

Der Ablauf von Heizen und Brauchwasser bei Wärmepumpen - die Probleme bei Anlagen gemäß dem Stand der Technik

An einer Sole/Wasser-Wärmepumpe lässt sich bei noch kühlen Außentemperaturen der unterschiedliche Ablauf bei Vorgängen für Heizen und Erwärmung von Brauchwasser an einigen detailreichen Grafiken sehr gut zeigen und bewerten.

Zunächst ist in Grafik 1 der Tagesverlauf vom 2.6.2023 zu sehen mit einer mittleren Tagestemperatur von $13,2^{\circ}\text{C}$, die niedrigste Temperatur lag bei $8,4^{\circ}\text{C}$ und steigerte sich im Verlauf des Tages bis auf $18,4^{\circ}\text{C}$ (Daten vom "Wetterkontor" für Braunschweig).

Die Heizkreisvorlauftemperatur (BT2) entspricht dem Verlauf der roten Linie, die grüne Linie der externen Vorlauftemperatur (BT25) für die vom Speicher zur Heizungsanlage fließenden Wärme, die gewählte mittlere Temperatur beträgt 35°C (Calc. Supply).

Die Brauchwassertemperatur, ermittelt im oberen Teil des Wasserspeichers, entspricht dem blauen Linienverlauf (BT6). Die Wärmepumpe schaltet sich ein, wenn die Wassertemperatur unter $45,0^{\circ}\text{C}$ fällt und schaltet sich wieder ab, sobald die Temperatur $50,0^{\circ}\text{C}$ erreicht (diese beiden Temperaturen werden durch schwarze horizontale Linien markiert).

Am Tage haben sich acht Vorgänge für Heizen und zweimal eine Erwärmung von Brauchwasser ergeben, davon einmal zugleich mit Heizen. Es gibt übrigens Anlagen, bei denen beispielsweise ein Umschalten nach 20 Minuten für den Wechsel von Heizen auf Brauchwasser und wieder umgekehrt gewählt werden kann - das ist nachweislich sehr ineffizient.

Grafik 2 zeigt die erste Erwärmung von Brauchwasser frühmorgens, der Vorgang dauert 46 Minuten, dann sind $50,0^{\circ}\text{C}$ wieder erreicht worden.

In der Grafik 3 sieht man, dass sich sofort nach diesem Start der Wärmepumpe die Heizkreistemperatur erhöht, jedoch aufgrund von deren anfangs sehr geringer Temperatur die Brauchwassertemperatur sich nicht erhöht, sondern sogar etwas verringert. Durch kleine Temperaturschwankungen im Speicher schaltet sich die Wärmepumpe wieder ab, die Heizkreistemperatur nimmt ab, desgleichen auch die Brauchwassertemperatur, sodass dann die Wärmepumpe erneut startet. Erst nach 32 Minuten hat sich das Brauchwasser wieder auf 45°C erhöht, also auf die Temperatur wie beim ersten Start der Wärmepumpe. Bisher ist zwar Strom verbraucht worden, das Brauchwasser aber noch gar nicht erwärmt worden! Erst nach weiteren 14 Minuten erreicht das Brauchwasser die Temperatur von 50°C , wie der Grafik 2 zu entnehmen ist, die Wärmepumpe schaltet ab.

Ein kaum beachteter Nachteil bei Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik besteht darin, dass wegen der bei fast jedem Start zunächst niedrigen Heizkreistemperatur kühles Wasser in den Brauchwasserspeicher geleitet wird und dessen Temperatur sich dadurch noch weiter verringert. Die weiteren Grafiken zeigen, dass auf diese Weise viel Energie

verloren gehen kann. Diese muss aber aufgewendet werden, weil zunächst im Heizkreisvorlauf die notwendige Temperatur erreicht werden muss, um überhaupt von Zeit zu Zeit die allmählich abnehmende Temperatur des Brauchwassers und auch der Heizungsanlage wieder steigern zu können.

Sollte aber die Wärmepumpe während der Erwärmung von Brauchwasser sich frühzeitig beispielsweise durch eine Überlastung im Stromnetz abschalten, dann wäre die bereits aufgewendete Energie vollständig nutzlos und als Anergie zu betrachten, die Temperatur im Brauchwasserspeicher hätte sich durch die Zuführung des zunächst kühlen Wassers sogar noch weiter verringert.

Die am gleichen Tag abends vorgenommene zweite Erwärmung von Brauchwasser zeigt in Grafik 4 einen weitaus größeren Energieverbrauch. Der Vorgang benötigte insgesamt 74 Minuten, bedingt durch einen völlig anderen Ablauf. Allein 62 Minuten waren erforderlich, um den nach dem Start der Wärmepumpe einsetzenden Rückgang der Temperatur im Speicher wieder auszugleichen, wie man Grafik 5 entnehmen kann, danach genügte wie Grafik 6 zeigt lediglich noch weitere 12 Minuten für die Steigerung der Temperatur von 45°C auf 50°C.

Der Start ergab sich zunächst durch das Absinken der Brauchwassertemperatur auf 44,9°C, durch mögliche kleine Temperaturschwankungen dürften sich dann 45°C ergeben haben, sodass sich die Wärmepumpe nach etwa 16 Minuten wieder abschaltete, wie Grafik 7 zeigt. Dies führte dann erneut zu einer weiteren Verringerung der Brauchwassertemperatur.

Zwischenzeitlich verringerte sich auch die Temperatur der Heizungsanlage entsprechend dem täglichen Verlauf, wie die grüne Linie in Grafik 8 zeigt, sodass die Wärmepumpe auf Heizen umschaltete; nach dessen Ende wechselte die Wärmepumpe erneut wie in Grafik 9 zu sehen ist für weitere 36 Minuten wieder auf Brauchwasser.

Die Grafiken zeigen, dass bei jedem Start der Wärmepumpe zunächst einmal viel Energie aufgewendet werden muss, um die Heizkreistemperatur (rote Linie) zu erhöhen bis auf die Temperatur im Brauchwasserspeicher (blaue Linie) bzw. auf die Temperatur im Speicher der Heizungsanlage (grüne Linie), um schließlich deren Temperatur erhöhen zu können.

Die Daten für die erzeugten Grafiken sind den von der Wärmepumpe gespeicherten Werten zu entnehmen, die entsprechenden Zählerstände lassen sich leider nicht erfassen, weil es sich dabei um einen externen Zähler im Stromnetz nur für die Wärmepumpe handelt.

Eine andere Möglichkeit hat sich dafür im Oktober 2023 ergeben, als mehrere Vorgänge der eigenen Wärmepumpenanlage für Heizen und Erwärmung von Brauchwasser untersucht wurden. Dabei erfolgte eine exakte Aufzeichnung der Temperaturen im Minutentakt und der entsprechenden Zählerstände, außerdem sind dann die Grafiken mit dem genauen Ablauf erstellt worden.*

* In der die Daten zusammenfassenden Datei WB2-ZE7 ("Das Problem der Anergie bei Wärmepumpen") sind auch alle im Oktober 2023 exakt ermittelten Zählerstände enthalten.

Als Beispiel davon werden dieser Beschreibung einige Aufzeichnungen der Daten vom 19.10.2023 beigelegt (siehe die Datei WB2-46 "Probleme bei Strombegrenzung von Wärmepumpen auf 4,2 kW") mit einer detaillierten Tabelle, deren umfangreiche Daten sich den Grafiken eindeutig zuordnen lassen (siehe dazu die Anlage 10).

Sowohl an diesem Beispiel wie auch an der Datei WB2-ZE7 mit einer Zusammenfassung aller Daten vom 16. bis 19. Oktober 2023 kann man sehen, dass dies keine zufälligen Ergebnisse sind, sondern es sich dabei eindeutig um ein durchaus grundsätzliches Problem der Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik handelt.

Weitere Grafiken zeigen einen je nach Jahreszeit sehr unterschiedlichen Ablauf, wie man der Übersicht für 2023 in Anlage 11 und den beigelegten weiteren Anlagen 12 bis 22 entnehmen kann.

Nur in der Heizperiode ergibt sich zeitweise durch einen großen Wärmebedarf in kurzer Zeit schon der nächste Heizvorgang, die Heizkreistemperatur verringert sich dadurch nur wenig, sodass die externe Temperatur in der Heizungsanlage sich umgehend auch wieder erhöht.

In der übrigen Zeit des Jahres, wenn nur weniger oder zeitweilig sogar kaum Heizwärme benötigt wird, muss jedoch genau so wie auch immer bei der Brauchwassererwärmung zunächst die Heizkreistemperatur deutlich erhöht werden - die rote Linie der Grafiken muss stets bis über die blaue oder grüne Linie steigen, was dann zeigt, wie viel Energie entsteht, bis die Brauchwasser- oder Heizungstemperatur wieder ansteigen kann, sofern sie nicht zugleich sinnvoll für eine Erhöhung der Quelltemperatur genutzt werden kann.

Durch ein weiterentwickeltes und bereits patentiertes Verfahren lässt sich die Effizienz von Wärmepumpen jedoch deutlich steigern durch eine Regeneration der Wärmequellen, was ganzjährig möglich ist bei den Erdsonden der Sole/Wasser-Wärmepumpen, aber auch bei den Wärmespeichern der Luft/Wasser-Wärmepumpen.

Wenn auf diese Weise die nach dem Start einer Wärmepumpe meist noch recht niedrige Temperatur im Heizkreisvorlauf zunächst zur Steigerung der Quelltemperatur genutzt wird, bis die Heizkreistemperatur die gleiche Temperatur wie im Brauchwasserspeicher oder im Heizwasserspeicher erreicht hat, dann kann deren Temperaturerhöhung ohne einen weiteren Energieverlust beginnen, weil nur Dreiwegeventile umzuschalten sind und sofort die erforderliche Temperatur verfügbar ist.

Die dadurch immer deutlich höheren Quelltemperaturen sowohl bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen wie auch vor allem bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen führen dazu, dass sich durch den ganzjährig geringeren Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und Heizkreis der Stromverbrauch von Wärmepumpen ganz erheblich verringert.

Die Kosten für das erforderliche Effizienz-Modul, bestehend aus einem multifunktionalen Regelsystem mit einem Optimierungsprogramm und einem einfachen Wärmetauscher, sind gering gegenüber den einzusparenden jährlichen Stromkosten.

Neben dieser Nutzung der Anergie zur Steigerung der Wärmequellentemperaturen gibt es durch das Effizienz-Modul auch noch weitere Möglichkeiten, die Umwandlung von Strom von Windkraftanlagen und zeitweise auch eine Übertragung von nur wenig Wärme aus dem Heizkreis der Wärmepumpe in deren Quellenkreis.

Beispiele für das sehr einfache System sind der Anlage 23 zu entnehmen. Beschreibungen für Aufbau und Funktion enthält die Website <https://effizienz-modul.de/infos.htm>.

