

Übergabestationen mit niedrigsten Rücklauftemperaturen

Franz Schneider, Dipl.Ing. (FH), Ingenieurbüro Schneider, Pöhlmannstr. 5, 80687 München

Keywords: Nahwärme, Fernwärme, Übergabestation, Rücklaufanschluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur, Delta T, Hintereinanderschaltung von Heizkreisen, Warmwasserbereitung, Frischwasserstation, geringe Kalkproblematik, Wärmepumpe, Hydraulischer Druckluftspeicher, Schwarmpeicher, Power-to-Pressure, Pressure-to-Power, Power-to-Heat und Power-to-Cool

Zusammenfassung

Patentiertes Schema zur Hintereinanderschaltung von Heizkreisen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus. Die Schaltung liefert bei gegebenen Heizkreisen systembedingt ein maximales ΔT bei minimalen Vor- und Rücklauftemperaturen.

In einer zum Patent angemeldeten Ergänzung wird der Rücklauf in einem kalten Puffer gesammelt und über eine Wärmepumpe noch weiter abgekühlt, wodurch die Effizienz der Geothermie und des Fernwärmenetzes gesteigert wird. Auf der anderen Seite hebt die Wärmepumpe Heizwasser auf ein höheres Temperaturniveau, welches in einem warmen Puffer gespeichert und bei Bedarf im Haus für die Heizung oder die WW-Bereitung verbraucht wird.

Werden viele Übergabestationen mit je einem kalten, je einem warmen Puffer und jeweils einer Wärmepumpe ausgestattet, so kann über eine Zentrale Leittechnik (ZLT) ein virtuelles Schwarmspeicherwerk betrieben werden, für: Power-to-Heat und Power-to-Cool

Die Wärmepumpe kann in einer weiteren Variante gegen ein neu entwickeltes hydraulisches Druckluftspeichersystem ersetzt werden. Immer wenn Druckluft unter Einsatz von Strom verpresst wird, entsteht Wärme, immer wenn durch Entspannen Strom erzeugt wird, entsteht Kälte. Das vorgenannte Schwarmspeicherwerk wird erweitert zur Stromspeicherung, als: Power-to-Pressure und Pressure-to-Power

Die Schaltung eignet sich besonders für LowEx Fern-/Nahwärmenetze, insbesondere für Geothermie, sie ist prädestiniert für einen 3-Leiter-Rücklaufanschluss.

1. Einleitung

Bei der Tiefen-Geothermie wird heißes Wasser aus der Erde gepumpt, dann wird es möglichst weit abgekühlt und wieder zur Erde zurückgegeben.

Die Effizienz ist alleine abhängig von der Abkühlung des Tiefenwassers. Die klare Aufgabe für die Fernwärmeübergabestationen lautet:

Es ist eine möglichst niedrige Rücklauftemperatur zu erzielen. Jedes Grad bringt zusätzlichen Gewinn.

Knackpunkt bei der Umstellung unserer Fernwärmenetze auf Erneuerbare Energien und LowEx-Systeme ist die Rücklauftemperatur. Derzeit haben wir erhebliche Probleme mit zu hohen Temperaturen auf der Abnehmerseite. Nachrüstungen im Bestand sind unumgänglich, Neuanschlüsse müssen innovative Konzepte beinhalten.

Ein weiteres Problem in unseren Städten ist der Kältebedarf in den Sommermonaten. Übliche Kälteerzeuger entsorgen Ihre Abwärme ungenutzt in die Luft oder beispielsweise an das Grundwasser, wodurch die Probleme des Klimawandels weiter verschärft werden.

Eine Nutzung der Abwärmeseite ist heute angesagt und Teil der vorgeschlagenen Lösung.

Zur Glättung der Wärmelastkurve werden üblicherweise große zentrale Wärmespeicher in der Nähe der Wärmeeinspeisung aufgestellt. Zum Einen geht es um die Überbrückung von Ausschaltzeiten, dann um die Glättung der Tagesganglinie aber auch um die Reduzierung der Lastspitzen an den kältesten Wintertagen. Dezentral angeordnete Speicher können über ZLT so zusammengeschaltet werden, dass sie zentrale Speicher komplett ersetzen.

Bei der Kälte ist dies entsprechend. Dezentral angeordnete und über ZLT zusammengeschaltete kalte Speicher ersetzen große zentrale Kältespeicher.

Das Stromnetz in Deutschland hat ein Mengenproblem. Es gibt Zeiten, an denen Strom im Überfluss vorhanden ist. Um beispielsweise Windstrom nicht abregeln zu müssen, sollte der Strom wenigstens genutzt werden, dafür sind Power-to-Heat und Power-to-Cool ein geeignetes Mittel. Ideal wäre eine verlustarme und preisgünstige Speicherung von Strom, wobei die thermischen Umwandlungsverluste nutzbar gemacht werden sollten. Wir stellen eine sehr nachhaltige Lösung vor, unter der Überschrift: Power-to-Pressure und Pressure-to-Power.. Die Umwandlungsverluste können als Wärme oder als Kälte im Haus oder im Netz verbraucht werden. Es gibt damit keine Abwärme und keine Abkälte.

2. Grundsätzliche Schaltungsvarianten

2.1 Direkte Hintereinanderschaltung von Heizkreisen

Die üblicherweise in einem Gebäude vorhandenen Heizkreise sind die Heizkreise für die Gebäudebeheizung und für die Warmwasserbereitung. Die Warmwasserbereitung wird getrennt in eine Warmwasservorwärmung und in eine Warmwassernachwärmung.

Beim Warmwassernachwärmer empfehlen wir einen WW-Speicher, um das Warmwasser bei höchsten Komfort, ohne Druck- und Temperaturschwankungen, bereit zu stellen. Das Wasser wird gleichmäßig und ständig mit einem kleinen ΔT über WW_{Soll} (z.B. $63^\circ C$) erwärmt.. Dieses kleine ΔT führt zu minimaler Kalkproblematik und damit zu minimalen Wartungskosten.

Bei der Anlagenhydraulik ist zu beachten, dass der WWB1 für den maximalen Volumenstrom des Heizkreises FBH am kältesten Wintertag ausgelegt ist. Hierfür haben wir vielfache Lösungen auf die wir hier nicht näher eingehen.

Die Warmwasservorwärmung wird idealerweise als Frischwassersystem ausgeführt, um das Trinkwasser gemäß DVGW Arbeitsblatt W551 nicht einmal täglich auf $60^\circ C$ aufwärmen zu müssen. Angetrieben wird das System im Winter alleine durch die Heizkreispumpe der Fußbodenheizung. Das Heizwasser strömt von der Wärmequelle bei einem kleinen ΔT über WW_{Soll} durch den WW-Nachwärmer, danach strömt das Heizwasser über einen Mischer zur Fußbodenheizung und dann über den Puffer für die Warmwasservorwärmung und zurück zur Wärmequelle. Immer wenn Warmwasser gezapft wird, springt die Ladepumpe des Frischwassersystems an und übergibt die Wärme aus dem Puffer an die Trinkwasservorwärmung. In der Übergangszeit reicht die Wassermenge, die von der Fußbodenheizung bestimmt wird, irgendwann nicht mehr aus, um die geforderte Solltemperatur im WWB1 aufrecht zu erhalten. Daraufhin schaltet sich die im Abb. 1 schraffiert gezeichnete Ladepumpe dazu, um die geforderte Leistung zu erbringen. Es bildet sich eine zweite überlagerte Strömung. Im Sommer bleibt die Heizkreispumpe ausgeschaltet, bei Wärmebedarf des WWB 1 wird die Ladepumpe in Betrieb genommen. Die Heizkreise für die WW-Nachwärmung und für die WW-Vorwärmung werden nacheinander durchströmt.

