

## Mustersanierung Volksschule Guttaring

### Endbericht Energieverbrauchs- und Behaglichkeitsmonitoring

31.08.2020

#### 1. Allgemeine Daten

<b>Name FörderungsnehmerIn</b>	Marktgemeinde Guttaring
<b>Projektbezeichnung</b>	Volksschule, Musikschule + Kindergarten
<b>Projektstandort</b>	Unterer Markt 3 9334 Guttaring
<b>Projektnummer (KPC)</b>	KR16MOOK13427
<b>Durchführende/r Experte/Expertin</b> (Analyse, Interpretation, Optimierung) (Name, Firma, Telefon, Email, Adresse)	Dipl.-Ing. Michael Berger Teamgmi Ingenieurbüro GmbH 1050 Wien, Schönbrunnerstraße 44/10 Michael.Berger@teamgmi.com Tel 01 5457489-0

## 2. Analyse der Monitoring-Daten und Interpretation der Ergebnisse

### 2.1 Kurzbeschreibung der baulichen und haustechnischen Sanierungsmaßnahmen

Neben der Sanierung der Gebäudehülle (Wärmedämmung und Fenstertausch werden eine Reihe weiterer Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz gesetzt. Zur Minimierung der Lüftungsverluste wird eine Komfortlüftungsanlage mit hocheffizienter Wärme- und Feuchterückgewinnung eingebaut. Weiters wird anstatt der derzeitigen Elektro Heizung ein wassergeführtes Heizungssystem eingeplant sowie die Beleuchtung auf LED umgestellt.

#### **Einbau der Komfortlüftung:**

Im Zuge der Mustersanierung wird eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung für den gesamten Schul-, Turnsaal- und Hortbereich eingebaut. Dabei wird eine Lüftungsanlage im Kellergeschoß vorgesehen. Dieses versorgt das gesamte Gebäude mit einer Luftmenge von 9.000 m<sup>3</sup>/h und wird mit einer regenerativen Wärme und Feuchterückgewinnung über Rotationstauscher ausgestattet, um einer Austrocknung der Raumluft gegenzusteuern. Die Außen- und Fortluftanschlusstellen werden über Dach geführt. Die Verteilung der Zuluft erfolgt über ein Kanalnetz mit Konstantvolumenstromreglern und einer Einbringung in der Klasse über induktive Auslässe. Von den Unterrichtsräumen strömt die verbrauchte Luft in die Gangbereiche über schallgedämmte Überströmöffnungen über und wird zentral in jedem Geschoß abgesaugt und zur Wärmerückgewinnung geführt.

#### **Heizung:**

Die bestehende Heizungsanlage wird nicht weiterverwendet. Anstatt der derzeitigen Elektro Nachtspeicheröfen wird ein wassergeführtes Heizungsnetz eingeplant. Als Wärmeversorger dient ein zentraler Pelletskessel mit einer Leistung von ca. 85kW. Aufstellungsort Keller.

#### **Warmwasser:**

Die derzeitige Warmwasserversorgung wird rein elektrisch bewerkstelligt. Die Wärmeversorgung wird im Zuge der Sanierung im Bereich Turnsaal (Duschen) auf den Pelletskessel umgestellt. In den weiter entfernten WC Anlagen werden weiterhin Elektro Untertischspeicher vorgesehen.

#### **Beleuchtung:**

Die Beleuchtung wird im Zuge der Sanierung auf hocheffiziente LED umgestellt.

#### **Photovoltaikanlage**

Am Dach der Schule ist eine PV Anlage mit 16kWp Nennleistung errichtet. Der Jahresertrag laut Simulation beträgt konservativ angenommen (Modulfabrikat am unteren Ende der Performance-Skala ca. 16.000 kWh.

## 2.2 Beschreibung des Energie- und Behaglichkeitsmonitoring

Ziel des Monitorings ist eine Aufzeichnung der wesentlichen Energieumsätze im Bereich Wärme und Strom in den ersten 2 Betriebsjahren, um aus den Ergebnissen die tatsächlichen Energiekennzahlen Endenergie Wärme und Strom ermitteln zu können. Nebenziel ist die Anlagenoptimierung bzw. Fehlersuche bei unklaren oder nicht den Erwartungen entsprechenden Energieverbräuchen. Ebenso soll über ein Behaglichkeitsmonitoring das Raumklima in einem Referenzraum im Dachgeschoß sowie einem Referenzraum im Erdgeschoß aufgezeichnet werden, um einen Abgleich des Energieumsatzes mit der nutzerseitig eingestellten Raumtemperatur zu bewerkstelligen. Ebenso werden die Außenklimadaten der Auswertung zugeführt. Alle Messwerte werden in der zentralen Leittechnik abgespeichert über Modemzugriff für Fernauslesung verfügbar gemacht.

### Übersicht über die aufgezeichneten Datenpunkte Monitoring:

#### Wärmeströme

lfd Nr	Parameter	Einheit
1	Lüftung 1 - Turnsaal	kWh
2	Lüftung 2 - Altbau	kWh
3	Radiatoren	kWh
4	Fußbodenheizung	kWh
5	Deckenstrahler	kWh

#### Elektrische Energie

lfd Nr	Parameter	Einheit
6	Strom Heizung/Warmwasser	kWh
7	Strom Einspeisung Photovoltaik	kWh
8	Strom Lüftung 1 - Turnsaal	kWh
9	Strom Lüftung 2 - Altbau	kWh
10	Strom Eigenverbrauch Photovoltaik	kWh
11	A02M07 (Zuordnung Datenpunkt unklar)	kWh

## Lüftungsanlagen

Ifd Nr	Parameter	Einheit
12	Lüftung 1 Abluft relative Feuchte	%
13	Lüftung 1 Abluft Temperatur	°C
14	Lüftung 1 Außenluft relative Feuchte	%
15	Lüftung 1 Außenluft Temperatur	°C
16	Lüftung 1 Zuluft relative Feuchte	%
17	Lüftung 1 Zuluft Temperatur	°C
18	Lüftung 2 Abluft relative Feuchte	%
19	Lüftung 2 Abluft Temperatur	°C
20	Lüftung 2 Außenluft relative Feuchte	%
21	Lüftung 2 Außenluft Temperatur	°C
22	Lüftung 2 Zuluft relative Feuchte	%
23	Lüftung 2 Zuluft Temperatur	°C

