



# Bivalente Wärmepumpen-Systeme

Dieses Infoblatt wendet sich an Planer, Architekten und Fachhandwerker von Ein- und Mehrfamilienhäusern für die wohnliche Nutzung und spricht neben der Neuplanung speziell den anlagentechnischen Modernisierungsfall von bestehenden Heizungsanlagen an.

## 1. Einleitung

Im Rahmen der Modernisierung von Heizungssystemen stehen die Betreiber oft vor der schwierigen Auswahl des Energieträgers für den Wärmeerzeuger. Da Wärmeerzeuger eine Nutzungsdauer größer 20 Jahren erreichen können, wird aufgrund der Preisentwicklung verschiedener Energieträger in den letzten Jahren nicht selten die überfällige Entscheidung zur Modernisierung aufgeschoben. Einen Ausweg aus dieser Situation bieten bivalente Wärmepumpen-Systeme.

Darunter versteht man Heizungsanlagen mit einer elektrisch betriebenen Wärmepumpe in Kombination mit mindestens einem fossilen Wärmeerzeuger (z. B. Öl-, Gas- oder Festbrennstoffkessel) und einer übergeordneten Regelung.

Unterschiedliche Anforderungen können zur Planung, Errichtung und Betrieb von bivalenten Wärmepumpen-Systemen führen:

### ***Vorlauftemperatur (Heizen und Warmwasserbereitung):***

Die Wärmepumpe kann die für die Heizung oder die Warmwasserbereitung geforderte Vorlauftemperatur nicht ganzjährig zur Verfügung stellen.

### ***Wärmequellentemperatur:***

Die minimal zulässige Wärmequellentemperatur wird im Betrieb unterschritten, z. B. in kälteren Regionen bei einer Luft-/Wasser-Wärmepumpe.

### ***Heizleistung (Heizen und Warmwasserbereitung):***

Die Wärmepumpe kann die für die Heizung oder die Warmwasserbereitung geforderte Heizleistung nicht ganzjährig zur Verfügung stellen.

### ***Kostenoptimierung:***

Abhängig von den aktuellen Energiepreisen wird der jeweils günstigere Wärmeerzeuger betrieben.

### ***Minimierung der CO<sub>2</sub>-Emission:***

Abhängig von der zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Emission im aktuellen Betriebspunkt wird der günstigere Wärmeerzeuger ausgewählt.

### ***Schrittweise Sanierung:***

Für die energetische Modernisierung des Gebäudes wird zunächst die vorhandene Heizungsanlage durch eine Wärmepumpe ergänzt. Durch die Sanierung der Gebäudehülle sinkt die Heizlast und der vorhandene Kessel kann zu einem späteren Zeitpunkt außer Betrieb genommen werden.

### ***Redundanz:***

Durch die Verwendung unterschiedlicher Energieträger bieten bivalente Systeme eine höhere Versorgungssicherheit.

### ***Netzkapazität:***

Lassen die technischen Anschlussbedingungen einen reinen Wärmepumpenbetrieb nicht zu, kann ein bivalenter Betrieb die maximale elektrische Leistungsaufnahme reduzieren.

## 2. Betriebsarten der Heizwärmeerzeugung

Die Bereitstellung von Heizwärme kann durch die Wärmepumpe oder durch zusätzliche Wärmeerzeuger erfolgen. Führungsgrößen für die Schaltung der Wärmeerzeuger sind beispielsweise:

- Wärmequellentemperatur
- Wärmesenktemperatur
- Sperrzeiten
- Energietarife
- Primärenergiebedarf
- CO<sub>2</sub>-Emission
- Nutzereingriffe (z. B. bei Kaminöfen)

Die Schaltung der einzelnen Wärmeerzeuger erfolgt an zwei charakteristischen Punkten, dem Abschaltpunkt und dem Bivalenzpunkt.

### **Abschaltpunkt:**

Unterhalb des Abschaltpunktes findet kein Wärmepumpenbetrieb statt.

### **Bivalenzpunkt:**

Oberhalb des Bivalenzpunktes wird ausschließlich die Wärmepumpe betrieben. Daraus resultieren verschiedene typische Betriebsweisen:

#### ***Monovalenter Betrieb (Bild 1)***

Die Wärmebereitstellung erfolgt ausschließlich über die Wärmepumpe. Ein weiterer Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich.

#### ***Bivalent paralleler Betrieb (Bild 2)***

Oberhalb des Bivalenzpunktes erfolgt die Wärmebereitstellung ausschließlich über die Wärmepumpe. Unterhalb des Bivalenzpunktes werden weitere Wärmeerzeuger gleichzeitig mit der Wärmepumpe betrieben.

#### ***Bivalent alternativer Betrieb (Bild 3)***

Oberhalb des Abschaltpunktes erfolgt die Wärmebereitstellung ausschließlich über die Wärmepumpe. Unterhalb des Abschaltpunktes werden ausschließlich die anderen Wärmeerzeuger betrieben, die die gesamte Heizwärme bereitstellen.

#### ***Bivalent teilparalleler Betrieb (Bild 4)***

Oberhalb des Bivalenzpunktes erfolgt die Wärmebereitstellung ausschließlich über die Wärmepumpe. Unterhalb des Abschaltpunktes werden nur die anderen Wärmeerzeuger betrieben, die die gesamte Heizwärme bereitstellen. Zwischen dem Bivalenzpunkt und dem Abschaltpunkt sind die Wärmepumpe und die zusätzlichen Wärmeerzeuger gleichzeitig in Betrieb.

#### ***Monoenergetischer Betrieb:***

In diesem Fall wird als weiterer Wärmeerzeuger eine elektrische Zusatzheizung verwendet. Alle oben beschriebenen Betriebsweisen sind möglich. Ein Beispiel zeigt Bild 5.



### Darstellung der Betriebsarten für die Heizwärmeerzeugung:

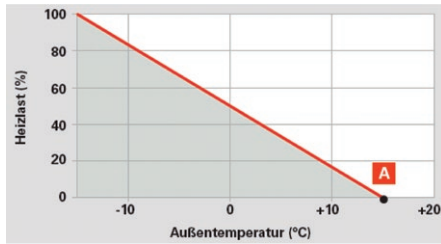


Bild 1: Monovalenter Betrieb  
A – Heizgrenztemperatur

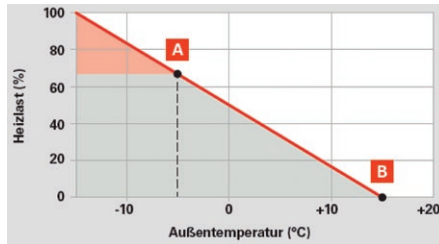


Bild 2: Bivalent paralleler Betrieb  
A – Bivalenzpunkt, B – Heizgrenztemperatur

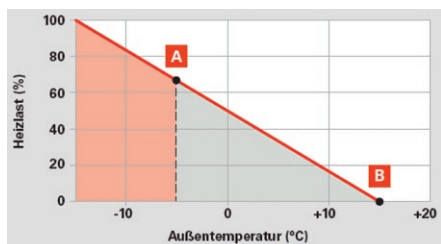
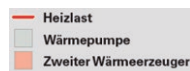


Bild 3: Bivalent alternativer Betrieb  
A – Abschaltpunkt, B – Heizgrenztemperatur

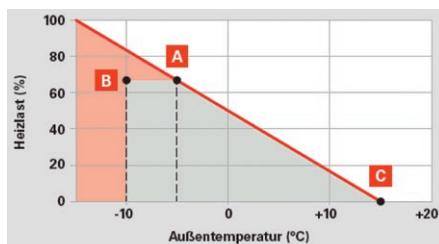
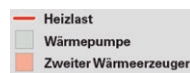


Bild 4: Bivalent teilparalleler Betrieb  
A – Bivalenzpunkt, B – Abschaltpunkt,  
C – Heizgrenztemperatur



### 3. Regelungskonzepte

Für die Einbindung eines zweiten Wärmezeugers in eine Wärmepumpenanlage ist die Abstimmung der beiden Steuerungssysteme erforderlich. Die Freigabe des zweiten Wärmezeugers muss immer über die Regelung der Wärmepumpe erfolgen.

