

Bilanzgrenzen für alle Wärmepumpen? Noch nicht für das neuartige Verfahren!

Warum? Durch das Verfahren wird nach dem Start der Wärmepumpe die zunächst sehr geringe Temperatur der erzeugten Wärme durch deren Übertragung in die Wärmequelle für eine deutliche Steigerung der Anlagen-Effizienz genutzt, das kann jedoch von den üblichen Bilanzgrenzen nicht berücksichtigt werden. Die Temperatur der Quelle steigt durch die Rückführung der Wärme sehr schnell auf bedeutend höhere Werte an, ohne dass dafür zusätzliche Energie eingesetzt werden muss.

Hersteller von Wärmepumpen und Wissenschaftliche Institute haben aber bisher ohne den gewünschten Kontakt aufzunehmen weiterhin stets Bilanzgrenzen zugrunde gelegt, wie das beigefügte Beispiel 1 von Vaillant sowie das Beispiel 2 vom Institut Inatech der Freiburger Universität zeigen.

Mit den Bilanzgrenzen lässt sich das Problem nicht erfassen und bewerten. Die Frage ist doch, welchen Einfluss hat nach dem Start der Wärmepumpe die Überleitung von Wärme aus dem Heizkreis an einen Wärmetauscher und dann weiter an die Wärmequelle der Sole/Wasser-Wärmepumpe oder einen Wärmespeicher der Luft/Wasser-Wärmepumpe, wenn der Heizungsanlage oder dem Warmwasserspeicher erst dann die Wärme aus dem Heizkreis zugeleitet wird, sobald die dafür erforderliche Temperatur erreicht wurde.

Diese an die Wärmequelle übertragene Wärme geht nicht verloren! Sie ist bei allen eingesetzten üblichen Wärmepumpen für deren normalen Betrieb erforderlich, um die nach dem Start noch zu niedrige Heizkreisvorlauftemperatur allmählich so weit wie es nötig ist zu erhöhen, um beispielsweise die Warmwassertemperatur im Speicher überhaupt wieder steigern zu können. Das ist zunächst gar nicht möglich, die Temperatur im Speicher sinkt sogar durch die Zuführung des noch kühlen Wassers weiter ab, wie an mehreren Beispielen gezeigt wird.

Das Beispiel 3 enthält eine Tabelle mit den Daten einer am 19.10.2023 in der eigenen Wärmepumpenanlage aufgenommenen Erwärmung von Warmwasser. Der Vorgang beginnt, wenn die Temperatur von 45°C im Speicher unterschritten wird und endet, sobald 50°C erreicht werden. Wer sich die Tabelle genau ansieht wird erkennen, dass die Temperatur BW nicht ansteigt, sondern sich sogar deutlich um fast ein Grad verringert, was man ebenso auch im Beispiel 4 in der Grafik 5.5 sehen kann. Die rote Linie BT2 zeigt die Vorlauftemperatur VL im Heizkreis der Wärmepumpe und die blaue Linie die Temperatur BT6 im Brauchwasserspeicher.

Es dauerte 26 Minuten, wie die Grafik zeigt, erst dann hatte die langsam ansteigende Vorlauftemperatur die Temperatur im Speicher wieder auf 45°C erhöhen können, also auf den Wert, den es bereits beim Start der Wärmepumpe gab. In der Tabelle sieht man, dass dafür allein 6 kWh Strom erforderlich waren - ein erheblicher Verlust, den man

als Anergie betrachten muss, aber bei allen Wärmepumpen gemäß dem aktuellen Stand der Technik nicht zu vermeiden ist.

Das neuartige Verfahren könnte dies jedoch verändern, indem man die Wärme nach dem Start der Wärmepumpe zunächst in deren Wärmequelle überträgt. Die Temperatur steigt wie bisher langsam weiter an, die Wärme wird aber erst dann in die Heizungsanlage oder in den Brauchwasserspeicher geleitet, sofern die notwendige Temperatur dafür erreicht worden ist.

Nur ein Teil der erzeugten Wärme führt wirklich zur Erhöhung der Temperaturen von Warmwasser und Heizen, wie die Grafik 5.7 in Beispiel 5 zeigt. Ein wesentlicher Teil der Wärme trägt stattdessen dazu bei, dass die Temperaturen der Wärmequellen deutlich gesteigert werden können. Dafür wird aber nicht nur die nach dem Start zunächst recht niedrige Temperatur genutzt, sondern auch die nach dem Abschalten der Wärmepumpe vorhandene Restwärme in der Anlage einschließlich der Heißgas-Wärme.

Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch die Nutzung von zeitweise überschüssigem Strom aus Windkraftanlagen im Winter oder Strom aus Photovoltaikanlagen im Sommer zur Umwandlung in Wärme und bei Bedarf auch durch eine Übertragung von nur etwas Wärme aus dem Heizkreis der Wärmepumpe in deren Primärkreis.

... und wie ermittelt man für diese Wärmepumpen zutreffende Ergebnisse ?

Das der Wärmepumpe zugrunde liegende physikalische Prinzip lässt sich gut aus der als Beispiel 6 beigefügten Beschreibung von Funktion und Aufbau entnehmen.