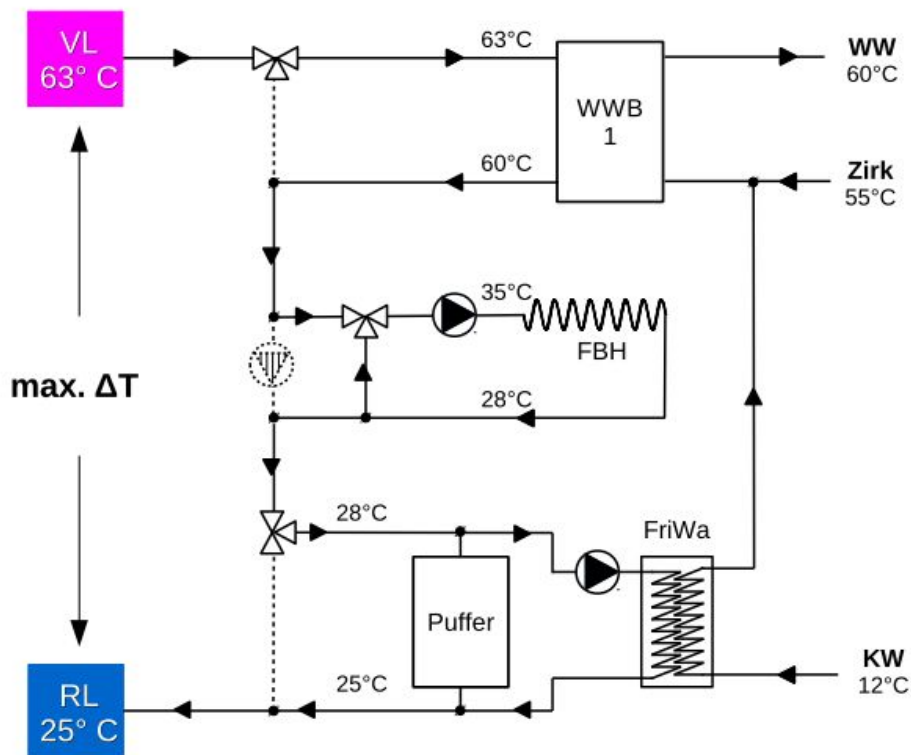


Abb. 1: Grundschialtung, direkte Hintereinanderschaltung von 3 Heizkreisen

Vorteile:

- niedrige RL-Temperatur, ca. 25° C im Winter, ca. 30°- 55°C im Sommer
- niedrige VL-Temperatur, ca. 63° C ausreichend
- keine Verbrauchsspitzen, gleichmäßige Last
- ausschließliche Verwendung von Standard-Bauteilen

weitere Vorteile WWB:

- geringe Kalkproblematik
- keine Phosphatdosierung erforderlich
- anhaltend guter Wirkungsgrad
- stabiler WW-Druck
- stabile WW-Temperatur
- geringe Wartungskosten
- hohe Verfügbarkeit
- Systemtrennung nach DIN1717
- Einhaltung DVGW Arbeitsblatt W551

2.2 Hintereinanderschaltung von Heizkreisen über eine hydraulische Weiche

Bei großen Heizleistungen fließen an kalten Wintertagen hohe Wassermengen an Heizwasser durch die Fußbodenheizung. Um die Warmwasserbereiter nicht mit der vollen Wassermenge zu

beaufschlagt, wird bei Heizleistungen ab ca. 100 kW die Fußbodenheizung über eine hydraulischen Weiche entkoppelt. Über drehzahlgesteuerte Umwälzpumpen, bzw. über Durchflusssensoren wird sichergestellt, dass im Versorgerkreis stets eine geringere Wassermenge fließt, als von von der Heizkreispumpe aus der hydraulischen Weiche entnommen wird. Dadurch wird die stufenweise Abkühlung sichergestellt. So kann der Warmwasserbereiter WWB1 preisgünstiger dimensioniert werden.

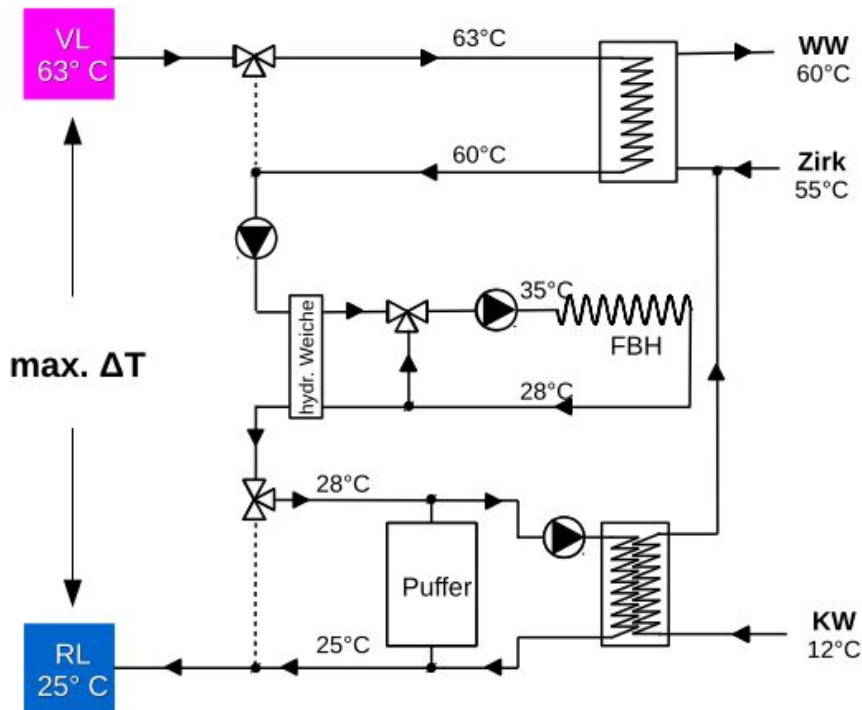


Abb. 2: Grundschtung, Hintereinanderschaltung von 3 Heizkreisen mit hydraulischer Weiche

Vorteile: Der WW-Nachwärmer kann auch bei großen Wassermengen der FBH als Standard-WWB ausgeführt werden. Damit ist eine preisgünstige Realisierung gegeben.

- niedrige RL-Temperatur, ca. 25° C im Winter, ca. 40°- 55°C im Sommer
 - niedrige VL-Temperatur, ca. 63° C ausreichend
- alle anderen Vorteile ebenso, wie unter 2.1 aufgeführt

2.3. Anwendung als Dreileiter-Rücklauf-Anschluss

Die Schaltung kann sehr einfach als 3- Leiter- Rücklaufanschluss ausgeführt werden, da die 3 hintereinandergeschalteten Heizkreise wie ein Heizkreis wirken. Eine primärseitige Strahlpumpe saugt Heizwasser aus der Fernwärme-Rücklaufleitung und mischt auf eine niedrigere Temperatur. Damit wird auf elegante Weise die Energie im Netzzrücklauf nutzbar gemacht. Die Lage im Netz ist dabei nicht relevant, die Druckverhältnisse im Rücklauf spielen keine Rolle, die Strahlpumpe gleicht unterschiedliche Druckverhältnisse aus. Abb. 3 zeigt anhand typischer Temperaturwerte die Bilanz dieser Anordnung. Die Strahlpumpe wird über den Vorlauf mit einem Teil Heizwasser zu 95° C angetrieben, sie saugt aus dem ersten

Anschluss des Rücklaufes 3 Teile Heizwasser mit 55° C dazu, im Ergebnis werden 4 Teile Heizwasser zu 65°C geliefert, oder anders formuliert: 75 % der Energie werden dem Rücklauf entnommen.

Die Vorteile liegen auf der Hand. Es werden keine doppelten Systeme benötigt, der Planungsaufwand ist minimal, es gibt keine teure primärseitige Pumpe und keinen erhöhten Stromverbrauch.

Die einmaligen Mehrkosten liegen letztlich in einer zusätzlichen Leitung, der Strahlpumpe, dem erforderlichen Zubehör und einer zusätzlichen Messeinrichtung.

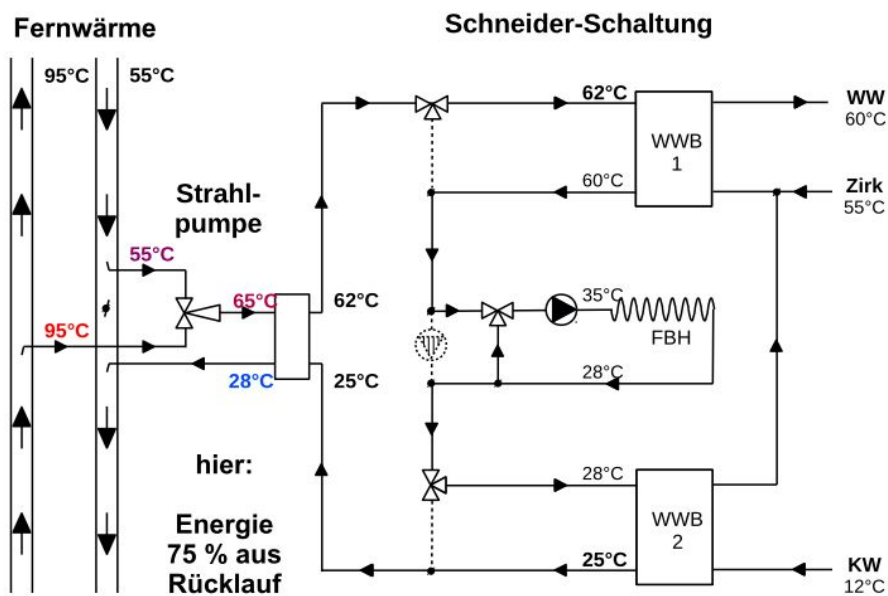


Abb. 3: Grundschialtung als 3-Leiter-Rücklaufanschluss

2.4. Hintereinanderschaltung von Heizkreisen plus Wärmepumpe

Anstelle der hydraulischen Weiche nach Abb. 2 wird für die neu zum Patent angemeldete Schaltung ein weiterer Puffer nach Abb. 4 verwendet. Im Winter-Betrieb ist dieser Puffer immer wärmer als der Puffer der nachgeschalteten WW-Vorwärmung.

