

## **7.2.8 Planung, Errichtung und Betrieb von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen nach VDI 4645**

Hohe Stromverbräuche bei installierten Wärmepumpensystemen können viele Ursachen haben. Denn so effizient die Technologie ist, so empfindlich reagiert sie auf Planungs- und Montagefehler sowie auf ein nicht angepasstes Nutzerverhalten. Um hier gegenzusteuern und um die Besonderheiten im Vergleich zur Öl- und Gas-Heiztechnik darzustellen, wurde die VDI-Richtlinie 4645 „Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern – Planung, Errichtung, Betrieb“ erarbeitet. Ein zugehöriges Schulungskonzept für Errichter und Planer derartiger Anlagen ist im Blatt 1 der Richtlinie beschrieben. Beide Richtlinienblätter sind im März 2018 im Weißdruck veröffentlicht worden.

*VDI 4645 im März  
2018 erschienen*

In einigen Fällen erfüllen Wärmepumpen in der Praxis nicht die Erwartungen, die der Bauherr oder Nutzer im Vorfeld hatte. Oft werden die Probleme erst bemerkt, wenn die Stromrechnung besonders hoch ausgefallen ist bzw. deutlich höher als erwartet. Die Ursache dafür ist in den seltensten Fällen die Wärmepumpe selbst. Die Technik ist ausgereift und die Qualität der am Markt verfügbaren Geräte in der Regel sehr hoch. Eine gewisse Sicherheit hierfür bietet z. B. das EHPA<sup>1</sup>-Gütesiegel. Hohe Stromverbräuche bzw. schlechte Effizienzwerte können viele Ursachen haben. Einen großen Einfluss hat neben dem Gebäude v. a. der Nutzer mit seinem Heizungs- und Lüftungsverhalten und dem Bedarf an warmem Trinkwasser. Weitere Fakto-

*EHPA-Gütesiegel  
Nutzerverhalten hat  
Einfluss auf Effizienz  
der Wärmepumpe*

---

<sup>1</sup> EHPA: European Heat Pump Association

ren, die die Anlagenperformance beeinflussen, sind die Planung und die Ausführung der Anlagen.

### **Aufbau der VDI 4645**

*Richtlinie beschreibt  
den kompletten  
Planungsprozess*

Die Richtlinie beschreibt den kompletten Planungsprozess von den notwendigen Voruntersuchungen und Genehmigungen über die Zuständigkeiten der Beteiligten (Energieversorger, Behörden, Handwerker und Planer) sowie über die Abläufe bei der Grundlagenermittlung bis hin zur ausführlichen Detailplanung. Weitere Kapitel widmen sich der Auftragsvergabe, der Inbetriebnahme und Unterweisung sowie der Inspektion und Wartung der Anlagen.

Durchgängig finden sich Hinweise zum Zusammenspiel aller Komponenten der gesamten Heizungsanlage unter besonderer Berücksichtigung der speziellen Funktionsanforderungen von Wärmepumpen. Zusätzlich zum Textteil der Richtlinie existiert ein umfangreicher Anhang.

Nachfolgend werden die zentralen Themen bzw. Kapitel der VDI 4645 erläutert.

### **Jahresarbeitszahl**

*Elektrowärme-  
pumpen*

Im Kapitel „Bilanzgrenzen und Effizienzbetrachtung“ verweist die Richtlinie für Elektrowärmepumpen auf die VDI 4650 Blatt 1, in welcher die Berechnung von Jahresarbeitszahlen beschrieben ist und in der die Bilanzgrenzen für diese Berechnung festgelegt sind. Für die Praxis ist entscheidend, dass eine Ursache für Abweichungen zwischen den durch das Berechnungsverfahren prognostizierten und den später ge-

messenen Werten auch aus dem Ansatz unterschiedlicher Bilanzgrenzen resultieren kann. So sollte der Stromverbrauch der Heizungsumwälzpumpen oder der Speicherladepumpe bei der Ermittlung der Jahresarbeitszahlen nicht berücksichtigt werden.

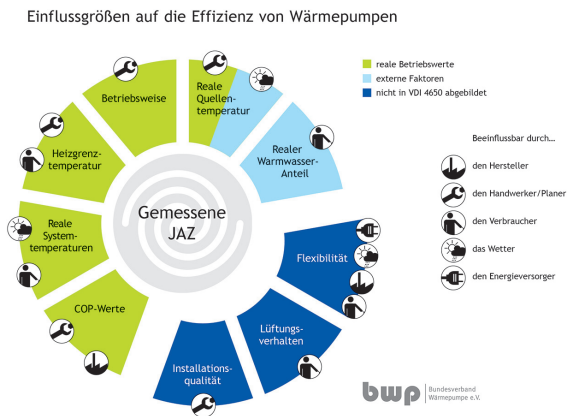


Abb. 7.2.8-1: Einflussgrößen auf die Jahresarbeitszahl. Die gemessene Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, die z. T. nicht in der VDI-Richtlinie abgebildet sind. (Quelle: BWP)

## Rahmenbedingungen

Die Richtlinie geht in den beiden Kapiteln „Voruntersuchung“ und „Zuständigkeiten“ auf die notwendigen Schritte ein und nennt die einzuhaltenden gesetzlichen und genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen, die im Anhang A ausführlicher erläutert werden. Beschrieben werden die jeweiligen Besonderheiten von Elektrowärmepumpen und Wärmepumpen, die mit Brennstoffen angetrieben werden sowie die Anforderungen an den Aufstellraum, z. B. hinsichtlich Toxizität und Brennbarkeit von Kältemitteln.

