

Hydraulik in Wärmepumpenanlagen

Pufferspeicher und hydraulische Weiche können insbesondere bei Hybridsystemen die Effizienz der Anlage steigern

Bei der Planung einer neuen Wärmepumpenanlage steht im ersten Schritt das Gebäude selbst im Fokus. Wie ist es gedämmt? Ist eine Fußbodenheizung installiert oder sind die Heizkörper ausreichend groß dimensioniert, um mit niedrigen Vorlauftemperaturen zu fahren? Häufig erst nachgelagert folgt die Frage der korrekten Anlagen-Hydraulik. Dabei ist sie ein wesentlicher Baustein für eine hohe Anlageneffizienz. In diesem Beitrag von SINUS aus dem Hause Reflex Winkelmann soll zunächst auf bewährte Hydrauliken in klassischen Wärmepumpenanlagen (monovalentes System) eingegangen werden. Daran anschließend werden Lösungsansätze für Hybridsysteme gezeigt.

Anders als in Brennwertanlagen haben Pufferspeicher in Wärmepumpensystemen eine zentrale Bedeutung. Grundlegende Aufgabe eines Pufferspeichers bei einer Wärmepumpe ist – unabhängig von der Größe des Systems – die hydraulische Trennung von Wärmepumpen- und Heizkreis, die Sicherstellung der Mindestlaufzeiten sowie bei Luft/Wasser Wärmepumpen die Bereitstellung der erforderlichen Energie für den Abtauprozess. Je nach gewähltem Stromtarif dient der Pufferspeicher auch der Überbrückung von Sperrzeiten des Energieversorgers. Das setzt natürlich ein ausreichend großes Pufferolumen voraus.

In kleineren Anlagen wie in einem Einfamilienhaus kommen mitunter sogenannte Reihenspeicher zum Einsatz, die rein das Anlagenvolumen erhöhen und im Vor- oder Rücklauf der Wärmepumpe eingebunden werden. Diese Speicher verfügen dann teils über lediglich 20 bis 50 l Inhalt. Wichtig: Bei dieser Hydraulik muss der Mindestvolumenstrom zum Beispiel

durch geöffnete Fußbodenheizungskreise oder Überströmungen sichergestellt werden, zudem muss die Umwälzpumpe die Widerstände in der Wärmepumpe und im Rohrnetz überbrücken.

In Anlagen mit größeren Leistungen sowie bei Anlagen mit mehreren Heizkreisen werden Pufferspeicher in der Regel wie eingangs genannt als hydraulische Weiche eingebunden. Der Speicher übernimmt neben der Energiespeicherung dann auch die sichere hydraulische Entkopplung sämtlicher Kreise. Dadurch wird gewährleistet, dass die Umlaufwassermengen bedarfsgerecht bereitgestellt werden.

Dimensionierung des Pufferspeichers

Beim Einsatz von Wärmepumpen mit größeren Leistungen kommt der Sicherstellung der Mindestlaufzeiten erfahrungsgemäß eine wichtigere Bedeutung zu als die Bereitstellung von Wärme für die Abtauung. Das bedeutet, dass der Speicher anhand der Mindestlauf-

zeiten ausgelegt werden sollte. Neben der Mindestlaufzeit sind bei der Auslegung die zu speichernde Leistung (dieses ist nicht die Maximalleistung der Wärmepumpe, sondern deren minimal modulierbare Leistung) und die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf die wesentlichen beeinflussenden Parameter. Über die aufgeführte Gleichung 1 kann das notwendige Mindestvolumen dann kalkuliert werden.

