

Wärmepumpen können Strom sparen nach dem Start durch Übertragung von Anergie zur Wärmequelle

Die entstehenden Probleme bei einer Strombegrenzung von Wärmepumpen auf 4,2 kW bei einer Überlastung der Stromnetze sind bereits ausführlich behandelt worden in der Beschreibung WB2-46.

Die Effizienz von Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik kann durchaus deutlich gesteigert werden durch ein innovatives multifunktionales Regelsystem, das sich sowohl für Sole/Wasser-Wärmepumpen als auch Luft/Wasser-Wärmepumpen einsetzen lässt und die Überlastung der Stromnetze verringert. Die bereits bestehenden Wärmepumpenanlagen können mit geringem Aufwand nachgerüstet werden.

Eine damit mögliche Regeneration der Wärmequellen lässt sich erreichen sowohl durch eine Übertragung von Wärme aus dem Heizkreis der Wärmepumpe in deren Quellenkreis während des Ladevorgangs als auch in der Zeit zwischen den Ladevorgängen durch eine Umwandlung von zeitweise überschüssigem Strom aus Windkraftanlagen in Wärme und deren Speicherung in der Wärmequelle bzw. im Wärmespeicher.

Darüber hinaus kann mit dem multifunktionalen Regelsystem auch zusätzlich Energie gewonnen werden, die bei Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik bei jedem neuen Start verloren gehen kann, weil der Anlauf mit einer niedrigeren Heizkreisvorlauf-temperatur als in der Heizungsanlage oder im Warmwasserspeicher beginnt.

Zum Beginn der Heizperiode sind im Oktober 2023 entsprechende Untersuchungen an der eigenen Sole/Wasser-Wärmepumpenanlage vorgenommen worden.

Bei der Erwärmung von Brauchwasser am 17.10.2023 und am 19.10.2023 zeigt sich, dass bei einer Temperatur im Speicher von 44,9°C die Wärmepumpe einschaltet und entweder nach nur wenigen Minuten schon die Temperatur im Speicher wieder ansteigen kann oder nicht sofort ansteigt, sondern sogar bis auf 44,1°C absinkt, wie den beigefügten Tabellen und den zugehörigen Grafiken zu entnehmen ist. Die Vorgänge lassen sich gut vergleichen hinsichtlich des Strombedarfs, der maßgebend von der jeweiligen Temperatur beim Start der Wärmepumpe abhängt.

Die Brauchwasser-Erwärmung am 17.10.2023 begann nur 6 Minuten nach dem Ende eines Heizvorgangs mit einer externen Vorlauf-temperatur $V_{L_{ext}}$ von 45,3°C im Heizwasserspeicher und einer noch hohen Heizkreistemperatur V_L von 40,0°C. Nach einigen Minuten und einem Stromverbrauch von etwa 1 kWh stieg die Temperatur im Brauchwasserspeicher wieder an. Die Erhöhung der Temperatur im Speicher von 45,0°C bis auf 50,0°C dauerte dann noch 17 Minuten und erforderte 3 kWh Strom.

Bei einer anderen Brauchwasser-Erwärmung am 19.10.2023 erfolgte der Start 10 Minuten

vor dem nächsten Start zum Heizen (der bei GM -50 um 18.18 Uhr begonnen hätte). Die Heizkreisvorlauftemperatur VL verringerte sich in wenigen Minuten bis auf 33,3°C mit der Folge, dass sich die Temperatur im Brauchwasserspeicher ebenfalls innerhalb von insgesamt 15 Minuten bis auf 44,1°C verringerte, weil nach dem Start der Wärmepumpe die zunächst noch geringe Wärme im Heizkreisvorlauf VL dem Speicher kaltes Wasser zuführte.

Wie die Grafik zeigt dauerte es 26 Minuten, bis die Temperatur im Speicher wieder 45°C erreichte, also den ursprünglichen Wert, und erst nach insgesamt 40 Minuten dann 50,0°C erreicht wurden. Es wurde dafür deutlich mehr Strom verbraucht als am 17.10.2023, und zwar insgesamt gemäß dem Wärmehähler 10 kWh erforderlich waren, davon 6 kWh aber nach dem Start allein zum Ausgleich für den Temperaturrückgang im Speicher.

Diese zunächst erzeugte Wärme muss deshalb als Anergie betrachtet werden. Erst durch das multifunktionale Regelsystem kann sie für die Regeneration der Wärmequelle genutzt werden, indem nach dem Start der Wärmepumpe zunächst Wärme im Heizkreis mit noch zu geringer Temperatur nicht in die Heizungsanlage oder in den Brauchwasserspeicher geleitet wird.

Wie die beigegefügte Grafik des multifunktionalen Regelsystems und die Bezugszeichenliste zeigen muss nur das Dreiwegeventil (34) im Heizkreisvorlauf (62) umschalten auf den Wärmetauscher (30) und so für kurze Zeit die Wärme nach dem Start mit der noch geringen Temperatur in die Erdsondenanlage einer Sole/Wasser-Wärmepumpe oder in den Wärmespeicher einer Luft/Wasser-Wärmepumpe (51) umleiten.

