Dr.-Ing. Hans-Georg Benken - 38104 Braunschweig - An der Wabe 5 - Tel. 0531-372 374

Untersuchung einer Wärmepumpe gemäß dem Stand der Technik

Die Daten dafür sind der eigenen Wärmepumpenanlage entnommen worden durch eine exakte Aufzeichnung von Temperaturen im Minutentakt und der entsprechenden Zählerstände sowie Grafiken, die den genauen Ablauf zeigen. Als einem der Beispiele von den an mehreren Tagen vorgenommenen Aufzeichnungen sind dafür als Auszug die Daten vom 19.10.2023 beigefügt.

Die Tabelle zeigt eine Brauchwasser-Erwärmung. Die Wärmepumpe schaltet sich ein, wenn im Brauchwasserspeicher die Temperatur von 45°C unterschritten wird, sobald die Temperatur von 50°C erreicht wird schaltet sich die Wärmepumpe wieder ab oder schaltet sich um wie in diesem Fall auf Heizen, weil die Heizungstemperatur sehr weit auf nur noch 32,6°C abgesunken war.

Die Heizungstemperatur ist die externe Vorlauftemperatur VL_{ext} der vom Speicher in die Heizkörperanlage fließenden Wärme, die Brauchwassertemperatur BW wird im Speicher erfasst, der jeweilige Stromverbrauch ist dem Wärme-Zähler zu entnehmen. Bei den Grafiken geht es um einige der von der Wärmepumpe dauerhaft gespeicherten Daten, die Heizkreisvorlauftemperatur und die Brauchwassertemperatur.

Die Brauchwasser-Erwärmung kann man sowohl in der Tabelle wie bei den Grafiken verfolgen, sie startete um 18.08 Uhr durch den Rückgang der Temperatur unter 45°C. Wer sich die Tabelle genau ansieht wird erkennen, dass die Temperatur <u>nicht</u> ansteigt, sondern sich sogar deutlich um fast ein Grad verringert, was man ebenso auch bei den Grafiken sehen kann.

Der Vorgang ging durch eine Umschaltung auf Heizen über, weil die Temperatur in der Heizungsanlage von 36,8°C um 18.05 Uhr während der Erwärmung von Brauchwasser auf 32,6°C um 18.50 Uhr abgesunken war.

Die Brauchwasser-Erwärmung dauerte 40 Minuten und benötigte dafür 10 kWh (der Zählerstand erhöhte sich von 325.332 kWh auf 325.342 kWh). Da nach dem Start der Wärmepumpe zunächst nur Wärme mit einer noch geringen Temperatur erzeugt und diese in den Speicher geleitet wird, verringert sich dessen Temperatur deutlich von 45°C bis auf 44,1°C. Es dauerte 26 Minuten bis 18.34 Uhr, erst dann konnte durch die allmählich weiter ansteigende Heizkreistemperatur der Wärmepumpe die Temperatur im Wasserspeicher wieder auf 45,0°C ansteigen, also den Wert, den es bereits beim Start der Wärmepumpe gab. Allein dafür wurden 6 kWh Strom benötigt (Zählerstand 325.338 kWh), weitere 4 kWh Strom waren nötig, um die Brauchwassertemperatur wie beabsichtigt wieder auf 50,0°C zu erhöhen (Zählerstand 325.342 kWh).

Es war mir wichtig, die Daten dieses Vorgangs so detailliert darzustellen, um konkret

nachweisen zu können, welche Probleme entstehen werden, wenn im Winterhalbjahr in kurzen Abständen die Heiztemperatur und die Warmwassertemperatur erhöht werden.

Man muss dabei berücksichtigen, dass Photovoltaikanlagen in den drei kältesten Monaten des Jahres nicht mehr genug Strom für die Haushalte liefern können, keine 94 kWh im Monat mehr für Warmwasser, erst recht keinen Strom für Wärmepumpen und E-Autos.

Im Gegensatz zu dem bestehenden System der Wärmepumpen könnte deutlich Strom eingespart werden, wenn durch das von mir entwickelte neue Verfahren nach dem Start zunächst die Wärme mit der noch sehr niedrigen Temperatur genutzt wird für eine Erhöhung der Quellentemperaturen, sodass aufgrund der dann geringeren Temperaturdifferenz zwischen Quelle und Heizkreis weniger Strom benötigt wird.

Die möglichen Veränderungen durch eine Speicherung von Wärme im Erdreich oder im Speicher, insbesondere durch die zu nutzende Anergie gleich nach dem Start der Wärmepumpe, sollten durch die einzelnen Grafiken des Betriebsablaufs jedem deutlich werden.

Dies ist von "Experten" bisher nicht verstanden worden, man meint wie bisher konkrete Bilanzbereiche ansetzen zu müssen, obwohl stattdessen jeweils die Wärmespeicherung zugrundegelegt werden muss - meine Annahmen dafür sind schon 2018 vom Deutschen Geoforschungszentrum Potsdam untersucht und auch als den realen Gegebenheiten entsprechend bestätigt worden.