Das Ergebnis: Die Leistungszahl ϵ_{WP} einer Wärmepumpe ergibt sich nach Carnot aus dem Verhältnis der abgegebenen Wärmeleistung P_{th} zu der aufgenommenen elektrischen Leistung P_{el} . Das macht deutlich, dass die Leistungszahl vom Temperaturhub abhängt, d.h. von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke, dem Heizkreis: also je geringer die Differenz, um so höher die Leistungszahl.

Eine entsprechende Berechnung für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe und Fußbodenheizung zeigt Beispiel 7, der sich daraus ergebende Einfluss der jeweiligen Temperatur im Wärmespeicher auf den Strombedarf ist in der Tabelle in Beispiel 8 zu sehen.

Insbesondere bei den von der Außenluft abhängigen Luft/Wasser-Wärmepumpen (im Schreiben von Inatech im Beispiel 2 wird darauf hingewiesen, dass diese im Winter nur mit sehr viel Strom aus dem Netz überhaupt noch die nötige Wärme erzeugen können), werden sich aufgrund der Speichermöglichkeiten durch das Verfahren hervorragende Ergebnisse für die Regeneration erreichen lassen, wie der Tabelle zu entnehmen ist.

Die Effizienz dieser kostengünstigen Luft/Wasser-Wärmepumpen könnte zukünftig sogar noch deutlich höher sein als die Effizienz von Sole/Wasser-Wärmepumpen, weil

die Temperatur in den Erdsonden nicht höher als etwa 15°C sein dürfte, anderenfalls würde sonst ein Teil der übertragenen Wärme in das umgebende Erdreich abfließen.

Alle Vorteile gelten aber auch für die erdgebundenen Wärmepumpen. Weil bei jedem Start einer Wärmepumpe zugleich auch den Erdsonden Wärme zugeführt wird bleiben die im Sommer viel höheren Erdreichtemperaturen auch im Winter erhalten.

Die dem Verfahren zugrunde liegenden Annahmen über dessen Wirkungsweise sind vom Deutschen Geoforschungszentrum in Potsdam überprüft und bewertet worden. Es wurde auch ausdrücklich zu den Auswirkungen auf das Erdreich bestätigt, dass "die Annahmen über die Wärmeausbreitung im Erdreich durchaus den realen Gegebenheiten entsprechen."

Erdgebundene Wärmepumpen haben oft in Großstädten allenfalls in Teilbereichen wie Grünanlagen genügend Platz. Dort wie auch vor allem in Neubaugebieten am Rande der Stadt sowie in ländlichen Gebieten lassen sich aber kleine Wärmenetze mit jeweils zwei oder auch mehreren sehr effizient arbeitenden Großwärmepumpen errichten.

Detaillierte Informationen dazu sind meiner Website <https://effizienz-modul.de/infos.htm> zu entnehmen, speziell zu diesem Thema aus den Dateien WB2-ZEM und WB2-ZE6, die sich so wie weitere Ergebnisse zusammenfassende Dateien am Ende der Übersicht in Anlage 9 befinden.

Beispiele

- 1 Schreiben von Vaillant zu Bilanzgrenzen
- 2 Schreiben vom Inatech-Institut zu Bilanzgrenzen
- 3 Tabelle von Daten bei einer Erwärmung von Warmwasser
- 4 Grafik 5.5 / Rückgang der Speichertemperatur über 26 Minuten
- 5 Grafik 5.7 / Nutzbare Dauer zur Erhöhung der Warmwassertemperatur und/oder der Heizungstemperatur
- 6 Funktion und Aufbau der Wärmepumpe
- 7 Berechnung der elektrischen Leistung
- 8 Einfluss der Wärmespeichertemperatur auf den Strombedarf
- 9 Website / Übersicht der Dateien

28.2.2024

Hans-Georg Jandura

WB2-ZEB

Vaillant GmbH Postfach 42850 Remscheid

Dr.-Ing. Hans-Georg Benken
 An der Wabe 5
 38104 Braunschweig



12.9.

Abteilung	Name/E-Mail	Telefon/Telefax	Datum	Seite
IR-H	Rainer.Lang@Vaillant-Group.com	02191 / 18 - 3606	10.09.2019	1 / 1

Ihr Schreiben vom 4. September

Sehr geehrter Herr Dr. Benken,

in Ihrem Schreiben vom 4. September bitten Sie um die Mitteilung der Gründe für unsere Absage.

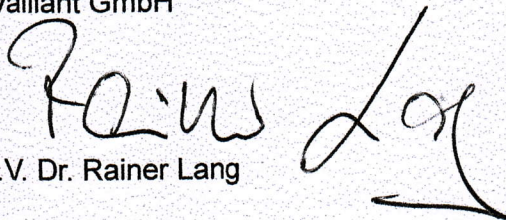
Die Antwort auf die Frage, ob Ihr Verfahren zu einer Effizienzsteigerung führt, hängt von den gewählten Bilanzgrenzen ab. Wird die Wärmepumpe alleine betrachtet, führt Ihr Verfahren zu einer Effizienzsteigerung.

Für unsere Kunden ist jedoch die Effizienz des Gesamtsystems relevant. Dies beinhaltet die Wärmepumpe und die Komponenten zur Erhöhung der Temperatur der Primärseite nach Ihrem Verfahren.