Insbesondere bei den von der jeweiligen Außentemperatur sehr abhängigen Luft/Wasser-Wärmepumpen wird sich die noch erforderliche elektrische Leistung deutlich verringern, da diese jeweils von der Temperatur im Wärmespeicher abhängt. Je weiter im Winter die Außentemperatur Werte unter 0°C annimmt, um so mehr Strom muss für die Erzeugung von Wärme aufgewendet werden - dieses Problem ist bekannt, es ist ein großer Nachteil der Luft/Wasser-Wärmepumpe.

Durch eine Umleitung der Anergie, solange deren Temperatur noch zu niedrig ist für die Heizung und für die Erwärmung von Warmwasser, lässt sich die Situation entscheidend verbessern. Während der Umleitung ergibt sich weder ein höherer noch ein geringerer Stromverbrauch für die Erhöhung der Heizkreisvorlauftemperatur, es ergeben sich jedoch deutliche Vorteile.

Der bei der Erwärmung von Brauchwasser am 19.10.2023 in dieser Zeit entstandene Rückgang der Temperatur im Speicher entsteht nicht mehr, die Temperatur bleibt bei 44,9°C wie schon am 17.10.2023 und muss nicht mit zusätzlicher Energie wieder erhöht werden.

Weiterhin wird während der Umleitung von Wärme die Temperatur im Wärmespeicher oder in der Erdsonde jedesmal mehr oder weniger stark erhöht je nach der beim Start gerade aktuellen Heizkreistemperatur, wie die sehr unterschiedlichen Ergebnisse vom 17.10. und 19.10.2023 zeigen.

Dieser gegenüber dem Stand der Technik neuartige technologische Ansatz ermöglicht bei der Speicherung der Wärme insbesondere bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen durchaus sehr hohe Temperaturen. Wie man der Tabelle in Anlage 4 entnehmen kann sind daher im Verlauf des Jahres erhebliche Verbesserungen möglich.

Bei Wärmepumpen gemäß dem aktuellen Stand der Technik ist das in der Übergangszeit des Jahres beispielsweise eine Temperatur von 10°C im Wärmespeicher und würde dann eine Leistung von 1,485 kW erfordern. Sinkt die Außenluft auf 0°C ab so würde sich der Strombedarf schon auf 2,145 kW erhöhen, das wäre bereits eine Steigerung um 44,4%.

Bei einer derartigen Luft/Wasser-Wärmepumpe könnte nicht nur Anergie in den Wärmespeicher übertragen werden. Im Herbst und im Frühjahr kann auch noch Strom aus Photovoltaikanlagen und im Winter zeitweise überschüssiger Strom aus Windkraftanlagen zur Umwandlung in Wärme genutzt werden - desgleichen auch immer die nach dem Start der Wärmepumpe zunächst entstehende Wärme mit noch geringer Temperatur in den Wärmespeicher umgeleitet werden.

Auch wenn es kaum zu glauben ist:

Bei Nutzung aller Möglichkeiten durch das neuartige Verfahren und die Regeneration der Wärmequellen könnte sich in diesem Beispiel bei Luft/Wasser-Wärmepumpen und einer dadurch im Winter zeitweise möglichen Speichertemperatur von 20°C eine Leistung von lediglich noch 0,825 kW ergeben. Dies könnte in den kältesten Wintermonaten trotz dem dann immer fehlenden Strom von Photovoltaikanlagen sogar einer extremen Ersparnis an Strom bis zu 60 % gegenüber dem derzeitigen Verbrauch entsprechen.

Anlagen

1. 17.10.2023 Erwärmung von Brauchwasser
2. 19.10.2023 Erwärmung von Brauchwasser
3. Multifunktionales Regelsystem für Luft/Wasser-Wärmepumpen zur Nutzung von Anergie nach dem Start der Wärmepumpe (Phase 1)
4. Einfluss der Temperatur im Wärmespeicher auf den Strombedarf einer Luft/Wasser-Wärmepumpe (mit Berechnung der Tabellenwerte)

10.4.2024

Hans-Georg Juhnke

WB2-47

Datum 17.10.2023

Außentemperatur 9,6°C (2,3 / 5,8 / 11,0 °C)