Das Ziel der Bundesnetzagentur, die steuerbaren Verbrauchseinrichtungen sicher und zügig zu integrieren, wird man keinesfalls erreichen können, weil die Maßnahmen sich bei Wärmepumpen nicht umsetzen lassen - stattdessen würden sich im Stromsektor extreme Probleme ergeben, möglicherweise in Teilbereichen sogar komplette Ausfälle.

Die Untersuchung der Wärmepumpenanlage basierte auf den folgenden Daten**:**

Die beigefügten Grafiken **5.1** bis **5.5** ergänzen die tabellarischen Aufzeichnungen der Temperaturen einer Sole/Wasser-Wärmepumpe für eine Radiatorenheizung in einem Bestandsgebäude und deren Brauchwassererwärmung, die Nennleistung beträgt 15 kW.

Aufgezeichnet wurden am 19.10.2023

die Vorlauftemperatur VL im Heizkreis = BT2 (rot),

die Brauchwassertemperatur im Speicher = BT6 (blau)

Calc. Supply zeigt den Mittelwert der eingestellten Heiztemperatur von 40°C (schwarz).

Schwarze Linien kennzeichnen auch die Brauchwassertemperatur von 45°C für den Start der Erwärmung sowie das Ende von 50°C für die Abschaltung der Wärmepumpe.

Die Dauer eines Vorgangs oder eines Teils davon wird angegeben am oberen Rand der Grafik, gekennzeichnet durch die beiden vertikalen Linien.

Aufgenommen wurden die Daten am Abend bei einer Außentemperatur von 8,9°C.

Die Grafik **5.1** zeigt den gesamten Tagesverlauf über 24 Stunden, die Zeiten werden am unteren Rand angegeben. Zweimal am Tag ist das Brauchwasser wieder erwärmt worden, sobald dessen Temperatur unter 45°C abgesunken ist.

Grafik **5.2** ist ein Ausschnitt des Tages mit der Brauchwassererwärmung am Abend und einem direkt anschließenden Heizvorgang zu dem Zeitpunkt, an dem die Brauchwassertemperatur wieder 50°C erreicht. Dies dauerte insgesamt eine Stunde und 16 Minuten.

Allein 40 Minuten davon sind auf die Brauchwassererwärmung entfallen, wie die Grafik **5.3** zeigt, die restlichen 36 Minuten in Grafik **5.4** benötigte der Heizvorgang nach dessen Umschaltung, was ungefähr den anderen Heizvorgängen entspricht.

Nach dem Start der Wärmepumpe zur Brauchwassererwärmung fällt immer zunächst die Heizkreisvorlauftemperatur deutlich ab, wie man der Grafik **5.5** entnehmen kann. Das führt zu dem großen Unterschied der Temperatur im Brauchwasserspeicher, dem deutlich kühleres Wasser zugeführt wird mit der Folge, dass die Temperatur im Speicher nicht ansteigt, sondern um fast ein Grad auf 44,1°C abgesunken ist (wie man den Daten der Tabelle entnehmen kann).

Es dauerte nun 26 Minuten, bis das Brauchwasser wieder die zu Beginn des Vorgangs vorhandene Temperatur von 45°C erreicht und dann erst die Temperatur im Speicher wieder ansteigt. An den im Minutentakt aufgenommenen Daten kann man feststellen, dass allein für den Ausgleich dieses Temperaturabfalls in diesen 26 Minuten bereits 6 kWh Strom verbraucht worden sind, für den Temperaturanstieg auf 50°C sind dann nur noch weitere 4 kWh benötigt worden.

Der nach dem Start der Wärmepumpe als Anergie zu betrachtende Stromanteil von 6 kWh ist zwar erforderlich, um die Heizkreisvorlauftemperatur zunächst so weit zu steigern, dass schließlich die Brauchwassertemperatur oder die Heiztemperatur wieder erhöht werden kann, ist aber zusätzlich auch noch ganz anders zu nutzen - das ist ein technologisch völlig anderes Verfahren.

Ein für Wärmepumpen entwickeltes Verfahren ermöglicht durch ein multifunktionales Regelsystem eine das ganze Jahr mögliche Regeneration eines Wärmespeichers einer Luft/Wasser-Wärmepumpe bzw. der Wärmequelle einer Sole/Wasser-Wärmepumpe.

Dafür kann nicht nur zeitweise auch überschüssiger Strom aus Windkraftanlagen in Wärme umgewandelt und gespeichert werden, es lässt sich auch - wie in den Grafiken zu sehen ist - die bei jedem Start zunächst anfallende Anergie für die Erhöhung der Quellentemperatur nutzen.