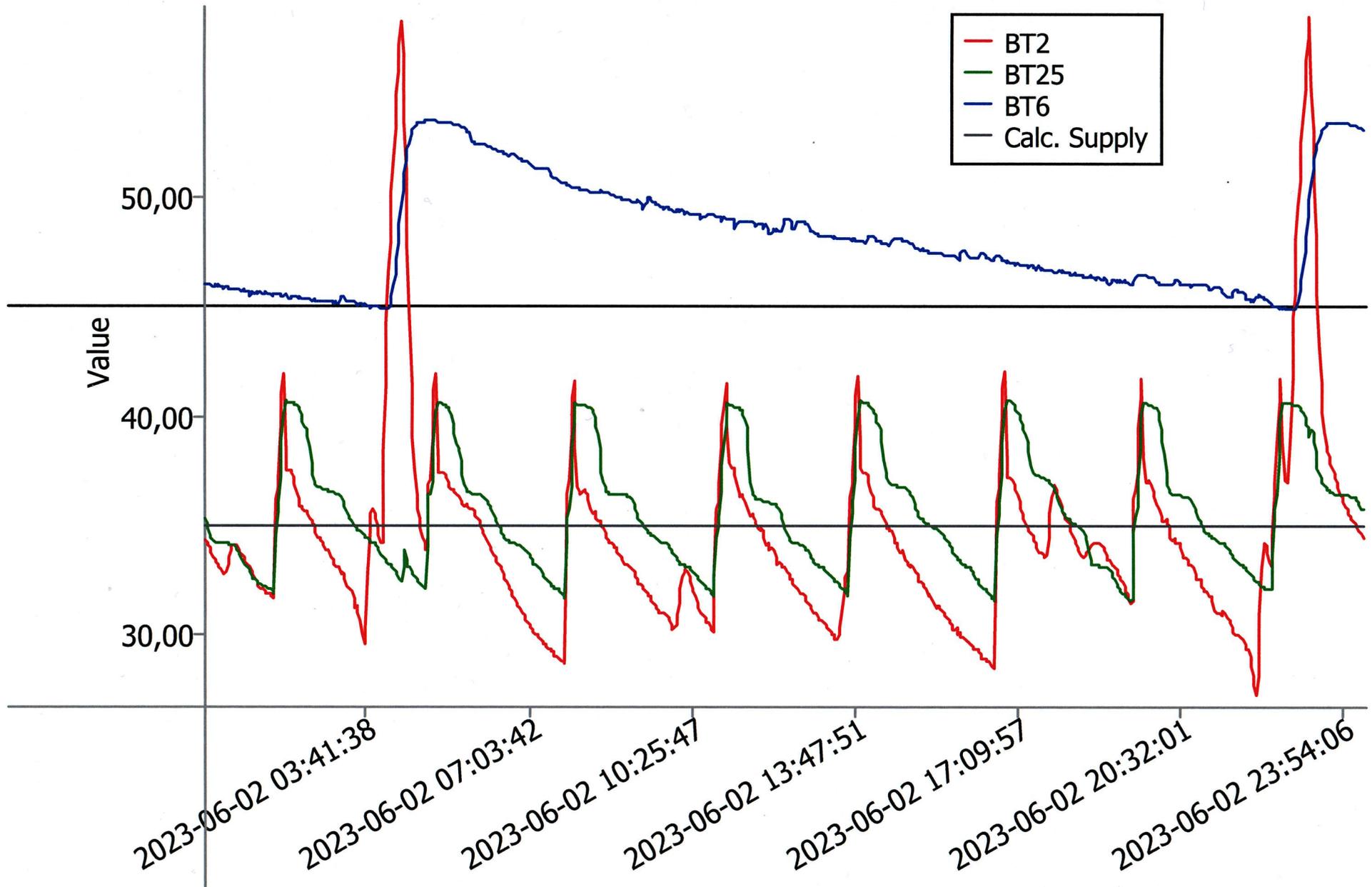
Anlagen

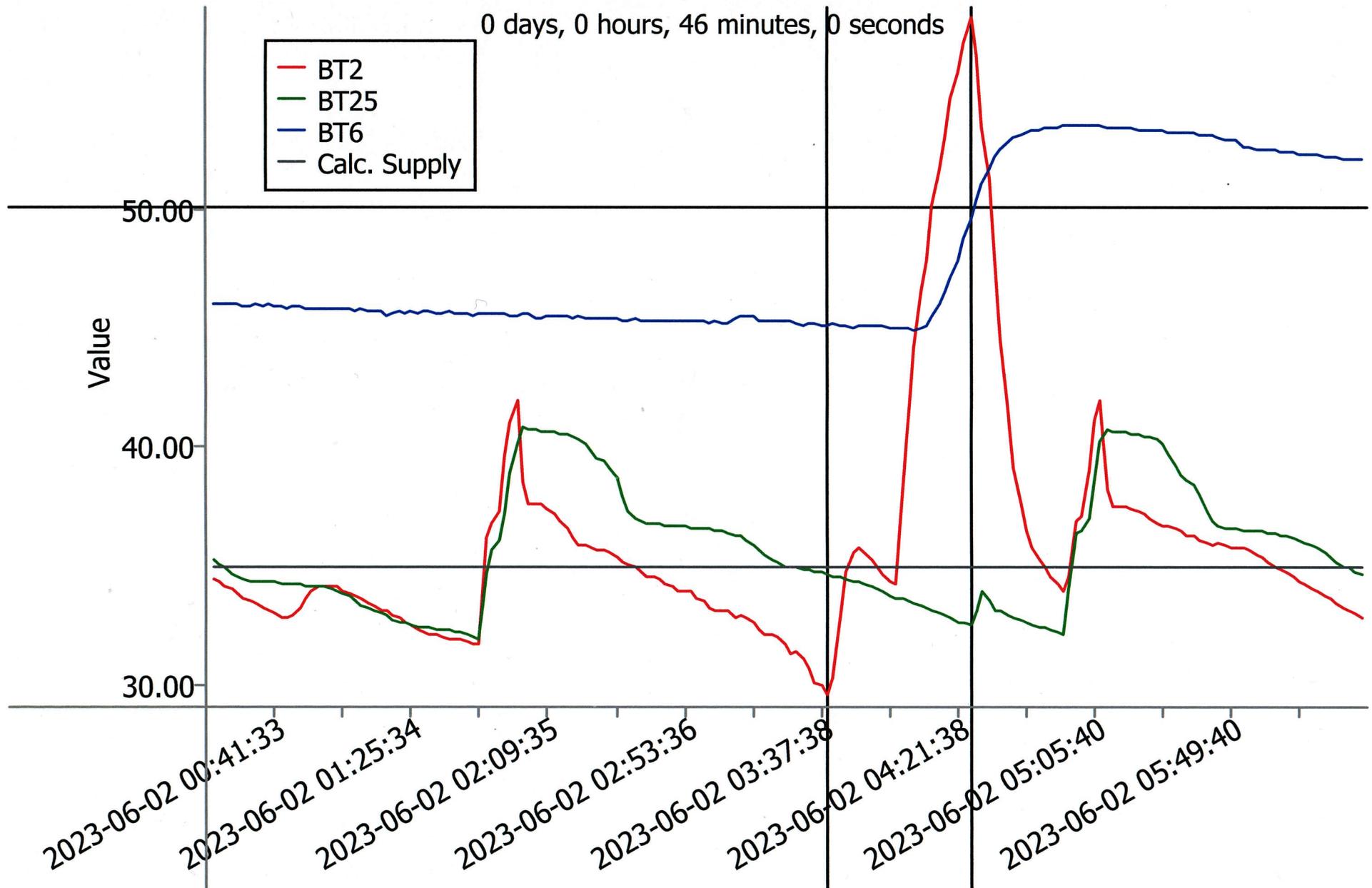
1. bis 9. Grafiken von Brauchwassererwärmung und Heizen vom 2.6.2023
10. Tabelle und Grafiken von Brauchwassererwärmung und Heizen vom 19.10.2023
Tabelle: Exakte Aufzeichnungen von Temperaturen und Wärmehähler
Grafik **5.1** Tagesverlauf der Heizkreisvorlauftemperatur BT2 und der Brauchwassertemperatur BT6
Grafik **5.5** Temperaturen nach dem Start der Wärmepumpe
11. Übersicht der Grafiken von Wärmepumpen im Jahresverlauf 2023
12. bis 22. Grafiken gemäß der Übersicht
23. Möglichkeiten zur Nutzung von Anergie und Energie für die Wärmequellen von Wärmepumpen (Schema)