Zwischen diesen beiden Puffern wird eine Wärmepumpe geschaltet. Die Wärmepumpe entzieht dem kälteren Puffer Energie und transportiert sie zum wärmeren Puffer. Aus dem wärmeren Puffer wird die Fußbodenheizung versorgt.

Im Ergebnis vergrößert sich das ΔT der Übergabestation. Bei Versorgung mit Geothermie führt die Vergrößerung von ΔT in direkter Folge zu einer Effizienzsteigerung. Bei Netzen, bei denen die Geothermie nur eine Teillast bereitstellen kann, sollten die dezentralen Wärmepumpen immer dann laufen, wenn die Grundlast nicht mehr durch Geothermie gedeckt werden kann. Die Wärmepumpen heben die Temperatur ausgehend von ca. 20°C auf ca. 35 °C. Damit laufen die Wärmepumpen nahe den optimalen Betriebspunkten bei COP \approx 9, bzw. EER \approx 8, siehe Abb.5.

Das heißt:

Mit 1 kWh Strom werden 8 kWh mehr Wärme aus der Erde geholt, wobei dem Kunden 9 kWh Wärme verkauft werden können.

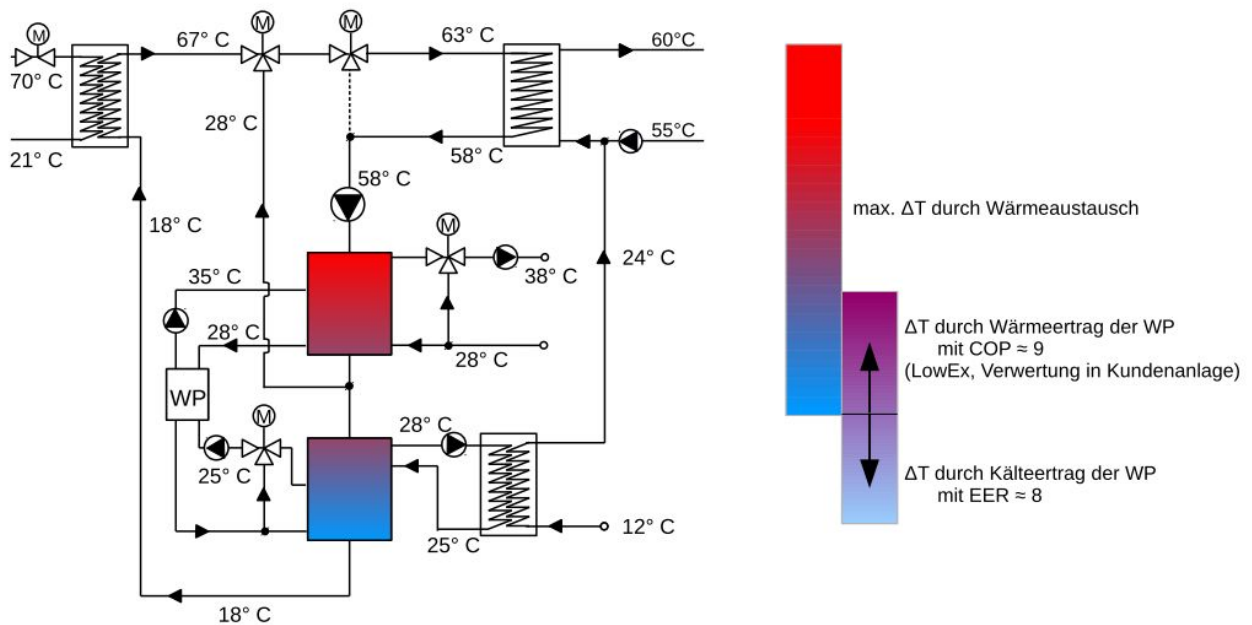


Abb. 4: Hintereinanderschaltung von 3 Heizkreisen + Wärmepumpe

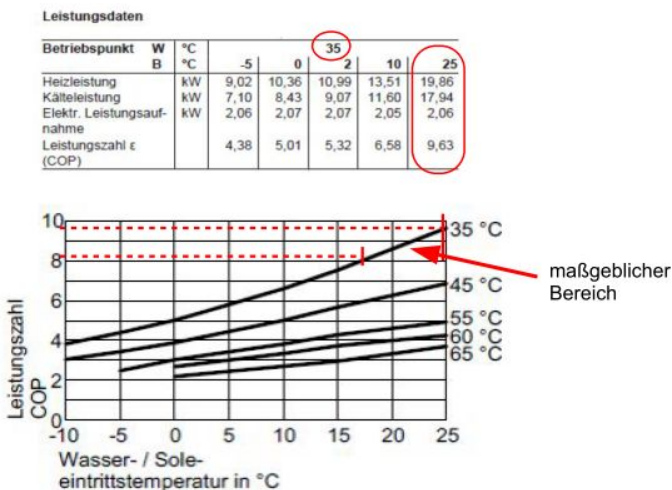


Abb. 5: typische Kennlinie von Wasser-Wasser-Wärmepumpen

2.5 Hintereinanderschaltung von Heizkreisen plus Wärmepumpe zur kältetechnischen Nachnutzung

Möchte man Kunden im Sommer mit Kälte versorgen, so bietet sich die Schaltung nach Abb. 6 an. Sie ist dafür ausgelegt, im Sommer möglichst niedrige Rücklauftemperaturen zu erreichen. Die Temperatur im kalten Puffer wird für eine kältetechnische Nachnutzung beispielsweise auf 4° C abgekühlt. Die Abwärme geht in die Warmwasserbereitung. In diesem Fall liegen die Faktoren immer noch sehr günstig bei COP > 6 und EER > 5.

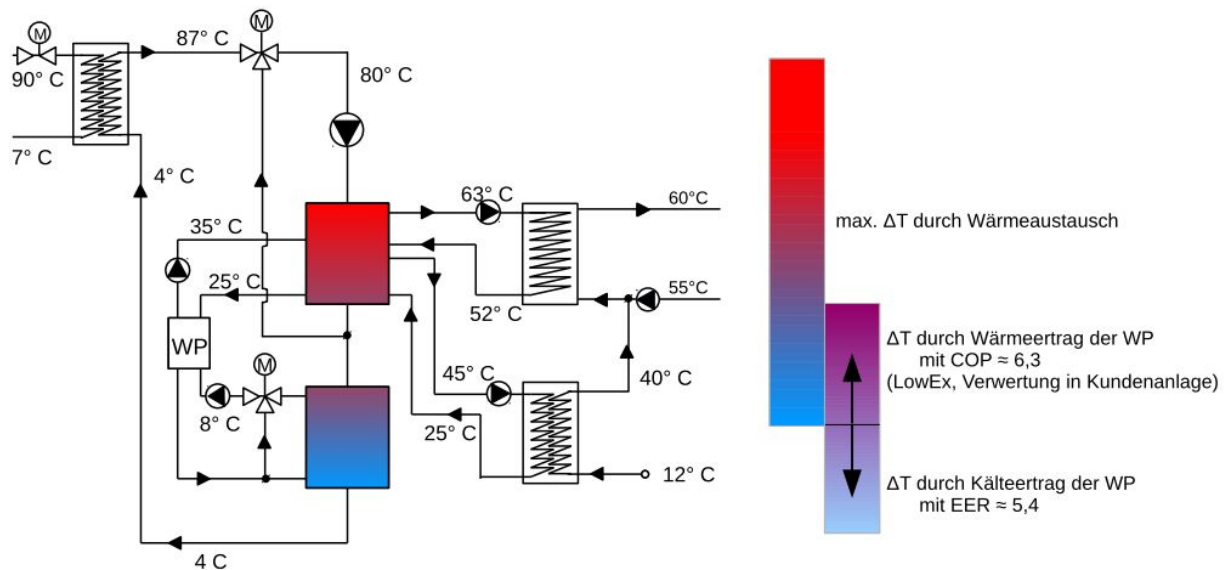


Abb. 6: Hintereinanderschaltung von 3 Heizkreisen + Wärmepumpe zur kältetechnischen Nachnutzung

Die großen Vorteil sind:

- es gibt keine Abwärme und
- effektive Kälteerzeugung, sehr guter Wert für EER

Nach der kältetechnischen Nutzung kann das wieder etwas erwärmte Wasser mit einem immer noch hervorragend niedrigen Rücklauftemperaturwert von z.B. 15° C zurückgegeben werden.

