

## Verfahren und Regeneration - Unterschiede zum Stand der Technik

Um die weltweit vereinbarten Klimaziele noch erreichen zu können muss der größte Teil des Wärmebedarfs durch Wärmepumpen und Nutzung von Erneuerbarer Energie gedeckt werden. Mittels patentierter Verfahren, einer technologischen Weiterentwicklung, kann die Effizienz von Wärmepumpenanlagen gegenüber Anlagen gemäß dem gegenwärtigen Stand der Technik gesteigert und zugleich auch eine ganzjährige Regeneration der Wärmequellen erreicht werden.

An den Wärmepumpen muss nichts verändert werden, die zugehörige Anlagentechnik wird lediglich um ein multifunktionales Regelsystem erweitert, mit dem auch bestehende Wärmepumpenanlagen nachgerüstet werden können.

Durch den höheren Wärmebedarf im Winterhalbjahr wird dem Erdreich viel Wärme entzogen, die Quellentemperatur nimmt ab, weil sich Wärme im trockenen Erdreich nur sehr langsam ausbreiten kann. Die Quellentemperatur von Sole/Wasser-Wärmepumpen verringert sich im Verlauf des Jahres erheblich von 10° bis 12°C im Sommer auf etwa 0° bis -2°C in der winterlichen Heizperiode. Die Erdreichtemperatur steigt erst danach allmählich wieder an.

Das innovative multifunktionale Regelsystem - als Effizienz-Modul bezeichnet - kann die für die Wärmepumpe wichtige Soletemperatur deutlich steigern und zugleich auch eine ganzjährige Regeneration der Wärmequelle bewirken.

Dies lässt sich erreichen sowohl durch eine Übertragung von etwas Wärme aus dem Heizkreis der Wärmepumpe in deren Quellenkreis während des Ladevorgangs, aber auch in der Zeit zwischen den Ladevorgängen durch eine Umwandlung von Strom in Wärme und deren Speicherung in der Wärmequelle.

Anlage 1 zeigt die Übertragung von Wärme über einen Wärmetauscher. Aufgrund des hohen Wirkungsgrads der Wärmeübertragung geht diese Wärme dem System nicht verloren, die Wärmepumpe muss allerdings geringfügig mehr Wärme erzeugen, weil der Wärmetauscher ein zusätzlicher Verbraucher ist. Die übertragene Wärme erhöht die Solevorlauftemperatur, wegen der gemäß VDI 4650 unveränderten Spreizung im Primärkreis von etwa 5°C erhöht sich auch die Solerücklauftemperatur und dadurch zugleich die Quellentemperatur. Die Energiefluss-Diagramme zeigen die Ergebnisse.

Darüber hinaus wird mit dem multifunktionalen Regelsystem auch Energie gewonnen, die bei Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik bei jedem neuen Start verloren geht. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um eine Sole/Wasser-Wärmepumpe oder eine Luft/Wasser-Wärmepumpe handelt, es um Wärme für die Heizung oder für den Warmwasserspeicher geht.

Bei Anlagen gemäß dem aktuellen Stand der Technik beginnt der Hochlauf bei jedem Start der Wärmepumpe mit einer niedrigeren Heizkreisvorlauftemperatur als in der Heizungsanlage oder im Warmwasserspeicher. Die zunächst erzeugte Wärme muss deshalb als Anergie betrachtet werden. Erst durch das multifunktionale Regelsystem kann sie für die Regeneration der Wärmequelle genutzt werden (siehe dazu Anlage 6).

Für hohe Jahresarbeitszahlen sind nicht nur niedrige Heizungstemperaturen günstig, sondern auch höhere Solevorlauftemperaturen, die den Temperaturhub zwischen der Quelle und dem Heizkreis deutlich verringern können. Wie sich dies auswirkt zeigt Anlage 2 anhand einer Beispielrechnung für eine Radiatorenheizung, mit steigender Quellentemperatur nimmt der Stromverbrauch wieder ab.

Den folgenden Grafiken sind Aufbau und Funktion des multifunktionalen Regelsystems für Sole/Wasser-Wärmepumpen und Luft/Wasser-Wärmepumpen zu entnehmen. Die Darstellungen sind dem Patent bzw. der Gebrauchsmusterschrift entnommen worden, eine Bezugszeichenliste ist beigelegt.

Anlage 3 zeigt wie in Anlage 1 die Übertragung von etwas Wärme aus dem Heizkreisvorlauf (62) der Wärmepumpe in deren Primärkreis über den Wärmetauscher (20). Die Wärme wird nach Zuschaltung der kleinen Umwälzpumpe (22) durch Umschaltung des Dreiwegeventils (21) übertragen auf den Solevorlauf (24) und dann während des Ladevorgangs über den Quellenrücklauf (54) zur Erdsondenanlage der Quelle (51).

Die Umwandlung von Strom in Wärme wird in Anlage 4 dargestellt. Der aus dem Netz zugeführte Strom wird in der Zeit zwischen den Ladevorgängen von der Wärmepumpe (70) über deren Heizstab (71) in Wärme umgewandelt, dann über den Heizkreis (62) nach Umschaltung des Dreiwegeventils (31) weitergeleitet an den Wärmetauscher (30) und von dort über den Quellenrücklauf (54) zur Erdsondenanlage der Quelle (51).

Das System lässt sich in abgewandelter Form ebenfalls bei den überwiegend installierten Luft/Wasser-Wärmepumpen einsetzen. Bei geringer Leistung kann auf eine Übertragung verzichtet werden. Die durch Umwandlung von Strom zur Verfügung stehende Wärme wird in einen Speicher geleitet, wie er auch schon in vielen Anlagen enthalten ist, die mit einer Solaranlage versehen wurden.

Anlage 5 zeigt für Luft/Wasser-Wärmepumpen Aufbau und Funktion des abgewandelten multifunktionalen Regelsystems. Die für Fig. 5 angegebenen Kennziffern sind der beigelegten Bezugszeichenliste zu entnehmen.