Den Grafiken **5.1** bis **5.5** ist das erweiterte Kreislaufschema einer Wärmepumpe hinzugefügt worden. Damit kann die noch geringe Heizkreisvorlauftemperatur nicht nur wie bisher der Heizungsanlage oder dem Warmwasserspeicher, sondern direkt der Wärmequelle zugeleitet werden, also entweder der Erdsonde einer Sole/Wasser-Wärmepumpe

oder dem Wärmespeicher einer Luft/Wasser-Wärmepumpe.

Es muss lediglich die Wärme im Heizkreisvorlauf statt in den Brauchwasserspeicher oder in die Heizungsanlage über ein Dreiwegeventil in einen Wärmetauscher und von dort weiter in die Quelle geleitet werden. Diese Umleitung von Wärme endet erst dann, wenn die Heizkreisvorlauftemperatur die notwendige Temperatur beispielsweise für eine Erhöhung der Brauchwassertemperatur erreicht hat, es kommt dadurch nicht mehr zu einer Temperaturabsenkung im Speicher, die für deren Ausgleich notwendige zusätzliche Energie entfällt deshalb.

Diese Umleitung von Wärme führt weder zu einem geringeren noch zu einem höheren Stromverbrauch. Durch diese Umleitung von Wärme erreicht man jedoch eine deutliche Steigerung der Quellentemperaturen, die sich im Laufe des Jahres bei Erdwärmepumpen nicht mehr von 12°C auf 0°C verringern, bei den von der Außenluft abhängigen Wärmepumpen sogar von etwa 25°C bis auf -15°C, die Temperaturen der umgeleiteten Wärme können dagegen das ganze Jahr weit darüber liegen.

Die für den Start der Wärmepumpe erforderliche Energie geht also nicht verloren, wenn man zunächst deren Wärme mit der noch zu niedrigen Temperatur in die Wärmequellen überträgt. Die somit deutlich geringeren Temperaturdifferenzen zwischen der Quelle und dem Heizkreis wirken sich daher entscheidend auf den Energiebedarf aus - der Stromverbrauch der Wärmepumpen könnte sich durchaus auf die Hälfte des Jahres verringern.

Anlagen

1. Tabelle der exakten Aufzeichnungen von Temperaturwerten und Stromverbrauch
2. Graphische Aufzeichnungen **5.1** bis **5.5** der Temperaturen einer Wärmepumpenanlage
3. Erweitertes Kreislaufschema einer Wärmepumpe

2.8.2025 Hans-Georg Jahn

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		45,0
BW Start						
18.08	-8	39,8	30,3	36,3		44,9
.09	-12	36,3	27,5	36,2	325.333	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	325.334	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	325.335	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	325.336	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	325.337	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	325.338	44,7
.34	-136	50,9	47,5	33,9		45,0
.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	325.339	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	325.340	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	325.341	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	32,6	325.342	50,1

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

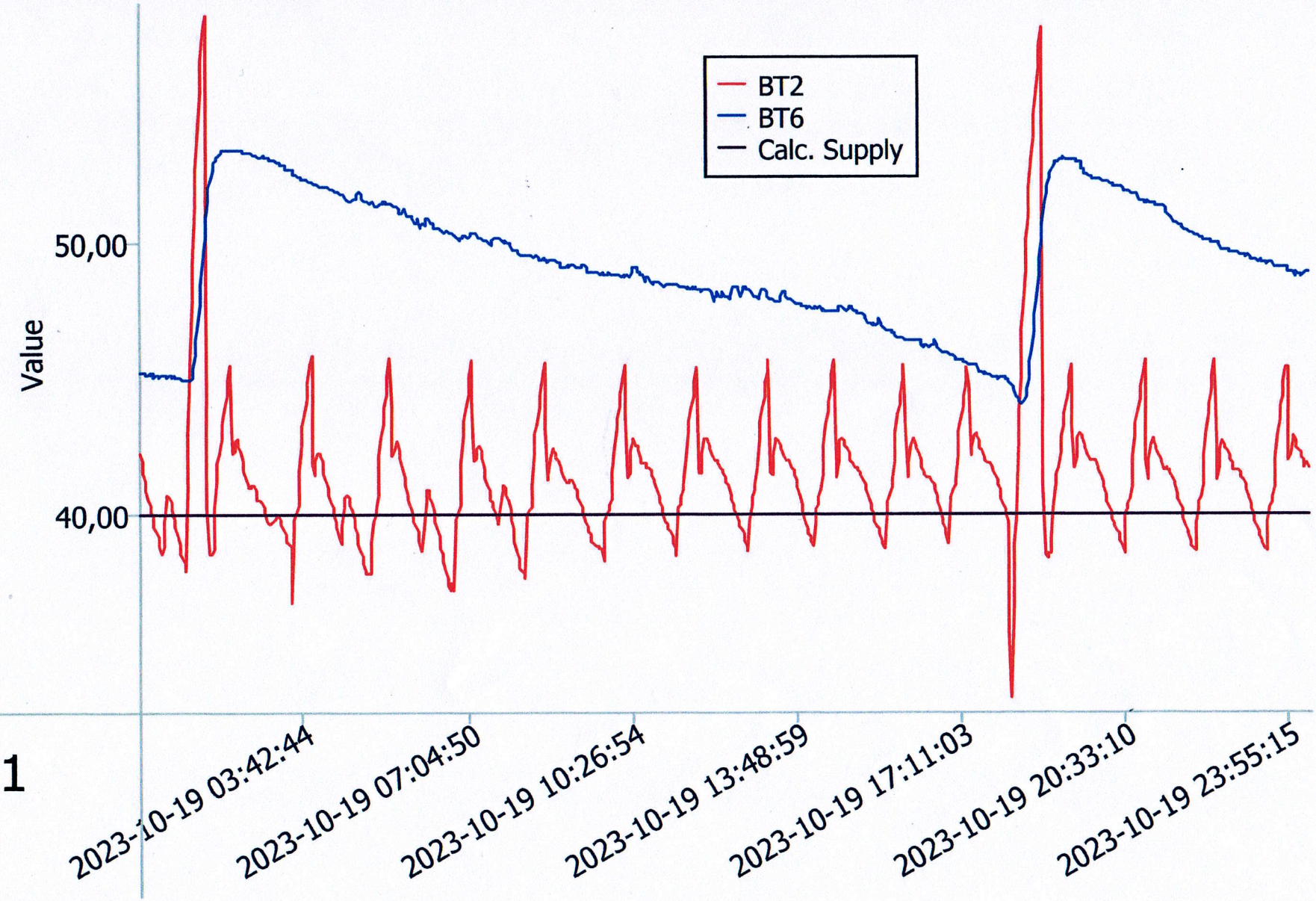
Datum 19.10.2023 Außentemperatur 8,9°C (6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Heizen (Fortsetzung der Aufzeichnung)