## Innenraumklima

Ifd Nr	Parameter	Einheit
24	Raum EG Temperatur	°C
25	Raum EG relative Feuchte	%
26	Raum DG Temperatur	°C
27	Raum DG relative Feuchte	%

## 2.3 Energiebilanz

### 2.3.1 Monatssummen gemessene Energieflüsse

Winter 2018/19 Wärmeverbrauch	LA01	LA02	Radiator	FBH	Deckenstrahler	Wärme Gesamt
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Nov 18 - Jan 19	303	1.719	28.473	10.645	8.946	50.086
Feb 19	397	1.457	7.935	3.673	2.491	15.953
Mrz 19	303	1.045	7.146	2.604	1.762	12.860
Apr 19	1.161	892	4.838	1.652	1.348	9.891
Mai 19	444	471	3.938	832	1.044	6.728
Jun 19	27	19	135	0	1	182
Jul 19	0	0	0	0	0	0
Aug 19	0	0	0	0	0	0
<b>Summe Winter 2018/19 kWh/a</b>	<b>2.635</b>	<b>5.603</b>	<b>52.464</b>	<b>19.406</b>	<b>15.592</b>	<b>95.700</b>

Winter 2019/20 Wärmeverbrauch	LA01	LA02	Radiator	FBH	Deckenstrahler	Wärme Gesamt
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep 19	60	20	601	0	299	980
Okt 19	515	123	2.986	563	1.600	5.788
Nov 19	736	178	7.275	2.003	3.022	13.214
Dez 19	1.402	2.082	10.136	2.620	2.895	19.135
Jan 20	1.785	2.758	10.701	3.361	2.827	21.432
Feb 20	1.445	1.219	8.307	3.012	1.694	15.677
Mrz 20	549	571	4.118	1.041	978	7.256
Apr 20	404	279	3.913	1.198	248	6.042
Mai 20	288	206	2.477	376	0	3.347
Jun 20	0	0	0	0	0	0
<b>Summe Winter 2019/20 kWh/a</b>	<b>6.897</b>	<b>7.229</b>	<b>48.038</b>	<b>13.797</b>	<b>13.563</b>	<b>89.524</b>

Winter 2018/19 Stromverbrauch	A02M06 Hzg/WW	A02M10 Einspeisung Kelag	A02M08 Lüftung KiGa LA01	A02M09 Lüftung Turnsaal LA02	A02M07 PV-Verbrauch Gebäude	A02M07 ?	Strom Gesamt
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Nov 18 - Feb 19	780,07	10,00	5,98	266,15	2.294,94	1,62	3.349
Feb 19	281,88	6,20	12,17	247,82	1.781,67	0,40	2.324
Mrz 19	300,69	8,60	28,83	258,26	2.231,34	0,34	2.819
Apr 19	213,19	8,60	207,25	524,69	1.964,52	0,23	2.910
Mai 19	177,07	8,70	41,84	631,04	2.063,36	0,25	2.914
Jun 19	12,54	14,60	15,71	697,91	2.978,74	0,09	3.705
Jul 19	16,69	14,20	0,00	527,73	2.636,68	0,15	3.181
Aug 19	18,51	13,20	0,00	0,00	2.353,75	0,18	2.372
<b>Summe Winter 2018/19 kWh/a</b>	<b>1.801</b>	<b>84</b>	<b>312</b>	<b>3.154</b>	<b>18.305</b>	<b>3,26</b>	<b>23.574</b>

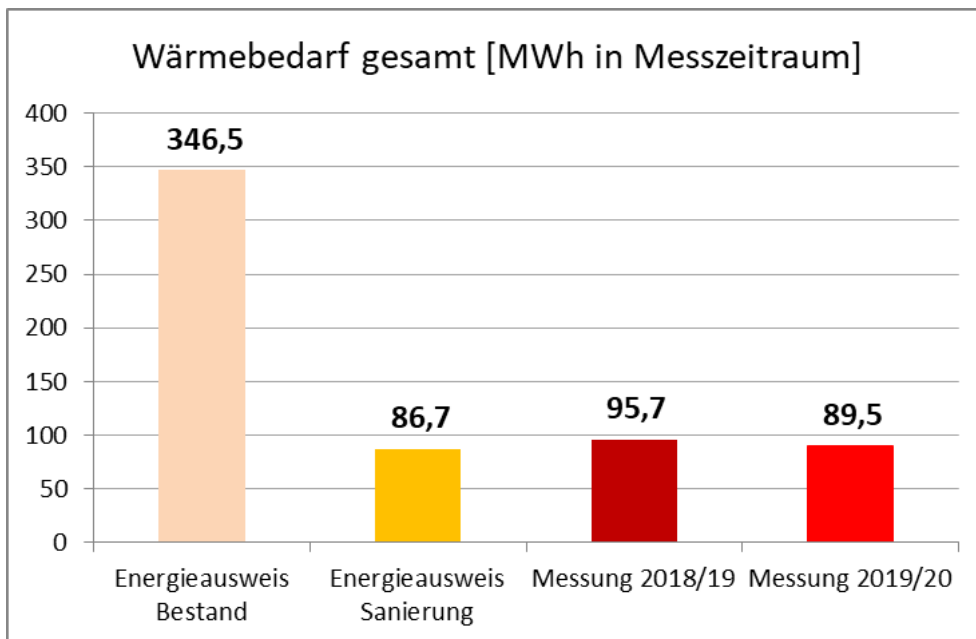
Winter 2019/20 Stromverbrauch	A02M06 Hzg/WW	A02M10 Einspeisung Kelag	A02M08 Lüftung KiGa LA01	A02M09 Lüftung Turnsaal LA02	A02M07 PV-Verbrauch Gebäude	A02M07 ?	Strom Gesamt
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep 19	66,67	10,50	1,13	165,58	2.236,51	0,22	2.470
Okt 19	187,30	8,00	44,95	690,95	1.860,46	0,24	2.784
Nov 19	279,70	3,00	43,68	590,38	617,50	0,28	1.532
Dez 19	367,62	4,45	37,41	512,26	1.008,37	0,34	1.926
Jan 20	393,91	4,95	37,83	463,29	1.411,85	0,31	2.307
Feb 20	327,80	5,80	34,83	110,29	1.608,61	0,29	2.082
Mrz 20	175,99	9,80	6,44	429,36	1.957,51	0,27	2.570
Apr 20	135,01	15,30	19,36	335,14	2.869,29	0,17	3.359
Mai 20	136,26	10,90	40,63	423,07	2.340,45	0,17	2.941
Jun 20	0,00	12,40	39,72	99,80	2.323,25	0,13	2.463
<b>Summe Winter 2019/20 kWh/a</b>	<b>1.934</b>	<b>62</b>	<b>226</b>	<b>3.297</b>	<b>13.570</b>	<b>2</b>	<b>19.029</b>