2.6 Hintereinanderschaltung von Heizkreisen plus hydraulischer Druckluftspeicher

Die Fa. 2-4 energy hat ein völlig neues Konzept entwickelt und zum Patent angemeldet, um Strom in Form von Druckluft zu speichern und aus Druckluft wieder Strom zu erzeugen (1). Die Verpressung der Luft erfolgt nicht wie bisher üblich mit Schraubenkompressoren, sondern über Hydraulikzylinder. Diese Art der Verpressung liefert erheblich weniger Wärmeverluste. Auch die Entspannung der Pressluft erfolgt nicht wie bisher üblich. Bei den bisherigen Verfahren wird die Luft über Düsen auf Druckluftmotoren geleitet. Nachteilig dabei ist, dass die Luft zuvor erhitzt werden muss, um eine Eisbildung an den Düsen vorzubeugen. Die Fa. 2-4 energy leitet die ausströmende Pressluft in parallel und in Kaskaden angeordneten Hydraulikzylindern und trifft damit auf eine relativ große Fläche, was einer Eisbildung entgegenwirkt. Die Hydraulikzylinder pressen in der Folge Öl durch einen Hydraulikmotor, welcher wiederum einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. In der Gesamtbetrachtung arbeitet der hydraulisch/pneumatische Druckluftspeicher wie eine Wärmepumpe. Wenn Luft verpresst wird, entsteht Wärme, wenn die Luft entspannt, entsteht Kälte.

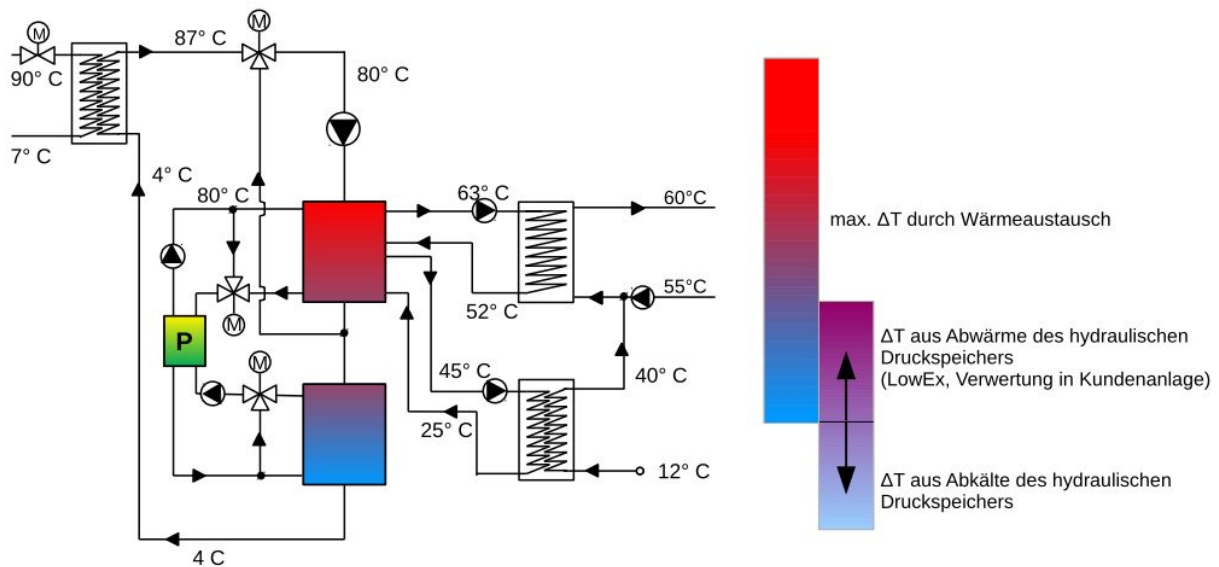


Abb. 7: Hintereinanderschaltung von 3 Heizkreisen + hydraulischer Druckluftspeicher

Unsere Schaltung hat die Eigenschaft, sowohl die Wärme, als auch die Kälte analog Kapitel 2.4 und 2.5 nutzbar zu machen.

Der hydraulisch/pneumatischen Druckluftspeicher ist derzeit noch in der Entwicklungsphase. Eine Pilotanlage ist bereits erfolgreich in Betrieb. Die Fa. 2-4 energy sucht nach einem Industriepartner, der die Serienfertigung der Anlage in Angriff nimmt.

2.7 Power-to-Heat, Power-to-Cool

Ein Netz mit vielen Unterstationen mit jeweils einer Wärmepumpe, jeweils einem warmen Puffer und jeweils einem kalten Puffer kann über ZLT als Schwarmspeicherkraftwerk zusammengeschaltet und gesteuert werden. Es besteht die Möglichkeit Überschussstrom als Wärme oder Kälte zu speichern oder vorausschauend Spitzen aus Wärme oder Kälte auszugleichen. Zur kältetechnischen Nachnutzung in einem Netz wird eine zweite sehr kalte Rücklaufleitung gelegt. Aus dieser zweiten Rücklaufleitung kann Kälte zentral ausgekoppelt werden oder Kälteabnehmer werden direkt an diese Leitung im Kältevorlauf angeschlossen.

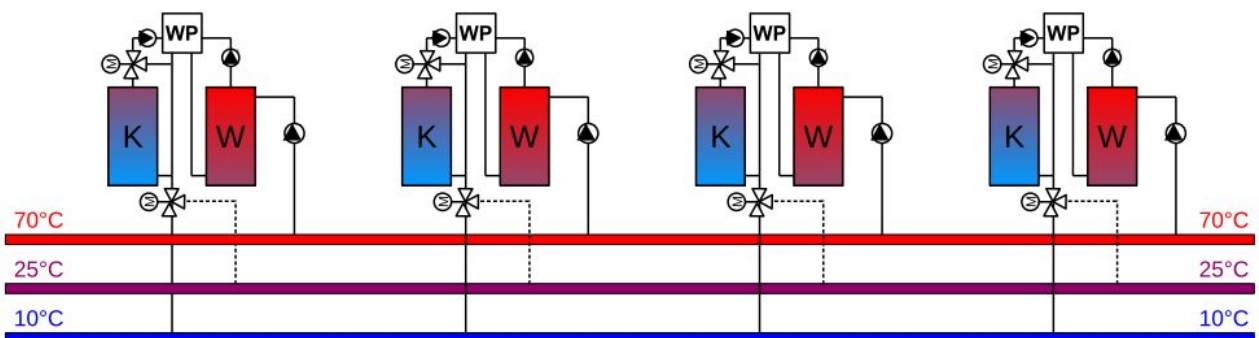


Abb. 8: Übergabestationen mit Wärmepumpen als Schwarmspeicher für Power-to-Heat und Power-to-Cool

Bei Strommangel bzw. bei zu hohem Strompreis wird die Wärmepumpe abgeschaltet. Die Schaltung liefert weiterhin gute Werte durch die Hintereinanderschaltung der Heizkreise.

Grundsätzlich ist es möglich, dass entweder der Kunde oder auch der Netzbetreiber als Investor für die Wärmepumpe auftritt. Prinzipiell sind beide Modelle möglich, die derzeitige Rechtslage hat dafür noch keine Regelungen geschaffen, siehe Kapitel 3.

Sehr geringe Rücklauftemperaturen müssen selbstverständlich prämiert werden, sonst wird kein Kunde eine Wärmepumpe einbauen. Derzeit müssen dafür Einzelverträge formuliert werden.

2.8 Power-to-Heat, Power-to-Cool, Power-to-Pressure, Pressure-to-Power

Bei Verwendung des hydraulisch/pneumatischen Druckluftspeichers anstelle der Wärmepumpe wird das Schwarm-speicher-kraftwerk sehr wertvoll ergänzt.

Immer wenn Strom in Druckluftenergie gespeichert wird, fällt Wärme an. Diese Wärme kann im warmen Puffer gespeichert oder bei Bedarf als Wärme im Haus verbraucht werden.

Immer wenn Strom aus Druckluftenergie erzeugt wird, fällt Kälte an. Diese Kälte kann im kalten Puffer gespeichert werden und führt bei Bedarf zur Vergrößerung des ΔT und damit zur Effizienzsteigerung der Geothermie. Zudem kann die Kälte analog zu Kapitel 2.7 zur kältetechnischen Nachnutzung über eine zweite sehr kalte Rücklaufleitung geleitet werden.

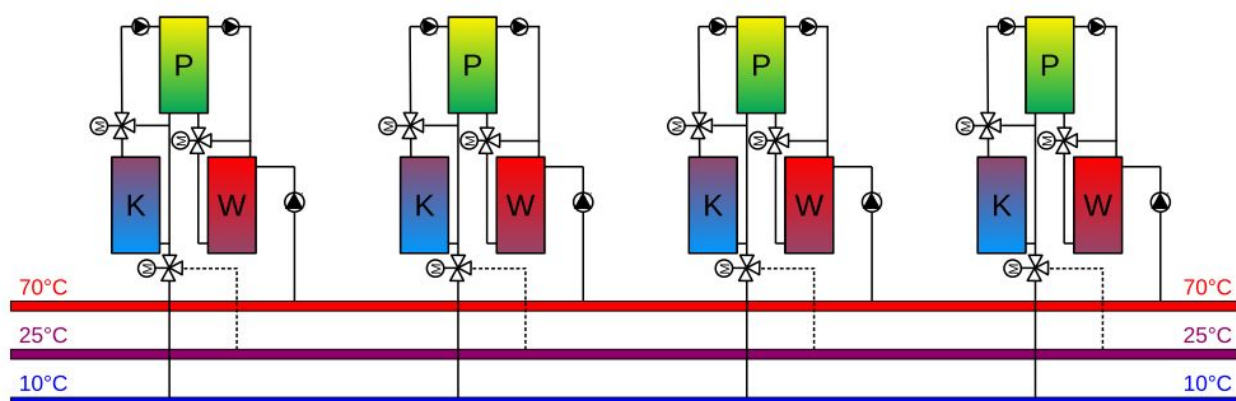


Abb. 9: Übergabestationen mit hydraulisch/pneumatischen Druckluftspeicher als Schwarm-speicher-kraftwerk für Power-to-Heat, Power-to-Cool, Power-to-Pressure, Pressure-to-Power

3. Forderung an den Gesetzgeber und an die Netzbetreiber

Derzeit darf in Deutschland die Wärme nur nach der gelieferten Wärmemenge abgerechnet werden. Das Temperaturniveau der Wärmeabgabe spielt dafür leider keine Rolle. Die heute verfügbare Messtechnik könnte sinnvollere Abrechnungsmodelle unterstützen, das Eichrecht und die AVBFernwärmeV steht dem leider entgegen, bzw. hinken der Entwicklung hinterher.