*Gesetzliche und genehmigungsrechtliche Rahmenbedingungen*

Eine Tabelle informiert darüber, wer in welchem Schritt der Planung bzw. Erstellung der Anlage einbezogen ist bzw. sein sollte. Die Liste der Zuständigen umfasst Behörden, Planer und verschiedene Handwerksgewerke sowie den Bauherrn.

	<b>Vorunter- suchung/ Grundlagen- ermittlung</b>	<b>Detail- pla- nung</b>	<b>Auf- trags- vergabe</b>	<b>Aus- füh- rung</b>	<b>Inbeb- triebna- hme/Unter- weisung</b>	<b>Inspekti- on/War- tung</b>
Energieversor- gungsunternehmen (EVU)	X				X	
Untere Wasser- behörde	X <sup>1</sup>				X <sup>1</sup>	
Bergamt	X <sup>2</sup>					
Architekt	X <sup>3</sup>		X <sup>3</sup>			
TGA-Fachplaner	X	X	X <sup>3</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>3</sup>	
Auftraggeber/ Bauherr			X			
SHK-Handwerker	X <sup>4</sup>	X <sup>4</sup>		X	X	X
Dachdecker				X <sup>5</sup>		
Kälteanlagenbauer	X <sup>4,6</sup>	X <sup>4,6</sup>		X <sup>6</sup>	X <sup>6</sup>	X <sup>6</sup>
Elektrohandwerker		X <sup>7</sup>		X	X	
Brunnenbauer/ Bohrunternehmer	X <sup>8</sup>			X <sup>8</sup>		
Anmerkungen: 1) nur erforderlich bei Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle und bei Sondenbohrungen, die mehrere Grundwasserstöcke durchdringen 2) nur erforderlich bei Sondenbohrtiefen größer 100 m 3) Zuständigkeit abhängig von der Vertragsgestaltung 4) zuständig, wenn Fachplanung vom Handwerker durchgeführt werden soll 5) nur erforderlich bei Kombination mit Nutzung von Solarthermie 6) nur erforderlich bei entsprechender Anlagenkonfiguration 7) ggf. Zuarbeit zur TGA-Fachplanung 8) nur erforderlich bei Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle und bei Sondenbohrungen						

Tab. 7.2.8-1: Planerische und handwerkliche Tätigkeiten sowie Übergabestellen. (Quelle: VDI 4645:2018-03 – wiedergegeben mit Erlaubnis des Vereins Deutscher Ingenieure e. V.)

## Grundlagen und Detailplanung

Die Grundlagenermittlung umfasst alle notwendigen Schritte zur Erstellung eines Anlagenkonzepts. Die Richtlinie bietet dazu (und zur Detailplanung) eine ausführliche Checkliste.

*Erstellung eines  
Anlagenkonzepts*

<b>Projektdaten</b>	<b>Bemerkungen/ Festlegungen</b>
<b>Allgemein</b>	
Ansprechpartner	
Adressen usw.	
Standort Bauvorhaben	
Normauslegungstemperatur/Klimazone	
<b>Gebäude</b>	
Baujahr	
Nutzfläche	
Anzahl der Nutzereinheiten	
Abschirmung	
• gute Abschirmung	
• moderate Abschirmung	
• keine Abschirmung	
<b>Heizlast</b>	
Normheizlast berechnet	
aus Verbrauchsdaten ermittelt	
geplante Sanierungen an der Gebäudehülle	
geplante Umbauarbeiten/Anbauten/Dachgeschossausbau	
<b>Nutzungsart</b>	
Wohn- oder wohnähnliche Nutzung	
andere Nutzung	
• Hotel/Beherbergungsbetrieb	
• Kindertagesstätte, Schule	

Planung, Errichtung und  
Betrieb von Heizungsanlagen  
mit Wärmepumpen  
nach VDI 4645

