

Üblicherweise übernimmt der Regler wichtige Überwachungsfunktionen. Grundsätzlich muss der Druck auf der Niederdruckseite sowie der Hochdruckseite überwacht werden. Darüber hinaus sollte der Regler auch über entsprechende Eingänge für Motorschutzschalter und andere Überwachungssensoren, z.B. Strömungswächter und Druckwächter, verfügen. So kann dann der Regler die gesamte Wärmepumpenanlage optimal regeln, steuern und überwachen.

Es gibt jedoch komplexere Anlagen, deren Regelung ein Wärmepumpenregler, je nach Anwendungsfall, ebenfalls übernehmen sollte. Ein einfaches Beispiel: Ein Altbau mit einer Fußbodenheizung im Erdgeschoss und Heizkörper im Obergeschoss, der mit einer Wärmepumpe zu beheizen wäre. Um die Wärmepumpenanlage optimal zu betreiben, sind zwei Pufferspeicher zu empfehlen. Ein Pufferspeicher, der mit niedriger Temperatur für die Fußbodenheizung (z. B. 40 °C) und ein zweiter, der mit der höheren Temperatur für die Radiatoren (z. B. 50 °C) im Obergeschoss geladen wird. Dazu kommt natürlich auch noch der Warmwasserspeicher, dessen gewünschte Temperatur ebenfalls zu regeln ist.

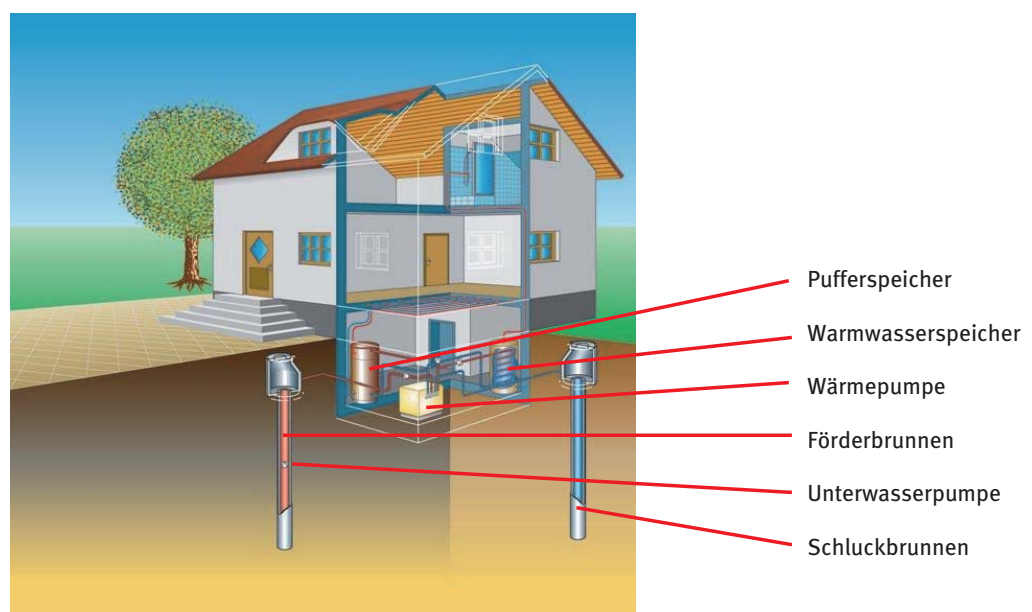
## 1.5 Wärmepumpenanlagenformen

Es gibt die unterschiedlichsten Wärmepumpenanlagenformen. Bei einer Wärmepumpenanlagenform ist das Medium der Wärmequelle und Wärmesenke definiert. Als Wärmequelle dient in der Regel Luft, Erdreich oder Grundwasser. Die Wärmesenke ist das zu beheizende Medium, Wasser oder Luft. Dient z.B. als Wärmequelle das Erdreich, dem über eine Sole Wärme entzogen wird (durch Auskühlung) und wird die Wärme dem Heizungswasser zur Gebäudebeheizung (und ggf. auch Warmwasser) zugeführt, spricht man von einer Sole-Wasser-Wärmepumpe. Nachfolgend betrachten wir folgende Wärmepumpenanlagenformen:

- Wasser-Wasser-Wärmepumpen
- Sole-Wasser-Wärmepumpen
- Luft-Wasser-Wärmepumpen
- Luft-Luft-Wärmepumpen