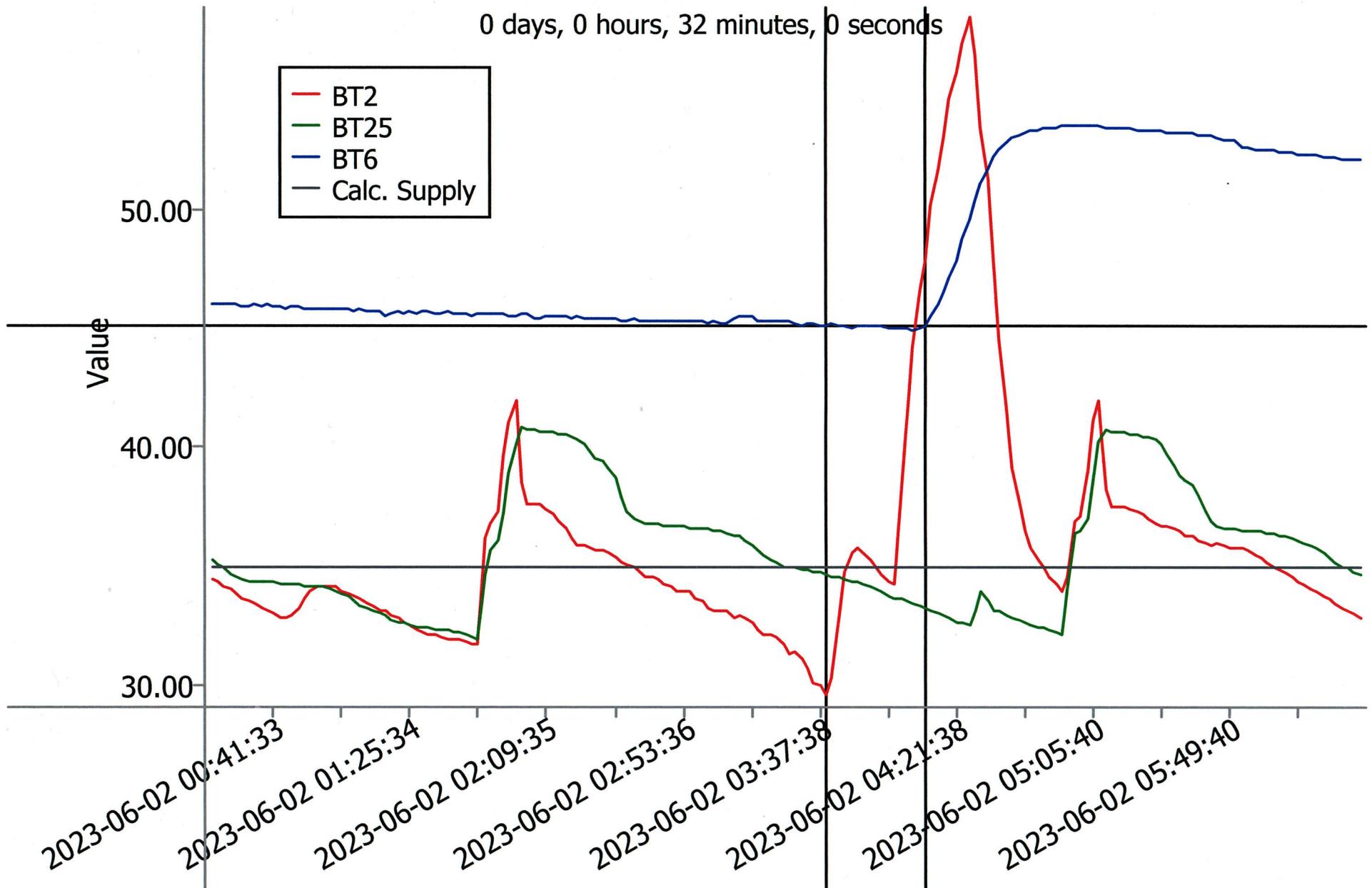
30.4.2024

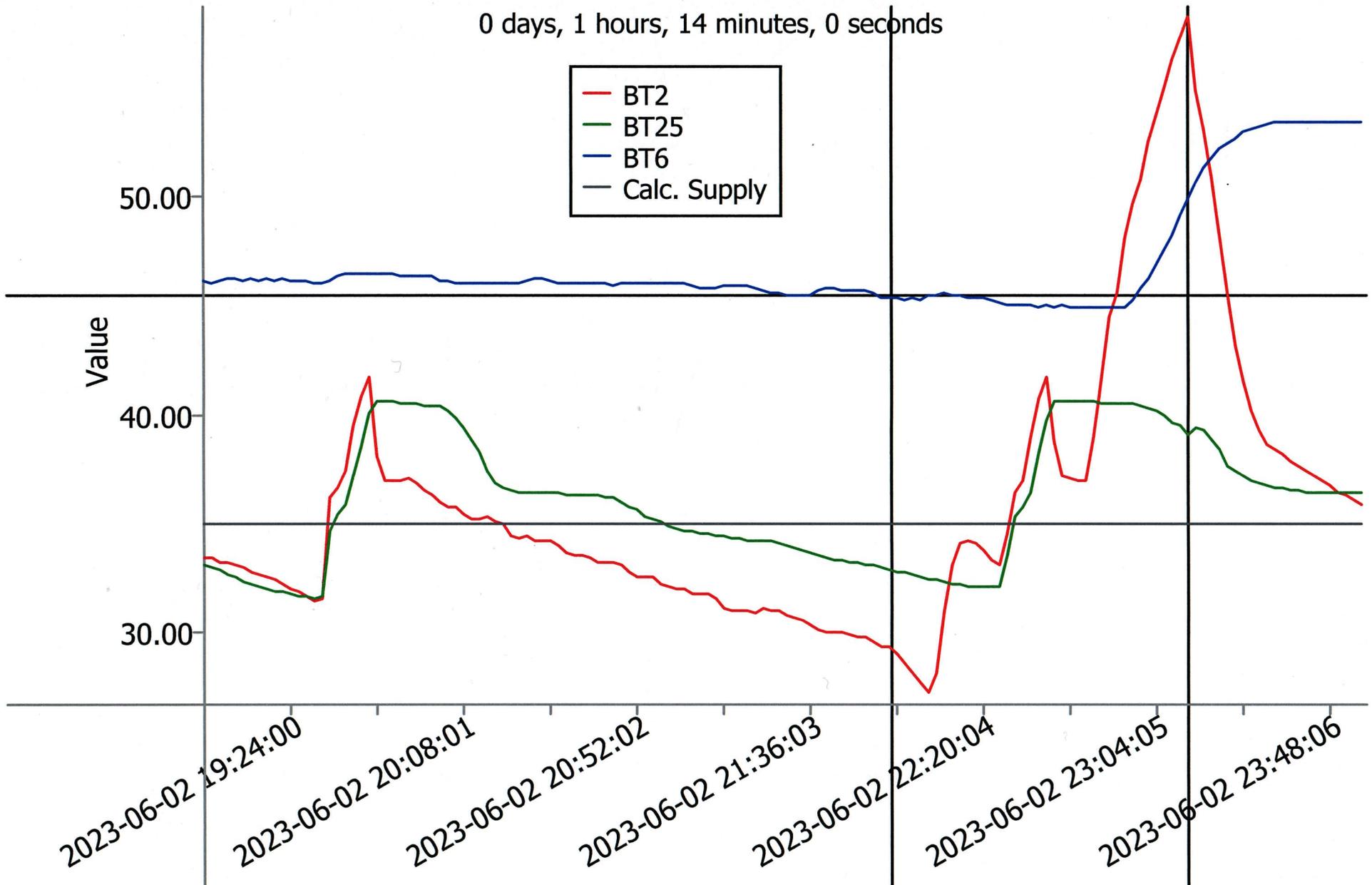
Hans-Georg Jankun

WB2-48

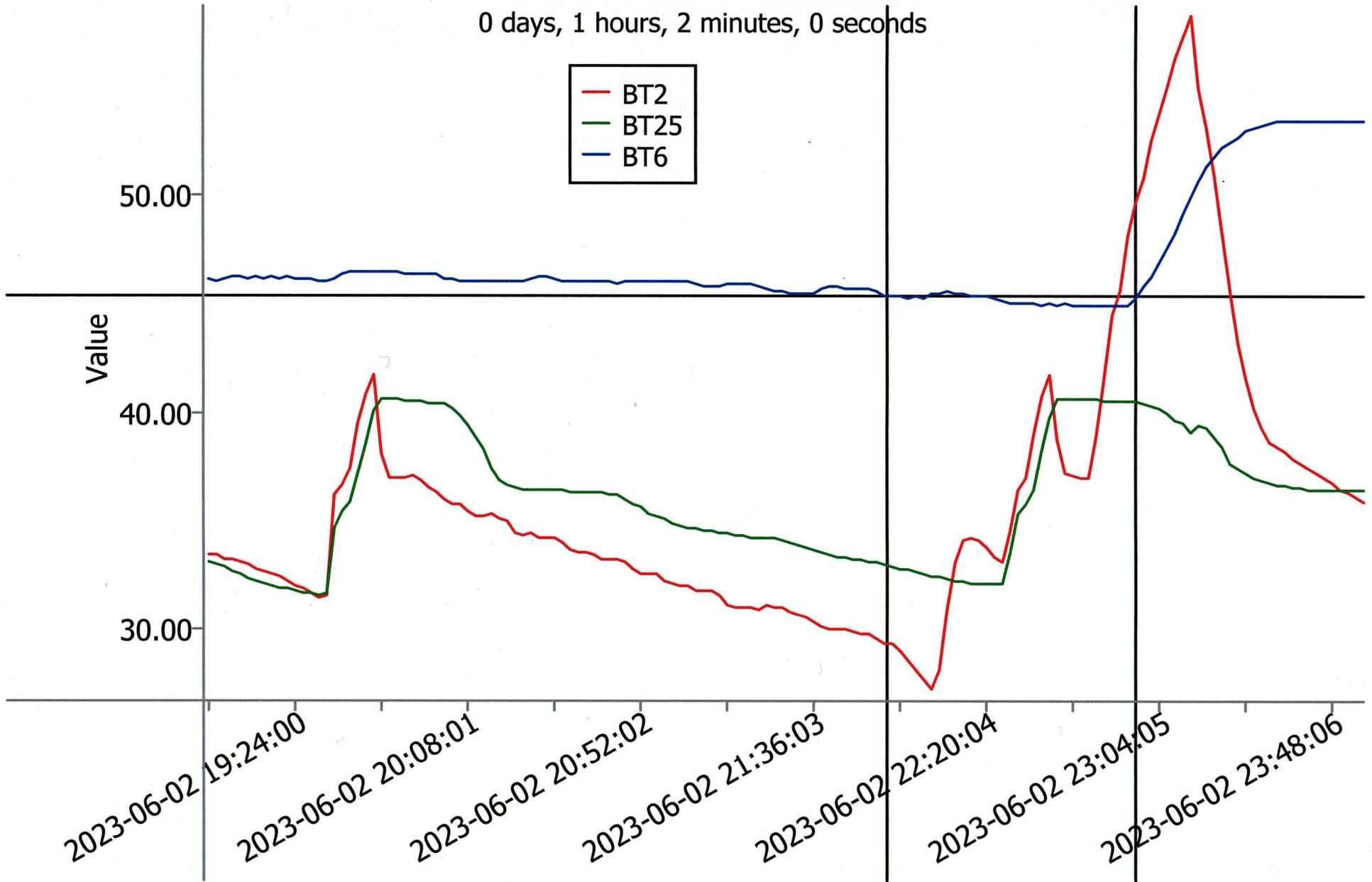




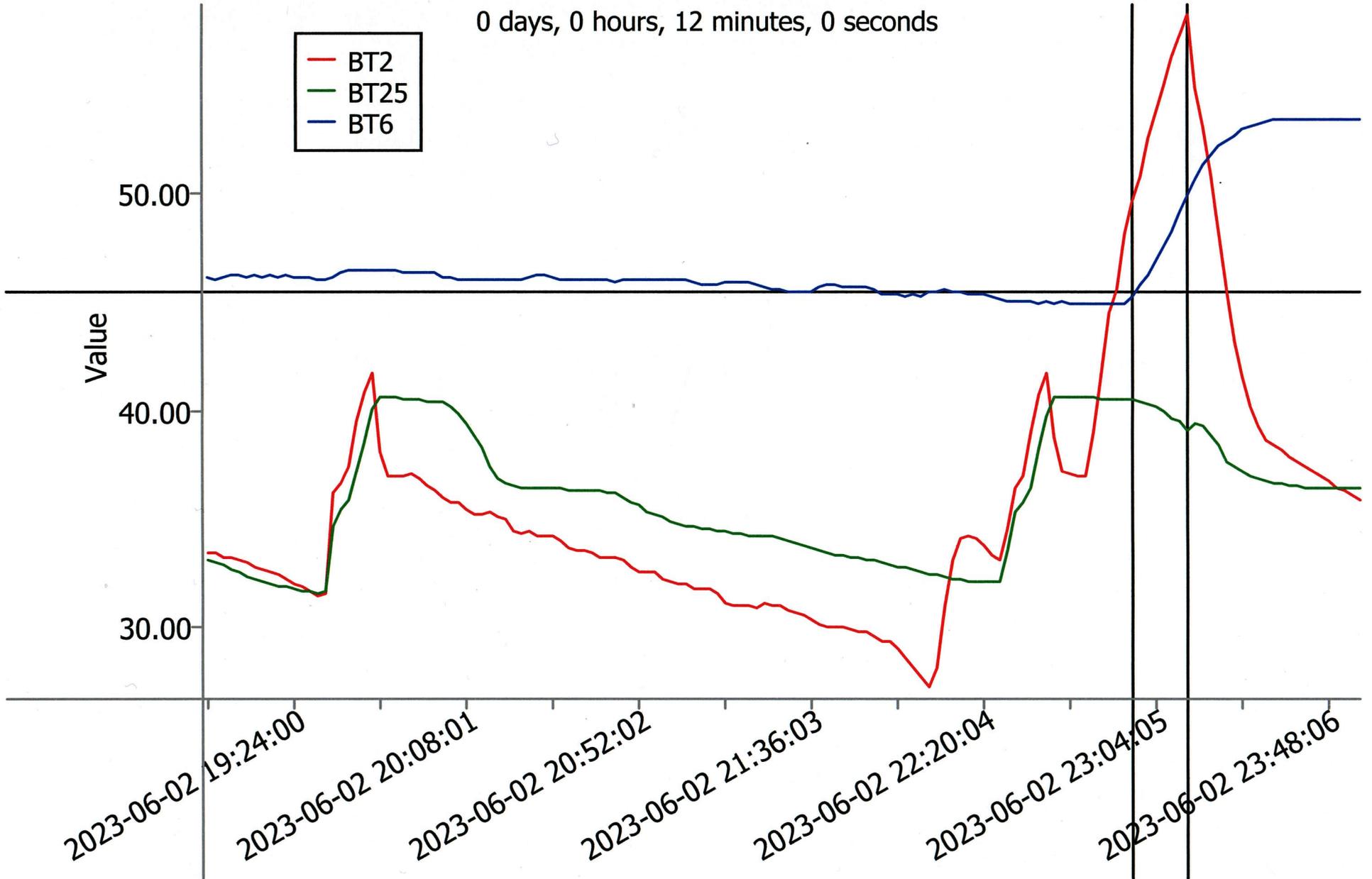
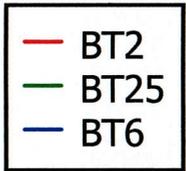




