hohe Jahresarbeitszahl (*SPF*) erreichen.

Mindest-Jahresarbeitszahlen (für Raumheizung und Warmwasserbereitung) sowie Zielwerte für bewährte Verfahrensweisen können in nationalen Anhängen angegeben sein. Das gleiche gilt für eine reine Trinkwarmwasserbereitung.

Wurde kein derartiger nationaler Anhang mit derartigen Werten veröffentlicht, sind Standardwerte den nachstehenden Tabellen C.1, C.2 und C.3 zu entnehmen.

Systemgrenzen sind in C.1 beschrieben. Das Berechnungsverfahren zur Abschätzung der *SPF* ist prEN 15316-4-2 zu entnehmen.

**Tabelle C.1 — Standardmindest- und -zielwerte der Jahresarbeitszahl für Wärmepumpen, die für Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung in Neubauten genutzt werden (für Mitteleuropa typische Werte)**

Energiequelle/-senke	Mindestwert Jahresarbeitszahl	Zielwert Jahresarbeitszahl
Luft/Wasser	2,7	3,0
Erdreich/Wasser	3,5	4,0
Wasser/Wasser	3,8	4,5

**Tabelle C.2 — Standardmindest- und -zielwerte der Jahresarbeitszahl für Wärmepumpen, die für Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung in nachgerüsteten Gebäuden genutzt werden (für Mitteleuropa typische Werte)**

<b>Energiequelle/-senke</b>	<b>Mindestwert Jahresarbeitszahl</b>	<b>Zielwert Jahresarbeitszahl</b>
Luft/Wasser	2,5	2,8
Erdreich/Wasser	3,3	3,7
Wasser/Wasser	3,5	4,2

**Tabelle C.3 — Standardmindest- und -zielwerte der Jahresarbeitszahl für Wärmepumpen, die nur für Trinkwarmwasserbereitung genutzt werden (für Mitteleuropa typische Werte)**

<b>Energiequelle/-senke</b>	<b>Mindestwert Jahresarbeitszahl</b>	<b>Zielwert Jahresarbeitszahl</b>
Luft/Wasser	2,3	2,8
Erdreich/Wasser	3,0	3,5
Wasser/Wasser	3,2	3,8

## Anhang D (informativ)

### Geräuschemissionen in der näheren Umgebung

In vielen Ländern werden die Geräuschemissionen durch Richtlinien geregelt, in denen die Bestimmung und Beurteilung der maximal zulässigen Werte für Geräuschemissionen aus der Umgebung festgelegt sind. Bestehen keine nationalen Rechtsvorschriften, sind für fest installierte Wärmepumpen oder nachgerüstete Anlagen die Auslegungswerte in Tabelle D.1 maßgebend.

**Tabelle D.1 — Maximale Geräuschemissionen durch Wohn- und Mischgebiete (Wohn- und Industriegebiete)**

<b>Auslegungswerte <math>L_T</math> in dB(A)</b>	
	Nacht (21:00 Uhr bis 07:00 Uhr)
Wohngebiete (SL II)	45
Mischgebiete (SL III)	50

Sensitivitätsstufe (SL) II gilt für Bereiche, in denen keine ruhestörenden Vorgänge erlaubt sind, besonders für Wohngebiete und Gebiete mit öffentlichen Gebäuden und Bauwerken.

Sensitivitätsstufe III gilt für Bereiche, in denen ruhestörende Vorgänge in begrenztem Maße erlaubt sind, besonders für Wohn- und Geschäftsgebiete.

Die Anforderungen an den Schallschutz von durch Personen genutzte Räume (z. B. Wohn- und Schlafzimmer, Büros) sind in Bezug auf Gebäudeautomationstechnik in Tabelle D.2 angegeben.

**Tabelle D.2 — Anforderungen an den Schallschutz in Bezug auf Geräusche aus der Gebäudeautomationstechnik in Mehrfamilienhäusern und Bürogebäuden**

<b>Beurteilungsstufe <math>L_{T,H}</math> in dB(A)</b>	
	Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr)
Mindestanforderung	30
Erhöhte Anforderung	25

## Anhang E (informativ)

### Durchschnittliches Zapfprofil für die Trinkwarmwasserbereitung

#### E.1 Durchschnittliches Zapfprofil

Das durchschnittliche Zapfprofil ist in den Tabellen E.2, E.3 und E.4 angegeben; jede hier angegebene Zapfart beruht auf den in Tabelle E.1 aufgeführten Annahmen zum Volumen.