In obenstehenden Tabellen ist die monatliche Differenz der Energiezähler für Wärme und Strom vom November 2018 bis August 2019 sowie vom September 2019 bis Juni 2020 zusammengefasst. Die Lücke in der Aufzeichnung zwischen November und Februar 2019 erklärt sich aus den fehlenden Daten dieser Monate. Der Verbrauch in den Monaten November, Dezember und Jänner wird aufsummiert. Die Wärmezähler sowie Stromzähler der Lüftungsgeräte weisen im April einen erhöhten Verbrauch auf. Darauf wird in den folgenden Abschnitten näher eingegangen.

Ein Teil des Energieverbrauchs durch Warmwasser ist mit dem Stromverbrauch der Heizung in der Datenreihe A02M06 Hzg/WW zusammengefasst und wird elektrisch bereitgestellt. Daher ist auch ab Juni ein geringer Verbrauch auf den Stromzählern zu verzeichnen.

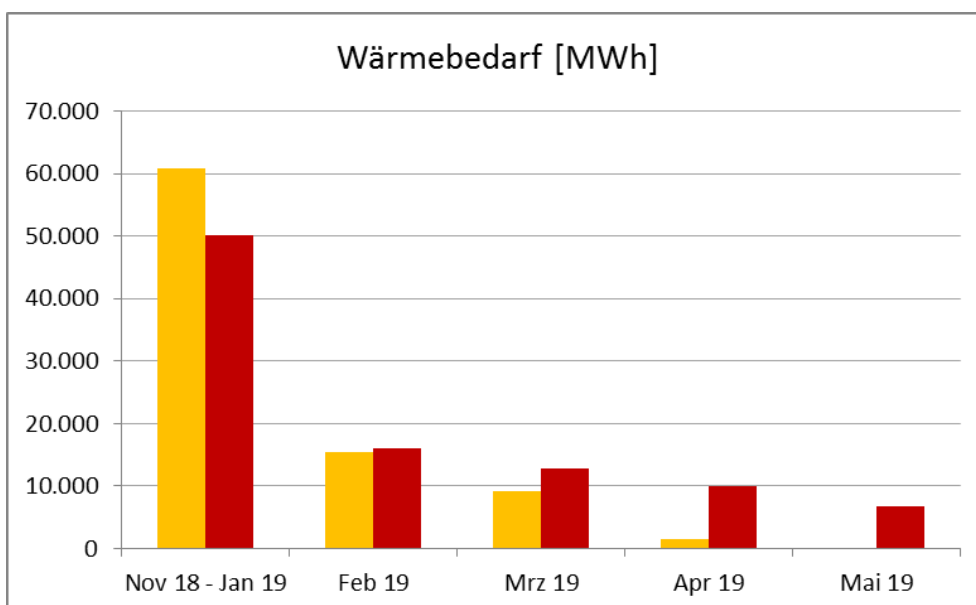
### 2.3.2. Auswertung der Wärmebezüge

#### Wärmebilanz in Vergleich zu den Werten der Planrechnung



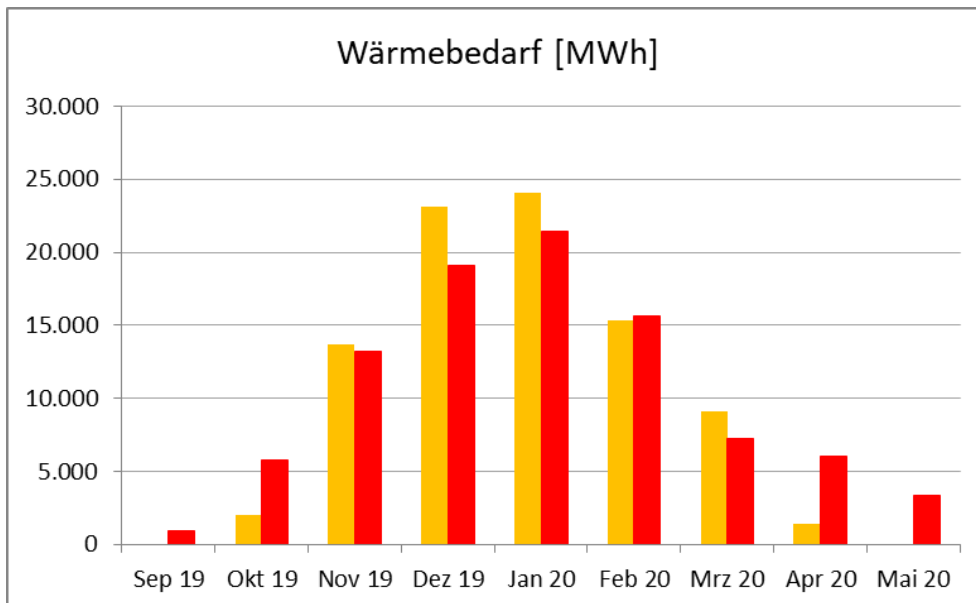
Vergleich der Plan- und der Messwerte in Bezug auf die Wärmebezüge gesamt/ Quelle: eigene Darstellung

Die tatsächlich gemessenen Wärmebezüge liegen im Bereich des prognostizierten Verbrauchs aus dem Energieausweis. Um eine Basis zum Vergleich anzustellen wurden die Leitungsverluste nach Ö-Norm H 5056 zum Heizwärmebedarf des Energieausweises hinzuaddiert. Ein Grund für die Abweichung des Verbrauchs ist, dass die zur Berechnung des Energieausweises verwendeten Klimadaten nicht der Realität entsprechen. Eine Klimadatenbereinigung wurde nicht durchgeführt. Der geringere Verbrauch in der Saison 2019/20 liegt an einem geänderten Nutzungsverhalten während der COVID-19-Pandemie ab März 2020.