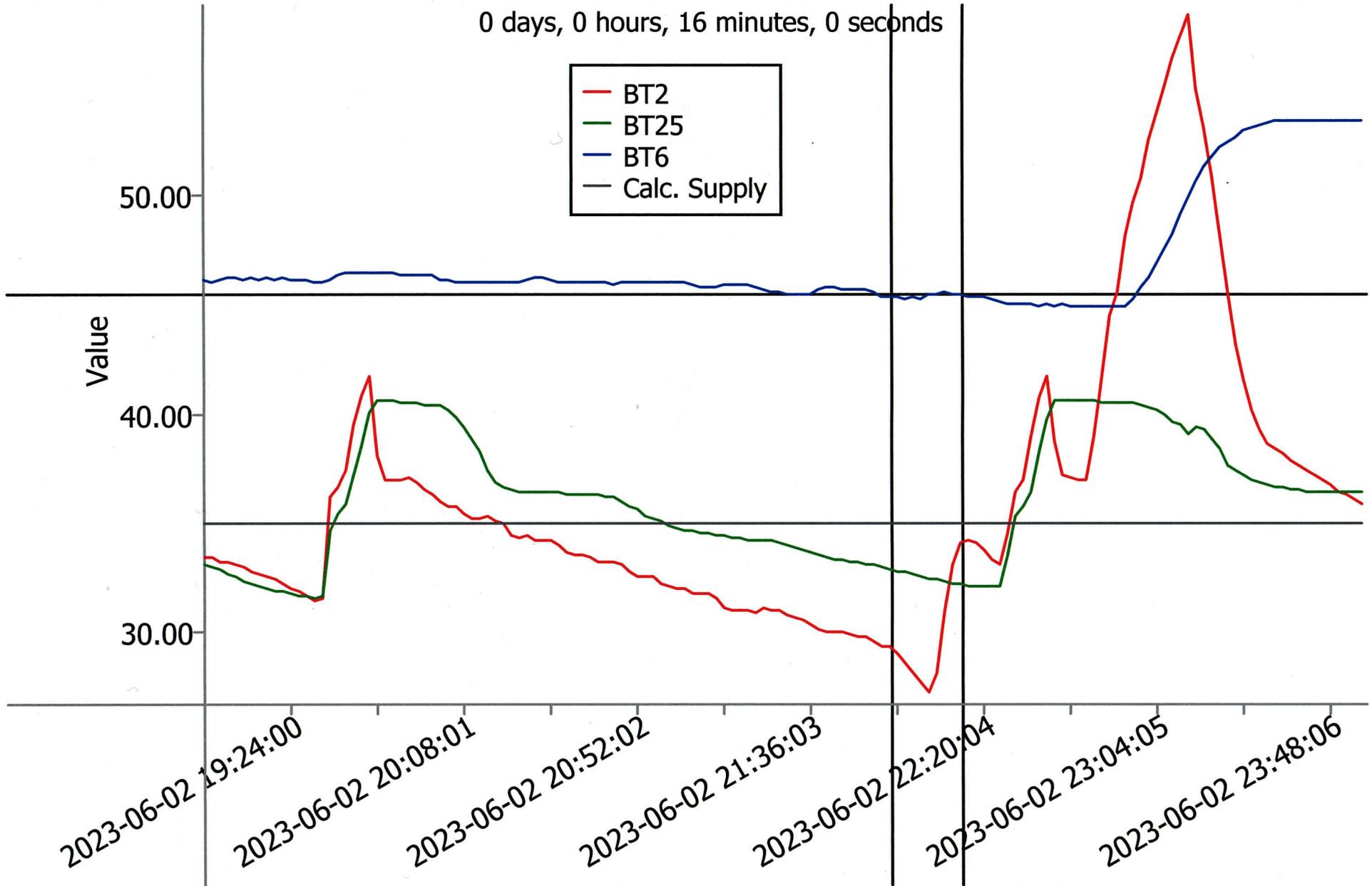
0 days, 1 hours, 2 minutes, 0 seconds



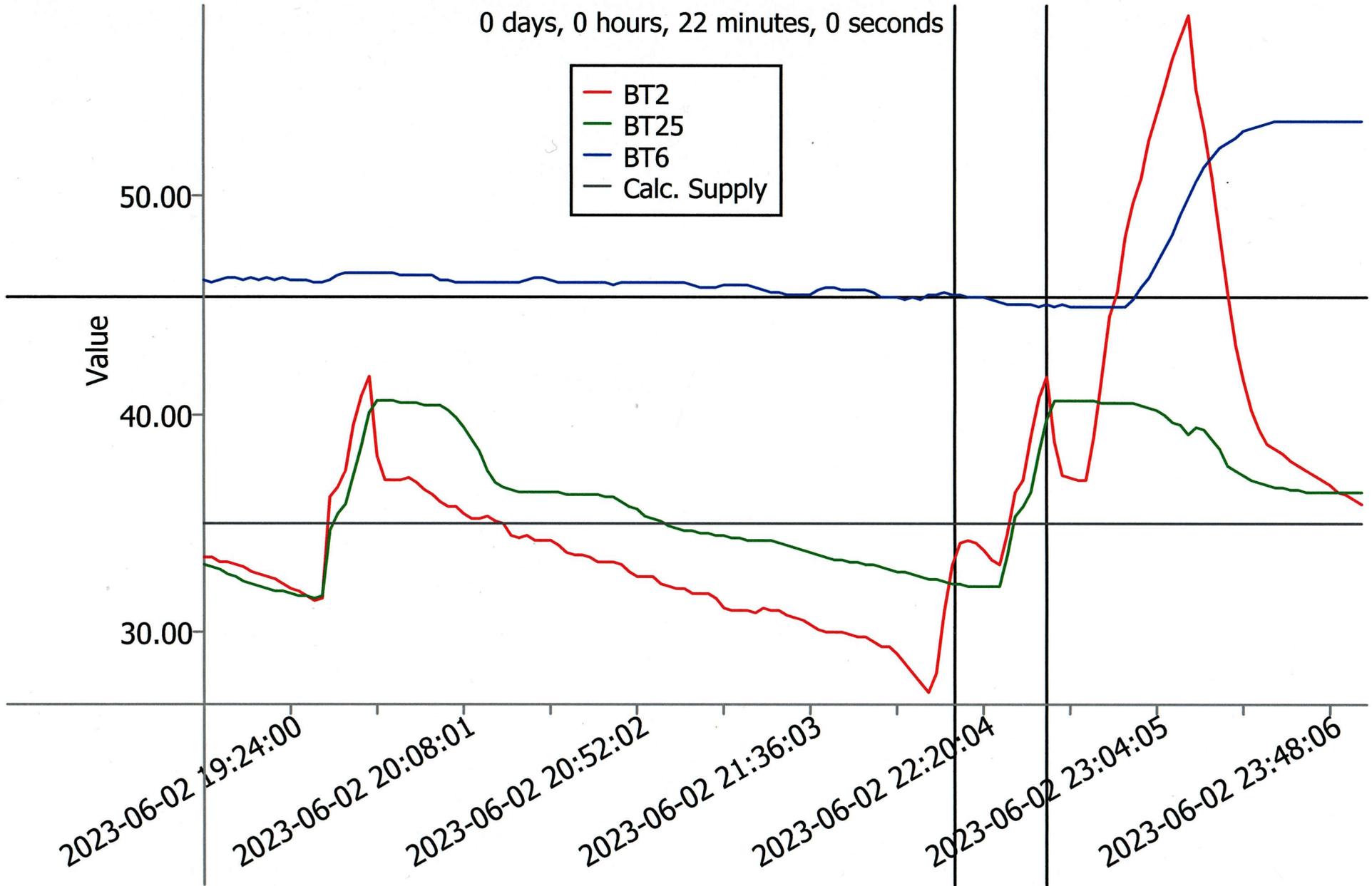
0 days, 0 hours, 12 minutes, 0 seconds



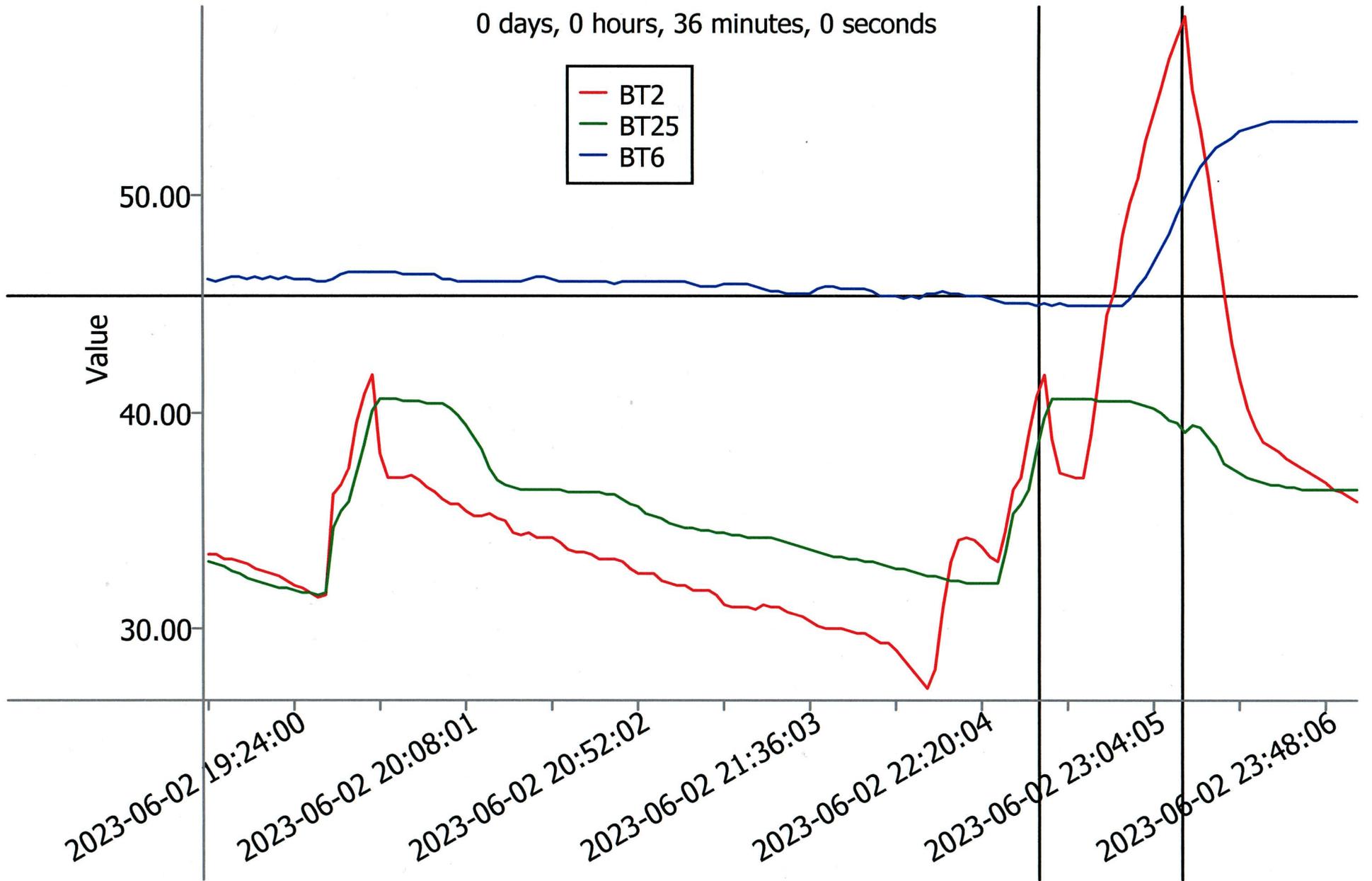
0 days, 0 hours, 16 minutes, 0 seconds



0 days, 0 hours, 22 minutes, 0 seconds



0 days, 0 hours, 36 minutes, 0 seconds



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

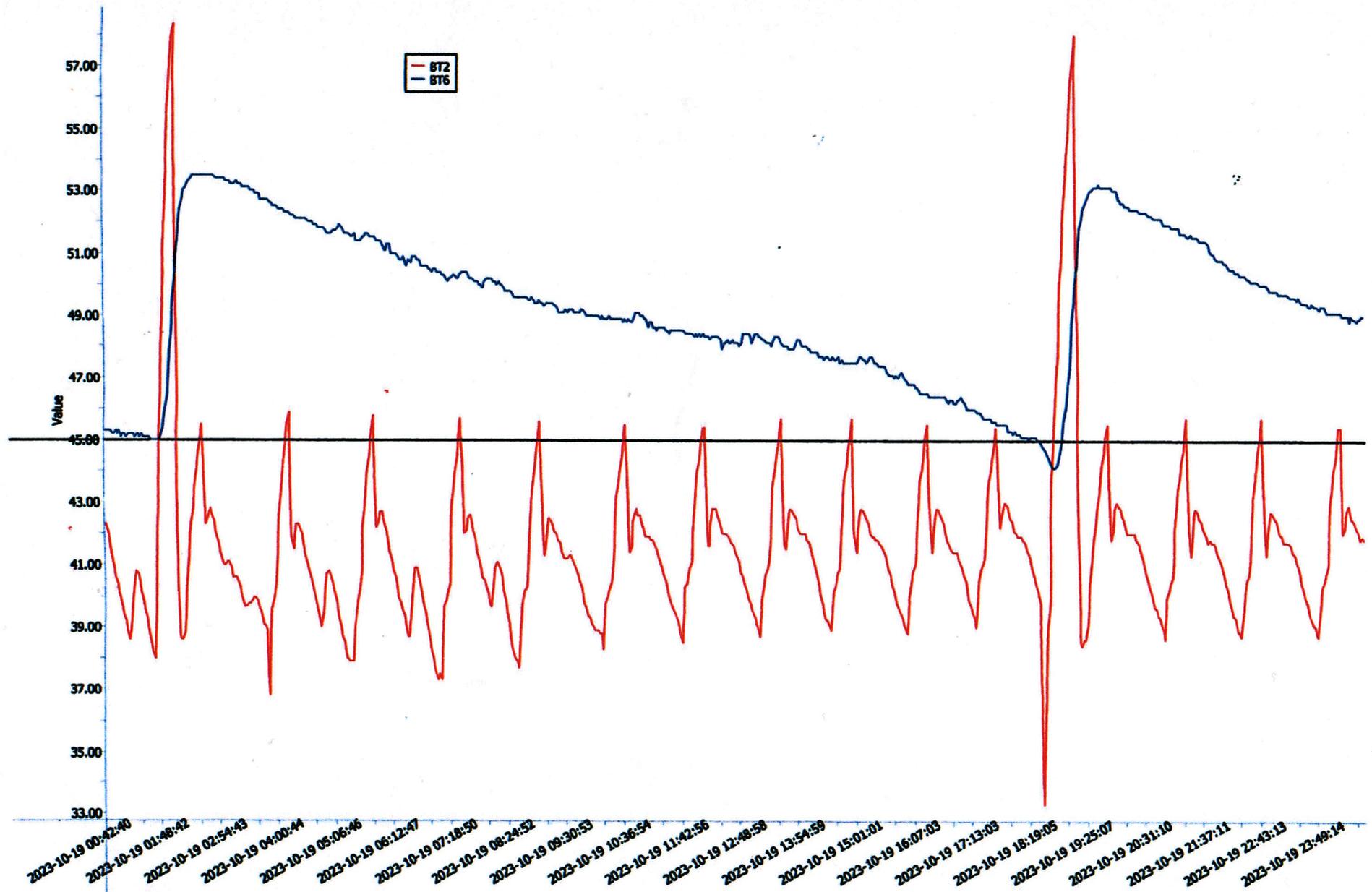
(6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Heizen (Fortsetzung der Aufzeichnung)

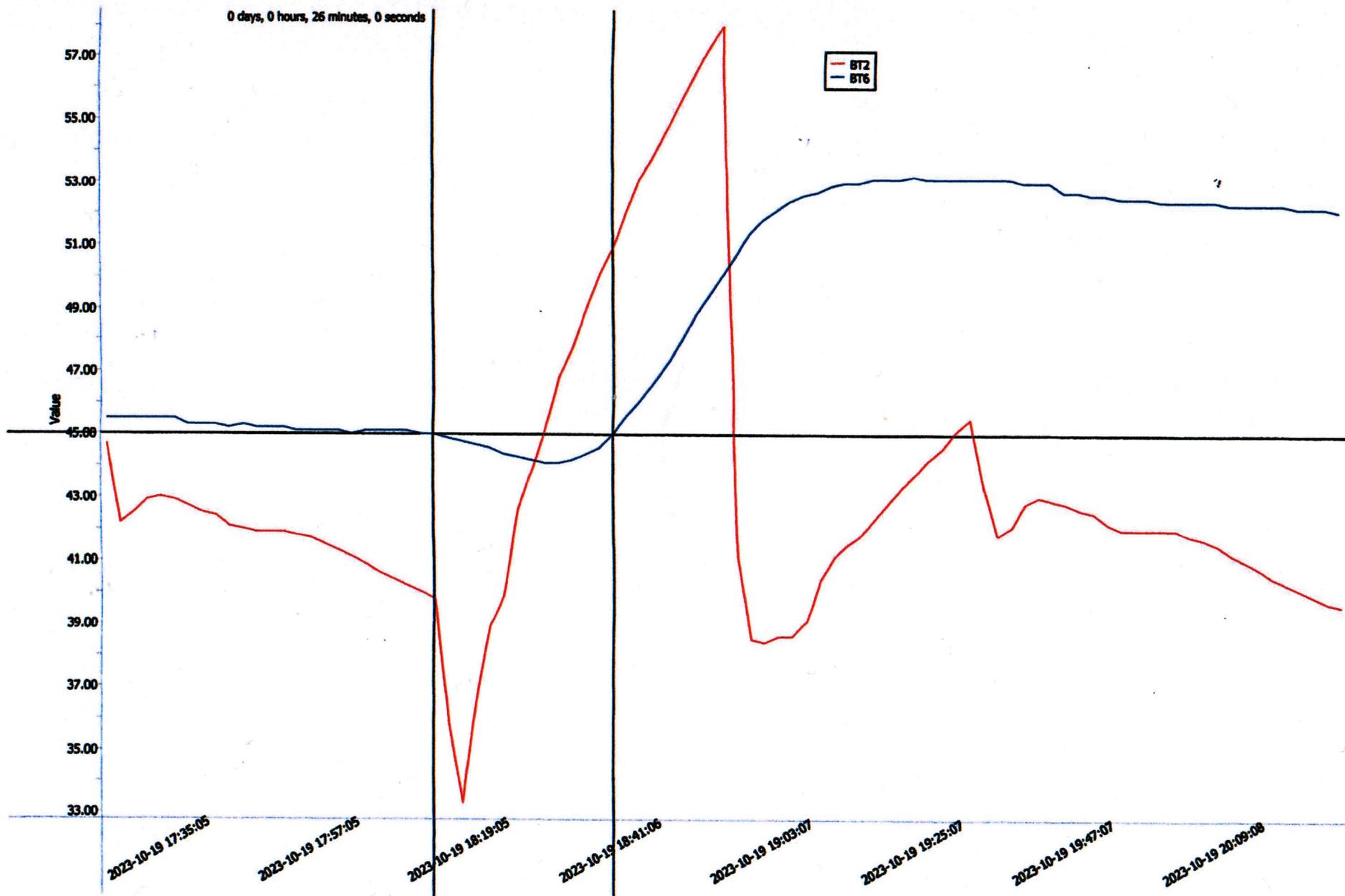
Zeit	GM	VL	RL	VL ext	Wärme-Z.	BW
19.00	-169	38,7	33,6	38,5	325.445	52,4
.01	-169	39,3	35,0	38,6		52,6
.02	-169	39,8	35,5	38,9		52,7
.03	-169	40,5	35,8	39,2		52,8
.04	-169	40,8	36,0	39,6		52,9
.05	-169	41,1	36,2	39,9	325.346	52,9
.06	-168	41,4	36,5	40,3		53,0
.07	-168	41,6	36,7	40,6		53,0
.08	-167	41,7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

Grafiken einer Sole/Wasser-Wärmepumpe

Temperaturen bei Heizvorgängen und bei der Erwärmung von Brauchwasser

VL = gewählte Heizkreisvorlauftemperatur, Außentemperaturen im Tagesverlauf
 VL_{ext} = externe Heizungstemperatur vom Speicher in die Heizungsanlage