<b>Projektdaten</b>	<b>Bemerkungen/ Festlegungen</b>
• Sportstätten	
• Arztpraxis oder vergleichbar	
• Verkaufsräume	
• Sonstige	
<b>Grundstück</b>	
Größe/Topografie	
verfügbare Fläche	
Bodenbeschaffenheit	
Zugänglichkeit	
Hanglage	
geplante/vorhandene Böschungen	
Stützmauern	
Abstand zur Nachbarbebauung	
Nutzung des Grundstücks	
Baumbestand	
Gewässer	
architektonische Anforderungen	
geplante Bebauung	
<b>Art der Wärmequelle</b>	
Luft - Innenaufstellung	
• Aufstellraum	
• Luftführung, bestehende/vorzusehende Öffnungen	
Luft - Außenaufstellung	
• Abstand zur Nachbarbebauung (Geräusche)	
• Anbindung an den Heizraum	
• Kondensatableitung	
• Luftführung und Schallausbreitung am Aufstellort	
Erdreich - Erdkollektor/Erdwärmekorb	
• verfügbare Fläche für den Kollektor	

<b>Projektdaten</b>	<b>Bemerkungen/ Festlegungen</b>
• Neigung (selbstentlüftend zum Schacht)	
• Anbindung an den Heizraum	
• Bodenbeschaffenheit	
• Genehmigungen erforderlich?	
Erdreich – Erdwärmesonde	
• Zugänglichkeit für Sondenbohrgerät	
• Mindestabstände zu Gebäude, Grundstücksgrenze, anderen Sonden	
• Anbindung an den Heizraum	
• Genehmigungen erforderlich?	
Grundwasser	
• Wasseranalyse	
• Schüttleistung/Pumpversuch	
• Anbindung an den Heizraum	
• Genehmigungen erforderlich?	
<b>Wärmeerzeuger</b>	
vorhandener Wärmeerzeuger: Rückbau/Weiternutzung	
geplanter zusätzlicher Wärmeerzeuger	
Betriebsweise monovalent/monoenergetisch/bivalent alternativ/parallel	
Aufstellraum für Wärmepumpe und Zubehör	
Funktion	
• Heizen	
• Heizen und Kühlen	
• Trinkwassererwärmung	
• Schwimmbad	
• Sonstiges	
<b>Wärmeverteilung</b>	
Weiternutzung vorhandener Komponenten	

Planung, Errichtung und  
Betrieb von Heizungsanlagen  
mit Wärmepumpen  
nach VDI 4645

<b>Projektdaten</b>	<b>Bemerkungen/ Festlegungen</b>
Heizkostenabrechnung erforderlich?	
notwendige Maßnahmen an der Anlagenhydraulik und Regelungstechnik	
<b>Art der Wärmeübergabe</b>	
Systemtemperaturen	
Wärmeübergabe für einen Wärmepumpenbetrieb geeignet	
Optimierungsmaßnahmen	
Art der Heizflächen	
Regelung der Heizflächen	
Funktion Heizen oder Heizen und Kühlen	
<b>Trinkwassererwärmung</b>	
Bedarf (aus Nutzung)	
Bedarfsprofil	
Art der Bereitstellung (zentral/dezentral, Speicher, Durchfluss)	
Wärmeerzeuger	
Trinkwasserzirkulation	
Weiternutzung vorhandener Komponenten	
Betriebsweise	
<b>Gebäudekühlung</b>	
Betriebsweise: Temperieren/Kühlen	
Art des Verteilsystems (Flächenkühlung/Gebläsekühlung)	
Systemtemperaturen	
Gebäudekühllast	
<b>Bereitstellung und Energiebezug</b>	
Anschlusswerte	
verfügbare Tarifmodelle	
vorhandene Infrastruktur, z. B. Photovoltaik, elektrische Speicherheizung	
maximaler Betriebsstrom	



<b>Projektdaten</b>	<b>Bemerkungen/ Festlegungen</b>
Anschlussquerschnitt	
Sperrdauern des EVU	
Sonstiges	
<b>Sonstige Nutzeranforderungen</b>	
künftiges Nutzungsprofil	
ökonomische Vorgaben/Investitionsrahmen	
ökologische Vorgaben (Einbindung Solarthermie, Biomasse, o. Ä.)	
sonstige Vorgaben, z. B. aus Komfortansprüchen (erforderliche Trinkwassertemperatur, Aufheizreserve nach DIN 12831 o. Ä.)	
<b>Anlagen: Katasterauszug, Grundstücksplan</b>	

Tab. 7.2.8-2: Checkliste Konzept- und Detailplanung von Wärmepumpenanlagen.  
(Quelle: VDI 4645:2018-03, Anhang D – wiedergegeben mit Erlaubnis des Verein Deutscher Ingenieure e. V.)

Ebenso sind übersichtliche Ablaufdiagramme enthalten, anhand derer strukturiert vorgegangen werden kann.

Die Grundlagenermittlung ist in Kapitel 8 der Richtlinie erläutert, die Detailplanung in Kapitel 9. Folgende Themen werden in beiden Kapiteln in verschiedenen Detaillierungsgraden behandelt:

*Grundlagenermittlung und Detailplanung*

Heizlast, Wärmeübergabe, Gebäudekühlung, Trinkwassererwärmung, Dimensionierung der Wärmepumpe, Betriebsweise, Wärmespeicher, Wärmequellen und Anlagenkonzept. Innerhalb der Detailplanung wird zusätzlich auf die Erstellung der Ausführungs- und Genehmigungsunterlagen eingegangen.