#### Gleitend geregelter Heizkessel

In dieser Art der Regelung wird das Kesselwasser gleitend entsprechend einer geeigneten Führungsgröße erwärmt (z. B. Außentemperatur, Raumtemperatur). Ein Umschaltventil hat die Aufgabe, den Heizwasserstrom, je nach Betriebsmodus, am Kesselkreis vorbei oder durch den Kessel zu führen. Es übernimmt keine weitere Regelfunktion. Im reinen Wärmepumpenbetrieb wird der Kessel nicht durchströmt, um Verluste durch Wärmeabstrahlung des Kessels zu vermeiden.

#### Konstant geregelter Heizkessel

Hier wird das Kesselwasser nach Freigabe durch die Wärmepumpenregelung immer auf eine fest eingestellte Temperatur aufgeheizt. Diese Temperatur muss so hoch eingestellt werden, dass auch die Warmwasserbereitung bei Bedarf über den Kessel erfolgen kann (z. B. 70 °C). Der zwingend erforderliche Mischer wird vom Regler der Wärmepumpe angesteuert. Diese Regelungsart ist energetisch ungünstig und sollte nur gewählt werden bei geringer Laufzeit des Kessels im Heizbetrieb und wenn die gleitende Regelung nicht sinnvoll möglich ist.

#### Feste Führungsgrößen

Die Regelung erfolgt über die Einstellung von festen Bivalenz- und/oder Abschaltpunkten. Die wichtigsten Kriterien sind:

- Wärmequellentemperatur
- Wärmesenktemperatur
- Sperrzeiten
- Außentemperatur

### **Variable Führungsgrößen**

Die Regelung ermittelt den Bivalenz- und/oder Abschaltpunkt variabel in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Wärmepumpe und folgenden möglichen Kriterien:

- Erreichen der Sollwerte (Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur, Aufheizzeit ...)
- Energietarife (Zahlreiche Wärmepumpen können bereits lastvariable Stromtarife nutzen)
- Eigenstromnutzung
- Primärenergiebedarf
- CO<sub>2</sub>-Emission
- Nutzereingriffe (z. B. Kaminöfen)
- Volatiler Wärmeeintrag (z. B. Solarthermie)

## **4. Hydraulische und regelungstechnische Systemlösungen**

### **Grundlagen**

Die Planung bivalenter Wärmepumpenanlagen erfordert zwingend die Auswahl einer geeigneten Anlagenhydraulik. Nur unter dieser Voraussetzung kann der jeweilige Wärmeerzeuger den Anteil am Heiz- und Warmwasserbedarf auf dem jeweils gewünschten Temperaturniveau bereitstellen.

Die Systemlösung hat demnach einen wesentlichen Einfluss auf die Erreichung der geplanten Deckungsanteile von Wärmepumpe und Feuerstätte.

Eine ungünstige hydraulische oder regelungstechnische Verknüpfung zweier Wärmeerzeuger kann zu folgenden Fehlfunktionen führen:

- Die Effizienz der Wärmepumpe sinkt
- Die Einsatzgrenzen der Wärmepumpe werden überschritten
- Die Feuerstätte (Gas, Öl, Festbrennstoff) dominiert
- Die Wärmeerzeuger takten unnötig und weisen ein schlechtes Teillastverhalten auf
- Die Bereitschaftsverluste der Feuerstätte steigen

Die Wahl der hydraulischen und regelungstechnischen Systemlösung kann von der geplanten Betriebsweise der Wärmeerzeuger abhängig gemacht werden. Idealerweise eröffnet die Systemlösung volle Flexibilität für mehrere Betriebsweisen.

Nachfolgend ist eine Auswahl hydraulischer Grundschaltungen vorgestellt, die sich in der Praxis für bivalente Anlagensysteme bewährt haben. Darüber hinaus bieten die Hersteller zahlreiche Lösungen an, die speziell auf ihre Produkte zugeschnitten sind.

In den Abbildungen 5 bis 10 sind nur die der hydraulischen Grundschaltungen dargestellt. Dabei sind nicht alle benötigten sicherheits- und regelungstechnischen Armaturen wiedergegeben.

Die Wärmepumpe ist in allen gezeigten Schaltungen von der Wärmeverteilung über einen Pufferspeicher hydraulisch getrennt, ein hydraulischer Abgleich ist zwingend erforderlich. Der Wärmepumpenkreis und die Verbraucherkreise müssen bei Vollöffnung aller Stellglieder mit identischen Volumenströmen betrieben werden. Fehleinstellungen führen zu den folgenden Störungen:

- Bei größeren Volumenströmen im Verbraucherkreis findet eine ständige Beimischung von Rücklaufwasser in den Vorlauf statt. Damit liegt die benötigte Vorlauftemperatur der Wärmepumpe immer über der Heizkurve der Anlage.
- Bei größerem Volumenstrom im Wärmepumpenkreis wird der Speicher permanent geladen, die Leistung der Wärmepumpe steht der Anlage daher nicht vollständig zur Verfügung. Hier müsste eine Leistungsreserve der Wärmepumpe vorgehalten werden.

### **Monoenergetische Betriebsweise**

Wird sowohl die Wärmepumpe als auch der zweite Wärmeerzeuger mit elektrischer Energie betrieben, liegt ein monoenergetischer Betrieb vor. Der bivalente Wärmeerzeuger, in diesem Fall ein elektrisches Heizelement (9), ist hier im Vorlauf der Wärmepumpe



dargestellt. Es kann aber auch im Puffer- und/oder Warmwasserspeicher angeordnet sein. Die Regelung der gesamten Anlage erfolgt durch den Regler der Wärmepumpe. Bild 5 zeigt eine Anlage mit einem gemischten Heizkreis, einem ungemischten Heizkreis und einem Trinkwarmwasserspeicher.

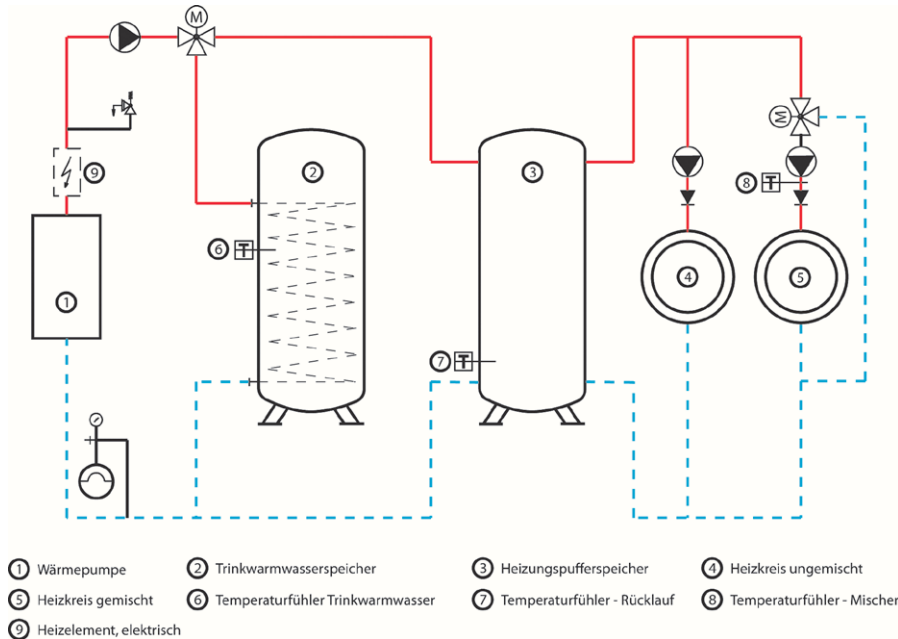


Bild 5: Monoenergetische Betriebsweise mit Trinkwarmwasserspeicher

Als Führungsgröße für das Wärmeerzeugungssystem dient häufig ein Rücklauf-Temperaturfühler (Position 7 in Bild 5). Die Rücklauftemperatur liefert aussagekräftige Informationen über den tatsächlichen Wärmebedarf des Gebäudes. In Abhängigkeit von der Außentemperatur wird anhand der Vorgaben für die Heizkurve ein Rücklauf-Sollwert als Einschaltbedingung generiert.