Dazu kommt, dass die meisten Netzbetreiber in Deutschland bei der Berechnung des Grundpreises ein völlig überholtes Instrument benutzen. In den TAB's wird ein Max-Wert für Rücklauftemperatur festgelegt. Die Kunden werden aufgefordert diesen Max-Wert zu jeder Zeit einzuhalten. Das Potential für eine noch höhere Energieeffizienz wird nicht gesehen.

Die Rücklauftemperaturen liegen in Deutschland viel zu hoch, die durchschnittlichen Werte liegen über 60° C (2).

Es ist offensichtlich, dass ein neues und wirksames Instrument geschaffen werden muss. Für den Kunden muss ein Anreiz geschaffen werden, die gelieferte Wassermenge jederzeit möglichst weit abzukühlen. Wir schlagen die Einführung eines Faktors vor, der über einen bestimmten Zeitraum die Energieausbeute aus einer gelieferten Wassermenge bemisst. Wir nennen ihn den Effizienzfaktor, er kann bereits heute an jedem Wärmemengenzähler per Stichtag abgelesen werden:

$$\text{Effizienzfaktor} = \frac{\text{gelieferte Wärmemenge [kWh]}}{\text{gelieferte Wassermenge [m}^3\text{]}}$$

Dieser Effizienzfaktor könnte und sollte verwendet werden für Rückvergütungen an Investoren, für die Grundpreisberechnung und auch für die Arbeitspreisberechnung. Dieser Wert sollte in allen Nah- und Fernwärmenetzen, insbesondere in LowEx-Netzen und ganz besonders bei Geothermienetzen Verwendung finden.

Es ist zu hoffen, dass der Gesetzgeber möglichst schnell die Rahmenbedingungen dafür schafft. Bis dahin können natürlich Einzelvereinbarungen zwischen Kunden und Netzbetreiber getroffen werden, dies gilt für alle von uns vorgestellten Schaltungsvarianten.

4. Ergebnis

Die Energiewende kann in Deutschland nur gelingen, wenn wir neue Wege gehen und alte Zöpfe abschneiden. Hierfür sollte ein einfacher Leitsatz gelten:

„Wir müssen gemeinsam an einem Strang ziehen – und wichtig – in die gleiche Richtung!“

Quellenangaben:

(1) Heiko Schwarzburger, Photovoltaikmagazin, 07-08/2019, *Ökostrom aus 300 bar*, Seite 70 – 74

(2) SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG: *Wie kann das bislang zur Verteilung von KWK-Wärme genutzte Fernwärmenetz der SWM tauglich gemacht werden für die zukünftige Einspeisung aus Geothermieanlagen*, 28.11.16, Seite 19

verantwortlicher Autor:

Schneider Franz Dipl.-Ing.(FH), IB Schneider, Pöhlmannstr. 5, 80687 München
Email: schneider@schneider-muenchen.de

Herstellernachweis:

Fa. Bälz & Sohn GmbH & Co. Büro München, Bäckerstr. 22, 81241 München
Email: muenchen@baelz.de

Fa. Stolz Fernwärmeservice GmbH, Alte Landstr. 42, 72072 Tübingen
Email: anfrage@stolz-fernwaerme.de

Fa. 2-4 energy UG, St. Antoniusstr. 6, 86495 Eurasburg
Email: info@druckluftspeicher.net

Heat Transfer Stations with lowest return temperatures

Franz Schneider, Dipl.Ing. (FH), Ingenieurbüro Schneider, Pöhlmannstr. 5, D-80687 München

Keywords: District heating, heat transfer, return connection, flow temperature, return temperature, Delta T, series connection of heating circuits, hot water, direct heating, heat pump, hydraulic air pressure accumulator, power-to-pressure, pressure-to-power, power-to-heat and power-to- Cool

Abstract

Patented scheme for the series connection of heating circuits with different temperature levels. Due to the system, the circuit supplies a maximum ΔT at minimum supply and return temperatures for given heating circuits.

In a patent-pending addition, the return is collected in a cold buffer and further cooled by a heat pump, thereby increasing the efficiency of the geothermal and district heating networks. On the other hand, the heat pump raises heating water to a higher temperature level, which is stored in a warm buffer. The heat is consumed when needed in the house for heating or DHW preparation. If many transfer stations are equipped with one cold buffer, one with a warm buffer and one each with a heat pump, a virtual swarm storage plant can be operated via a Distributed Control System (DCS) for: Power-to-Heat and Power-to-Cool

The heat pump can be replaced in another variant with a newly developed hydraulic compressed air storage system. Whenever compressed air is compressed using electricity, heat is generated, and whenever power is generated by relaxation, cold is created.

The virtual power plant is extended to the power storage, as: Power-to-Pressure and Pressure-to-Power

The circuit is particularly suitable for LowEx district heating networks, especially for geothermal energy, and is predestined for a 3-pipe return connection.

1 Introduction

In deep geothermal hot water is pumped out of the earth, then it is cooled as far as possible and returned to the earth.

The efficiency depends solely on the cooling of the deep water. The clear task for the district heat transfer stations is:

It is to achieve the lowest possible return temperature. Each degree brings additional profit.

The crucial point in the conversion of our district heating networks to renewable energies and LowEx systems is the return temperature. Currently, we have significant problems with high temperatures on the customer side. Retrofits in stock are inevitable, re-connections must include innovative concepts.

Another problem in our cities is the need for refrigeration in the summer months. Conventional chillers dump their waste heat into the air or groundwater, for example, further aggravating the problems of climate change.

A use of the waste heat side is announced today and part of the proposed solution.

To smooth the heat load curve large central heat storage are usually placed near the heat input. On

the one hand, it's about bridging off times, then smoothing the daily routine but also reducing the load peaks on the coldest winter days. Decentralized storage can be interconnected via DCS to completely replace central storage.

In the cold, this is appropriate. Decentralized and interconnected via DCS cold storage replace large central cold storage.

The electricity grid has a quantity problem. There are times when electricity abounds. For example, to avoid having to regulate wind power, the power should at least be used, power-to-heat and power-to-cool are a suitable means.

Ideal would be a low-loss and low-cost storage of electricity, the thermal conversion losses should be harnessed.

We present a very sustainable solution under the heading: Power-to-Pressure and Pressure-to-Power. The conversion losses can be consumed as heat or as cold in the house or in the grid. There is no waste heat and no cooling.

2. Basic circuit variants

2.1 Direct series connection of heating circuits

The heating circuits usually found in a building are for the heating circuits and the heating of hot water. The hot water preparation is separated into a hot water preheating and a hot water reheating. For DHW heaters, we recommend a DHW buffer to provide the hot water at maximum comfort, without pressure and temperature fluctuations. The water is heated evenly and constantly with a small ΔT above the desired temperature (for example 63 ° C). This leads to minimal lime problems and thus to minimal maintenance costs.

For the system hydraulics it should be noted that the DHW1 is designed for the maximum volume flow of the under floor heating circuit on the coldest winter day. For this we have multiple solutions that we will not go into here because of the brevity.

Hot water preheating is ideally carried out as a direkt heating.

In winter, the system is powered solely by the heating circuit pump of the underfloor heating system. The heating water flows from the heat source at a small ΔT (for example 63 ° C) through the DHW1 reheater, then the heating water flows through a mixer to the floor heating and then to the water preheating and back. In the transitional period, the amount of water that is determined by the floor heating, eventually no longer enough to maintain the required setpoint temperature in the DHW1. Thereupon, the hatched drawn in Fig. 1 charge pump is switched on to provide the required performance. It forms a second superimposed flow. In summer, the heating circuit pump remains switched off; when the heat demand of the WWB 1 is required, the charge pump is put into operation. The heating circuits for DHW reheating and for DHW preheating are flowed through one after the other.