Demnach führen Sie Wärme, die mit Hilfe eines verlustbehafteten Wärmepumpenprozesses auf ein höheres Temperaturniveau gebracht wurde, wieder auf die Primärseite der Wärmepumpe zurück. Dies geschieht durch eine irreversible Wärmeübertragung. Daher kann es keine Effizienzsteigerung für das Gesamtsystem geben. Dies können Sie auch anhand der Anlage 2 aus Ihrem Exposé ableiten: In der Tabelle ist die elektrische Leistungsaufnahme nach Ihrem Verfahren höher als bei herkömmlichen Systemen.

Weiterhin halten wir es für zweifelhaft, dass die erhöhte Temperatur auf der Primärseite weiterbesteht, wenn die Auskopplung beendet ist. Hier wird sich schnell die ursprüngliche niedrige Temperatur einstellen.

Mit freundlichen Grüßen
 Vaillant GmbH


 i.V. Dr. Rainer Lang

1

Auszug von einer Bewertung eines Universität-Instituts

From: Stefan Hess

Meine technische Einschätzung:

Die von Ihnen beschriebenen physikalischen Zusammenhänge zum COP und zur Auskühlung bzw. Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches sind aus meiner Sicht richtig.

Ich habe allerdings einen grundsätzlichen Kritikpunkt, der den Bilanzraum Ihrer Betrachtungen betrifft:

Aus meiner Sicht ist es nicht sinnvoll, Wärme, die zuvor schon dem Erdreich entzogen und unter Einsatz von Elektrizität (reiner Exergie) auf ein höheres Temperaturniveau gehoben wurde, wieder an den Solekreis zurückzuführen (also dem Erdreich wieder zuzuführen). Das deshalb, weil bilanziell in einem geschlossenen System die Erhöhung der Erdreich-Temperatur nur durch zusätzlichen Stromeinsatz erreicht werden kann.

Ob der Nutzer von Ihrem Konzept der kurzzeitigen Wärme-Rückführung tatsächlich Vorteile haben könnte wäre aus meiner Sicht also im Rahmen von **Energiebilanzen mit klar definierten Systemgrenzen** zu belegen.

Gedanken zur Relevanz bzw. zum Potential Ihres Konzepts:

Das Thema Regeneration des Erdreiches ist schon umfassend untersucht worden, allerdings nach meiner Kenntnis v.A. aus saisonaler Perspektive (Regeneration im Sommer).

Auch ist im Sommer die Regeneration z.B. über Solarthermie, einfache Umgebungsluft-Wärmetauscher oder über die Kühlung des Gebäudes einfach und tatsächlich komplett aus Umgebungsenergie umzusetzen.

Sie sprechen Großanlagen an: Hier wird sommerliche Regeneration z.B. mit Solarthermie häufiger gemacht und funktioniert auch gut. Oft gibt es hier aber einen sehr großen zentralen Wasserspeicher und falls es Sondenfelder gibt werden diese wegen des thermischen Puffers im Winter nicht zu sehr belastet.

Im Energiesystem ist die Absenkung des COP von Erdwärmepumpen im Winter ein untergeordnetes Problem; hier schlagen v.A. die Außenluft-WP (Marktanteil aktuell ca. 90 %) zu Buche, die bei sehr hoher Heizlasten (sehr niedrigen Umgebungstemperaturen) einen COP nahe eins haben (Stromheizung).

Datum 19.10.2023

Außentemperatur 8,9°C (6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Brauchwasser-Erwärmung

EIN bei 45°C, AUS bei 50°C

Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
17.55	25	40,9	42,0	37,5	325.332	45,1
18.05	5	40,1	41,9	36,8		<u>45,0</u>

BW Start

18.08	-8	39,8	30,3	36,3		44,9
.09	-12	36,3	27,5	36,2	<u>325.333</u>	44,9
.10	-16	34,0	27,5	36,1		44,8
.11	-20	33,5	27,6	36,1		44,8
.12	-24	33,3	28,6	36,0		44,7
.13	-28	34,8	33,4	35,9	<u>325.334</u>	44,7
.14	-32	37,4	33,8	35,8		44,7
.15	-36	38,6	34,1	35,8		44,6
.16	-41	39,2	34,5	35,7		44,5
.17	-45	39,5	35,6	35,6	<u>325.335</u>	44,4
.18	-50	40,7	37,8	35,5		44,4
.19	-54	42,9	38,9	35,3		44,3
.20	-59	43,3	39,1	35,2		44,3
.21	-64	43,7	39,6	35,1		44,2
.22	-69	44,1	40,2	35,0	<u>325.336</u>	44,2
.23	-74	44,8	41,7	34,9		44,1
.24	-79	45,7	42,3	34,8		44,1
.25	-84	46,1	42,6	34,8		44,1
.26	-90	46,9	43,2	34,7		44,2
.27	-95	47,4	43,6	34,6	<u>325.337</u>	44,2
.28	-101	47,9	44,3	34,5		44,2
.29	-106	48,3	44,9	34,4		44,3
.30	-112	49,5	45,5	34,3		44,3
18.31	-118	49,6	46,0	34,2		44,4