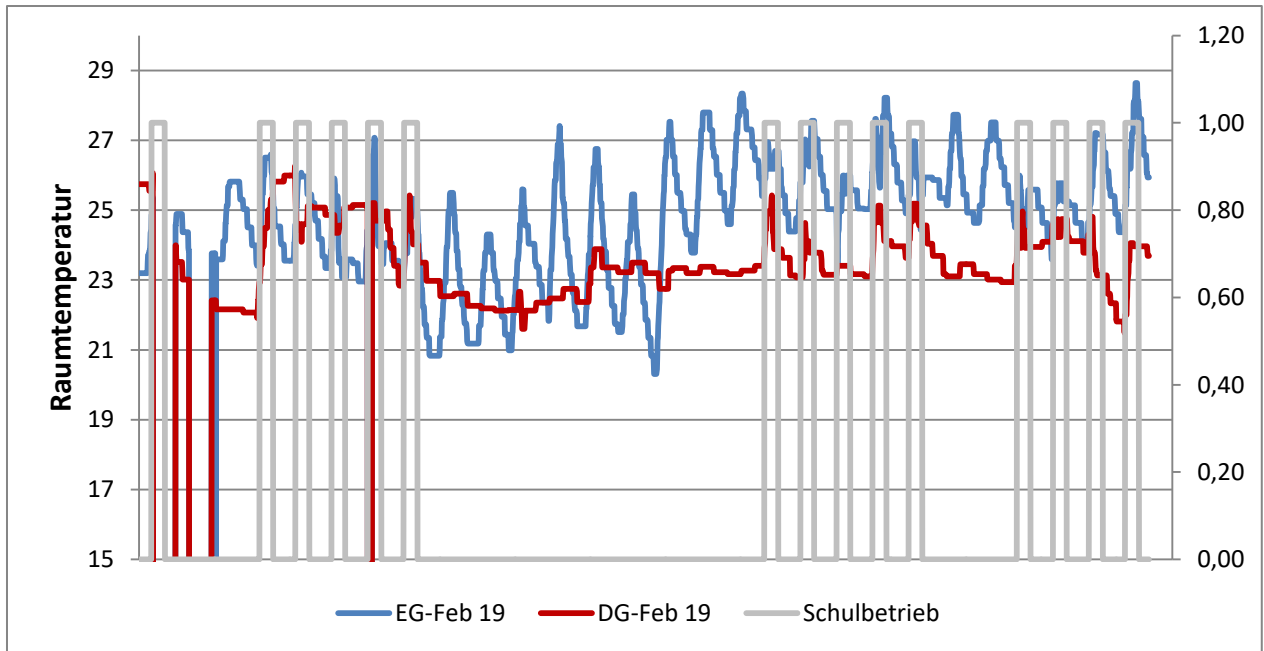
Vergleich der monatlichen Plan- und der Messwerte in Bezug auf die Wärmebezüge gesamt/ Quelle: eigene Darstellung

Wie in dieser Abbildung erkennbar ist der Verbrauch im November bis März ähnlich der Prognose aus dem Energieausweis mit einer leichten Unterschreitung der Prognose von November bis Jänner. Im April und März ist ein deutlicher Mehrverbrauch zu erkennen. Ein Grund für den Mehrverbrauch ist die im Energieausweis zur Berechnung herangezogene Raumtemperatur von 20°C. Im Februar stehen die Messwerte für die Raumkonditionen zur Verfügung. Während des Schulbetriebs weist das DG eine durchschnittliche Temperatur von 22,4°C und das EG eine durchschnittliche Temperatur von 24°C auf.



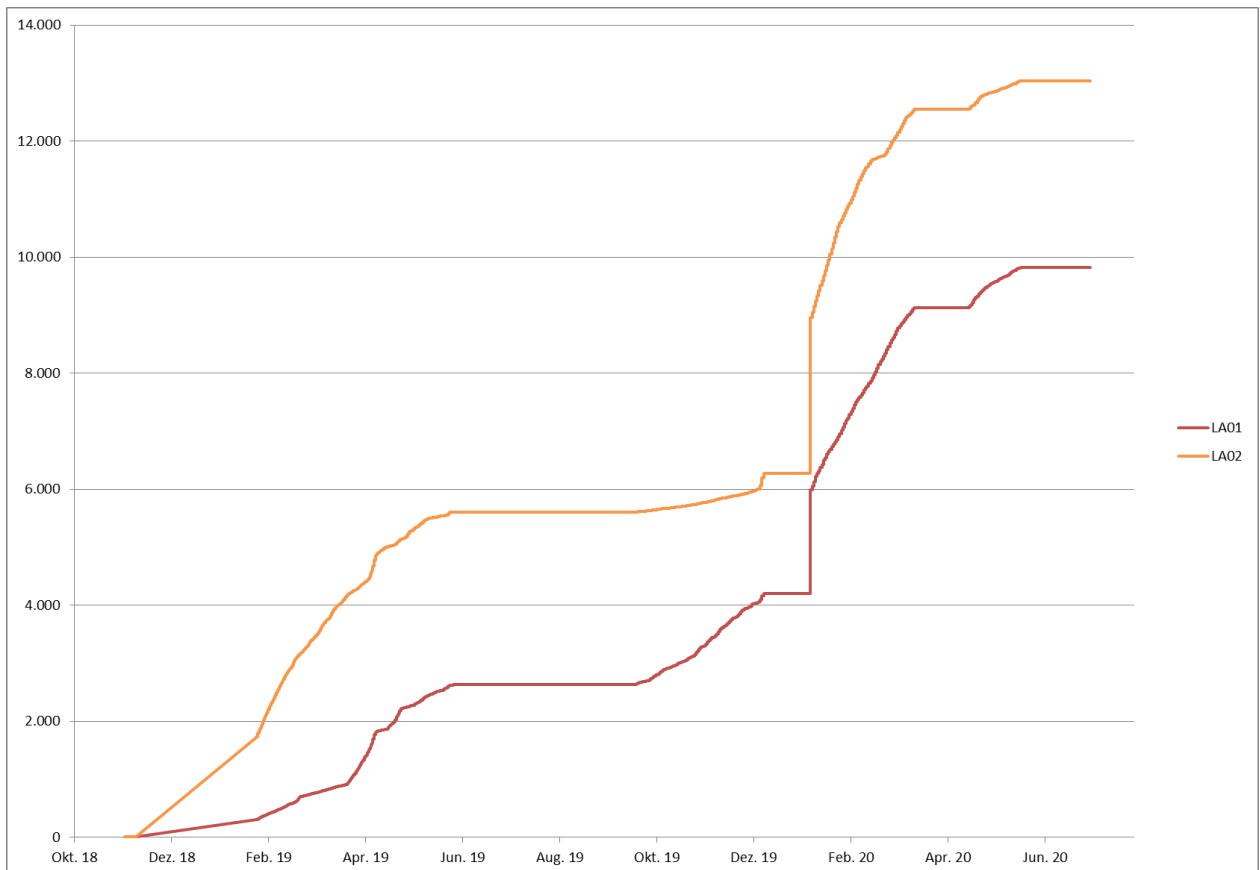
Vergleich der monatlichen Plan- und der Messwerte in Bezug auf die Wärmebezüge gesamt/ Quelle: eigene Darstellung