Die für den Ladevorgang der Wärmepumpe notwendige Wärme wird dem beheizbaren Speicher für Wasser (21) entnommen, dem die Wärme der Außenluft (25) oder Wärme aus einer Solaranlage (26) zugeleitet wird. Die gespeicherte Wärme wird dann über den Vorlauf (11) der Wärmepumpe (10) zugeführt. Die Temperatur des Wassers verringert sich zwischen Vorlauf und Rücklauf gemäß VDI 4650 um etwa 5°C und fließt über den Rücklauf (12) wieder zurück in den Speicher.

Weil bei Anlagen gemäß dem Stand der Technik in der winterlichen Heizperiode dem Speicher auch aus Solaranlagen keine Wärme mehr zur Verfügung steht und der Wärmepumpe lediglich noch deutlich kühleres Wasser zugeführt wird, kann die erforderliche höhere Heiztemperatur nur durch erheblich mehr Strom erreicht werden - dies ist der Grund für den hohen Stromverbrauch im Winter, der zu den extrem hohen Lastspitzen im Stromnetz führt.

Die Situation lässt sich dadurch verbessern, dass durch das multifunktionale Regelsystem schon frühzeitig während der regelmäßigen nächtlichen Schwachlastzeiten im Stromnetz der zeitweise überschüssige Strom aus Windkraftanlagen zur Erwärmung des Wassers im Speicher genutzt wird. Schon jetzt gibt es derartige Überschusszeiten, mit zukünftig weit mehr Windkraftanlagen werden diese noch zunehmen.

Die Lösung: Der Luft/Wasser-Wärmepumpe (10) wird ein Wärmetauscher (16) mit dem Regelsystem (29) angefügt. Überschüssiger Strom aus Windkraftanlagen kann mittels der Heizstäbe der Wärmepumpe die notwendige Wärme erzeugen, diese wird aber nicht in den Heizkreis (13) oder den Warmwasserspeicher geleitet.

Statt dessen wird das Dreiwegeventil im Heizkreisvorlauf (14) umgeschaltet, somit die Wärme über die Zuleitung (17) dem Wärmetauscher (16) zugeführt und über die Rückleitung (18) wieder zur Wärmepumpe geleitet. Um die Temperatur im Speicher (21) zu erhöhen wird Wasser über die Zuleitung (22) dem Wärmetauscher (16) zugeleitet, dort durch die sehr viel höhere Temperatur deutlich erwärmt und über die Rückleitung (23) dem Speicher wieder zugeführt.

Durch das innovative multifunktionale Regelsystem ergeben sich weitere Möglichkeiten zur Einsparung von Energie, was bei allen Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik bei der üblichen Betriebsweise nicht möglich ist, wie die Aufzeichnung einer Erwärmung von Brauchwasser in Anlage 6 zeigt.

Bei jedem Start einer Wärmepumpe ist die Temperatur in deren Heizkreis zunächst noch niedriger als die Heizungstemperatur oder auch die Temperatur im Brauchwasserspeicher. Deren Temperatur verringert sich sogar etwas, zuvor bereits erzeugte Energie geht damit verloren - bei jedem Ladevorgang wird so zunächst Anergie erzeugt! Der Ladevorgang dauert insgesamt 30 Minuten, allein 16 Minuten dauert es aber in diesem Beispiel, bis die Brauchwassertemperatur zu Beginn des Ladevorgangs von 45°C wieder erreicht wird.

Je größer der jeweilige Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Heizkreis ist, um so länger dauert es, bis die notwendige Temperatur von der Wärmepumpe erreicht wird. In der Heizperiode kann es in einem kalten Wintermonat mit hohem Wärmebedarf auch eine sehr hohe Heizkreistemperatur geben, zugleich wird sich dadurch eine sehr geringe Quellentemperatur einstellen.

Diese Zeit nach dem Start der Wärmepumpe kann mittels des multifunktionalen Regelsystems jeweils genutzt werden für eine Umleitung der Wärme in die Erdsonde oder den

Speicher und so deren Temperatur steigern. Dies ergibt sich täglich mehrfach, auch in der Zeit nach dem Ende von jedem Ladevorgang, wenn die Heizkreistemperatur wieder allmählich absinkt.

### Der große Unterschied gegenüber dem aktuellen Stand der Technik

Bei jedem Start der Wärmepumpe wird dem Erdreich bzw. dem Wärmespeicher sofort Wärme entzogen, dessen Temperatur verringert sich mehr oder weniger je nach Dauer des Vorgangs. Durch das zusätzliche multifunktionale Regelsystem kann jedoch zunächst die im Heizkreis der Wärmepumpe entstehende Wärme sofort wieder der Erdsonde bzw. dem Wärmespeicher zugeführt werden, bis im Heizkreis die erforderliche Temperatur zum Heizen oder zur Erwärmung des Brauchwassers erreicht wird. Es wird also Wärme aus dem Heizkreis wieder zurückgeführt, deren Temperatur deutlich höher ist als die Temperatur der nach dem Start zuvor entnommenen Wärme aus der Quelle - die Quelltemperatur verringert sich daher nicht, sie erhöht sich zunächst sogar bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Heizkreistemperatur einen ausreichend hohen Wert erreicht hat und das Dreiwegeventil wieder umschaltet auf Heizung oder Brauchwasser.

Die Übertragung von etwas Wärme kann also jederzeit während des Ladevorgangs der Wärmepumpe erfolgen, die Umwandlung von Strom in Wärme findet dagegen in der Zeit zwischen den Ladevorgängen statt - beide steigern die Quelltemperatur.

Wie sich dies auswirkt ist der als Anlage 7 beigefügten Tabelle zu entnehmen. Bei den Werten in der oberen Hälfte der Tabelle handelt es sich um den Normalbetrieb, bei der unteren Hälfte um die Werte, die sich während der Übertragung von etwas Wärme aus dem Heizkreis gemäß Anlage 1 bei einer um  $0,4^\circ\text{C}$  höheren Temperatur ergeben.

Gegenüber den in der Tabelle angegebenen Bezugswerten  $P_{el}$  (für elektrische Leistung) und  $P_{EW}$  (für Erdwärme) bei einer sommerlichen Quelltemperatur von  $10^\circ\text{C}$  führt die bei Wärmepumpenanlagen gemäß dem Stand der Technik im Jahresverlauf sich immer verringere Quelltemperatur zu einer deutlichen Erhöhung des Strombedarfs.

