

Das Problem der Anergie bei Wärmepumpen

Die schon mehrfach auf meiner Website am Beispiel einer Erwärmung von Brauchwasser beschriebenen Auswirkungen der im System der Wärmepumpen entstehenden Anergie bei jedem Start zur Erzeugung von Wärme wurden von Experten bisher offenbar nicht verstanden oder zumindest als unvermeidbar betrachtet.

Das bisherige Beispiel für Brauchwasser in Anlage 1 entstand im Sommer 2018, um den Verlauf der Temperaturen nicht durch Vorgänge für Heizen zu beeinflussen. Es zeigt sich, dass die zunächst sehr niedrige Temperatur im Heizkreis der Wärmepumpe nicht die Temperatur im Brauchwasserspeicher oder in der Heizungsanlage erhöhen kann, sondern diese sogar verringert. Diese verloren gehende Wärme muss dann zusätzlich von der Wärmepumpe aufgebracht werden.

In diesem Beispiel dauerte die Erwärmung von Brauchwasser insgesamt 30 Minuten, davon wurden bereits 16 Minuten allein für die Erhöhung der Temperatur auf wieder 45°C benötigt. Im Herbst 2023 mit jeweils großem zeitlichen Aufwand durchgeführte Untersuchungen an unterschiedlichen weiteren Beispielen bestätigen dies.

Um das notwendige Verständnis für die aus den Aufzeichnungen und Grafiken sich ergebenden Erkenntnisse über das Betriebsverhalten der Wärmepumpe zu erreichen wurden in Anlage 2 zunächst die für jeden Kalendertag sich ergebenden wichtigsten Temperaturwerte aufgezeichnet.

Die Grafiken vom 16.10.2023 in Anlage 2 zeigen die Temperaturen

- BT2 (rote Linie) = die Vorlauftemperatur VL der Wärmepumpe in deren Heizkreis
- BT25 (grüne Linie) = die externe Vorlauftemperatur VL_{extern} vom Heizwärmespeicher zur Heizungsanlage (Radiatoren)
- Calc. Supply (graue Linie) = die für die Wärmepumpe jeweils ausgewählte maximale Vorlauftemperatur VL_{max} (der Mittelwert im Vorlauf mit etwa plus/minus 5°C)
- BT6 (blaue Linie) = die Brauchwassertemperatur BW mit einer schwarzen Linie bei 45°C für den Start der Wärmepumpe

Die als Anlagen 2 bis 6 beigefügten Aufzeichnungen und Grafiken entstanden direkt nach der am 16.10.2023 vorgenommenen Erhöhung der maximalen Vorlauftemperatur VL_{max} für Heizen von bisher 35°C auf 40°C aufgrund der zeitweise bereits geringen Außentemperatur von 2°C, um eine Raumtemperatur von 22°C zu erreichen.

Alle Angaben ergeben sich für die eigene Sole/Wasser-Wärmepumpenanlage mit einer Nennleistung von 15 kW für einen Altbau mit einer Radiatorenheizung.

Die Anlage 2 enthält die ersten Aufzeichnungen der Temperaturen sowie die Grafiken

bei Vorgängen für Heizen am 16.10.2023 ab 9.18 Uhr. Die Werte wurden jeweils im Abstand von Minuten erfasst, das ergänzt sehr gut die grafischen Darstellungen.

Die Einschaltung der Wärmepumpe bei einem Vorgang für Heizen erfolgt stets, wenn die Grad-Minuten-Regelung den Wert -50 erreicht, die negativen Werte steigen weiter an, bis die Wärmepumpe die auf maximal 40°C eingestellte Vorlauftemperatur V_{Lmax} erreicht hat. Die jeweilige Abschaltung des Heizvorgangs endet immer erst dann, wenn die Temperatur V_{Lext} der in die Heizung abfließenden Wärme bis auf 45°C angestiegen ist, bei dem ersten Start nach der Erhöhung von V_{Lmax} nach 32 Minuten um 9.50 Uhr.

Der nächste zweite Start zum Heizen erfolgte nach 64 Minuten um 10.54 Uhr und endete bereits nach 25 Minuten (die notwendige Zunahme der Vorlauftemperatur ist nun geringer als beim ersten Start). Die Differenzen zwischen den Vorlauftemperaturen VL und V_{Lext} liegen im Mittel jeweils bei etwa 0,7°C.

Der bei jedem Start der Wärmepumpe zugleich mit dem Datum angegebenen Außentemperatur AT werden auch die vom "Wetterkontor" für Braunschweig aufgelisteten niedrigsten, mittleren und höchsten Temperaturen des Tages hinzugefügt.

Zu den Grafiken für jeden Tag gehört jeweils die Übersicht für den ganzen Tag und eine vergrößerte Darstellung für einen Start der Wärmepumpe, um die Details des Vorgangs verstehen zu können, in Anlage 2 sind zur Einführung auch weitere Grafiken enthalten.

Alle Aufzeichnungen und Grafiken beziehen sich auf die Sole/Wasser-Wärmepumpe. Deren Quelltemperatur verringert sich im Jahresverlauf von einer Solevorlauftemperatur von etwa 10°C im Sommer durch den größeren Wärmeentzug im Winter auf etwa 0°C bei niedrigen Außentemperaturen. Während der Ermittlung der Temperaturwerte zeigte der beigegefügte Ausdruck vom 16.10.2023 noch eine Solevorlauftemperatur von etwa 5,5°C und eine Solerücklauftemperatur von etwa 1°C.

Der in Anlage 3 am 17.10.2023 zunächst aufgezeichnete weitere Vorgang für Heizen benötigte lediglich 20 Minuten wegen der beim Start der Wärmepumpe bereits deutlich höheren Vorlauftemperatur als am Tag davor.

Die darin zugleich auch enthaltene Erwärmung von Brauchwasser findet nur 7 Minuten später statt, durch die noch relativ hohe Vorlauftemperatur von etwa 40°C ergibt sich auch hierfür ein geringer Zeitbedarf von nur 20 Minuten.

Die Einschaltung der Wärmepumpe erfolgt, sobald die Brauchwassertemperatur 45°C unterschreitet, die Ausschaltung erst dann, wenn die Temperatur von 50°C erreicht wird. Die Grad-Minuten-Werte spielen dabei keine Rolle, nur die Brauchwassertemperaturen.

Die als Anlage 4 beigegefügte weitere Aufzeichnung einer Erwärmung von Brauchwasser zeigt nur wenige Minuten nach dem Start, dass sich die bereits ziemlich geringe Vorlauftemperatur der Wärmepumpe weiter auf nur noch 35,9°C verringert. Dies beeinflusst die

Temperatur im Brauchwasserspeicher deutlich durch einen Rückgang von 44,9°C auf 44,6°C, weil ständig das noch kältere Wasser aus dem Heizkreis der Wärmepumpe in den Speicher fließt.

Allein 20 Minuten dauerte es, bis überhaupt die anfängliche Brauchwassertemperatur von 45°C wieder erreicht wurde (dafür waren 4 kWh erforderlich), dann noch weitere 16 Minuten bis zum Abschalten der Wärmepumpe nach dem Erreichen von 50°C.

Auch in Anlage 5 wird eine Erwärmung von Brauchwasser gezeigt, die allerdings sehr kurz vor dem nächsten Vorgang für Heizen startet mit einer dadurch viel geringeren Vorlauftemperatur, wie in der Grafik des Tages zu sehen ist. Diese sinkt dann weiter ab bis auf nur noch 33,3°C, was dazu führt, dass sich nicht nur der Vorgang erheblich verlängert, sondern auch die Brauchwassertemperatur sogar um fast ein Grad bis auf 44,1°C absinkt.

Der nächste Vorgang für Heizen kann erst starten, wenn die Erhöhung der Brauchwassertemperatur abgeschlossen ist. So kommt es zu den sehr hohen negativen GM-Daten und nach der Umschaltung zu einer sehr niedrigen Vorlauftemperatur im Heizkreis, folglich dauerte es auch sehr lange, bis nach 42 Minuten die Umschaltung von Brauchwasser auf Heizen erfolgte und auch dafür weitere 36 Minuten erforderlich sind, bis schließlich die externe Vorlauftemperatur $V_{L_{ext}}$ wieder 45°C erreicht und die Wärmepumpe abschaltet.

Um ein besseres Verständnis zu erreichen für die Gründe der von den unterschiedlichen Temperaturen abhängigen Auswirkungen sind in Anlage 6 einige Vergleiche zusammengestellt worden. Die exakten Aufzeichnungen in den Anlagen 3 bis 5 sind stark gekürzt worden bis auf die entscheidenden Veränderungen von Temperaturen, die letztlich zum Entstehen der Anergie wesentlich beitragen.

Für jede der drei Anlagen erfolgt eine vergleichende Beschreibung der unterschiedlichen Auswirkungen, für eine Bewertung der Ergebnisse sind auch die jeweiligen Grafiken einzubeziehen, am Ende von Anlage 6 steht ein kurz zusammenfassendes Fazit.

Wie die Grafiken zeigen ergeben sich bei den Vorgängen für Heizen prinzipiell sehr ähnliche Auswirkungen wie bei einer Brauchwassererhöhung, auch bei der Heizungsanlage sind es aus unterschiedlichen Gründen die zwangsläufig absinkenden Temperaturen.

Bei Luft/Wasser-Wärmepumpen mit einem Wärmespeicher statt einer Erdsondenanlage verringert sich bei einer Außentemperatur von 2°C wie im vorliegenden Fall auch die Temperatur im Wärmespeicher auf Werte von nahe null Grad - der dadurch erheblich größere Temperaturhub zwischen Quelle und Heizkreis führt dann bekanntlich zu einem viel höheren Stromverbrauch als bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen. Nach Angaben der für Wärmepumpen zuständigen ISE-Gruppe des Inatech-Instituts der Universität Freiburg haben Außenluft-Wärmepumpen bei sehr hohen Heizlasten einen COP-Wert nahe eins und heizen insofern fast nur mit Strom.

Die Auswertungen der aufgezeichneten Daten und der zugehörigen Grafiken zeigen mit deren jeweiligem Verlauf der Temperaturen eindeutig, dass bei Wärmepumpenanlagen gemäß dem aktuellen Stand der Technik bei jedem Start der Wärmepumpe zwangsläufig zunächst Anergie entstehen muss. Dies lässt sich allerdings nicht verhindern, weil ja die höheren Betriebstemperaturen erst erreicht werden müssen, um die erforderliche Wärme erzeugen zu können.

Eine erhebliche Effizienzsteigerung und ein viel geringerer jährlicher Stromverbrauch lassen sich aber erreichen, wenn die nach jedem Start der Wärmepumpe zunächst noch geringe Temperatur der Wärme anderweitig genutzt wird.