### 1.5.1 Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Bei einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe dient in der Regel Brunnenwasser aus einem Bohrbrunnen als Wärmequelle. Nachfolgende Abbildung zeigt den schematischen Aufbau dieser Wärmepumpenanlage:



**Bild 1.5.1.1:** Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage

Quelle: Energieagentur NRW

Diese Form der Energiegewinnung wird als hydrothermale Energiegewinnung bezeichnet. Dabei wird dem Wasser, welches aus dem Förderbrunnen gepumpt wird, Wärmeenergie entzogen. Es kühlt ab. Das kühlere Wasser wird über den Schluckbrunnen dem Grundwasser wieder zugeführt. In etwa kann man davon ausgehen, dass das Brunnenwasser über das ganze Jahr eine relative konstante Temperatur von etwa 10 °C hat. Dieser Vorteil ermöglicht einen recht hohen Wirkungsgrad der Wärmepumpe. Wird die Wasser-Wasser-Wärmepumpe gem. DIN EN 14511-2 betrieben, darf das Wasser bis 3 K abgekühlt werden.

Bild 1.5.1.1 zeigt auch, dass Förder- und Schluckbrunnen ausreichend weit voneinander entfernt sein müssen, um einen „thermischen Kurzschluss“ zu verhindern. Zur Förderung des Brunnenwassers dient in der Regel eine Unterwasserpumpe, die im Brunnen eingebaut ist.

Des Weiteren zeigt dieses Bild alle wesentlichen Bestandteile einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage:

- den Förderbrunnen,
- den Schluckbrunnen,
- die Wärmepumpe,
- einen Pufferspeicher und
- einen Warmwasserspeicher.

Unbedingt zu beachten ist bei einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe die Wasserqualität des Brunnenwassers.

Bei zu hohen Eisen- und/oder Mangangehalten des Grundwassers muss mit einem Verockern (Zusetzen) des Verdampfers und des Schluckbrunnens gerechnet werden. Setzt sich der Verdampfer zu, besteht die Gefahr der Vereisung und somit eines Ausfalls der Wärmepumpe. Verockert der Schluckbrunnen, kann dieser das Wasser nicht mehr aufnehmen; er läuft über. – Verockern ist das Ausfällen von unlöslichen Oxidhydraten aus eisen- und manganhaltigen Wässern. Die Ablagerungen führen dazu, dass sich Brunnen und Anlagenkomponenten zusetzen können und die Wärmepumpenanlage nicht mehr funktioniert. Bei eisen- und/oder manganhaltigen Wässern ist vom Betrieb einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe unbedingt abzuraten.

Auch wenn kein Eisen und/oder Mangan vorhanden ist, muss die Wasserqualität hinsichtlich Aggressivität untersucht werden. Nur wenige Brunnenwässer eignen sich für die direkte Durchströmung bei Wärmepumpen mit einem kupfergelöteten Wärmetauscher als Verdampfer. Sehr häufig sind Brunnenwässer aggressiv, sodass ein nickelgelöteter Wärmetauscher oder ein Wärmetauscher komplett aus Edelstahl erforderlich ist. Viele Standardwärmepumpen haben einen einfachen kupfergelöteten Edelstahlplattenwärmetauscher. Alternativ zu einem nickelgelöteten oder kompletten Edelstahlwärmetauscher kann auch eine Systemtrennung zum Schutz der Wärmepumpe installiert werden. Natürlich ist dann für diesen Wärmetauscher die Wasserqualität entsprechend zu berücksichtigen.

Die Aggressivität wird anhand mehrerer Parameter festgemacht. Dazu gehören im Wesentlichen der pH-Wert, aber auch Werte für Erdsalze. Das führt dazu, dass in den meisten Fällen ein nickelgelöteter Wärmetauscher oder kompletter Edelstahlwärmetauscher zu empfehlen ist. In wenigen Sonderfällen sind Erdsonden zu empfehlen. Hinsichtlich der Nutzbarkeit eines Wassers sind folgende Parameter unbedingt zu beachten:

- Eisen und Mangan und
- die Aggressivität des Wassers.

Für die Festlegung des geeigneten Wärmetauschers nennt ein Hersteller von Wärmetauscher folgende Werte, anhand derer die Tauglichkeit des geeigneten Wärmetauschers festgelegt werden kann.