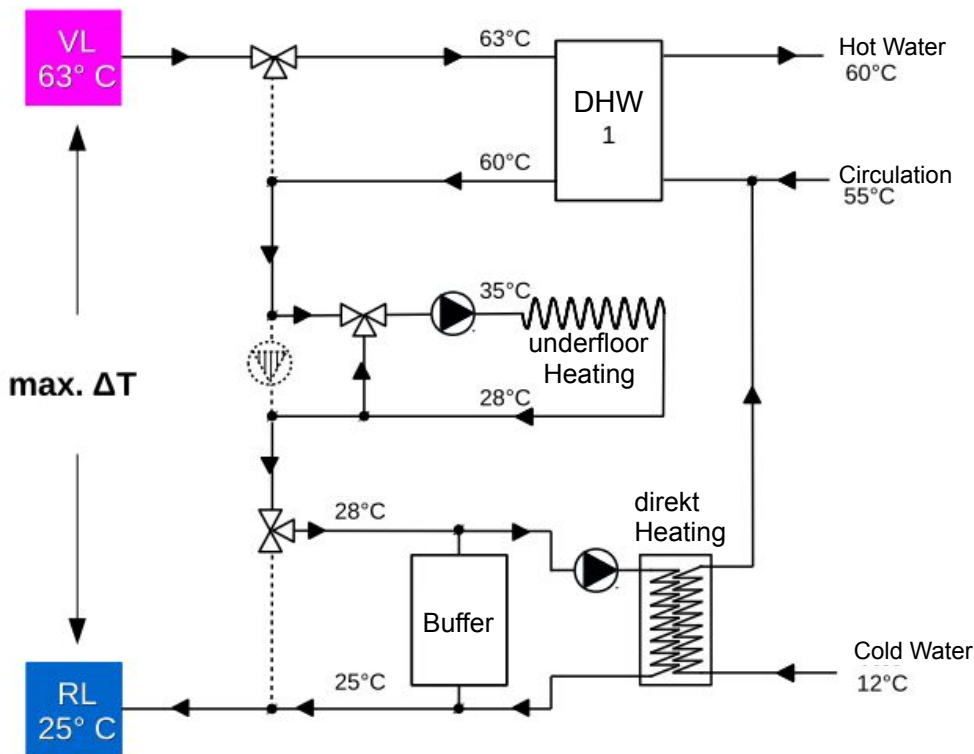


Fig. 1: Basic circuit, direct connection in series of 3 heating circuits

Advantages:

- low RL temperature, about 25 ° C in winter, about 40 ° - 55 ° C in summer
- low VL temperature, about 63 ° C is sufficient
- no consumption peaks, even load
- Exclusive use of standard components

further advantages WWB:

- low calcification problem
- no phosphate dosage required
- persistently good efficiency
- stable WW pressure
- stable DHW temperature
- low maintenance costs
- high availability
- System separation according to DIN1717
- Compliance with DVGW worksheet W551

2.2 Series connection of heating circuits via a hydraulic switch

At high heating capacities, large amounts of hot water flow through the underfloor heating on cold winter days. In order to prevent the hot water heaters from being exposed to the full amount of water, with heating capacities above 100 kW, the underfloor heating is decoupled via a hydraulic

switch.

Speed-controlled circulation pumps or flow sensors ensure that a smaller amount of water always flows in the supply circuit than is taken from the hydraulic separator by the heating circuit pump.

This ensures the gradual cooling.

Thus, the water heater DHW1 can be dimensioned cheaper.

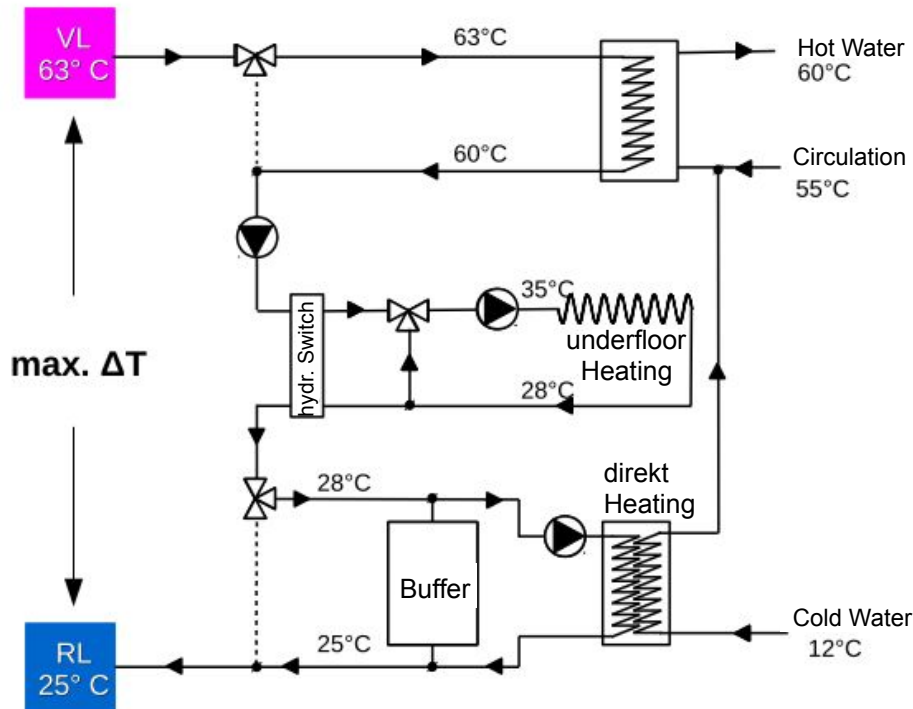


Fig. 2: Basic circuit, series connection of 3 heating circuits with a hydraulic switch

Advantages: The DHW reheater can be used as a standard DHW buffer even with large volumes of water. This is an inexpensive implementation.

- low RL temperature, about 25 ° C in winter, about 30 ° - 55 ° C in summer

- low VL temperature, about 63 ° C is sufficient

all other benefits as well, as listed under 2.1

2.3. Application as three-wire return connection

The circuit can be easily implemented as 3-wire return connection, since the 3 series-connected heating circuits act as a heating circuit.

A primary-side Controlled ejector sucks heating water from the district heating return line and mixes to a lower temperature. This makes it possible to use the energy in the network return in an elegant way.

The position in the network is not relevant, the pressure conditions in the return line are irrelevant, the Controlled ejector compensates for different pressure conditions.

Fig. 3 shows the balance of this arrangement based on typical temperature values. The Controlled ejector is driven via the supply with a part heating water to 95 ° C, it sucks from the first connection of the return 3 parts of heating water at 55 ° C, as a result, 4 parts of heating water are supplied to

65 ° C: 75% of the energy is taken from the return.

The advantages are apparent. No duplicate systems are needed, planning effort is minimal, there is no expensive primary pump and no increased power consumption.

The one-time additional costs are ultimately in an additional line, the Controlled ejector, the necessary accessories and an additional measuring device.