Vorgang Heizen mit Angaben zur Raumtemperatur RT

| Zeit | GM | VL | RL | VL _{ext} | Wärme-Z. | RT |
|--|-----|------|------|-------------------|----------------|------|
| Wärmepumpe nach Heizen noch abgeschaltet | | | | | | |
| 14.20 | 77 | 40,4 | 38,2 | 39,6 | | 22,3 |
| .25 | 74 | 39,9 | 38,8 | 39,5 | | |
| .30 | 72 | 39,4 | 39,9 | 39,4 | | |
| .35 | 67 | 38,8 | 41,3 | 38,9 | | |
| .40 | 62 | 40,4 | 41,3 | 38,4 | | |
| .45 | 53 | 40,7 | 40,8 | 37,8 | | 22,3 |
| .50 | 41 | 40,1 | 40,2 | 37,4 | | |
| .55 | 27 | 39,3 | 39,8 | 36,9 | | |
| 15.00 | 11 | 38,6 | 39,6 | 36,5 | 325.116 | |
| .05 | -7 | 37,9 | 39,4 | 36,1 | | 22,3 |
| .08 | -18 | 37,5 | 39,4 | 35,8 | | |
| .10 | -27 | 37,3 | 39,5 | 35,7 | | |
| .12 | -35 | 37,2 | 39,6 | 35,6 | | |
| .14 | -44 | 37,3 | 39,7 | 35,5 | | |
| .15 | -49 | 37,3 | 39,7 | 35,4 | | 22,3 |
| <u>Heizen Start</u> | | | | | | |
| 15.16 | -54 | 37,3 | 39,1 | 35,2 | 325.116 | |
| .18 | -54 | 39,7 | 37,4 | 38,4 | | |
| .20 | -57 | 40,3 | 34,6 | 39,3 | 325.117 | 22,2 |
| .22 | -57 | 40,4 | 34,8 | 39,7 | | |
| .24 | -58 | 40,6 | 35,8 | 40,0 | 325.118 | |
| .26 | -57 | 42,4 | 37,8 | 40,9 | | |
| .28 | -55 | 43,3 | 38,4 | 41,7 | 325.119 | 22,3 |
| .30 | -51 | 43,8 | 38,8 | 42,5 | | 22,2 |
| .32 | -45 | 44,4 | 39,6 | 43,3 | 325.120 | |
| .34 | -37 | 45,0 | 40,3 | 43,9 | | 22,3 |
| .36 | -29 | 45,8 | 41,1 | 44,7 | <u>325.121</u> | |
| <u>AUS</u> | 1 | 46,2 | 41,5 | 45,2 | | 22,3 |

Anlage 3 vom 17.10.2023

Teil 1: Exakte Aufzeichnungen der Temperaturwerte

Datum 17.10.2023

Außentemperatur 9,6°C (2,3 / 5,8 / 11,0 °C)

Brauchwasser-Erwärmung

EIN bei 45°C, AUS bei 50°C

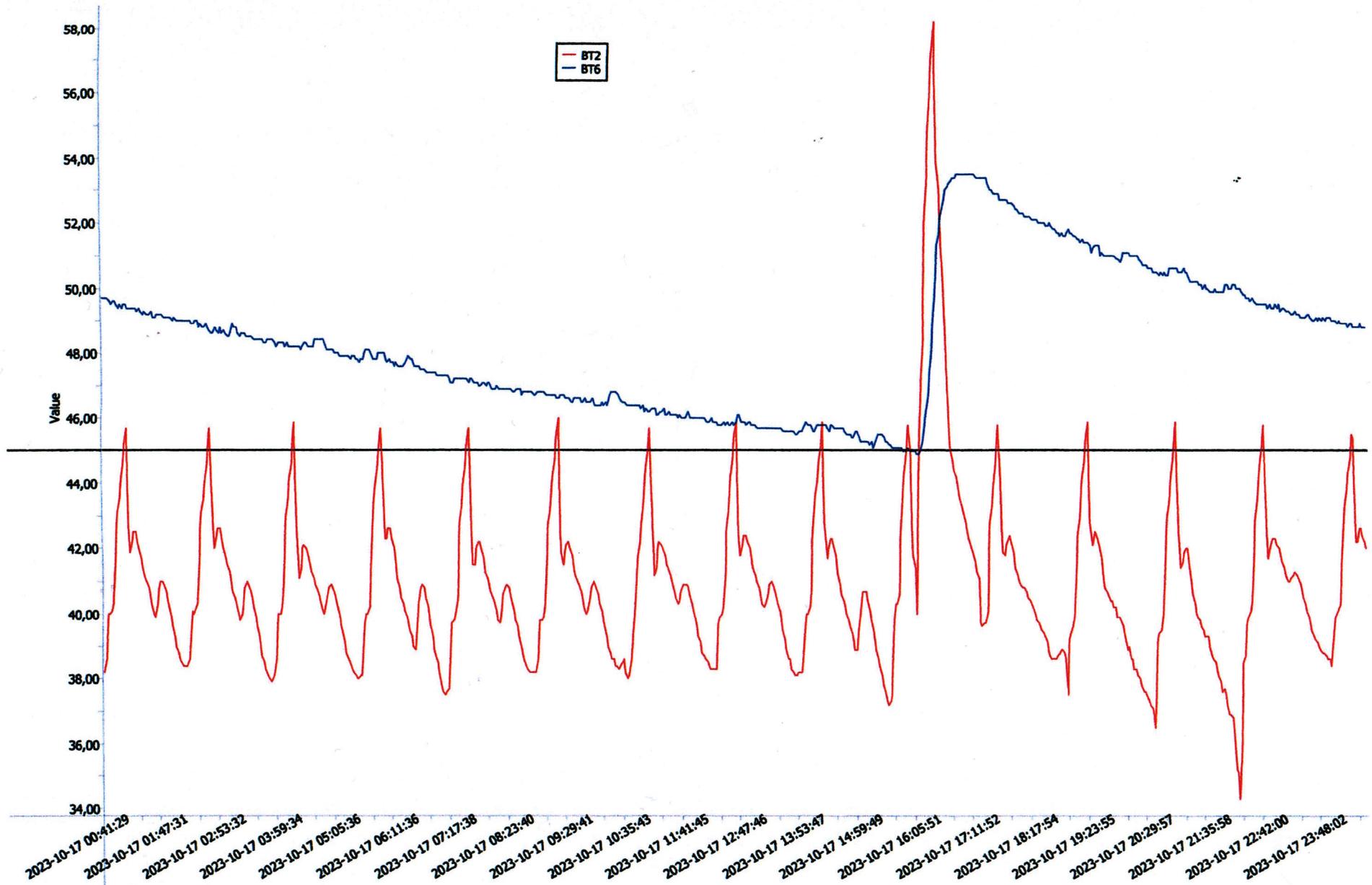
| Zeit | GM | VL | RL | VL _{ext} | Wärme-Z. | BW |
|-------|----|------|------|-------------------|----------------|-------------|
| 15.42 | 33 | | | | <u>325.121</u> | 45,0 |
| .43 | 33 | 38,5 | 35,9 | 45,3 | | <u>45,0</u> |

