Dr.-Ing. Christian Lerche· Lugstr. 5· 01796 Pirna

Zertifizierter Sachverständiger
nach DIN EN ISO 17024:2003
Zertifizierungsnr.: AT310107-40030
Technische Bauabnahme
Zertifizierter Sachverständiger
nach DIN EN ISO 17024:2003
Zertifizierungsnr.: AT310107-1430
Schäden an Gebäuden
Zertifizierungsgesellschaft
EurAS Cert ltd.
Sanddeckweg1, A-6632 Ehrwald

VDI-geprüfter Fachingenieur RLQ
PZ.RLQ 015

RLQ-Manager DP12154 der DGUV
nach DIN EN ISO 17024:2003

Berechtigt zur Hygieneprüfung
an Trinkwasseranlagen nach VDI 6023

Berechtigt zur energetischen Inspektion
an Klimaanlagen nach § 12 EnEV

Berechtigt zur Initialberatung (IHK
geprüft)

Energieberater (BAFA) - Mittelstand
(BAFA-Nr. 151853)

Berechtigt zur Durchführung eines
Energieaudits (DIN EN 16247)

Gutachterliche Stellungnahme

Nr.:

Auftraggeber:

Begutachtungsobjekt:

Ortstermin: 06.09.2018

Teilnehmer an der Ortsbesichtigung:
06.09.2018 . Herr Dr. Lerche Sachverständiger

Dr.-Ing. Christian Lerche
Lugstr. 5
01796 Pirna

Tel.: 03501 5060044
Mobil: 0173/5907644
info@doclerche.de
www.doclerche.de

Dresdner Volksbank
Raiffeisenbank e.G.
IBAN:DE25850900003354311002
BIC: GENODEF1DRS

Finanzamt Pirna
Steuernummer: 210 244 00880
Ust-IdNr.: DE 140171091

1. Auftrag 2
2. Bauvertraglichen Grundlagen 3
3. Ergebnisse der Vor-Ort-Besichtigung 4
4. Frage 1 - Einhaltung der technischen Regeln - Vollständigkeitsprüfung 4
5. Frage 2 - Technische Verfügbarkeit 5
6. Frage 3 - Erwärmung Heizzentrale - Einhaltung der arbeitsschutztechnischen und brandschutztechnischen Bestimmungen 21
7. Zusammenfassung 22
8. Anhang 24

1. Auftrag

Am 17.07.2018 erhielt ich den Auftrag für eine gutachterliche Stellungnahme zur folgenden Fragestellung:

1. *Im Rahmen einer Vorortbesichtigung sind die Installationen im Heizraum - Einbindung von 2 BHKWs sowie der 3 Pufferspeicher von je 500 Liter in das bestehende System - auf die Einhaltung der technischen Regeln zum Zeitpunkt der Abnahme zu prüfen. Grundlage dafür ist die vertraglich geschuldete Leistung auf der Basis des Vertrages sowie des damaligen Angebotes.*
2. *Überprüfung der technischen Verfügbarkeit der Anlage anhand der vorhandenen Onlinedaten sowie durch Auswertung der vorhandenen abrechnungstechnischen Daten (Gas; Strom u.a.). Die Ergebnisse sind mit der im Rahmen der Angebotserstellung erarbeiteten Potenzialanalyse zu vergleichen.*
3. *Im Heizraum kommt es zu einer starken Erwärmung. Im Rahmen der gutachterlichen Stellungnahme ist zu untersuchen,*
    - *wer sind die Verursacher der Erwärmung bzw. welchen Anteil tragen die einzelnen Wärmeerzeuger*
    - *ist der Luftvolumenstrom ausreichend*
    - *sind alle brandschutz- und arbeitsschutztechnischen Bedingungen eingehalten*
    - *sind im Zeitraum der Realisierungsphase bautechnische Mängel erzeugt worden*

Die behandelt und werden hier nicht weiter beleuchtet.

2. Bauvertraglichen Grundlagen

wurde am 09.09.2013 ein Vertrag zur Lieferung und Montage von 2 BHKWs mit einer elektrischen Gesamtleistung von 40 kW im o.g. Objekt geschlossen **(Anlage 1).**
Die Anlage wurde im Oktober 2013 errichtet. Die Inbetriebnahme erfolgte am 14.10.2013 **(Anlage 2).**
Die vollständige Erfüllung des Vertrages wurde durch den

bestätigt (**Anlage 3).** In diesem wurde als Mangel das fehlende Monitoring durch mangelnde Internetanbindung aufgeführt. Zum Zeitpunkt des Ortstermins funktionierte die Internetanbindung. Dieses Problem besteht nach wie vor, wie die Betriebsauswertung 2017 zeigt:

BHKW 1	52 Fehltage infolge Funkausfall
BHKW 2	51 Fehltage infolge Funkausfall

Um die Verfügbarkeit sowie die Auslastung der BHKWs zu verbessern, ist ein durchgängiges Monitoring zwingend notwendig. Gemeinsam mit dem Bauherrn ist hier eine Lösung anzustreben.

3. Ergebnisse der Vor-Ort-Besichtigung

Die Heizzentrale befindet sich im Es ist ein in sich geschlossener innenliegender Raum. Er beherbergt keine dauerhafte Arbeitsstätte.
In dieser Heizzentrale befanden sich vor dem Einbau folgende Anlagenbauteile:

- 2 Kessel incl. Brenner sowie der Rücklaufanhebung und Kesselkreispumpen
- 2 Warmwasserspeicher
- Verteiler und Sammler für 5 Heizkreise einschließlich Pumpen und Ventile
- Kaltwasserzuleitung und Warmwasserverteiler
- Lüftungsgerät
- Lüftungsgerät
- Lüftungsgerät

Im Rahmen der Realisierung des vorliegenden Umbaus wurden noch folgende zusätzliche Aggregate in diesem Raum aufgestellt:

- 2 BHKW einschließlich Anbindeleitung
- 14 m Abgasleitung
- 3 zusätzliche Pufferspeicher
- Ausdehnungsgefäß

Die örtlichen Bedingungen sind sehr beengt. Die Heizzentrale wird auch zur Lagerung von heizungsfremden Geräten und Material benutzt. Die Einbindung der BHKW-Anlage in das hydraulische System wurde mit dem vorhandenen Schema verglichen. Es wurde die Funktionsfähigkeit der einzelnen Bauteile kontrolliert. Es erfolgte eine Einsichtnahme in die Betriebs- und Wartungsdokumentation. Es wurde eine Reihe von Messungen durchgeführt.

.

4. Frage 1 - Einhaltung der technischen Regeln - Vollständigkeitsprüfung

Die Vollständigkeitsprüfung - d.h. Prüfung das alle geschuldeten vertraglichen Leistungen erbracht wurden - erfolgte bereits am . Das entsprechende Prüfprotokoll ist in **Anlage 3** enthalten. In diesem Protokoll wurden folgende Punkte geprüft:

- Anlagenschema wurde eingehalten
- errichtete Anlage entspricht dem Auftrag vom 13.09.2013
- alle Komponenten des Anlagenschemas sind vorhanden
- Anlage entspricht dem Stand der Technik
- Netzanbindung und Ausführung stimmen mit Auflagen Energieversorgungsunternehmen überein

Durch das vorliegende Protokoll wird die Vollständigkeit der Anlage zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme bescheinigt.
Zum Ortstermin wurde eine Reihe von kleiner technischer Mängel bzw. Abweichungen von technischen Regeln festgestellt. Diese beeinträchtigen den Betrieb der Anlage nicht

marginal. Sie sollten im Rahmen der Wartung beseitigt werden. Eine entsprechende Bilddokumentation mit Beschreibung des Mangels befindet sich in der **Anlage 5.** Die meisten Mängel entfallen auf die Wärmedämmung. Von technischer Relevanz sind insbesondere die außer Betrieb genommenen Ausdehnungsgefäße.

5. Frage 2 - Technische Verfügbarkeit

Zur Überprüfung der technischen Verfügbarkeit wurden die Onlinedaten für den Zeitraum vom 04.09. - 07.09.2018 zur Verfügung gestellt. Ebenfalls wurden die Daten der Betriebsauswertung 2017 (s. **Anlage 6**) sowie die im Rahmen der Begehung am 25.06.2016 getroffenen Feststellungen (s. **Anlage 4**) mit herangezogen. Um eine Analyse der Nutzung im Vergleich zur Potenzialabschätzung zu Beginn der Installation durchführen zu können, wurden folgende Fragen näher betrachtet:

- Welche Auslastung liegt vor, wenn die Anlage läuft?
- Welche Ursachen gibt es bezüglich des Stillstandes der Anlage?
- Stimmen die Ausgangswerte der Potenzialanalyse mit der Realität überein?
- Welche Schlussfolgerungen können aus den Onlinedaten gewonnen werden?

I. Auslastung der Anlage bei Betrieb

Um diese Frage beantworten zu können, wurde die zur Verfügung gestellte Betriebsauswertung 2017 näher betrachtet. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Leistung der einzelnen BHKWs während ihrer Laufzeit.