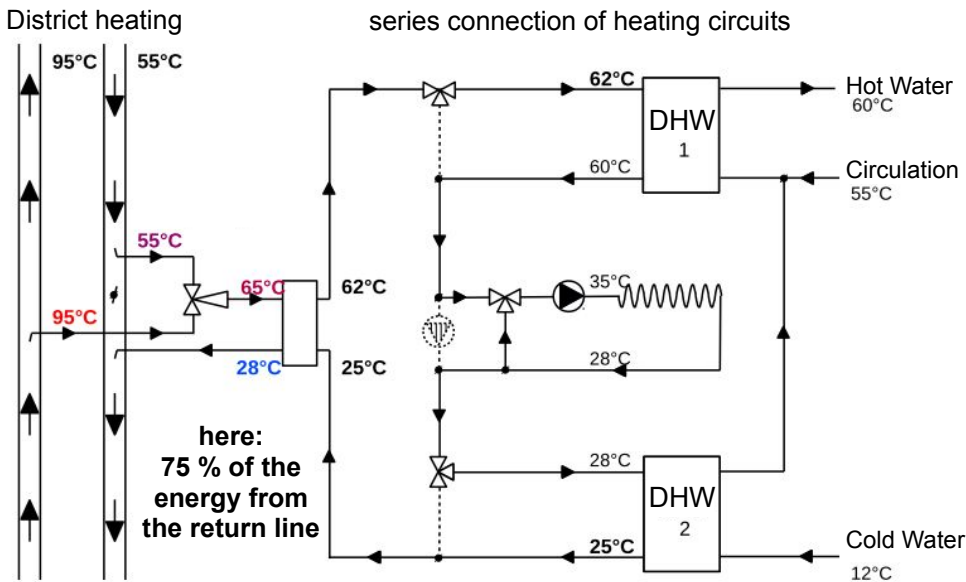


Fig. 3: Basic circuit as 3-wire return connection

2.4. Series connection of heating circuits plus heat pump

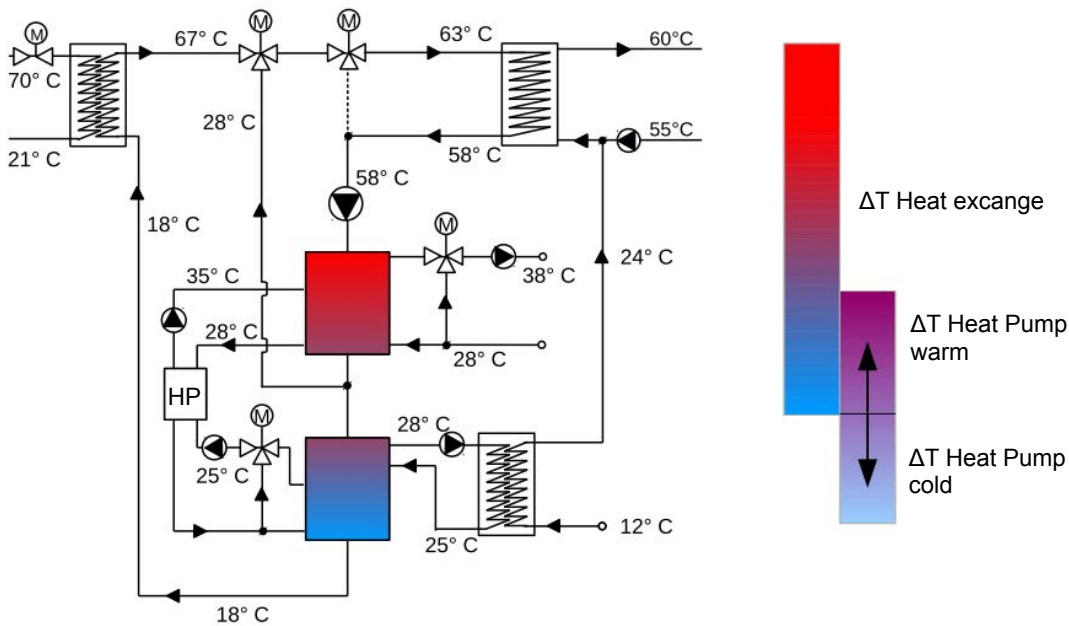
Instead of the hydraulic switch according to Fig. 2, a further buffer according to Fig. 4 is used for the newly patented circuit. In winter operation, this buffer is always warmer than the buffer of the downstream DHW preheating.

Between these two buffers, a heat pump is switched. The heat pump extracts energy from the colder buffer and transports it to the warmer buffer. The underfloor heating is supplied from the warmer buffer.

As a result, the ΔT of the transfer station increases. When supplied with geothermal energy, the increase in ΔT results in an immediate increase in efficiency. In networks where geothermal energy can only provide a partial load, decentralized heat pumps should always run when the base load can no longer be met by geothermal energy. The heat pumps raise the temperature from approx. 20 ° C to approx. 35 ° C. Thus, the heat pumps close to the optimal operating points COP \approx 9, or EER \approx 8, see Fig.5.

This means:

With 1 kWh of electricity, 8 kWh more heat is taken from the earth, with the customer 9 kWh of heat can be sold.



Leistungsdaten

Betriebspunkt	W	°C	-5	0	35	10	25
Heizleistung	kW		9,02	10,36	10,99	13,51	19,86
Kälteleistung	kW		7,10	8,43	9,07	11,60	17,94
Elektr. Leistungsaufnahme	kW		2,06	2,07	2,07	2,05	2,06
Leistungszahl ε (COP)			4,38	5,01	5,32	6,58	9,63

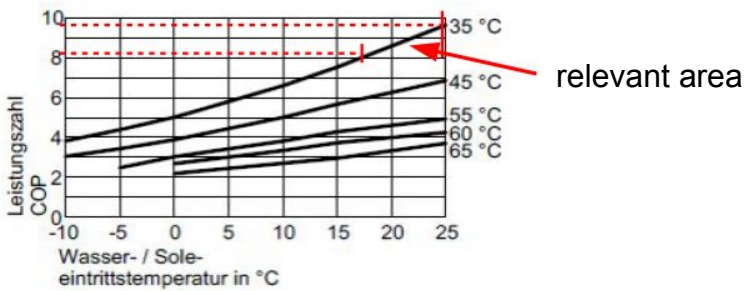


Fig. 5: Typical characteristic of water-water heat pumps

2.5 Series connection of heating circuits plus heat pump for refrigeration reuse

If you want to supply customers with cold in summer, the circuit according to Fig. 6 offers. It is designed to achieve the lowest possible return temperatures in the summer. The temperature in the cold buffer is cooled to 4 ° C., for example, for subsequent refrigeration. The waste heat goes into the hot water. In this case, the COP > 6, the EER > 5.

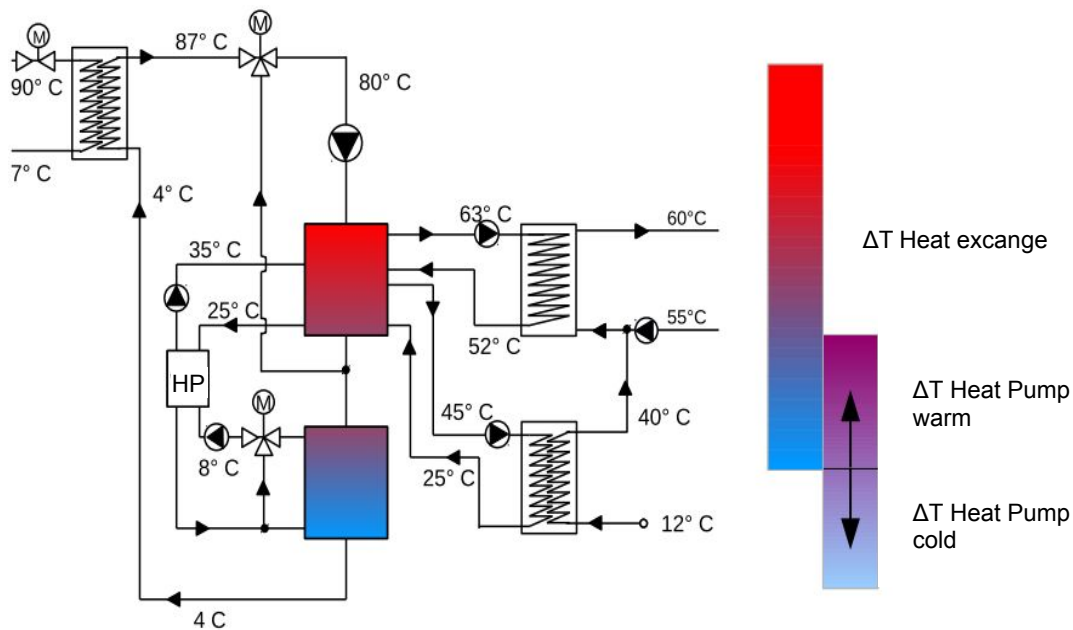


Fig. 6: 3

The big advantages are:

- there is no waste heat and
- effective refrigeration, very good value for EER

After refrigeration use, the reheated water may be re-heated with a still excellent low return temperature value of e.g. 15 ° C are returned.

2.6 Series connection of heating circuits plus hydraulic compressed air storage

The company 2-4 energy has developed a completely new concept and applied for a patent to store electricity in the form of compressed air and to generate electricity from compressed air again (1). The compression of the air is not as usual with screw compressors, but via hydraulic cylinders. This type of compression delivers significantly less heat loss.

The relaxation of compressed air is not as usual. In the previous method, the air is passed through nozzles on air motors. The disadvantage here is that the air must first be heated in order to prevent ice formation on the nozzles.

The company 2-4 energy directs the escaping compressed air in parallel and cascaded hydraulic cylinders and thus meets a relatively large area, which counteracts ice formation. As a result, the hydraulic cylinders press oil through a hydraulic motor, which in turn drives a generator to generate electricity.

Overall, the hydraulic / pneumatic compressed air reservoir works like a heat pump. When air is compressed, heat is created, when the air relaxes, coldness occurs.