Die Kaltwassertemperatur wird mit 10 °C angesetzt.

**Tabelle E.1 — Annahmen zum Volumen**

Zapfart	Energie kWh	Volumen l	Gewünschter Wert für $\Delta\theta$ K	Zapfungsdauer bei angegebenen Massenstrom min			
				bei 3,5 l/min	bei 5,5 l/min	bei 7,5 l/min	bei 9 l/min
Wenig	0,105	3	30	0,9	0,5	0,4	0,3
Fußboden	0,105	3	30	0,9	0,5	0,4	0,3
Reinigen	0,105	2	45	0,6	0,4	0,3	0,2
Geschirrspülen wenig	0,315	6	45	1,7	1,1	0,8	0,7
Geschirrspülen mittel	0,420	8	45	2,3	1,5	1,1	0,9
Geschirrspülen mehr	0,735	14	45	4,0	2,5	1,9	1,6
„Viel“	0,525	15	30	4,3	2,7	2,0	1,7
Duschen	1,400	40	30	11,4	7,3	5,3	4,4
Baden	3,605	103	30	29,4	18,7	13,7	11,4

Tabelle E.2 — Durchschnittliches Zapfprofil einer Einzelperson  
(36 Liter bei 60 °C)

Nr.	Tageszeit hh:mm	Energie Zapf- vorgang kWh	Bezugsperiode für Teilspeichersysteme		Zapfart	Gewünschter Wert für $\Delta\theta$ (während der Entnahme zu erreichen) K	Mindestwert von $\theta$ für den Start des Zählens der Energie- nutzung °C
1	07:00	0,105			wenig		25
2	07:30	0,105			wenig		25
3	08:30	0,105			wenig		25
4	09:30	0,105			wenig		25
5	11:30	0,105			wenig		25
6	11:45	0,105			wenig		25
7	12:45	0,315			Geschirrspülen	50	0
8	18:00	0,105			wenig		25
9	18:15	0,105			Reinigen		45
10	20:30	0,420			Geschirrspülen	50	0
11	21:30	0,525			viel		45
$Q_{DP}$ [kWh]		<b>2,1</b>	<b>1,78</b>	<b>0,945</b>			
$t_{DP}$ [hh:mm]		<b>14:30</b>	<b>9:00</b>	<b>1:00</b>			
					<b>36 Liter bei 60 °C</b>		

Tabelle E.3 — Durchschnittliches Zapfprofil einer Familie, einschließlich Duschen  
(100 Liter bei 60 °C)

Nr.	Tageszeit hh:mm	Energie Zapf- vorgang kWh	Bezugsperiode für Teilspeichersysteme		Zapfart	Gewünschter Wert für $\Delta\theta$ (während der Entnahme zu erreichen) K	Mindestwert von $\theta$ für den Start des Zählens der Energie- nutzung °C
1	07:00	0,105			wenig		25
2	07:15	1,400			Duschen		40
3	07:30	0,105			wenig		25
4	08:01	0,105			wenig		25
5	08:15	0,105			wenig		25
6	08:30	0,105			wenig		25
7	08:45	0,105			wenig		25
8	09:00	0,105			wenig		25
9	09:30	0,105			wenig		25
10	10:30	0,105			Fußboden	30	10
11	11:30	0,105			wenig		25
12	11:45	0,105			wenig		25
13	12:45	0,315			Geschirrspülen	45	10
14	14:30	0,105			wenig		25
15	15:30	0,105			wenig		25
16	16:30	0,105			wenig		25
17	18:00	0,105			wenig		25
18	18:15	0,105			Reinigen		40
19	18:30	0,105			Reinigen		40
20	19:00	0,105			wenig		25
21	20:30	0,735			Geschirrspülen	45	10
22	21:15	0,105			wenig		25
23	21:30	1,400			Duschen		40
$Q_{DP}$ [kWh]		<b>5,845</b>	<b>5,740</b>	<b>2,24</b>			
$t_{DP}$ [hh:mm]		<b>14:30</b>	<b>14:15</b>	<b>1:00</b>			

**100,2 Liter  
bei 60 °C**

Tabelle E.4 — Durchschnittliches Zapfprofil einer dreiköpfigen Familie, einschließlich Baden und Duschen (200 Liter bei 60 °C)