Gleichung 1:

$$V = \frac{\dot{Q} \cdot t}{c_p \cdot \Delta\theta}$$

V = Speichervolumen [m³]
 \dot{Q} = thermische Leistung kW
 c_p = Konstante; 1,163 kWh/(m³·K)
 $\Delta\theta$ = Temperaturspreizung [K]
 T = Speicherzeitraum [h]

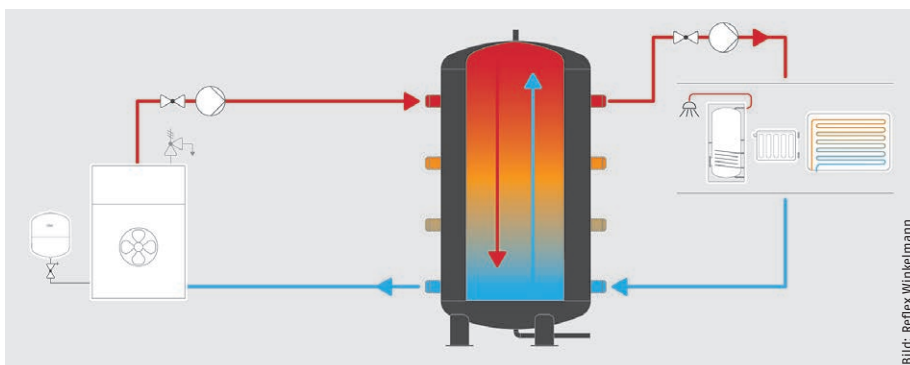
$$V = \frac{15 \text{ kW} \cdot 0,5 \text{ h}}{1,163 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}} \cdot 7 \text{ K}}$$

$$V = 0,921 \text{ m}^3$$

In diesem Beispiel beträgt die unterste Leistungsgrenze der modulierenden Luft/Wasser-Wärmepumpe 15 kW, die Mindestlaufzeit soll 30 Minuten (0,5 h) betragen. Die nutzbare Temperaturspreizung wird mit 7 K angesetzt. Ergebnis: Der Speicher sollte ein Mindestvolumen von rund 920 l aufweisen.

Kaskadierung von Wärmepumpen

Das Thema Kaskadierung von Wärmepumpen war von jeher im Bereich der



Einbindung eines Pufferspeichers als hydraulische Weiche.

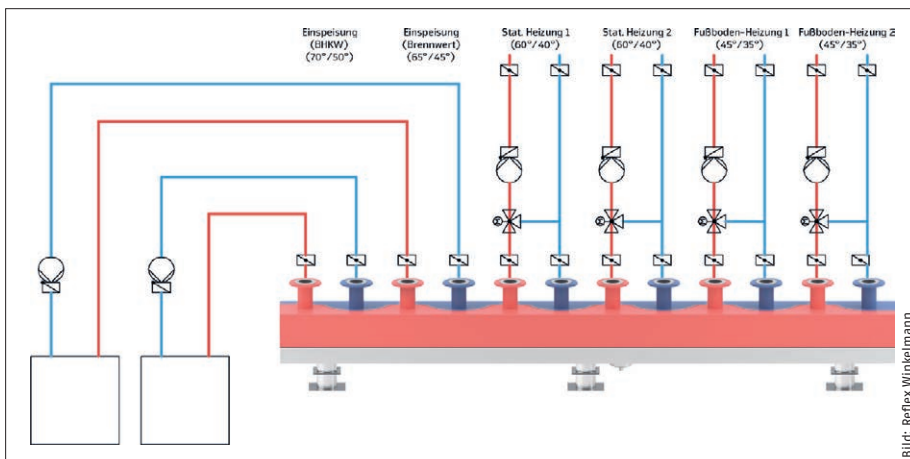
Brennwerttechnik von Bedeutung. Die Vorteile beim Einsatz mehrerer kleinerer Erzeuger im Gegensatz zu einem großen Erzeuger sprechen für sich:

- **Ausfallsicherheit:** Bei nur einem großen Wärmeerzeuger hängt die Versorgungssicherheit von diesem ab. Bei einer Kaskade stehen weitere Erzeuger als Backup zur Verfügung, um die Grundlast abzudecken.
- **Effizienterer Betrieb:** Bei einer Kaskadierung können die Erzeuger im idealen Kennfeld betrieben werden. Mögliche Effizienzverluste im Teillast- oder Minimalbetrieb kommen weniger zum Tragen. Die Erzeuger werden bedarfsgerecht dazugeschaltet.