BHKW 1							
	Nutzungstage	Nutzungsstunden	tgl. Nutzung	Stromproduktion	Gasbezug	Durchschnittsleistung elektrisch	Durchschnittsleistung Gas
	d/Monat	h/Monat	h/d	kWh/Monat	kWh/Monat	kW	kW
Januar	31	726	23,4	14125	48827	19,5	67,3
Februar	28	651	23,3	12683	43836	19,5	67,3
März	31	663	21,4	11800	41393	17,8	62,4
April	13	219	16,8	3430	12000	15,7	54,8
Mai	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0
Juni	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0
Juli	12	145	12,1	2894	9960	20,0	68,7
August	31	355	11,5	7054	24270	19,9	68,4
September	30	530	17,7	10588	36420	20,0	68,7
Oktober	31	708	22,8	14179	48768	20,0	68,9
November	30	713	23,8	14281	49120	20,0	68,9
Dezember	10	228	22,8	4582	15760	20,1	69,1

Tabelle 1 Durchschnittliche Leistung BHKW 1

BHKW 2							
	Nutzungstage	Nutzungsstunden	tgl. Nutzung	Stromproduktion	Gasbezug	Durchschnittsleistung elektrisch	Durchschnittsleistung Gas
	d/Monat	h/Monat	h/d	kWh/Monat	kWh/Monat	kW	kW
Januar	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0
Februar	1	12	12,0	255	880	21,3	73,3
März	13	135	10,4	2693	9262	19,9	68,6
April	30	160	5,3	3142	10787	19,6	67,4
Mai	28	555	19,8	11169	38235	20,1	68,9
Juni	1	17	17,0	348	1198	20,5	70,5
Juli	31	357	11,5	7139	24554	20,0	68,8
August	31	641	20,7	12832	44135	20,0	68,9
September	30	685	22,8	13728	47216	20,0	68,9
Oktober	31	723	23,3	14489	49834	20,0	68,9
November	30	385	12,8	7712	26524	20,0	68,9
Dezember	10	234	23,4	4684	16111	20,0	68,9
	236	3904	16,5	78191	268736	20,0	68,8

Tabelle 2 Durchschnittliche Leistung BHKW 2

In Summe für beide BHKW ergibt sich eine durchschnittliche elektrische Leistung von je 19,7 kW (Summe 39,4 kW). Die Gesamtlaufzeit beträgt:

BHKW 1 4938 Stunden
BHKW 2 3904 Stunden

Die im Rahmen der Auswertung gelieferten Daten zum Gasverbrauch sind zu überprüfen. Sie liegen über dem Höchstwert des technischen Datenblattes.

II. Welche Ursachen gibt es für den Stillstand der Anlage? Stimmen die Ausgangswerte der Potenzialanalyse mit der Realität überein?

Die im Rahmen des Auftrages durchzuführende Überprüfung der technischen Verfügbarkeit könnte in einem 1. Blick als Ursache für die geringe Laufzeit die hydraulische Einbindung bzw. die wärmetechnische Einbindung sehen. Nachfolgende Tabelle zeigt, dass eine Hauptursache für die geringe Laufzeit Störung an den BHKWs waren.

Anteil BHKW an Gesamtbezug					
	Gasbezug	Gesamtbezug	proz. Anteil	Bemerkung	
	kWh/Monat	kWh/Monat		BHKW 1	BHKW 2
Januar	48827	152013	32%		05.01. - 27.02. Stop Fehlzündung
Februar	44716	160395	28%		
März	50655	153515	33%		01.03. - 13.03. Stand by 13.03. - 05.05. Funkausfall
April	22787	114970	20%	01.04. - 18.04. Stand by; 19.04. - 03.05 Alarm- zu hohe Motortemperatur	13.03. - 05.05. Funkausfall
Mai	38235	107592	36%	28.05. - 19.07. Funkausfall	13.03. - 05.05. Funkausfall
Juni	1198	57810	2%	28.05. - 19.07. Funkausfall	02.06. - 19.07. Stand by
Juli	34514	69081	50%	28.05. - 19.07. Funkausfall, 19.07. - 31.07. Stand by	02.06. - 19.07. Stand by
August	68405	70583	97%	03.08. - 21.08. Stand by	
September	83636	88628	94%		
Oktober	98602	k.A.	0%		
November	75644	144672	52%		16.11. - 30.11 Stop Fehlzündung
Dezember	31871	145271	22%		
Gesamt	**599090**	**1264530**	**47%**		

Tabelle 3 Zusammenstellung der Ausfallzeiten

Gegenüber der Potenzialabschätzung (s. **Anlage 7**) sind nur ca. 60 % des kalkulierten Wertes bezogen worden. Der Gesamtbezug war im Jahr 2017

Bezug Gesamt	1.264.530 kWh (ohne Oktober)
Bezug BHKW	599.000 kWh (mit Oktober)

Bei dem Bezug muss beachtet werden, dass der Monat Oktober in der Abrechnung fehlt. 2017 war deutlich wärmer gegenüber dem langjährigen Mittel gewesen.

Gradtagszahl 2017	3568 Kd
mittlere Gradtagszahl	4003 Kd

Nach Bereinigung und einem durchgängigen Warmwasserverbrauch (mit Ausnahme um den Jahreswechsel) wurde ein langjähriges Mittel von 1.452.300kWh ermittelt. Dies entspricht der Potenzialabschätzung mit 1.401.000 kWh.

Bei der Analyse in **Tabelle 3** wird an den Monaten August und September deutlich, dass wenn beide BHKWs ohne Störung laufen, sie die komplette Versorgung übernehmen können.
Die Addierung der Fehltage - für beide BHKWs - 320 Tage . ergeben eine Ausfallzeit von 44 %.
Der Anteil mit 209 Tagen (29%) wurde durch technische Probleme mit den BHKWs verursacht.
An 111 Tagen (15%) befanden sich eine oder beide Anlagen im Standby, d.h. es gab keine Wärmeanforderungen. An diesen Tagen wurde die Warmwasserbereitung oder die Schwimmbadheizung durch die Kessel realisiert. Wenn an diesen Standby-Tagen beide Anlagen ebenfalls mit der durchschnittlichen Leistung gelaufen wären, würde sich ein zusätzlicher Gasbezug von ca. 185.000 kWh ergeben. Die Fehltage durch technische Probleme entsprechen einem Gasbezug von 338.000 kWh. Dadurch würde er auf ca. 1.122.000 kWh ansteigen. Dieser würde über der Potenzialanalyse liegen.

III. Auswertung und Schlussfolgerungen aus den Onlinedaten

Die folgenden technischen Störungen traten 2017 auf:

- Fehlzündungen
- zu hohe Motortemperatur
- Standby

Bereits 2016 sind ebenfalls mehrere Störungen aufgetreten. Es wurde ebenfalls bereits 2016 ein Generator getauscht.
Durch den Sachverständigen können diese Störungen technisch nicht bewertet werden.
Im Begehungsprotokoll vom 25.06.2016 (s. **Anlage 4**) wurden folgendes OptimierungsPotenzial zur Abwendung von Störungen angegeben:

- Anpassung der Kesselvorlauftemperatur
- Abschaltung der Kesselkreispumpen bei Stillstand
- hydraulischer Abgleich Heizkreis Lüftung/Warmwasser

- Einbindung Kesselkreisregelung in übergeordnete Regelung

Um diese Feststellung zu prüfen, wurden nachfolgend die Onlinedaten vom 04.09. - 07.09.2018 ausgewertet.