Dafür genügt bereits ein zusätzliches multifunktionales Regelsystem, um den Wärmequellen der Sole/Wasser-Wärmepumpen und den Wärmespeichern der Luft/Wasser-Wärmepumpen die im Grunde ansonsten noch völlig nutzlose Anergie zunächst einer Erhöhung der Quellentemperatur zuzuführen. Diese Erhöhung führt zu einem geringeren Temperaturhub zwischen Quelle und Heizkreis, sodass sich die Effizienz erhöht.

Als Anlage 7 werden eine der Gebrauchsmusterschrift entnommene Grafik und die zugehörige Bezugszeichenliste beigelegt. Das Prinzip des Regelsystems besteht darin, die nach dem Start der Wärmepumpe entstehende Wärme nicht an die Heizungsanlage oder an den Brauchwasserspeicher weiterzuleiten, sondern über einfache Dreiwegeventile die Wärme umzuleiten an einen Wärmetauscher und weiterhin an die Erdsonden der Wärmequelle bzw. an einen Wärmespeicher.

Erst wenn im Heizkreis der Wärmepumpe die notwendige Temperatur für Heizen oder Brauchwasser erreicht worden ist kann auch die Umleitung der Wärme wieder beendet werden, eine zwischenzeitliche Verringerung der Temperaturen im Brauchwasserspeicher oder in der Heizungsanlage wird so verhindert.

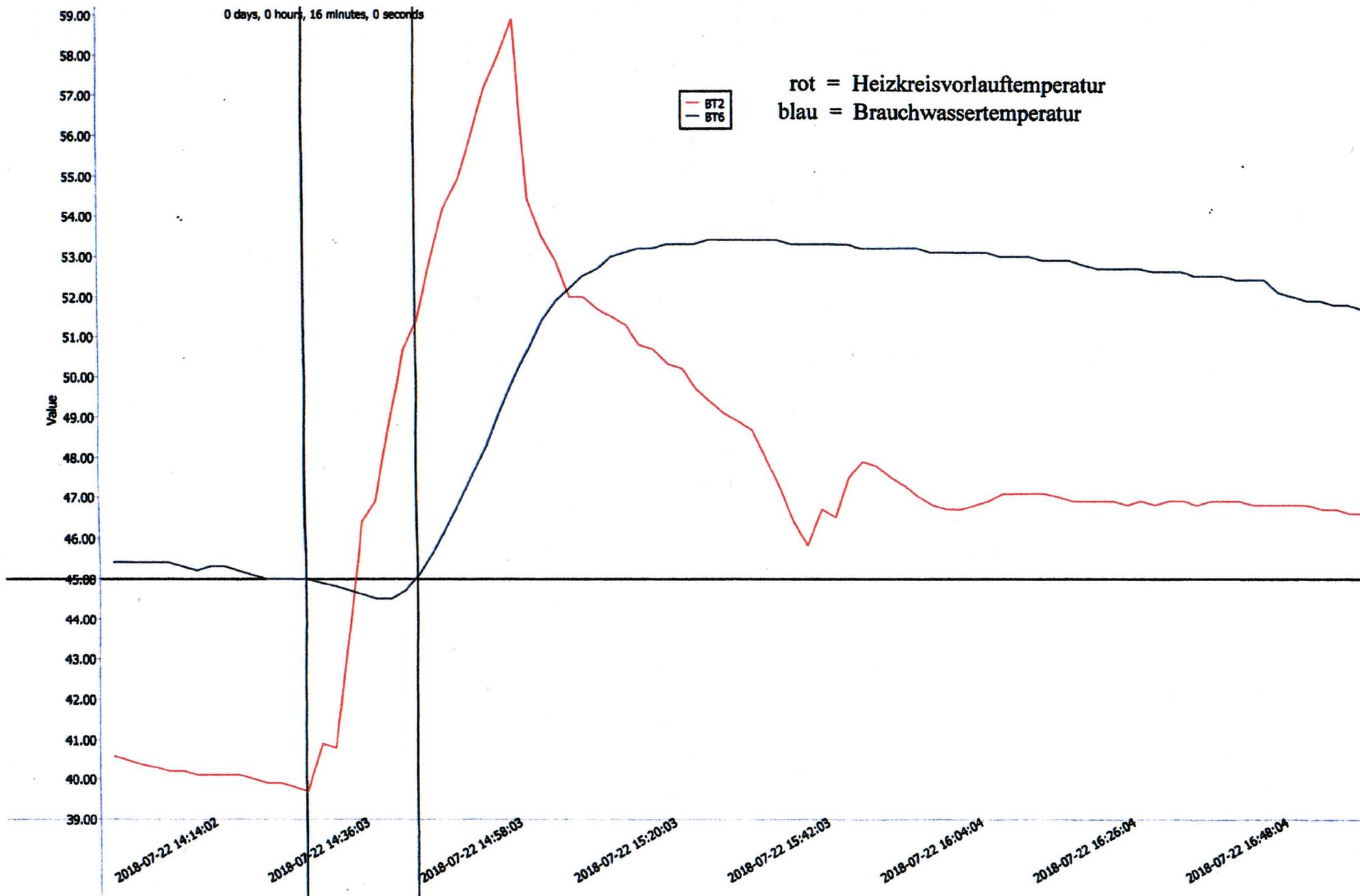
Ausführliche Informationen dazu stehen zur Verfügung in "Verfahren und Regeneration - Unterschiede zum Stand der Technik" sowie in der "Gebrauchsmusterschrift für das zusätzliche multifunktionale Regelsystem" (siehe dazu die Datei WB2-ZE2 bzw. die Datei WB2-15 meiner Website <https://www.effizienz-modul.de/infos.htm>).

Die beigelegten Anlagen befassen sich mit den aktuell ausgearbeiteten umfangreichen Aufzeichnungen von Temperaturen sowie den zugehörigen Grafiken sowohl für Heizen wie für Brauchwasser und den hinzugefügten vergleichenden Betrachtungen.

5.11.2023



WB2-ZE7



Anlage 1 Beispiel für die Erwärmung von Brauchwasser

Datum 16.10.2023

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

Vorgang Heizen

Maximale Vorlauftemperatur von 35°C umgestellt auf 40°C bei AT = 2°C.
Einschaltung, wenn das Grad-Minuten-Regelsystem den Wert -50 erreicht,
Ausschaltung, wenn die VLextern-Temperatur den Wert 45°C erreicht.

Vorgang Brauchwasser-Erwärmung

Einschaltung, wenn die Temperatur 45°C unterschreitet,
Ausschaltung, wenn die Temperatur von 50°C erreicht wird.

Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
9.16	-36				324.992	
9.17	-43					
9.18	-50					
Heizen Start						
9.18	-50	35,8	32,3		324.992	48,2
9.22	-57	38,6	32,9			
.23	-59	38,7	33,0			
.24	-62	38,8	33,1	37,9	324.993	
.25	-64	38,9	33,2	38,1		
.26	-66	39,9	33,3	38,3		
.27	-67	39,2	33,5	38,6		
.28	-69	39,3	33,7	38,7	324.994	
.29	-70	39,4	34,1	38,9		
.30	-71	39,8	35,0	39,1		
.31	-72	40,4	35,6	39,5	324.995	
.32	-72	41,0	36,1	39,9		
.33	-72	41,6	36,5	40,4		
.34	-72	41,9	36,7	40,8		
.35	-71	42,0	37,0	41,1	324.996	
.36	-70	42,3	37,2	41,4		

→ Fortsetzung der Aufzeichnung

Anlage 2 vom 16.10.2023

Teil 1: Exakte Aufzeichnungen der Temperaturwerte

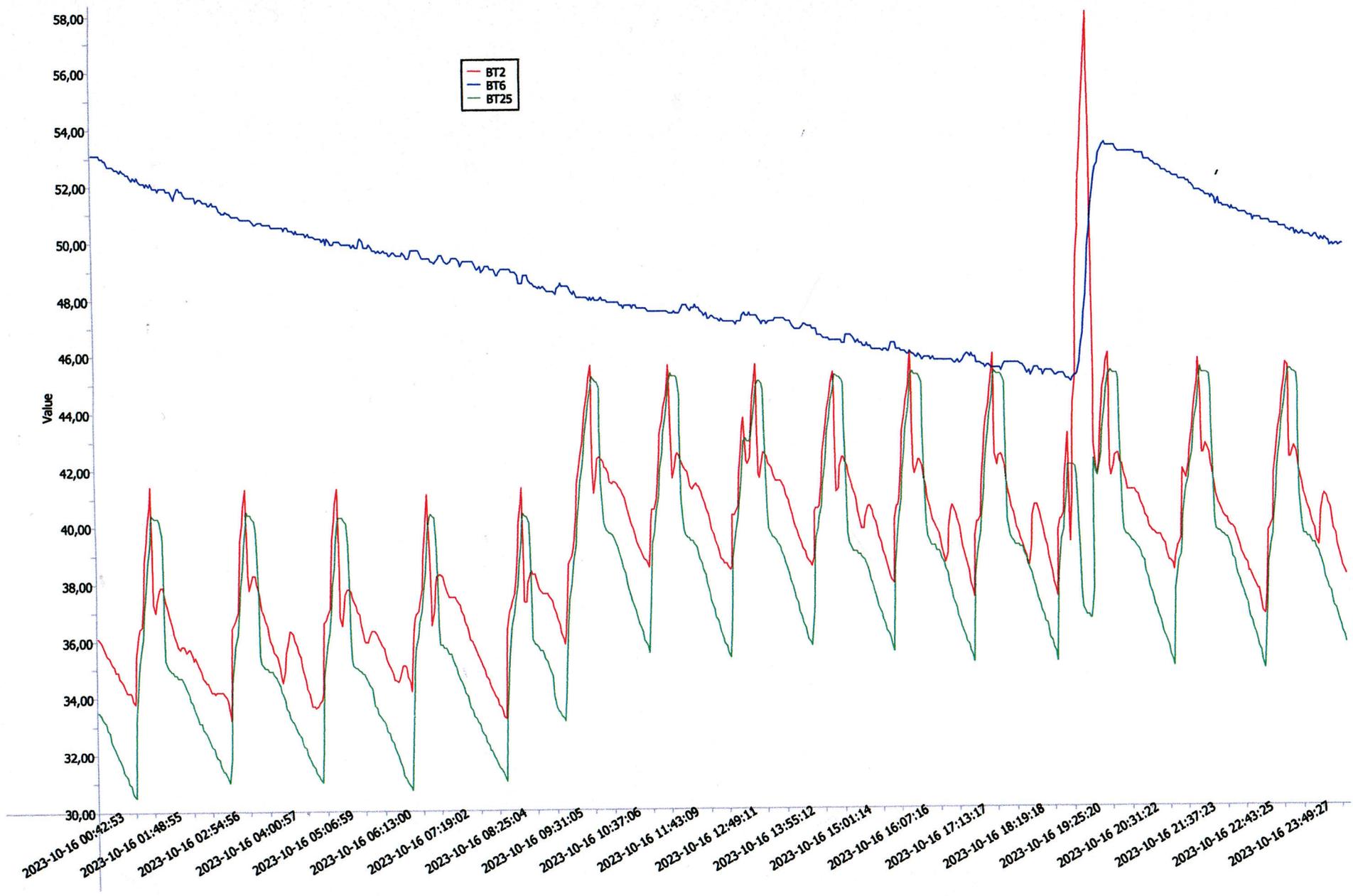
Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
Fortsetzung der Aufzeichnung						
.37	-68	42,5	37,4	41,7		
.38	-66	42,7	37,8	42,0		
.39	-64	43,0	38,1	42,1	324.997	
.40	-62	43,3	38,4	42,4		
.41	-60	43,5	38,6	42,7		
.42	-57	43,8	38,9	42,9		
.43	-54	44,1	39,2	43,3	324.998	
.44	-50	44,3	39,6	43,6		
.45	-47	44,6	39,8	43,9		
.46	-43	44,9	40,1	44,1		
.47	-39	45,1	40,4	44,4	324.999	
.48	-34	45,4	40,7	44,7		
9.49	-29	45,7	41,0	45,1		

