



# Wärmepumpe in Verbindung mit Solarthermie

## Einleitung

Der Wärmemarkt als größter Energieverbraucher kann durch den Einsatz innovativer und effizienter Heiztechnik maßgeblich zur notwendigen Einsparung von Energie und CO<sub>2</sub> beitragen. Allein in Deutschland sind derzeit noch über 15 Millionen Heizungsanlagen im Einsatz, die nicht dem Stand der Technik entsprechen. Durch Modernisierung dieser Anlagen könnte – bei relativ geringem Investitionsaufwand – ein erhebliches Potenzial zur Ressourcenschonung und CO<sub>2</sub>-Reduzierung erschlossen werden.

Bei einer solchen Modernisierung ist die Auswahl eines neuen Wärmeerzeugers abhängig vom vorhandenen Heizsystem. Bei niedrigen Systemtemperaturen haben sich Wärmepumpensysteme als besonders energieeffizient etabliert. Wärmepumpen nutzen zur Erzeugung der erforderlichen Jahresheizwärme bis zu 75 Prozent Umweltwärme aus der Umgebungsluft, dem Erdreich oder dem Grundwasser. Lediglich ein kleiner Teil der erforderlichen Heizwärme wird durch elektrische Antriebsenergie aus zunehmend regenerativ erzeugtem Strom bereitgestellt.

Je geringer der Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle (also der Umweltenergie) und der Vorlauftemperatur des Heizsystems, desto weniger elektrische Antriebsenergie wird benötigt. Eine Reduzierung dieser Differenz um 1 Kelvin verbessert die Leistungszahl der Wärmepumpe um etwa 2,5 Prozent. Das bedeutet umgekehrt auch, dass Wärmepumpenanlagen bei hohen Vorlauftemperaturen, z. B. während der Trinkwassererwärmung, mit geringerer Effizienz arbeiten.

Eine Solaranlage kann etwa 60 Prozent des Jahresenergieverbrauchs für die Trinkwassererwärmung decken – bei solarer Heizungsunterstützung bis zu 30 Prozent des Jahresenergieverbrauchs für die gesamte Wärmeversorgung. Abhängig von der Sonneneinstrahlung können Solaranlagen auch hohe Temperaturen bereitstellen.

Durch Kombination dieser beiden umweltschonenden Systeme – also Wärmepumpe und Solaranlage – kann die hohe Effizienz der Einzelsysteme noch erhöht werden. In der Tat wird die Kopplung von Solarthermie und Wärmepumpe bereits seit Beginn der 80er-Jahre mit unterschiedlichen Systemen praktiziert. In diesem Informationsblatt werden diese Systeme vorgestellt.

Ausgehend von der Wärmepumpe unterscheidet man im Wesentlichen zwei grundlegende Ansätze bei der Kopplung beider Systeme:

1. Einbindung der Solaranlage in den Sekundärkreis (Wärmesenke) der Wärmepumpe
2. Einbindung der Solaranlage in den Primärkreis (Wärmequelle) der Wärmepumpe

## 1. Einbindung der Solaranlage in den Sekundärkreis der Wärmepumpe

### 1.1 Einbindung der Solaranlage in die Trinkwassererwärmung

Bei der Trinkwassererwärmung sind seitens der Wärmepumpe hohe Vorlauftemperaturen gefordert – hohe Vorlauftemperaturen aber verschlechtern die Energiebilanz des Systems. Aus diesem Grund ist die Einbindung einer Solaranlage für die Trinkwassererwärmung gerade bei Sole/Wasser-Wärmepumpen sinnvoll.

Bei Luft/Wasser-Wärmepumpen steigt in den Sommermonaten mit zunehmender Außentemperatur zwar die Effizienz – die Kombination mit einer Solaranlage ist dennoch sinnvoll, da dadurch die für die Wärmepumpe erforderliche Antriebsenergie vermieden wird.