Diese Abbildung der Heizsaison 2019/2020 zeigt eine weitgehende Übereinstimmung der Verbräuche mit den Prognosen im November und Februar, sowie die Unterschreitung in den Monaten Dezember und Jänner. Ebenso wie im Vorjahr liegen die Verbräuche aus den oben genannten Gründen in den Übergangsmonaten über den Prognosen des Energieausweises. Ausnahme ist der März 2020 mit einem geringeren Verbrauch aufgrund einer Phase der Schulschließung.



Messwerte Raumtemperaturen während dem Schulbetrieb/ Quelle: eigene Darstellung

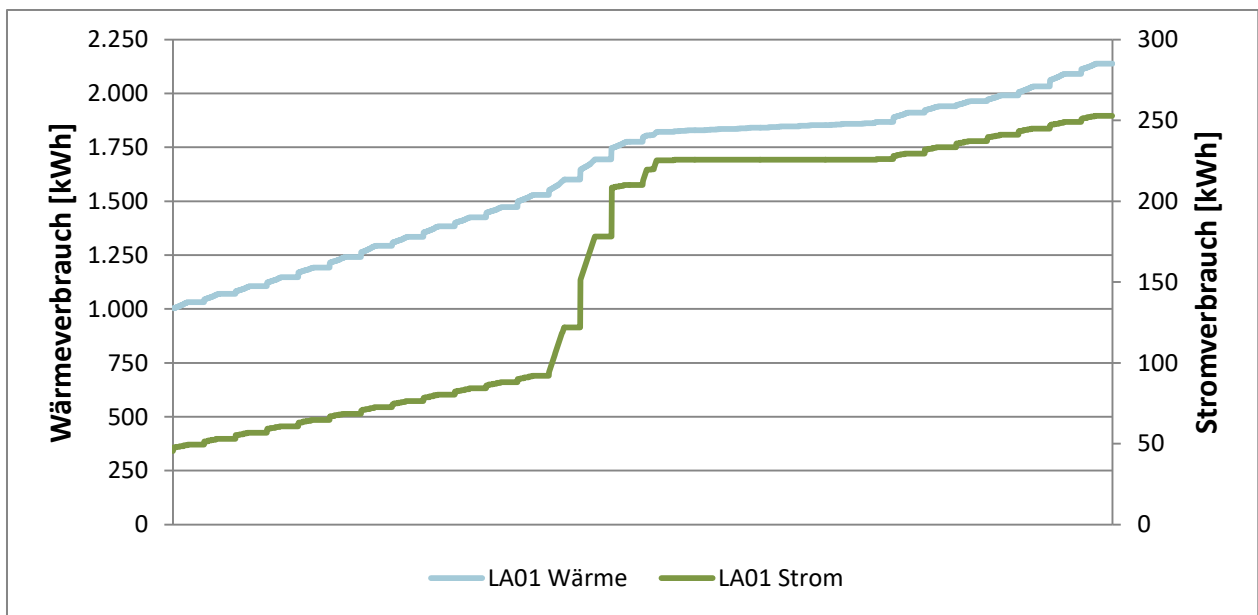
In dieser Darstellung ist erkennbar, dass die Raumtemperatur in der Nacht absinkt wird. Jedoch erreicht die Temperatur im Erdgeschoß ein Maximum von 28,5°C. Klar erkennbar ist auch, dass in diesem Raum am Wochenende die Betriebsführung nicht angepasst wird und der Raum beheizt wird. Im Dachgeschoß wird eine maximale Temperatur von 26°C erreicht. In diesem Raum findet ein Absenkbetrieb am Wochenende und in den Semesterferien statt.



Messwerte der Wärmebezüge Lüftungsgeräte/ Quelle: eigene Darstellung



Ausgehend von den Erkenntnissen der Messwerte aus dem Februar 2019 ist die Abweichung des Verbrauchs von der Prognose des Energieausweises plausibel. Der geringe Mehrverbrauch von November bis Februar lässt sich mit folgendem Diagramm erklären. Die Lüftungsgeräte werden, erkennbar am Verlauf des Wärmeverbrauchs, vermehrt in Betrieb genommen. Im April 2019 findet ein Spülbetrieb der Lüftungsgeräte statt. Der Wärmeverbrauch hierfür ist in nachfolgender Grafik klar erkennbar. In der Zeit vom 13. Dezember 2019 bis 10. Jänner 2020 ist in der Darstellung eine Datenlücke erkennbar, die aus einer fehlenden Datenaufzeichnung resultiert. Des Weiteren ist von Mitte März bis Ende April während der Schulschließung aufgrund der COVID19-Pandemie ein Zeitraum ohne Wärmeverbrauch zu sehen. Ab Juni wird in beiden Heizsaisons von den Lüftungsgeräten keine Wärme benötigt.