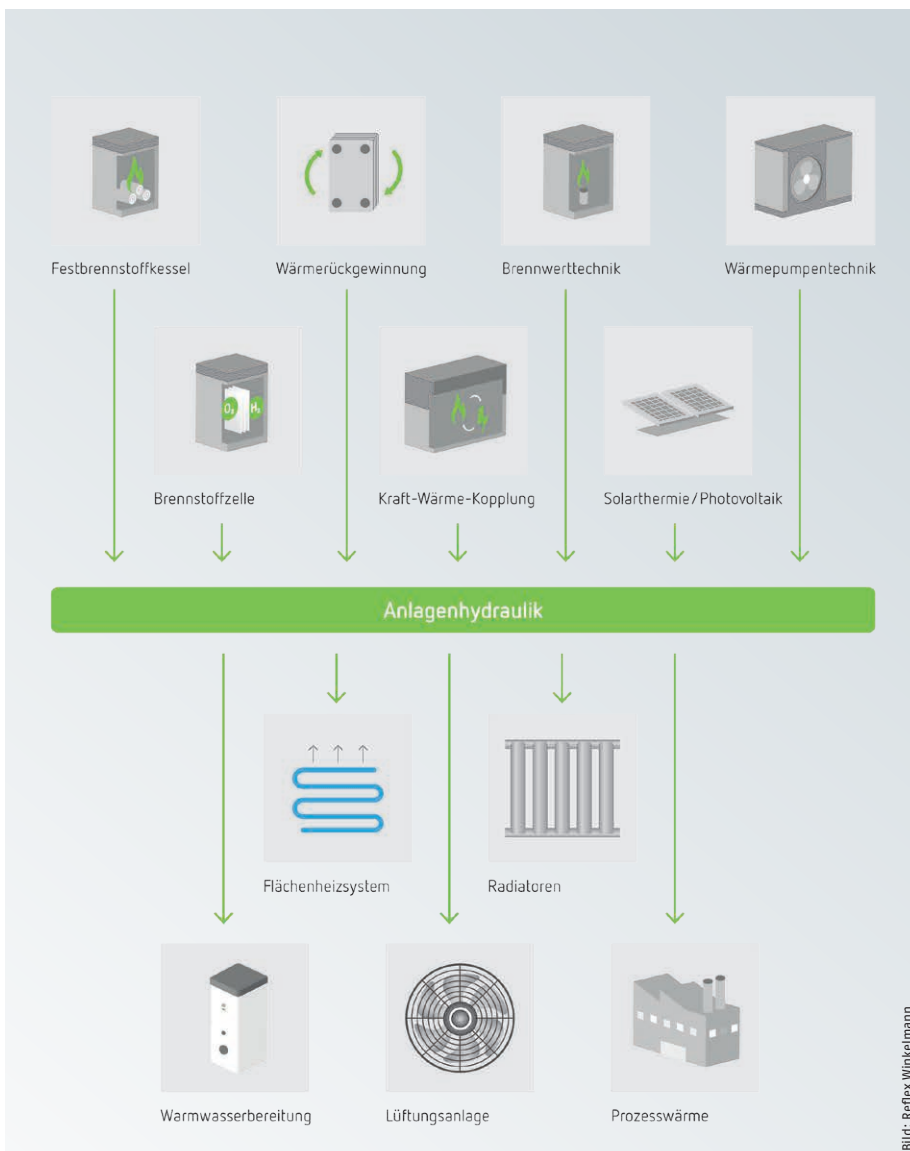
In Hinblick auf Wärmepumpenanlagen kommt insbesondere dem zweiten Punkt eine wesentliche Bedeutung zu. Über eine Kaskadierung kann dem häufigen Takten vorgebeugt und zudem der Speicher möglichst klein ausgeführt werden; bei ausreichend langen Laufzeiten. Die Wärmepumpen werden über eine intelligente Regelung bedarfsgerecht zu- und abgeschaltet. Bei einer Kaskadierung ist die korrekte hydraulische Einbindung unerlässlich. Hier ist auf eine sichere hydraulische Entkopplung zu achten. Dieses kann über den Pufferspeicher oder beispielsweise über spezielle Verteiler-Weichen Kombinationen geschehen. Diese bieten den großen Vorteil, dass die Kaskadierung direkt mit der Sekundärverteilung kombiniert wird. Durch die platzsparende Bauweise wird Raum und Material gespart. Es ist keine separate Verrohrung inklusive Dämmung erforderlich.