Für die Zuschaltung des zweiten Wärmeerzeugers sind folgende Parameter maßgebend:

- Regelabweichung zur Heizkurve
- Lage des Bivalenzpunktes
- Betriebszustand der Wärmepumpe

Das elektrische Heizelement sollte erst dann in Betrieb genommen werden, wenn:

- Alle Wärmepumpenstufen in Betrieb sind
- Die eingestellte Bivalenztemperatur unterschritten ist
- Die maximal mit der Wärmepumpe erreichbare Warmwassertemperatur überschritten werden soll

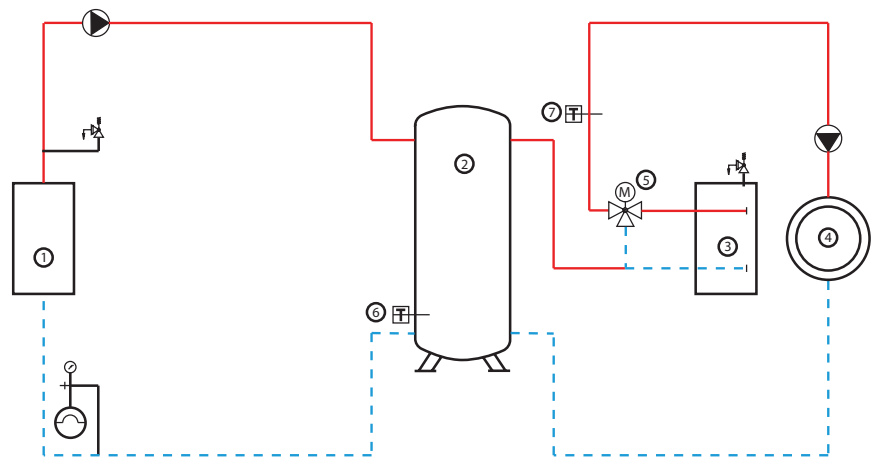
#### Bivalente Betriebsweise mit Feuerstätten

In der Sanierung ist eine hydraulische Entkopplung zwischen Wärmeverteilung und Wärmepumpe vorzusehen, um den geforderten Mindestheizwasserdurchsatz durch die Wärmepumpe in allen Betriebssituationen sicherzustellen.

Die Wärmepumpe wird als Grundlastwärmeerzeuger betrieben, ihre Effizienz ist maßgeblich von der Vorlauftemperatur abhängig. Daher ist es sinnvoll, die Feuerstätte als Spitzenlastwärmeerzeuger in den Vorlauf des Heizverteilsystems einzubinden. Über eine Beimischschaltung kann das Temperaturniveau je nach Anforderung durch den Spitzenlastwärmeerzeuger erhöht werden.

Die Einbindung der Feuerstätten in den Abbildungen 6 und 7 erfordert ausreichend große Wasserinhalte, wie sie vor allem NT-Kessel in Bestandsanlagen aufweisen. Feuerstätten mit geringem Wasserinhalt werden über eine hydraulische Weiche mit eigener Pumpe angebunden. Dargestellt sind die Grundsaltungen mit einem ungemischten Heizkreis, sie können bei Bedarf um weitere Heizkreise und eine Trinkwarmwasserbereitung ergänzt werden.

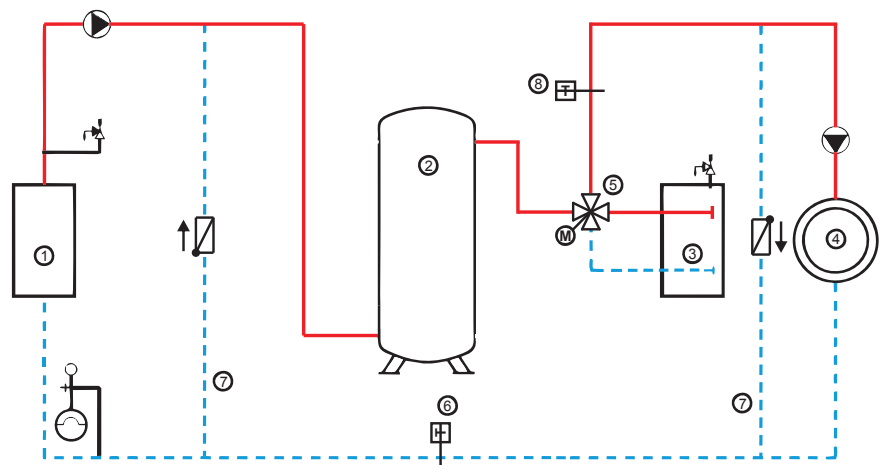
Bild 6 zeigt die Hydraulik mit einem Parallelpufferspeicher.



- |                   |                               |                              |                        |
|-------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------|
| ① Wärmepumpe      | ② Heizungspufferspeicher      | ③ Kessel                     | ④ Heizkreis ungemischt |
| ⑤ Bivalentmischer | ⑥ Temperaturfühler - Rücklauf | ⑦ Temperaturfühler - Mischer |                        |

Bild 6: Bivalente Betriebsweise für Kessel mit großem Wasserinhalt und Parallelpufferspeicher

Bild 7 zeigt einen Vorlauf-Reihenspeicher mit Bypassleitungen. Zur Vermeidung von Fehlzirkulationen müssen die Rückschlagventile dicht schließen. Die Rohrleitungsquerschnitte der Bypassleitungen sind auf den maximalen Volumenstrom auszulegen. Nach dem hydraulischen Abgleich des Wärmeverteilsystems ist die Anpassung des Volumenstroms im Wärmepumpenkreis unbedingt notwendig. Andernfalls findet eine dauerhafte Durchströmung der Bypassleitungen statt. In der Folge arbeitet die Wärmepumpe mit erhöhter Betriebstemperatur verminderter Effizienz. Der Vorlaufpuffer verzögert die Wärmeübergabe von der Wärmepumpe an das Heizsystem. Durch die Regelung ist daher eine entsprechend verschobene Zuschaltung des Kessels sicherzustellen.



- |                              |                               |                                       |                        |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| ① Wärmepumpe                 | ② Heizungspufferspeicher      | ③ Kessel                              | ④ Heizkreis ungemischt |
| ⑤ Bivalentmischer            | ⑥ Temperaturfühler - Rücklauf | ⑦ Bypassleitung mit Rückschlagklappen |                        |
| ⑧ Temperaturfühler - Mischer |                               |                                       |                        |

Bild 7: Bivalente Betriebsweise für Kessel mit großem Wasserinhalt, Reihenspeicher und Bypassleitungen mit Rückschlagklappen



Bild 8 zeigt die Anbindung einer Feuerstätte mit geringem Wasserinhalt an den Vorlauf eines ungemischten Heizkreises. Hier ist eine zusätzliche hydraulische Weiche mit Kesselkreispumpe erforderlich.

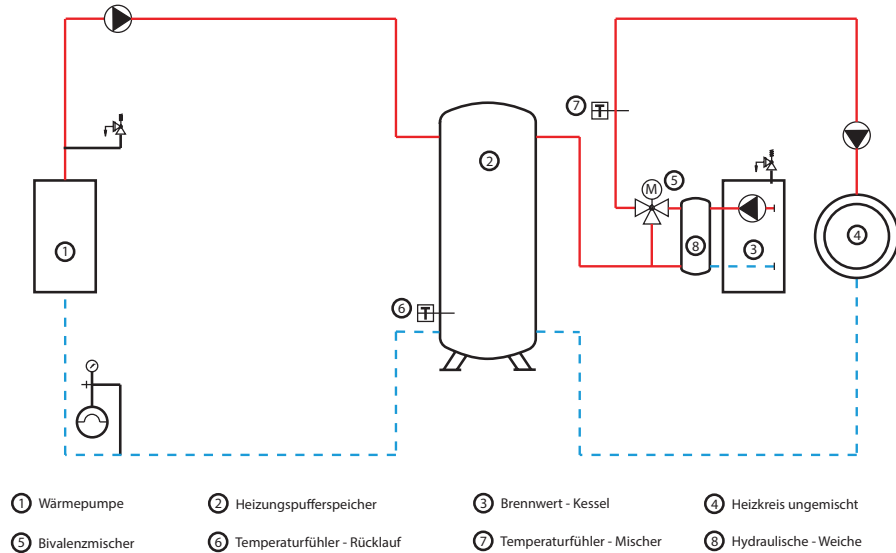


Bild 8: Bivalente Betriebsweise mit Brennwertgerät und hydraulischer Weiche

Bild 9 stellt Erweiterung von Bild 8 dar: Die ergänzte Warmwasserbereitung erfolgt wahlweise über die Wärmepumpe mit einer Speicherladepumpe oder über die Feuerstätte durch ein Dreiwege-Umschaltventil.