**Ablauf Wahl der „Betriebsweise Trinkwassererwärmung“**

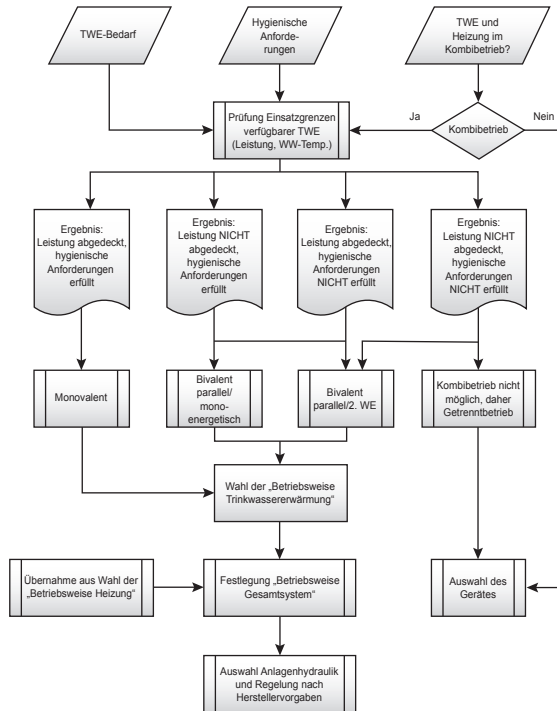


Abb. 7.2.8-2: Beispiel Ablaufplan zur Wahl der Betriebsweise Trinkwassererwärmung. (Quelle: VDI 4645:2018-03, Anhang E – wiedergegeben mit Erlaubnis des Verein Deutscher Ingenieure e. V.)

Welche Wärmequelle kommt infrage?

Bereits in der Grundlagenermittlung sollte geklärt werden, welche Wärmequelle überhaupt infrage kommt. Ebenso wichtig sind die Ermittlung der Heizlast und die Auswahl des Wärmeübergabesystems. Letzteres ist v. a. in Bestandsgebäuden entscheidend, da hierdurch maßgeblich festgelegt wird, ob ein effizienter Wärmepumpenbetrieb überhaupt möglich ist. Der erste Schritt der Grundlagenermittlung ist die Bestandsaufnahme, bei der Grundstück, Gebäude,

Gebäudetechnik und Nutzeranforderungen geklärt werden. Auf Grundlage dieser Informationen sollten dann Anlagenkonzepte erstellt werden, die bezüglich der Energieeffizienz und der Wirtschaftlichkeit verglichen werden können. Damit ist eine Schätzung der Kosten möglich und die Grundlage für die Festlegung des Systems mit dem Kunden geschaffen.

*Anlagenkonzepte  
erstellen*

Es folgen die Erstellung der Genehmigungsanträge und die Detailplanung. Diese erfolgt in denselben Schritten wie die Grundlagenermittlung, allerdings mit ausführlichen statt vereinfachten Verfahren.

*Genehmigungsanträge und Detailplanung*

## Heizlast

Die VDI 4645 verweist zur Berechnung der Heizlast weitgehend auf DIN EN 12831 Beiblatt 1. Darin sind zur Ermittlung der Heizlast ein Kurzverfahren und ein ausführliches Verfahren beschrieben. Für die Konzepterstellung kann auch eine überschlägige Ermittlung, z. B. über das Hüllflächenverfahren, verwendet werden. Um den unterschiedlichen Anforderungen für verschiedene Räume gerecht zu werden, ist zunächst eine überschlägige Ermittlung der Raumheizlasten sinnvoll.

*Heizlast nach DIN  
EN 12831 Beiblatt 1  
für Konzepterstellung*

Für die Detailplanung ist dann eine Berechnung nach DIN EN 12831-1 sowohl für die einzelnen Räume als auch für das gesamte Gebäude notwendig. Diese Informationen sind wichtig für die Dimensionierung der Heizflächen, des Wärmeerzeugers und aller weiteren Anlagenkomponenten sowie für die Festlegung der Systemtemperaturen, der Betriebsweise und den hydraulischen Abgleich. (Zur Heizlast siehe auch Kapitel 5.6.)

*Für Detailplanung  
Berechnung nach  
DIN EN 12831-1  
notwendig*

## Wärmeübergabe

### *Auslegung der Wärmeübergabe- systeme*

Bei der Auslegung der Wärmeübergabesysteme ist zu beachten, dass eine höhere Effizienz der Wärmepumpe durch möglichst niedrige Vorlauftemperaturen erreicht wird. Flächenheizungen sind dabei im Vorteil. Aber auch Heizkörper können, v. a. im Modernisierungsfall, oft günstig eingesetzt werden, wenn entsprechend niedrige Vorlauftemperaturen realisierbar sind. Eine Tabelle zeigt die Auswahlkriterien für die Wärmeübergabe im Heizfall.