Nr.	Tageszeit hh:mm	Energie Zapf- vorgang kWh	Bezugsperiode für Teilspeichersysteme		Zapfart	Gewünschter Wert für $\Delta\theta$ (während der Entnahme zu erreichen) K	Mindestwert von $\theta$ für den Start des Zählens der Energie- nutzung °C
1	07:00	0,105			wenig		25
2	07:05	1,400			Dusche		40
3	07:30	0,105			wenig		25
4	07:45	0,105			wenig		25
5	08:05	3,605			Bad	30	10
6	08:25	0,105			wenig		25
7	08:30	0,105			wenig		25
8	08:45	0,105			wenig		25
9	09:00	0,105			wenig		25
10	09:30	0,105			wenig		25
11	10:30	0,105			Fußboden	30	10
12	11:30	0,105			wenig		25
13	11:45	0,105			wenig		25
14	12:45	0,315			Geschirrspülen	45	10
15	14:30	0,105			wenig		25
16	15:30	0,105			wenig		25
17	16:30	0,105			wenig		25
18	18:00	0,105			wenig		25
19	18:15	0,105			sauber		40
20	18:30	0,105			sauber		40
21	19:00	0,105			wenig		25
22	20:30	0,735			Geschirrspülen	45	10
23	21:00	3,605			Bad	30	10
24	21:30	0,105			wenig		25
$Q_{DP}$ [kWh]		<b>11,655</b>	<b>11,445</b>	<b>4,445</b>			
$t_{DP}$ [hh:mm]		<b>14:30</b>	<b>13:55</b>	<b>1:00</b>			
					<b>199,8 Liter bei 60 °C</b>		

## E.2 Beispielrechnung

Die Wärmepumpe und der DHW-Speicher sind für ein Einfamilienhaus mit 3 Personen bei einem Sollwert der Trinkwarmwassertemperatur von 50 °C zu dimensionieren.

Sind keine nationalen Werte verfügbar, beläuft sich der tägliche Trinkwarmwasserverbrauch auf 25 Liter je Person bei 60 °C.

### Lösung 1 – Speicherung

Der Tagesverbrauch an Trinkwarmwasser wird verdoppelt (50 Liter je Person je Tag), und der Ausgangswert für die Dimensionierung des DHW-Speichers beträgt 150 Liter.

Auslegungswerte:

$$\begin{aligned} t_{DP} &= 24 \text{ h} \\ Q_{1,s} &= 2,2 \text{ kWh/Tag (tägliche Wärmeverluste des gewählten DHW-Speichers bei } \Delta\theta = 50 \text{ °C)} \\ \theta_{DPset} &= 50 \text{ °C} \end{aligned}$$

Das die Wärmeverluste des DHW-Speichers ausmachende Volumen beträgt:

$$V_{1,s} = \frac{Q_{1,s}}{0,00116 \cdot (\theta_{DP,60} - \theta_{cw})} = 38 \text{ Liter.}$$

$$\begin{aligned} V_{DP60} &= 188 \text{ Liter bei } 60 \text{ °C (mit Berücksichtigung von Wärmeverlusten)} \\ V_{\theta set} &= 235 \text{ Liter bei } 50 \text{ °C (mit Berücksichtigung von Wärmeverlusten)} \end{aligned}$$

Das gewählte DHW-Speichervolumen beträgt 250 Liter. Die im DHW-Speicher gespeicherte Energie beträgt:

$$Q_S = 0,00116 \cdot 250 \cdot (50 - 10) + 2,2 = 13,8 \text{ kWh}$$

Bei  $t_{\text{Energie,HP}} = 8 \text{ h}$  sollte die für die Warmwasserbereitung bereitgestellte Mindestwärmeleistung höher als 1,7 kW sein.