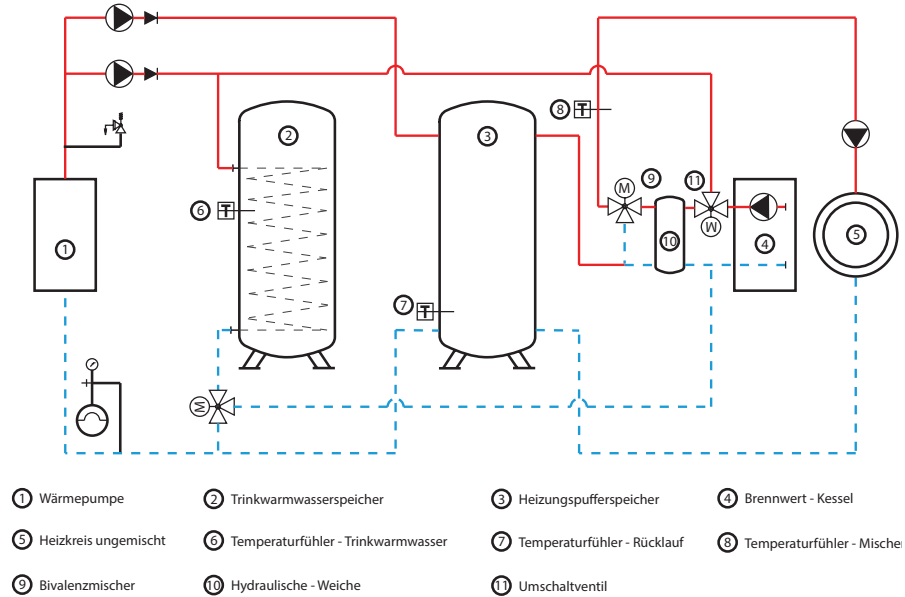


Bild 9: Bivalente Betriebsweise mit Brennwertgerät, hydraulischer Weiche und Trinkwarmwasserspeicher

Das Regelgerät der Wärmepumpenanlage muss in der Lage sein, einen zweiten Wärmeerzeuger, z. B. in Form eines Gas-Brennwertkessels, im Heiz- und Warmwasserbetrieb anzufordern.

Für das Zuschalten des Spitzenlast-Wärmeerzeugers müssen folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein:

- Die Außentemperatur ist kleiner als die eingestellte Bivalenz- oder Abschalttemperatur.
- Die Wärmepumpe wird mit maximaler möglicher Leistung betrieben oder ist gesperrt.
- Die Solltemperaturen werden dauerhaft unterschritten.

Die Wärmepumpenregelung übernimmt zusätzlich die folgenden Aufgaben:

- Freigabe des zweiten Wärmeerzeugers für Heizen und Warmwasserbereitung
- Mischerregelung für den zweiten Wärmeerzeugerkreis
- Ansteuern des Umschaltventils für die Warmwasserbereitung durch den zweiten Wärmeerzeuger
- Schutz der Wärmepumpe vor unzulässig hohen Rücklauftemperaturen

### **Festbrennstoffkessel**

In bivalenten Systemen mit Festbrennstoffkesseln (Bild 10) ist der Pufferspeicher der zentrale Verknüpfungspunkt der Anlage. Der Festbrennstoffkessel speist seine erzeugte Wärme in den Pufferspeicher ein. Durch den Wärmepumpenregler wird entschieden, ob der Festbrennstoffkessel genügend Wärme zur Beheizung des Gebäudes zur Verfügung stellen kann und ob die lastabhängige Zuschaltung der Wärmepumpe erfolgt. Das Puffervolumen muss sowohl den Anforderungen der Wärmepumpe als auch denen des Kessels genügen. Die Temperaturüberwachung im Rücklauf zwischen Pufferspeicher und Wärmepumpe verhindert eine unzulässig hohe Eintrittstemperatur in die Wärmepumpe durch ein Abschalten der Umwälzpumpe im Erzeugerkreis.

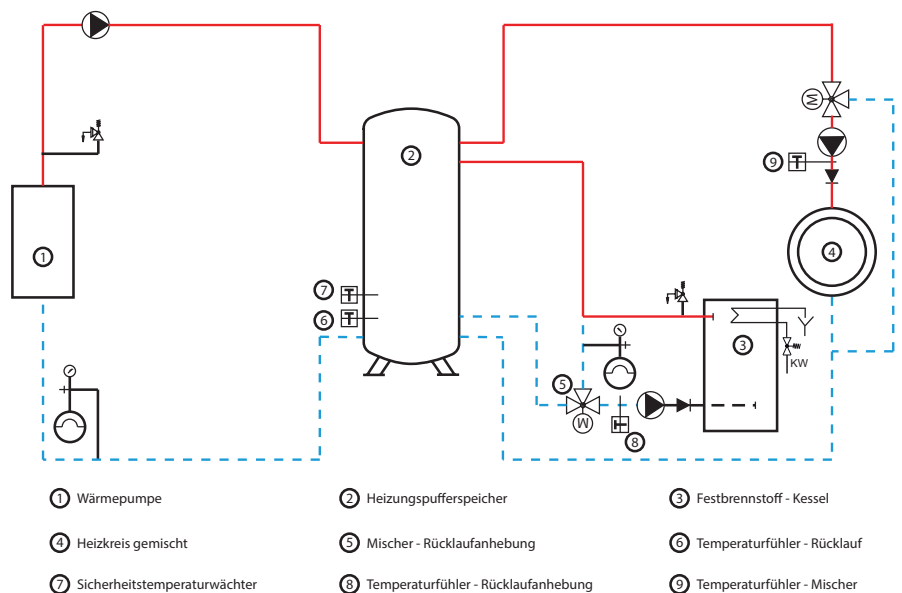


Bild 10: Bivalente Betriebsweise mit Festbrennstoffkessel

## **5. Planung**

Bivalente Anlagen eignen sich sowohl für den Einsatz im Neubau als auch im Baubestand. Die Wahl einer bivalenten Anlage im Bestand erfordert eine Bewertung des vorhandenen Heizungssystems. Je nach Zustand des Wärmeerzeugers und in Abhängigkeit von den baulichen Gegebenheiten kann eine Wärmepumpe nachgerüstet werden, der vorhandene Wärmeerzeuger bleibt dann erhalten und wird als Zusatzheizener in die Anlage eingebunden.

Zur Dimensionierung der Wärmeerzeuger als Ersatz für bestehende Geräte kann die Heizleistung der alten Anlage nicht herangezogen werden: In der Vergangenheit wurden Feuerstätten häufig überdimensioniert. Zudem kann durch evtl. realisierte Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle oder Änderung von Nutzungsgewohnheiten der Wärmebedarf gesunken sein.

Durch den Austausch einzelner Heizflächen kann die Vorlauftemperatur abgesenkt und die Effizienz der Anlage erheblich gesteigert werden.