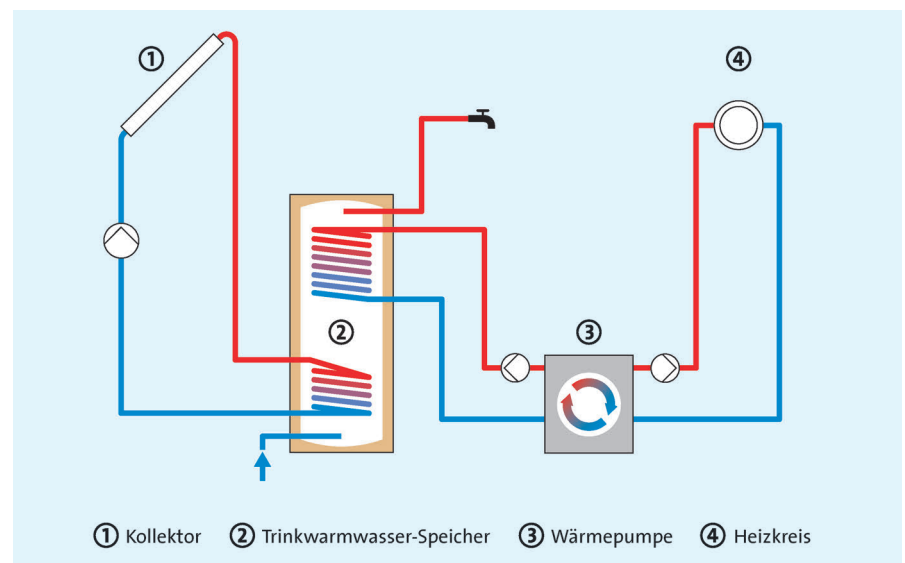


Bild 1: Wärmepumpe und Solaranlage mit bivalentem Speicher

Bei der Integration einer Solaranlage in die Trinkwassererwärmung eines Wärmepumpensystems ist die Größe der vorhandenen Wärmetauscher im Speicher zu beachten. Der Solarwärmetauscher muss mit der installierten Kollektorfläche abgestimmt sein; für die Wärmepumpe muss sowohl eine ausreichende Nennweite als auch eine Tauscherfläche von mindestens  $0,25 \text{ m}^2$  je kW Wärmepumpenleistung zur Verfügung stehen.

Sollen hohe Leistungsspitzen bedient oder große Wärmepumpen eingesetzt werden, ist der Einsatz von Ladespeichern mit externen Wärmetauschern sinnvoll. Externe Wärmetauscher bieten den Vorteil, dass die Wärmetauscherfläche beliebig groß gewählt werden kann. Somit können große Warmwassermengen in kurzer Zeit bereitgestellt werden.

Für den Wärmepumpenbetrieb müssen die Ladespeicher mit speziellen Einströmvorrichtungen versehen werden. Der Einsatz einer Einströmvorrichtung vermindert die Eintrittsgeschwindigkeit des erwärmten Wassers, sodass die Temperaturschichtung im Speicher erhalten bleibt. Dies ist notwendig, da Wärmepumpen aufgrund der geringen Spreizung über den Verdampfer nur kleine Temperaturhübe ermöglichen.

An einen integrierten Wärmetauscher im Ladespeicher kann eine Solaranlage angeschlossen werden (siehe Bild 2).

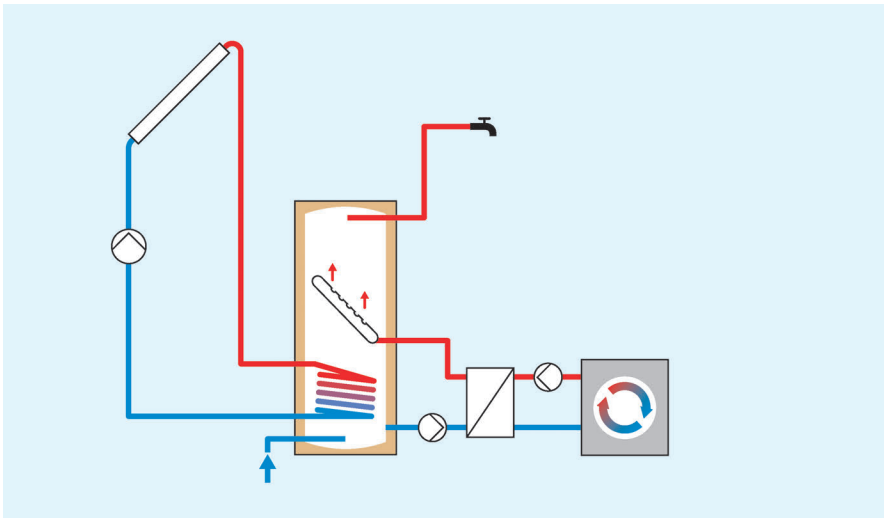


Bild 2: Wärmepumpe mit Ladespeicher und externem Wärmetauscher

Für die reine Trinkwassererwärmung mittels Wärmepumpen sind Warmwasser-Wärmepumpen geeignet. Auch hier können thermische Solaranlagen über integrierte Wärmetauscher eingebunden werden (siehe Bild 3).