BW Start

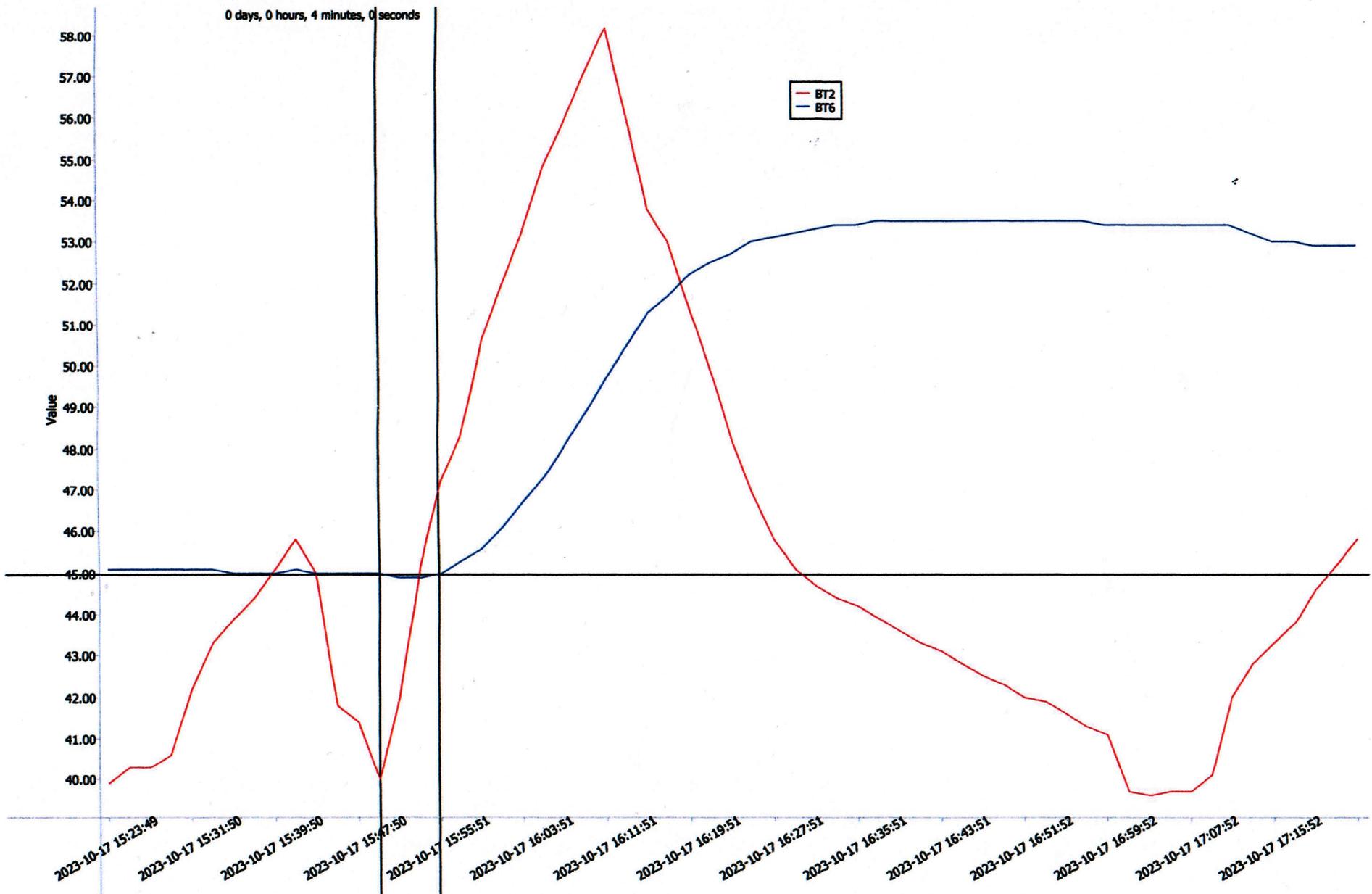
| | | | | | | |
|-------|----|------|------|------|----------------|-------------|
| 15.44 | 38 | 40,0 | 36,6 | 45,3 | | 44,9 |
| .45 | 43 | 41,6 | 37,2 | 45,3 | | 44,9 |
| .46 | 48 | 42,4 | 39,6 | 45,2 | <u>325.122</u> | 44,9 |
| .47 | 54 | 43,3 | 41,3 | 45,2 | | 44,9 |
| .48 | 59 | 45,2 | 42,5 | 45,1 | | 44,9 |
| .49 | 64 | 46,4 | 42,8 | 45,1 | | 44,9 |
| .50 | 69 | 46,9 | 43,0 | 45,0 | | <u>45,0</u> |
| .51 | 74 | 47,4 | 43,5 | 44,9 | | 45,1 |
| .52 | 79 | 48,0 | 44,8 | 44,5 | <u>325.123</u> | 45,3 |
| .53 | 82 | 49,1 | 46,3 | 42,7 | | 45,5 |
| .54 | 84 | 50,4 | 47,3 | 40,8 | | 45,7 |
| .55 | 84 | 51,1 | 47,8 | 40,1 | | 45,9 |
| .56 | 84 | 51,8 | 48,2 | 39,8 | | 46,2 |
| .57 | 84 | 52,3 | 49,2 | 39,7 | <u>325.124</u> | 46,5 |
| .58 | 84 | 53,2 | 50,1 | 39,6 | | 46,7 |
| .59 | 83 | 53,8 | 50,8 | 39,6 | | 47,1 |
| 16.00 | 83 | 54,6 | 51,5 | 39,5 | | 47,4 |
| .01 | 82 | 55,1 | 51,9 | 39,5 | | 47,7 |
| .02 | 82 | 55,6 | 52,3 | 39,5 | | 48,1 |
| .03 | 81 | 56,4 | 53,2 | 39,5 | <u>325.125</u> | 48,5 |
| .04 | 81 | 56,8 | 53,7 | 39,5 | | 48,9 |
| .05 | 80 | 57,5 | 54,5 | 39,4 | | 49,3 |
| .06 | 80 | 58,0 | 54,8 | 39,4 | | 49,7 |
| 16.07 | 79 | 58,5 | 55,3 | 39,4 | | <u>50,0</u> |