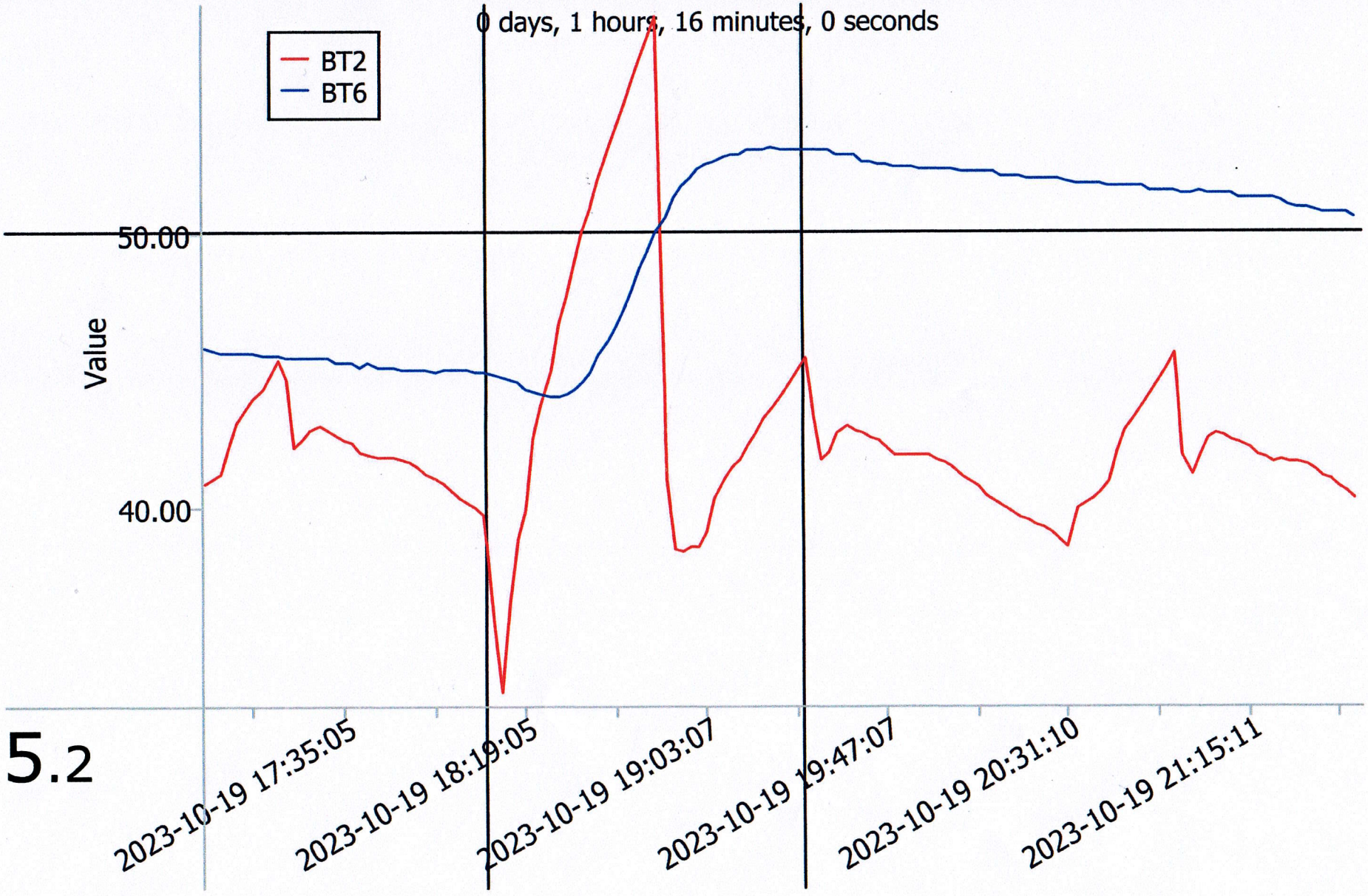
Zeit	GM	VL	RL	VL ext	Wärme-Z.	BW
19.00	-169	38,7	33,6	38,5	325.445	52,4
.01	-169	39,3	35,0	38,6		52,6
.02	-169	39,8	35,5	38,9		52,7
.03	-169	40,5	35,8	39,2		52,8
.04	-169	40,8	36,0	39,6		52,9
.05	-169	41,1	36,2	39,9	325.346	52,9
.06	-168	41,4	36,5	40,3		53,0
.07	-168	41,6	36,7	40,6		53,0
.08	-167	41,7	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