**Tabelle 1.5.1.1:** Zulässige Wasserinhaltsstoffe für Edelstahlplattenwärmetauscher

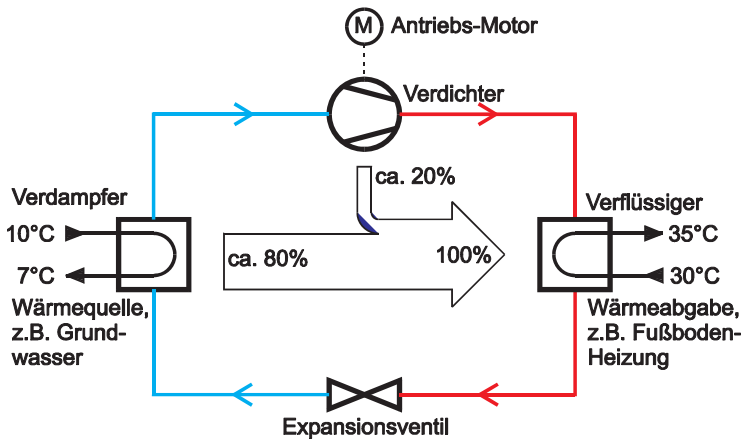
Quelle: J. Bonin, Umwelt &amp; Technik

Wasserinhaltsstoffe + Kennwerte	Platten-WT, kupfergelötet	Platten-WT, nickelgelötet
pH-Wert	7–9 (unter Beachtung SI-Index)	6–10
Sättigungsindex SI (delta pH-Wert)	-0,2 < 0 < +0,2	keine Festlegung
Gesamthärte	6–15 °dH	6–15 °dH
Leitfähigkeit	10–500 µS/cm	keine Festlegung
abfiltrierbare Stoffe	< 30 mg/l	< 30 mg/l
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	< 500 mg/l bei 10 °C	< 500 mg/l bei 10 °C
freies Chlor (Cl)	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S)	< 0,05 mg/l	keine Festlegung
Ammoniak (NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	< 2 mg/l	keine Festlegung
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	< 100 mg/l	< 300 mg/l
Hydrogenkarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< 300 mg/l	keine Festlegung
Hydrogenkarbonat/Sulfat	> 1,0	keine Festlegung
Sulfid (S <sup>2-</sup> )	< 1 mg/l	< 5 mg/l
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	< 100 mg/l	keine Festlegung
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	< 0,1 mg/l	keine Festlegung
Eisen (Fe)	< 0,2 mg/l	< 0,2 mg/l
Mangan (Mn)	< 0,1 mg/l	< 0,1 mg/l
freie, aggr. Kohlensäure (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	< 20 mg/l	keine Festlegung

Nachfolgend ein paar Erläuterungen zu den Parametern: Die Praxis zeigt, dass nur in den wenigsten Fällen kupfergelötete Wärmetauscher für Wasser-Wasser-Wärmepumpen geeignet sind. Oftmals liegt der pH-Wert zwischen 6 und 7, was dazu führt, dass kupfergelötete Wärmetauscher ausscheiden. Auch die Leitfähigkeit liegt oftmals über dem genannten Grenzwert für kupfergelötete Wärmetauscher. Die Gesamthärte spielt bei Kaltwasser nur eine untergeordnete Rolle. Abfiltrierbare Stoffe sollten generell nicht im Brunnenwasser vorhanden sein, weil diese sich im Verdampfer festsetzen und damit den Durchfluss zu stark verringern können – Achtung! Vereisungsgefahr! Die Werte für Chloride liegen in den meisten Fällen unterhalb des Grenzwerts, und freies Chlor ist in Brunnenwässern in der Regel nicht enthalten. Gleiches gilt auch für Schwefelwasserstoff (würde deutlich riechen) und Ammoniak. Der Wert für Sulfat liegt des Öfteren auch über 100 mg/l. Gleiches gilt auch für den Nitratwert. Die Werte für Eisen und Mangan sollten unbedingt eingehalten werden, weil ansonsten die Gesamtanlage nicht dauerhaft störungsfrei arbeiten kann.