BW Ende

| | | | | | | |
|-----|----|------|------|------|--|------|
| .10 | 79 | 53,9 | 38,9 | 39,7 | | 51,4 |
| .12 | 79 | 53,1 | 38,4 | 39,5 | | 51,7 |
| .14 | 78 | 51,9 | 38,3 | 39,3 | | 52,1 |
| .16 | 75 | 49,6 | 38,1 | 39,0 | | 52,5 |



Anlage 3 Teil 2: Temperaturen der Wärmepumpe im Tagesverlauf am 17.10.2023



Anlage 3 Teil 2: Temperaturen eines Vorgangs der Brauchwasser-Erwärmung am 17.10.2023

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 | <u>325.332</u> | 45,1 |
| 18.05 | 5 | 40,1 | 41,9 | 36,8 | | <u>45,0</u> |
| <u>BW Start</u> | | | | | | |
| 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 | | <u>44,1</u> |
| .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 | VL ext | Wärme-Z. | BW |
|-------|------|------|------|-------------|----------------|-------------|
| 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 | 38,2 | | 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

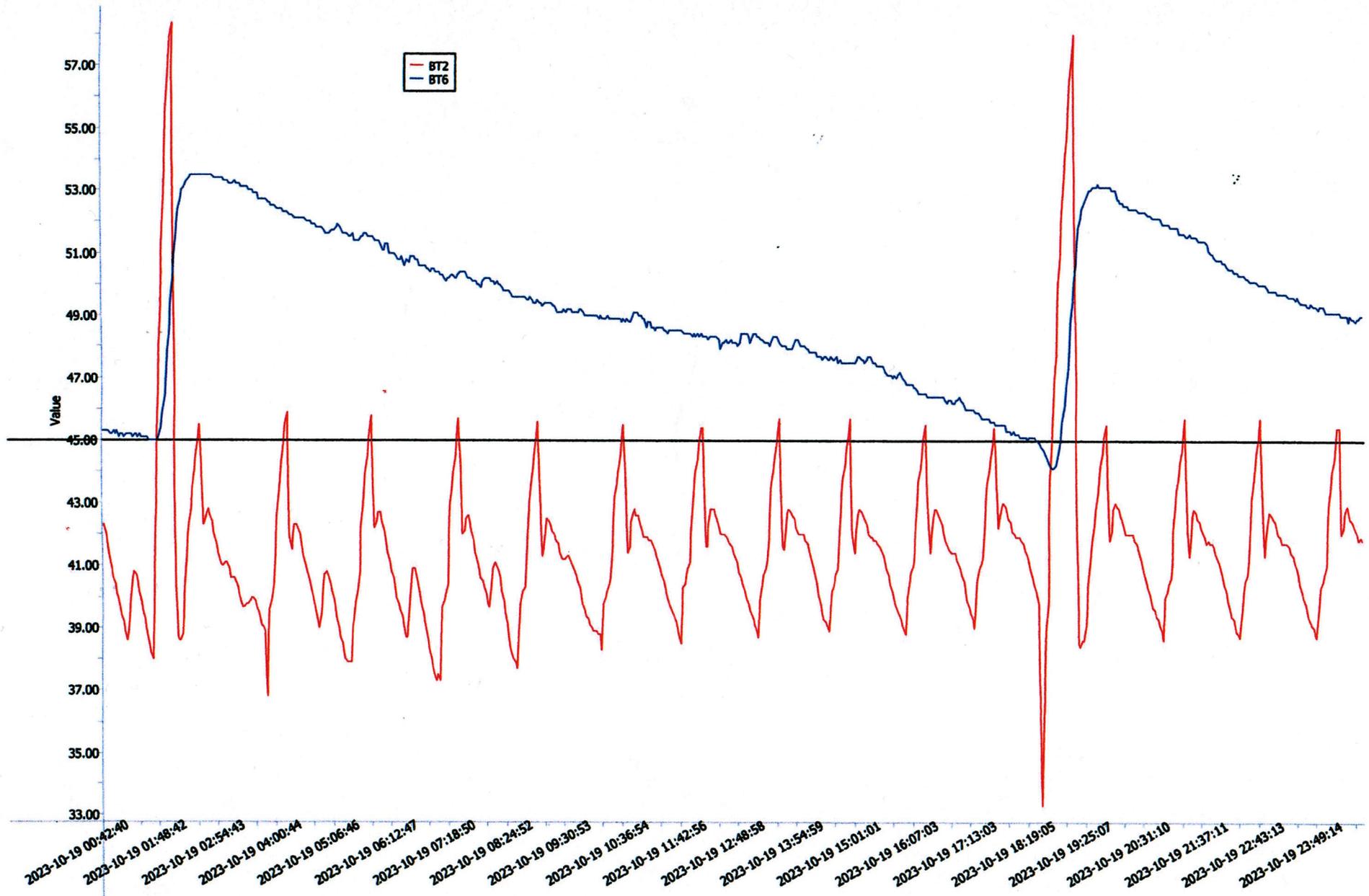
(6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Heizen (Fortsetzung der Aufzeichnung)