Deshalb ist es sinnvoll, schon bei einem leichten Rückgang der Quelltemperatur mit einer Übertragung von etwas Wärme aus dem Heizkreis zu beginnen. Die dabei nur geringe Erhöhung der Quelltemperatur um  $0,4^\circ\text{C}$  von beispielsweise  $8,0^\circ\text{C}$  auf dann  $8,4^\circ\text{C}$  führt bereits dazu, dass sich die elektrische Leistung während der Übertragung um 20 Watt verringert und nach deren Ende bei einem Anstieg der Quelltemperatur auf  $10^\circ\text{C}$  auch wieder der Bezugswert von 2,077 kW erreicht wird - die Anhebung der Quelltemperatur um  $2^\circ\text{C}$  verringert den weiteren Strombedarf damit um 5,8 %.

Deutlich höhere Effizienzsteigerungen lassen sich erreichen durch eine Umwandlung von Strom in Wärme, sei es durch eine Entnahme aus dem Stromnetz oder wenn der zeitweilige Überschuss von Strom aus Windkraftanlagen genutzt werden kann.

Welche Vorteile sich durch die Erhöhung der Quelltemperatur bzw. der Temperatur im Speicher ergeben lässt sich ermitteln durch die als Anlage 8 beigefügte Berechnung

der Tabellenwerte der erforderlichen elektrischen Leistung und der Erdwärme - schon mit der Zuführung von nur wenig Energie, die den Rückgang der Quelltemperatur in der Heizperiode weitgehend verhindern kann, lässt sich der Jahresverbrauch an Strom deutlich verringern.

## Anlagen

1. Schematische Darstellung von Sole/Wasser-Wärmepumpen
2. Berechnung der erforderlichen elektrischen Leistung
3. Multifunktionales Regelsystem für Sole/Wasser-Wärmepumpen bei der Übertragung von Wärme aus dem Heizkreis
4. Multifunktionales Regelsystem für Sole/Wasser-Wärmepumpen bei der Umwandlung von Strom in Wärme
5. Multifunktionales Regelsystem für Luft/Wasser-Wärmepumpen, abgewandelt zur Übertragung von Wärme direkt nach dem Start in den Speicher (Nutzung von Anergie)
6. Beispiel für die Erwärmung eines Brauchwasser-Speichers
7. Einfluss der Quelltemperatur auf die Anteile der elektrischen Leistung und der Erdwärme
8. Berechnung der Tabellenwerte

30.5.2023

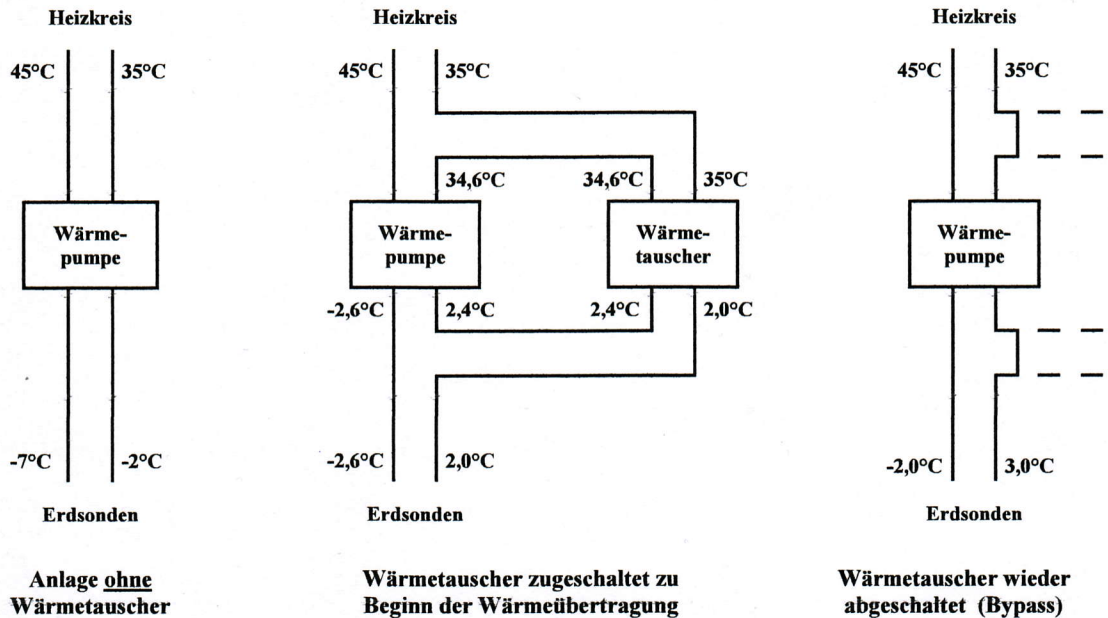


WB2-ZE2

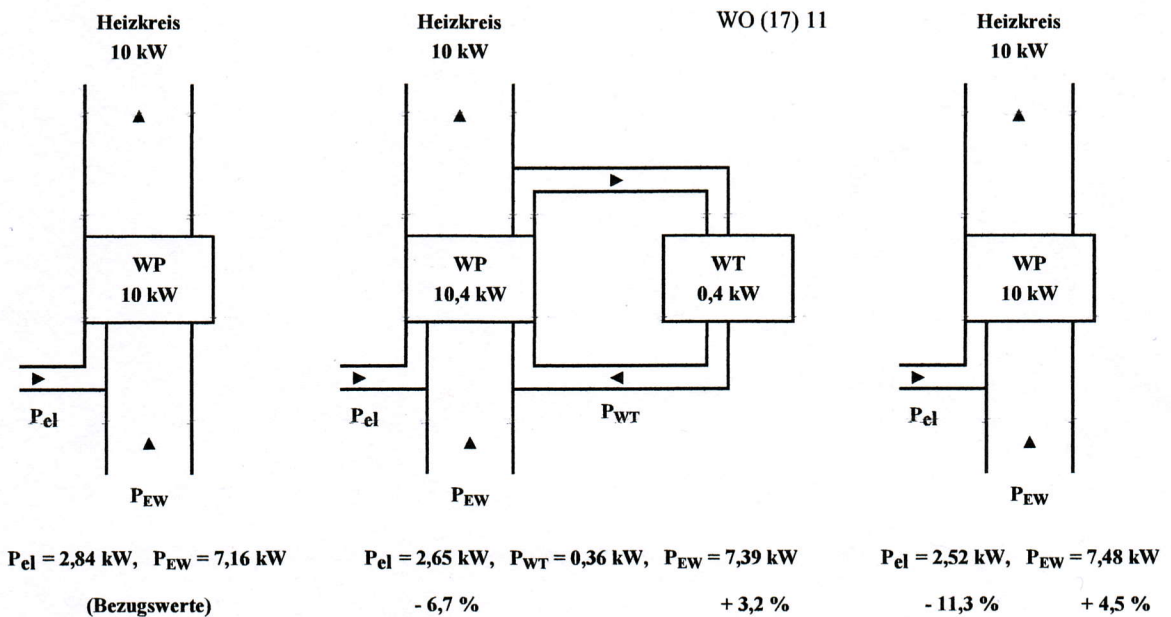
Diese kurze Übersicht soll das Prinzip der Wärmeübertragung aus dem Heizkreis der Wärmepumpe auf deren Solekreis veranschaulichen.

