

## Leitfaden für Installateure und Planer

### Warmwasserbereitstellung mittels Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern

Das Institut für Energiesysteme der Hochschule für Technik Buchs, NTB bearbeitete im Jahr 2011 das BFE-Projekt Warmwasserbereitstellung mittels Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern. Es wurden dabei computergestützte Simulationen und Feldmessungen durchgeführt, um verschiedene Systeme zu beurteilen.

Detaillierte Informationen zum Projekt sind in

*Vetsch B., Gschwend A., Bertsch S., 2011, Warmwasserbereitstellung mittels Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern, BFE-Projekt Nr. SI/500574-01, Schlussbericht.*

unter

<http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/energieforschung/>

mit dem Stichwort „Warmwasserbereitstellung“ zu finden.

#### Projektpartner





Bundesamt für Energie BFE

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich EKZ

Förderverein IES

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Dokuments verantwortlich.

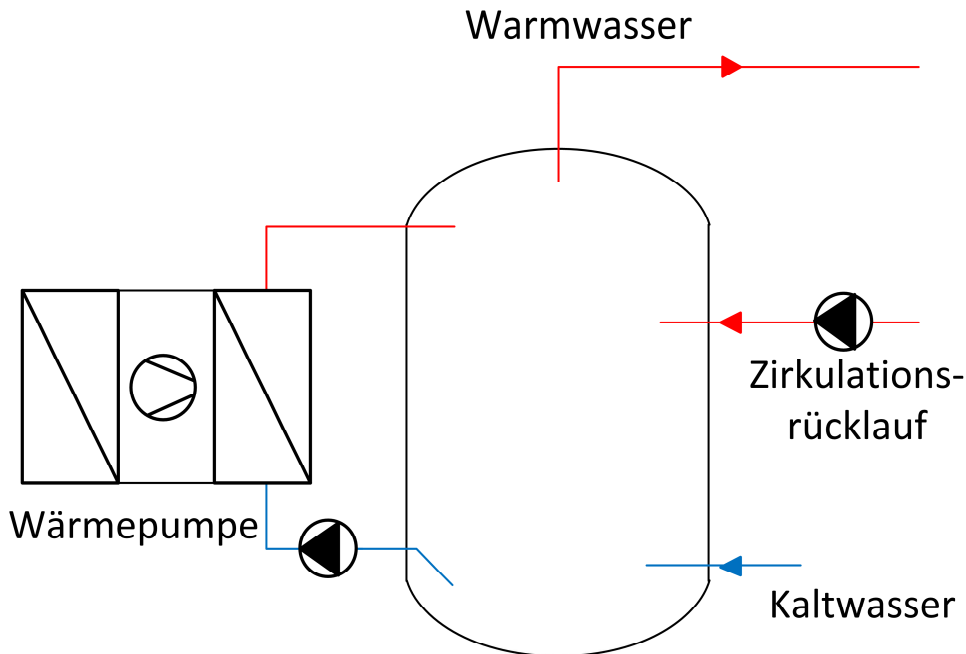
Herzlichen Dank an alle Mitwirkenden und Mitglieder der Begleitgruppe bestehend aus Planern, Installateuren und Berater der Energiebranche.

Merkmale	rel. Energieverbrauch
<u>Zirkulation</u>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- gute Arbeitszahl bei guter Planung und Ausführung.</li> <li>- Störung der Speicherschichtung möglich.</li> <li>- Auslegung und Installation sensibel.</li> </ul>	100 %
<u>Begleitheizung</u>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- relativ gute Arbeitszahl in kleinen Gebäuden.</li> <li>- hohe Dämmqualität sehr wichtig für Effizienz.</li> <li>- geringe Fehleranfälligkeit bei der Auslegung.</li> </ul>	104 %
<u>Zirkulations-Wärmepumpe</u>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- geringster Energieverbrauch unter den betrachteten Systemen.</li> <li>- keine Speicherdurchmischung möglich.</li> <li>- bei ausgedehnten Leitungsnetzen zu empfehlen.</li> </ul>	96 %
<u>Kombinierte Systeme</u>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Energieverbrauch im Vergleich zu den anderen Systemen.</li> <li>- für Wärmepumpen ungeeignet.</li> </ul>	141...213 %



Zirkulation

Warmes Wasser aus dem Speicherkopf zirkuliert kontinuierlich durch das gesamte Verteilnetz und erreicht jeden Wohnungsanschluss, bevor es in einer separaten Zirkulationsleitung in den Speicher rückgeführt wird.