AUS

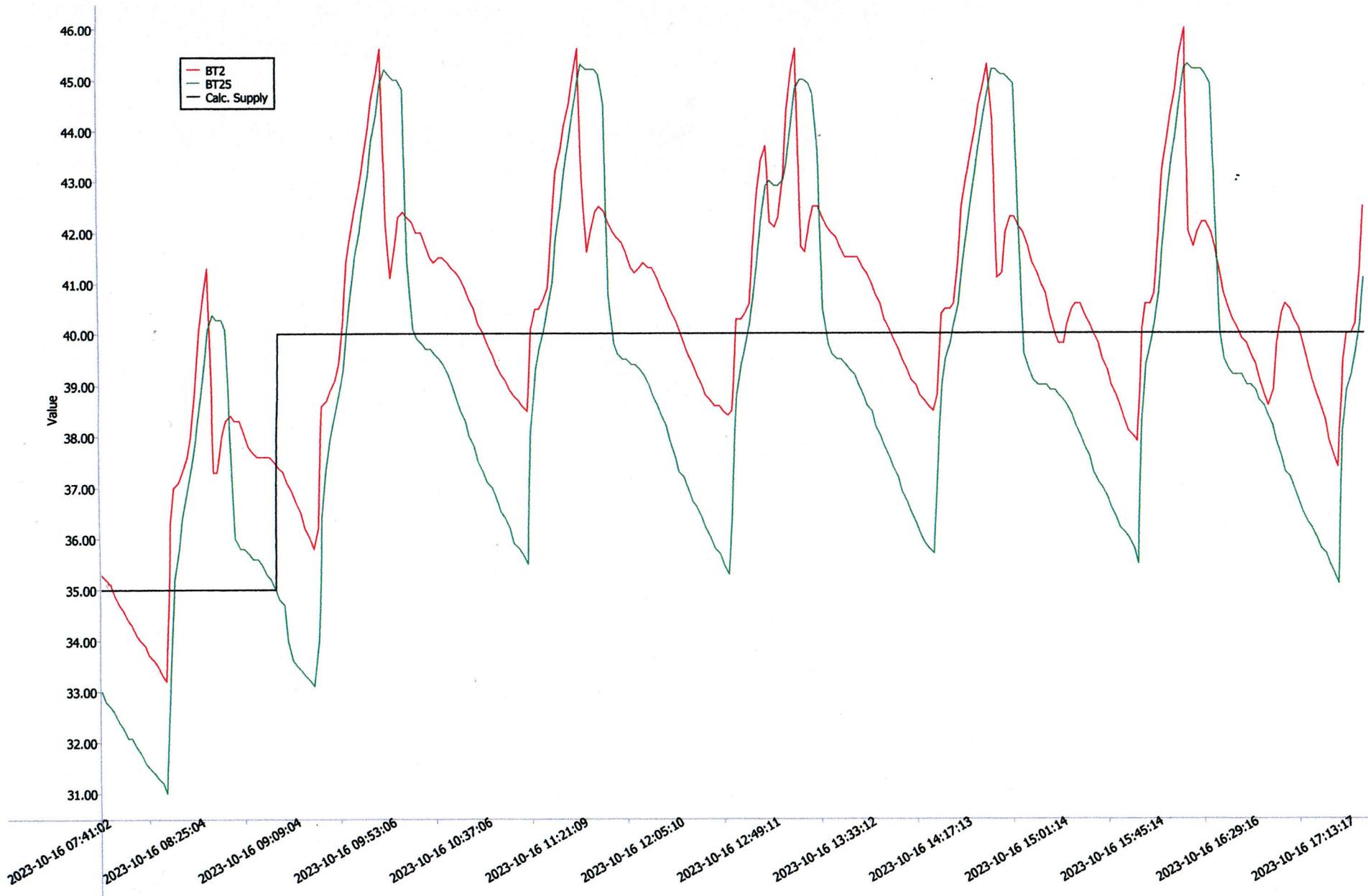
9.50	6	44,4	39,9	45,2	325.000	
.52	16	41,2	39,7	45,1		
.54	21	41,1	39,6	45,1		
.56	31	41,9	39,4	45,0		
.58	41	42,3	38,9	45,0		
10.00	51	42,4	38,7	44,0		
.02	57	42,3	39,1	40,6		
.04	57	42,1	39,5	40,0		
.06	57	42,1	40,0	39,9		
.08	57	42,0	40,4	39,7		
.10	56	41,7	40,9	39,7		
.12	55	41,5	41,4	39,6		
.14	55	41,5	41,8	39,6		
.16	54	41,5	42,0	39,4		47,8
.18	52	41,4	42,1	39,2		
.20	50	41,4	42,1	39,1		
.22	48	41,3	42,1	38,8		
.24	47	41,1	42,0	38,6		
.26	43	41,0	41,9	38,4		
.28	39	40,8	41,7	38,1		
.30	35	40,5	41,6	37,8		
.32	30	40,3	41,6	37,6		

→ Fortsetzung der Aufzeichnung

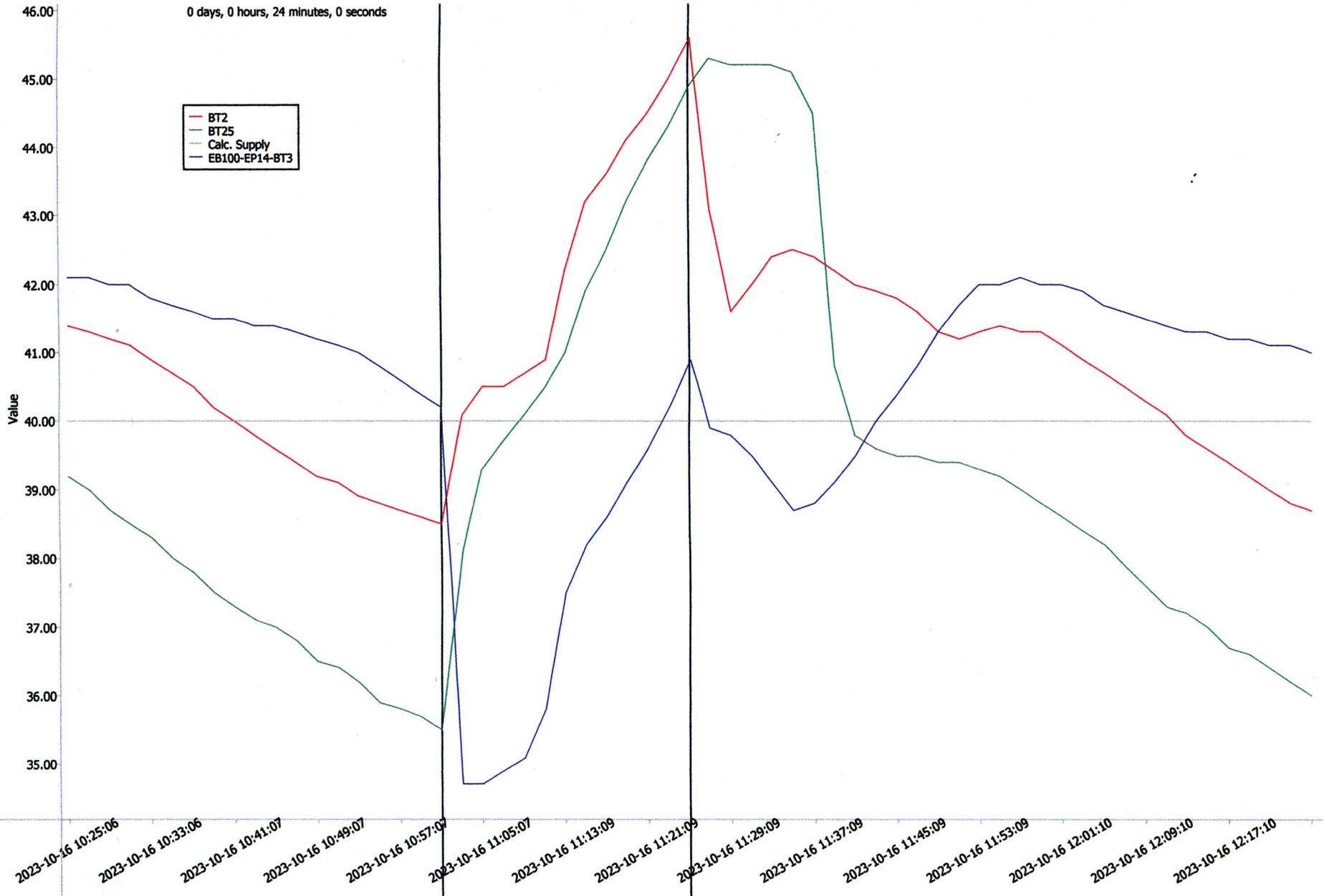
Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
Fortsetzung der Aufzeichnung						
.34	25	40,1	41,5	37,4		
.36	20	39,9	41,4	37,2		
.38	14	39,7	41,4	37,0		
.40	8	39,5	41,3	36,8		
.42	1	39,3	41,3	36,6		
.44	-5	39,1	41,2	36,4		
.46	-12	39,0	41,0	36,2		
.48	-20	38,9	40,9	36,0		
.50	-28	38,8	40,7	35,8		
.52	-36	38,6	40,5	35,8		
10.54	-45	38,6	40,3	35,6	325.000	
EIN						
10.55	-50	38,5	37,0	35,5		
.56	-50	39,3	34,6	37,5	325,000	
.57	-50	40,3	34,7	38,5		
.58	-51	40,5	34,7	39,0		
.59	-52	40,5	34,8	39,4		
11.00	-52	40,5	34,8	39,6	325.001	
.01	-52	40,5	34,9	39,8		
.02	-52	40,6	35,0	40,0		
.03	-52	40,7	35,1	40,2		
.04	-52	40,8	35,2	40,4		
.05	-52	40,9	35,8	40,5	325.002	
.06	-51	41,5	36,8	40,7		
.07	-50	42,2	37,5	41,1		
.08	-49	42,7	37,9	41,5	325.003	
.09	-47	43,1	38,2	41,9		
.10	-45	43,4	38,4	42,1		
.11	-42	43,6	38,6	42,6	325.004	
.12	-40	43,9	38,8	42,9		
.13	-36	44,1	39,1	43,3		
.14	-33	44,3	39,3	43,5	325.005	
.15	-29	44,5	39,6	43,9		
.16	-25	44,8	39,9	44,1		
.17	-21	45,0	40,2	44,3		
.18	-16	45,3	40,6	44,6	325.006	
.19	-12	45,6	40,9	44,9		
AUS	6	45,9	41,2	45,2		