→ Fortsetzung der Aufzeichnung

Anlage 5 vom 19.10.2023

Teil 1: Exakte Aufzeichnungen der Temperaturwerte

Datum 19.10.2023

Außentemperatur 8,9°C

(6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Brauchwasser-Erwärmung

(Fortsetzung der Aufzeichnung)

Zeit	GM	VL	RL	<u>VL_{ext}</u>	<u>Wärme-Z.</u>	<u>BW</u>
18.32	-124	50,0	46,4	34,1		44,5
.33	-130	50,6	47,0	34,0	<u>325.338</u>	44,7
.34	-136	50,9	47,5	33,9		<u>45,0</u>
.35	-143	51,6	48,2	33,7		45,2
.36	-149	52,2	48,8	33,6		45,4
.37	-155	52,6	49,3	33,5		45,7
.38	-162	53,1	49,5	33,4	<u>325.339</u>	46,3
.39	-169	53,4	50,0	33,3		46,6
.40	-169	53,8	50,4	33,3		46,8
.41	-169	54,5	51,0	33,2		47,2
.42	-169	54,8	51,5	33,2		47,5
.43	-169	55,0	51,8	33,1	<u>325.340</u>	47,8
.44	-169	55,6	52,2	33,0		48,2
.45	-169	56,0	52,6	32,9		48,5
.46	-169	56,3	53,0	32,8		48,8
.47	-169	56,7	53,4	32,8	<u>325.341</u>	49,1
.48	-169	57,3	53,9	32,7		49,4
.49	-169	57,6	54,3	32,7		49,8
18.50	-169	57,9	54,5	<u>32,6</u>	<u>325.342</u>	<u>50,1</u>

Umschaltung von Brauchwasser auf Heizen

18.51	-169	43,5	32,3	<u>38,2</u>		50,5
.52	-169	40,4	32,5	38,6	325.343	50,9
.53	-169	38,7	32,8	38,4		51,3
.54	-169	38,5	32,9	38,1		51,5
.55	-169	38,5	33,9	38,0		51,6
.56	-169	38,5	33,1	38,1	325.344	51,8
.57	-169	38,5	33,1	38,1		52,0
.58	-169	38,6	33,2	38,2		52,2
18.59	-169	38,6	33,4	38,4		52,3