- Warmhalteverlust durch die Wärmepumpe gedeckt.
- Kein stagnierendes Wasser im System.
- Gute Effizienz bei sorgfältiger Auslegung und Installation.

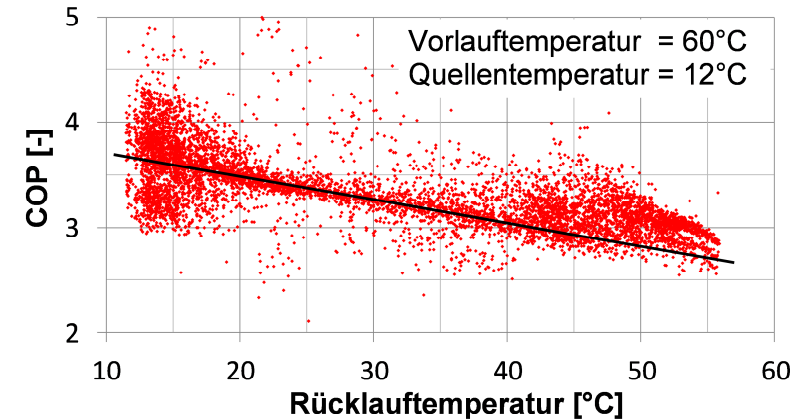


- Erhöhte Fehleranfälligkeit bei der Auslegung. (Im Feld wurde zum Teil ein massiver Mehrverbrauch festgestellt.)
- Doppelte Größe des Leitungsnetzes durch die Rücklaufleitung.
- Störung der Speicherschichtung möglich – Effizienzeinbuße.
- Auslegung des Zirkulationsvolumenstroms sensibel.



Störung der Speicherschichtung möglichst gering halten

- Durchmischung führt zu häufigeren Nachladungen.
- Rücklauftemperatur zum Kondensator der Wärmepumpe bei gemischtem Speicher erhöht – Minderung des COP.



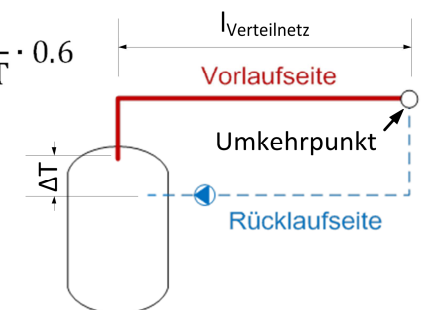
Werte aus Feldmessung: COP nimmt bei steigender Rücklauftemperatur ab.



- Strömungsdämpfende Einbauten verwenden.
- Regulierventile auf den geplanten Wert einstellen.
- Zirkulationsvolumenstrom nach Suissetec-Formel berechnen und mit Faktor 0.6 multiplizieren.



$$\dot{V}_{\text{Zirk}} = \frac{\dot{q}_{\text{Verlust}} \cdot l_{\text{Verteilnetz}}}{\rho_{\text{Wasser}} \cdot c_{p\text{Wasser}} \cdot \Delta T} \cdot 0.6$$



Spreizung  $\Delta T$  von 10 K ist durchaus zulässig und energetisch vorteilhaft.

$\dot{V}_{\text{Zirkulation}}$

Zirkulationsvolumenstrom  $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$   
Spreizung im Zirkulationskreis [K]

$l_{\text{Verteilnetz}}$

Rohrlänge vom Speicher bis zum äussersten Umkehrpunkt [m]

$\rho_{\text{Wasser}}$

Dichte von Wasser  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

$c_{p\text{Wasser}}$

spez. Wärmekapazität von Wasser  $\left[\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\right]$

