

Modernisierung eines Gründerzeitgebäudes mit Anwendung eines Aerogel- Dämmputzes

Monitoringbericht

Manuel Krempl, e7 Energie Markt Analyse GmbH

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

02/2019

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Modernisierung eines Gründerzeitgebäudes mit Anwendung eines Aerogel- Dämmputzes

Monitoringbericht

DI (FH) Manuel Krempf
e7 Energie Markt Analyse GmbH

Wien, Februar 2019

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	6
Einleitung.....	7
1.1 Objektbeschreibung	7
1.2 Beschreibung der haustechnischen Anlagen	8
1.3 Berechnungsbenchmarks.....	10
1.3.1 Wärmebedarf	10
1.3.2 Strombedarf	10
1.3.3 Primärenergiebedarf / CO ₂ - Emissionen.....	11
1.4 Monitoringkonzept und Umsetzung.....	11
2 Ergebnis messtechnische Untersuchungen 1. Messjahr (Februar 2018 – Januar 2019).15	
2.1 Außenklima	15
2.2 Energiebilanz Gebäude.....	16
2.2.1 Wärmeerzeugung	17
2.2.2 Wärmeverbrauch	17
2.2.3 Energiebilanz Strom.....	18
2.2.4 Wasserverbrauch.....	20
2.2.5 Gasverbrauch	20
2.2.6 Primärenergie und CO ₂ - Emissionen	21
2.2.7 Komfortparameter.....	21
2.2.7.1 Raumlufftemperatur und Feuchte	21
2.2.7.2 Raumlufftemperatur und Außenlufttemperatur	23
2.2.7.3 CO ₂ - Konzentration	23
3 Schlussfolgerungen.....	25
3.1 Energiekennzahlen.....	25
3.1.1 Warmwasser	25
3.1.2 Raumwärme.....	25
3.2 Gegenüberstellung mit Energieausweis.....	25
4 Verzeichnisse	28
4.1 Abbildungsverzeichnis.....	28
4.2 Tabellenverzeichnis.....	28

Kurzfassung

Der vorliegende Monitoringbericht ist Teil des Projekts „Modernisierung eines Gründerzeitgebäudes unter Anwendung eines Aerogel- Dämmputzes“ (Stadt der Zukunft, 2.Ausschreibung, FFG-Nummer 850127).

Im Demonstrationsgebäude Mariahilfer Straße 182 wurde am Beispiel der Sanierung eines Gebäudes aus der Gründerzeit die Anwendung des Aerogel- Hochleistungsdämmputzes umgesetzt. Ein wesentliches Projektziel war die messtechnische Begleitung des Sanierungsvorhabens zur Evaluierung der Gesamtsanierung. Dazu wurde ein Energieverbrauchs- und Komfortmonitoring umgesetzt.

Die Übergabe der insgesamt 29 Wohneinheiten an die neuen BewohnerInnen startete bereits Ende Dezember 2017. Dennoch sind die, im Bericht dargestellten Jahresverbrauchswerte¹ unter Bedachtnahme auf die sukzessive Besiedelung im Frühjahr 2018 zu interpretieren.

Der gesamte Wärmeverbrauch liegt mit bei rund 210 MWh², bzw. 58 kWh/m²a, wobei 95% durch den Gaskessel bereitgestellt werden und 5 % durch die Solarthermieanlage. Damit wird der im Energieausweis ermittelte rechnerische Bedarf um ca. 46 % überschritten. Rund 53 % des Verbrauchs entfallen auf Raumwärme (Fußbodenheizung, Lüftungsanlage), 47 % auf der Warmwasserbereitung. Der Mehrverbrauch lässt sich zu einem überwiegenden Teil auf hohe Wärmeverluste bei der Speicherung und Verteilung des Brauchwarmwassers (insgesamt 53.300 kWh) zurückführen.

Der Gesamt- Stromverbrauch setzt sich zu 70 % aus dem Haushaltsstromverbrauch, zu 18 % aus Technikstrombedarf sowie zu 8 % Allgemeinstrom und 4 % aus dem Betriebsstrom der EG-Lokale zusammen. Bedeutendster Großverbraucher ist die Raumluftechnische Anlage mit knapp 12.000 kWh.

Optimierungsbedarf ist in erster Linie beim Warmwasser- Wärmeverbrauch gegeben, da der Anteil der Speicher- und Verteilverluste den Nutzenergiebedarf übersteigen.

¹ Als Messjahr wurde der Zeitraum 01.02.2018 – 31.01.2019 gewählt

² Nicht Klima- oder Raumtemperaturbereinigt

Einleitung

1.1 Objektbeschreibung

Die Sanierung des Gebäudes in der Mariahilferstraße 182 wurde im Rahmen des Forschungs-Förderungsprojekts „Modernisierung eines Gründerzeitgebäudes unter Anwendung eines Aerogel- Dämmputzes“ (Stadt der Zukunft, 2.Ausschreibung, FFG-Nummer 850127) gefördert.