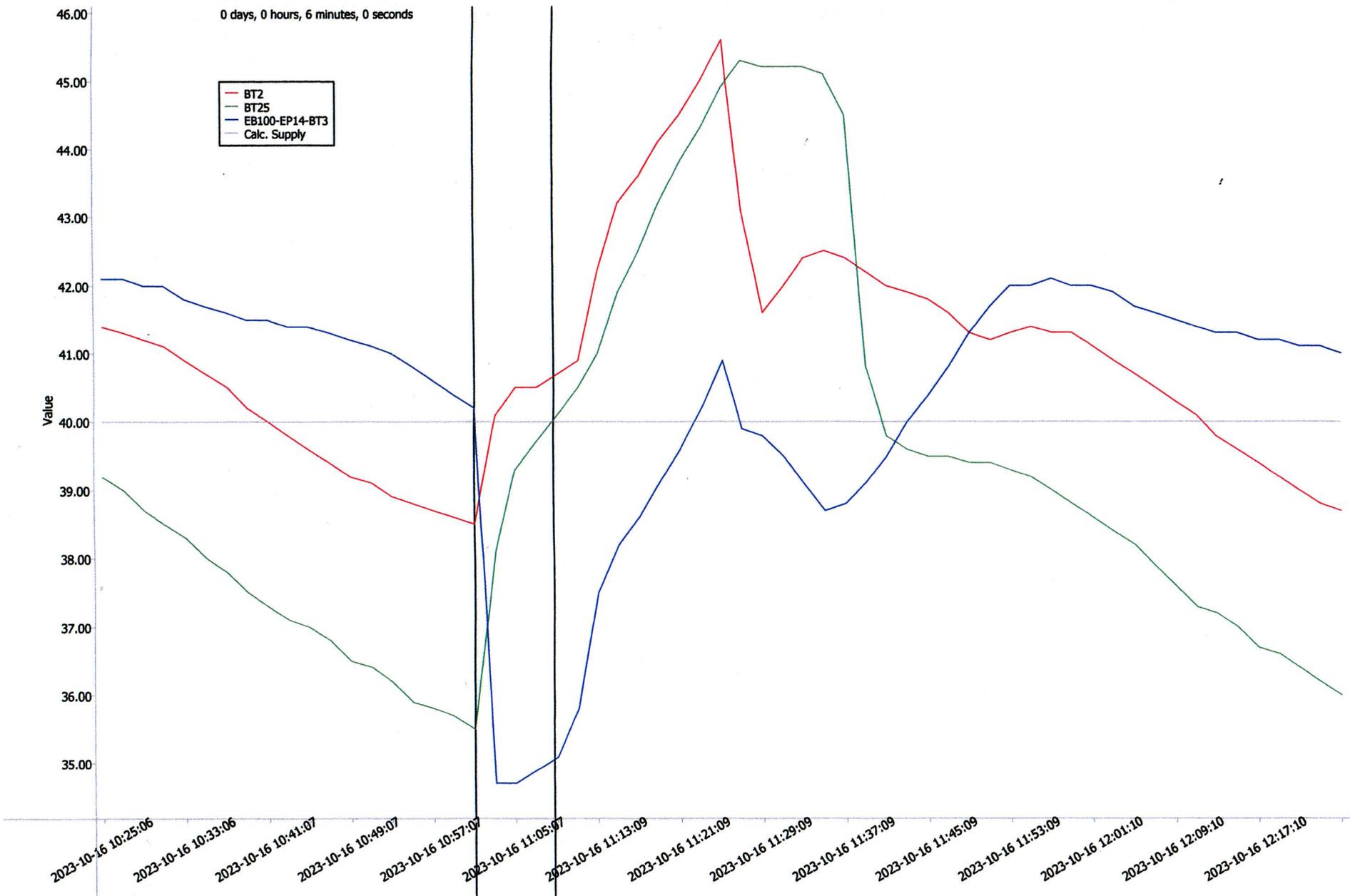
Anlage 2 Teil 2: Temperaturen der Wärmepumpe im Tagesverlauf am 16.10.2023



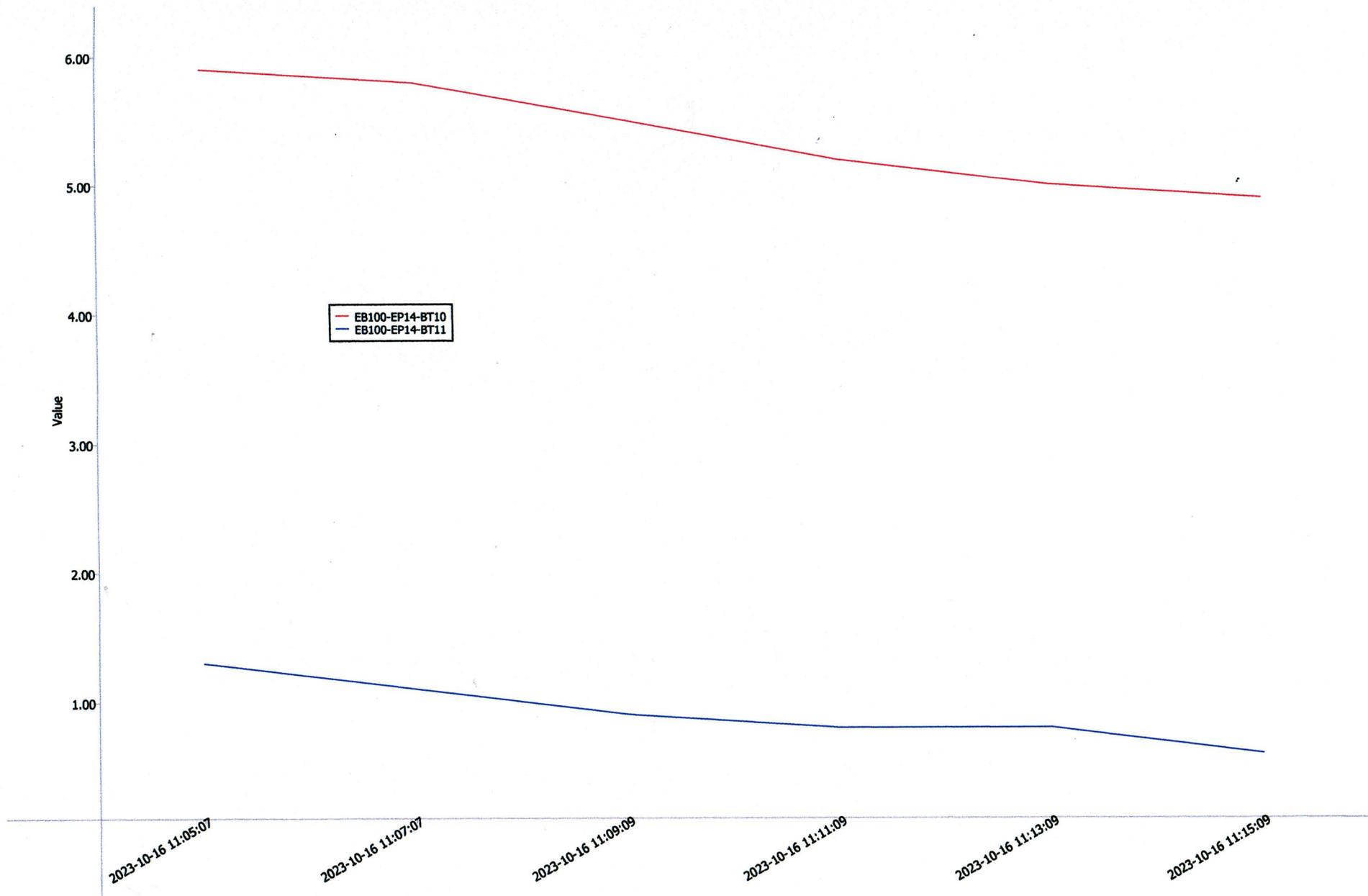
Anlage 2 Teil 2: Erhöhung der Vorlauftemperatur von 35°C auf 40°C am 16.10.2023 (graue Linie = Mittelwert) 2.2



Anlage 2 Teil 2: Temperaturen eines Vorgangs für Heizen am 16.10.2023 (Dauer gesamt 24 Minuten)



Anlage 2 Teil 2: Temperaturen eines Vorgangs für Heizen am 16.10.2023 (Dauer 6 Minuten zum Ausgleich)



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
Heizen Start						
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	325.121	
AUS	1	46,2	41,5	45,2		22,3