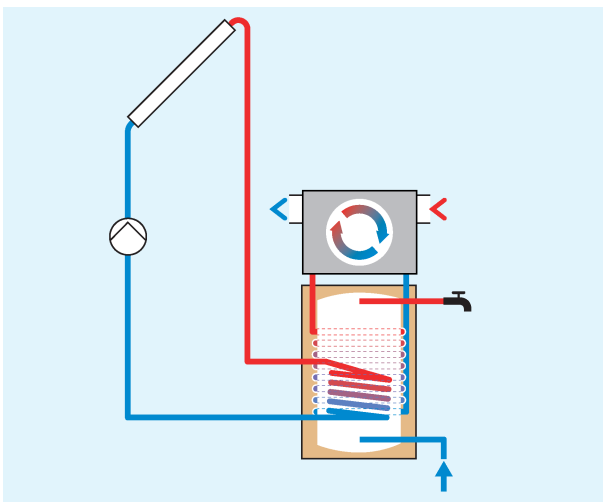


Bild 3: Solaranlage und Warmwasser-Wärmepumpe

Bei der Kombination einer Wärmepumpe mit einer Solaranlage für die Trinkwassererwärmung können neben Trinkwarmwasserspeichern auch Pufferspeicher mit Heizungswasser eingesetzt werden. Die Trinkwassererwärmung erfolgt dann bedarfsgerecht entweder durch im Speicher installierte Edelstahlwellrohre oder extern über ein Plattenwärmetauschersystem (Frischwassersystem). Im Pufferspeicher wird das Heizungswasser direkt durch die Wärmepumpe erwärmt und die Solaranlage über einen integrierten Rohrwendelwärmetauscher eingebunden. Auf diese Weise werden zwar nur geringe Trinkwarmwassermengen bevorratet, aber große Trinkwarmwasserleistungen erzielt.

## 1.2 Einbindung der Solaranlage in den Pufferspeicher zur Heizungsunterstützung

Eine Solaranlage sowohl für Heizung als auch für Trinkwassererwärmung in ein Wärmepumpensystem zu integrieren, ist besonders sinnvoll, da Wärmepumpensysteme in der Regel mit niedrigen Vorlauftemperaturen geplant werden. Eine Solaranlage kann hier in hohem Maße zur Heizungsunterstützung beitragen.

Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, bieten Kombispeicher (Heizungspufferspeicher und Trinkwassererwärmer in einem Behälter). Diese haben den Vorteil, relativ wenig Platz zu beanspruchen.

Bei Kombispeichern unterscheidet man im Wesentlichen zwei verschiedene Ansätze:

- Tank-in-Tank-Systeme
- Kombispeicher mit integriertem Durchlaufprinzip

Die Zieltemperaturen in Kombispeichern müssen höher sein als in Trinkwarmwasserspeichern. Insbesondere Speicher mit integriertem Innentank eignen sich in der Regel nur für einen sehr kleinen Warmwasserbedarf, da die Nachladung über die vergleichsweise kleine Oberfläche des Innentanks als Wärmetauscher erfolgt (siehe Bild 4). Die erzielbaren Warmwasserleistungen durch Wärmepumpen sind wegen der geringen Vorlauftemperaturen generell sehr gering.

Die Solaranlage wird an den integrierten Wärmetauscher im Kombispeicher angeschlossen. Die gesamte durch die Solaranlage erzeugte Energiemenge wird – je nach Temperaturniveau – durch Schichtung oder interne Aufteilung des Behälters (z. B. durch Trennbleche) entweder der Heizung oder der Trinkwassererwärmung zur Verfügung gestellt.