Abschnitt	Wärmeübergabesystem	Altbau	Neubau	Bemerkungen
8.3.2	raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme	Verbreitung meist begrenzt auf Ein- und Zweifamilienhaus	dominierendes System im Ein- und Zweifamilienhaus, seltener im Geschosswohnungsbau	leicht höhere Investitionskosten, niedrige Vorlauftemperaturen
8.3.3	Heizkörper (Bauarten siehe 9.3.2)	typisch für Bestandsanlagen vom Einfamilienhaus bis Geschosswohnungsbau	für Räume mit temporär wechselnden Solltemperaturen, auch als Zusatzheizung z. B. in Bädern	geringe Investitionskosten, höhere Vorlauftemperaturen erforderlich
8.3.3	Rippen-Rohr-Konvektoren (freie Konvektion)	begrenzte regionale Verbreitung	geringe Bedeutung als Zusatzheizfläche vor großen Glasflächen	ungünstig wegen großer Heizkörper-Exponenten
8.3.3	Gebälse-Konvektoren	selten vorzufinden	Zusatzheizfläche vor großen Glasflächen und für Schnellaufheizung von zeitlich begrenzt genutzten Räumen (z. B. Bäder)	hohe Investitionskosten, Stromanschluss an jeder Heizfläche erforderlich

Tab. 7.2.8-3: Auswahlkriterien für die Wärmeübergabe im Heizfall. (Quelle: VDI 4645:2018-03 – wiedergegeben mit Erlaubnis des Verein Deutscher Ingenieure e. V.)

Außerdem wird auf die Besonderheiten bei zusätzlicher Kühlfunktion der Wärmepumpe eingegangen. Sämtliche anwendbaren Systeme werden beschrieben.

*Kühlfunktion der  
Wärmepumpe*

Bei der Detailplanung wird konkret auf die Auslegung der Wärmeübergabe eingegangen. Im Anhang der Richtlinie sind Rechenbeispiele für die Auslegung von Flächenheizungs- und Heizkörpersystemen sowie für die Optimierung der Vorlauftemperatur enthalten. Ausgangspunkt bei den Rechenbeispielen ist jeweils die Raumheizlast, bevorzugt nach DIN EN 12831 Beiblatt 1. Bei der Auslegung der Heizkörper wird das mögliche Verfahren nach VDI 6030 Blatt 1 genannt, dabei werden in Abhängigkeit der gewählten Heizkörper und angenommenen Vorlauf- und Raumtemperaturen die Rücklauftemperaturen und notwendigen Heizwassermassenströme durch die Heizkörper ermittelt. In einem wichtigen Optimierungsschritt wird für den ungünstigsten Heizkörper, also den mit der höchsten Rücklauftemperatur, geprüft, ob dieser vergrößert werden kann, um einen effizienteren Betrieb zu gewährleisten. Eine weitere Optimierung stellen die Absenkung der Vorlauftemperatur und moderate Steigerung der Massenströme dar.

*Auslegung von  
Flächenheizungs-  
und Heizkörper-  
systemen*

## **Gebäudekühlung**

Von zunehmender Bedeutung ist dieses Thema v. a. durch steigende Komfortansprüche der Verbraucher und den zunehmenden Wärmeschutz der Gebäude. Die Richtlinie erläutert die Begriffe Ankühlung, Kühlung und Klimatisierung, die Möglichkeiten der Abfuhr von Kühllasten und die Einsatzgrenzen.

## Trinkwassererwärmung

Aufgrund unterschiedlicher Nutzergewohnheiten und der schwierigen Vorhersage von Wohnungsbelegungen ist die Ermittlung realitätsnaher Werte für die Trinkwassererwärmung schwierig. Wegen der großen Bedeutung widmet sich die Richtlinie diesem Thema sehr ausführlich. Hygiene- und Komfortansprüche stehen oft in Widerspruch zu den Anforderungen an einen wirtschaftlichen Betrieb der Wärmepumpe. Grundlegend stehen folgende Optionen zur Verfügung:

*Heizungswärmepumpe übernimmt Trinkwassererwärmung*

- Die Heizungswärmepumpe übernimmt auch die Trinkwassererwärmung. Sie muss deshalb über eine entsprechend größere Heizleistung verfügen. Die Speicherung der Wärme für die Trinkwassererwärmung erfolgt entweder direkt als warmes Trinkwasser in einem Warmwasserspeicher oder sie wird als Heizungswasser gespeichert und bei Bedarf im Durchlaufprinzip entnommen (Frischwassersystem).