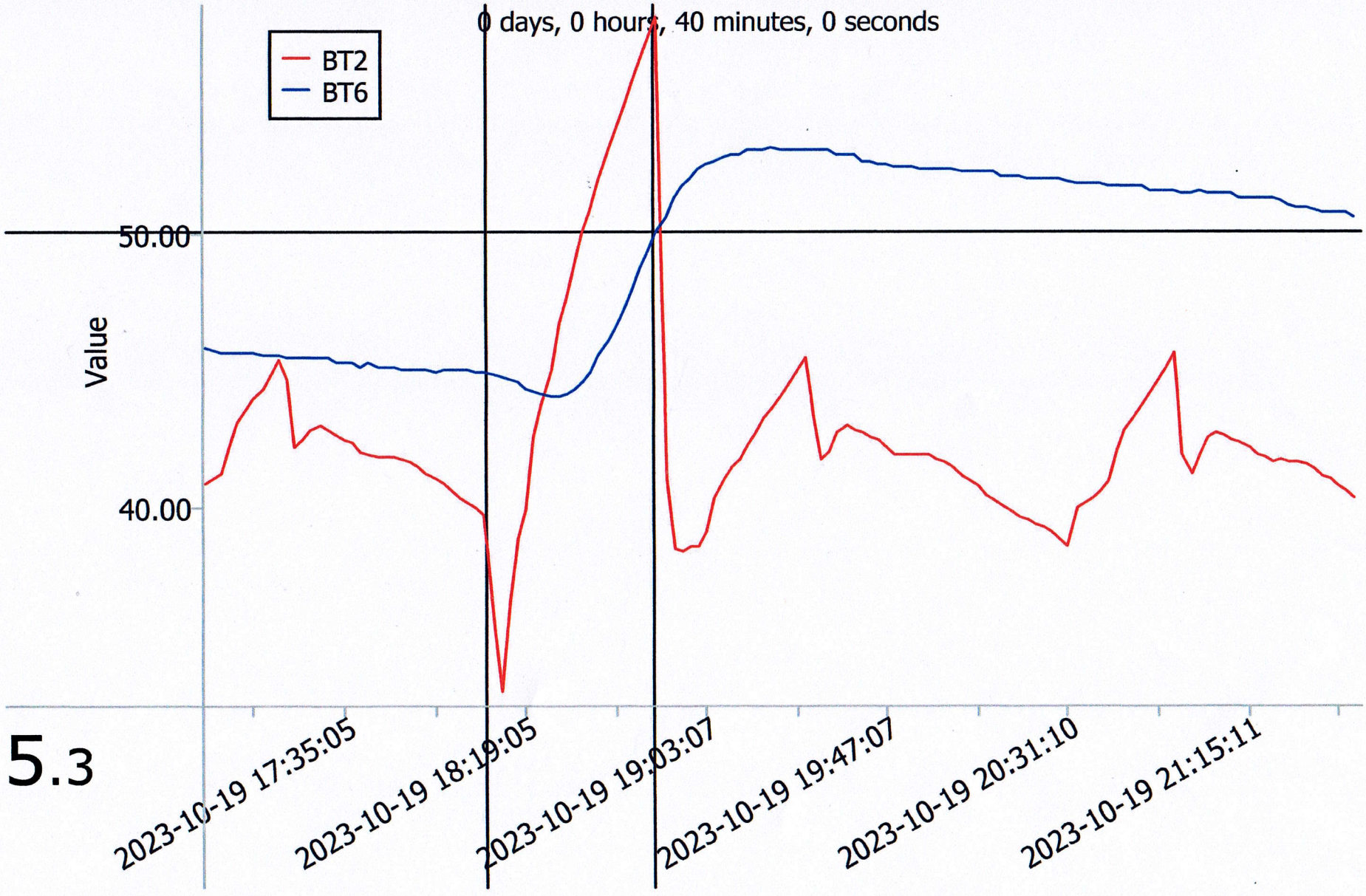
19.26	+ 6	45,7	41,2	45,1		53,1


BT2
BT6
Calc. Supply
50,00
40,00
Value
2023-10-19 03:42:44
2023-10-19 07:04:50
2023-10-19 10:26:54
2023-10-19 13:48:59
2023-10-19 17:11:03
2023-10-19 20:33:10