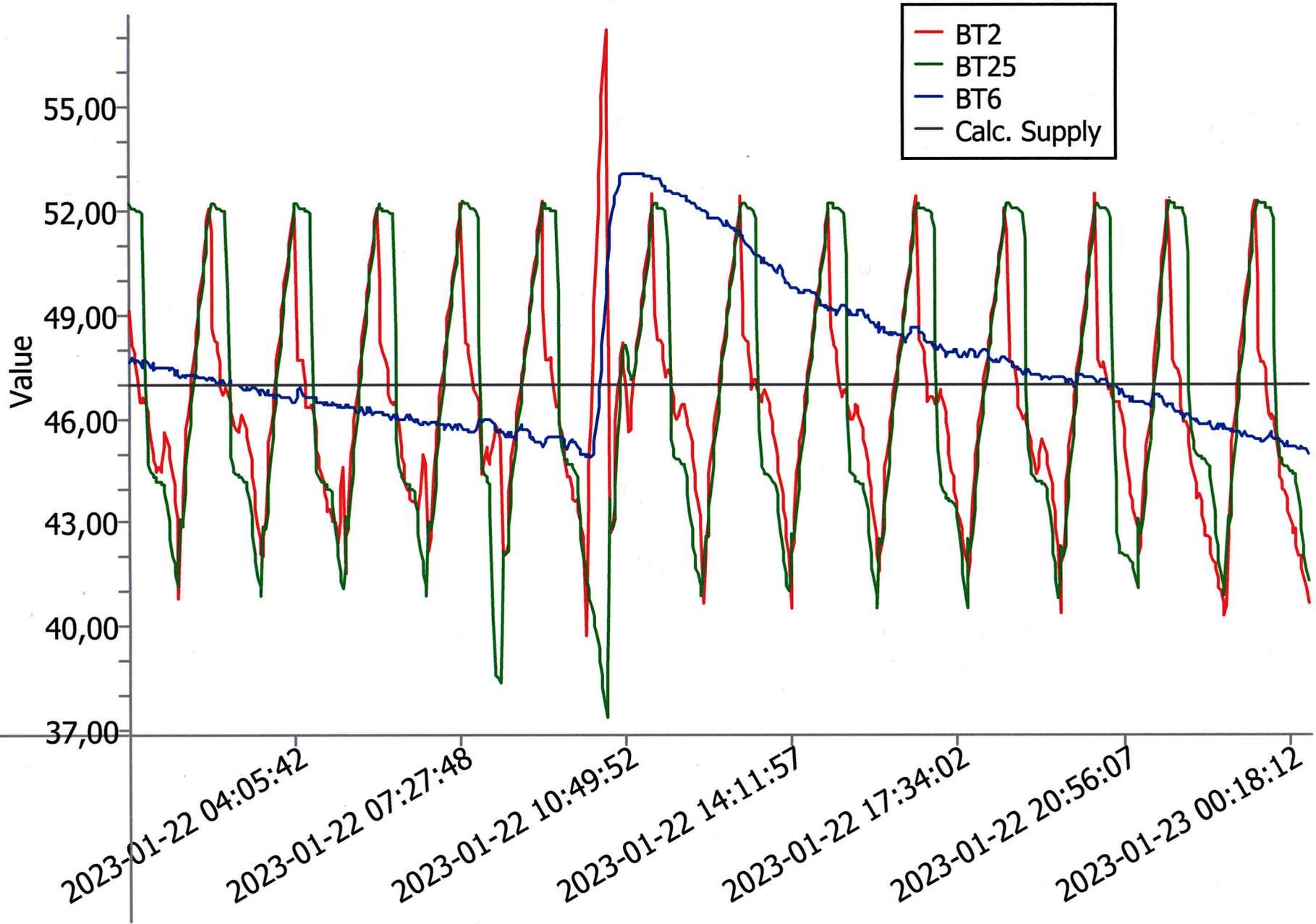
	Datum	VL °C	Temperaturen °C			
12	22.1.23	47	0,2	0,6	1,1	Heizperiode VL > VL _{ext}
13	30.3.23	47	7,6	12,3	17,1	VL < VL _{ext}
14	10.5.23	40	10,3	11,1	16,9	VL < VL _{ext}
15	2.6.23*	35	8,4	13,2	18,4	VL < VL _{ext}
16	5.7.23	35	13,3	17,5	20,8	VL < VL _{ext}
17	2.8.23	35	14,2	17,1	20,2	VL < VL _{ext}
18	29.8.23	35	12,3	15,5	20,3	VL < VL _{ext}
19	3.9.23	35	11,7	16,3	21,2	VL < VL _{ext}
20	16.10.23**	35 / 40	2,3	5,8	11,0	Heizperiode VL > VL _{ext}
21	19.10.23**	40	6,5	7,5	8,8	Heizperiode VL > VL _{ext}
22	8.12.23	48	-0,6	0,5	3,2	Heizperiode VL > VL _{ext}

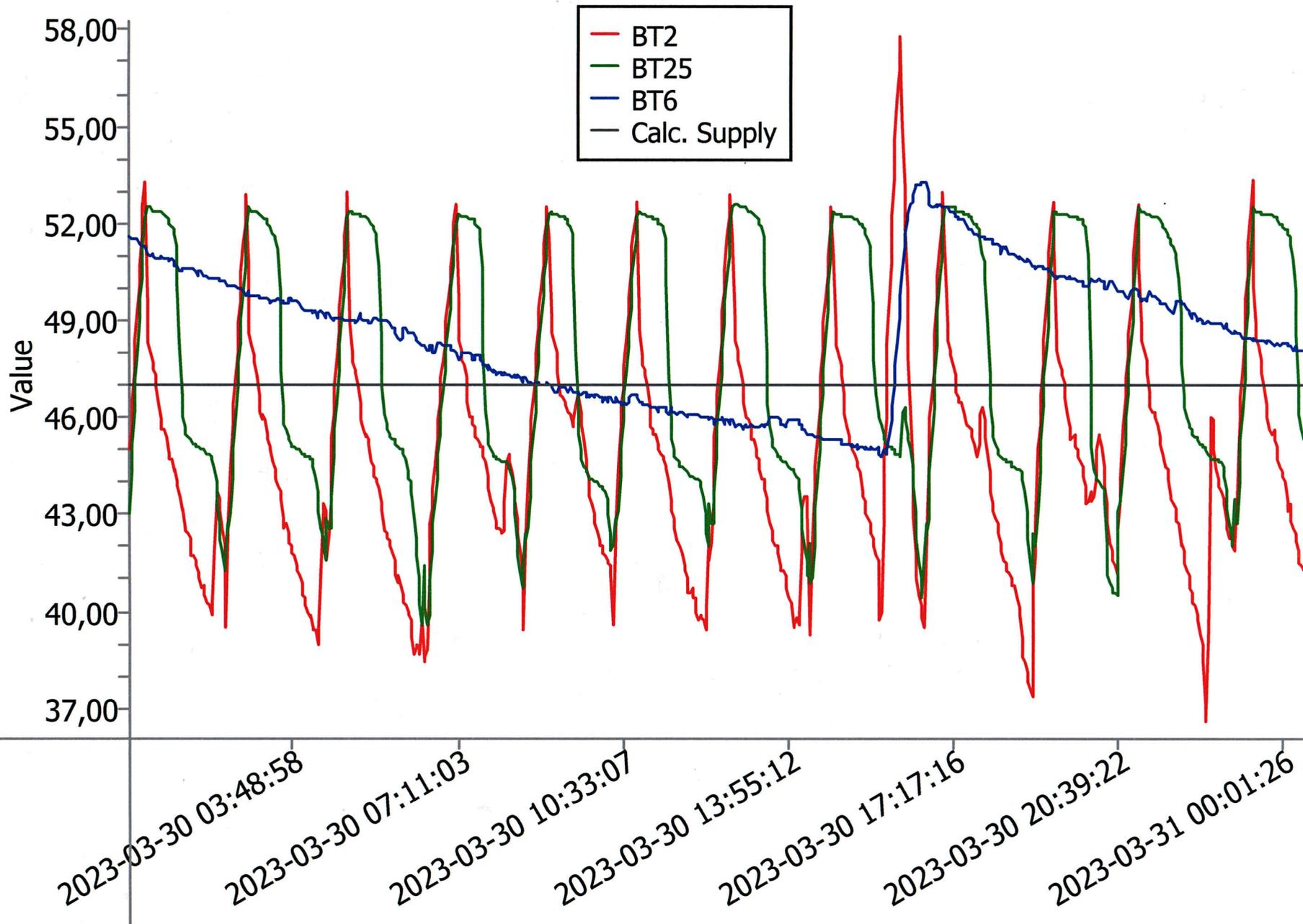
* Beschreibung siehe Datei WB2-48 ** Beschreibung siehe Datei WB2-ZE7

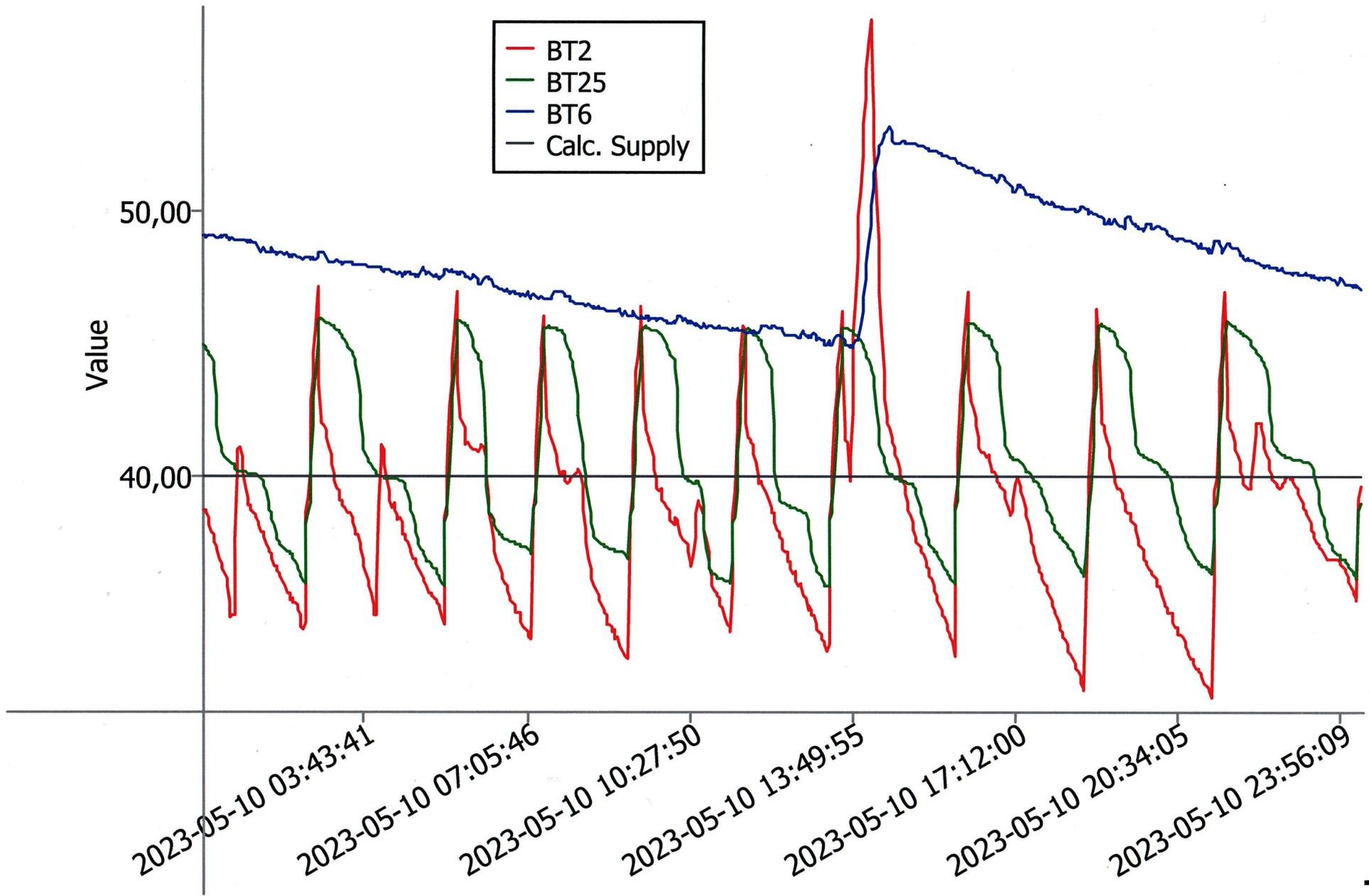
Bei der Erwärmung von Brauchwasser geht bei fast jedem Start der Wärmepumpe viel Energie verloren, weil zunächst die Temperatur im Heizkreis noch gering ist und deutlich erhöht werden muss, bevor die Temperatur im Brauchwasserspeicher überhaupt weiter ansteigen kann.