*Spezielle Warmwasserwärmepumpe übernimmt Trinkwassererwärmung*

- Die Trinkwassererwärmung wird von einer speziellen Warmwasserwärmepumpe übernommen. Die für diese Anwendung optimierte Wärmepumpe bildet meist mit dem Trinkwarmwasserspeicher eine Einheit. Die Installation ist deshalb besonders einfach. Die Speicher sind mit 150 bis 300 l für die meisten Anwendungen in Ein- und Zweifamilienhäusern ausreichend. Als Wärmequellen sind die Luft des Aufstellraums bzw. die Abluft von Wohnungslüftungsanlagen ebenso nutzbar wie der Heizungsrücklauf und die Außenluft.

Für die gebräuchlichsten Speichersysteme gibt es Abbildungen der Hydraulik schemata.

Das Konzept der Trinkwassererwärmung muss in Abstimmung mit dem Nutzer bzw. Auftraggeber gewählt werden, wobei es nach Möglichkeit sowohl den aktuellen als auch künftigen Nutzeranforderungen gerecht werden sollte.

Die VDI 4645 enthält Berechnungsverfahren für die Dimensionierung der Speicher und für die Festlegung des für die Trinkwassererwärmung erforderlichen Zuschlags zur Leistung der Wärmepumpe. Konkret werden zwei unterschiedliche Verfahren der Bedarfsermittlung beschrieben:

- vereinfachtes Verfahren für kleinere Anlagen wie Ein- oder Zweifamilienhäuser mit einer Belegung bis max. 10 Personen
- ausführliche Ermittlung der Zapfprofile nach EN 15450

Anschließend folgt die Bestimmung des erforderlichen Speichervolumens.

*Dimensionierung der  
Speicher*

## **Dimensionierung der Wärmepumpe**

Für die Dimensionierung der Wärmepumpe wird die niedrigste Außentemperatur benötigt. Bei monovalenter Betriebsweise entspricht diese der Norm-Außentemperatur nach DIN EN 12831, Beiblatt 1, Tabelle 1.

*Monovalente  
Betriebsweise*

Bei bivalenter Betriebsweise wird der Bivalenzpunkt verwendet. Notwendig hierfür ist die Ermittlung der Gebäudeheizlast im Bivalenzpunkt, dabei kann entweder in der Heizlastberechnung die Normaußentemperatur durch die Bivalenztemperatur ersetzt werden

*Bivalente Betriebs-  
weise*

oder man verwendet für Wohngebäude den vereinfachten Ansatz nach Gleichung 1.

**Gleichung 1: Heizlast für Wohngebäude nach dem vereinfachten Ansatz**

$$\dot{Q}_{H,B} = \dot{Q}_{H,N} \cdot \frac{(\vartheta_{HG} - \vartheta_B)}{(\vartheta_{HG} - \vartheta_N)}$$

$Q_{H,B}$  Gebäudeheizlast bei Außentemperatur im vorgesehenen Bivalenzpunkt in kW

$Q_{H,N}$  Gebäudeheizlast bei Normaußentemperatur in kW

$\vartheta_{HG}$  Außentemperatur bei Heizgrenze in °C

$\vartheta_B$  Außentemperatur im vorgesehenen Bivalenzpunkt in °C

$\vartheta_N$  Normaußentemperatur in °C

*Notwendige  
Heizleistung der  
Wärmepumpe*

Für die Berechnung der notwendigen Heizleistung der Wärmepumpe ist folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Die Wärmemenge für die Raumheizung über 24 h im gewählten Auslegungspunkt muss z. B. nach Gleichung 2 ermittelt werden.
- Die Wärmemenge für die Trinkwassererwärmung inkl. Zirkulations- und Speicherverluste über 24 h muss im gewählten Auslegungspunkt ermittelt werden.
- Die Energiemenge für sonstige Verbraucher über 24 h (z. B. Schwimmbad) muss ermittelt werden.
- Sperrdauern gemäß Liefervertrag des EVU müssen erfragt werden.



**Gleichung 2: Wärmemenge für Raumheizung über 24 h**

$$Q_{H,AP} = \dot{Q}_{H,N} \cdot d$$

$Q_{H,AP}$  Wärmemenge für die Raumheizung über 24 h im gewählten Auslegungspunkt in kWh

$d$  Bezugszeitraum (24 h)

$Q_{H,N}$  Gebäudeheizlast bei Normaußentemperatur in kW

**Gleichung 3: Erforderliche Wärmeleistung der Wärmepumpe**

$$\dot{Q}_{WP,erf} = \frac{Q_{H,AP} + Q_{DP,AP} + Q_{sonst}}{d - \sum t_{SD}}$$

$Q_{WP,erf}$  Erforderliche Wärmepumpenleistung in kW

$d$  Bezugszeitraum (24 h)

$Q_{H,AP}$  Wärmemenge für die Raumheizung über 24 h im gewählten Auslegungspunkt in kWh

$Q_{DP,AP}$  Zuschlag für die Trinkwassererwärmung über 24 h im gewählten Auslegungspunkt in kWh

$Q_{sonst}$  Zuschlag für sonstige Verbraucher über 24 h im gewählten Auslegungspunkt in kWh

$\sum t_{SD}$  Summe der Sperrdauern gemäß Liefervertrag des EVU über 24 h in h

(Alle Formeln und Erläuterungen sind entnommen aus der VDI 4645:2018-03 – wiedergegeben mit Erlaubnis der Verein Deutscher Ingenieure e. V.)