2023-10-19 23:55:15

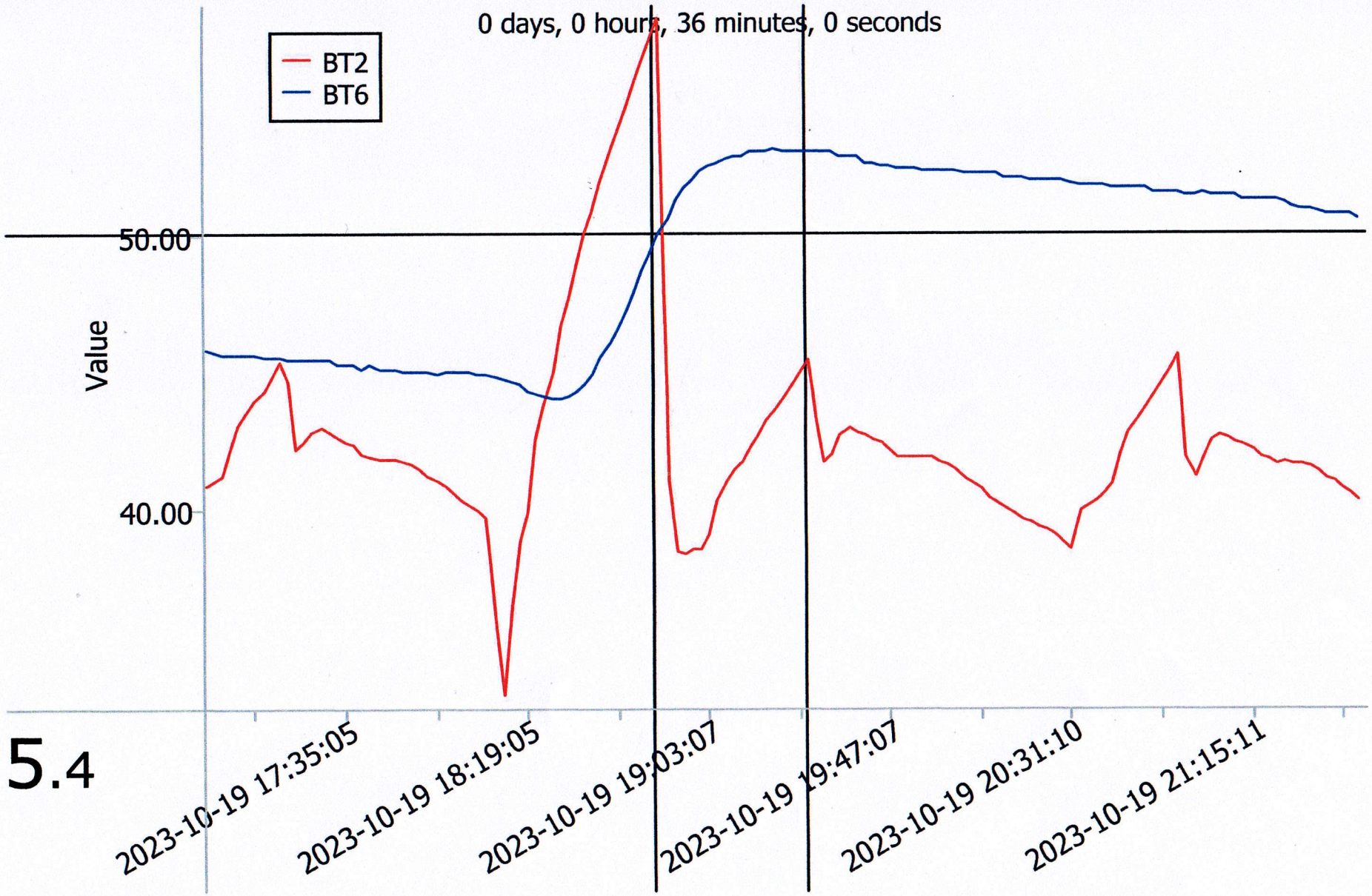
5.1


0 days, 1 hours, 16 minutes, 0 seconds
BT2
BT6
50.00
40.00
Value
2023-10-19 17:35:05
2023-10-19 18:19:05
2023-10-19 19:03:07
2023-10-19 19:47:07
2023-10-19 20:31:10
2023-10-19 21:15:11