1. Frage - Passen die Anforderungen zum Zuschalten der BHKW mit den Anforderungen des Systems überein?

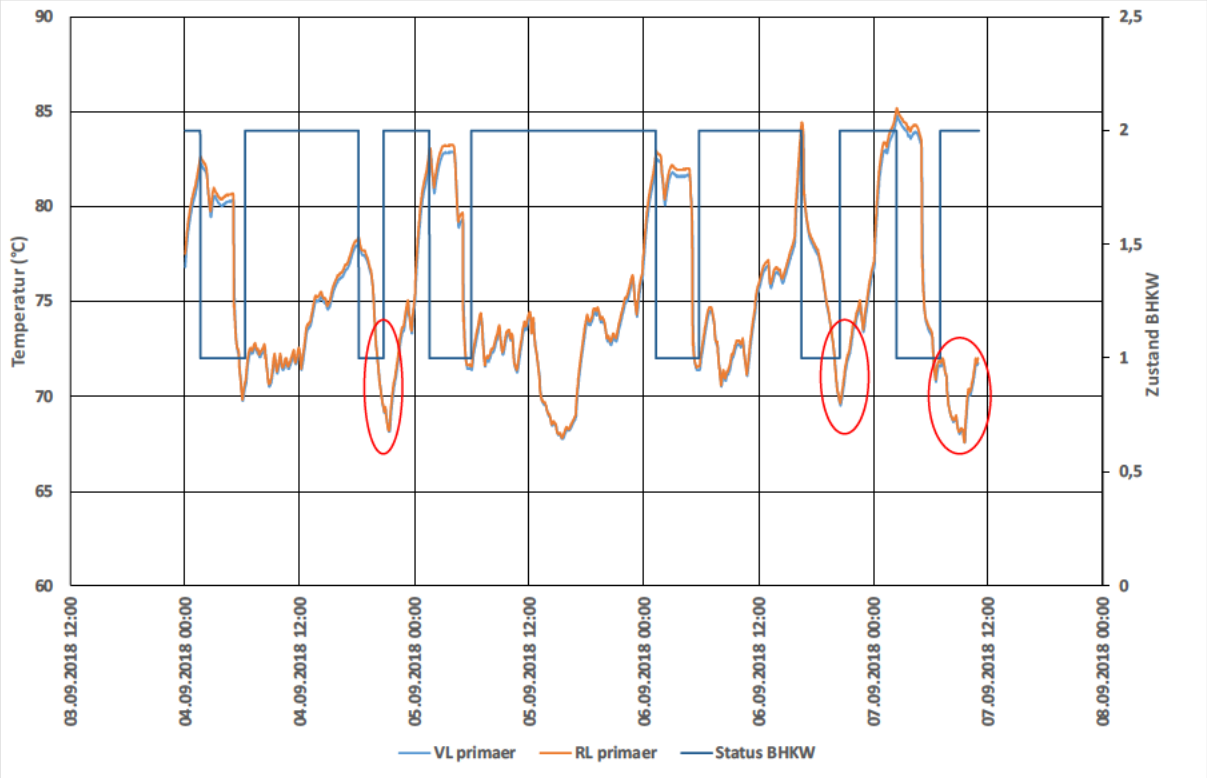

Diagramm 1 Temperaturverlauf Primärkreis im Zusammenhang mit Zustand der BHKWs

Auf den ersten Blick passen Heizungsanforderung und Betriebszustand überein. Es gibt aber auch Bereiche, wo das Zuschalten des 2. BHKWs schneller erfolgen sollte, um ein weiteres Absinken des Primärkreislaufes sowie das Zuschalten der Kessel zu verhindern. Ebenfalls deutlich wird, dass die Spreizung auf der Primärseite sehr gering ist. Dies entsprich einer optimalen Einbindung der BHKWs - sie sind in den Rücklauf primär als Vorlauf eingebunden. Das nachfolgende Diagramm zeigt den Verlauf während des Ortstermins.

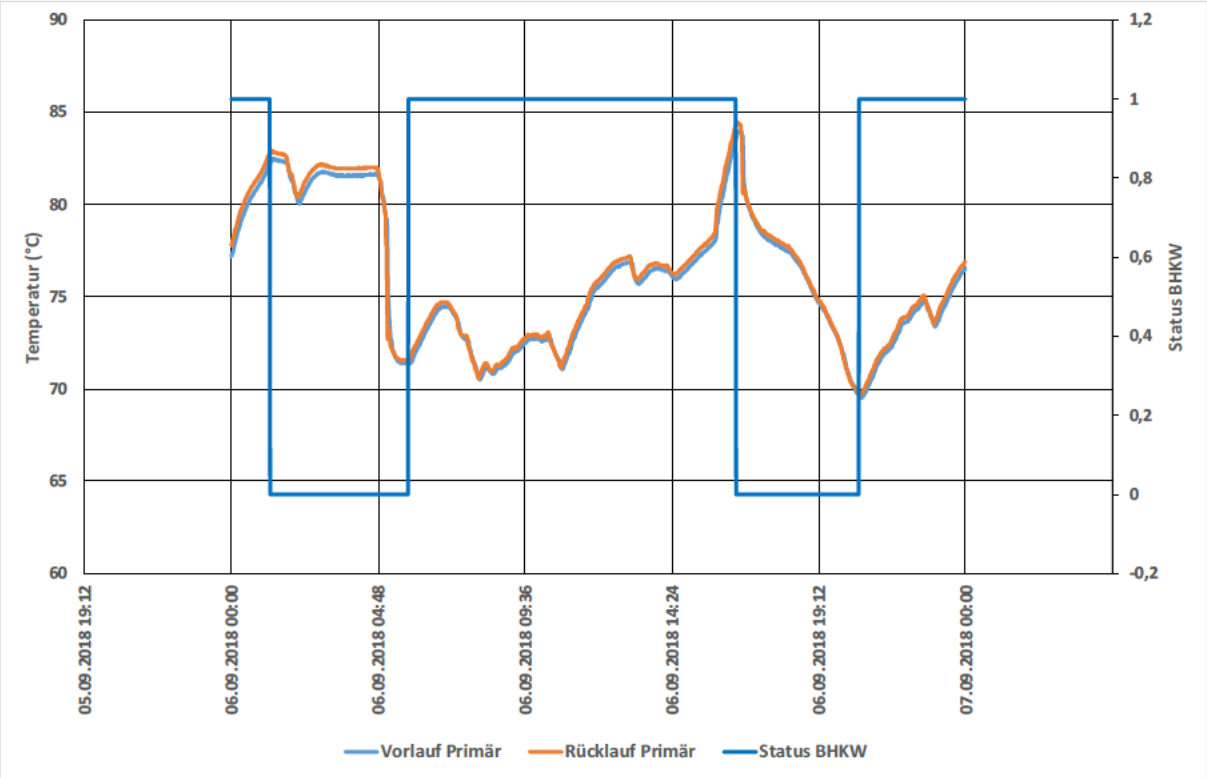

Diagramm 2 Temperaturverlauf Primärkreis im Zusammenhang mit Zustand BHKWs am Besichtigungstag

Dieser Ausschnitt verdeutlicht den Zusammenhang ebenfalls. Beide Temperaturen sind annähernd gleich groß. In der Nachtphase zwischen 4:40 Uhr und 6:00 nimmt die Temperatur im Primärkreislauf von 83 °C auf 72°C stark ab. Beide BHKWs benötigen bis 16:40 um den Ausgangszustand (84°C) zu erreichen. In der stärksten Nutzungsphase am Nachmittag läuft dann nur ein BHKW. Der Primärkreislauf sinkt wieder auf 69,5 °C um 20:30 Uhr ab. Danach schaltet das 2. BHKW wieder zu. Diese lange Wartezeit deutet auf einen schlecht abgestimmten Regelkreis hin. Wenn der Primärkreislauf eine Temperatur von 77 oder 76 °C unterschreitet, sollte das 2. BHKW bereits zuschalten.

2. Frage - Ist im BHKW-Kreis eine ausreichende Spreizung vorhanden?

Um diese Frage beantworten zu können, wurde die Temperatur zwischen Rücklauf sekundär - Eingang in die BHKW - und Vorlauf primär - Ausgang aus BHKW - näher betrachtet.

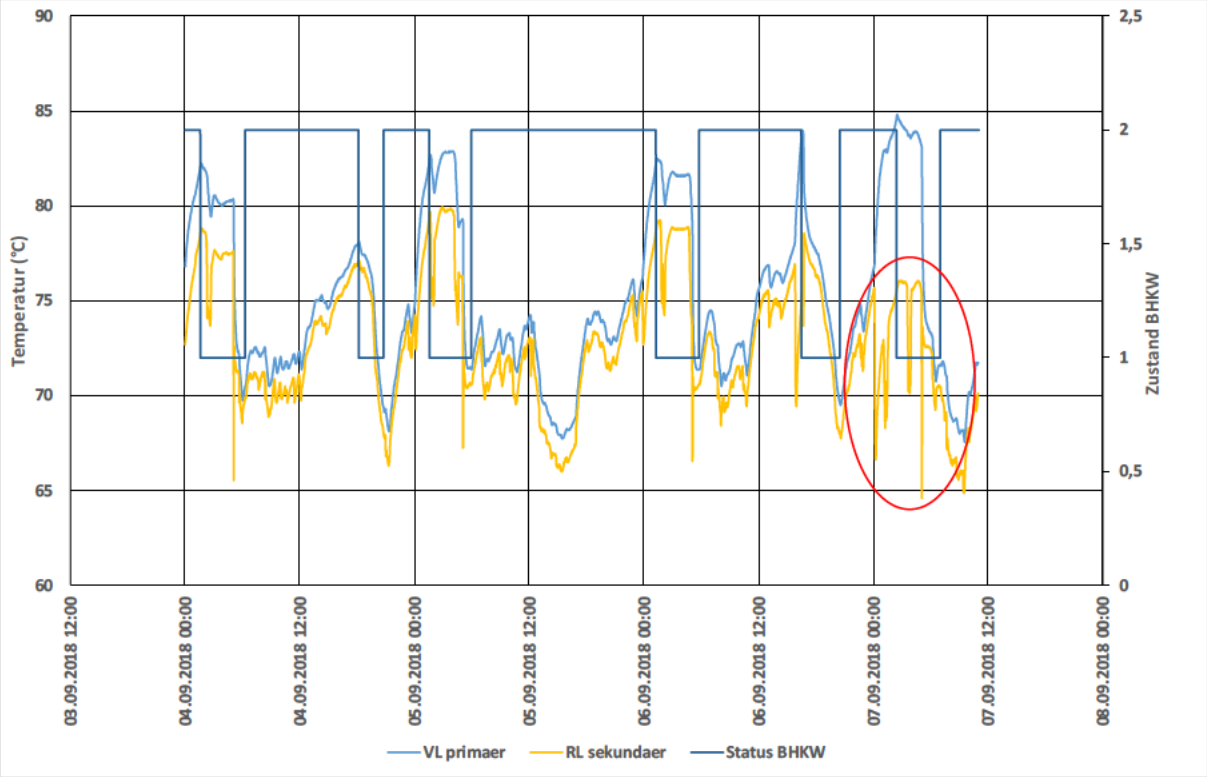

Diagramm 3 Spreizung über dem BHKW in Bezug auf Status BHKW

Zeitliche Abschnitte mit Spreizung von 5 - 10 K über den BHKW-Kreislauf einschließlich des Speichers wechseln mit Zeiten von sehr geringer Spreizung ab. Besonders in dem markierten Bereich kam es zu großen Abweichungen. Um einen Zusammenhang zur 1. Frage herzustellen, wurde ebenfalls der Tag der Ortsbesichtigung herausgefiltert.