Die Abbildung auf der linken Seite stellt eine herkömmliche Anlage gemäß dem Stand der Technik dar, die Solevorlauftemperatur ist im Verlauf der Heizperiode bis auf  $-2^{\circ}\text{C}$  gefallen.

Die beiden anderen Abbildungen zeigen die Anordnung nach Einfügung eines Wärmetauschers und die möglichen Betriebstemperaturen unter der Annahme, dass sich die Solevorlauftemperatur durch zeitweilige Wärmeübertragungen nur auf etwa  $+2^{\circ}\text{C}$  verringert hat.



Die Energiefluss-Diagramme geben die Ergebnisse der entsprechenden Berechnungen wieder.



### Anlage 1 Schematische Darstellung von Sole/Wasser-Wärmepumpenanlagen ohne und mit Wärmetauscher bei winterlichen Betriebsbedingungen

Für den idealen **Carnot-Prozess** ergibt sich die theoretische Leistungszahl  $\epsilon_C$  aus

$$\epsilon_C = T_o / (T_o - T_u) = T_o / \Delta T \quad (\text{alle Temperaturen in K})$$

mit  $T_o$  = Temperatur der Wärmesenke (Heizkreis)

$T_u$  = Temperatur der Wärmequelle (beispielsweise Sole)

$\Delta T$  = Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Wärmesenke

Für die Leistungszahl  $\epsilon_{WP}$  einer realen Wärmepumpe können überschlägig 50% der theoretischen Leistungszahl  $\epsilon_C$  angesetzt werden,

für **Wärmepumpen** gilt daher  $\epsilon_{WP} = 0,5 \cdot \epsilon_C$ .

Die Leistungszahl  $\epsilon_{WP}$  ist das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung  $P_{th}$  zu aufgenommener elektrischer Leistung  $P_{el}$ .

**Beispiel einer Berechnung** für eine Heizlast (Wärmeleistung) von  $10 \text{ kW}_{therm}$

Heizkreistemperaturen =  $45/35 \text{ }^\circ\text{C}$ , Mittelwert =  $40 \text{ }^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$  ( $T_o$ )

Soletemperaturen (Quelle) =  $0/-5 \text{ }^\circ\text{C}$ , Mittelwert =  $-2,5 \text{ }^\circ\text{C} = 270,5 \text{ K}$  ( $T_u$ )

bei Quellentemperatur  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ : Temperaturhub  $\Delta T = 313 \text{ K} - 270,5 \text{ K} = 42,5 \text{ K}$

$$\epsilon_{WP} = 0,5 \cdot \epsilon_C = 0,5 \cdot T_o / \Delta T = P_{th} / P_{el}$$

$$\rightarrow P_{el} = P_{th} \cdot \Delta T / 0,5 \cdot T_o = \Delta T \cdot 10 / 156,5 \rightarrow P_{el} = 0,0639 \cdot \Delta T$$

Quelle $^\circ\text{C}$	Hub $\Delta T$ in K	$P_{el}$ kW
14	28,5	1,821
13	29,5	1,885
12	30,5	1,949
11	31,5	2,013
10	32,5	2,077
9	33,5	2,141
8	34,5	2,204
7	35,5	2,268
6	36,5	2,332
5	37,5	2,396

Quelle $^\circ\text{C}$	Hub $\Delta T$ in K	$P_{el}$ kW
4	38,5	2,460
3	39,5	2,524
2	40,5	2,588
1	41,5	2,652
0	42,5	2,716
-1	43,5	2,780
-2	44,5	2,843
-3	45,5	2,907
-4	46,5	2,971
-5	47,5	3,035

WO (7) 89

**Bild 2** Berechnung der erforderlichen elektrischen Leistung für eine Wärmepumpenanlage in Abhängigkeit von der Quellentemperatur