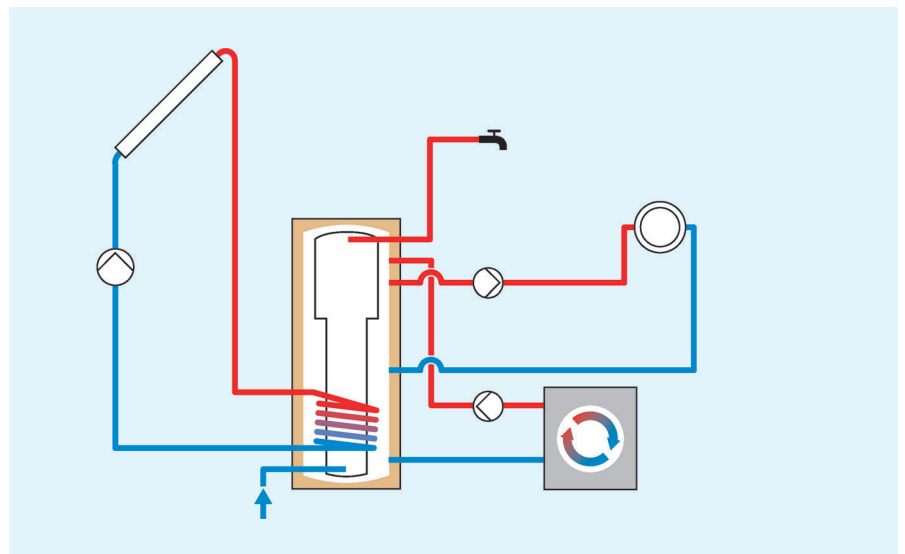


Bild 4: Wärmepumpe und Solaranlage mit Tank-in-Tank-Speicher

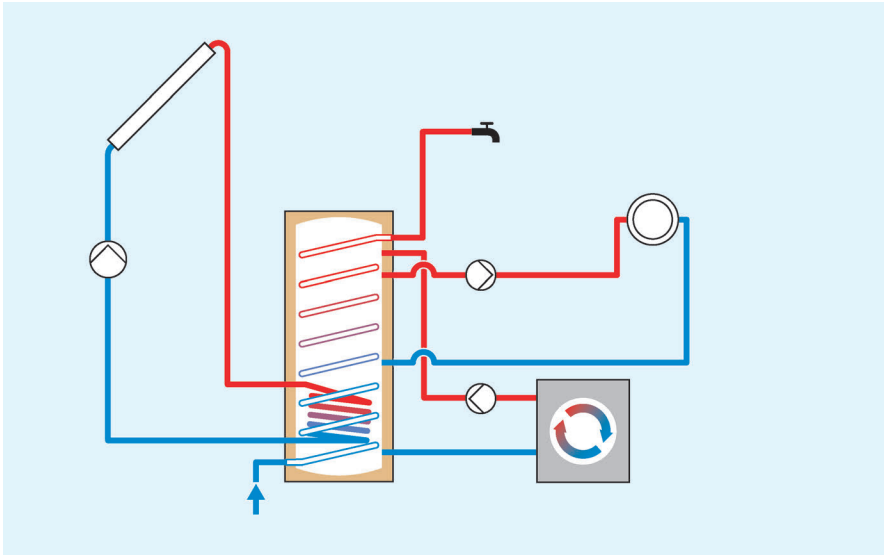


Bild 5: Wärmepumpe und Solaranlage mit Kombispeicher im Durchlaufprinzip

Bei Kombispeichern mit integriertem Durchlaufprinzip (siehe Bild 5) kann zur Leistungserhöhung bei der Trinkwassererwärmung ein Booster-Wärmetauscher mit zusätzlicher Pumpe eingesetzt werden (siehe Bild 6).

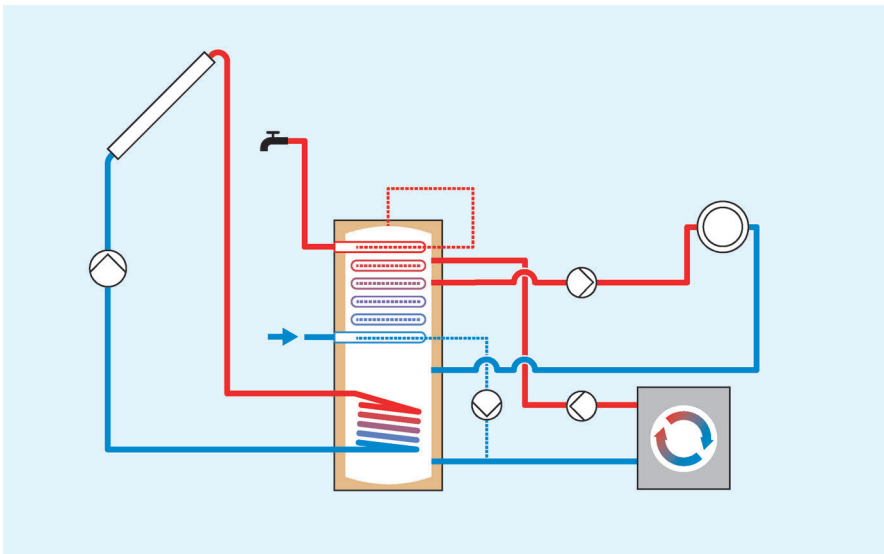


Bild 6: Wärmepumpe und Solaranlage mit Kombispeicher im Durchlaufprinzip und Boosterfunktion

Neben den Kombispeicherlösungen können auch Einzelspeicherlösungen eingesetzt werden. Hier werden dann ein Heizungspufferspeicher und ein bivalenter Trinkwarmwasserspeicher verwendet.