Entscheidungskriterien zur Wahl einer bivalenten Anlage sind unter anderem:

- Investitionsrahmen
- Verfügbarkeit der Energieträger und der Wärmequelle
- Alter und Zustand des bestehenden Wärmeerzeugers
- Dimensionierung und Zustand des Wärmeverteilsystems
- Zustand des Brennstofflagers
- Vorlauftemperatur des Wärmeübergabesystems am Auslegungspunkt
- Trinkwarmwasserbedarf und -temperatur
- Räumliche Gegebenheiten im Aufstellraum
- Geplante Sanierungen der Gebäudehülle

Die Prüfung nach diesen Entscheidungskriterien führt zu folgenden Lösungsansätzen:

- Nachrüstung des bestehenden Wärmeerzeugers mit einer Wärmepumpe
- Komplettaustausch des fossilen Wärmeerzeugers gegen eine bivalente Anlage oder ein Hybridgerät
- Austausch des fossilen Wärmeerzeugers gegen eine monovalent oder monoenergetisch betriebene Wärmepumpe

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen muss ein angemessen hoher Anteil der Heizwärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Dieser Deckungsanteil der Wärmepumpe soll für monoenergetische Wärmeerzeuger mindestens 95 % betragen. Details zur Berechnung liefert Kapitel 6.2.

### **5.1 Komplettlösungen**

Die Anlage besteht aus einer neuen Wärmepumpe und einem ebenfalls neuen fossilen Wärmeerzeuger. Beide Wärmeerzeuger werden nach den entsprechenden Erfordernissen ausgelegt. In der Modernisierung wird der vorhandene Wärmeerzeuger durch diese Kombination ersetzt. Am Markt sind vorkonfektionierte Hybridlösungen verfügbar, die beide Wärmeerzeuger, den Regler und die wesentlichen hydraulischen Komponenten enthalten.

Grundlage für die Auslegung der Wärmeerzeuger ist die Heizlast des Gebäudes, z. B. nach DIN EN 12831 (ausführliches Verfahren oder überschlägiges Verfahren). In der Sanierung ist die Ermittlung der Hüllflächenheizlast ausreichend. Für die Auslegung der Heizfläche und den hydraulischen Abgleich ist die Raumheizlast erforderlich. Sie sollte in der Sanierung zumindest überschlägig ermittelt werden.

Die Auslegung der einzelnen Wärmeerzeuger richtet sich nach der geplanten Betriebsweise des bivalenten Systems. Bei bivalent alternativer Betriebsweise muss der zweite Wärmeerzeuger die komplette Heizlast des Gebäudes am Auslegungspunkt decken können. Bei bivalent paralleler Betriebsweise wird die Auslegungsheizlast auf beide Wärmeerzeuger aufgeteilt. Neben der verfügbaren Leistung sind die Einsatzgrenzen der gewählten Wärmepumpe zu berücksichtigen.

### **5.2 Nachrüstlösungen**

Bei Nachrüstlösungen werden bereits vorhandene fossile Wärmeerzeuger durch eine Wärmepumpe ergänzt. Das Wärmeübergabesystem wird im Wesentlichen nicht verändert. Das vorrangige Ziel dieser Maßnahme ist die Kostensenkung für Raumheizung und Trinkwarmwassererwärmung, ohne die komplette Heizungsanlage umbauen zu müssen.

Häufig wird dieses Vorgehen als erster Schritt in der Sanierungsplanung des Gesamtgebäudes gewählt. In diesem Fall erfolgt die Dimensionierung der Wärmepumpe für den monovalenten oder monoenergetischen Betrieb mit der geplanten Gebäudeheizlast nach Abschluss aller Sanierungsarbeiten. Eine Vorbetrachtung der Deckungsanteile ist in diesem Fall nicht erforderlich.

### **5.3 Monoenergetische oder monovalente Betriebsweise der Wärmepumpen**

Die Überprüfung der oben genannten Kriterien kann ergeben, dass eine monoenergetische oder monovalente Betriebsweise der Wärmepumpenanlage sinnvoll ist. Gebe-

nenfalls sind hierfür geringe Veränderungen an der Wärmeübergabe oder an der Gebäudehülle erforderlich.

#### **5.4 Warmwasserbereitung in bivalenten Anlagen**

Gerade in bivalenten Anlagen muss die Warmwasserbereitung mit der Wärmepumpe sorgfältig geplant werden. Hier können nur einige allgemeine Hinweise gegeben werden, die der Planer in seinen konzeptionellen Überlegungen zu berücksichtigen hat:

- Zur thermischen Desinfektion sollte der fossile Wärmeerzeuger eingesetzt werden
- Während der Betriebszeit des fossilen Wärmeerzeugers für die Heizung ist auch eine Warmwasserbereitung auf diesem Weg sinnvoll
- Außerhalb der Heizperiode bietet sich meist die Warmwasserbereitung mit der Wärmepumpe an, um Bereitschaftsverluste des fossilen Wärmeerzeugers zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für Luft-/Wasser-Wärmepumpen mit höheren Leistungszahlen bei steigender Außentemperatur.

Der Anteil der Warmwasserbereitung ist anlagenspezifisch zu ermitteln und der Berechnung zugrunde zu legen. Sinnvoll ist eine überschlägige Aufteilung der Anforderung für Warmwasser über den Tagesbedarf unter Berücksichtigung der thermischen Desinfektion. Auf diese Weise können die Wärmebereitstellungen durch die Wärmepumpe ( $Q_{WP,W}$ ) und durch den fossilen Wärmeerzeuger ( $Q_{K,W}$ ) bestimmt werden. Die Ermittlung der Arbeitszahl für die Warmwasserbereitung ( $SCOP_W$ ) mit der Wärmepumpe erfolgt nach VDI 4650 Blatt 1.

#### **5.5 Heizflächenauslegung, hydraulischer Abgleich, Reglereinstellung, Nachoptimierung**

Ziel der Heizflächenauslegung ist die Versorgung aller Räume mit einer einheitlichen, möglichst niedrigen Vorlauftemperatur. Gegebenenfalls sind die Heizflächen anzupassen (z. B. größere oder zusätzliche Heizkörper). Keinesfalls dürfen einzelne Volumenströme erhöht werden. Hierdurch steigt die Rücklauftemperatur des Gesamtsystems und damit auch die Betriebs-Vorlauftemperatur der Wärmepumpe.

Die ausgelegten Volumenströme müssen bei der Inbetriebnahme eingestellt werden (hydraulischer Abgleich). Anderenfalls ist die Versorgung einzelner Räume mit einem unzureichenden Volumenstrom nur durch eine Anhebung der Vorlauftemperatur möglich. Heizkreise mit erhöhtem Volumenstrom hingegen führen zunächst zu einer Anhebung der Rücklauftemperatur. Nach Erreichen des Raumtemperatur-Sollwertes werden sie von den Raumreglern abgedrosselt, das bewirkt dann einen unerwünschten Anstieg der Spreizung und eine deutliche Verminderung der Effizienz.

Die Heizkurve wird bei der Inbetriebnahme am Regelgerät eingestellt. Die erste Einstellung erfolgt mit möglichst niedriger Vorlauftemperatur, die dann schrittweise erhöht wird. Eine bereits zu Beginn eingestellte Heizkurve mit hohen Temperaturen führt zu einer niedrigen Effizienz der Anlage, da dies in der Regel nicht mit Komforteinbußen verbunden ist und daher vom Nutzer unbemerkt bleibt.

Nach umfangreichen Sanierungsmaßnahmen oder in Neubauten muss die Anlage während der ersten Heizperiode einen erhöhten Energiebedarf zur Bautrocknung decken. Nach der ersten vollständigen Heizperiode ist daher die Reglereinstellung zu wiederholen. Bei dieser Gelegenheit sollte die Anlage entlüftet und der hydraulische Abgleich überprüft werden.

## **6. Effizienz- und Kostenbetrachtung**

Für die Bewertung der Effizienz von elektrisch betriebenen Wärmepumpen im monovalenten oder monoenergetischen Betrieb kann die Jahresarbeitszahl (SCOP) nach VDI 4650 Blatt 1 berechnet werden.

Da diese VDI-Richtlinie zur Berechnung von bivalenten Anlagen weitgehend auf die Objektplanung verweist, wird der Rechengang nachfolgend beschrieben.