→ Fortsetzung der Aufzeichnung

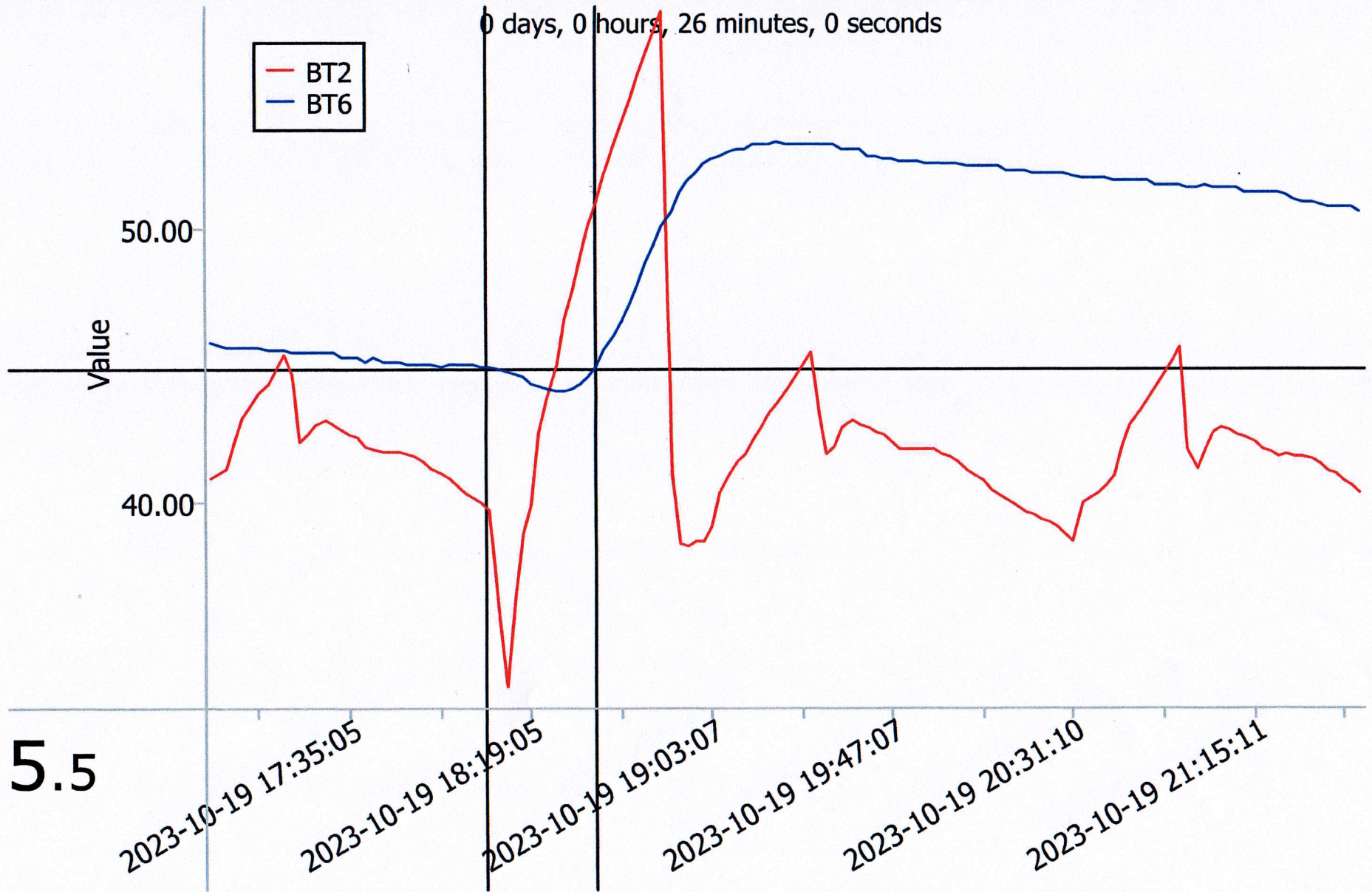
Datum 19.10.2023

Außentemperatur 8,9°C

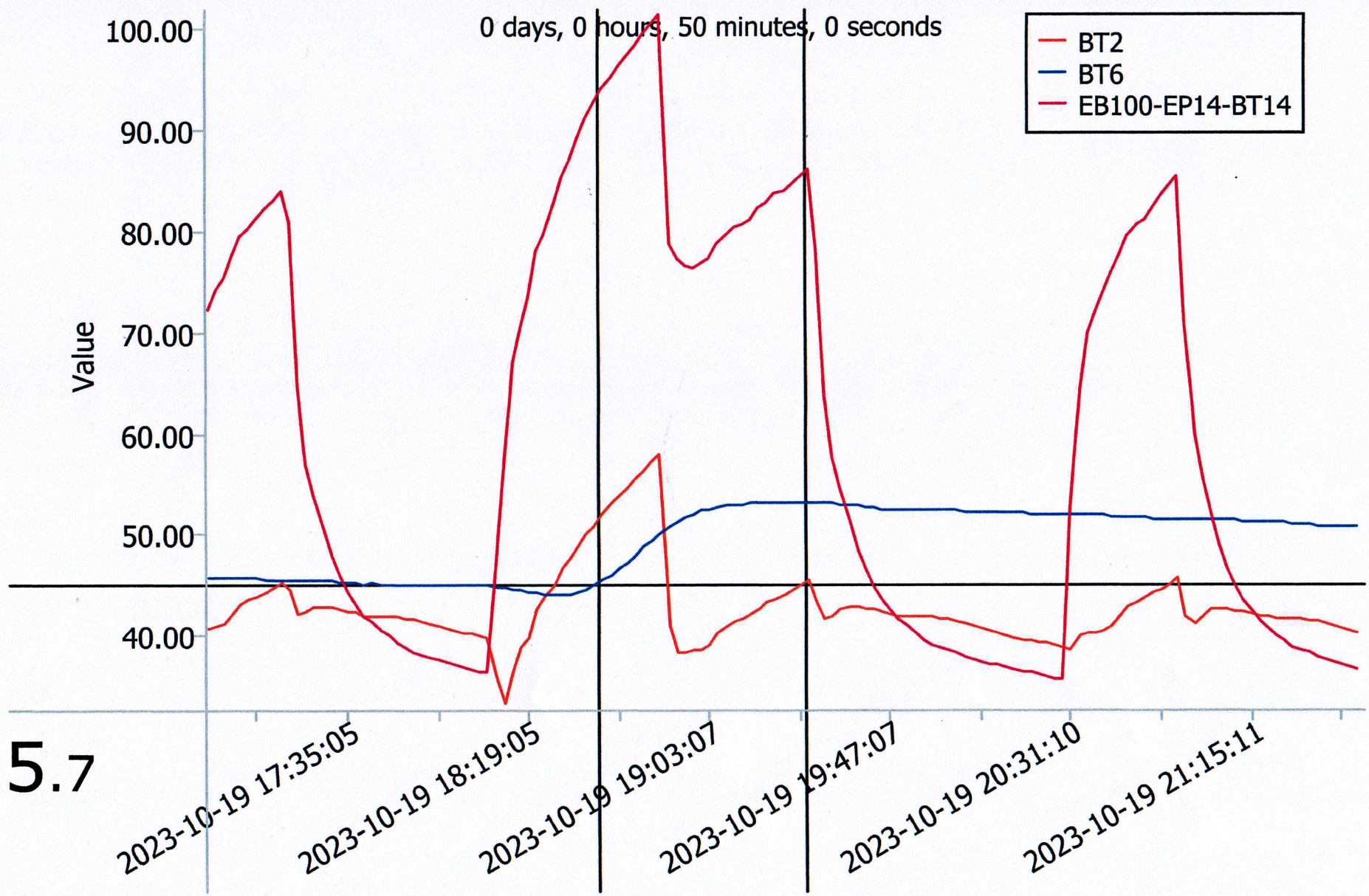
(6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Heizen (Fortsetzung der Aufzeichnung)

Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
19.00	-169	38,7	33,6	38,5	325.445	52,4
.01	-169	39,3	35,0	38,6		52,6
.02	-169	39,8	35,5	38,9		52,7
.03	-169	40,5	35,8	39,2		52,8
.04	-169	40,8	36,0	39,6		52,9
.05	-169	41,1	36,2	39,9	325.346	52,9
.06	-168	41,4	36,5	40,3		53,0
.07	-168	41,6	36,7	40,6		53,0
.08	-167	41,7	36,8	40,8		53,0
.09	-166	41,9	37,2	41,1	325.347	53,1
.10	-165	42,1	37,9	41,4		53,1
.11	-164	42,3	37,8	41,7		53,1
.12	-162	42,6	38,1	41,9		53,1
.13	-160	42,8	38,3	42,1	325.348	53,1
.14	-158	43,1	38,5	42,3		53,1
.15	-155	43,3	38,7	42,5		53,1
.16	-153	43,6	38,9	42,8		53,1
.17	-150	43,8	39,2	43,0	325.349	53,1
.18	-147	44,0	39,5	43,3		53,1
.19	-143	44,3	39,7	43,5		53,1
.20	-140	44,5	44,0	43,7		53,1
.21	-136	44,7	40,2	44,0	325.350	53,1
.22	-132	44,9	40,4	44,2		53,1
.23	-128	45,1	40,6	44,4		53,1
.24	-123	45,3	40,9	44,7		53,1
19.25	-118	45,5	41,4	44,9	325.351	53,1
Heizen Ende						
19.26	+ 6	45,7	41,2	45,1		53,1



5.5



5.7

1.3 Funktion und Aufbau der Wärmepumpe

Die prinzipielle Funktion einer Wärmepumpe besteht darin, Wärmeenergie bei einem niedrigen Temperaturniveau aufzunehmen und diese unter Zuführung von mechanischer Energie auf einem höheren, nutzbaren Temperaturniveau wieder abzugeben. Dadurch wird es möglich, die in der Umwelt (Luft, Erdrreich, Wasser) enthaltene Wärmeenergie nutzbar zu machen.

Im Wärmepumpenprozess wird ein Arbeitsmittel, auch als Kältemittel bezeichnet, periodisch verdichtet (komprimiert) und entspannt (expandiert). Im expandierten Zustand wird bei niedriger Temperatur die Wärme aus der Wärmequelle aufgenommen, wobei das Arbeitsmittel verdampft, und im komprimierten, heißen Zustand unter Verflüssigung des Arbeitsmittels wieder abgegeben. Da nach Ablauf eines Arbeitszyklus die Zustandsgrößen des Arbeitsmittels wieder dieselben sind, spricht man bei diesem Vorgang von einem Kreisprozess.

Die wichtigsten Bauteile einer Wärmepumpe sind:

- Verdichter
- Kondensator (Wärmetauscher)
- Expansionsventil
- Verdampfer (Wärmetauscher)

Das Schema einer Wärmepumpe mit den entsprechenden Druck- und Temperaturverhältnissen zeigt Bild 1.2 (Kältemittel R 407C; B0 / W45):

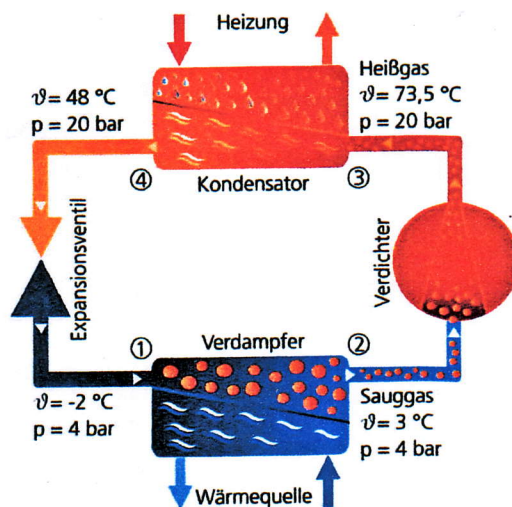


Bild 1.2: Schema eines Wärmepumpenkreislaufs

Der Carnot-Prozess

Allgemein beschreibt der (idealisierte) Carnot-Prozess die Funktion von Wärmekraftmaschinen, die durch periodische Kompression und Expansion Wärme in mechanische Arbeit umwandeln. Wird dieser Kreislaufprozess umgekehrt (links-drehend) durchlaufen, bildet er eine Kraftwärmemaschine ab, die bei tiefen Temperaturen Wärme aus der Umgebung entnimmt und mit von außen zugeführter mechanischer Arbeit bei hoher Temperatur wieder abgibt.

Als Arbeitsmittel wird hierbei ein ideales Gas mit sehr niedrigem Siedepunkt angenommen. Das folgende Bild 1.3 zeigt die vier Phasen des Kreisprozesses im sogenannten T-S-Diagramm:

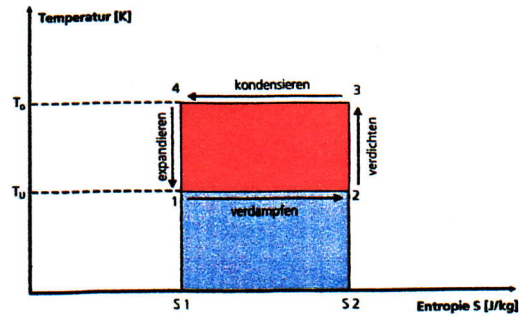


Bild 1.3: Carnot-Prozess

■ Verdampfen (1-2):

Das flüssige Arbeitsmittel wird bei niedrigem Druck und geringer Temperatur verdampft. Die dafür erforderliche Verdampfungswärme wird der Umgebung bzw. Wärmequelle entzogen, hierbei ändert sich die Temperatur nicht (isothermer Vorgang). Durch die Wärmezufuhr bei konstanter Temperatur steigt die Entropie an.