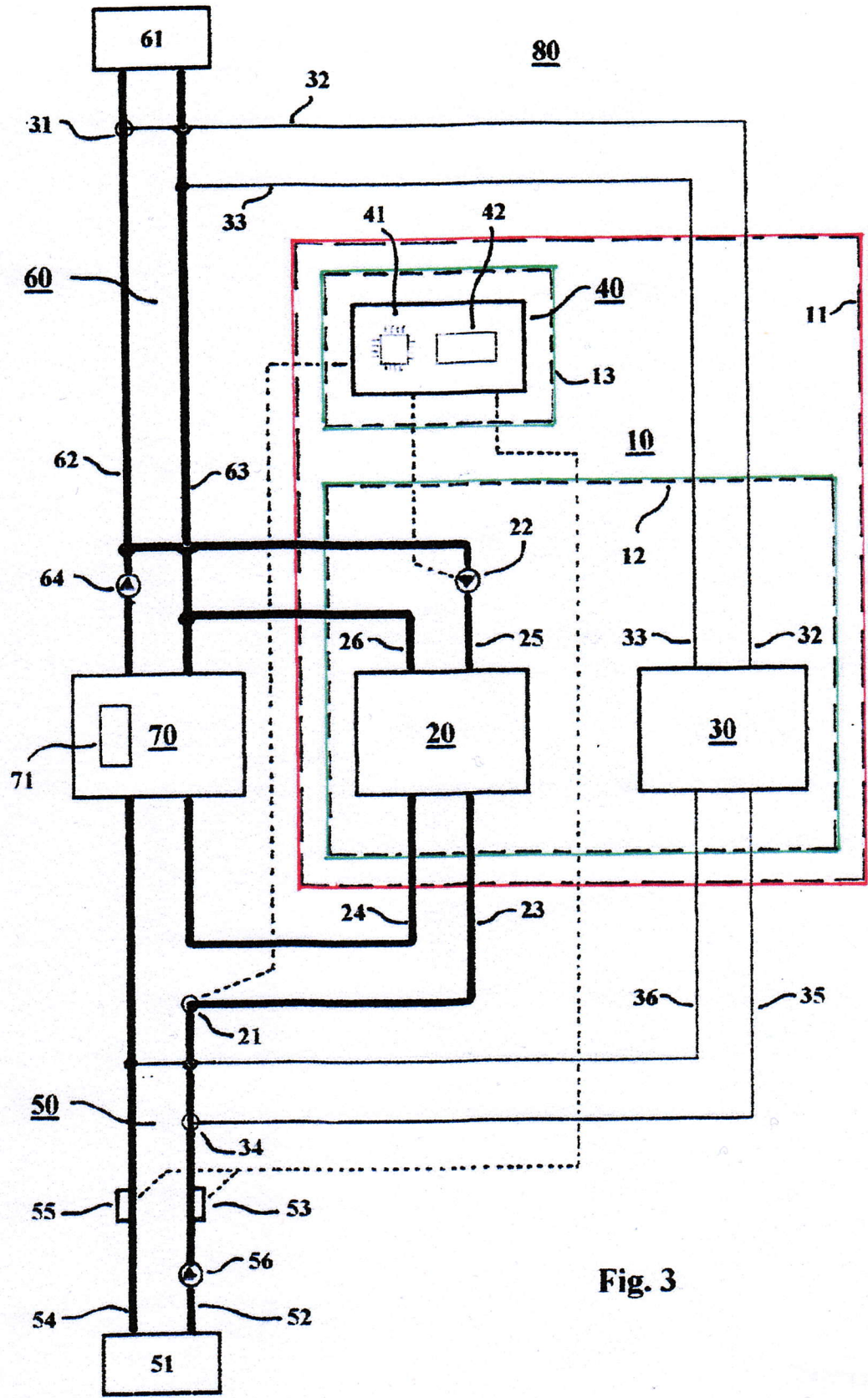


Fig. 3

Anlage 3 Multifunktionales Regelsystem für Sole/Wasser-Wärmepumpen bei der Übertragung von Wärme aus dem Heizkreis



## Bezugszeichenliste

- 10 Einrichtung zur Erhöhung der Quellentemperatur
- 11 Gehäuse der Einrichtung
- 12 Modul 1 / Wärmetauschersystem
- 13 Modul 2 / Regelsystem
- 20 Wärmetauscher 1
- 21 Dreiwegeventil 1 / Quellenvorlauf
- 22 Umwälzpumpe für Wärmetauscher 1
- 23 Zuleitung vom Quellenvorlauf zum Wärmetauscher 1
- 24 Zuleitung von Wärmetauscher 1 zur Wärmepumpe
- 25 Zuleitung vom Heizkreisvorlauf zum Wärmetauscher 1
- 26 Rückleitung vom Wärmetauscher 1 zum Heizungsrücklauf
- 30 Wärmetauscher 2
- 31 Dreiwegeventil 2 / Heizkreisvorlauf
- 32 Zuleitung vom Heizkreisvorlauf zum Wärmetauscher 2
- 33 Rückleitung vom Wärmetauscher 2 zum Heizkreisrücklauf
- 34 Dreiwegeventil 3 / Quellenvorlauf
- 35 Zuleitung vom Quellenvorlauf zum Wärmetauscher 2
- 36 Rückleitung vom Wärmetauscher 2 zum Quellenrücklauf
- 40 Regelsystem mit Optimierungsprogramm
- 41 Prozessor
- 42 Speicher
- 50 Quellenkreis (Primärkreis der Wärmepumpe)
- 51 Quelle (Erdsonden oder Speicher)
- 52 Quellenvorlauf
- 53 Temperatursensor im Quellenvorlauf
- 54 Quellenrücklauf
- 55 Temperatursensor im Quellenrücklauf
- 56 Quellenpumpe
- 60 Heizkreis
- 61 Heizungsanlage
- 62 Heizkreisvorlauf
- 63 Heizkreisrücklauf
- 64 Heizkreispumpe
- 70 Wärmepumpe
- 71 Elektrische Zusatzheizung
- 80 Wärmepumpenanlage (Gesamtdarstellung)