Mögliche Lösungsansätze für Hybridsysteme

Gerade in größeren Anlagen und der Sanierung ist davon auszugehen, dass neben klassischen monovalenten Systemen die multivalenten Systeme (Hybridsysteme) weiter an Bedeutung gewinnen. Der Vorteil eines solchen Systems liegt darin, dass bei einer durchdachten Kombination jeder Wärmeerzeuger im idealen Betriebszustand gefahren werden kann. Fachplaner und ausführende Unternehmen stehen folglich häufig vor der Heraus-



Einsatz einer Verteiler-Weichen Kombination (Typ: „SINUS HydroFixx“) zur Kaskadierung zweier Wärmepumpen. Im Verteiler ist eine hydraulische Weiche integriert.



Schematische Darstellung der hydraulischen Verbindung von unterschiedlichen Wärmeerzeugern und Verbrauchern.

forderung, eine Kombination aus unterschiedlichen Technologien in ihrer Anlagentechnik in Einklang zu bringen. Grund hierfür sind neben unterschiedlichen zeitlichen Verfügbarkeiten insbesondere unterschiedliche Systemtemperaturen. So liefert beispielsweise eine Wärmepumpe andere Vorlauftemperaturen als ein Festbrennstoffkessel. Oder ein BHKW stellt andere Anforderungen an die Rücklauftemperatur als ein moderner Brennwertkessel. Kommen dann auf der Verbraucherseite (Sekundärseite) auch unterschiedliche Technologien zusammen, so bedarf es einer genauen Planung der Anlagenhydraulik, damit die unterschiedlichen Temperaturen und Massenströme auch an passender Stelle im Netz zur Verfügung stehen.

Herausforderung der unterschiedlichen Temperaturen in Hybridsystemen

Anhand folgender Beispiele sollen zunächst die Herausforderungen in Hinblick auf die Systemtemperaturen und die zeitliche Verfügbarkeit verdeutlicht werden.

Beispiele für Wärmeerzeuger

Wärmepumpe:

- Im Normalfall niedrige Vorlauftemperaturen.
- Energie für Abtauprozess erforderlich
- Mindestlaufzeiten erforderlich

Gas-Brennwertkessel:

- Relativ hohe Vorlauftemperaturen
- In Bezug auf Rücklauftemperaturen variabel
- Um den Brennwerteffekt optimal auszunutzen zu können, sind niedrige Rücklauf-Temperaturen von Vorteil. Außerdem ist eine Leistungsmodulation relativ gut möglich, daher zeitliche Verfügbarkeit sehr flexibel

Festbrennstoffkessel:

- Relativ hohe Vorlauftemperaturen
- In Bezug auf Rücklauftemperaturen variabel, ggf. interne Kessel-Rücklaufanhebung erforderlich
- Mindestlaufzeiten (Abbrennzeiten) erforderlich

BHKW:

- Relativ hohe Vorlauftemperaturen
- In Bezug auf Rücklauftemperaturen häufig nicht kompatibel mit zu niedrigen Temperaturen
- Daher häufig in Kombination mit Rücklaufanhebung
- Verfügen über Mindestlaufzeiten

Gerade der Vergleich Brennwertkessel und Wärmepumpe – als aktuell häufig mit einander verglichene Technologien – zeigt einen Unterschied im Anforderungsprofil. Werden beispielsweise diese beiden Energiequellen in einem Hybrid-system kombiniert, bedarf es einer zwin-genden Betrachtung der im Sekundärnetz (Verbraucherkreise) benötigten Tempera-turen.