### Lösung 2 – Teilspeicherung

Der Tagesverbrauch an Trinkwarmwasser beträgt 25 Liter je Person je Tag, und der Ausgangswert für die Dimensionierung des DHW-Speichers beträgt 75 Liter.

$$\begin{aligned} t_{DP} &= 1 \text{ h (siehe Tabelle E.3)} \\ Q_{DP} &= 4,445 \text{ kWh (siehe Tabelle E.3)} \\ \theta_{DPset} &= 50 \text{ °C} \\ Q_{1,s} &= 0,3 \text{ kWh/h (Wärmeverluste des gewählten DHW-Speichers je Stunde bei } \Delta\theta = 50 \text{ °C)} \\ V_{1,s} &= 6,4 \text{ Liter} \\ V_{DP60} &= 82 \text{ Liter bei } 60 \text{ °C (mit Berücksichtigung von Wärmeverlusten)} \\ V_{\theta set} &= 103 \text{ Liter bei } 50 \text{ °C (mit Berücksichtigung von Wärmeverlusten)} \end{aligned}$$

Das gewählte DHW-Speichervolumen beträgt 120 Liter. Die im DHW-Speicher gespeicherte Energie beträgt:

$$Q_S = 0,00116 \cdot 120 \cdot (50 - 10) + 0,3 = 5,9 \text{ kWh}$$

Die im Speicher verfügbare effektive Energiemenge ist:

$$Q_{s,eff} = 1,5 \text{ kWh}$$

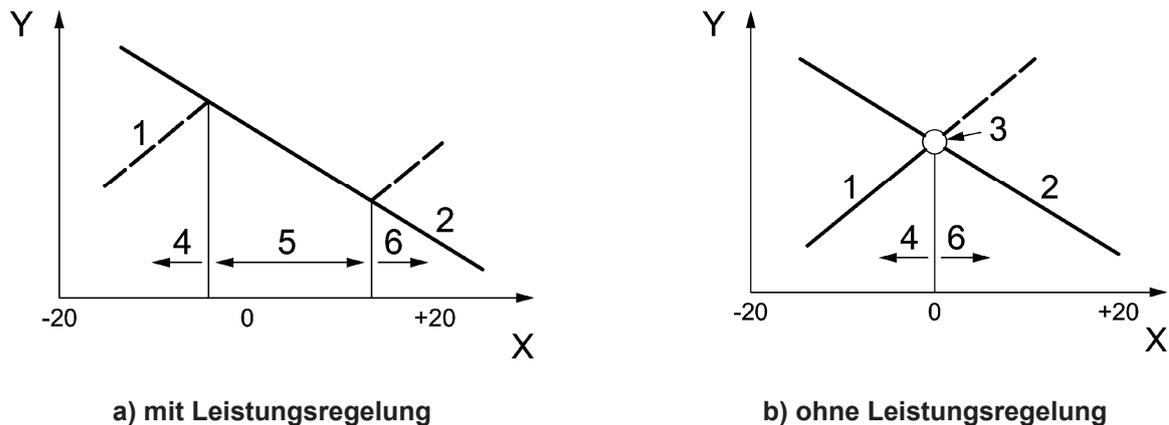
Die benötigte Wärmeenergie ist  $(4,445 - 1,5) + 0,3 = 3,25 \text{ kWh}$ , und für die Mindestheizleistung der Wärmepumpe ergibt sich  $3,25 \text{ kWh} / 1 \text{ h} = 3,25 \text{ kW}$ .

## Anhang F (informativ)

### Leistungsregelung

#### F.1 Allgemeine Strategie in Bezug auf die Regelung

Bild 3 zeigt Beispiele unterschiedlicher Regelstrategien.



#### Legende

Y Heizlast und Heizleistung	4 Zusatzheizer
1 Heizleistung	5 Arbeitsbereich
2 Heizlast	6 Heizzyklen
3 Bivalenzpunkt	X Außentemperatur, in °C

Bild F.1 — Regelung der Leistung mit und ohne regelbare Geschwindigkeit

#### F.2 Leistungsregelung der Wärmepumpe

Eine Leistungsregelung der Wärmepumpe kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen.