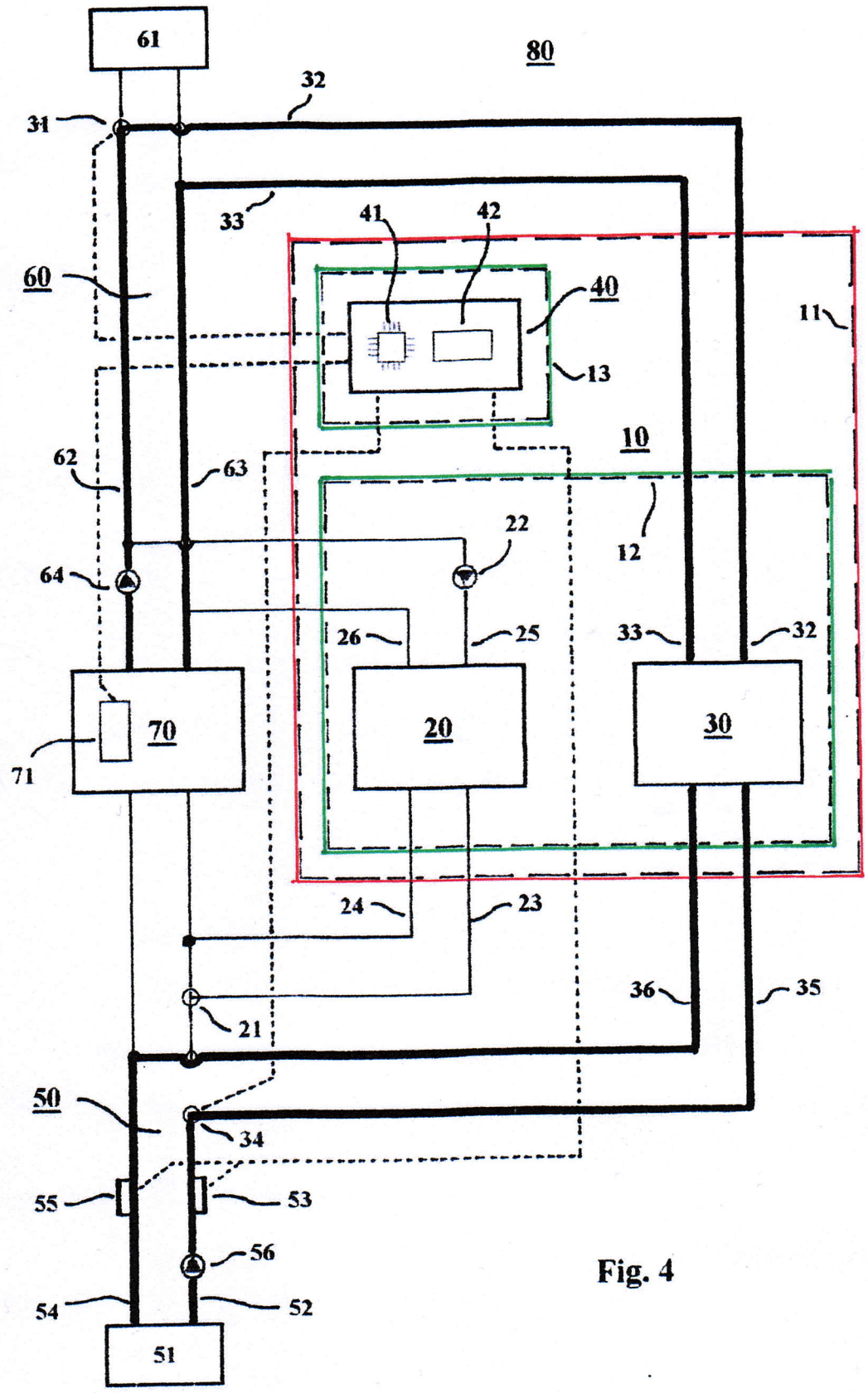
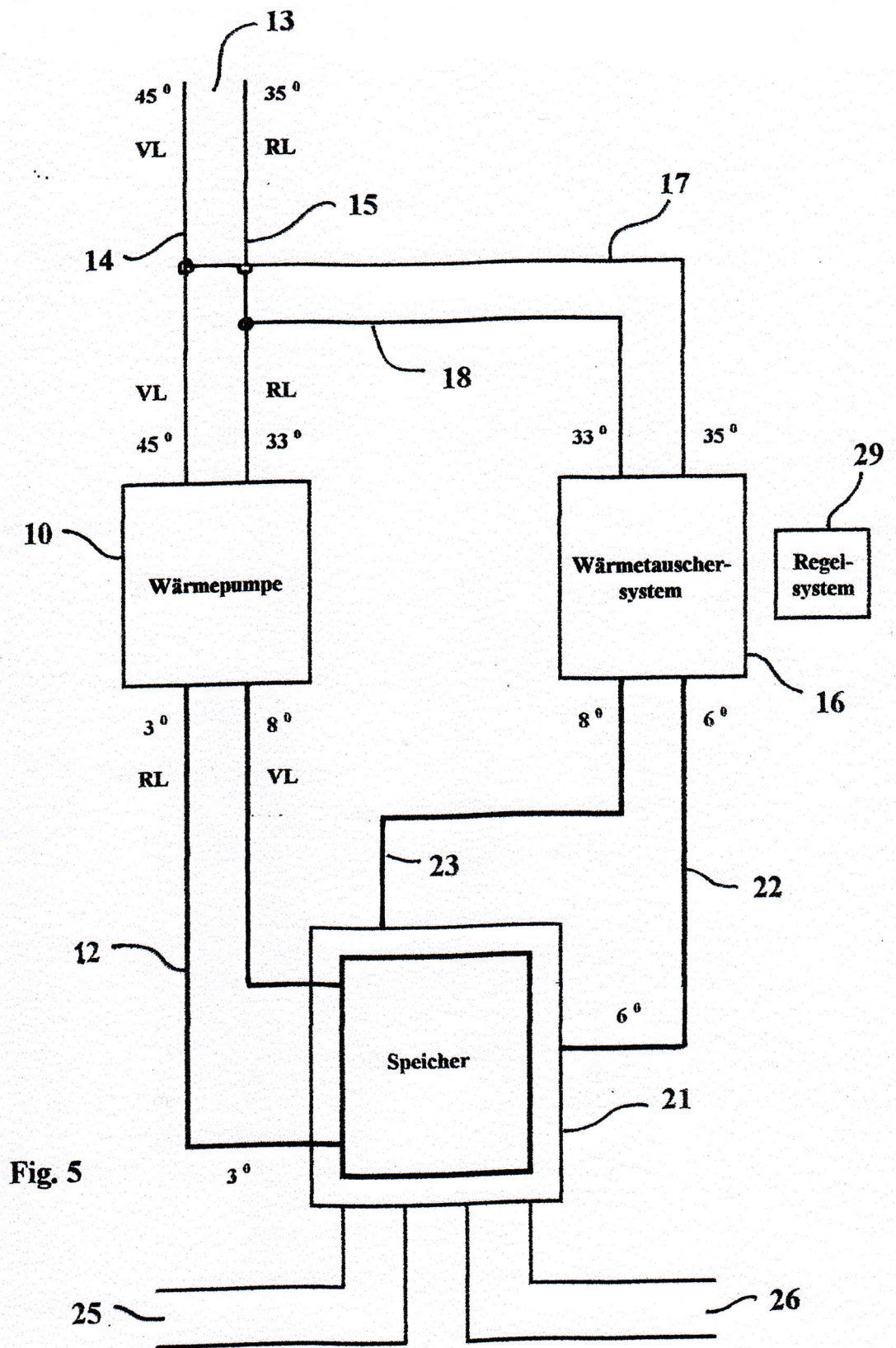