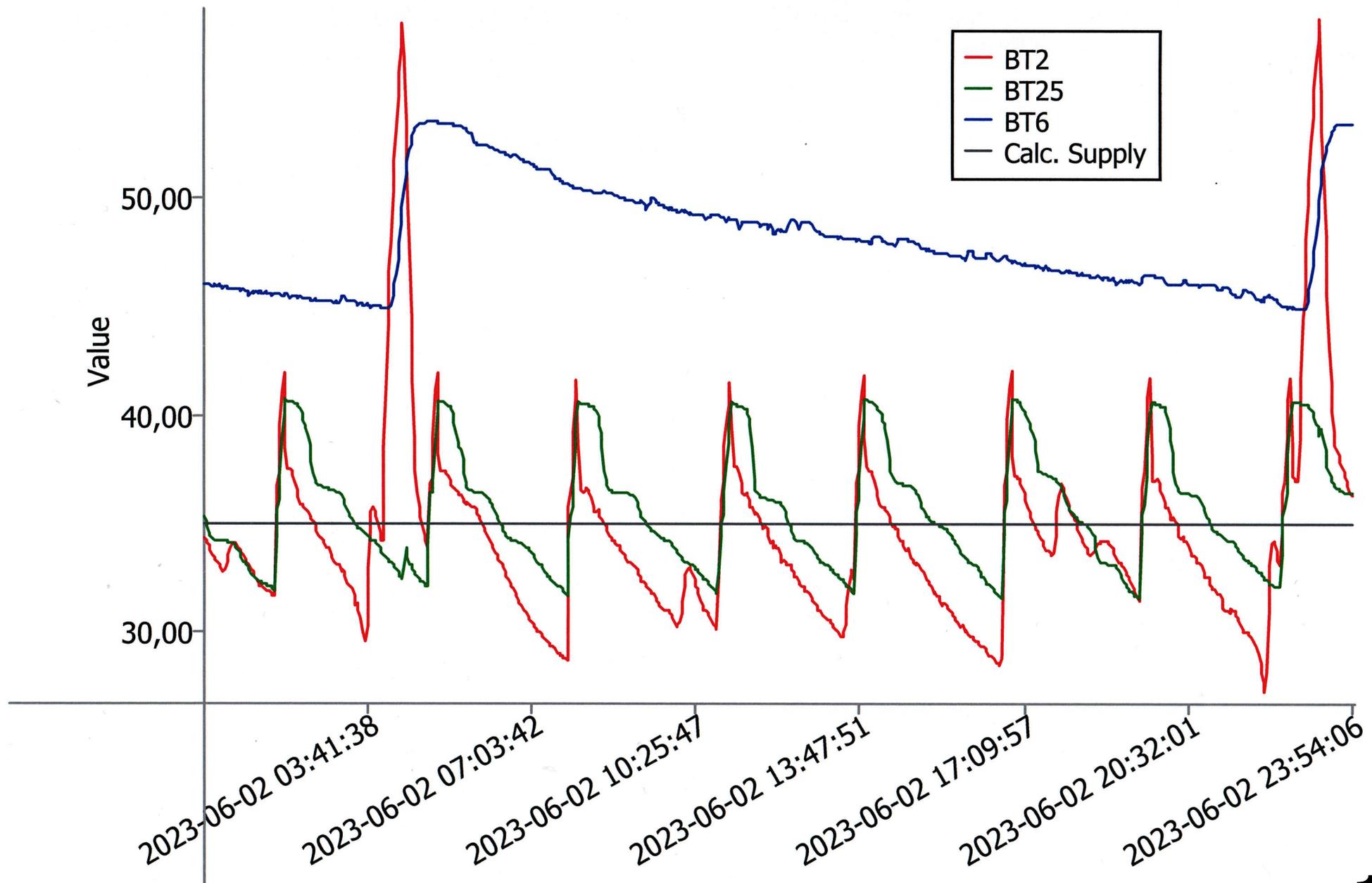
Bei der Erhöhung der Heizungstemperatur ist dafür weniger Energie erforderlich, weil die Temperaturdifferenzen kleiner sind, in der Heizperiode ergibt sich durch den hohen Wärmebedarf in jeweils kurzer Zeit schon der nächste Heizvorgang, die Heizkreistemperatur kühlt dadurch nur geringfügig ab.

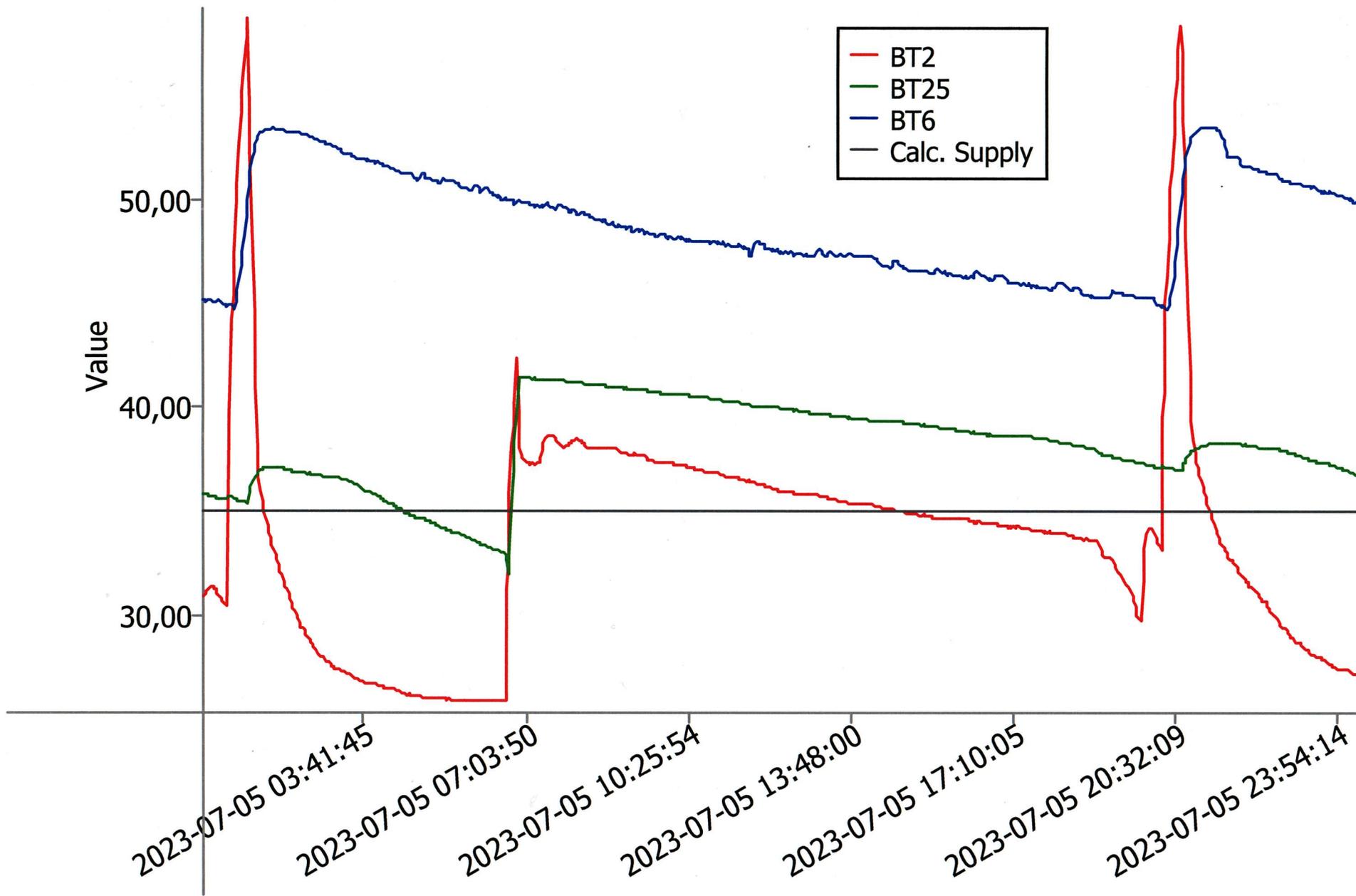
In der übrigen Zeit des Jahres, wenn nur weniger oder zeitweilig gar keine Heizwärme benötigt wird, muss jedoch wie bei der Brauchwassererwärmung zunächst auch die Heizkreistemperatur erhöht werden, wie die Grafiken zeigen.