■ Verdichten (2-3):

Mittels mechanischer Arbeit wird das Arbeitsmittel verdichtet und hierbei auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Die Entropie bleibt aufgrund der von außen zugeführten Arbeit konstant (isentropen Vorgang).

■ Kondensieren (3-4):

Im Kondensator wird dem heißen und unter hohem Druck stehenden Arbeitsmittel Wärmeenergie entzogen, so dass es kondensiert. Die Temperatur bleibt hierbei wiederum konstant, da nur die bei 1-2 aufgenommene Verdampfungswärme abgegeben wird (isotherm). Durch die Abgabe der Wärmeenergie bei konstanter Temperatur sinkt die Entropie.

■ Expandieren (4-1):

Das Arbeitsmittel wird entspannt, Druck und Temperatur verringern sich, die Entropie bleibt konstant (isentrop).

Anschaulich stellt die rote Fläche die von dem Verdichter zugeführte Energie dar, während die graue Fläche die aus der Umgebung entnommene Energie abbildet. Das Verhältnis der gesamten abgegebenen Energie (rot+grau) zur von außen zugeführten Energie (rot) entspricht der Leistungszahl des Prozesses, der Carnot-Leistungszahl ϵ_c :

$$\epsilon_c = \frac{T_o}{T_o - T_u} = \frac{T_o}{\Delta T}$$

Es wird deutlich, dass die Leistungszahl vom Temperaturhub abhängt, d.h. von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und -senke: je geringer die Differenz, umso höher die Leistungszahl.

Beispiel:

$$T_u = 0 \text{ °C} = 273 \text{ K}$$

$$T_o = 40 \text{ °C} = 273 + 40 = 313 \text{ K}$$

$$\epsilon_c = \frac{T_o}{T_o - T_u} = \frac{313}{313 - 273} = 7,83$$

Für den idealen **Carnot-Prozess** ergibt sich die theoretische Leistungszahl ϵ_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)

ΔT = Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Wärmesenke

Für die Leistungszahl ϵ_{WP} einer realen Wärmepumpe können überschlägig 50% der theoretischen Leistungszahl ϵ_C angesetzt werden,

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

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

Beispiel einer Berechnung für eine Fußbodenheizung

mit einer Heizlast (Wärmeleistung) von 10 kW_{therm}

Heizkreistemperaturen = $35/25 \text{ }^\circ\text{C}$, Mittelwert = $30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$ (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 $\Delta T = 303 \text{ K} - 270,5 \text{ K} = 32,5 \text{ K}$

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

$$\rightarrow P_{el} = P_{th} \cdot \Delta T / 0,5 \cdot T_o = \Delta T \cdot 10 / 151,5 \rightarrow P_{el} = 0,066 \cdot \Delta T$$

Quelle $^\circ\text{C}$	Hub ΔT in K	P_{el} kW
26	6,5	0,429
24	8,5	0,561
22	10,5	0,693
20	12,5	0,825
18	14,5	0,957
16	16,5	1,089
14	18,5	1,221
12	20,5	1,353

Quelle $^\circ\text{C}$	Hub ΔT in K	P_{el} kW
10	22,5	1,485
8	24,5	1,617
6	26,5	1,749
4	28,5	1,881
2	30,5	2,013
0	32,5	2,145
-2	34,5	2,277
-4	36,5	2,409

Berechnung der erforderlichen elektrischen Leistung für eine Luft/Wasser-Wärmepumpenanlage in Abhängigkeit von der jeweiligen Temperatur im Wärmespeicher

Speicher 0 °C		2 °C	4 °C	6 °C	8 °C	10 °C	Speicher 10 °C
$T_o = 30 \text{ °C} = 303 \text{ K}$		303 K	303 K	303 K	303 K	303 K	$P_{el} = 1,485 \text{ kW}$ <u>Bezugswert *</u> für Veränderungen des Strombedarfs je nach der Temperatur im Wärmespeicher
$T_u = -2,5 \text{ °C} = 270,5 \text{ K}$		-0,5 °C	1,5 °C	3,5 °C	5,5 °C	7,5 °C	
$\Delta T = 32,5 \text{ K}$		30,5 K	28,5 K	26,5 K	24,5 K	22,5 K	
$\varepsilon = 4,661$		4,967	5,316	5,717	6,184	6,733	
$P_{el} = 2,145 \text{ kW}$		2,013 kW	1,881 kW	1,749 kW	1,617 kW	1,485 kW	
+ 44,4 % gg. Bezugswert		+ 35,5 %	+ 26,7 %	+ 17,8 %	+ 8,9 %	Bezugswert	
12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	* Berechnungen für eine Anlage mit einer Fußbodenheizung mit Heizkreistemperaturen von 35/25 °C und einer Heizlast von 10 kW
303 K	303 K	303 K	303 K	303 K	303 K	303 K	
9,5 °C	11,5 °C	13,5 °C	15,5 °C	17,5 °C	19,5 °C	21,5 °C	
20,5 K	18,5 K	16,5 K	14,5 K	12,5 K	10,5 K	8,5 K	
7,390	8,189	9,182	10,448	12,120	14,428	17,823	
1,353 kW	1,221 kW	1,089 kW	0,957 kW	0,825 kW	0,693 kW	0,561 kW	
- 8,9 %	- 17,8 %	- 26,7 %	- 35,5 %	- 44,4 %	- 53,3 %	- 62,2 %	