Fig. 4

Anlage 4 Multifunktionales Regelsystem für Sole/Wasser-Wärmepumpen bei der Umwandlung von Strom in Wärme



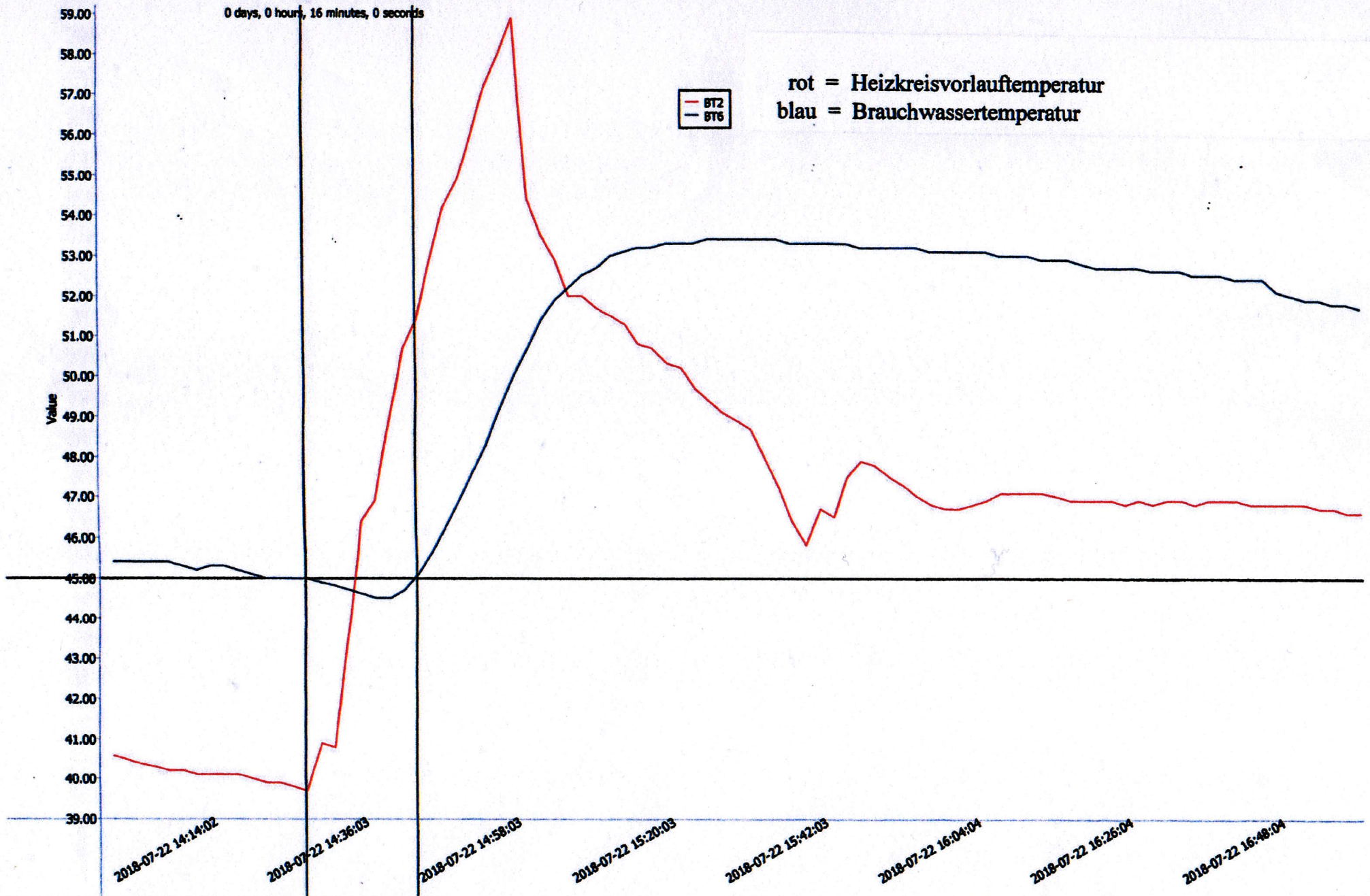
**Anlage 5 Multifunktionales Regelsystem für Luft/Wasser-Wärmepumpen, abgewandelt zur Übertragung von Wärme direkt nach dem Start in den Speicher (Nutzung von Anergie)**

### **Bezugszeichenliste zu Fig. 5 \***

- 10 Wärmepumpe
- 11 Vorlauf Wärmepumpe  
(Zuleitung Wasser vom Speicher zur Wärmepumpe)
- 12 Rücklauf Wärmepumpe  
(Rückleitung von Wasser zum Speicher)
- 13 Heizkreis (auch für Brauchwassererwärmung)
- 14 Heizkreisvorlauf
- 15 Heizkreisrücklauf
- 16 Wärmetauschersystem
- 17 Zuleitung Heizwasser zum Wärmetauschersystem
- 18 Rückleitung Heizwasser zur Wärmepumpe
- 21 beheizbarer Speicher (Wasser)
- 22 Zuleitung Wasser zum Wärmetauschersystem
- 23 Rückleitung Wasser zum Speicher
- 25 Zuführung von Wärme aus der Außenluft
- 26 Zuführung von Wärme aus der Solaranlage
- 29 Temperaturregelsystem für den Wärmetauscher  
(bei der Umwandlung von Strom in Wärme und bei der Nutzung von Anergie beim Hochlauf der Wärmepumpe)

\* Fig. 5 wurde dem Patent für das Verfahren entnommen und modifiziert für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe.

Das Regelsystem entspricht dem multifunktionalen Regelsystem für das Gebrauchsmuster, aber vereinfacht nur für die Umwandlung von Strom in Wärme und die Nutzung der Anergie nach dem Start der Wärmepumpe.