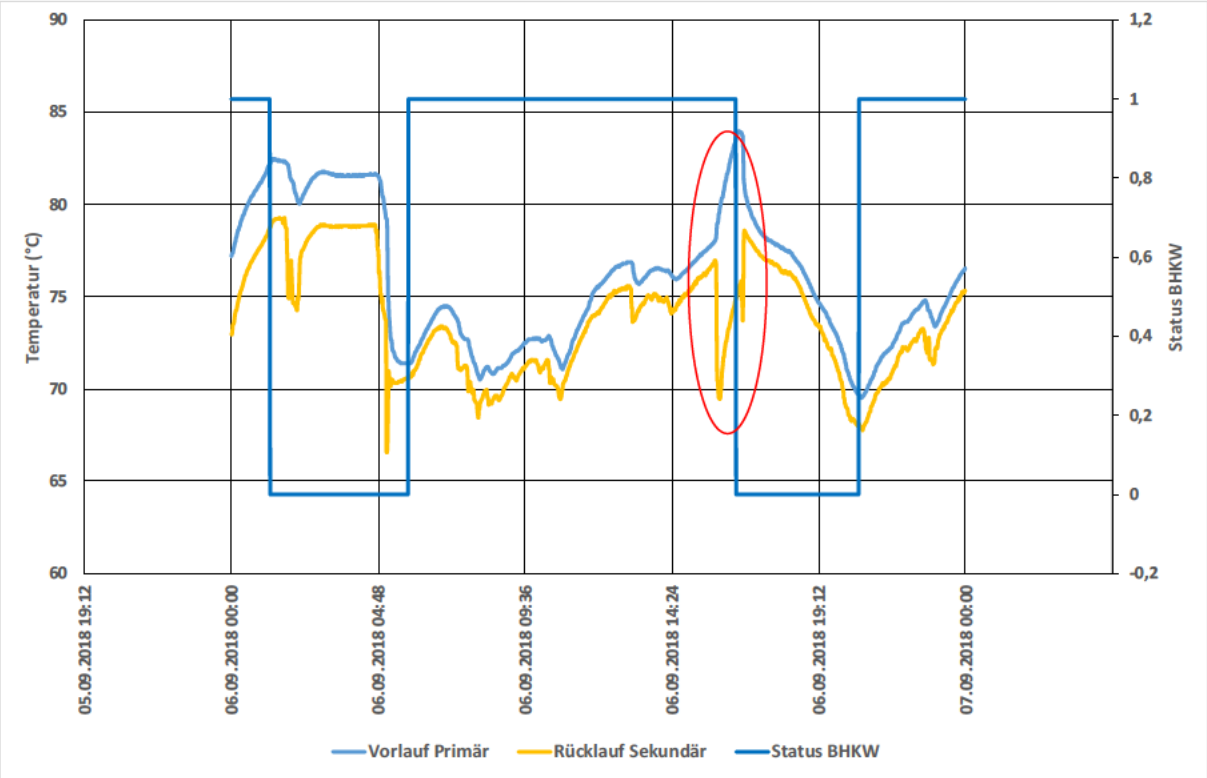

Diagramm 4 Spreizung über dem BHKW in Bezug zum Status BHKW am Besichtigungstag

Der gesamte Tagesverlauf zeigt eine Spreizung von ca. 5 K auf. Im rot markierten Bereich kommt es zu einem plötzlichen Abfall des Sekundärrücklaufes. Es tritt jetzt um ca. 16:00 Uhr eine Spreizung von 10 K auf. Trotz dieser Spreizung - d.h. es liegt eine große Lastanforderung an - schaltet die Regelung das 2. BHKW aus. Die modulierende Fahrweise der BHKWs kann an diesen Diagrammen nicht festgestellt werden. Auch die Analyse der Leistung hatte bereits verdeutlicht, dass die BHKWs meist nur mit Volllast fahren.

Im Weiteren wurde auch noch einmal der rot umrandete Bereich vom 07.09.2018 separat dargestellt.

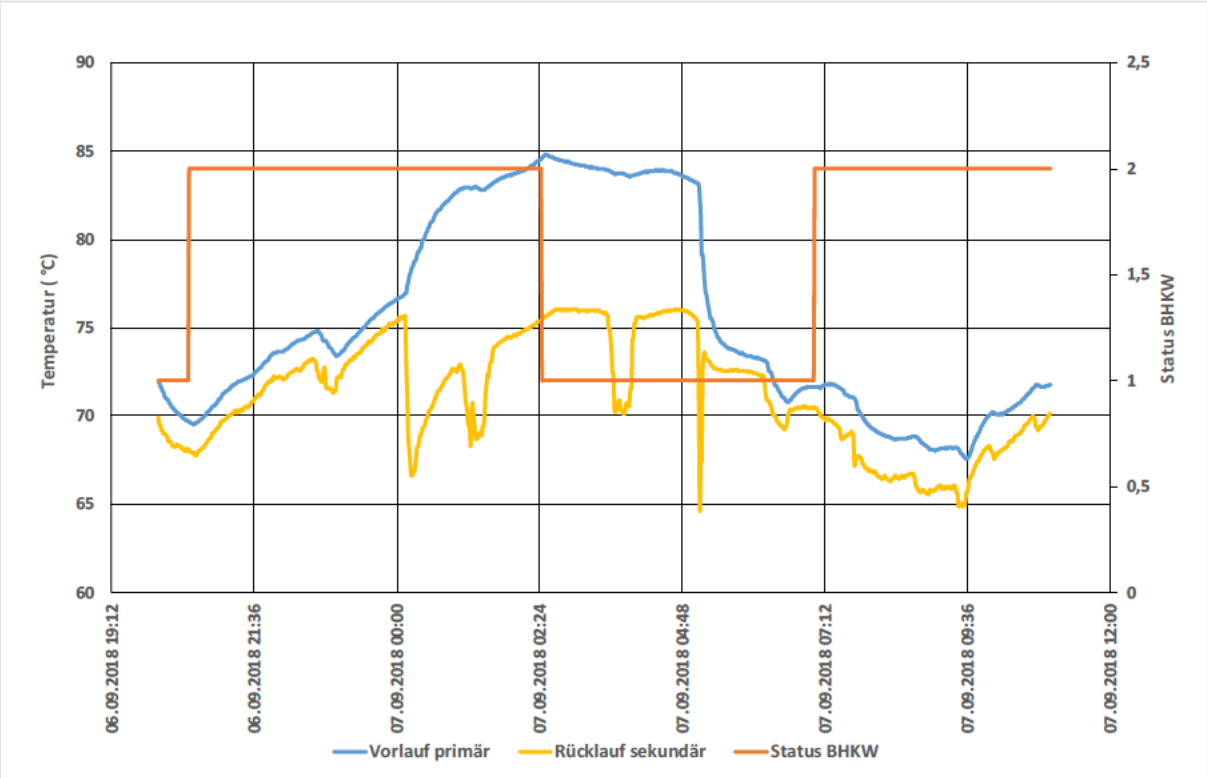

Diagramm 5 Spreizung des BHKW-Kreises in der Zeit 06.09.2018 - 20:00 Uhr bis 07.09.2018 - 11:00 Uhr

Auch an diesen Kurven werden die Reserven der Regelung sichtbar. In der Nacht kommt es zu großen Spreizungen. Der Effekt mit dem Absinken der Temperaturen in der Zeit zwischen 4:00 und 6:00 Uhr tritt auch an diesem Tag auf. Bei der morgendlichen Lastspitze schaffen beide BHKWs es nicht, die Temperaturen wieder anzuheben. Dies erfolgt erst nach 9:00 Uhr.

3. Frage - Erfolgt eine ordnungsgemäße Beladung der Pufferspeicher?

Die Einbindung der Pufferspeicher und ihre ordnungsgemäße Beladung sind für eine optimale Auslastung der BHKWs von ausschlaggebender Bedeutung. Im Objekt sind 3 in Reihe geschaltete Pufferspeicher vorhanden.