Anlage 3 vom 17.10.2023

Teil 1: Exakte Aufzeichnungen der Temperaturwerte

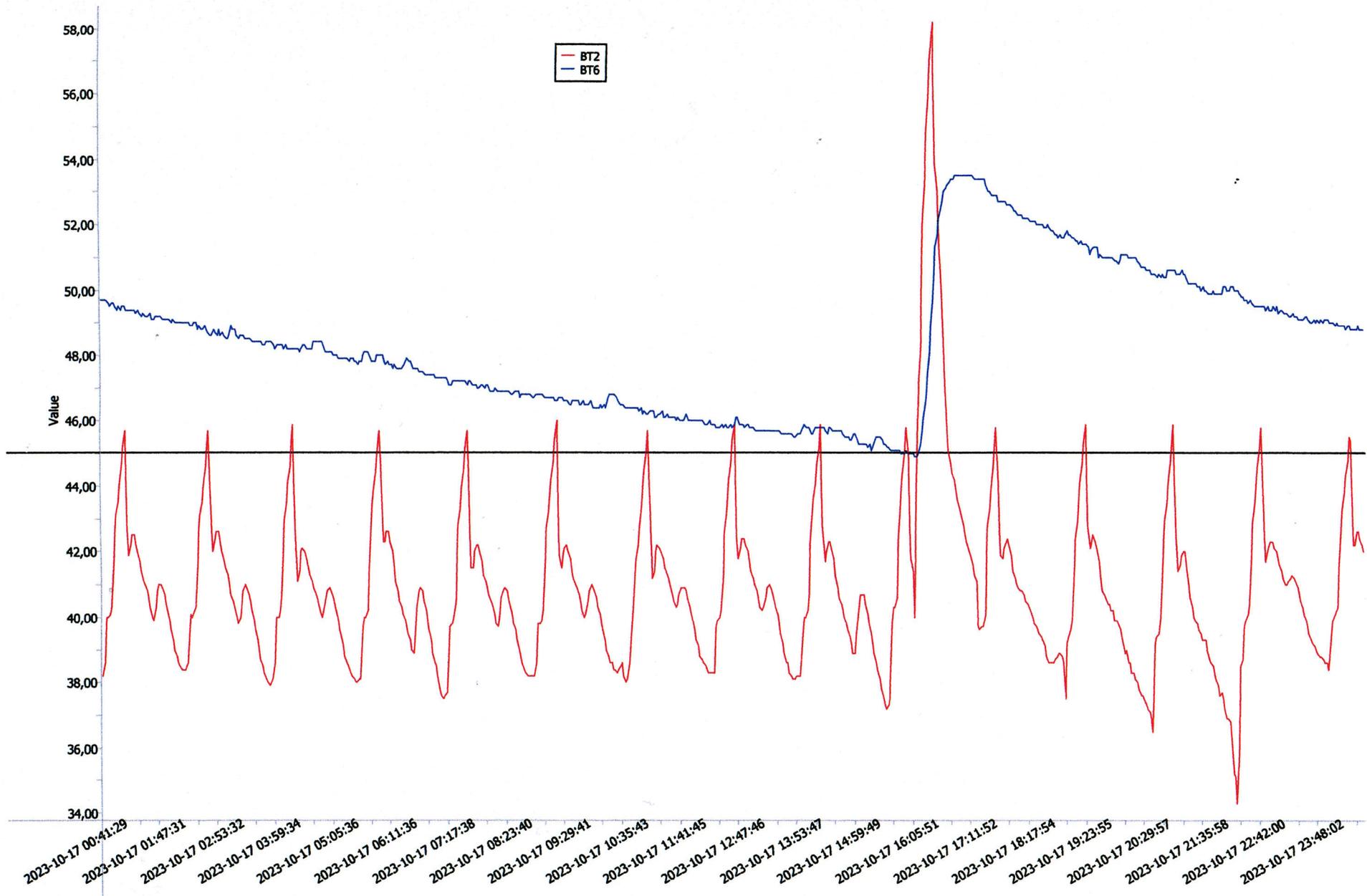
Datum 17.10.2023

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

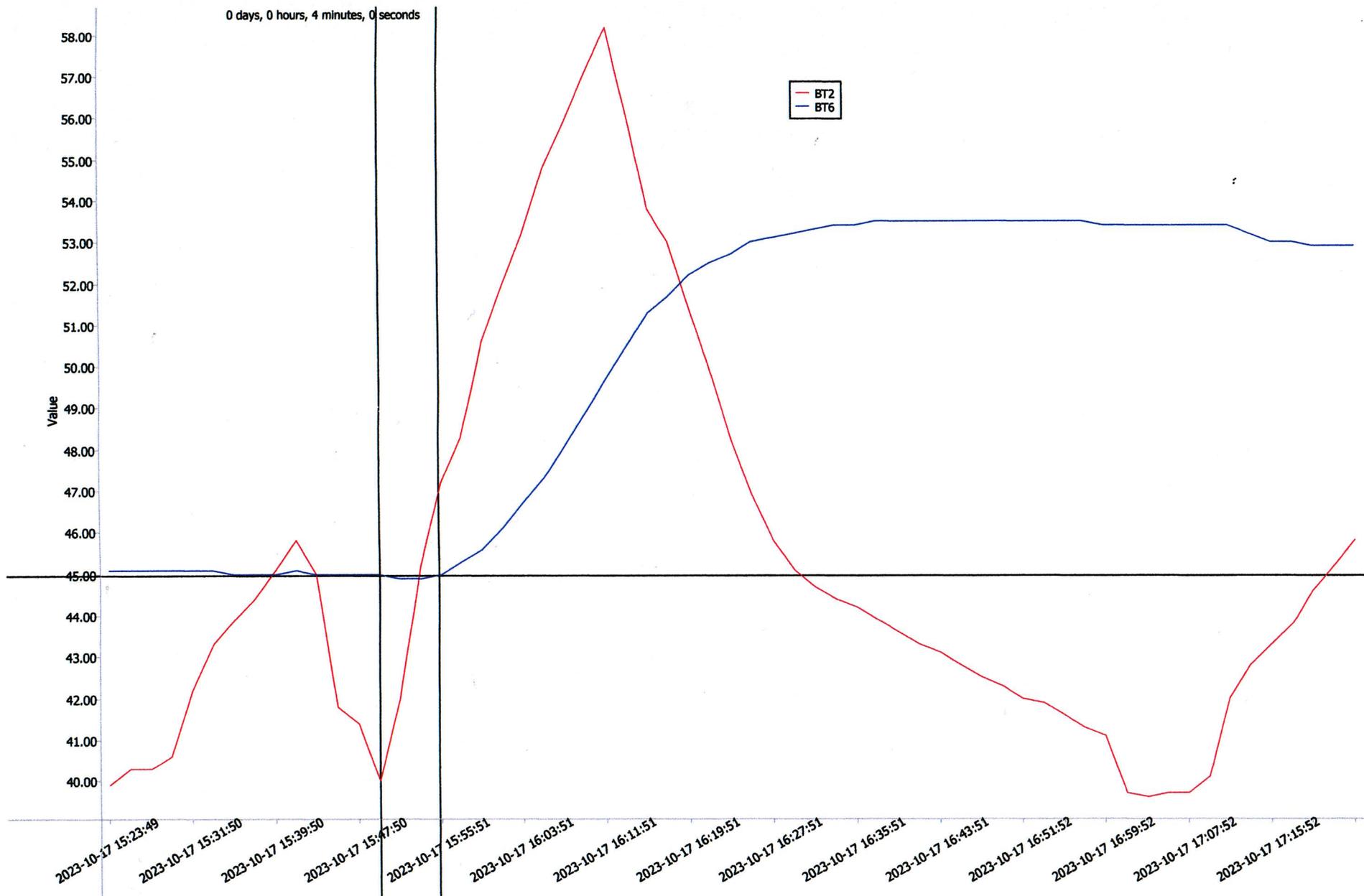
Brauchwasser-Erwärmung

EIN bei 45°C, AUS bei 50°C

Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
15.42	33				325.121	45,0
.43	33	38,5	35,9	45,3		45,0
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	325.122	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		45,0
.51	74	47,4	43,5	44,9		45,1
.52	79	48,0	44,8	44,5	325.123	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	325.124	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	325.125	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		50,0
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 18.10.2023

Außentemperatur 6,8°C (0,9 / 6,7 / 11,3 °C)

Brauchwasser-Erwärmung

EIN bei 45°C, AUS bei 50°C

Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
11.22	47	42,8	39,9	41,0	325.200	45,1
.23	38	42,5	39,8	40,8		45,0
BW Start						
11.29	60	42,2	31,6	40,3	325.201	44,9
.30	61	37,3	30,2	40,3		44,9
.31	61	36,6	30,2	40,2		44,9
.32	61	35,9	30,4	40,2		44,9
.33	61	36,2	34,1	40,2		44,9
.34	62	39,9	36,2	40,1	325.202	44,8
.35	62	40,7	36,4	40,1		44,8
.36	62	41,2	36,5	40,0		44,8
.37	62	41,4	37,2	40,0		44,7
.38	62	41,9	38,6	40,0		44,7
.39	62	43,2	40,3	39,9	325,203	44,7
.40	62	44,3	40,7	39,8		44,6
.41	62	45,0	41,1	39,8		44,6
.42	61	45,4	41,4	39,7		44,6
.43	61	45,7	41,9	39,6		44,6
.44	60	46,2	42,8	39,5		44,6
.45	60	47,0	43,7	39,4	325.204	44,6
.46	59	48,0	44,5	39,2		44,7
.47	58	48,5	44,9	39,1		44,7
.48	57	49,0	45,4	39,0		44,8
.49	57	49,4	45,9	38,9		44,9
.50	56	50,0	46,6	38,8	325.205	45,1
.51	55	50,7	47,3	38,7		45,3
.52	53	51,3	47,7	38,6		45,5
.53	51	51,6	48,1	38,6		45,7
11.54	50	52,1	48,7	38,5		46,0

→ Fortsetzung der Aufzeichnung

Anlage 4 vom 18.10.2023

Teil 1: Exakte Aufzeichnungen der Temperaturwerte

Datum 18.10.2023

Außentemperatur 6,8°C (0,9 / 6,7 / 11,3 °C)