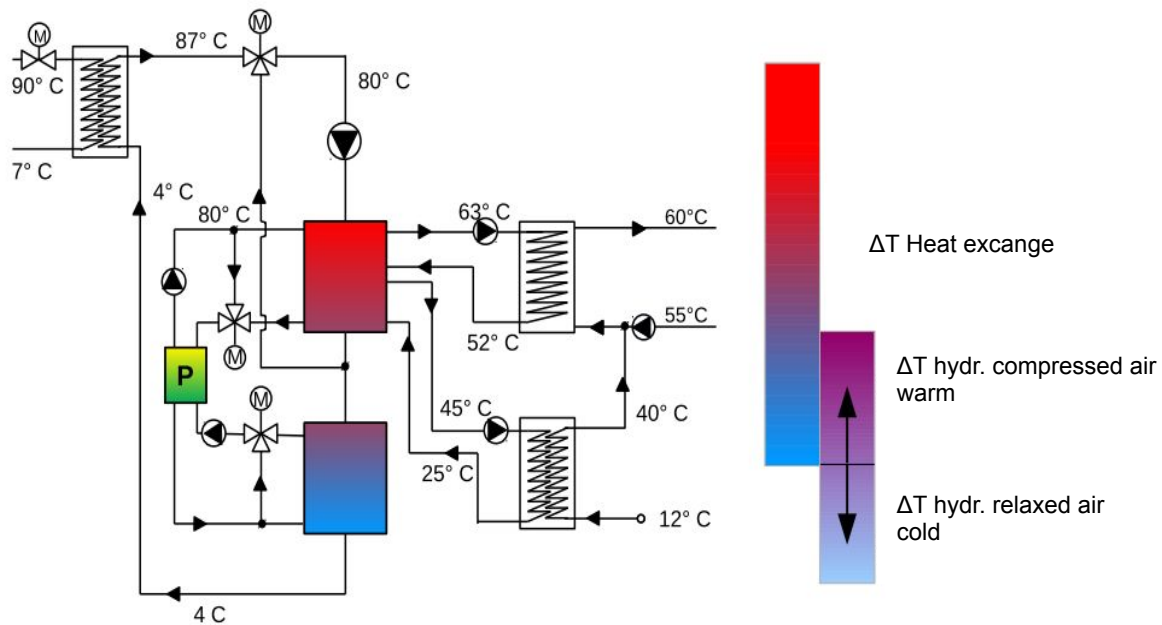


Fig. 7: Series connection of 3 heating circuits + hydraulic compressed air storage

Our circuit has the property of harnessing both the heat and the cold as described in Chapters 2.4 and 2.5.

The hydraulic / pneumatic compressed air reservoir is currently still in the development phase. A pilot plant is already successfully in operation. The company 2-4 energy is looking for an industrial partner who will tackle the series production of the plant.

2.7 Power-to-Heat, Power-to-Cool

A network with many substations each with a heat pump, one warm buffer and one cold buffer each can be connected and controlled via DCS as a virtual storage power plant. It is possible to store surplus electricity as heat or cold or to anticipate peaks from heat or cold. For cold technical reuse in a network, a second very cold return line is placed. From this second return line cooling can be decoupled centrally or refrigeration customers are connected directly to this line in the cold flow.

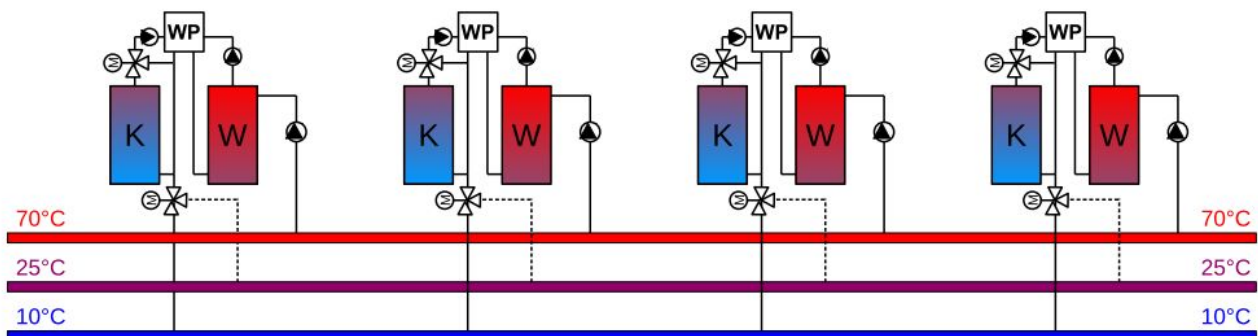


Fig. 8: Transfer stations with heat pumps as virtual storage power plant for power-to-heat and power-to-cool

If there is a lack of electricity or if the electricity price is too high, the heat pump is switched off. The circuit continues to provide good values through the series connection of the heating circuits.

In principle, it is possible that either the customer or the grid operator acts as an investor for the heat pump. In principle, both models are possible, but the current legal situation has not yet created any regulations, see Chapter 3.

Very low return temperatures must of course be awarded, otherwise no customer will install a heat pump. Currently individual contracts have to be formulated.

2.8 power-to-heat, power-to-cool, power-to-pressure, pressure-to-power

When using the hydraulic / pneumatic compressed air accumulator instead of the heat pump, the virtual storage power plant is added very valuable.

Whenever electricity is stored in compressed air energy, heat is generated. This heat can be stored in the warm buffer or consumed as needed as heat in the house.

Whenever electricity is generated from compressed air energy, cold is generated. This cold can be stored in the cold buffer and, if necessary, increases the ΔT and thus increases the efficiency of geothermal energy. In addition, the cold can be conducted via a second very cold return line analogous to Chapter 2.7 for reuse of refrigeration technology.

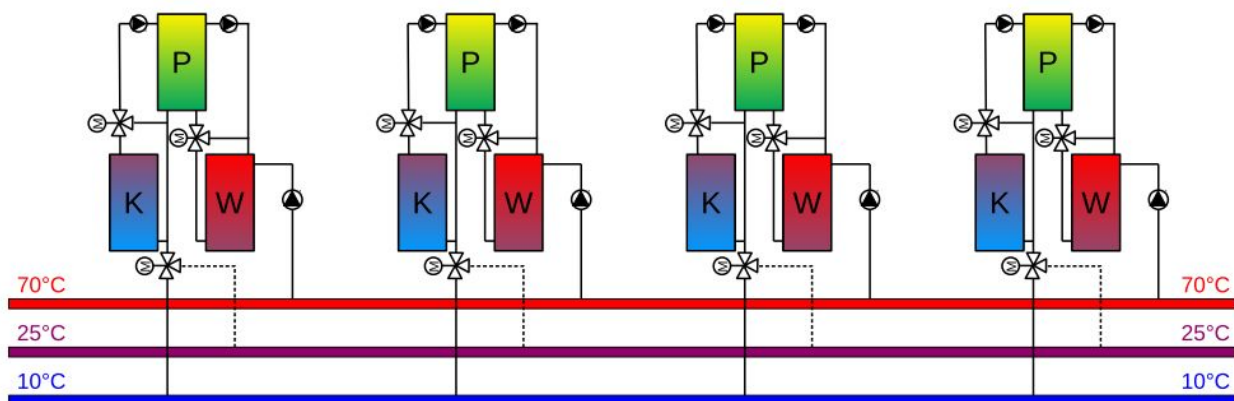


Fig. 9: Transfer stations with hydraulic / pneumatic compressed air storage for virtual power plant for Power-to-Heat, Power-to-Cool, Power-to-Pressure, Pressure-to-Power

3. Demands on the legislator and on the network operators

Currently, in Germany heat in may only be billed according to the amount of heat delivered. Unfortunately, the temperature level of heat dissipation does not matter. The measurement technology available today could support more meaningful billing models, the calibration law and the AVBFernwärmeV is unfortunately contrary to, or lag behind the development.

In addition, most network operators in Germany use a completely outdated instrument when calculating the base price. They demand a maximum value for return temperature. Customers are requested to comply with this max value at all times. The potential for even greater energy efficiency is not seen.

The return temperatures are far too high in Germany, the average values are above 60 ° C (2).

It is obvious that a new and effective instrument needs to be created. For the customer, an incentive must be created to cool the supplied amount of water at any time as far as possible. We suggest the introduction of a factor that measures the energy yield from a given quantity of water over a certain period of time. We call it the Efficiency-Factor; it can already be read today on every heat meter as per the key date:

$$\text{Efficiency-Factor} = \frac{\text{amount of heat [kWh]}}{\text{amount of Water [m}^3\text{]}}$$

This Efficiency-Factor could and should be used for reimbursements to investors, for the basic price calculation and also for the calculation of the working price. This value should be used in all local and district heating grids, in particular in LowEx grids and especially in geothermal grids. It is to be hoped that the legislator will create the framework conditions as soon as possible. Until then, of course, individual agreements between customers and network operators can be made, this applies to all of us presented circuit variants.

4. Result

The energy turnaround can only succeed if we break new ground and separate ourselves from obsolete demands.

"we have a common goal, let's get there - together"

Sources:

(1) Heiko Schwarzburger, Photovoltaikmagazin, 07-08/2019, *Ökostrom aus 300 bar*, page 70 – 74

(2) SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG: *Wie kann das bislang zur Verteilung von KWK-Wärme genutzte Fernwärmenetz der SWM tauglich gemacht werden für die zukünftige Einspeisung aus Geothermieranlagen*, 28.11.16, page 19

Author:

Schneider Franz Dipl.-Ing.(FH), IB Schneider, Pöhlmannstr. 5, D-80687 München
Email: schneider@schneider-muenchen.de

Partners:

Fa. Bälz & Sohn GmbH & Co. Büro München, Bäckerstr. 22, D-81241 München
Email: muenchen@baelz.de

Fa. Stolz Fernwärmeservice GmbH, Alte Landstr. 42, D-72072 Tübingen
Email: anfrage@stolz-fernwaerme.de

Fa. 2-4 energy UG, St. Antoniusstr. 6, D-86495 Eurasburg
Email: info@druckluftspeicher.net