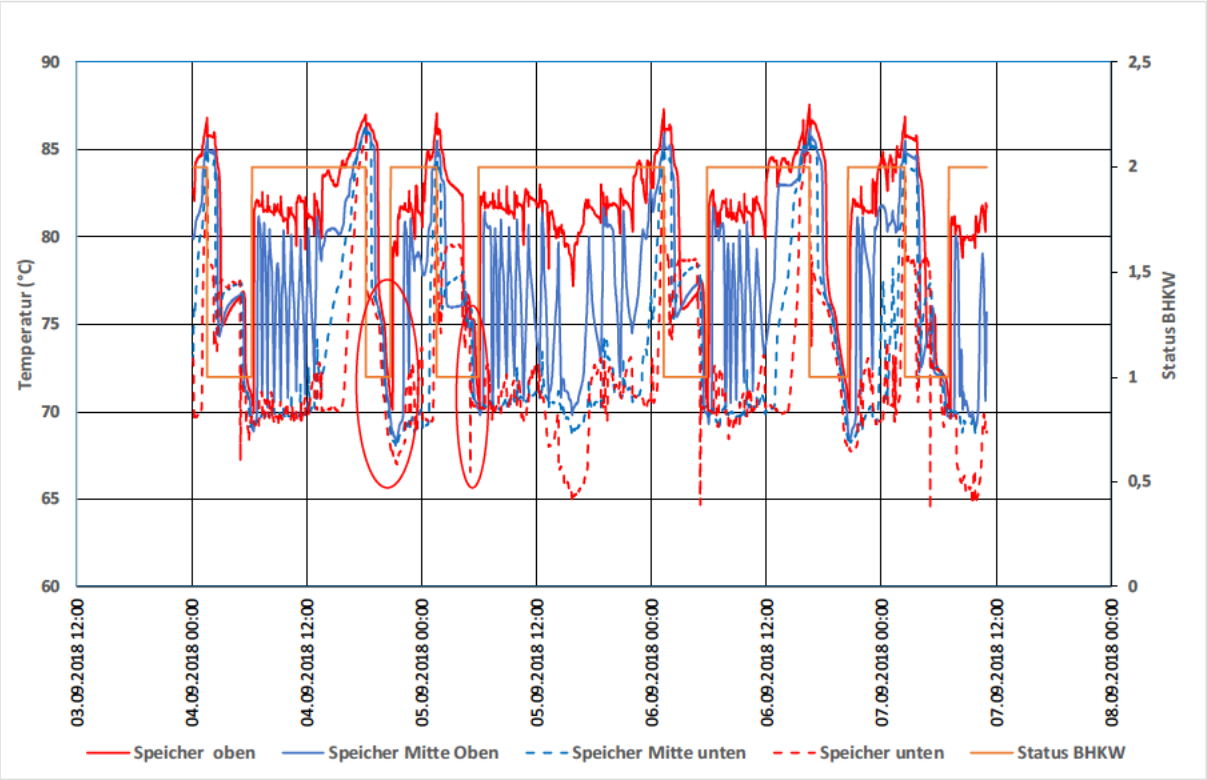

Diagramm 6 Speicherbeladung

Die durchgezogene rote Kurve zeigt den Speicherausgang sowie die rote gestrichelte Linie den Speichereingang. Die blauen Linien geben die Temperaturverhältnisse im mittleren Speicher wieder. Dort sieht man, dass ein ständiger Wechsel zwischen Be- und Entladung stattfindet. Die Speicheraustrittstemperatur korreliert mit der Statuskurve der BHKWs. Es wird aber auch hier deutlich, dass es teilweise zu einer kompletten Entladung der Speicher kommt. So sinkt die Speicheraustrittstemperatur am 04.09.2018 um 21:00 Uhr auf 70 °C. Das 2. BHKW hat sich erst 13 Minuten vorher zu geschaltet, obwohl seit mehr als einer Stunde die Speichervorlauftemperatur unter 75 °C war.
Auch für diese Analyse wird noch einmal der Besichtigungstag dargestellt.

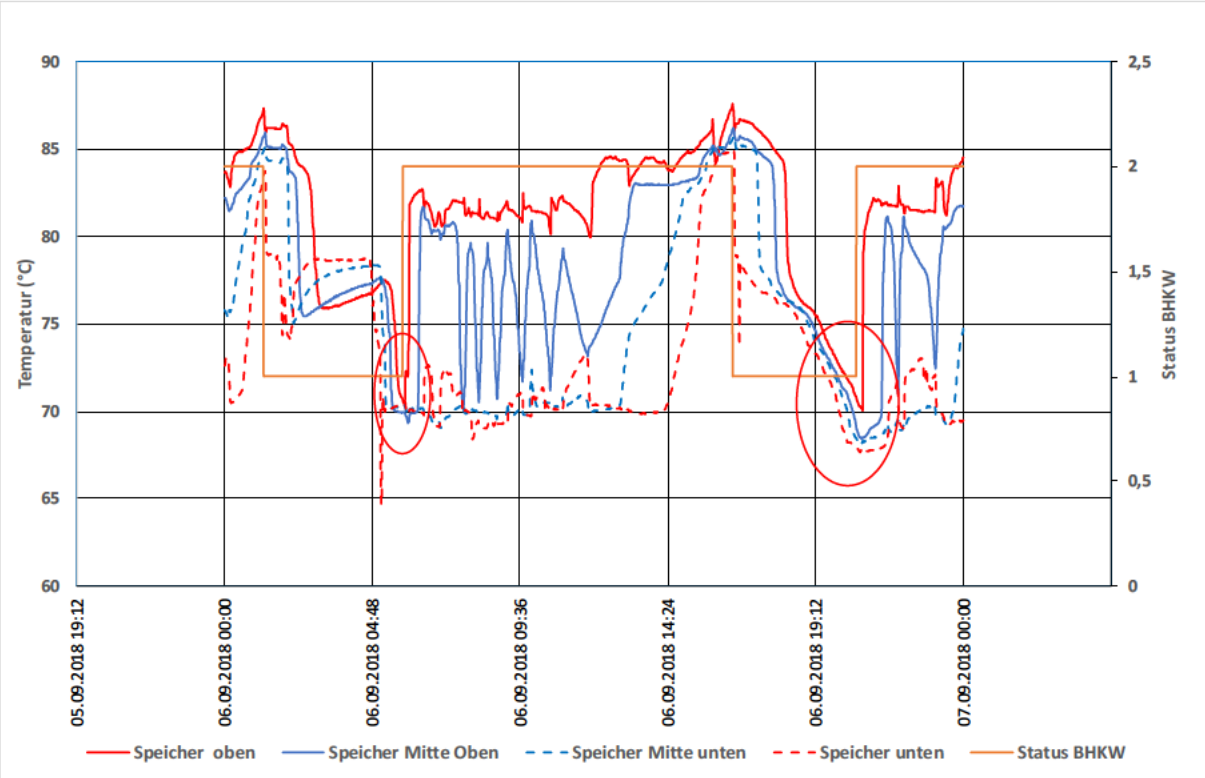

Diagramm 7 Speicherladung zum Ortstermin

Dieser Verlauf weicht nicht von dem vorher dargestellten ab. Auch hier kann das Absinken der Speichervorlauftemperatur beobachtet werden. Ebenfalls sind die Be- und Entladevorgänge im mittleren Speicher gut sichtbar.

4. Frage - Welchen Einfluss haben die einzelnen Heizkreise? Sind die beiden Heizkreise Warmwasser und Lüftung, wie im Protokoll vom 25.06.2018 festgehalten, die Hauptursache?

Für die einzelnen Heizkreise wurden ebenfalls die Onlinedaten ausgewertet.

- Warmwasserbereitung

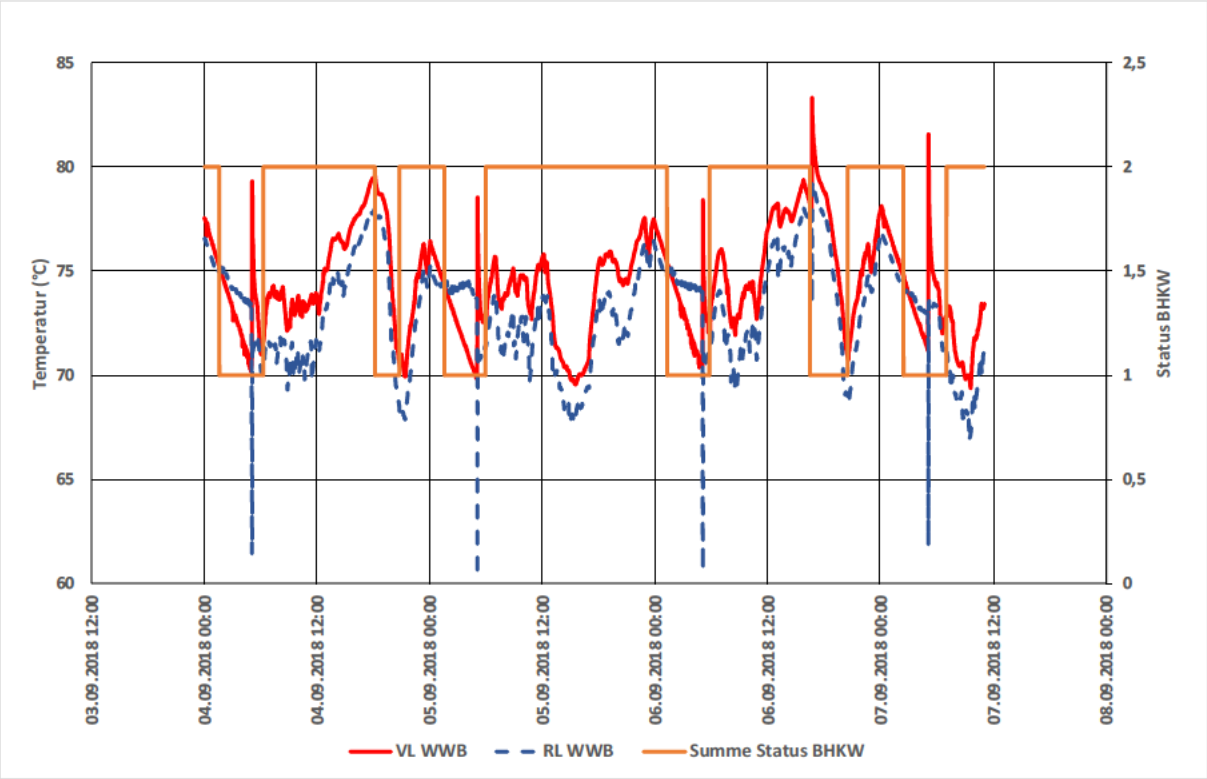

Diagramm 8 Temperaturverlauf VL/RL der Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung weist sehr hohe Vor- und Rücklauftemperaturen auf. Zeitweise übersteigen sie die 80 °C Grenze. Trotz der hohen Temperaturen laufen teilweise beide BHKWs - so z.B. 04.09.2018 zwischen 6:00 und 16:00 Uhr. Eine Absenkung der Vorlauftemperatur bei gleicher zu übertragenden Leistung könnte durch einen höheren Massestrom realisiert werden. Es gibt zeitliche Abschnitte wo die Rücklauftemperatur deutlich über der Vorlauftemperatur liegt Dies wird im nachfolgenden Ausschnitt vom 06.09.2018 sichtbar.