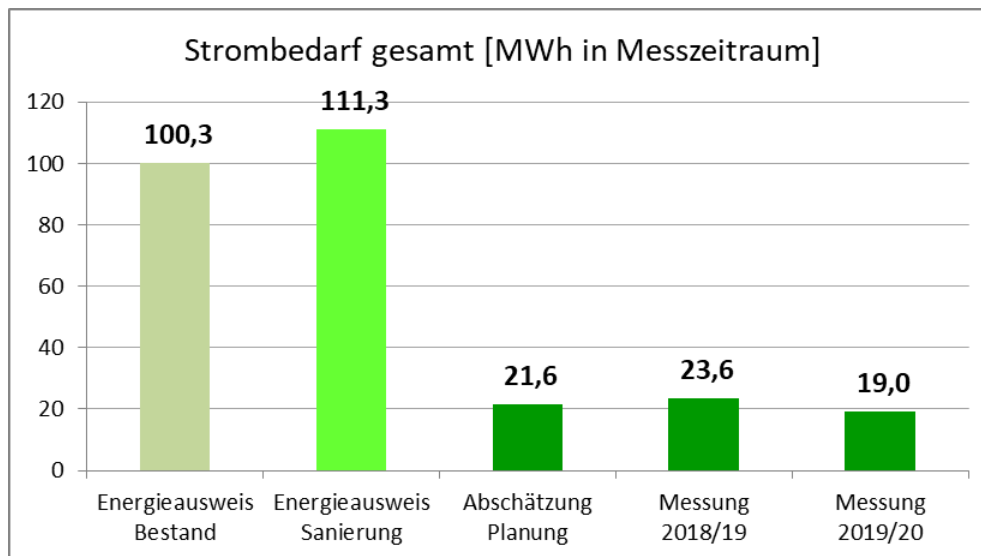


Messwerte in Bezug auf die Wärme- & Strombezug Lüftungsgerät 01 (Monat April 2019) / Quelle: eigene Darstellung

Nach dem erfolgten Spülbetrieb ist das Lüftungsgerät 01 nicht in Betrieb. Erkennbar ist das daran, da kein Stromverbrauch vorhanden ist. In dieser betriebsfreien Zeit findet jedoch ein Wärmeverbrauch statt.

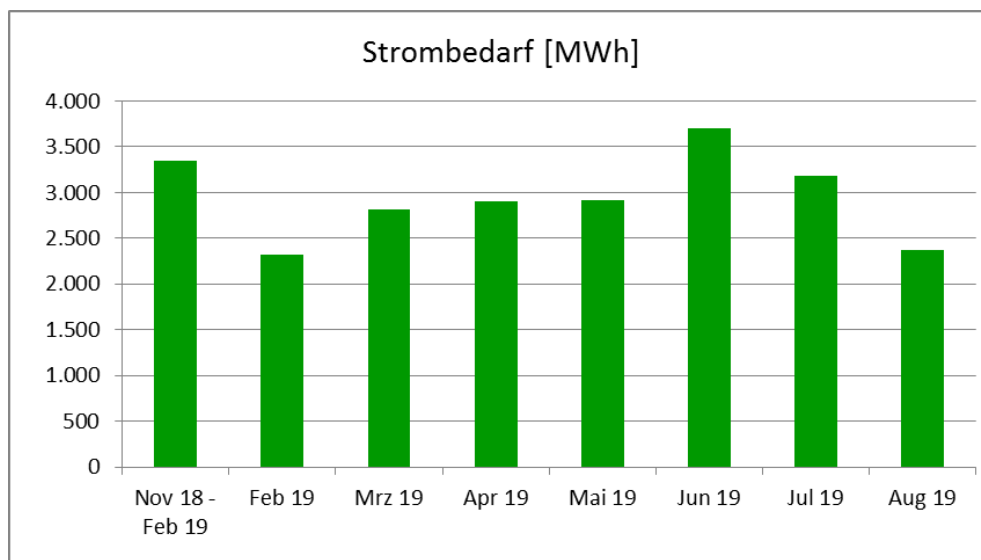
### 2.3.3 Auswertung der Strombezüge

#### Bilanz elektrische Energie im Vergleich zu den Werten der Planrechnung

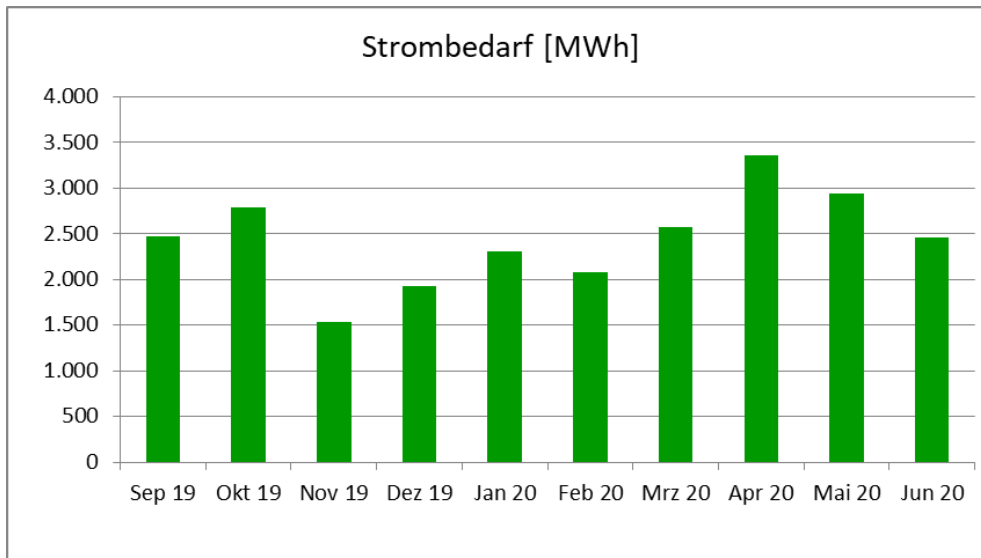


Vergleich der Plan- und der Messwerte in Bezug auf die Strombezüge gesamt/ Quelle: eigene Darstellung

Die tatsächlich gemessenen Strombezüge liegen deutlich unter Prognosewerten. Die Ursache für diese Abweichung liegt vermutlich an den von der Realität deutlich abweichenden Strom-Nutzungsprofilen bei der Berechnung des Energieausweises. Der höhere Energiebedarf nach der Sanierung in Vergleich zum Wert vor der Sanierung ist auf die mechanische Lüftungsanlage zurückzuführen. Da der Strombedarf im Energieausweis sehr hoch angesetzt ist, wurde eine Schätzung in der Planungsphase durchgeführt. Die Messwerte entsprechen der Schätzung.