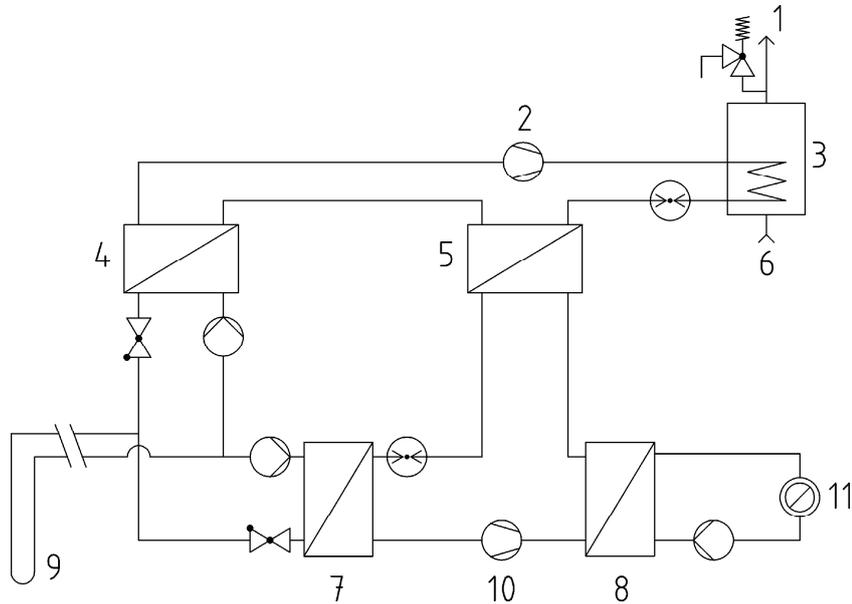
Das einfachste Verfahren ist die Ein-Aus-Schaltung des Kompressors. In Fällen, in denen die Trägheit des Verteilungssystems nicht ausreicht, ist ein zusätzlicher Pufferspeicher erforderlich, um übermäßig viele Heizzyklen zu vermeiden.

Ein besseres Verfahren ist die schrittweise oder kontinuierliche Leistungsregelung mit einem Kompressor mit Geschwindigkeitsregelung. Es ist sicherzustellen, ob der Kompressor für diese Art der Regelung geeignet ist. Diese Regelungsart kann eine Erhöhung des heizperiodenabhängigen Wirkungsgrads der Wärmepumpe durch Anpassung der Heizleistung an die Wärmelast ermöglichen.

#### F.3 Systeme mit verbesserten Kreisen

Einige Wärmepumpen umfassen verbesserte Kreise, zum Beispiel einen sparsameren umgekehrten Carnotscher (Injektions-)Kreis und einen umgekehrten Carnotschen Kreis mit Kaskadenregelung, welche eine bessere Leistung liefern können.

Die Leistung lässt sich mit Hilfe einer Kompressorenkaskade regeln, bei der zwei Wärmepumpenkreise so angeordnet werden, dass der Kondensator der unteren Stufe als Verdampfer der oberen Stufe dient. Derartige Kaskaden eignen sich besonders für Situationen, in denen hohe Vorlauftemperaturen erforderlich sind, so z. B. bei Nachrüstungen oder für Trinkwarmwasser (siehe Bild F.2).



**Legende**

- |   |   |    |                              |
|---|---|----|------------------------------|
| 1 | Trinkwarmwasser   | 6  | Kaltwasserzuleitung          |
| 2 | Kompressor obere Stufe                                      | 7  | Verdampfer untere Stufe      |
| 3 | Kondensator der oberen Stufe                                | 8  | Kondensator untere Stufe     |
| 4 | Verdampfer obere Stufe verbunden mit Wärmequelle Erdreich   | 9  | U-Rohr Erdreichwärmetauscher |
| 5 | Verdampfer obere Stufe verbunden mit Kondensatorunterkühler | 10 | Kompressor untere Stufe      |
|   |   | 11 | Wärmeabgabe                  |

**Bild F.2 — Konfiguration einer Kaskadenwärmepumpe für die Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung mit vertikalem Bohrloch-Wärmetauscher als Wärmequelle**

## Literaturhinweise

- [1] SAVE-Studie, *Task 4 Report on Water Demand and Influencing Factors*, 2001
- [2] Mandat M/324, „*Mandate to CEN and CENELEC for the elaboration and adoption of measurement standards for household appliances — Water heaters, Hot water storage appliances and water heating systems*“, Europäische Kommission DG TREN, TREN D1 D(2002), 27.9.2002, Brüssel
- [3] DIN 8901, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Schutz von Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen und Prüfung*
- [4] VDI 4640 Blatt 2, *Thermische Nutzung des Untergrundes — Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen*
- [5] EN 255-3, *Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern — Heizen — Teil 3: Prüfungen und Anforderungen an die Kennzeichnung von Geräten zum Erwärmen von Brauchwasser*
- [6] EN 13313, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sachkunde von Personal*
- [7] CEN/TS 14825, *Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern zur Raumheizung und -kühlung — Prüfung und Leistungsbemessung unter Teillastbedingungen*