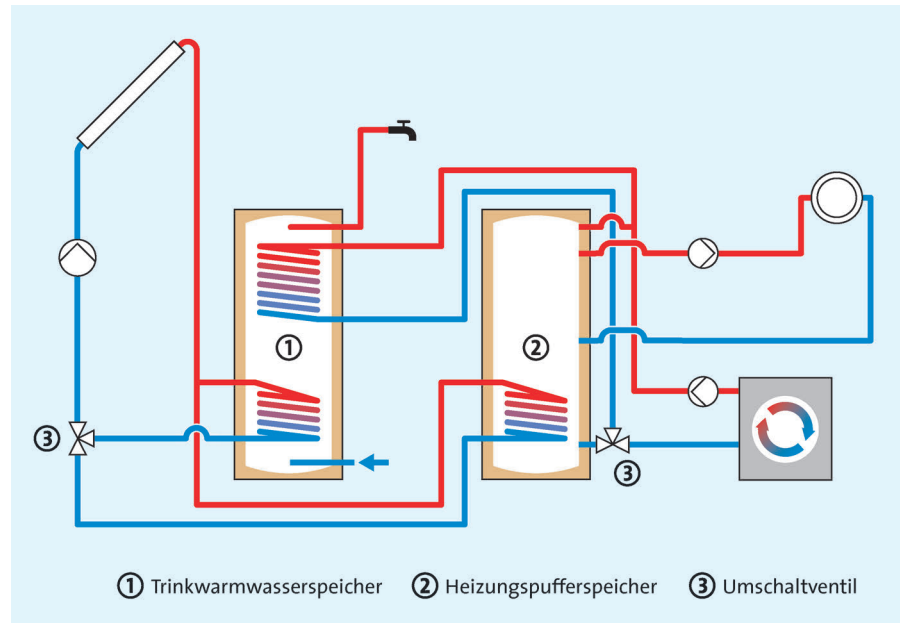


Bild 7: Wärmepumpe und Solaranlage mit zwei Einzelspeichern

#### HINWEIS ZUR REGELUNG

Um die Gesamteffizienz einer Kombination von Wärmepumpe und thermischer Solaranlage zu steigern, ist eine abgestimmte Regelung sinnvoll. So sollte die Kommunikation zwischen Solaranlage und Wärmepumpe sichergestellt werden, um z. B. den Wärmepumpenbetrieb unterbrechen oder verzögern zu können. Ebenso kann es sinnvoll sein, Regeln zum Vorrang der jeweiligen Wärmeerzeuger aufzustellen.

## 2. Einbindung der Solaranlage in den Primärkreis der Wärmepumpe

Die Einbindung von Solaranlagen in den Primärkreis von Wärmepumpenanlagen steigert sowohl den solaren Ertrag von thermischen Solaranlagen als auch die Effizienz von Wärmepumpensystemen: Die zur Verfügung stehende solare Energie kann im Vergleich zu reiner Trinkwassererwärmung bzw. Heizungsunterstützung wesentlich länger genutzt werden, da das Temperaturniveau des Primärkreises niedriger ist.

Der Markt bietet Systeme zur primären Einkopplung von Solarwärme sowohl für Luft/Wasser-Wärmepumpen als auch für Sole/Wasser-Wärmepumpen. Während bei Luft/Wasser-Wärmepumpen die direkte Einspeisung der Solarwärme über den Verdampfer-Wärmetauscher in der Wärmepumpe erfolgt, dient die thermische Solareinbindung bei Sole/Wasser-Wärmepumpen der Temperaturerhöhung des Solemediums.

Die direkte Einkopplung in den Primärkreis einer Luft/Wasser-Wärmepumpe kann während des Betriebes der Wärmepumpe die Verdampfertemperatur erhöhen und somit zur Verbesserung der Arbeitszahl beitragen. Bei Sole/Wasser-Wärmepumpen wird eine Steigerung der Arbeitszahl durch die Temperaturerhöhung der Sole erzielt.



Bei dieser kombinierten Nutzung der Solaranlage für Trinkwassererwärmung, Heizungsunterstützung und Einbindung in den Primärkreis ist eine geeignete Regelstrategie erforderlich, die den solaren Ertrag je nach Temperaturniveau der jeweiligen Nutzung zur Verfügung stellt. Die Regelung muss zudem sicherstellen, dass die für die Wärmepumpe maximal zulässige Primärtemperatur nicht überschritten wird.

Für die solare Einkopplung werden sowohl unverglaste Absorber als auch verglaste Kollektoren verwendet.

## Absorberanlagen

Ein Absorber ist grundsätzlich eine möglichst reflexionsfreie Fläche, die eingestrahlte Lichtenergie in Wärmeenergie umwandelt. Dieses Prinzip ist bei allen Systemen zur thermischen Nutzung von Solarenergie gleich.

Die hier angesprochenen Absorberanlagen nehmen die Solarstrahlung und zusätzlich die Umgebungstemperatur auf und geben sie an einen Wärmeträger ab. Sie sind jedoch nur für niedrige Temperaturen geeignet, da sie weder durch eine Dämmung noch durch eine Glasabdeckung gegen Wärmeverluste geschützt sind.

Absorberdächer wurden bereits in den 80er-Jahren als alleinige Primärquelle für Wärmepumpen eingesetzt. Durch Vereisung der Oberflächen bei Temperaturen unter 3 °C Außentemperatur gewinnen diese jedoch nur wenig Wärme. Ein monovalenter Betrieb (d. h. ohne einen zweiten Wärmeerzeuger) ist mit diesen Systemen daher nicht möglich.

Unverglaste Absorberanlagen erreichen im Sommer nur zeitweise Temperaturen bis zu 60 °C und können daher allein nicht für die Trinkwassererwärmung verwendet werden. Sie sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich:

Dachabsorber sind Bestandteil der Dachdeckung und werden von einem Wärmeträgermedium (in diesem Fall in der Regel die Sole der Wärmepumpe) durchströmt.