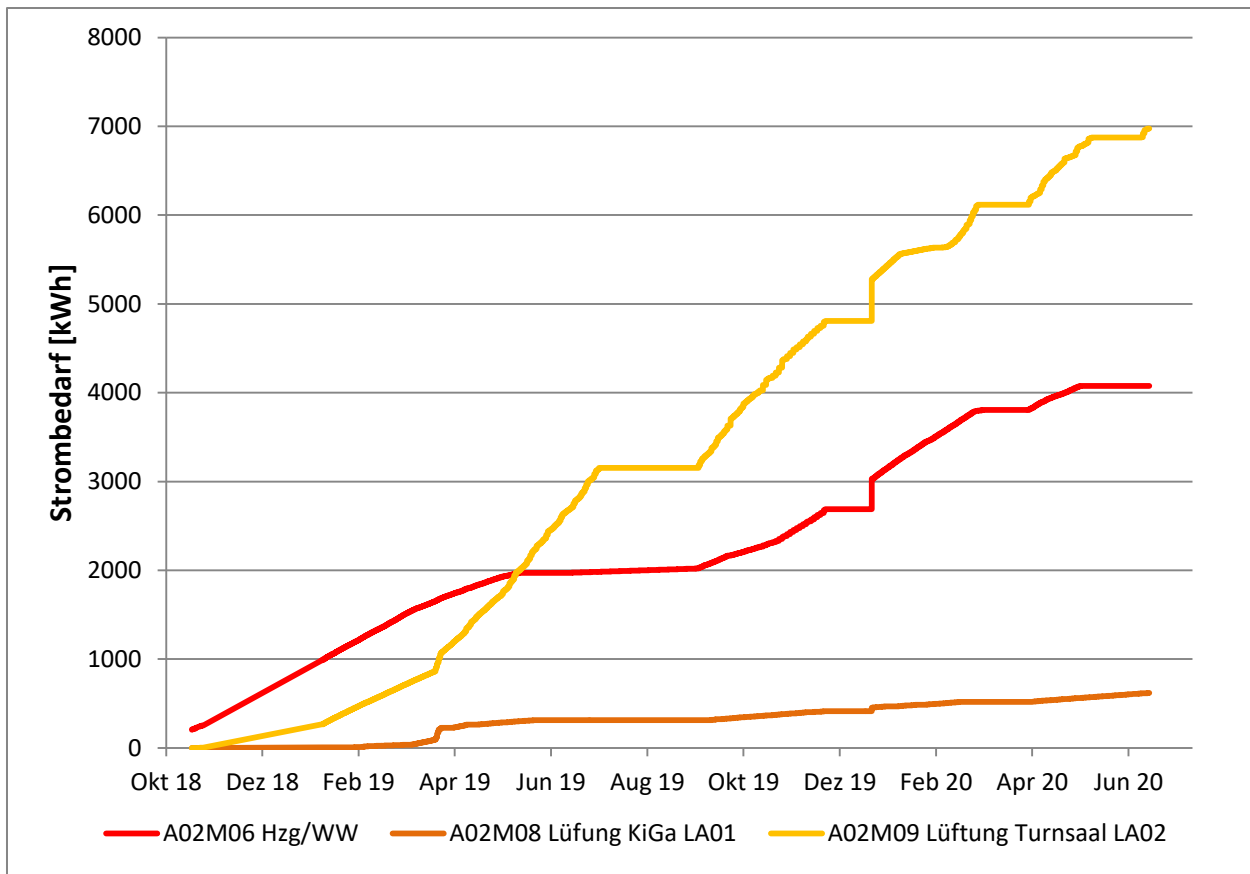


monatliche Messwerte der Strombezüge gesamt 2018/2019 / Quelle: eigene Darstellung



monatliche Messwerte der Strombezüge gesamt 2019/2020 / Quelle: eigene Darstellung

Ähnlich wie beim Wärmeverbrauch ist der Stromverbrauch in der Periode 2018/19 vom November bis Februar im Vergleich zu den Einzelmonaten gering, da die Lüftungsgeräte nicht voll in Betrieb sind und auch in den Weihnachtsferien kein Betrieb stattfindet. Im April ist der Strombedarf, trotz Osterferien ähnlich dem Verbrauch im März und Mai. Das lässt sich aufgrund des Spülbetriebs, der in der nächsten Grafik erkennbar ist erklären. In der Periode 2019/20 sind die Verbräuche in den Wintermonaten ebenfalls wieder geringer als in den Übergangsmoaten. Ab März ist ein Anstieg des Stromverbrauches ersichtlich, nach Auskunft durch den Schulwart waren die Lüftungsgeräte auch während des COVID-19 bedingten eingeschränkten Schulbetriebes in Betrieb. Im April und Mai wurde der Turnsaal vom Kindergarten zur besseren räumlichen Distanzierung genutzt mit daraus folgendem Strombedarf der Lüftung.