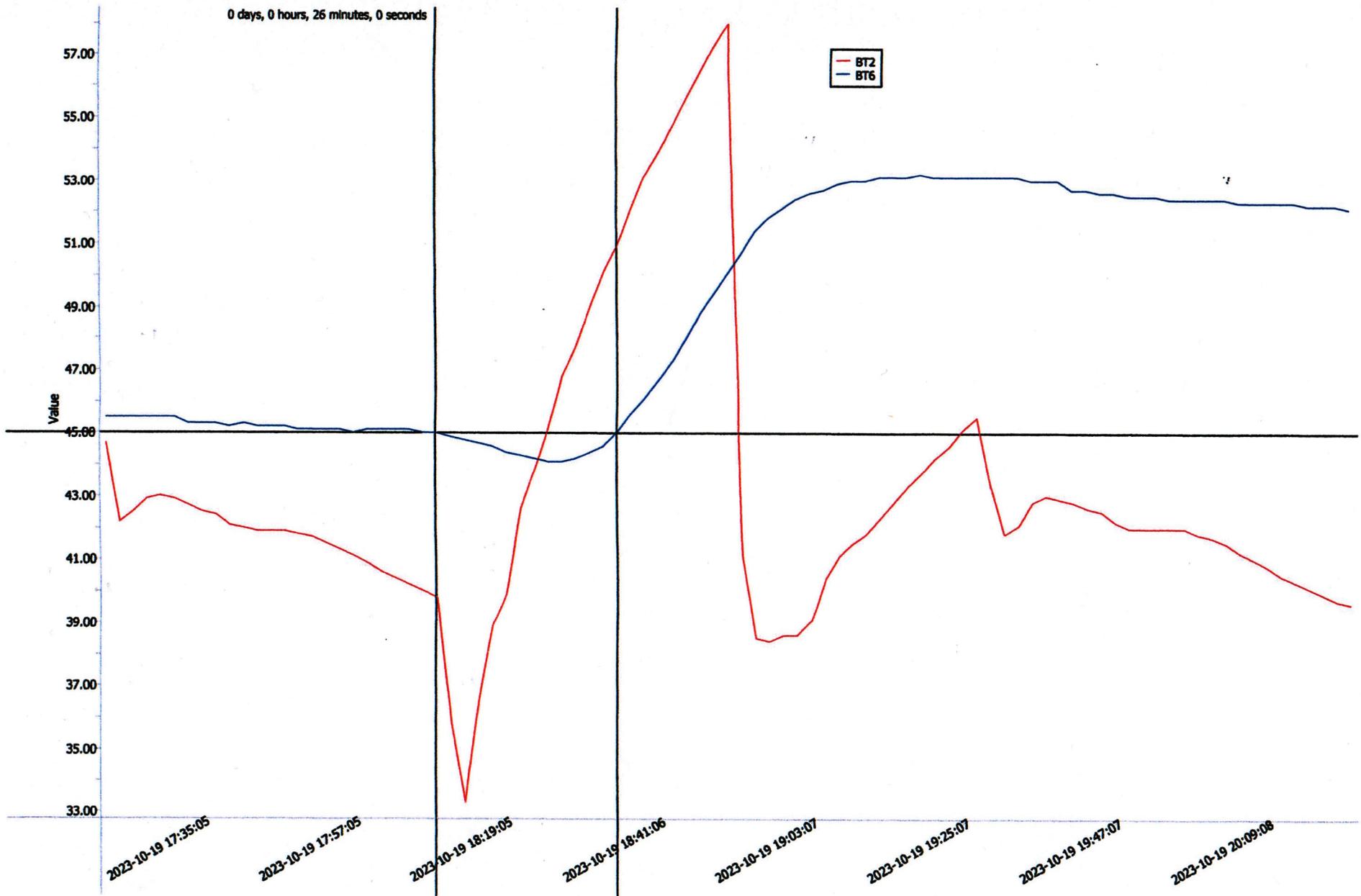
| Zeit | GM | VL | RL | VL _{ext} | Wärme-Z. | BW |
|-------|------|------|------|-------------------|----------|------|
| 19.00 | -169 | 38,7 | 33,6 | 38,5 | 325.445 | 52,4 |
| .01 | -169 | 39,3 | 35,0 | 38,6 | | 52,6 |
| .02 | -169 | 39,8 | 35,5 | 38,9 | | 52,7 |