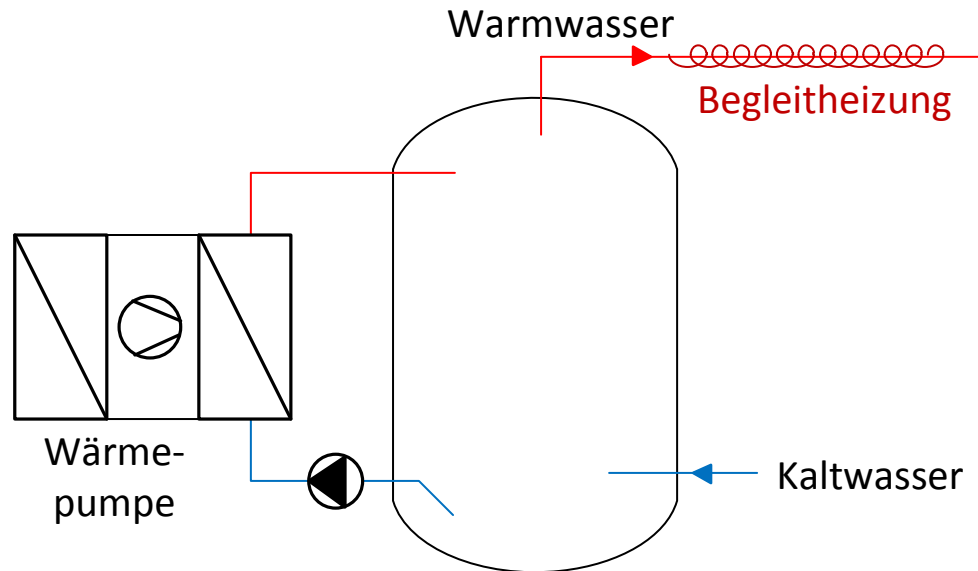
$\dot{q}_{\text{Verlust}}$

mittlerer Wärmeverlust von Vor- und Rücklaufleitung nach Suissetec  $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}}\right]$



### Elektrische Begleitheizung

Im Verteilnetz ist keine rückführende Zirkulationsleitung vorhanden. Stattdessen sind selbstregulierende, elektrische Heizbänder an allen Warmwasserleitungen angebracht, welche das stagnierende Wasser warm halten.



- Geringe Fehleranfälligkeit bei der Auslegung.
- Keine Störung der Speicherschichtung.
- Relativ geringe Gestehungs- und Installationskosten.

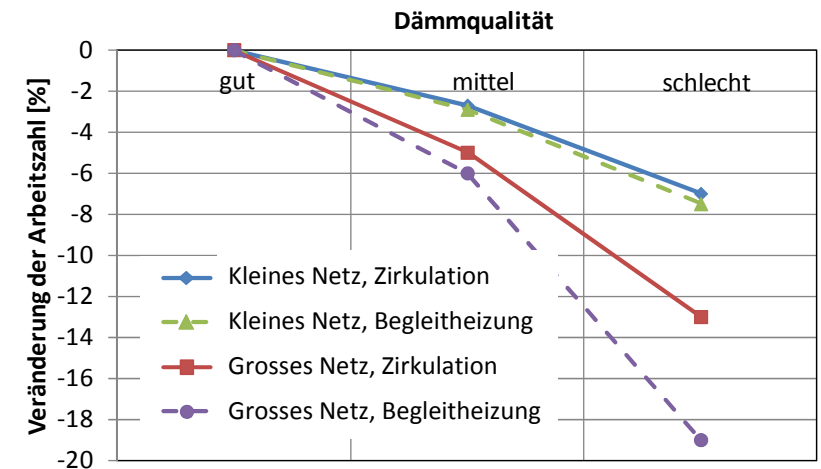


- Direkt-elektrischer Energieeinsatz.
- Erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Dämmqualität.
- Erhöhte Empfindlichkeit gegenüber grossen Leitungsnetzen.
- Ersatz des Heizbands bei einem Defekt schwierig (Zugänglichkeit meist nicht mehr gegeben).



### Energieaufnahme des Heizbands so klein wie möglich halten

- Die elektrische Energieaufnahme der Begleitheizung hat prominenten Einfluss auf die Systemeffizienz.
- Lückenlos dämmen.
- Möglichst grosse Dämmstärken wählen.
- Heizband immer unter der Isolation verlegen.



Einfluss der Dämmqualität auf die Arbeitszahl – Vergleich zwischen Zirkulation und Begleitheizung.



- Elektrische Begleitheizung bevorzugt in kleinen Gebäuden einsetzen.
- Warmwasseraustrittstemperatur muss über der Warmhaltetemperatur des Heizbands liegen, um elektrische Nachheizung zu verhindern.