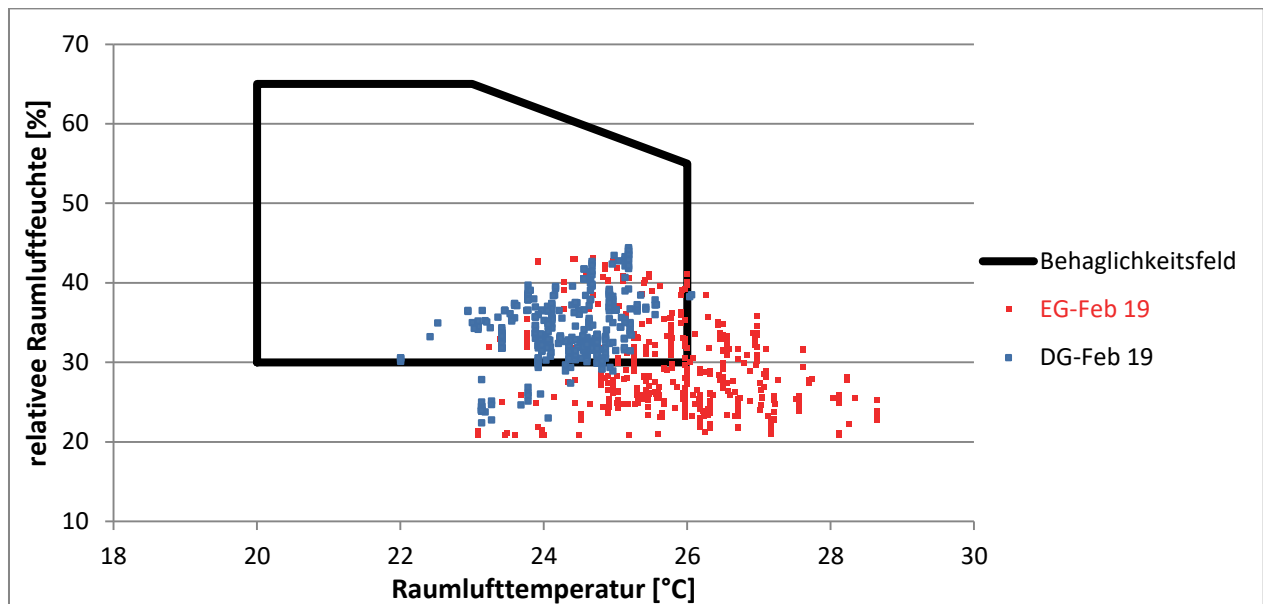


Messwerte der Strombezüge der Haustechnik/ Quelle: eigene Darstellung

In diesem Diagramm ist erkennbar, dass zu Beginn der Osterferien 2019 der Spülbetrieb der Lüftungsgeräte stattfindet. Das Lüftungsgerät 02 wird nach diesem Spülbetrieb voll in Betrieb genommen und weist dadurch einen höheren Stromverbrauch auf. Der Stromverbrauch der Heizung und Warmwasser fällt im Vergleich zu den Wintermonaten im Frühling schwach ab. Ab Juni wird nur noch der Warmwasserbedarf gedeckt. Klar erkennbar ist, dass das Lüftungsgerät 01 im Juli nicht in Betrieb ist. Das Lüftungsgerät 02, welches den Turnsaal mit Frischluft versorgt weist im Juli einen verringerten Betrieb im Vergleich zur Schulzeit auf. Im August wird auch dieses Gerät nicht betrieben. Ab 13. Dezember bis 10. Jänner 2020 ist die Lücke in der Datenerfassung zu erkennen. Das Diagramm zeigt die Nichtbetriebsphase während der Schließung im März bis Mitte April 2020. Im Juni ist sowohl Heizung im ganzen Monat als auch die Turnsaal Lüftung bis 26. Juni nicht in Betrieb.

## 2.4 Auswertung Innenraumklima/ Behaglichkeit

### 2.4.1 Luftfeuchte, Raumtemperatur



Komfortdiagramm Raum EG und DG; Wochenenden und Nachtstunden gefiltert

Die verfügbaren Messwerte im Februar zeigen, dass die Raumtemperaturen am oberen Ende des Behaglichkeitsfeldes liegen. Da die Luftfeuchtigkeit im Winter generell niedriger als in den anderen Jahreszeiten ist, ist die erhöhte Raumtemperatur verantwortlich für die niedrigen Raumlufffeuchten, die außerhalb des Behaglichkeitsfeldes liegen.

## 3. Optimierungsmaßnahmen nach der Heizsaison 2018/19

### M1 Überprüfung der Raumtemperatur- Sollwerte im Heizbetrieb

Die Sollwerteneinstellungen der Raumtemperaturen referenzierend auf die Grafik Kapitel 2.4.1 sind zu überprüfen und ggf. zu korrigieren (die hohen - gemessenen Temperaturen im EG Februar 2019 sind wenig energieeffizient und außerhalb des Behaglichkeitsfeldes)

### M2 Absenkbetrieb Wochenende im Kindergarten prüfen

Gemäß den Messwerten ist kein Absenkbetrieb ablesbar. Es besteht Einsparpotential durch - auch nur moderaten - Absenkbetrieb.

### M3 Ventilposition/ Regelungseinstellung für die Versorgung Heizregister Lüftung 01 überprüfen

Im Heizkreis des Heizregisters Lüftungsgerät 01 - ist im April 2019 ein Wärmebezug bei gleichzeitig ausgeschalteter Lüftungsanlage abzulesen - Ursache könnte ein schlecht schließendes Ventil sein - ist zu überprüfen bzw. korrigieren

**M4 jahreszeitliche Freigabe der Heizkreispumpen ist einzuschränken**

Juli 2019 ist (im Gegensatz zu Juni 2019) ein Stromverbrauch in den Heizkreisen abzulesen – diese Fehlfunktion ist regelungstechnisch auszuschließen.

**Auswirkungen der Optimierungsmaßnahmen.**

Aus den erhobenen Daten lassen sich in der Saison noch keine Auswirkungen der Optimierungen ablesen. Im Hinblick auf die Optimierungsmaßnahmen M1 und M2 sollten die Temperaturen weiterhin überprüft und bei Bedarf korrigiert werden. Hinsichtlich der Optimierungsmaßnahme M3 ist der Indikator (Wärmebezug bei gleichzeitig ausgeschalteter Lüftungsanlage) auch im Monat April 2020 festzustellen. Es ist davon auszugehen das die Ursache weiterhin besteht. Die einzelnen Optimierungsmaßnahmen sollten erneut auf deren erfolgte Realisierung überprüft werden und gegebenenfalls die Umsetzung veranlasst werden.