| .03 | -169 | 40,5 | 35,8 | 39,2 | | 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

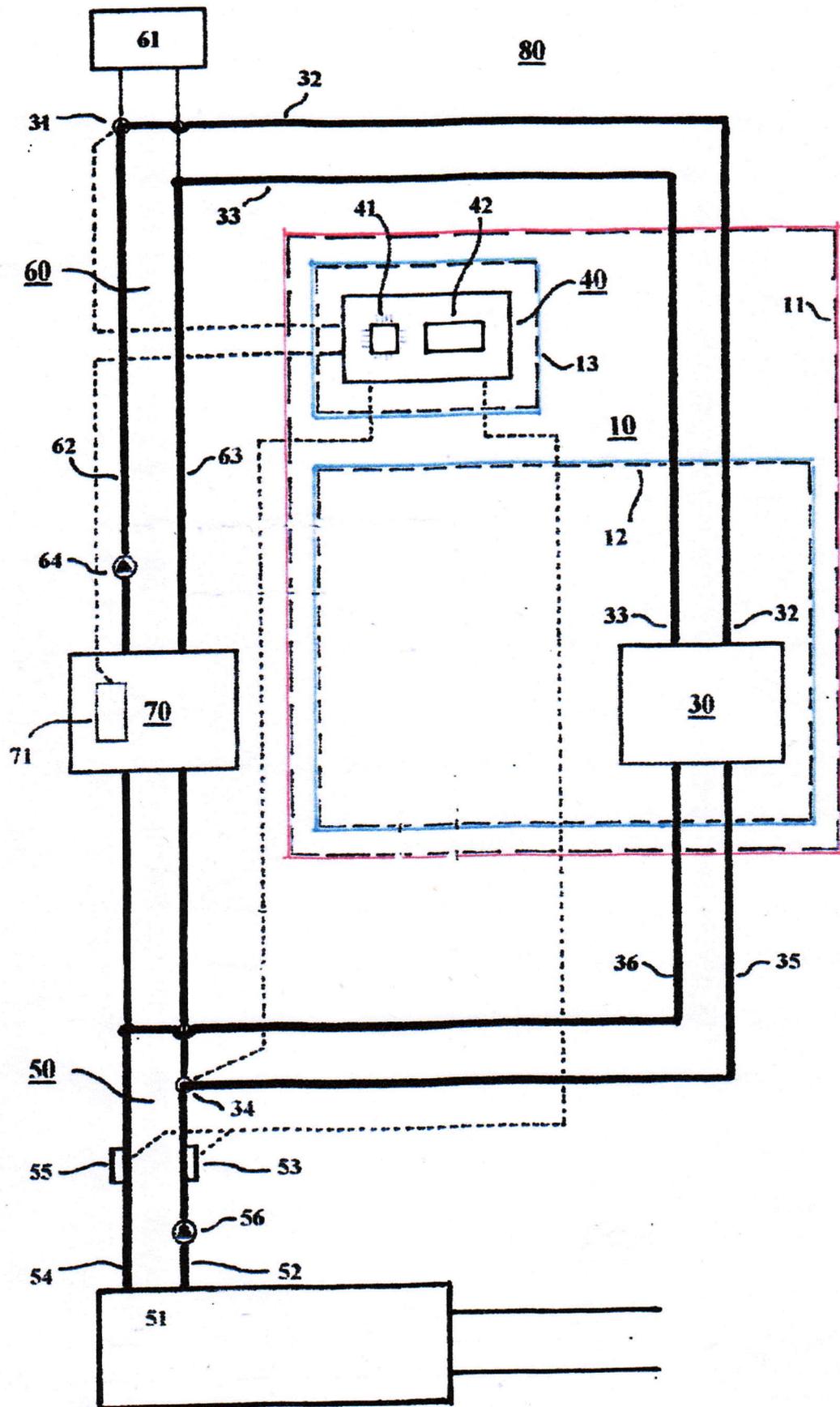
| | | | | | | |
|-------|-----|------|------|-------------|--|------|
| 19.26 | + 6 | 45,7 | 41,2 | <u>45,1</u> | | 53,1 |
|-------|-----|------|------|-------------|--|------|