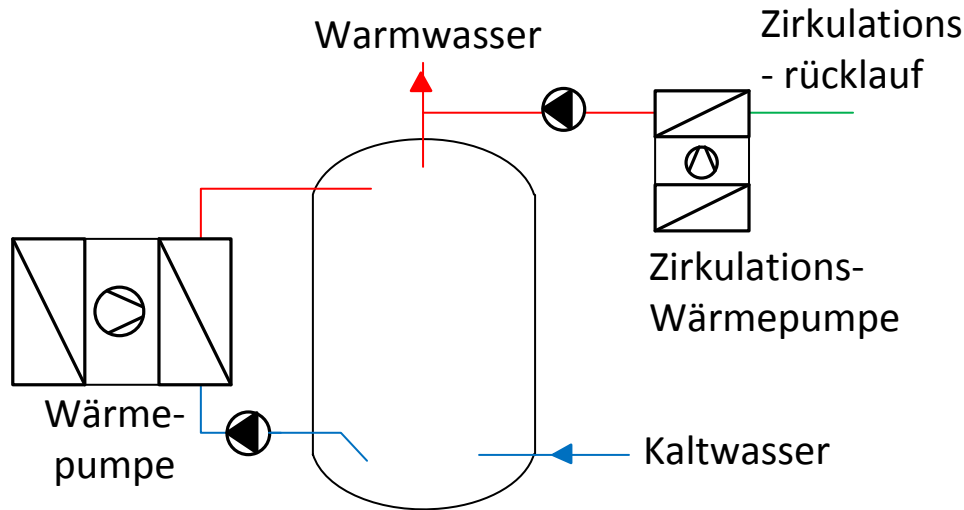


Das System mit elektrischer Begleitheizung arbeitet bei fachgerechter Installation in kleinen Gebäuden «nur» etwa 4 % weniger effizient als ein System mit gut ausgelegter und installierter Zirkulation.



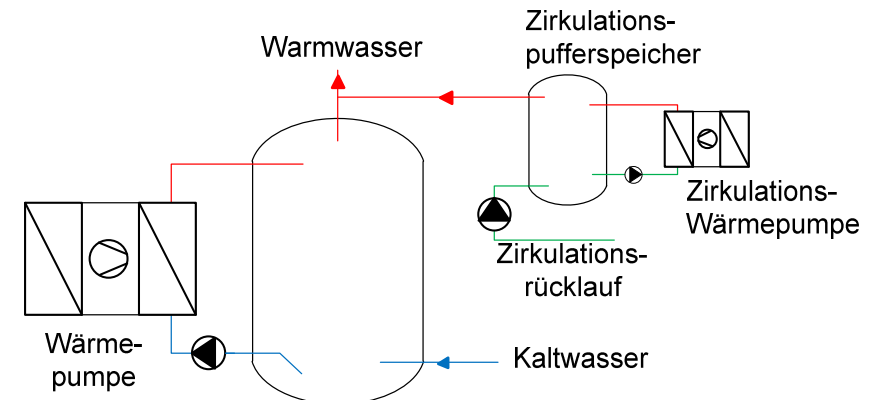
Zirkulationswärmepumpe

Der Zirkulationsrücklauf wird bei diesem System nicht in den Speicher geleitet, sondern durchströmt eine leistungsvariable Zirkulationswärmepumpe. Diese erwärmt das abgekühlte Brauchwarmwasser aus dem Verteilnetz, um es danach erneut der Vorlaufleitung zuzuführen.



Alternative Variante

Zirkulationswärmepumpe mit konstanter Leistung und Zirkulationspufferspeicher (z. B. Wärmepumpenboiler).



Systemvariante mit Zirkulationswärmepumpe mit konstanter Leistung.



Bei Anlagen mit ausgedehntem Leitungsnetz ist der Einsatz einer Zirkulationswärmepumpe zu empfehlen. Dies führt zu einer energetisch optimalen Lösung, bei der im Feld wenige Probleme in der Installation zu erwarten sind. Das System ist tolerant gegenüber Reglereinstellungen.



- Höchste Gesamteffizienz unter den untersuchten Systemen.
- Speicherdurchmischung wird umgangen.
- Warmhalteverluste werden durch die Zirkulationswärmepumpe effizient gedeckt.



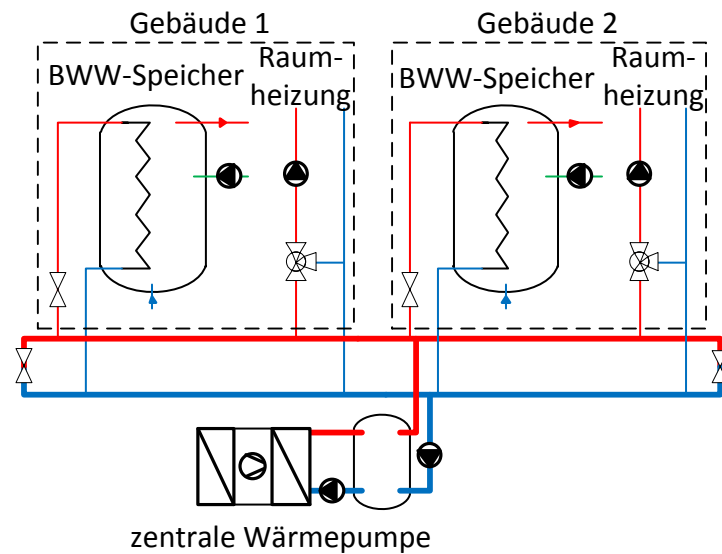
- Quelle für die Zirkulationswärmepumpe muss erschlossen werden.
- Dezidierte Zirkulationswärmepumpe nicht am Markt erhältlich.
- Relativ hohe Investitionskosten.