Auch auf Seite der Sekundärkreise (Verbraucher) lassen sich unterschied-liche Anforderungen an die Systemtem-peraturen in Abhängigkeit der Art erken-nen. Beispiele:

Warmwasserbereitung:

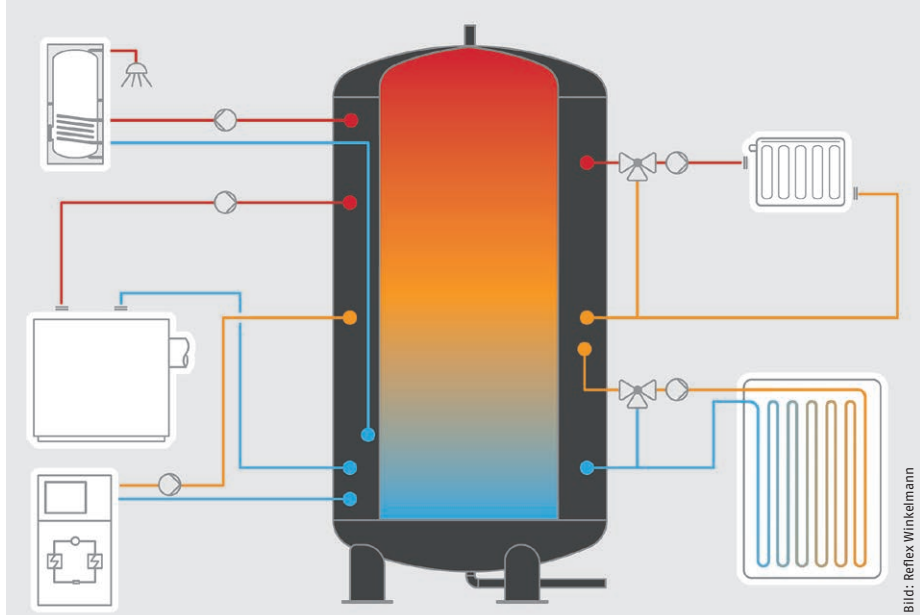
- Hohe Vorlauftemperaturen
- Niedrige Rücklauftemperaturen
- Plötzlicher Bedarf an hohen Temperaturen

Radiatoren:

- Mittlere Vorlauftemperaturen
- Niedrige Rücklauftemperaturen

Fußbodenheizung:

- Niedrige Vorlauftemperaturen
- Niedrige Rücklauftemperaturen



Temperaturzonen eines Mehrschichtenspeichers/Hydraulikzentrums.

Eine Koombination verschiedener Erzeu-ger mit dann auch unterschiedlichen Ver-brauchern führt zu der grundsätzlichen Fragestellungen, welche Form der hydrau-lischen Verbindung gewährleistet, dass die Temperaturen und Leistungen bedarfsge-recht verteilt werden. Zeitgleich müssen die Anforderungen der Erzeuger in Bezug auf Rücklauftemperaturen und Mindest-laufzeiten berücksichtigt werden. Außer-dem stehen aktuell Nachhaltigkeitsgedan-ken und Effizienz im Vordergrund, sodass bestimmte Wärmerzeuger in Form von Vorrangschaltungen priorisiert werden. Eine Wärmepumpe hat beispielsweise in der Übergangszeit Vorrang gegenüber dem kombinierten Brennwertkessel.

Möglicher Lösungsansatz:

Einsatz von Mehrschichtenspeichern als Hydraulikzentrum

Unter Berücksichtigung der Temperaturschichtung kann ein thermischer Speicher in unterschiedliche Temperaturzonen ein-

geteilt werden. (z. B. Hoch, Mittel, Niedrig). Diesen Zonen werden dann die jeweiligen Erzeuger und Verbraucher gemäß ihren Anforderungen zugewiesen.