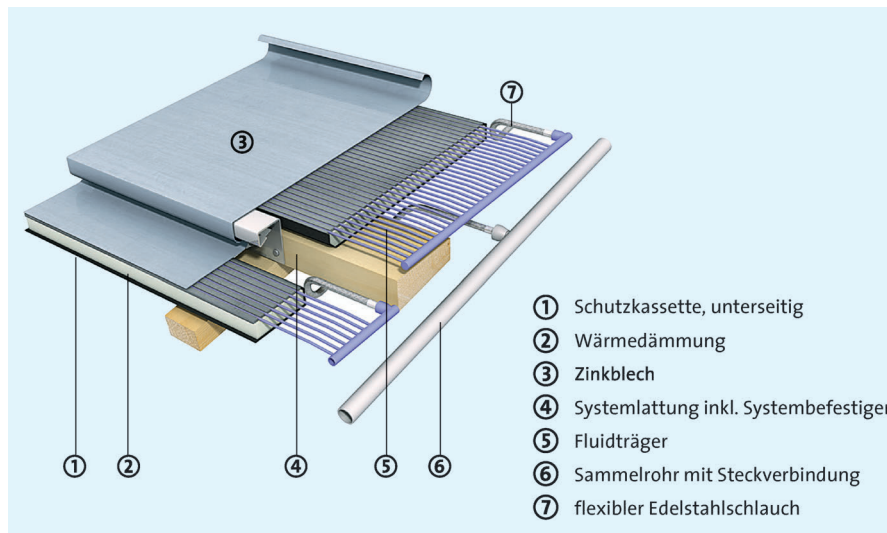


Bild 8: Dachabsorber aus Zinkblech, Quelle: RHEINZINK

Matten- oder RohrabSORBER bestehen meist aus schwarzem Kunststoff und werden auf Dächern oder im Freien installiert.



Bild 9: Matten- oder RohrabSORBER aus Kunststoff

Zur Einbindung einer Absorberanlage in Heizsysteme mit Sole/Wasser-Wärmepumpe hat sich ein separater Solespeicher bewährt.

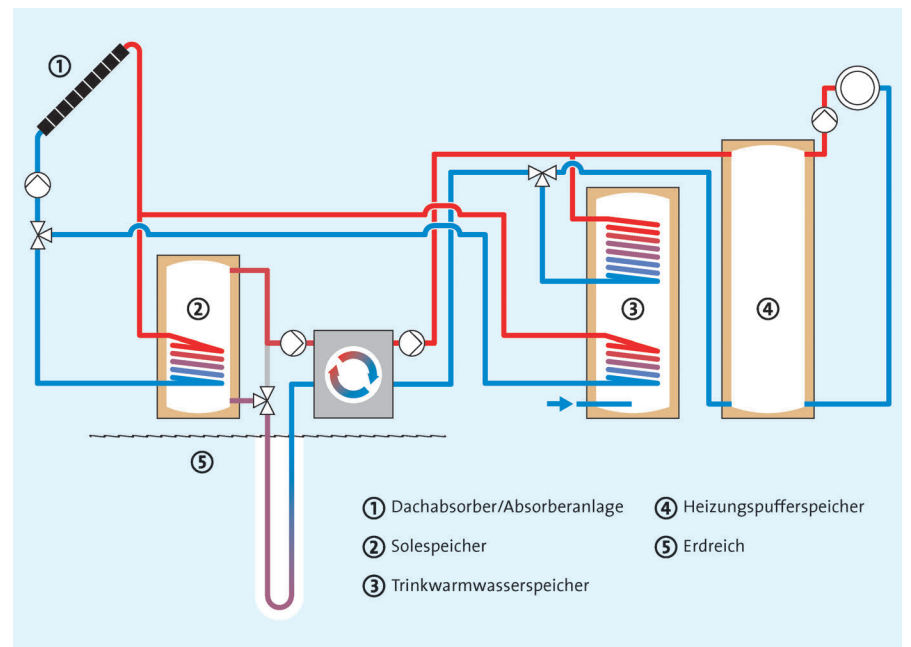
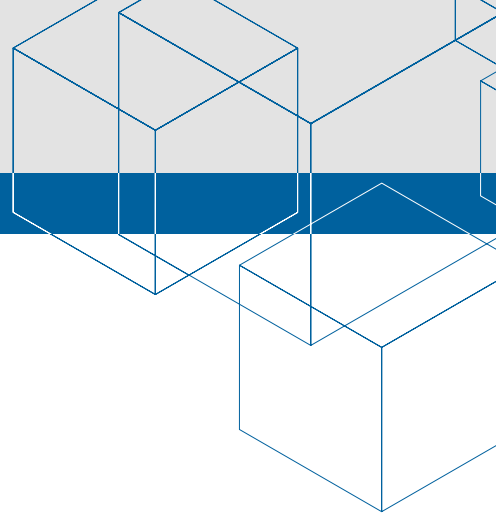


Bild 10: SystemeInbindung vom Dachabsorber oder von Absorberanlagen





## Solarkollektoren

Unter Solarkollektoren versteht man verglaste und wärmedämmte Absorber, die in der Regel aus Metall bestehen. Diese Kollektoren können durch die Umwandlung solarer Strahlung deutlich höhere Temperaturen erbringen als unverglaste Absorber, da Verglasung und Dämmung den Absorber vor einer Wärmeabgabe über die Oberfläche schützen. Kollektoren sind daher sehr gut geeignet für Kombinationen von Trinkwassererwärmung, Heizungsunterstützung und Einspeisung in den Primärkreis von Wärmepumpenanlagen.