Einige Hersteller fertigen nur Wärmepumpen mit kupfergelötetem Wärmetauscher, andere alternativ auch mit einem nickelgelöteten Wärmetauscher oder einem Wärmetauscher komplett aus Edelstahl. Nun gilt es zu überprüfen, ob die ausgewählte Wärmepumpe für die direkte Beschickung mit dem Brunnenwasser geeignet ist. Dazu sind auf jeden Fall die Angaben des Herstellers der Wärmepumpe zu beachten, um festzulegen, ob die Wärmepumpe direkt mit dem Brunnenwasser durchströmt werden darf oder nicht.

Nachfolgende Abbildung zeigt eine schematische Darstellung einer einfachen Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit direkter Durchströmung:



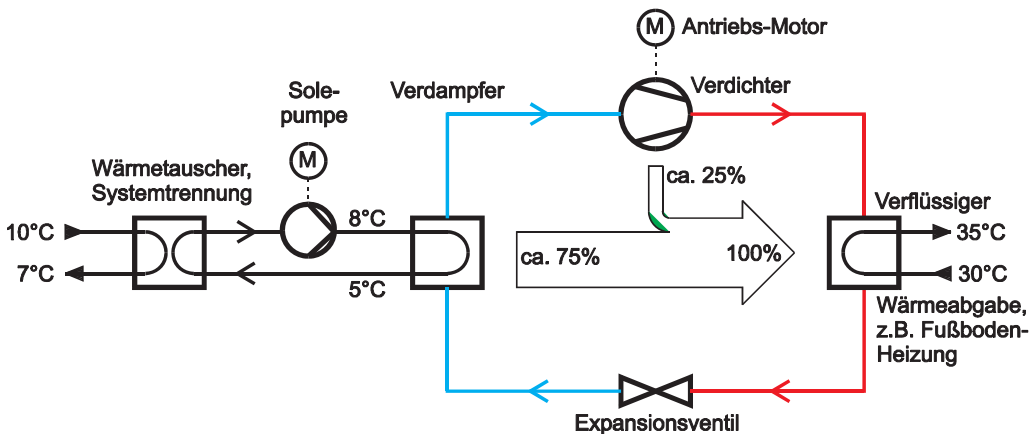
**Bild 1.5.1.2:** Schema Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit direkter Durchströmung Brunnenwasser, Quelle: J. Bonin, Umwelt & Technik

Vorteilhaft ist der optimale Gesamtwirkungsgrad über das Jahr wegen der hohen Quellentemperatur des Brunnenwassers von ca. 10 °C. Nachteilig sind die erhöhten Risiken:

1. Es besteht erhöhte Vereisungsgefahr bei zu geringem Durchfluss durch den Verdampfer.
2. Bei aggressiven Wässern besteht erhöhte Korrosionsgefahr für den Verdampfer. In der Regel sollte hier ein nickelgelöteter Wärmeaustauscher eingesetzt werden. Hier tun sich die größeren Wärmepumpenhersteller zum Teil schwer, weil dies eine Abweichung von der Serienfertigung ist. Kleinere Wärmepumpenhersteller können hier oftmals flexibler reagieren.
3. Im Falle einer Havarie, d. h. bei einem Defekt des Verdampfers besteht die Gefahr für die Umwelt, dass Kältemittel und/oder Öl ins Grundwasser gelangen können.

Bei einer fachgerechten Planung und Ausführung lassen sich diese Risiken auf ein Minimum reduzieren. So ist dann ein optimaler Betrieb mit sehr gutem Wirkungsgrad über das Jahr realisierbar.

Oben geschilderte Risiken können mit einer Systemtrennung nahezu ausgeschlossen werden, die sich als Alternative zu einem nickelgelöteten Wärmetauscher anbietet. Zu einer Systemtrennung gehört ein Zwischenkreislauf, der in der Regel mit Sole beschickt wird.



**Bild 1.5.1.3:** Schema Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit Systemtrennung  
Quelle: J. Bonin, Umwelt & Technik

Natürlich ist bei Einsatz eines Trennwärmetauschers darauf zu achten, dass dieser den Anforderungen des Brunnenwassers entspricht. Für den Zwischenkreislauf empfiehlt sich ein Wasser-Glykol-Gemisch, vergleichbar mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe. Das schützt den Verdampfer zusätzlich vor einer möglichen Vereisung. Vorteilhaft ist die höhere Sicherheit zulasten des Wirkungsgrades. Der Gesamtwirkungsgrad mindert sich durch den zusätzlichen Strombedarf für die Umwälzpumpe und die Übertragungsverluste über den zusätzlichen