Neben der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe ist eine Effizienzangabe für den zweiten Wärmeerzeuger erforderlich. Für fossile Wärmeerzeuger können anstelle von produktbezogenen Daten die folgenden Annahmen für die Effizienz im Heizbetrieb getroffen werden:

- Brennwertfeuerstätten Gas/Öl: 85–95 % ( $\eta_S$ )
- Niedertemperaturkessel Gas/Öl: 80–85 % ( $\eta_S$ )
- Festbrennstoffkessel: 80–90 % ( $\eta_S$ )



Zur Berechnung des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung wird der jeweils kleinste Wert der oben stehenden Angaben herangezogen. Die Werte sind bezogen auf den oberen Heizwert ( $H_S$ ), da auf dieser Grundlage die Abrechnung mit dem Energieversorger erfolgt.

### 6.1 Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im bivalenten Heizbetrieb

Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe in einem bivalenten System wird nach VDI 4650 Blatt 1 ermittelt. Das Verfahren entspricht grundsätzlich der Vorgehensweise für monoenergetische Wärmepumpen. Allerdings müssen die Wärmepumpe und der fossile Wärmeerzeuger separat betrachtet werden.

Zunächst muss der Deckungsanteil der Wärmepumpe mit Hilfe des Leistungsanteils ( $\xi$ ) festgelegt werden. Dieser ist das Verhältnis von Heizleistung der Wärmepumpe bei Norm-Außentemperatur zur Heizlast der Anlage. Die untenstehende Tabelle (siehe VDI 4650 Blatt 1:2016) liefert daraus den Deckungsanteil ( $\alpha$ ) der Wärmepumpe.

Tabelle 1: Deckungsanteil  $\alpha$  des Grundlast-Wärmeerzeugers Wärmepumpe für die Wärmequellen „Geothermie“ (Grundwasser/Erdreich) und „Luft“ in Abhängigkeit vom Leistungsanteil  $\xi$  bei monoenergetischem oder bivalentem (parallel oder alternativ)

Quellen	Betriebsweise bivalent oder monoenergetisch	Leistungsanteil $\xi$ der Wärmepumpe bei Normaußentemperatur in %							
		100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %
Sole, Wasser, Direktverdampfung	alternativ	1,00	0,97	0,93	0,88	0,78	0,64	0,45	0,21
	parallel	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,92	0,84	0,71
Luft	alternativ	1,00	0,99	0,97	0,94	0,91	0,86	0,76	0,57
	parallel	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,87

**Anmerkung:** Etwas vereinfachend wird empfohlen, den teilparallelen Betrieb wie den alternativen zu behandeln.

### 6.2 Deckungsanteil der Wärmepumpe

Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Heizbetrieb wird für den parallelen und den alternativen/teilparallelen Betrieb auf unterschiedlichen Wegen berechnet:

#### 1. Paralleler Betrieb:

Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe ( $SCOP_H$ ) wird, wie auch in monovalenten Anlagen, mit der Auslegungstemperatur des Heiznetzes ( $T_{vorl,max}$  und  $T_{rückl,max}$ ) bei Norm-Außentemperatur ( $T_N$ ) ermittelt.

#### 2. Alternativer oder teilparalleler Betrieb:

Für den bivalent-alternativen/teilparallelen Heizbetrieb wird die Jahresarbeitszahl nicht mit der Auslegungstemperatur des Heizsystems berechnet, sondern mit der Betriebstemperatur am Abschaltpunkt. Die Außentemperatur am Abschaltpunkt ( $T_A$ ) wird planerisch festgesetzt aus den Erfordernissen der Anlage: Er kann bestimmt sein durch die maximale Leistung, die maximale Vorlauftemperatur, die minimale Quelltemperatur oder andere planerische Ansätze.

Die zugehörige Vorlauftemperatur ( $T_{vorl}$ ) wird anhand der Diagramme (Bilder 11 und 12) bestimmt oder mathematisch wie folgt ermittelt:

Mit der Außentemperatur am Abschaltpunkt ( $T_A$ ), der Heizgrenztemperatur ( $T_{HG}$ ) und der Norm-Außentemperatur ( $T_N$ ) wird das Teillastverhältnis (PLR) der Anlage berechnet.

$$PLR = \frac{T_{HG} - T_A}{T_{HG} - T_N}$$

Aus den Auslegungstemperaturen des Heiznetzes ( $T_{vorl,max}$  und  $T_{rückl,max}$ ) resultiert damit die Spreizung des Heizsystems ( $\Delta\vartheta_B$ ) am Abschaltpunkt.

$$\Delta\vartheta_B = PLR \times (T_{vorl,max} - T_{rückl,max})$$

Mit der Raumtemperatur ( $T_{\text{Raum}}$ ), der mittleren Heizflächen-Übertemperatur ( $T_{\text{HK,N}}$ ) und dem Heizflächenexponenten ( $n$ ) kann dann anhand der Heizkurve die relevante Vorlauftemperatur ( $T_{\text{Vori}}$ ) für die Berechnung der Jahresarbeitszahl ermittelt werden.

$$T_{\text{HK,N}} = \frac{T_{\text{vori,max}} + T_{\text{rückl,max}}}{2} - T_{\text{Raum}}$$

$$T_{\text{vori}} = T_{\text{Raum}} + PLR^{1/n} \times T_{\text{HK,N}} + 0,5 \times \Delta\vartheta_B$$

Die Diagramme A und B dienen zur Ermittlung einer Vorlauftemperatur und der zugehörigen Teillast am Abschaltpunkt von bivalent alternativen oder bivalent teilparallelen Anlagen bei einer Heizgrenztemperatur von 15 °C.

Zwischenwerte können interpoliert werden:

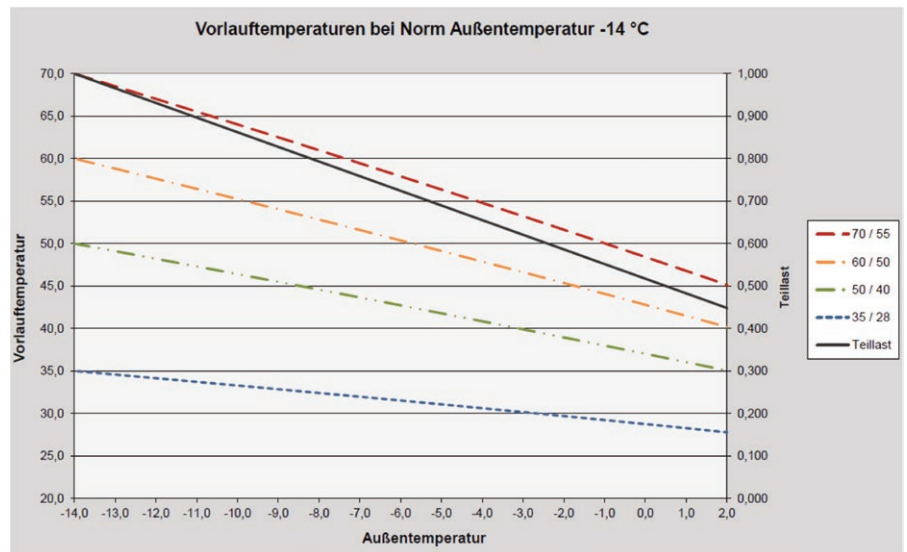


Bild 11: Vorlauftemperaturen/Teillast bei Norm-Außentemperatur -14 °C

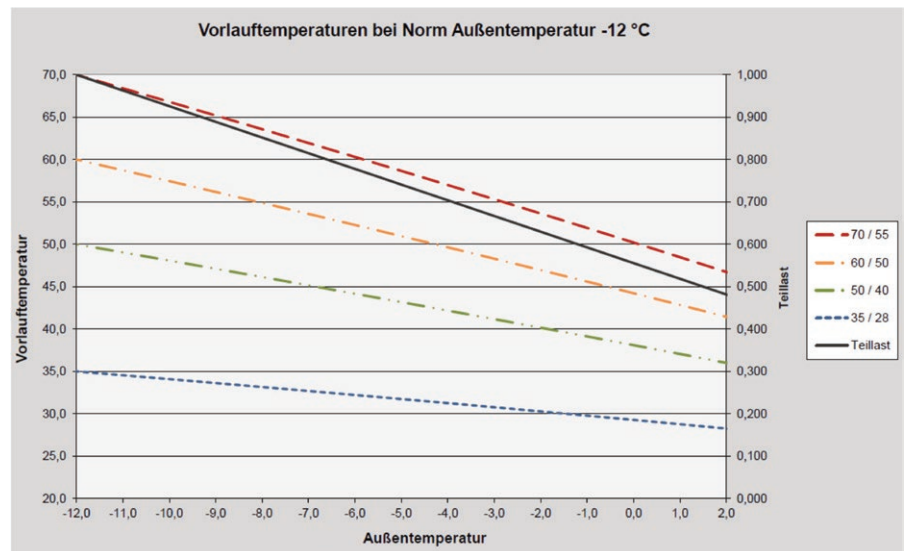


Bild 12: Vorlauftemperaturen/Teillast bei Norm-Außentemperatur -12 °C

### 6.3 Gesamtjahresarbeitszahl der Wärmepumpe im bivalenten Betrieb

Die Gesamtjahresarbeitszahl der Wärmepumpe beinhaltet neben der Wärmebereitstellung für die Heizung auch einen Anteil für die Warmwasserbereitung.