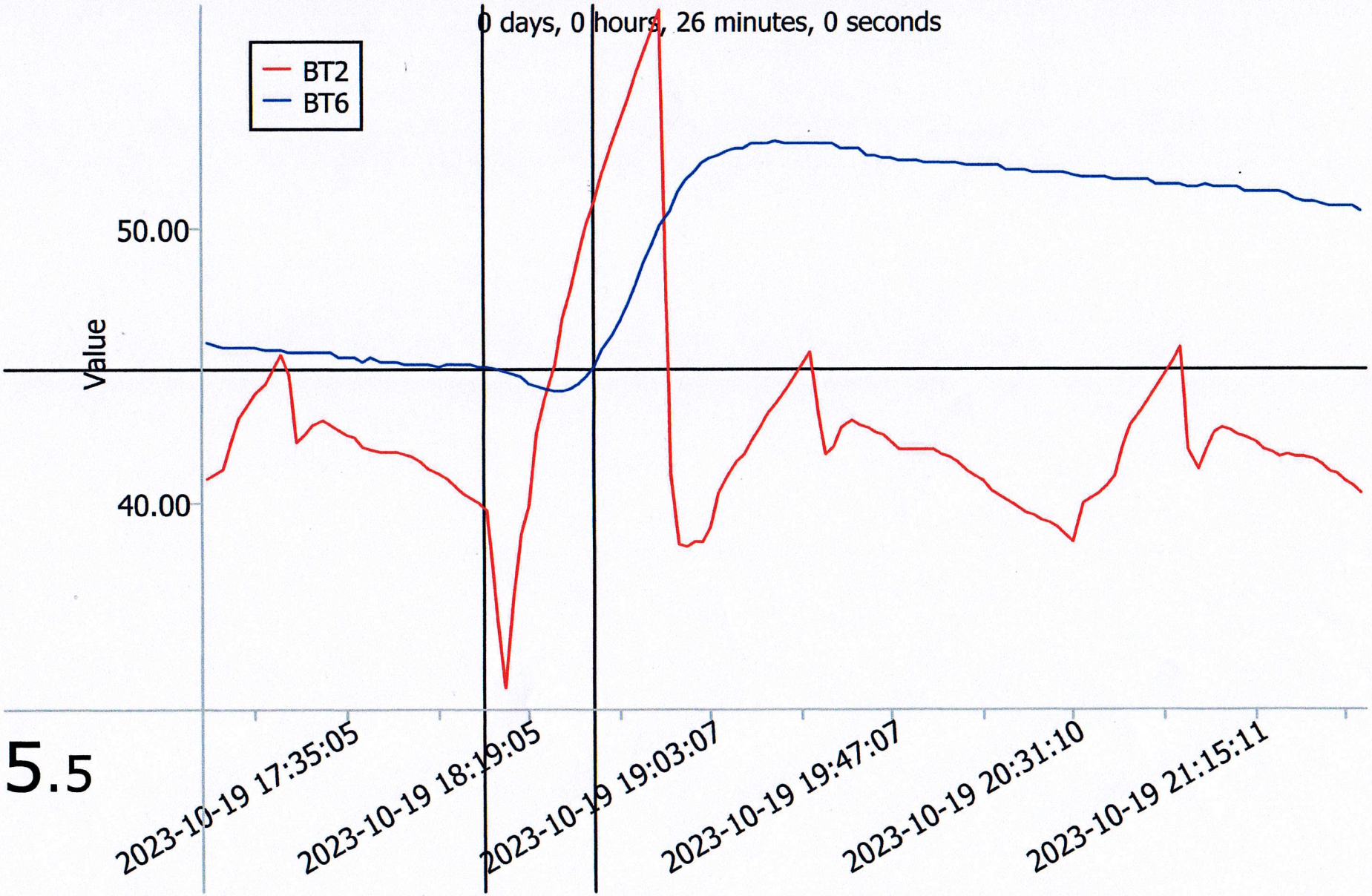
5.2


0 days, 0 hours, 40 minutes, 0 seconds
BT2
BT6
50.00
40.00
Value
2023-10-19 17:35:05
2023-10-19 18:19:05
2023-10-19 19:03:07
2023-10-19 19:47:07
2023-10-19 20:31:10
2023-10-19 21:15:11