Damit kann nach Herstellerangaben unter Beachtung der Einsatzgrenzen ein Gerät ausgewählt werden. Hat die Wärmepumpe eine kleinere Leistung als die berechnete, muss nun eine monoenergetische oder bivalente Betriebsweise vorgesehen werden.

### **Betriebsweise**

Relevant für die Dimensionierung der Wärmepumpe ist auch die Betriebsweise. Neben der Entscheidung, ob die Wärmepumpe alleine oder mit weiteren Wärmeerzeugern betrieben werden soll (monovalent, bivalent), spielt hierfür der Einsatzbereich eine wesentliche Rolle (Heizung, Kühlung und Trinkwassererwärmung oder Kombinationen davon). Die notwendigen Planungsschritte sind ausführlich erläutert. Abhängig von Bivalenzpunkt und Abschaltpunkt ergeben sich die typischen Betriebsweisen monovalent, monoenergetisch, bivalent-alternativ, bivalent-parallel und bivalent-teilparallel.

Zur Veranschaulichung der Betriebsweisen enthält die Richtlinie Diagramme mit zugehörigen Heizleistungen in Abhängigkeit der Außentemperaturen bzw. von Jahresheizarbeiten in Abhängigkeit der Summenhäufigkeit von Außentemperaturen.

### **Wärmespeicher**

*Aufgaben der  
Wärmespeicher*

Wärmespeicher erfüllen im Wesentlichen folgende Aufgaben:

- Die Laufzeit der Wärmepumpe wird im Teillastfall erhöht.

- Die Schalthäufigkeit wird verringert.
- Die Wärmeenergie für den Abtauprozess von Luft-/Wasser-Wärmepumpen wird gepuffert.
- Sperrdauern werden überbrückt.
- Erzeugerkreis und Verteilerkreis werden hydraulisch entkoppelt.
- Energiemanagement bei Verwendung mehrerer Wärmeerzeuger
- Energiemanagement zur Erhöhung der Eigenstromnutzung im Gebäude oder zur netzreaktiven Regelung („smart-grid-fähige Wärmepumpe“)
- Heizungswasser für die Trinkwassererwärmung wird ggf. gespeichert.

Die VDI-Richtlinie beschreibt die Vorgehensweise für die Bestimmung der Speichervolumina unter Berücksichtigung der Mindestlaufzeit der Wärmepumpe und der bei Luft/Wasser-Wärmepumpen erforderlichen Abtauung. Für die Erhöhung der Laufzeiten im Teillastfall, die Verringerung der Schalthäufigkeit und die Pufferung für den Abtauprozess können dafür 20 l/kW Leistung im Auslegungspunkt angesetzt werden. Für die Überbrückung von Sperrdauern werden 30 bis 40 l/kW empfohlen. Für monovalenten Betrieb werden abhängig von den vorliegenden Randbedingungen Dimensionierungsempfehlungen für Wärmespeicher gegeben. Der Anhang enthält eine Beispielberechnung zur Speicherdimensionierung.

*Dimensionierungsempfehlungen für Wärmespeicher*

## **Wärmequellen**

Die gängigen Wärmequellen Außenluft, Erdreich und Grundwasser werden im Bereich der Grundlagenermittlung ausführlich mit ihren Einsatzmöglichkeiten erläutert. Auf die Besonderheiten von Erdsonden, Erdkollektoren wird ebenso eingegangen wie auf Innen- und Außenaufstellung von Luft/Wasser-Wärmepumpen. Außerdem werden Sonderbauformen wie Eisspeicher und Energiezaun sowie weitere Wärmequellen beschrieben.

## **Nutzung von Solarenergie**

Ein Abschnitt widmet sich ausführlich der Nutzung von Solarenergie in Wärmepumpenanlagen. Neben der immer häufiger zu findenden Kombination mit Photovoltaik gibt es auch verschiedene Möglichkeiten, thermische Solarenergie mit Wärmepumpen zu kombinieren: direkt zur Trinkwassererwärmung oder Heizungsunterstützung oder auch zur Regeneration von Erdwärmesonden.