Anlage 6 Beispiel für die Erwärmung eines Brauchwasser-Speichers

**Anlage gemäß dem Stand der Technik bzw. Anlage mit abgeschaltetem Wärmetauscher (Normalbetrieb) \***

-2/-7 °C	Quelle 0/-5 °C	2/-3 °C	4/-1 °C	6/1 °C	8/3 °C	10/5 °C	Quelle 10/5 °C
313 K	$T_o = 40\text{ °C} = 313\text{ K}$	313 K	313 K	313 K	313 K	313 K	<u><math>P_{el} = 2,077\text{ kW}</math></u>
-4,5 °C	$T_u = -2,5\text{ °C} = 270,5\text{ K}$	-0,5 °C	1,5 °C	3,5 °C	5,5 °C	7,5 °C	<u><math>P_{EW} = 7,923\text{ kW}</math></u>
44,5 K	$\Delta T = 42,5\text{ K}$	40,5 K	38,5 K	36,5 K	34,5 K	32,5 K	<u>Bezugswerte</u>
3,517	$\varepsilon = 3,682$	3,864	4,065	4,288	4,536	4,815	
2,843 kW	$P_{el} = 2,716\text{ kW}$	2,588 kW	2,460 kW	2,332 kW	2,204 kW	2,077 kW	für die Veränderungen zur elektrischen Leistung und zum Anteil der Erdwärme
+36,9 %	+30,8 % gg. Bezugswert	+24,6 %	+18,4 %	+11,2 %	+6,1 %		
7,157 kW	$P_{EW} = 7,284\text{ kW}$	7,412 kW	7,540 kW	7,668 kW	7,796 kW	7,923 kW	
-9,7 %	-8,0 % gg. Bezugswert	-6,4 %	-4,8 %	-3,2 %	-1,6 %		

**Anlage mit zugeschaltetem Wärmetauscher (Übertragung) bei einer Erhöhung um 0,4 °C \***

-1,6/-6,6 °C	Quelle 0,4/-4,6 °C	2,4/-2,6 °C	4,4/-0,6 °C	6,4/1,4 °C	8,4/3,4 °C	10,4/5,4 °C	Quelle 10,4/5,4 °C
312,8 K	$T_o = 39,8\text{ °C} = 312,8\text{ K}$	312,8 K	312,8 K	312,8 K	312,8 K	312,8 K	<u><math>P_{el} = 2,054\text{ kW}</math></u>
-4,1 °C	$T_u = -2,1\text{ °C} = 270,9\text{ K}$	-0,1 °C	1,9 °C	3,9 °C	5,9 °C	7,9 °C	<u><math>P_{EW} = 7,986\text{ kW}</math></u>
43,9 K	$\Delta T = 41,9\text{ K}$	39,9 K	37,9 K	35,9 K	33,9 K	31,9 K	* Alle Berechnungen für eine <u>Radiatorenheizung</u> einer Anlage mit einer Heizlast von 10 kW und Heizkreistemperaturen von 45/35 °C
3,563	$\varepsilon = 3,733$	3,920	4,127	4,356	4,613	4,903	
2,827 kW	$P_{el} = 2,689\text{ kW}$	2,561 kW	2,440 kW	2,312 kW	2,183 kW	2,054 kW	
+37,6 %	+30,9 % gg. Bezugswert	+25,1 %	+18,8 %	+12,6 %	+6,3 %		
7,213 kW	$P_{EW} = 7,351\text{ kW}$	7,471 kW	7,600 kW	7,728 kW	7,857 kW	7,986 kW	
-9,6 %	-7,9 % gg. Bezugswert	-6,4 %	-4,8 %	-3,2 %	-1,6 %		

**Anlage 7 Einfluss der Quelltemperatur bei einer Radiatorenheizungsanlage ohne bzw. mit zugeschaltetem Wärmetauscher auf die Anteile der elektrischen Leistung und der Erdwärme**

Erforderliche Angaben: Aktuelle Heizlast, Heizungstemperaturen (Vorlauf und Rücklauf), Soletemperaturen (Vorlauf und Rücklauf) und Quellentemperatur

Vorgaben für die Berechnung:

Wärmeleistung  $P_{th}$  (Heizlast) = 10 kW (bzw. 10,4 kW)

Heizungstemperaturen = 45 / 35 °C Mittelwert  $T_o = 40$  °C = 313 K

Soletemperaturen = Vorlauftemperatur 8 °C, Rücklauftemperatur 3 °C,

Mittelwert  $T_u = 5,5$  °C = 278,5 K bei einer Spreizung von 5 K gemäß VDI

Quellentemperatur = 8 °C entsprechend der Solevorlauftemperatur

Beispiel der Berechnung:

Differenz  $\Delta T = T_o - T_u = 313$  K - 278,5 K = 34,5 K

Carnot-Formel  $\epsilon_c = T_o / \Delta T = 313 / 34,5 = 9,072$

davon Ansatz für Wärmepumpen etwa 50 %

Wärmepumpe  $\epsilon_{WP} = 0,5 \cdot \epsilon_c = 4,536$   $\epsilon_{WP} = P_{th} / P_{el} =$  Leistungszahl COP

Elektrische Leistung  $P_{el} = P_{th} / \epsilon_{WP} = 10$  kW / 4,536  $\rightarrow P_{el} = 2,204$  kW

Anteil der Erdwärme  $P_{EW} = P_{th} - P_{el} = 10$  kW - 2,204 kW  $\rightarrow P_{EW} = 7,796$  kW

Bei einer Übertragung von Wärme aus dem Heizkreis der Wärmepumpe in deren Primärkreis (Solevorlauf) sind folgende Daten für das Beispiel anzupassen:

Quellentemperatur = 8,4 °C (statt 8 °C), Heizlast = 10,4 kW (statt 10 kW),

Soletemperaturen = Vorlauf 8,4 °C, Rücklauf = 3,4 °C, Mittelwert  $T_u = 5,9$  °C

WO (53)

**Anlage 8 Berechnung der Tabellenwerte der elektrischen Leistung und des Anteils der Erdwärme in Abhängigkeit von der jeweiligen Quellentemperatur**