### *2.1 Solare Einkopplung bei Luft/Wasser-Wärmepumpen*

Solarenergie wird vorrangig zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung genutzt. Steht darüber hinaus weitere Energie zur Verfügung, wird der Verdampfer-Wärmetauscher der Wärmepumpe von der Solarflüssigkeit durchströmt. Durch diesen Vorgang erhöht sich zum Zeitpunkt der Einspeisung die Arbeitszahl der Wärmepumpe. Die Auslegung der Kollektoren richtet sich bei diesem System nach der erforderlichen Kollektorfläche für die Heizungsunterstützung.

### *2.2 Solare Einkopplung bei Sole/Wasser-Wärmepumpen*

Sole/Wasser-Wärmepumpen verwenden meist Erdwärmesonden oder Erdkollektoren als Wärmequellen. Auch hier wird die Solarenergie vorrangig zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung genutzt. Die darüberhinaus zur Verfügung stehende Energie aus der Solaranlage wird genutzt, um bei Betrieb der Wärmepumpe die Sole im Primärkreis zu erwärmen. Dies verbessert die Arbeitszahl zum Zeitpunkt der Einspeisung. Ist die Wärmepumpe dagegen außer Betrieb, wird die überschüssige solare Energie in den Erdkollektor oder die Sonde eingespeist – sie erwärmt dann das umgebende Erdreich. Diese solare Energie wird in das Erdreich eingespeist, kann aber nur bedingt länger gespeichert werden. Hierbei kommt es entscheidend auf die geologischen Beschaffenheiten am Standort an. Bei wasserführenden Schichten zum Beispiel ist ein Verbleib der solaren Energie am Einspeisepunkt nicht zu erreichen.

## Erdkollektorsystem

Die Größe des Erdkollektorsystems richtet sich nach der erforderlichen Kälteleistung der Wärmepumpe, dem Kollektortyp und dem möglichen solaren Eintrag in das System. Die Solarkollektorfläche wird entsprechend der Heizungsunterstützung des Systems dimensioniert. Ziel des gesamten Systems ist die Verbesserung der effektiven Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe. Erdkollektorsysteme können als Erdregistersysteme mit mehreren Rohrebenen übereinander verlegt werden, um die Regeneration des Erdreiches zu beschleunigen und hohe Entzugsleistungen für die Wärmepumpe zu erreichen (siehe Bild 11).

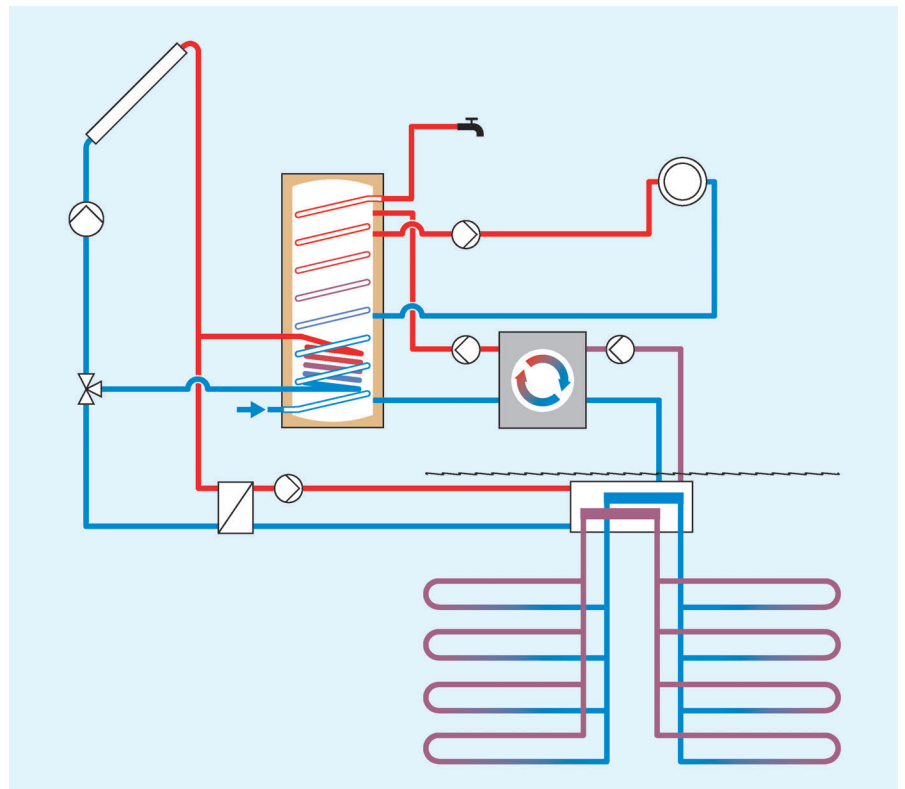


Bild 11: Solare Einkopplung bei Erdregistersystemen

### Erdsondensystem

Durch die eingespeiste Solarenergie werden Erdwärmesonden schneller regeneriert und die Sondenlänge kann eventuell reduziert werden. Dieses setzt jedoch eine Computersimulation der Sondenanlage voraus. Hierbei werden die Temperaturverhältnisse des Sondenfeldes im Erdreich langfristig simuliert – unter Berücksichtigung der durch die Wärmepumpe entzogenen Energiemengen und der zugeführten Energie durch die Solaranlage.