Einfluss der Temperatur im Wärmespeicher auf den Strombedarf einer Luft/Wasser-Wärmepumpe

G-W-Q-3.12

Effizienz-Modul

Informationen zum Thema:

- WB2-11 Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik -
und die bereits entwickelten Möglichkeiten für eine Steigerung der
Effizienz mittels Erneuerbarer Energien
- WB2-12 Das multifunktionale Regelsystem für Verfahren und Regeneration
- Auszug 1 - Einfluss von Temperaturdifferenzen auf Wärmefluss und
Effizienz
- Auszug 2 - Nutzung der Anergie von Anlagen gemäß dem Stand der
Technik
- WB2-13 Vorteile des Verfahrens am Beispiel von Sole / Wasser-Wärmepumpen
- WB2-14 Das Problem von Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik -
der hohe Stromverbrauch in der winterlichen Heizperiode
- WB2-15 Die Gebrauchsmusterschrift DE 2019 101 161
für das zusätzliche multifunktionale Regelsystem
- WB2-16 Vorteile des Verfahrens am Beispiel von Luft / Wasser-Wärmepumpen
- WB2-21 Das Verfahren zur Steigerung der Effizienz von Wärmepumpenanlagen
und zur Regeneration der Wärmequellen
- Teil 1 - Das Prinzip und seine Auswirkungen
(Anlage: 1)
- Teil 2 - Detaillierte Darstellung der geothermischen
Zusammenhänge
(Anlagen: 2, 3, 4)
- Teil 3 - Die Umsetzung mittels einer multifunktionalen Baugruppe
(Anlagen: 5, 6, 7)
- Teil 4 - Wesentliche Unterschiede zum Stand der Technik:
Die Auswirkungen der Verfahrensänderung auf die
Erdreichtemperaturen im Nahbereich der Erdsonde und auf
den Wärmefluss
(Anlagen: 8, 9, 10, 11)
- Teil 5 - Die Quellen für die Zuführung der erforderlichen Energie
(Anlage: 12)
- Anlagen Nr. 1 bis 12 zu Teil 1 bis Teil 5

- WB2-22 Anhang 1 zu Teil 4 des Verfahrens:
Auswirkungen auf die Erdreichtemperaturen und die dadurch möglichen
Einsparungen an Strom
- WB2-32 Das Prinzip vom Verfahren und der Regeneration der Wärmequellen -
wie lässt sich die Effizienz so deutlich steigern?
- WB2-41 Vorteile des Verfahrens -
eine kurzgefasste Übersicht der technologischen, ökologischen und
ökonomischen Auswirkungen
- WB2-42 Innovatives Verfahren und Regeneration für Wärmepumpenanlagen -
eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse einer neuen Technologie
- WB2-43 Photovoltaik-Ertrag im Vergleich
- WB2-44 Aufzeichnungen der Temperaturen und des Strombedarfs einer
Sole / Wasser-Wärmepumpe in einem Bestandsgebäude
- WB2-45 Bundesnetzagentur: Strombegrenzung auf 4,2 kW bei Netzüberlastung
- WB2-GFZ Bestätigung vom Geoforschungszentrum Potsdam vom 2.5.2018 und
erläuternde Anlagen
- Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse für Verfahren und
Regeneration:
- WB2-ZEM Das Verfahren nutzt ein zusätzliches Regelsystem - das Effizienz-Modul
- WB2-ZEB Keine Bilanzgrenzen für das entwickelte neue Verfahren
- WB2-ZE 1 Das Effizienz-Modul für Wärmepumpen -
in der Heizperiode ohne Strom von Photovoltaikanlagen
- WB2-ZE 2 Unterschiede zum Stand der Technik -
Effizienzsteigerung der Wärmepumpen mit Nutzung von Anergie
- WB2-ZE 3 Die Wirkungen des multifunktionalen Regelsystems auf die
Temperaturen in der Erdsonde sowie im Nahbereich der Sonde und auf
den Wärmefluss
- WB2-ZE 4 Das multifunktionale Regelsystem - ein innovatives Verfahren
zur Steigerung der Effizienz von Wärmepumpenanlagen
- WB2-ZE 5 Die neuartige Betriebsweise von Sole / Wasser-Wärmepumpen und
Luft / Wasser-Wärmepumpen und deren Vorteile einer höheren Effizienz
- WB2-ZE 6 Vergleich von Luft / Wasser-Wärmepumpen mit Sole / Wasser-
Wärmepumpen hinsichtlich Strombedarf
- WB2-ZE 7 Das Problem der Anergie bei Wärmepumpen
- WB2-ZA 1 Verfahren und Regeneration - Auszug 1
(Teil 3 und Teil 4 mit Anhang 1 sowie Teil 5)

Stand: 28.2.2024