**Kombiniertes System: Speicherladung über das Nahwärmenetz**

Eine zentrale Wärmepumpe liefert die Energie für die Raumheizung der Gebäude über ein Nahwärmenetz. Bei Anforderung erfolgt eine Ladung der in den Gebäuden befindlichen BWW-Speichern. Diese Ladung erfolgt durch ein Hochfahren der Temperatur im gesamten Nahwärmenetz, um so das Brauchwarmwasser über die innenliegenden Wärmetauscher der BWW-Speicher zu erwärmen.

- Variante 1: Die Raumheizung parallel zur Speicherladung betrieben.
- Variante 2: Die Raumheizung wird über die Ladedauer nicht mit Energie versorgt (bessere Effizienz).



- Variante 1 verbraucht 2-mal so viel Energie wie ein System mit separater Wärmepumpe und Zirkulation.
- Variante 2 verbraucht ca. 40 % mehr Energie als ein System mit separater Wärmepumpe und Zirkulation.
- Variante 2 verlangt eine signifikante Überdimensionierung der Wärmepumpe.



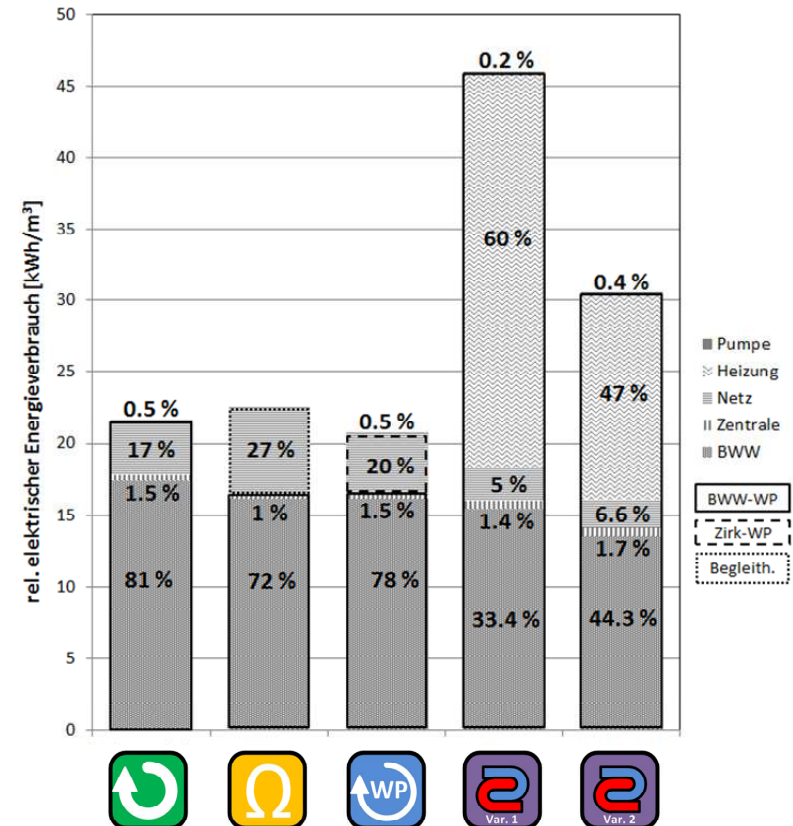
**Das kombinierte System ist für Wärmepumpen ungeeignet**  
Die Effizienz einer Wärmepumpe ist stark abhängig vom bereitzustellenden Temperaturniveau. Die Heizwärme wird während einer Brauchwarmwasserladung mit einem entsprechend schlechten COP geliefert. Der elektrische Mehraufwand ist dem Brauchwarmwassersystem zuzuschreiben.



Wärmeversorgungen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus sollten jeweils mit separaten Systemen beliefert werden.



**Systemvergleich**



Elektrischer Energieverbrauch der untersuchten Systeme zur Bereitstellung von 1 m³ Brauchwarmwasser inklusive Aufteilung