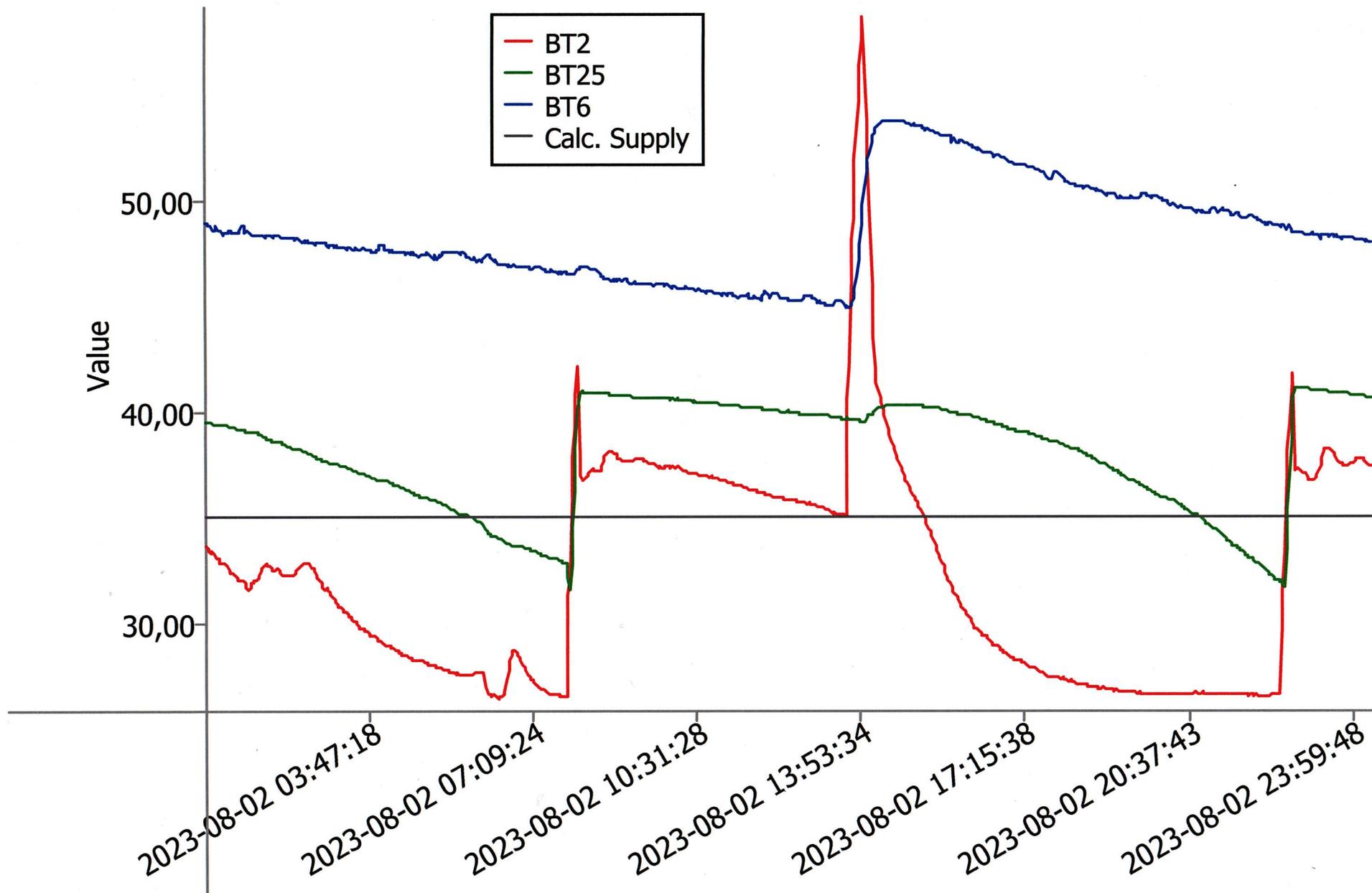


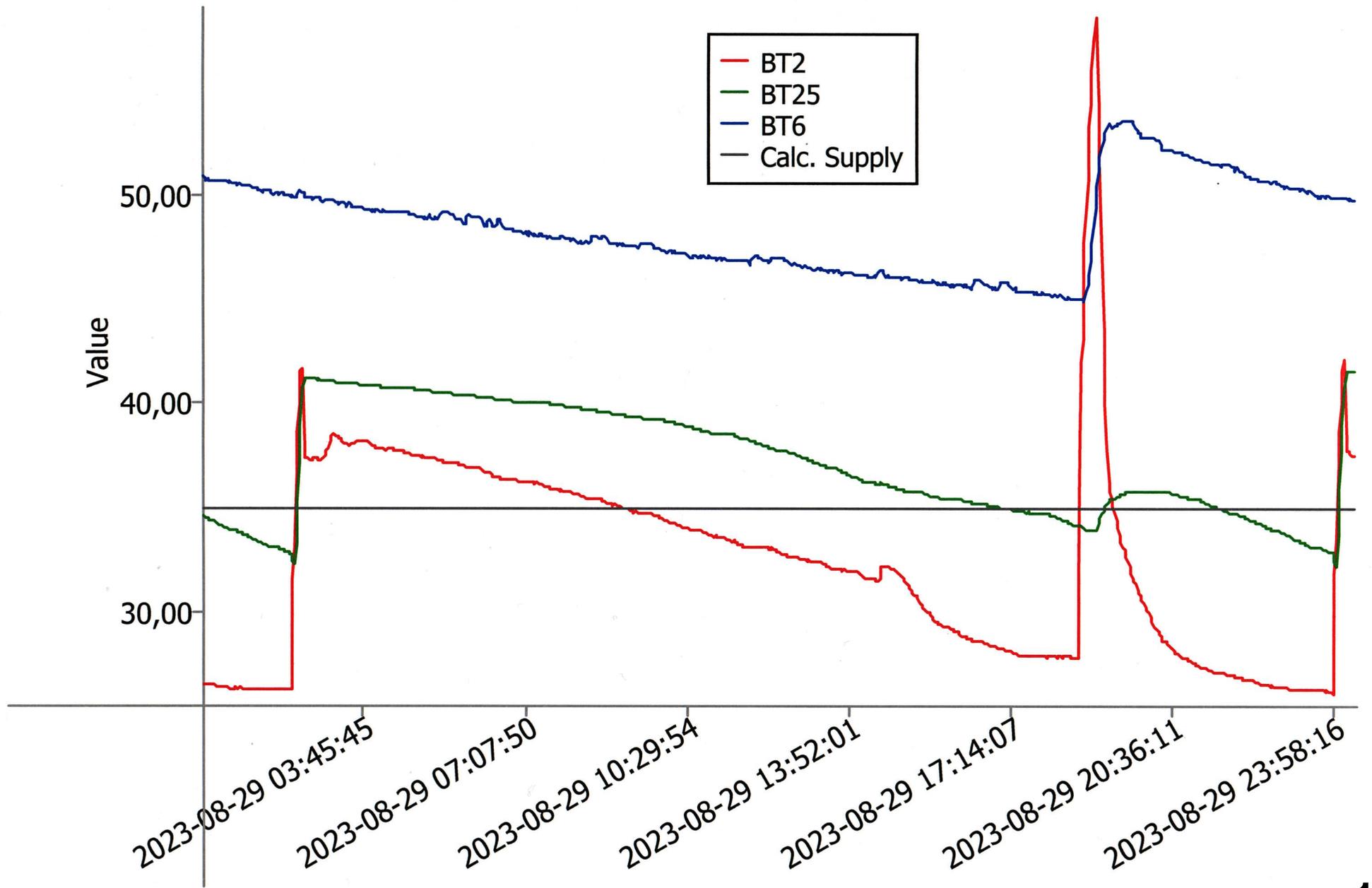


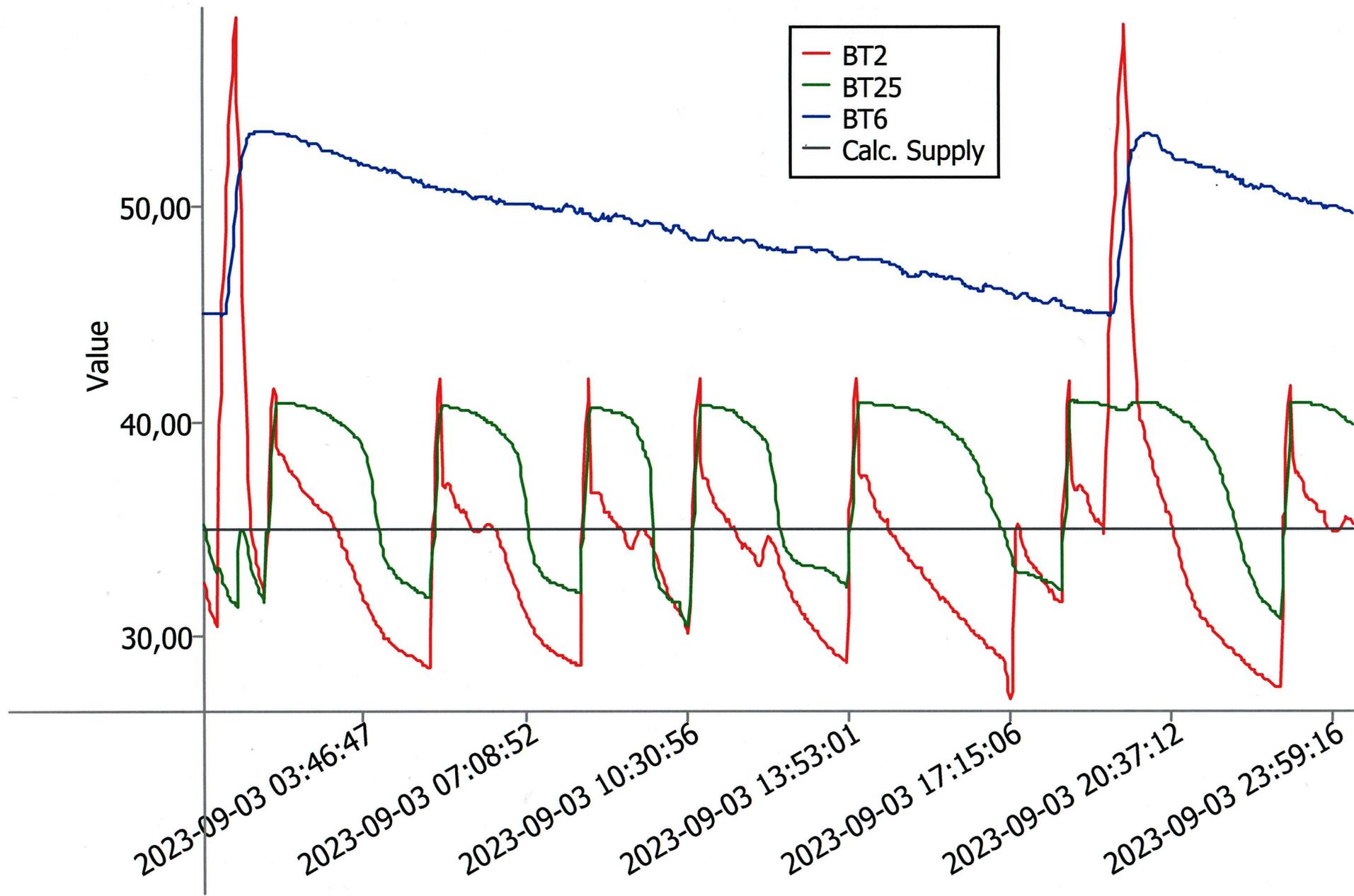


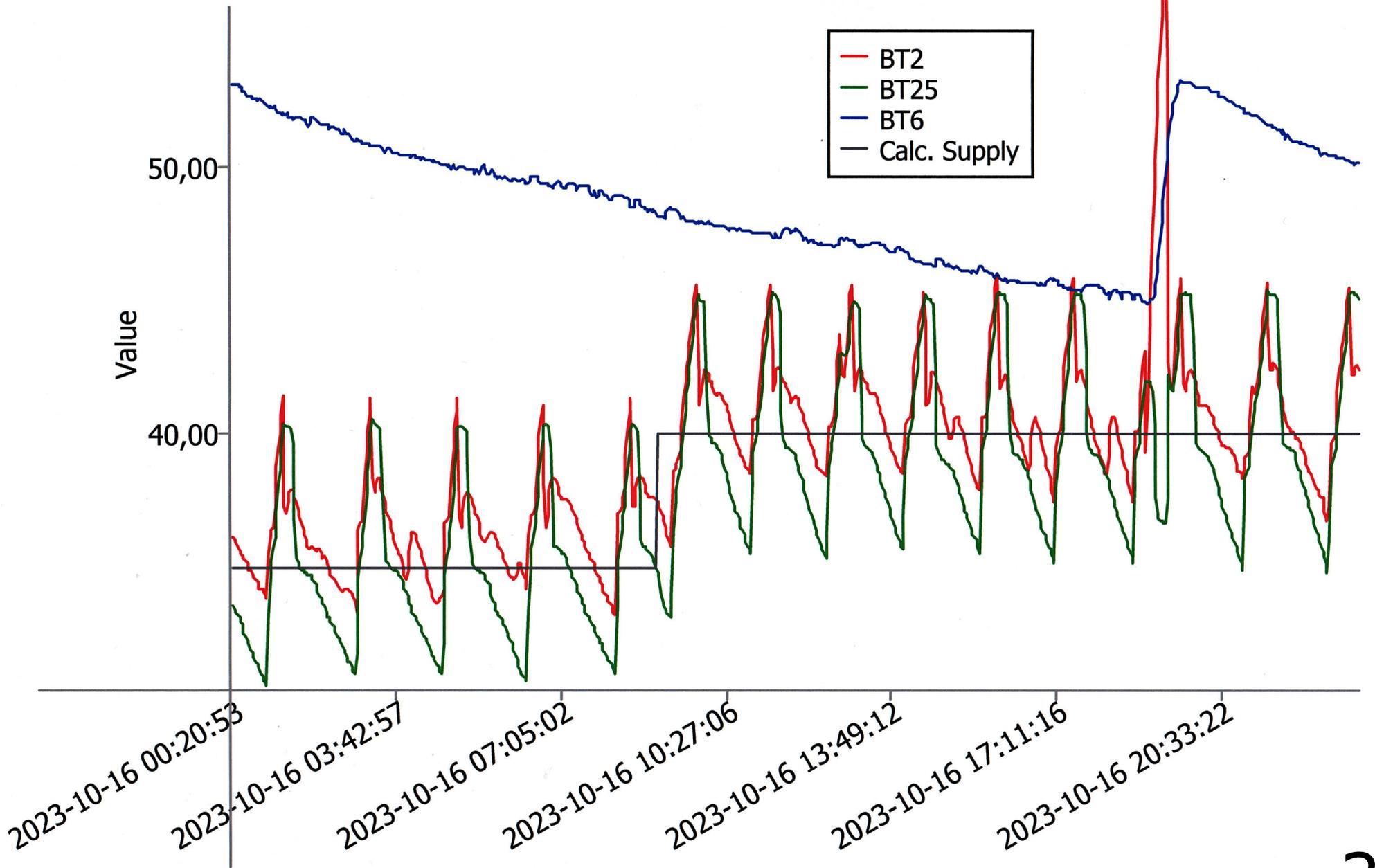


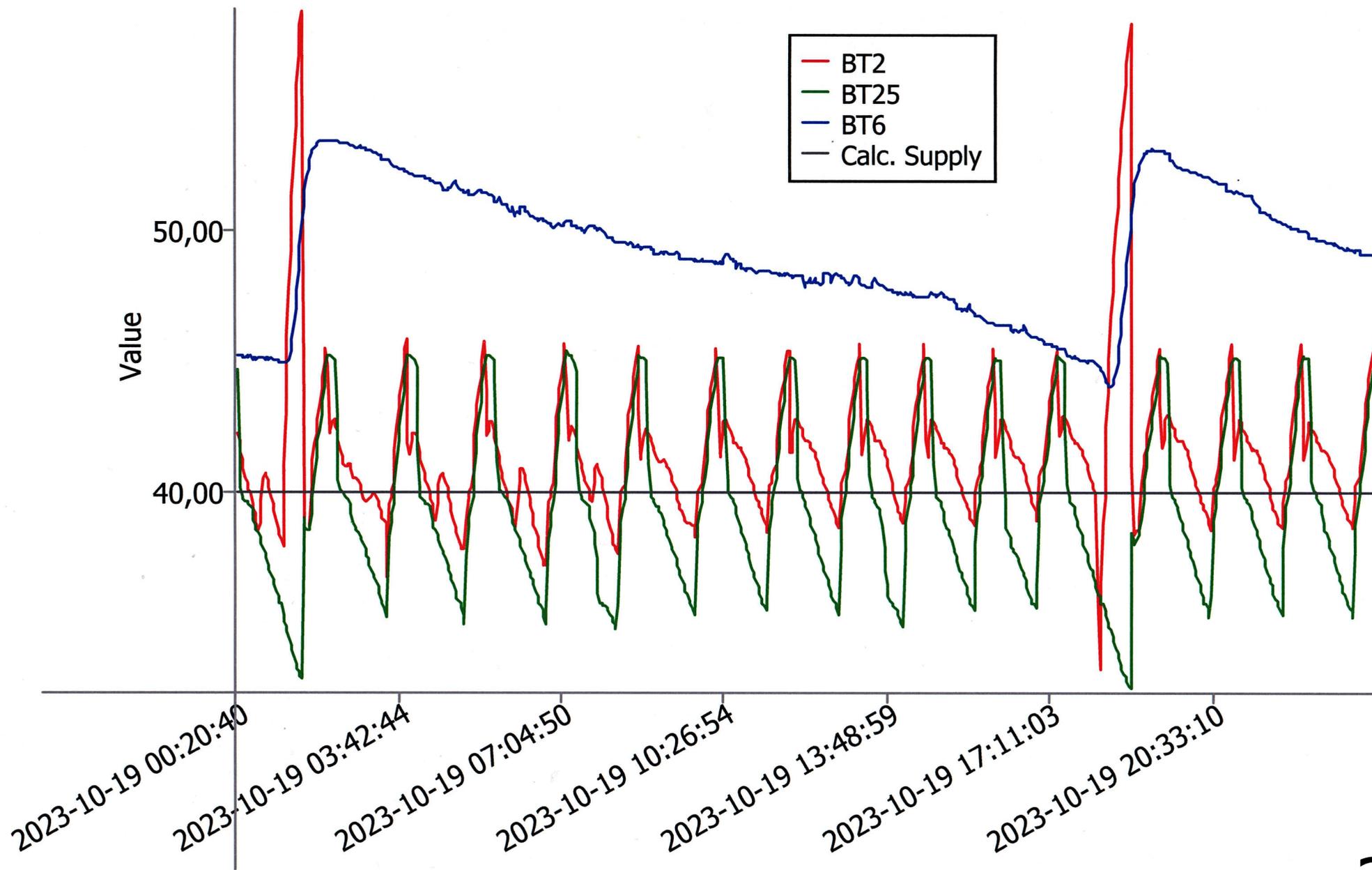


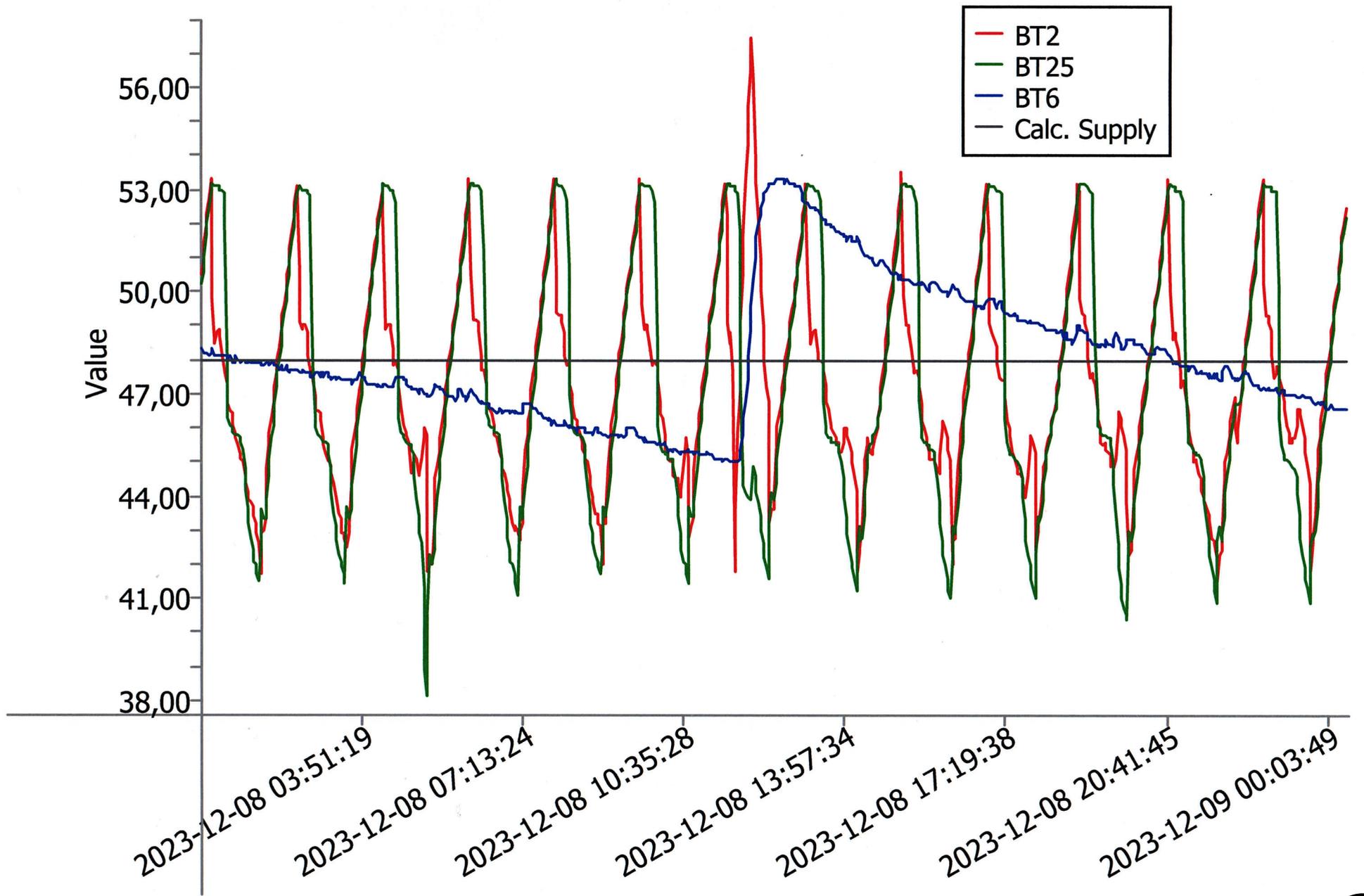


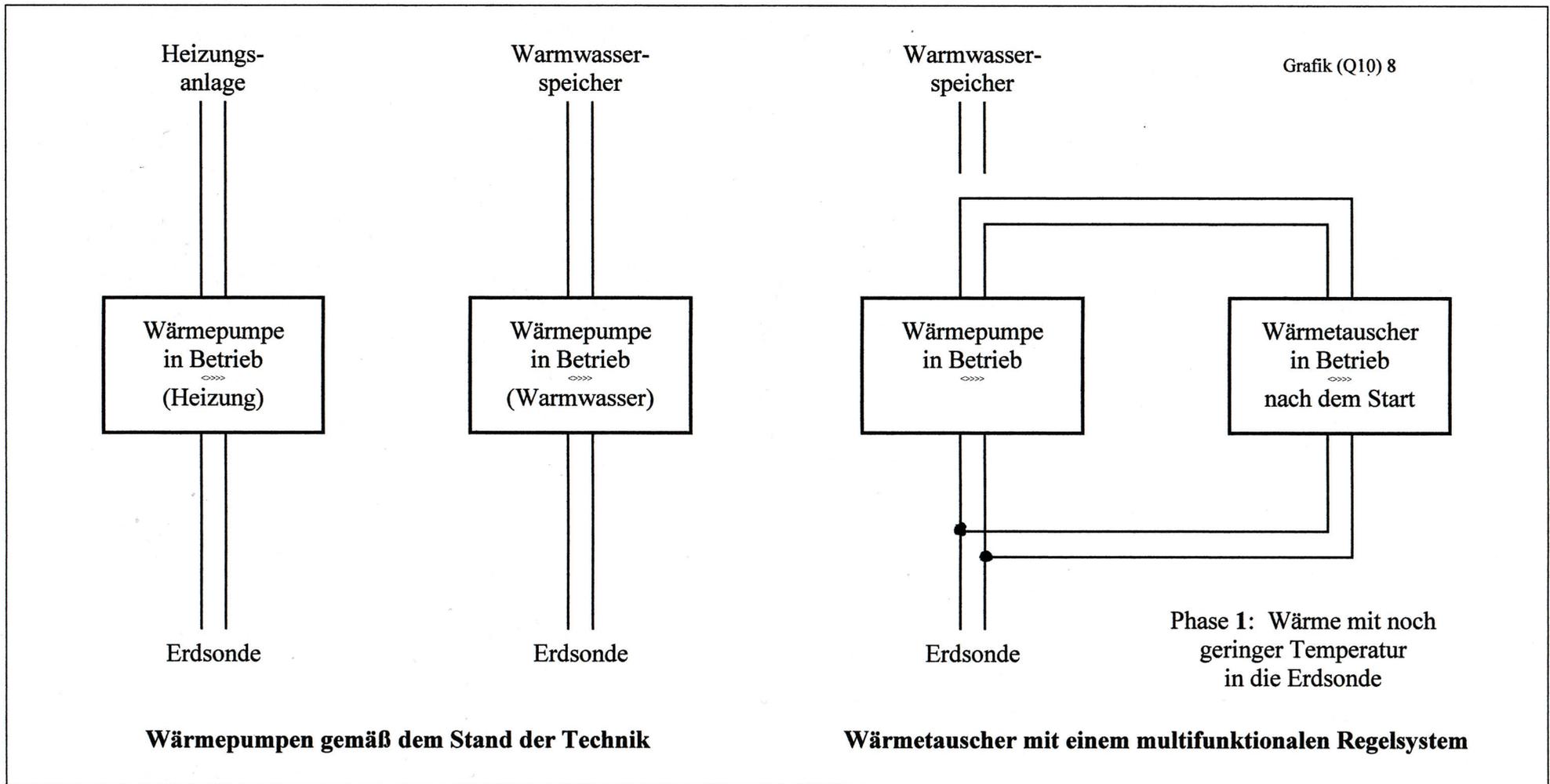




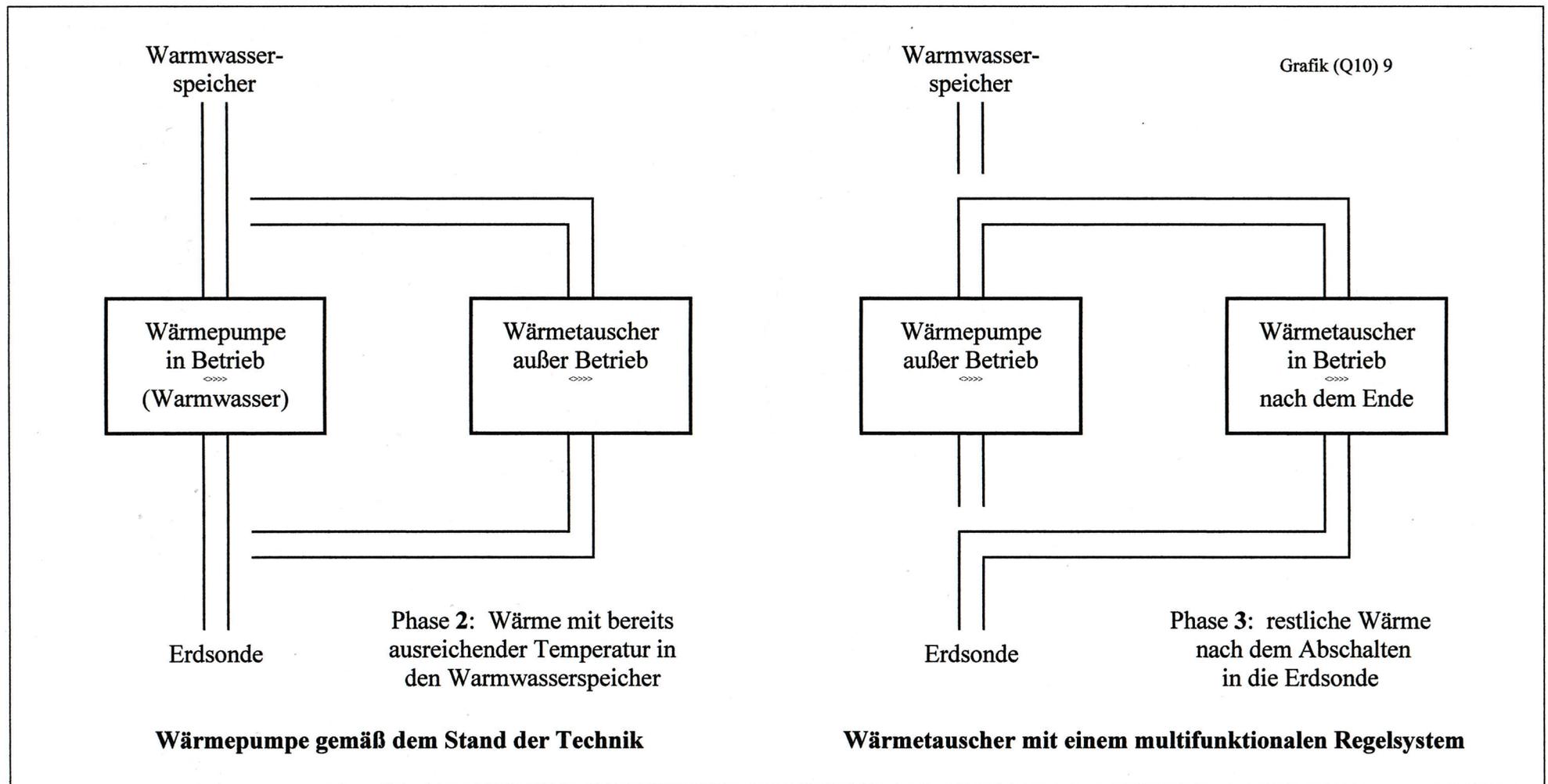




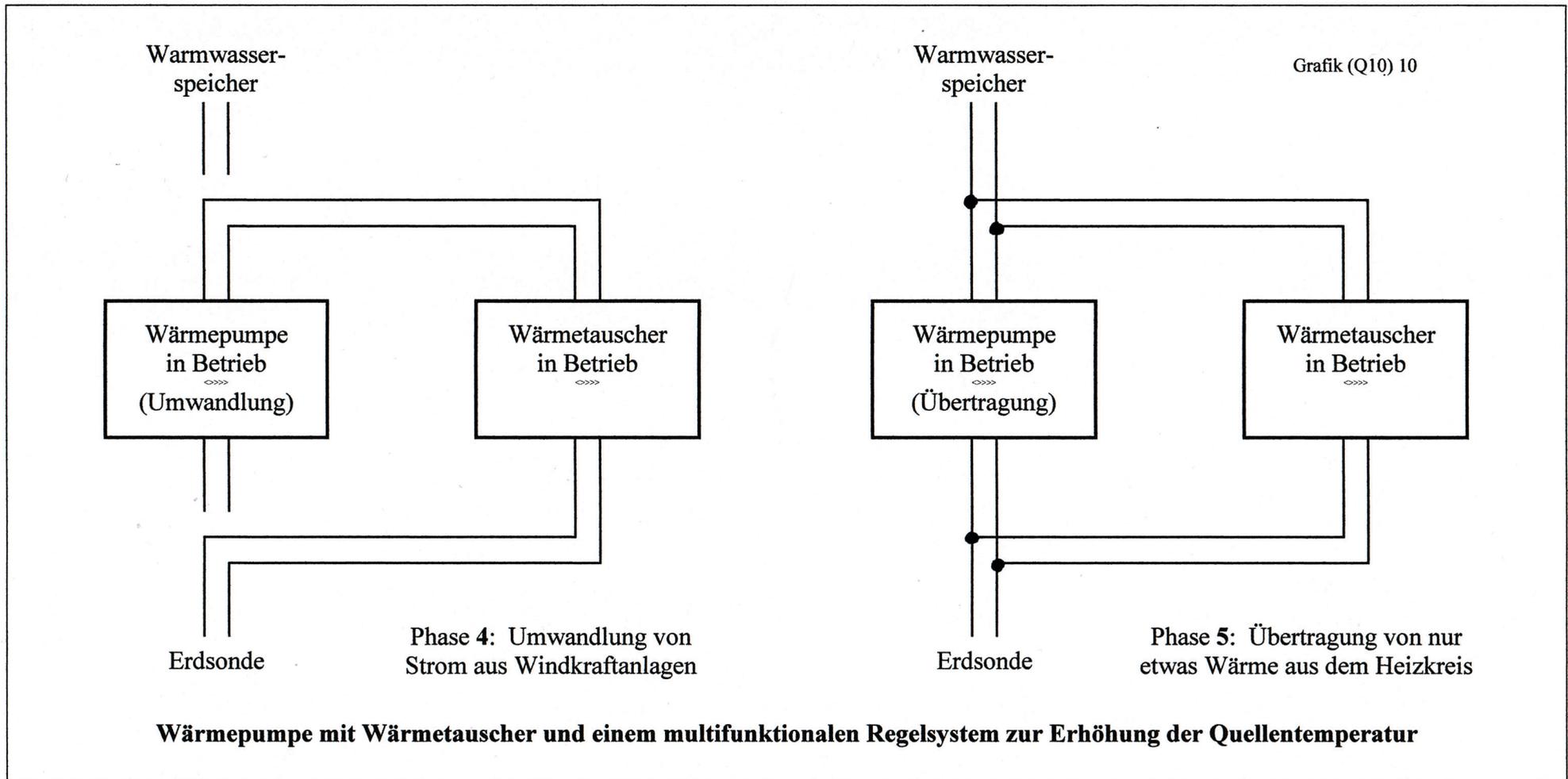




Anlage 23.1 Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik und Möglichkeiten zur Nutzung der Anergie (Phase 1)



Anlage 23.2 Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik und Möglichkeiten zur Nutzung der Anergie (Phase 2 und 3)



Anlage 23.3 Wärmepumpen gemäß dem Stand der Technik und Möglichkeiten zur Nutzung von Energie (Phase 4 und 5)