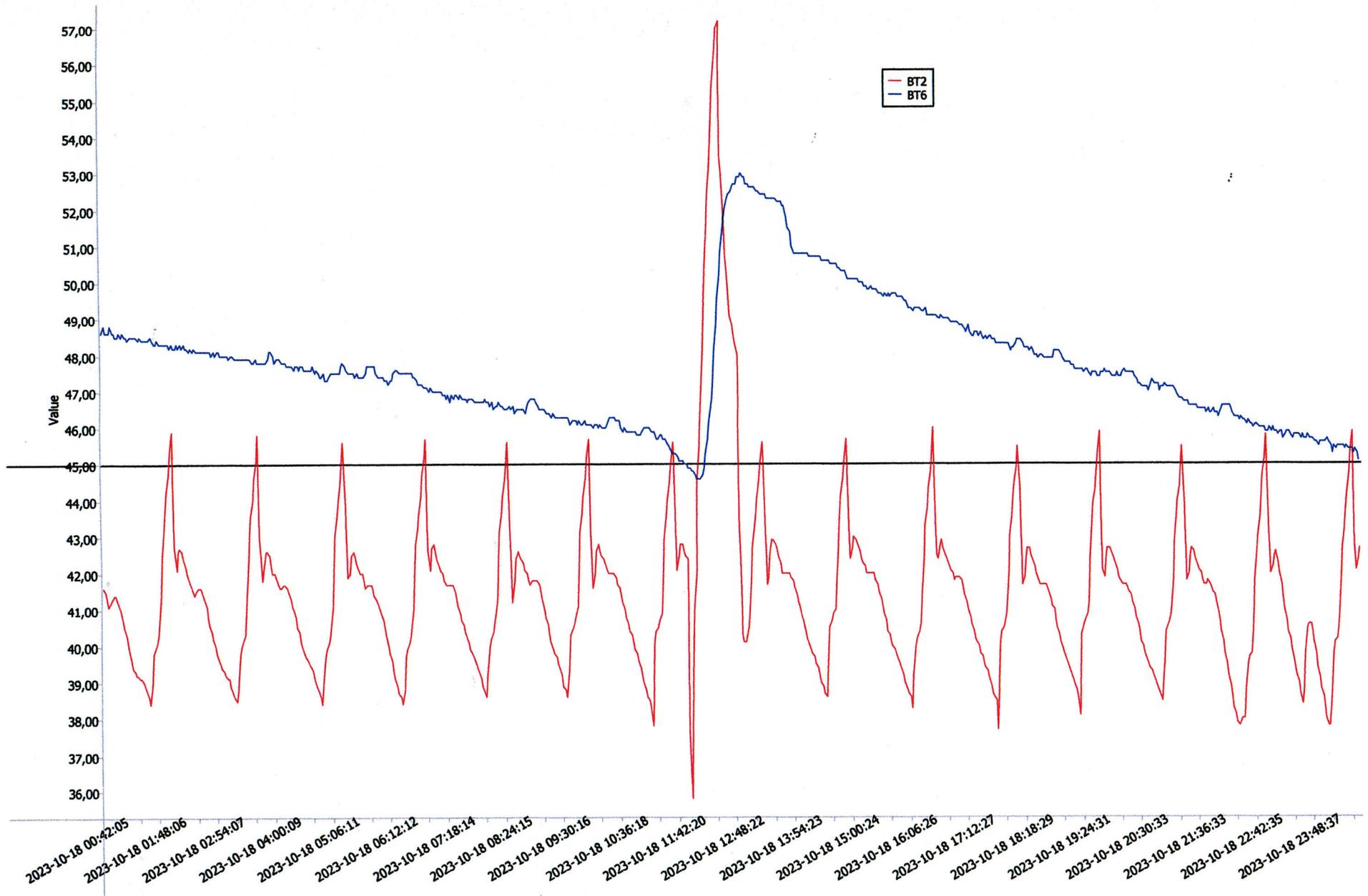
Brauchwasser-Erwärmung

(Fortsetzung der Aufzeichnung)

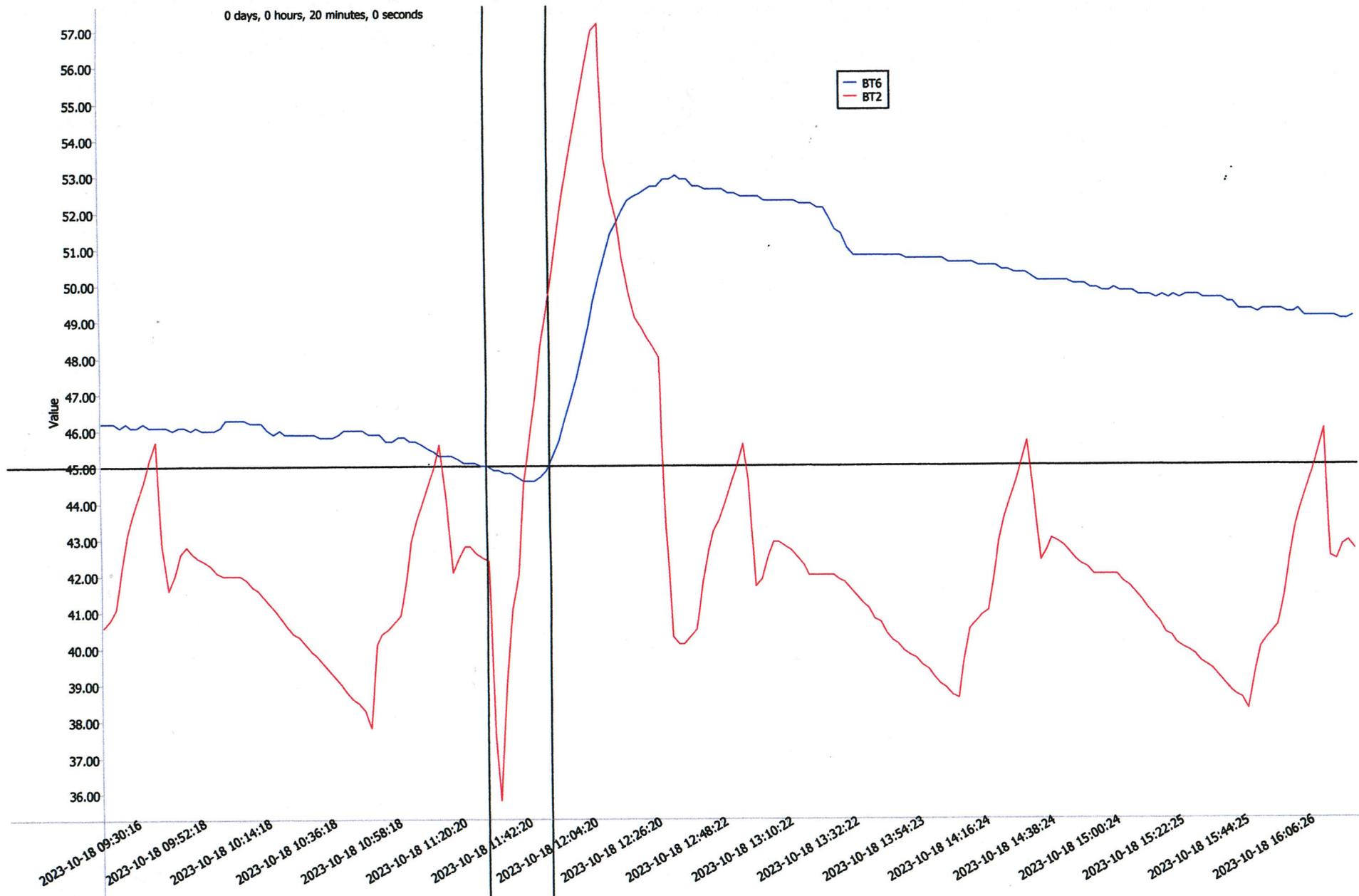
Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
11.55	48	52,7	49,4	38,3	325.206	46,3
.56	46	53,3	49,9	38,2		46,6
.57	44	53,7	50,3	38,1		46,9
.58	44	54,0	50,6	38,0		47,1
.59	42	54,5	51,0	37,9		47,4
12.00	40	54,8	51,5	37,8		47,7
.01	38	55,3	51,9	37,7		48,0
.02	36	55,7	52,3	37,6	325.207	48,3
.03	33	56,2	52,9	37,5		48,8
.04	31	56,6	53,3	37,4		49,2
.05	28	57,1	53,7	37,3		49,5
12.06	26	57,4	54,1	37,2	325.208	49,9

BW Ende

12.07	23	57,8	42,9	37,2		50,3
.08	23	55,7	38,6	37,1		50,6
.09	21	53,2	37,4	37,0		50,9
.10	20	52,6	36,9	36,9		51,2
.11	17	52,3	36,6	36,8		51,5
.12	13	52,0	36,5	36,7		51,6
.13	10	51,7	36,4	36,6		51,7
.14	6	51,0	36,4	36,5		51,9
.15	3	50,5	36,2	36,3		52,1



Anlage 4 Teil 2: Temperaturen der Wärmepumpe im Tagesverlauf am 18.10.2023



Anlage 4 Teil 2: Temperaturen eines Vorgangs der Brauchwasser-Erwärmung am 18.10.2023

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	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