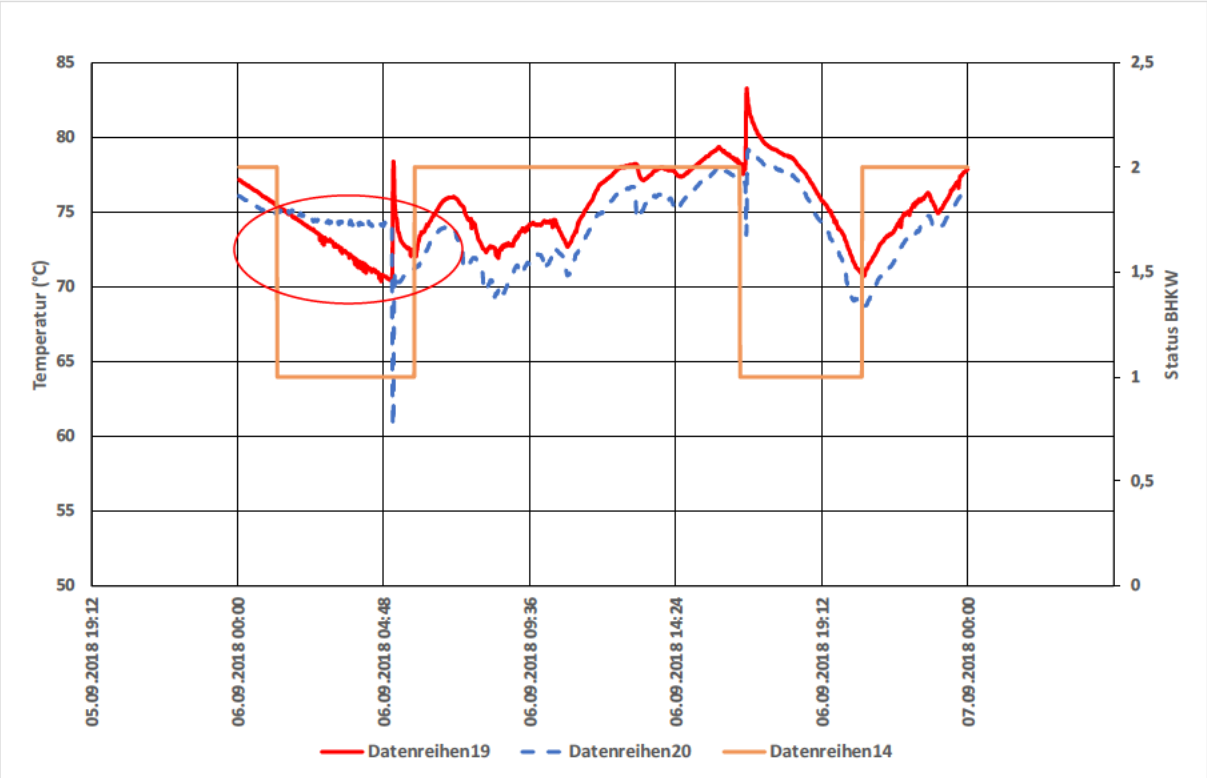

Diagramm 9 VL-/RL- Warmwasserkreis am Ortstermin

Diese Umkehr kann z.Zt. nicht erklärt werden. Es deutet auf eine nicht funktionsfähige Rückschlagklappe hin.

- Fußbodenheizung

Der Heizkreis Fußbodenheizung wird auf einem wesentlich niedrigeren Temperaturniveau betrieben.

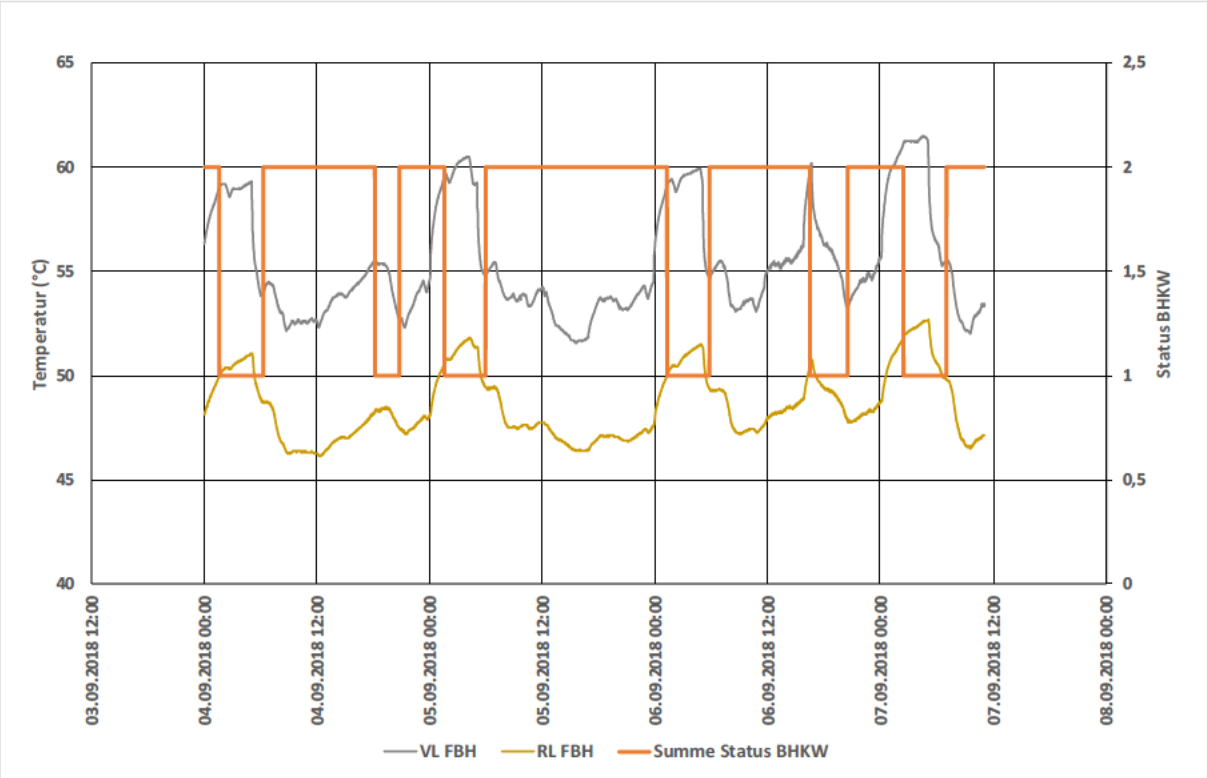

Diagramm 10 Verlauf VL/RL für Fußbodenheizung

Der Heizkreis Fußbodenheizung ist für die Auslastung und Betriebsweise ohne nennenswerten Einfluss. Ob Zufall oder durch die hydraulische Kopplung verursacht, kommt es zu einer Schwingung im Heizkreis. Diese wird durch die Gebäudeleittechnik nicht ausgeglichen. Besonders auffällig ist, dass beim Abschalten eines BHKWs die VL-temperatur deutlich ansteigt. Insgesamt muss gesagt werden, dass die Fußbodenheizung am oberen Limit gefahren wird. Vorlauftemperaturen über 60 °C sind in der Praxis fast nie anzutreffen.

- Poolheizung

Der Heizkreis Pool dient der ständigen Aufheizung des Poolwassers.