## **Wärmepumpen-Betrieb**

Das Kapitel „Inbetriebnahme/Unterweisung“ der VDI 4645 enthält eine ausführliche Beschreibung aller erforderlichen Schritte, die notwendig sind, um eine funktionierende und betriebssichere Gesamtanlage zu gewährleisten. Angefangen mit der elektrischen Sicherheit nach VDE 0100-600 und der Befüllung der Heizungsanlage geht die Richtlinie auf den hydraulischen Abgleich ein, gibt Empfehlungen für Reglereinstellungen bei der Inbetriebnahme und für die System-

optimierung nach den ersten Betriebserfahrungen (z. B. nach dem ersten Betriebsjahr). Ein Unterkapitel befasst sich mit der Dokumentation der Anlage und der Unterweisung des Nutzers.

Insbesondere dem hydraulischen Abgleich kommt hier eine wesentliche Bedeutung zu. Er sollte nach VDI 2073 Blatt 2 vorgenommen werden. Entscheidend ist auch die korrekte Reglereinstellung bei der Inbetriebnahme. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass sich die Randbedingungen im ersten Betriebsjahr deutlich von denen späterer Jahre unterscheiden können, weswegen eine spätere Optimierung ratsam ist, z. B. um die Heizkurve auf möglichst niedrige Systemtemperaturen einzustellen. Im Fall der Estrich-trocknung sollten sowohl die Hinweise des Estrich- als auch des Wärmepumpenherstellers beachtet werden. Durch den enormen Leistungsbedarf kann die Quelle einer Sole/Wasser-Wärmepumpe u. U. nachhaltig geschädigt werden. In diesen Fällen sollte lieber ein direktelektrischer Betrieb gewählt werden.

*Hydraulischen  
Abgleich*

Im Kapitel „Inspektion und Wartung“ sind die wesentlichen Tätigkeiten aufgeführt, die an einer Wärmepumpenanlage vorzunehmen sind. Eine Checkliste dazu ist im Anhang der Richtlinie enthalten.

### **Anhang der VDI 4645**

Die Anhänge A bis L der VDI 4645 nehmen den halben Umfang der Richtlinie ein. Sie enthalten:

- eine Auflistung relevanter Gesetze, Verordnungen und Normen

- Auslegungsbeispiele für Flächenheizungs- und Heizkörpersysteme
- eine Checkliste für Konzept- und Detailplanung
- einen Ablaufplan für Betriebsweisen und die Wahl der Wärmepumpe
- hydraulische Schaltungen
- Berechnungsbeispiele für die Effizienzbewertung
- eine Kostenrechnung für eine Elektrowärmepumpe
- ein Beispiel eines Anlagenbuchs nach F-Gase-Verordnung
- Zapfprofile für die Ermittlung des Energiebedarfs der Trinkwassererwärmung
- Berechnungsbeispiele zur Auswahl der Wärmepumpe und Dimensionierung der Bauteile, zum Heizwärme- und Trinkwarmwasserbedarf und zur Dimensionierung von Speichern
- Checklisten für Inbetriebnahme, Reglereinstellungen, Fehlersuche, Sicherheitsüberprüfungen

### **Schulung zum Sachkundigen für Wärmepumpensysteme**

Das Blatt 1 der VDI 4645 beschreibt ein Konzept für Schulungen, Prüfungen und zu erlangende Qualifizierungsnachweise, mit dem Fachleute zum „Sachkundigen für Wärmepumpensysteme nach VDI 4645“ weitergebildet werden. Zielgruppen dieser Schulungen sind u. a. Planer, Anlagenersteller, Fachhandwerker, Betreiber oder Produktentwickler der herstellenden Industrie.

*Zielgruppen dieser  
Schulungen*

Beschrieben sind Schulungen für drei verschiedene Kategorien: Errichter (E), Planer (P) sowie Planer und Errichter (PE), außerdem die Zulassungsvoraussetzungen der Schulungsteilnehmer, die Qualitätsmerkmale der Schulungen und die Qualifikation der Referenten.

Jeder Schulungskategorie sind bestimmte Inhalte zugeordnet. Die Schulungen dauern, je nach Kategorie, zwischen 560 und 800 Minuten und sollen innerhalb von zwei Tagen bei den Schulungspartnern des VDI durchgeführt werden. Nach erfolgter Schulung kann innerhalb von sechs Monaten eine Online-Prüfung abgelegt werden, deren Bestehen Voraussetzung für die Erlangung des Qualifizierungsnachweises ist. Die „Sachkundigen für Wärmepumpensysteme nach VDI 4645“ werden dann in einer öffentlich zugänglichen Online-Datenbank („Register“) gelistet.

*Online-Prüfung**Sachkundige werden  
in Online-Datenbank  
gelistet*

Schulungspartner nach VDI 4645 Blatt 1 können nicht nur Wärmepumpenhersteller werden, sondern auch Handwerksbetriebe, Innungen, unabhängige Schulungscenter und andere branchennahe Institutionen.

Über die angebotenen Schulungen kann man sich auf der Homepage des VDI unter [www.vdi.de/4645](http://www.vdi.de/4645) informieren. Die ersten Schulungen und Prüfungen haben im ersten Halbjahr 2018 stattgefunden.