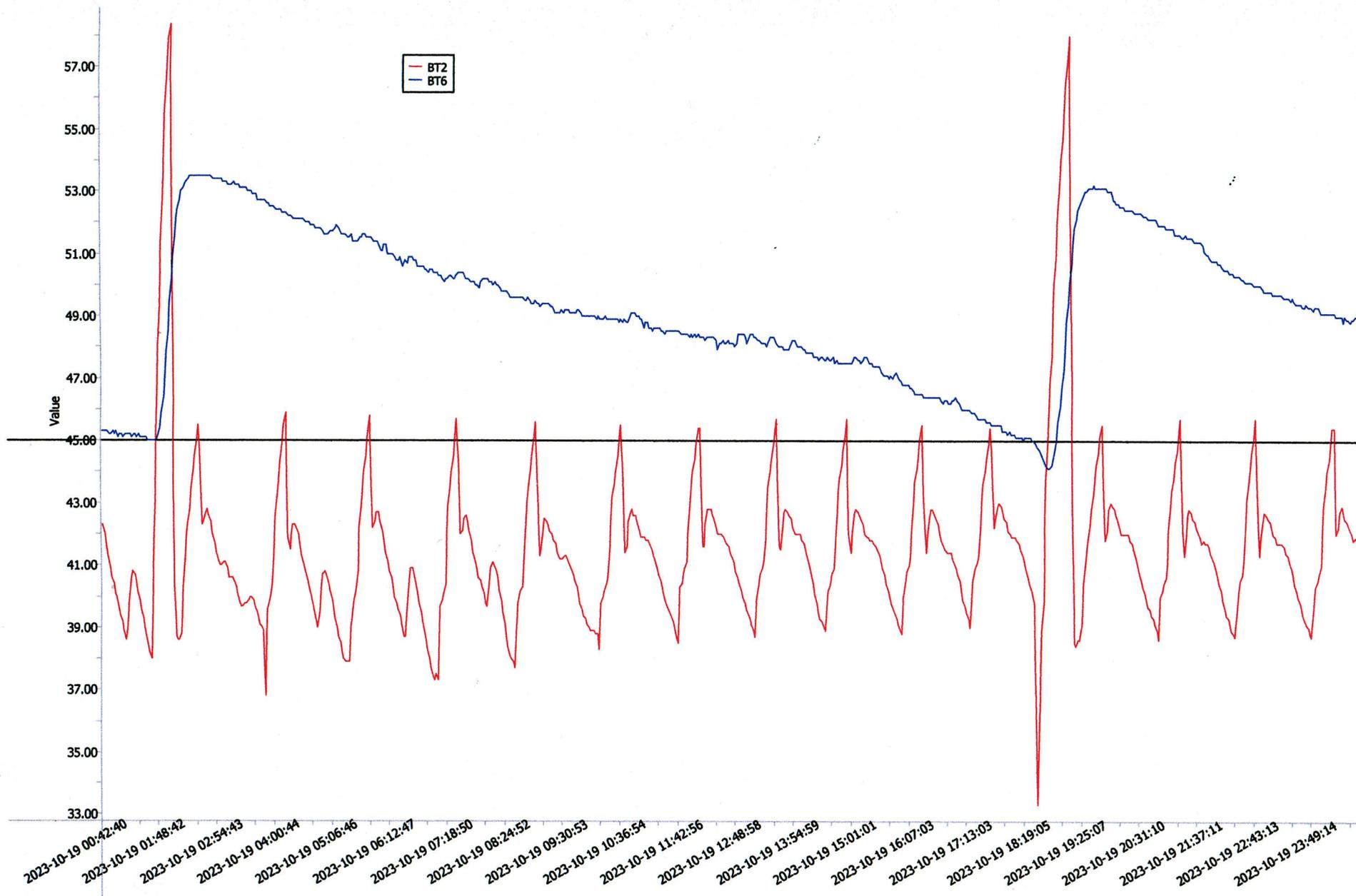
Datum 19.10.2023

Außentemperatur 8,9°C

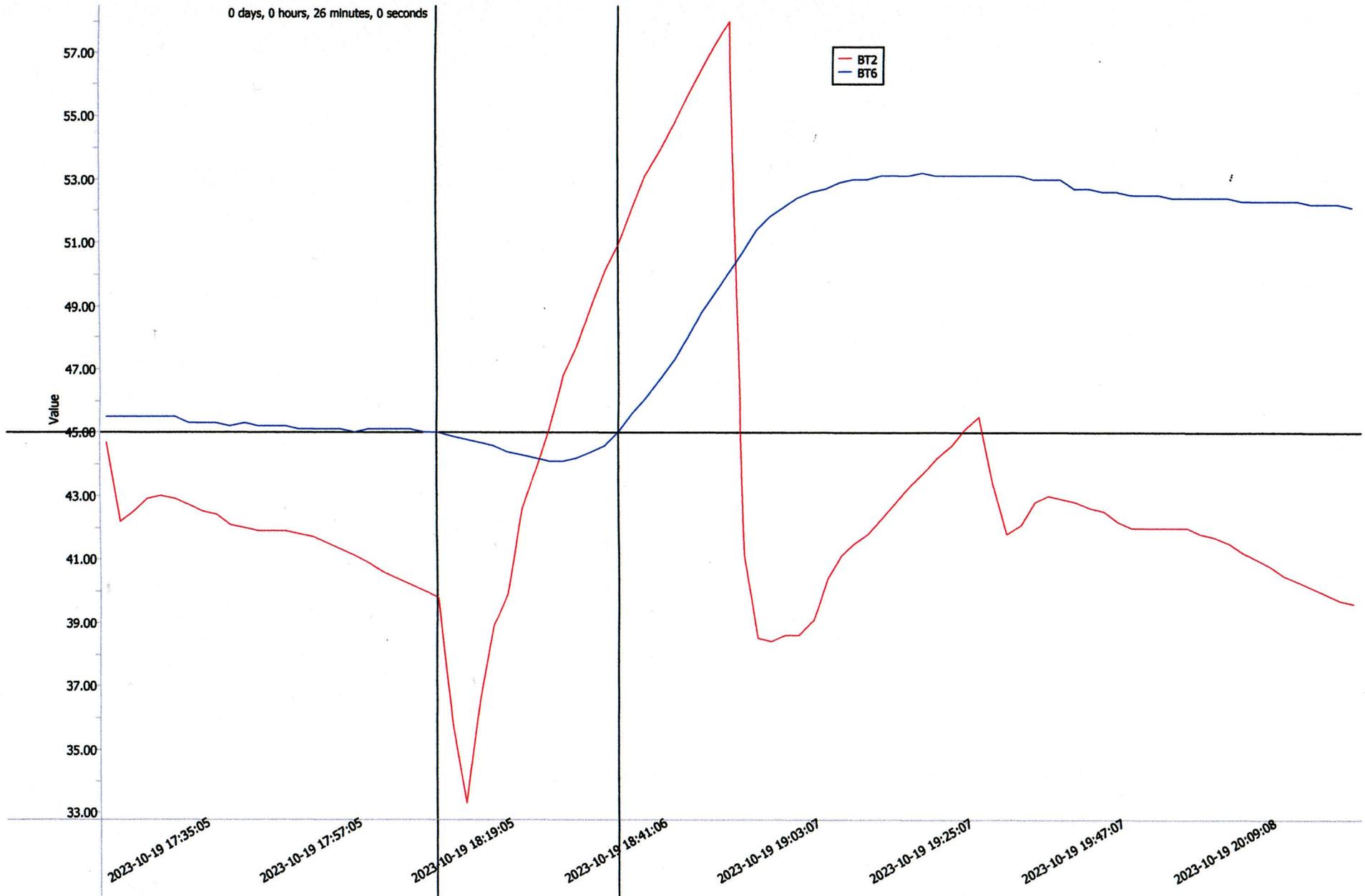
(6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

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



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

Brauchwasser-Erwärmung / EIN bei 45°C, AUS bei 50°C

Auszug der Daten aus Anlage 3 vom 17.10.2023

Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
15.42	33					45,0
.43	33	38,5	35,9	45,3	325.121	45,0
BW Start						
15.44	38	40,0	36,6	45,3		44,9
.50	69	46,9	43,0	45,0		45,0
.55	84	51,1	47,8	40,1		45,9
16.00	83	54,6	51,5	39,5		47,4
.05	80	57,5	54,5	39,4		49,3
16.07	79	58,5	55,3	39,4	325.125	50,0

BW Ende

Vergleich der unterschiedlichen Auswirkungen bei der Erwärmung von Brauchwasser am 17.10.2023

- Start der Wärmepumpe zur Erhöhung der Brauchwassertemperatur kurz nach dem Ende des Vorgangs für Heizen (siehe Grafiken).
- Vorlauftemperatur VL noch relativ hoch (40°C).
- Rückgang der Brauchwassertemperatur nur wenig auf 44,9°C,
- dadurch werden 45°C bereits wieder nach 4 Minuten erreicht.
- Dauer der Brauchwassererwärmung = 23 Minuten.

Anlage 6 Vergleiche zum jeweiligen Auszug der exakten Aufzeichnungen der Temperaturwerte bei der Erwärmung von Brauchwasser (siehe dazu auch die Daten in den Grafiken)

Auszug der Daten aus Anlage 4 vom 18.10.2023

Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
11.22	47	42,8	39,9	41,0	325.200	45,1
.23	38	42,5	39,8	40,8		45,0
BW Start						
11.29	60	42,2	31,6	40,3	325.201	44,9
.34	62	39,9	36,2	40,1	325.202	44,8
.37	62	41,4	37,2	40,0		44,7
.40	62	44,3	40,7	39,8		44,6
.45	60	47,0	43,7	39,4	325.204	44,6
.46	59	48,0	44,5	39,2		44,7
.48	57	49,0	45,4	39,0		44,8
.49	57	49,4	45,9	38,9		44,9
.50	56	50,0	46,6	38,8	325.205	45,1
.51	55	50,7	47,3	38,7		45,3
.52	53	51,3	47,7	38,6		45,5
.53	51	51,6	48,1	38,6		45,7
.54	50	52,1	48,7	38,5		46,0
.55	48	52,7	49,4	38,3	325.206	46,3
.56	46	53,3	49,9	38,2		46,6
.57	44	53,7	50,3	38,1		46,9
.58	44	54,0	50,6	38,0		47,1
.59	42	54,5	51,0	37,9		47,4
12.00	40	54,8	51,5	37,8		47,7
.01	38	55,3	51,9	37,7		48,0
.02	36	55,7	52,3	37,6	325.207	48,3
.03	33	56,2	52,9	37,5		48,8
.04	31	56,6	53,3	37,4		49,2
.05	28	57,1	53,7	37,3		49,5
12.06	26	57,4	54,1	37,2	325.208	49,9
BW Ende						
12.07	23	57,8	42,9	37,2		50,3
.09	21	53,2	37,4	37,0		50,9
.11	17	52,3	36,6	36,8		51,5
.13	10	51,7	36,4	36,6		51,7

Vergleich der unterschiedlichen Auswirkungen bei der Erwärmung von Brauchwasser am 18.10.2023

- Start der Wärmepumpe zur Erhöhung der Brauchwassertemperatur kurz nach dem Ende des Vorgangs für Heizen (siehe Grafiken).
- Die Vorlauftemperatur VL ist zunächst noch sehr hoch ($42,2^{\circ}\text{C}$), sinkt dann aber umgehend ab auf $35,9^{\circ}\text{C}$, weil die Temperatur in der Zuleitung zum Brauchwasserspeicher sich stets erheblich verringert durch die Zuführung von noch sehr kühlem Wasser.
- Rückgang der Brauchwassertemperatur bis auf $44,6^{\circ}\text{C}$.
- 45°C werden dadurch erst wieder nach 20 Minuten erreicht.
- Dauer der Brauchwassererwärmung insgesamt damit 38 Minuten.

Auszug der Daten aus Anlage 5 vom 19.10.2023

Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
18.05	5	40,1	41,9	36,8	325.332	45,0
BW Start		(Ende durch Umschaltung auf Heizen)				
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
.12	-24	33,3	28,6	36,0	325.334	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
.19	-54	42,9	38,9	35,3		44,3
.22	-69	44,1	40,2	35,0	325.336	44,2
.23	-74	44,8	41,7	34,9		44,1
.25	-84	46,1	42,6	34,8		44,1
.27	-95	47,4	43,6	34,6	325.337	44,2
.29	-106	48,3	44,9	34,4		44,3
.31	-118	49,6	46,0	34,2		44,4
.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

→ Fortsetzung der Aufzeichnung

Datum 19.10.2023

Außentemperatur 8,9°C

(6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Brauchwasser (Fortsetzung der Aufzeichnung)

Zeit	GM	VL	RL	VL _{ext}	Wärme-Z.	BW
.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 HeizenHeizen (Fortsetzung der Aufzeichnung)

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
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

→ 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
.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
-------	-----	------	------	------	--	------

Vergleich der unterschiedlichen Auswirkungen bei der Erwärmung von Brauchwasser am 19.10.2023

- Start der Wärmepumpe zur Erhöhung der Brauchwassertemperatur erfolgt anstelle eines kurz bevorstehenden weiteren Vorgangs für Heizen (siehe Grafiken).
- Die Vorlauftemperatur VL bei den zuvor gestarteten Vorgängen für Heizen lag bei etwa 39°C.
- Die Vorlauftemperatur VL sinkt beim Start der Wärmepumpe für die Erhöhung der Brauchwassertemperatur daher umgehend ab von 40,1°C bis auf nur noch 33,3°C.
- Die Brauchwassertemperatur sinkt sogar ab bis auf 44,1°C.
- 45°C werden erst nach 26 Minuten wieder erreicht.
- Die Dauer der Brauchwassererwärmung bis auf 50°C dauert in diesem Fall 42 Minuten bis zur Umschaltung auf Heizen.
- Der Vorgang für Heizen wird dadurch extrem lange verzögert.
- Die externe Vorlauftemperatur VL_{ext} in der Heizungsanlage sinkt dadurch bis auf 32,6°C ab.