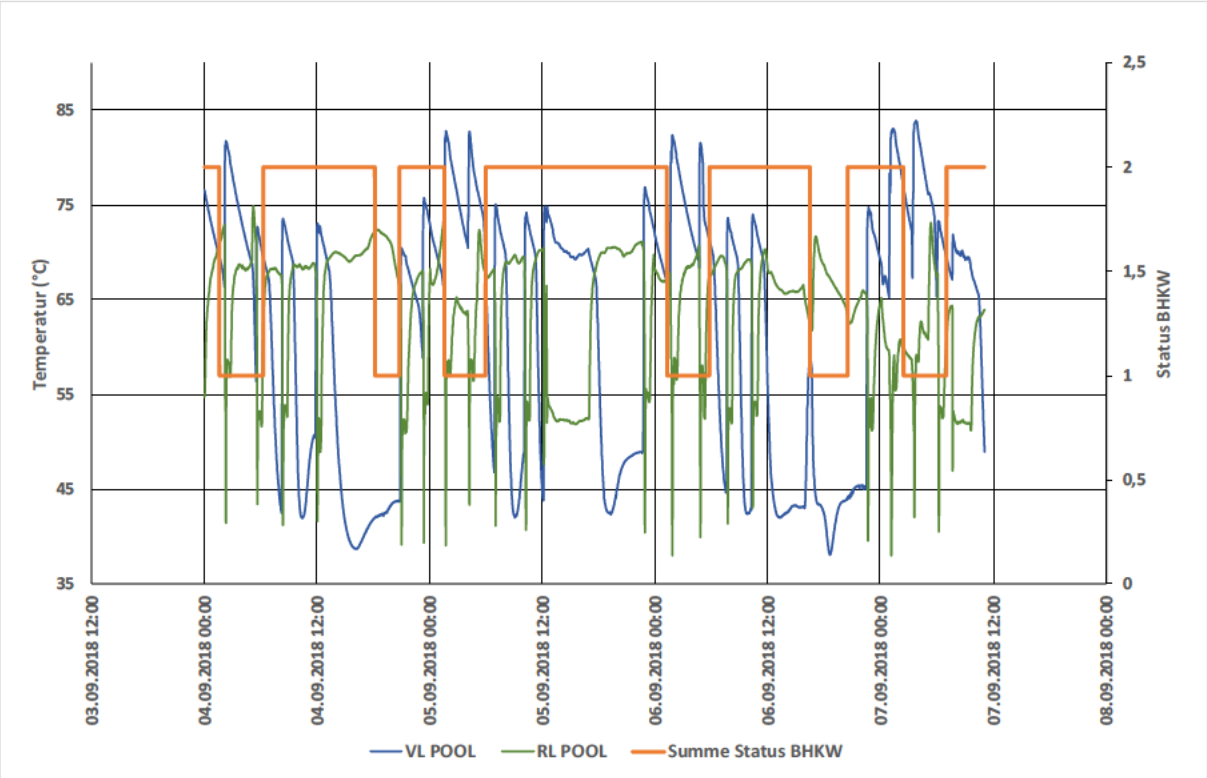

Diagramm 11 Temperaturverlauf Heizkreis Pool VL/RL

Bei diesem Verlauf kann man nicht von einer ordnungsgemäßen Regelung sprechen. Die Spreizung dieses Heizkreises beträgt mitunter 40 °C. Um nähere Rückschlüsse zu erhalten, wurde dieser Heizkreis ebenfalls nur am Ortstermin dargestellt.

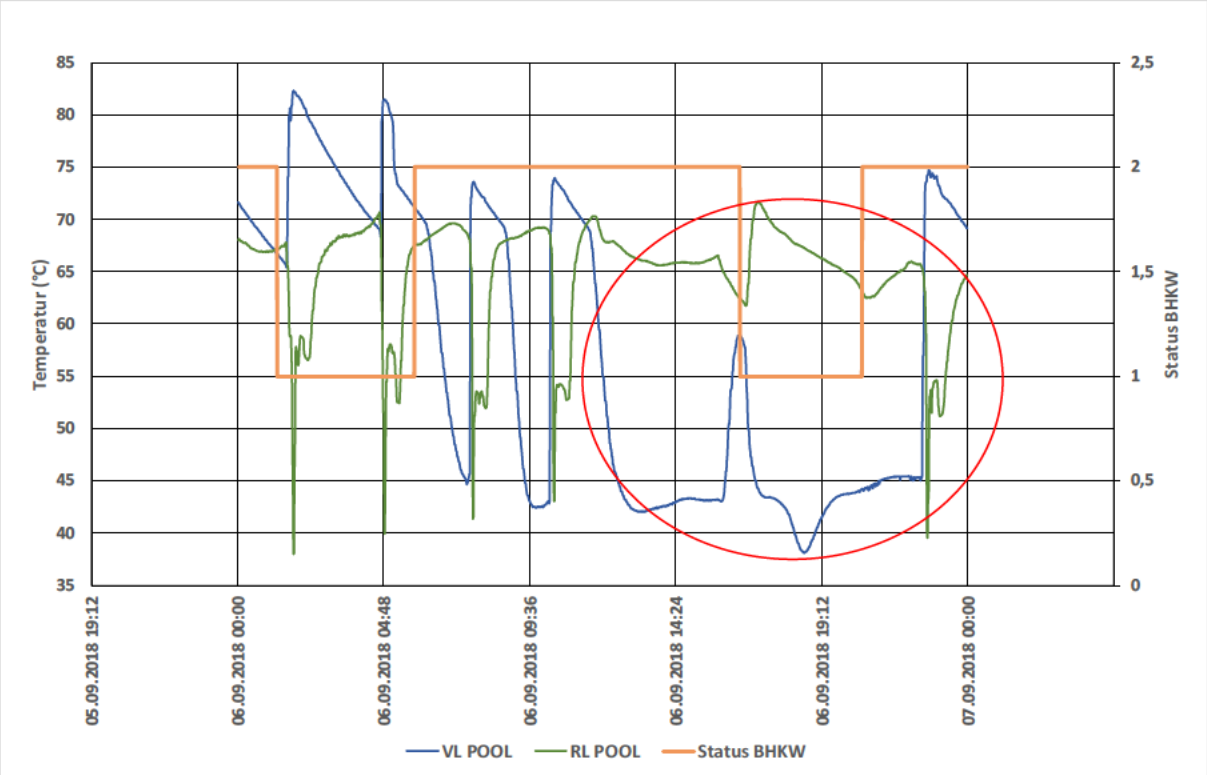

Diagramm 12 Temperaturverlauf VL/RL Pool am 06.09.2018

Die Temperatur schwankt sowohl im Vorlauf als auch im Rücklauf beträchtlich. Der Rücklauf bricht regelmäßig auf 35 °C zusammen. Danach fällt die Vorlauftemperatur von ihren Spitzenwerten um die 80°C auf unter 60 °C. Es gibt längere Abschnitt, wo die Vorlauftemperatur niedriger als die Rücklauftemperatur ist (siehe rote Umrandung). Dieses Verhalten ist dem Einsatz der BHKWs nicht zuträglich. Die Regelung obliegt aber der zentralen Gebäudeleittechnik.

- Lüftung

Der Heizkreis Lüftung versorgt die einzelnen Lüftungsgeräte in der Heizzentrale mit Wärme. Die Versorgungspumpe für diese Art von Heizkreis ist häufig zu groß. Dies führt in der Regel zu sehr kleinen Spreizungen und einem sehr hohen Temperaturniveau.

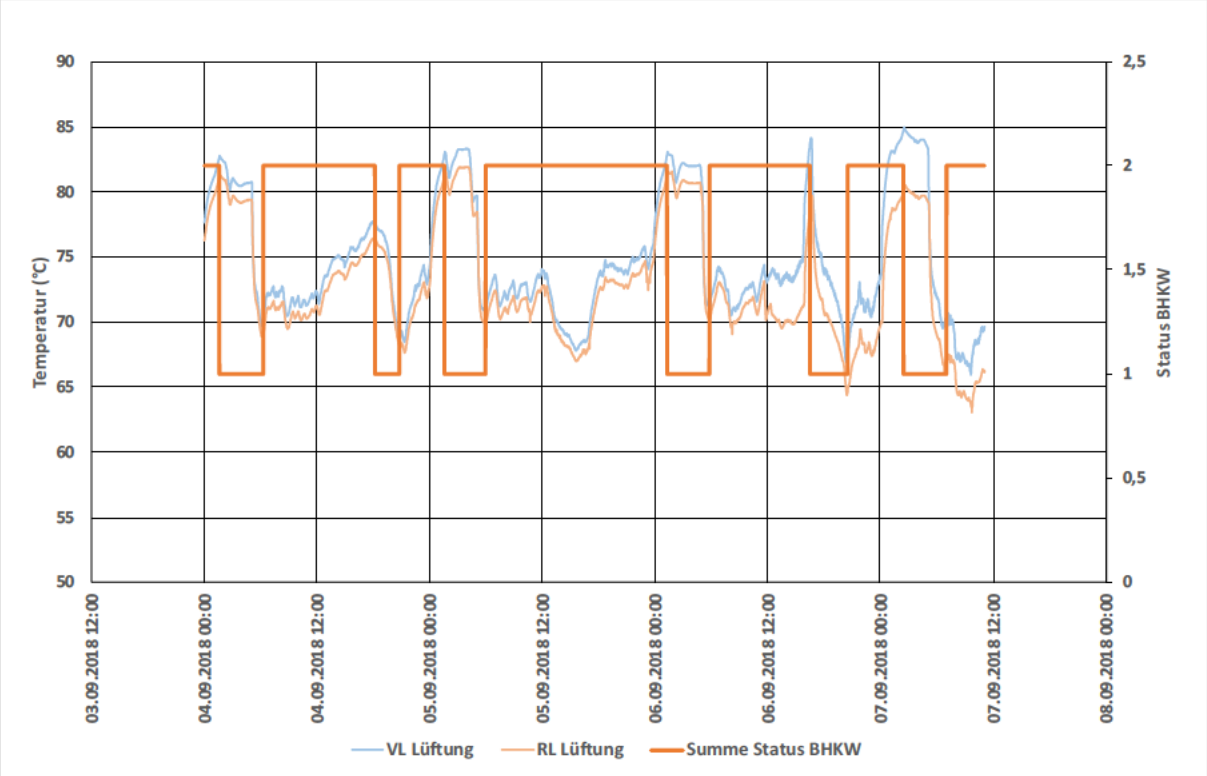

Diagramm 13 Temperaturverlauf Heizkreis Lüftung

Die Aufzeichnungen bestätigen die vorher bereits getroffenen Feststellungen. Die Spreizung beträgt mitunter nur 1 - 2 K. Ebenfalls bei diesem Heizkreis ist der Zusammenhang zwischen Status der BHKW und dem Temperaturniveau des Heizkreises analog zur Fußbodenheizung zu beobachten. Bei dem Laufen von nur einem BHKW steigt die Temperatur stark an. Da keine Daten von den Kesseln vorliegen, könnte auch vermutet werden, dass diese in dieser Zeit in Betrieb gehen und das gesamte Niveau anheben. In weiten Teilen der vorliegenden Daten weist dieser Heizkreis ein Temperaturniveau auf, das sich nicht negativ auf den Betrieb der BHKWs auswirkt.