Anlage 5 Teil 2: Temperaturen der Wärmepumpe im Tagesverlauf am 19.10.2023



Anlage 5 Teil 2: Temperaturen eines Vorgangs der Brauchwasser-Erwärmung am 19.10.2023



Anlage 3: Multifunktionales Regelsystem für Luft/Wasser-Wärmepumpen zur Nutzung von Anergie nach dem Start der Wärmepumpe (Phase 1)

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)

| 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 | $P_{el} = 1,485\text{ kW}$ |
| $T_u = -2,5\text{ °C} = 270,5\text{ K}$ | | -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 | <u>Bezugswert</u>* |
| $\epsilon = 4,661$ | | 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 | für Veränderungen des Strombedarfs je nach der Temperatur im Wärmespeicher |
| + 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 % | |

Anlage 4 Einfluss der Temperatur im Wärmespeicher auf den Strombedarf einer Luft/Wasser-Wärmepumpe

Berechnung der Tabellenwerte für das Beispiel der Anlage 4

Festlegung eines Bezugswerts zur Ermittlung des jeweiligen Strombedarfs bei unterschiedlichen Temperaturwerten,
beispielsweise für die Speichertemperatur 0°C (Quellentemperatur) gegenüber dem Bezugswert bei 10°C .

Angaben erforderlich beispielsweise zur Heizlast (10 kW) und zu dem Mittelwert der Heizkreistemperaturen (Vorlauf = 35°C , Rücklauf = 25°C), die sich für die Berechnung nicht ändern.

Ermittlung des Temperaturhubs ΔT zwischen Temperatur T_u der Quelle und Temperatur T_o des Heizkreises (dafür ist immer die Temperatur von Grad Celsius umzurechnen in Grad Kelvin $\rightarrow \Delta T = T_o$ minus T_u), für die Berechnung ist jeweils der Mittelwert einzusetzen.

Beispiel für eine Speichertemperatur von 0°C : $\rightarrow \Delta T$ für $T_o = 30^{\circ}\text{C} = 303 \text{ K}$ und $T_u = -2,5^{\circ}\text{C} = 270,5 \text{ K}$
bei einer Spreizung im Primärkreis von 5°C $\rightarrow \Delta T = 32,5 \text{ K}$

Carnot-Formel $\rightarrow \epsilon_c = T_o / \Delta T = 303 / 32,5 = 9,323$

für Wärmepumpen gilt $\epsilon_{WP} = \text{etwa } 50\% \text{ von } \epsilon_c = 9,323 \cdot 0,5 \rightarrow \epsilon_{WP} = 4,661$

Leistungszahl COP = thermische Leistung P_{th} zur elektrischen Leistung P_{el} $\rightarrow P_{th} / P_{el} = \epsilon_{WP}$

Elektrische Leistung $\rightarrow P_{el} = P_{th} / \epsilon_{WP} = 10 \text{ kW} / 4,661 = 2,145 \text{ kW}$

Veränderung gegenüber dem Bezugswert 1,485 kW bei 10°C $\rightarrow 2,145 / 1,485 = +44,4 \%$