Nach der Umschaltung auf Heizen

- wird die erzeugte Wärme mit der hohen Vorlauftemperatur von 57,9°C nicht mehr zum Brauchwasserspeicher geleitet, sondern zur Heizungsanlage,
- dabei sinkt die Vorlauftemperatur VL zunächst von 57,9°C auf 43,5°C und dann weiter bis auf 38,5 °C ab (die Temperatur im Rücklauf beträgt lediglich 32,3°C zum Zeitpunkt der Umschaltung).
- Die schnell wieder auf etwa 38°C erhöhte externe Vorlauftemperatur steigt dann sehr langsam gemäß der steigenden Vorlauftemperatur weiter an.
- Der Vorgang für Heizen dauert bis zur Abschaltung noch weitere 36 Minuten,
- insgesamt ergibt sich damit die längste Dauer und der weitaus höchste Energiebedarf (siehe dazu die folgende Tabelle).

Vergleich von Daten bei den Vorgängen für Heizen und Brauchwasser

für Dauer gesamt	(davon Anergie)	Energie
16.10.2023 <u>Anlage 2</u>	Heizen 1	
9.18 bis 9.49 = 31 Min.	(?)	8 kWh
16.10.2023 <u>Anlage 2</u>	Heizen 2	
10.55 bis 11.20 = 25 Min.	(?)	6 kWh
17.10.2023 <u>Anlage 3</u>	Heizen 3	
15.16 bis 15.37 = 21 Min.	(?)	5 kWh
17.10.2023 <u>Anlage 3</u>	Brauchwasser 1	
15.44 bis 16.07 = 23 Min.	(Anergie = 6 Min.)	4 kWh (2 kWh)
18.10.2023 <u>Anlage 4</u>	Brauchwasser 2	
11.29 bis 12.07 = 38 Min.	(Anergie = 21 Min.)	8 kWh (5 kWh)
19.10.2023 <u>Anlage 5</u>	Brauchwasser 3	
18.08 bis 18.50 = 42 Min.	(Anergie = 26 Min.)	10 kWh (6 kWh)
19.10.2023 <u>Anlage 5</u>	Heizen 4	
18.50 bis 19.26 = 36 Min.	(?)	9 kWh

Fazit der vorgenommenen Vergleiche am extremen Beispiel von Anlage 5

- Bei den insgesamt aufgezeichneten sieben Vorgängen zum Heizen und zur Brauchwassererwärmung ergeben sich große Unterschiede hinsichtlich der jeweiligen Dauer und des Energiebedarfs.
- Entscheidend dafür ist der Zeitpunkt, wann sich die Wärmepumpe wieder einschaltet,
- weil die Temperatur im Heizkreis der Wärmepumpe bzw. die Temperatur im Brauchwasserspeicher den eingestellten niedrigsten Wert unterschreitet.
- Sofern die Wärmepumpe beispielsweise gerade Wärme für den Brauchwasserspeicher erzeugt kann es lange dauern, bis auch der nächste Wärmebedarf für die Heizung erzeugt werden kann,
- weil die dafür eingestellte Temperatur von $44,9^{\circ}\text{C}$ deutlich unterschritten wird.
- Die nach dem Start der Wärmepumpe teilweise sehr lange weiter absinkende Temperatur im Brauchwasserspeicher ergibt sich durch die noch zu niedrige Vorlauftemperatur der Wärmepumpe, wie das Beispiel in Anlage 5 zeigt.
- Die Vorlauftemperatur VL bei den zuvor gestarteten Vorgängen für Heizen lag bei nur etwa 39°C , diese ist bis auf $33,3^{\circ}\text{C}$ gesunken.
- Die Brauchwassertemperatur sinkt dadurch sogar ab bis auf $44,1^{\circ}\text{C}$.
- Dies führt dazu, dass zunächst viel Energie aufgewendet wird, um die Brauchwassertemperatur überhaupt wieder auf die zuvor bereits vorhandene Temperatur von 45°C anzuheben.
- Dieser als Anergie zu betrachtende Aufwand trägt nicht dazu bei, die Brauchwassertemperatur von 45°C wieder auf 50°C zu steigern!
- Diese Energie ist aber erforderlich, um die Vorlauftemperatur der Wärmepumpe wieder zu erhöhen.
- Es gibt dafür jedoch ein neuartiges effizientes Verfahren!
- Diese allein für die Anhebung der Temperatur auf wieder $45,0^{\circ}\text{C}$ erforderliche Anergie kann besser durch ein multifunktionales Regelsystem zur Erhöhung der Quellentemperaturen genutzt werden.

- Das Prinzip dieses innovativen multifunktionalen Regelsystems ist der Grafik in Anlage 7 zu entnehmen (siehe dazu die Beschreibung in "Das Problem der Anergie bei Wärmepumpen").
- Dadurch ergeben sich mehrere Vorteile:
- Die von der Wärmepumpe durch die Anergie erzeugte Wärme wird nicht an die Heizung oder den Brauchwasserspeicher weitergeleitet, sondern an die Erdsondenanlage oder einen Wärmespeicher.
- Die wesentlich niedrigeren Temperaturen der Wärmequellen werden erheblich gesteigert durch diese Überleitung von Wärme aus dem Heizkreis der Wärmepumpe.
- Erst wenn dann im Heizkreis der Wärmepumpe die notwendige Vorlauftemperatur erreicht worden ist, wird die Wärme auch wieder zur Heizung oder zum Brauchwasserspeicher geleitet.
- Auf diese Weise verhindert man den Rückgang der Temperatur im Brauchwasserspeicher unter 45°C (entsprechend gilt dies auch für die Heizungsanlage).
- Durch die erhebliche Steigerung der Quellentemperatur ergibt sich sowohl bei Sole/Wasser-Wärmepumpen wie vor allem auch bei Luft/Wasser-Wärmepumpen ein deutlich geringerer Temperaturhub zwischen Quelle und Heizkreis, die Effizienz erhöht sich.
- Die bisher im Prinzip nutzlose Anergie wird zwar weiterhin für die Wärmepumpe zur Erhöhung der Vorlauftemperatur benötigt,
- sie wird nun aber zugleich als wertvolle Energie für die Erhöhung der Quellentemperaturen genutzt mit dem Ergebnis,
- dass sich dadurch der Stromverbrauch der Anlagen insgesamt ganz erheblich verringert.
- Dies ist besonders wichtig wegen der bestehenden Energiekrise, weil der Strombedarf durch den Einsatz von Wärmepumpen anstelle von Gasheizungen deutlich zunehmen wird, was auch dazu führt,
- dass die Stromnetze zeitweise überlastet sein werden, sodass gemäß den Tarifbestimmungen die Stromversorger bis zu drei mal täglich Wärmepumpen zwei Stunden abschalten können - dann wird bei Anlagen gemäß dem Stand der Technik die Brauchwassertemperatur nicht immer wieder ausreichend erhöht werden können, sondern sich häufiger trotz zeitweiliger Zuführung der Anergie sogar verringern.

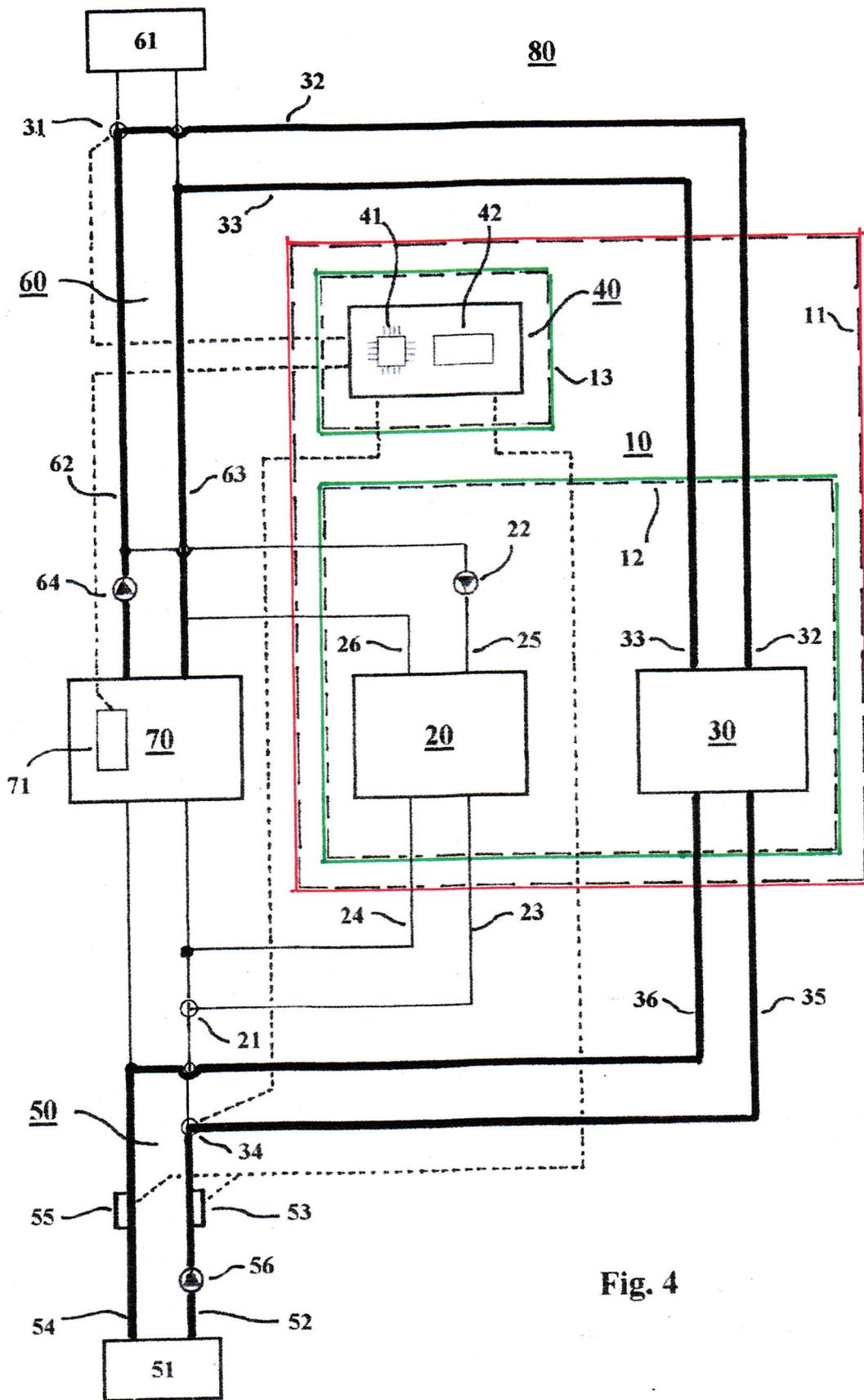


Fig. 4

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)