- Heizkörper

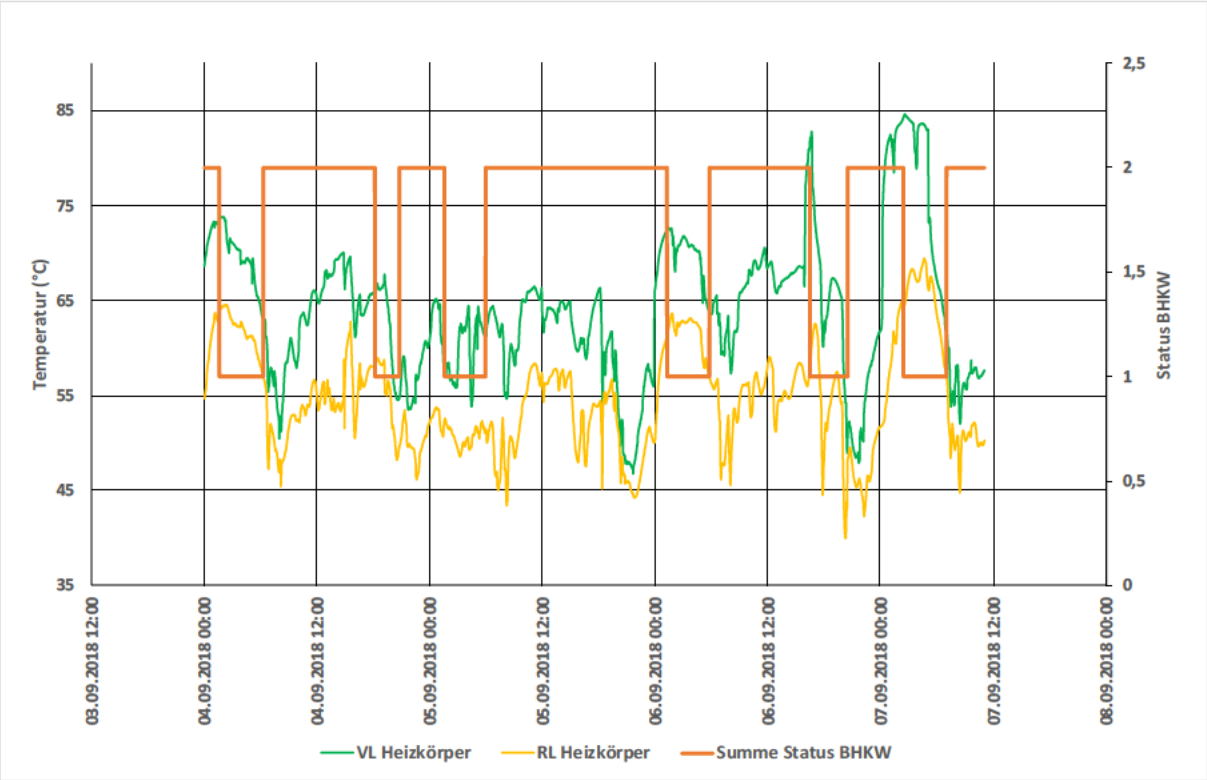

Diagramm 14 Temperaturverlauf im Heizkreis Heizkörper

Auch dieser Heizkreis weist überwiegend Temperaturen unter 70 °C auf. Er hat durchgängig eine ordnungsgemäße Spreizung. Es gibt keine Kopplung zwischen Status BHKW und Temperaturniveau.

6. Frage 3 - Erwärmung Heizzentrale - Einhaltung der arbeitsschutztechnischen und brandschutztechnischen Bestimmungen

Wie bereits am Anfang ausgeführt, sind die ersten beiden Fragestellungen in dem enthalten. Arbeitsschutztechnischen Bedingungen bei der Montage kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht mehr eingeschätzt werden. Der Heizraum ist kein ständiger Arbeitsplatz. Es gibt keine diesbezüglichen zentralen Vorgaben für die Raumtemperatur. Brandschutztechnisch Forderungen sind eingehalten bis auf die ordnungsgemäße Beschriftung eines Brandschotts (s. **Anlage 5**).
Soweit es aus heutiger Sicht eingeschätzt werden kann, sind keine nennenswerten bautechnischen Mängel bei dem Einbau entstanden. Die vorhandenen Mängel sind mit wenig Aufwand behebbar.

7. Zusammenfassung

Der geschlossene Bauvertrag wurde vollständig erfüllt. Die bei der Prüfung durch aufgeführten Mängel:

- fehlendes Monitoring
- hohe Temperatur in der Heizzentrale

bestehen teilweise immer noch. Bei dem Ortstermin am 06.09.2018 wurden kleinere technische Mängel festgestellt. Sie sind mit geringem Aufwand behebbar und haben mit Ausnahme der Außerbetriebnahme der Ausdehnungsgefäße keine sicherheitsrelevante Bedeutung

Die beiden BHKWs sind entsprechend der Auswertung 2017:

BHKW 1	4938 Stunden
BHKW 2	3904 Stunden

gelaufen. Das entspricht einer Auslastung von 50,4%.

Die durchschnittliche Leistung betrug je 19,7 kW (Summe 39,4 kW). Der der Potenzialabschätzung zu Grunde liegende Wert für den Gesamtbezug konnte bestätigt werden. Durch die Anlage wurde jedoch im Jahr 2017 nur ca. 60 % erbracht. Eine wesentliche Ursache sind die 205 Fehltage der BHKWs infolge technischer Störungen. Die 111 Tage im Standby wegen fehlender Wärmeanforderungen sind auch eine beträchtliche Leistungsreserve. Dieser Zustand weist auf eine unzureichende Abstimmung der Gebäudeleittechnik mit der Regelung der BHKWs hin. Würde dieses Lastpotenzial erschlossen werden, würde der Gasbezug über dem in der Potenzialanalyse aufgeführten Wert liegen.

Sowohl die hydraulische Einbindung der BHKWs als auch die Pufferbe- und -entladung weisen keine gravierenden Unregelmäßigkeiten auf. Es gibt aber auch zeitliche Bereiche, wo das Zuschalten des 2. BHKWs schneller erfolgen sollte, um ein zu weites Absinken des Primärkreislaufes sowie das Zuschalten der Kessel zu verhindern. In diesem Bereich sollte eine Aktualisierung -Regelung erfolgen. Ebenfalls wurde festgestellt, dass die modulierende Fahrweise der BHKWs kaum durch die Regelung genutzt wird. Ihre Nutzung könnte die Nutzungsdauer deutlich verlängern. Auch bei der Pufferspeicherbetrachtung konnte festgestellt werden, dass die Regelung zu spät eingreift. Es kommt zeitweise zu einer kompletten Entladung des Pufferspeichers.

Es wurden ebenfalls die einzelnen Heizkreise analysiert.

Die Warmwasserbereitung weist sehr hohe Vor- und Rücklauftemperaturen auf. Zeitweise übersteigen sie die 80 °C Grenze. Trotz der hohen Temperaturen laufen teilweise beide BHKWs - so z.B. 04.09.2018 zwischen 6:00 und 16:00 Uhr. Die Absenkung sollte in Zusammenarbeit mit dem Bauherrn angestrebt werden.

Der Heizkreis Fußbodenheizung weist keine Unregelmäßigkeiten auf. Der zeitliche Verlauf korreliert mit dem Statusverlauf der BHKWs. Die Vorlauftemperatur steigt an,

wenn ein BHKW außer Betrieb geht. Dies sollte noch näher untersucht werden.

Der Heizkreis Pool zeigt keine ordnungsgemäße Regelung. Von einem geregelten Kreislauf kann nicht gesprochen werden. Deutlich sind die Zu- und Abschaltungen sichtbar. Es gibt auch zeitliche Bereiche, wo die Rücklauftemperatur über der des Vorlaufes liegt.
Der Heizkreis Lüftung weist die üblichen Standardprobleme auf. Er hat eine sehr kleine Spreizung infolge einer Überdimensionierung der Versorgungspumpe. Das Temperaturniveau liegt in einem für die BHKWs positiven Bereich. Er weist das gleiche Verhalten wie der Heizkreis Fußbodenheizung in Bezug auf den Status der BHKW auf, d.h. mit Abschalten eines BHKWs steigt die Vorlauftemperatur. Im Gegensatz zum Begehungsprotokoll vom 25.06.2016 wird dieser Heizkreis nicht als Verursacher der geringen Laufzeit gesehen.

Der Heizkreis Heizkörper weist keine Unregelmäßigkeiten auf. Seine Spreizung entspricht dem üblichen Werten.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass neben technischen Störungen einschließlich Funkausfall auch die vorhandenen Regelungen Reserven aufweisen. Insbesondere das thermische Verhalten der Heizkreise Warmwasserbereitung sowie Poolheizung stehen einer höheren Auslastung kontraproduktiv gegenüber.

Christian Lerche