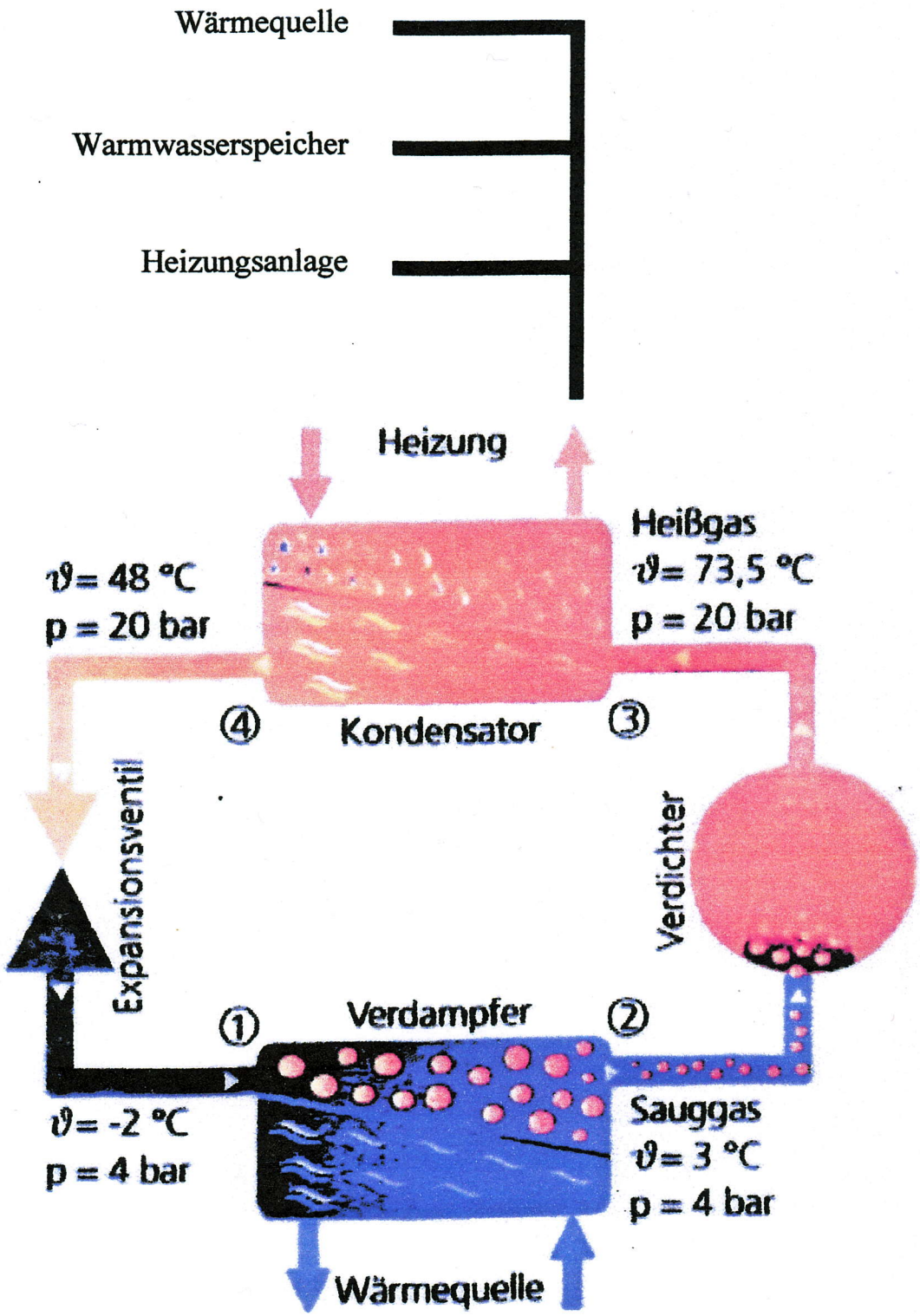
5.3


0 days, 0 hours, 36 minutes, 0 seconds
BT2
BT6
50.00
40.00
Value
2023-10-19 17:35:05
2023-10-19 18:19:05
2023-10-19 19:03:07
2023-10-19 19:47:07
2023-10-19 20:31:10
2023-10-19 21:15:11

5.4


0 days, 0 hours, 26 minutes, 0 seconds
BT2
BT6
50.00
40.00
Value
2023-10-19 17:35:05
2023-10-19 18:19:05
2023-10-19 19:03:07
2023-10-19 19:47:07
2023-10-19 20:31:10
2023-10-19 21:15:11

5.5



Kreislaufschema einer Wärmepumpe

Bei deren Start zur Erwärmung von Brauchwasser oder zum Heizen ist die Heizkreisvorlauftemperatur meist noch recht niedrig und sollte deshalb zunächst zur Erhöhung der Quellentemperatur genutzt werden, bis die Temperatur der Heizung bzw. im Warmwasserspeicher erreicht wird und das Dreiwegeventil die Leitung zur weiteren Erhöhung umschalten kann - dann steht sofort die dafür notwendige Temperatur zur Verfügung.