Der Anteil der Heizenergie ( $x$ ) an der gesamten, von der Wärmepumpe bereitgestellten Wärme wird berechnet mit der Heizarbeit der gesamten Anlage ( $Q_H$ ), dem Deckungs-



anteil der Wärmepumpe ( $\alpha$ ) und dem durch die Wärmepumpe bereitgestellten Warmwasser ( $Q_{WP,W}$ )

$$x = \frac{\alpha \times Q_H}{\alpha \times Q_H + Q_{WP,W}}$$

Daraus resultiert der Warmwasseranteil an der Wärmebereitstellung der Wärmepumpe ( $y$ ):

$$y = 1 - x$$

Die Gesamtjahresarbeitszahl ( $SCOP_{WP}$ ) ist dann

$$SCOP_{WP} = \frac{1}{x/SCOP_H + y/SCOP_W}$$

#### 6.4 Betrachtung der Gesamtanlage

Eine Gesamtjahresarbeitszahl einer bivalenten Anlage kann nicht sinnvoll ausgewiesen werden, da hier unterschiedliche Energieträger zum Einsatz kommen. Folglich sind die Wärmeerzeuger mit ihren Heizanteilen einzeln zu betrachten.

Der elektrische Energiebedarf ( $P_{WP}$ ) der Wärmepumpe wird mit der Gesamtjahresarbeitszahl ( $SCOP_{WP}$ ) errechnet nach:

$$P_{WP} = \frac{\alpha \times Q_H + Q_{WP,W}}{SCOP_{WP}}$$

Hierbei ist  $\alpha$  der Deckungsanteil der Wärmepumpe an der Heizarbeit ( $Q_H$ ) und  $Q_{WP,W}$  die von der Wärmepumpe bereitgestellte Energie zur Trinkwassererwärmung.

Der Brennstoffbedarf für den fossilen Wärmeerzeuger ( $P_K$ ) wird errechnet nach:

$$P_K = \frac{(1 - \alpha) \times Q_H}{\eta_{K,HWP}} + \frac{Q_{K,W}}{\eta_{K,W}}$$

Hierbei ist  $\eta_{K,H}$  der Wirkungsgrad des fossilen Wärmeerzeugers im Heizbetrieb und  $\eta_{K,W}$  der Wirkungsgrad des fossilen Wärmeerzeugers für die Warmwasserbereitung ( $Q_{WP,W}$ ).

In den Leistungsdaten von Wärmepumpen ist der Energiebedarf der Hilfsaggregate bereits enthalten. Für Feuerstätten hingegen muss die elektrische Leistungsaufnahme zusätzlich betrachtet werden. In guter Näherung kann der Hilfsenergiebedarf anhand einer spezifischen elektrischen Leistungsaufnahme ( $p_{K,el}$ ) errechnet werden. Sofern keine Herstellerangaben zur Verfügung stehen, sind die folgenden Standardwerte anzusetzen:

- Gaskessel: 5  $W_{el}/kW$
- Ölkessel: 15  $W_{el}/kW$
- Festbrennstoffkessel: 20  $W_{el}/kW$

Der elektrische Energiebedarf ( $P_{K,el}$ ) der Feuerstätte ist damit:

$$P_{K,el} = P_K \times p_{K,el}$$

#### 6.5 Wärmepreis der Gesamtanlage

Für die wirtschaftliche Bewertung der bivalenten Wärmepumpenanlage sind unter anderem die verbrauchsgebundenen Kosten von Interesse. Sie können aus den zu erwartenden Verbrauchsdaten ( $P_{WP}$ ,  $P_K$ ,  $P_{K,el}$ ) nach Kapitel 6.4. und den zugehörigen Preisen der Energieträger ( $k_{ET,WP}$ ,  $k_{ET,FS}$ ,  $k_{ET,el}$ ) ermittelt werden.

$$K_W = P_{WP} \times k_{ET,WP} + P_K \times k_{ET,FS} + P_{K,el} \times k_{ET,el}$$

Zum Vergleich mit alternativen Konzepten ist die Angabe des spezifischen Preises ( $k_W$ ) für die Nutzwärme geeignet. Details hierzu zeigt das Beispiel im Anhang.

$$k_W = \frac{K_W}{Q_H + Q_{WP,W} + Q_{K,W}}$$

## 7. Fazit

Bivalente Wärmepumpensysteme können gewährleisten, dass zu jedem Zeitpunkt das Gebäude mit dem jeweils günstigsten Wärmepreis beheizt wird, da auf mögliche Schwankungen der Energiepreise unkompliziert durch den zweiten Wärmeerzeuger reagiert wird. Die Steuerung der bivalenten Wärmepumpenanlage wird meist vom Wärmepumpenregler übernommen.

Bivalente Wärmepumpensysteme können einen Schlüssel zur Auflösung des Modernisierungstaus im Bestand darstellen. Sie erleichtern dem Anlagenbetreiber die Entscheidungsfindung für den künftigen Energieträger zur Beheizung des Gebäudes. Sie können oft kostengünstig durch die Erweiterung bestehender Heizungsanlagen errichtet werden. Die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb bivalenter Wärmepumpenanlagen sind eine sorgfältige Bestandsaufnahme, die Auswahl einer geeigneten Anlagenhydraulik und ein abgestimmtes Regelungskonzept.

Auch im Neubau, insbesondere bei hohen Heizlasten und unterschiedlichen Temperaturanforderungen, sind bivalente Wärmepumpensysteme wirtschaftlich interessant.

Einführende Hinweise gibt dieses Infoblatt.

## Anhang

### Auslegungsbeispiel:

#### Heizungsanlage mit Luft-/Wasser-Wärmepumpe, bivalent alternativ

Heizungswärmepumpe mit drehzahlgeregeltem Verdichter (variable capacity)

Warmwasserspeicher mit innen liegender Heizungswasser-Rohrschlange

Gas-Brennwertkessel	20 kW
Norm-Außentemperatur	-12 °C
Heizgrenztemperatur (Altbau, teilmodernisiert)	15 °C
Raumtemperatur	20 °C
Abschaltpunkt	-2 °C
Auslegungstemperaturen Heizung	70/55 °C
Warmwassertemperatur	50 °C
Radiatorenexponent (Flachheizkörper)	n = 1,2
Norm-Heizlast	20 kW
Wärmeleistung $Q_{(-12\text{ °C})}$ der Wärmepumpe bei $T_N$	10 kW
COP (A -7/W 35):	2,8
COP (A 2/W 35) (einschließlich Abtauung: $S_{AB}=0$ ):	3,5
COP (A 7/W 35):	4,2
Wärmebedarf Heizung	36 000 kWh
Warmwasserbereitstellung Wärmepumpe	2 500 kWh
Warmwasserbereitstellung Kessel	1 500 kWh
Effizienz Kessel im Heizbetrieb	90 %
Effizienz Kessel im Warmwasserbetrieb	85 %
Annahme: Erdgaspreis	0,07 €/kWh
Annahme: Strompreis, Wärmepumpe	0,21 €/kWh
Annahme: Strompreis, Hilfsenergie	0,28 €/kWh

### Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe:

Der Leistungsanteil ( $\xi$ ) der Wärmepumpe aus der Leistung und der Heizlast bei Norm-Außentemperatur ist:

$$\xi = \frac{10 \text{ kW}}{20 \text{ kW}} = 0,5$$



Damit liefert Tabelle 1 aus Kapitel 6.1 einen Deckungsanteil von

$$\alpha = 0,86$$

Teillastverhältnis (PLR) wird berechnet aus Heizgrenztemperatur 15 °C, Außentemperatur am Abschaltzeitpunkt -2 °C und Normaußentemperatur -12 °C:

$$PLR = \frac{15 - (-2)}{15 - (-12)} = 0,630$$

Die Spreizung am Abschaltzeitpunkt ergibt sich aus dem Teillastverhältnis multipliziert mit der Differenz aus den Auslegungstemperaturen:

$$\Delta\vartheta_B = 0,630 \times (70^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C}) = 9,44\text{K}$$

Die Vor- und Rücklauftemperatur der Anlage liefert die Norm-Übertemperatur der Heizkurve bei einer Raumtemperatur von 20 °C:

$$T_{HK,N} = \frac{70^\circ\text{C} + 55^\circ\text{C}}{2} - 20^\circ\text{C} = 42,5\text{K}$$

Die max. Vorlauftemperatur der Wärmepumpe bei 63 % Teillast ist damit:

$$T_{\text{vorf}} = 20^\circ\text{C} + 0,630^{1/1,2} \times 42,5\text{K} + 0,5 \times 9,44\text{K} = 53,6^\circ\text{C}$$

Die Ermittlung der Jahresarbeitszahlen im Heizbetrieb ( $SCOP_H$ ) und im Warmwasserbetrieb ( $SCOP_W$ ) erfolgen nach VDI 4650:2016 mit den zuvor berechneten Betriebstemperaturen:

$$SCOP_H = 3,52$$

$$SCOP_W = 3,01$$

Der Anteil der Heizarbeit ( $x$ ) für die Wärmepumpe mit  $\alpha = 0,86$  und den vorgegebenen Heizarbeiten aus der Planung beträgt:

$$x = \frac{0,86 \times 36.000 \text{ kWh}}{0,86 \times 36.000 \text{ kWh} + 2.500 \text{ kWh}} = 0,925$$

92,5 % der von der Wärmepumpe bereitgestellten Wärme werden für die Raumheizung verwendet. Die verbleibende Wärmemenge von  $Y = 7,5$  % wird für die Warmwasserbereitung genutzt.

$$y = 1 - 0,925 = 0,075$$

Damit ist die Gesamtjahresarbeitszahl der Wärmepumpe:

$$SCOP_{WP} = \frac{1}{0,925/3,52 + 0,075/3,01} = 3,48$$

Daraus ergibt sich der Bedarf der Wärmepumpe (PWP) an elektrischer Energie:

$$P_{WP} = \frac{0,86 \times 36.000 \text{ kWh} + 2.500 \text{ kWh}}{3,48} = 9.615 \text{ kWh}_{el}$$

Brennstoffbedarf ( $P_K$ ) der Feuerstätte ist damit:

$$P_K = \frac{(1 - 0,86) \times 36.000 \text{ kWh}}{90 \%} + \frac{1.500 \text{ kWh}}{85 \%} = 7.365 \text{ kWh}_g$$

Nachfolgend wird der Hilfsenergiebedarf für die fossile Feuerstätte errechnet. Hierzu werden die Vollbenutzungsstunden ( $h$ ) des Gerätes benötigt:

$$h = \frac{7.365 \text{ kWh}_g}{20 \text{ kW}} = 368 \text{ h}$$

Mit dem Standardwert für die elektrische Leistungsaufnahme eines Gas-Brennwertgerätes ist der Hilfsenergiebedarf ( $P_{K,el}$ ) zu ermitteln:

$$P_{K,el} = 368 \text{ h} \times 5 \frac{W_{el}}{kW} \times 20 \text{ kW} = 37 \text{ kWh}_{el}$$

In Ein- und Zweifamilienhäusern kann der geringe Bedarf für die elektrische Hilfsenergie von Brennwertfeuerstätten meist vernachlässigt werden.

### Verbrauchsgebundene Kosten der Wärmepumpe/Feuerstätte

Im Folgenden werden einige grundlegende Betrachtungen zu verbrauchsgebundenen Kosten angestellt. Weitere Kostenarten (Betrieb, Investition, Raumkosten ...) bleiben unberücksichtigt. Hierbei ist zu beachten, dass die Ergebnisse nur für die beschriebene Anlage und dem ausgewiesenen Arbeitsanteil der Wärmepumpe mit der zugehörigen Jahresarbeitszahl von 3,48 gültig sind. Andere Konstellationen führen zu einer Veränderung der Arbeitszahl und damit zu einem anderen Wärmepreis. Das gilt im Besonderen, wenn die Wärmepumpe einen größeren Heizarbeitsanteil liefert und folglich auch höheren Vorlauftemperaturen betrieben wird:

Die Stromkosten ( $K_W$ ) der Wärmepumpe betragen:

$$K_{WP} = 9,615 \text{ kWh}_{el} \times 0,21 \frac{EUR}{kWh} = 2019,15 \text{ EUR}$$

Die Kosten für Gas ( $K_G$ ) und Strom ( $K_{K,el}$ ) des Brennwertgerätes betragen:

$$K_{K,g} = 7,365 \text{ kWh}_g \times 0,07 \frac{EUR}{kWh} = 515,55 \text{ EUR}$$

$$K_{K,el} = 37 \text{ kWh}_{el} \times 0,28 \frac{EUR}{kWh} = 10,36 \text{ EUR}$$

Die gesamten Verbrauchskosten ( $K_{biv}$ ) und der Wärmepreis ( $k_{biv}$ ) der bivalenten Anlage mit einer Wärmebereitstellung von 40.000 kWh betragen damit:

$$K_{biv} = 2019,15 \text{ EUR} + 515,55 \text{ EUR} + 10,36 \text{ EUR} = 2545,06 \text{ EUR}$$

$$k_{biv} = \frac{2545,06 \text{ EUR}}{40.000 \text{ kWh}} = 0,0636 \frac{EUR}{kWh}$$

Die Verbrauchskosten ( $K_K$ ) des Brennwertgerätes zur Bereitstellung von 6.540 kWh Wärme betragen:

$$K_K = 515,55 \text{ EUR} + 10,36 \text{ EUR} = 525,91 \text{ EUR}$$

Da die Effizienz und damit die Verbrauchskosten eines Gas-Brennwertgerätes nur unwesentlich von den Betriebsbedingungen abhängen, können hier ein sinnvoller Wärmepreis ( $k_K$ ) für die Feuerstätte und auch ein Vergleichspreis ( $K_{fos}$ ) für die rein fossile Beheizung ausgewiesen werden:

$$k_K = \frac{525,91 \text{ EUR}}{6.540 \text{ kWh}} = 0,0804 \frac{EUR}{kWh}$$

$$K_{fos} = 40.000 \text{ kWh} \times 0,0804 \frac{EUR}{kWh} = 3.216 \text{ EUR}$$

Der bivalente Betrieb erbringt in diesem Beispiel eine jährliche Verbrauchskosteneinsparung von 671 EUR.

Die Planung einer bivalenten Heizungsanlage ermöglicht über die Festlegung von Bivalenz- und Abschaltzeitpunkt eine Minimierung der Verbrauchskosten. Zugleich sind aber auch die erforderlichen Investitionen für die Wärmepumpe und ggf. die Wärmequellenanlage in die Überlegungen einzubeziehen.

BDH-Informationen dienen der unverbindlichen technischen Unterrichtung. Eine Fehlerfreiheit der enthaltenen Informationen kann trotz sorgfältiger Prüfung nicht garantiert werden.

Weitere Informationen unter:  
[www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de)

Herausgeber:  
Interessengemeinschaft  
Energie Umwelt Feuerungen GmbH  
Infoblatt 57 März/2019