Trennwärmetauscher. Der Gesamtwirkungsgrad reduziert sich um etwa 4 %. Für den Wärmetauscher zur Systemtrennung ist in vielen Fällen ein geschraubter Plattenwärmetauscher zu empfehlen. Dieser Wärmeaustauscher besteht, abgesehen von den Dichtungen, komplett aus Edelstahl und ist daher auch bei recht aggressiven und/oder korrosiven Wässern einsetzbar. Er bietet außerdem die Möglichkeit einer Reinigung, weil ein geschraubter Plattenwärmetauscher zerlegt, gereinigt und wieder zusammengesetzt werden kann. Ggf. sind die Dichtungen auszutauschen. Die Gefahr einer Vereisung des Wärmeaustauschers mit Systemtrennung ist recht gering, weil bis dahin die Wärmepumpe entweder über eine Niederdruckstörung oder die Temperaturbegrenzung am Verdampferaustritt abschalten sollte.

Ein weiterer Vorteil ist der erhöhte Umweltschutz. Selbst im Falle einer Havarie besteht hier die Möglichkeit, mit einem patentierten Geo-Protector® eventuell ausgetretenes Glykol oder Öl wieder abzusaugen und aus dem Schluckbrunnen zu entfernen.

Bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen ist zu beachten, dass diese stets ausreichend mit Wasser versorgt werden. Zur Sicherheit ist deswegen unbedingt ein Strömungswächter einzusetzen und auf die minimal erforderliche Durchflussmenge einzustellen. Die Sicherheit kann mit einem Trockenlaufschutz zusätzlich erhöht werden. Wird die Wärmepumpe nicht ausreichend mit Wasser versorgt, besteht die Gefahr der Vereisung des Verdampfers, und damit ein Totalausfall der Wärmepumpe.

#### **Die Vorteile einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe:**

- Es entfallen die hohen Kosten für Erdsonden.
- Die Wärmepumpenanlage hat einen deutlich höheren Wirkungsgrad – etwa 20 % mehr gegenüber einer Sole-Wasser-Wärmepumpe.
- Beste Voraussetzungen zum Heizen + Kühlen.
- Optimal für die freie Kühlung.
- Es steht zusätzlich Wasser zur Beregnung, etc. gratis zur Verfügung.

#### **Die Nachteile einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe:**

- Eisen- und manganhaltige Wässer oder auch stark aggressive Wässer sind für eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe ungeeignet.

Bei eisen- und manganhaltigen Wässern kann das Wasser subterrestrisch (unterirdisch) aufbereitet werden, was sich aber ggf. nur bei größeren Wärmepumpenanlagen lohnt.

### **1.5.2 Sole-Wasser-Wärmepumpe**

Die Energiegewinnung mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe bezeichnet man als geothermische Energiegewinnung. Bei der geothermischen Energiegewinnung entzieht eine Sole-Wasser-Wärmepumpe ihre Wärme einem Wasser-Glykol-Gemisch (Glykol = Frostschutzmittel), der Sole eines geschlossenen Solekreislaufes. Die Sole wiederum gewinnt die Wärme aus der Erde. Das Glykol schützt den Verdampfer der Wärmepumpe vor Frostschäden. Die Glykol-Konzentration beträgt etwa 30 %. Durch die Sole wird das Erdreich um die Erdsonden oder den Erdkollektor lokal ausgekühlt. Folglich ist die Temperatur der Wärmequelle für die Sole-Wasser-Wärmepumpen zwangsläufig deutlich tiefer als bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Außerdem ist die Temperatur nicht konstant. Mit Beginn einer Heizperiode werden das Erdreich und damit auch die Sole allmählich abgekühlt. Erst nach der Heizperiode regeneriert sich allmählich wieder das Erdreich. Deswegen ist eine ausreichende Dimensionierung unbedingt erforderlich. Bei einer zu geringen Dimensionierung der Wärmequelle besteht Vereisungsgefahr. Somit ist hier eine größere Temperaturdifferenz zu überwinden, wozu entsprechend mehr Energie (Strom) benötigt wird. Die so aus der Erde aufgenommene „Wärme“ wird über den geschlossenen Solekreislauf der Wärmepumpe zugeführt.

Bei Sole-Wasser-Wärmepumpen differenziert man zwischen Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdsonden oder mit Erdkollektoren. Beide werden in der Regel aus langlebigen PE-Rohren erstellt.