#### HINWEIS

Die direkte Erwärmung des Solekreislaufes führt im Kollektor zu vergleichsweise niedrigen Betriebstemperaturen – die Abtrocknung von Kondensat bei Flachkollektoren im Betrieb ist daher unter Umständen erschwert. Da sich nicht jeder Kollektortyp gleichermaßen eignet, ist es sinnvoll, beim Kollektorhersteller zu erfragen, ob Maßnahmen erforderlich sind, um den notwendigen Luftwechsel im Kollektor sicherzustellen.



### 2.3 Solare Einkopplung bei Sole/Wasser-Wärmepumpen mittels Primärquellenspeicher

Eine weitere Möglichkeit der Kopplung von Solarthermie und Wärmepumpe bietet das System mit Primärquellenspeicher, bei dem unverglaste Solarabsorber verwendet werden. Die Solarenergie wird entweder der Wärmepumpe als Primärquelle (siehe Bild 12 links) oder dem Primärquellenspeicher zur Verfügung gestellt (siehe Bild 12 rechts).

Die Sole/Wasser-Wärmepumpe nutzt als Primärquelle einen im Erdreich eingelassenen Wasserspeicher, wobei das Wasser als kontrollierter Energiepuffer dient. Mit diesem Speicher werden Erdenergie, Solarenergie und Energie aus der Umgebungsluft auf niedrigem Temperaturniveau eingespeichert. Einen zusätzlichen Energiepuffer bietet die bei Vereisung frei werdende Kristallisationsenergie. Da der Speicher auf niedrigem Temperaturniveau gehalten wird, kann ein sehr großer Teil an Solarenergie eingespeist werden. Das System ist platzsparend und genehmigungsfrei.

Für die Sole/Wasser-Wärmepumpe ergeben sich mit dieser Wärmequelle mitunter veränderte Auslegungspunkte, wie z. B. die minimale Wärmequellentemperatur. Die Dimensionierung des Primärspeichers und des Absorbers erfolgt unter Berücksichtigung der Kälteleistung der Wärmepumpe, der Heizlast des Gebäudes, dem Standort sowie der zu erwartenden Jahresarbeitszahl.

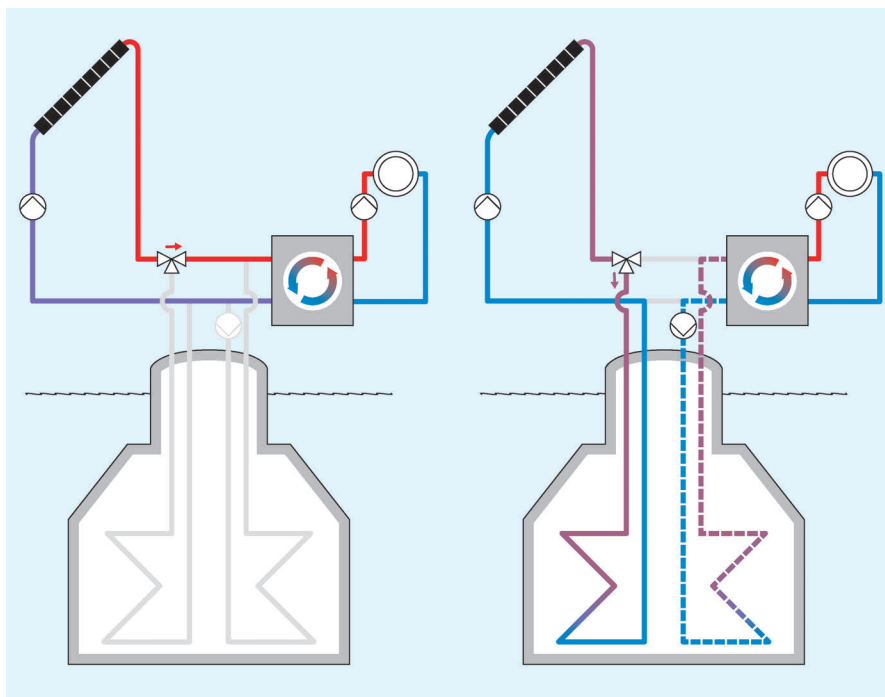


Bild 12: Systemeinkopplung bei Primärquellenspeichern

### **Fazit**

Die Kombination von Wärmepumpen mit solarthermischen Anlagen kann die Effizienz der Einzelsysteme erhöhen und die Betriebskosten senken. Dafür erforderlich ist eine sorgfältige Planung – sowohl bei den zu installierenden Komponenten in den Einzelsystemen als auch beim Zusammenwirken der beiden Systeme miteinander.

Insbesondere die Größe von Solaranlage, Wärmequelle und Speicher muss fachgerecht aufeinander abgestimmt werden, um die größtmögliche Systemeffizienz zu erreichen. Für diese weiterführenden Planungsschritte stehen die BDH-Mitgliedsunternehmen mit Informationen und Planungshilfen zur Verfügung.

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 53      Oktober/2012