So kann etwa eine Wärmepumpe opti-mal mit einem Gasbrennwertkessel kom-biniert werden. Die Wärmepumpe dient der Grundlastsicherung und soll die pri-märe Energiequelle sein. Der Brennwert-kessel dient der Spitzenlastabdeckung insbesondere in Bezug auf die benötigten Temperaturen. Während die Tempera-turen der Wärmepumpe ausreichen, um sowohl die Fußbodenheizung als auch ggf. den Radiatorkreis zu versorgen, wird für die Warmwasserbereitung eine höhere Temperatur benötigt. Diese hohen Tem-peraturen können über den Brennwert-kessel erreicht werden.

Zu erwähnen ist zudem die Art der Einbindung des Rücklaufes der Radia-toren. Sofern deren Rücklauftemperatur mindestens so hoch ist wie der Vorlauf der Fußbodenheizung, kann sie als zu-

sätzliche Einspeisung der Fußbodenheizung dienen. Somit werden Restenergie-mengen effizient ausgenutzt.

In dem skizzierten Beispiel (siehe Bild nächste Seite) ist der Rücklauf des Brennwertkessels unten angebunden. Für den Betrieb des Brennwertkessels hat das den Vorteil, dass dieser möglichst effizient im Brennwerteffekt gefahren werden kann. Sofern der Brennwertkessel tatsächlich ausschließlich als Spitzenlastabdeckung genutzt werden kann, ist es heutzutage jedoch auch möglich den Rücklauf in derselben Zone wie den Vorlauf der Wärmepumpe anzubinden. Hier dient der Kessel lediglich der Nacherhitzung des vorgewärmten Vorlaufwassers der Wärmepumpe. Da der Kessel nur der Nacherhitzung dient, spielt der mangelnde Brennwerteffekt nicht in die Gesamteffizienz ein. Diese Schaltung wird von vielen Wärmeerzeugherstellern und auch vom Bundesverband Wärmepumpe empfohlen.

Anstelle des Brennwertkessels ließe sich auch ein anderer Erzeuger einsetzen wie beispielsweise ein BHKW oder ein Pelletkessel.

Ein Beispiel eines solche Hydraulikzentrums ist das „SINUS MultiFlow Center“. Dieser Energiespeicher wird immer projektspezifisch durch Ingenieure des Unternehmens Sinusverteiler ausgelegt und verfügt über eine spezielle innere Konstruktion, um die Temperaturschichtung zu unterstützen. Gezielt eingesetzte Schichtungsbleche und Einströmrohre gewährleisten laminare Verhältnisse. Zudem wird die sichere Funktion als hydraulische Weiche gewährleistet. Das Center ist somit Verteiler, hydraulische Weiche und Energiespeicher in Einem.

Fazit

Die Wärmepumpe rückt immer stärker in den Fokus, um die ambitionierten Klimaziele im Bereich der Gebäudetechnik

zu erreichen. Für die wichtige Gesamteffizienz und vor allem auch die Anlagensicherheit ist die korrekte hydraulische Planung von wesentlicher Bedeutung. Eine Konzentration rein auf den Wärmeerzeuger ist nicht zielführend. Für die Gesamteffizienz muss das ganzheitliche System betrachtet werden.

Während monovalente Wärmepumpenanlagen hydraulisch ähnlich zu bewerten sind wie Kesselsysteme, unter Berücksichtigung der Frage nach einem Pufferspeicher, bedarf es speziell bei multivalenten Hybrid-systemen einer gesonderten Betrachtung. Gerade aber Hybridssysteme gewährleisten bei korrekter Planung und Auslegung einen hocheffizienten und sicheren Betrieb. Insbesondere bei Anlagen größerer Leistungen und im Sanierungsfall. ◀

Autor: Florian Füssner,
Leiter Produktmanagement & Technischer Vertrieb bei Sinusverteiler GmbH



Betriebszustände eines „SINUS MultiFlow Centers“. Funktion als hydraulische Weiche in Abhängigkeit der Lastzustände.