Das Bestandsobjekt wurde vor 1872 errichtet und befindet sich im 15. Wiener Gemeindebezirk an der Ecke äußere Mariahilfer Straße und Denglergasse. Im April 2014 wurde es in Folge einer Gasexplosion in einer Wohnung im Trakt an der Mariahilferstraße im 2. und 3. Obergeschoß schwer beschädigt.

Die Generalsanierung erfolgte im Rahmen des Wiederaufbaus und wurde im März 2018 abgeschlossen. Die Übergabe an die neuen BewohnerInnen startete bereits Ende Dezember 2017. Insgesamt stehen im Gebäude nach der Sanierung 29 Wohneinheiten zur Verfügung. Davon entfallen 9 Wohnungen und rund 760 m² Wohnnutzfläche auf das neu ausgebaute zweigeschoßige Dachgeschoß. In der Erdgeschoßzone wurden rund 270 m² gewerblich genutzte Lokalfächen sowie eine Garage mit 7 Stellplätzen umgesetzt, für welche der Innenhof im Erdgeschoß überbaut wurde.

Die wieder aufgebauten Außenwände sowie die zum Innenhof orientieren Fassaden wurden mittels Hanf-Dämmung gedämmt, die gegliederten Bestandswände wurden mittels Aerogel-Hochleistungsdämmputz wärmetechnisch optimiert. Der sanierte Bestand erreicht somit einen standortbezogenen rechnerischen Heizwärmebedarf von knapp unter 25 kWh/m²a. Der Dachgeschoßausbau wurde in Passivhausbauweise umgesetzt.



Abbildung 1 Luftaufnahme Mariahilfer Straße 182, Quelle Trimmel Wall Architekten

1.2 Beschreibung der haustechnischen Anlagen

Im Zuge der Generalsanierung wurden eine zentrale Wärmeversorgung mit Gaskessel in Kombination mit einer Solarthermischen Anlage umgesetzt. Die Wärmeübergabe erfolgt über eine Fußbodenheizung. Weiters wurde eine Komfortlüftungsanlage nachgerüstet.

Beschreibung Wärmeanlage:

Die gesamte Wärmemenge wird über einen Gas-Brennwertkessel³ mit einer Nennleistung von 150 kW (Hoval) sowie einer solarthermischen Anlage mit rund 30 m² bereitgestellt, wobei letztere ausschließlich zur Warmwasserbereitstellung vorgesehen ist. Der Gaskessel versorgt die Regelkreise Fußbodenheizung (Nennleistungsbedarf 70 kW), Lüftungsanlage (Nennleistungsbedarf 10 kW), sowie die beiden 922 Liter Pufferspeicher zur Warmwasserbereitung⁴.



Abbildung 2 Links: Gaskessel, Rechts: Pufferspeicher; Quelle: e7

³ Hoval Ultra Gas 150: Nennwärmeleistung bei 40/30: 150 kW

⁴ je 144 Watt Verlustleistung (lt. Typenschild)

Beschreibung Lüftungsanlage

Die kontrollierte Be- und Entlüftung der Wohneinheiten erfolgt über ein zentrales Kompaktlüftungsgerät der Baureihe Systemair TOPVEX SC08 HW. Die Luftmengenregelung in den Wohneinheiten erfolgt mittels Volumenstromreglern.



Abbildung 3 Lüftungsanlage, Quelle: e7

Das Gerät ist mit einer rekuperativen Wärmerückgewinnungseinheit⁵ mit Bypass ausgestattet. Der Auslegungs-Volumenstrom beträgt rund 3.000 m³/h, die spezifische Ventilatorleistung ist lt. Typenblatt mit 0,456 Wh/m³ bei Nennvolumenstrom angegeben.

Beschreibung Solarthermische Anlage

Die Warmwasserbereitung wird durch eine solarthermische Anlage mit einer Aperturfläche von rund 30 m² unterstützt, die sich auf dem Dach befindet (siehe Abbildung 4).

⁵ Rückwärmezahl lt. Typenblatt von 80,4 %.



Abbildung 4 Dachdraufsicht und Solarthermische Anlage, Quelle: akp

1.3 Berechnungsbenchmarks

Die Kennzahlen der Energieausberechnung wurden durch das Büro Schöberl & Pöll GmbH durchgeführt, welche als Projektpartner am Projekt beteiligt war.

1.3.1 Wärmebedarf

Tabelle 1 Wärmebedarf nach Energieausweisberechnung

	BGF	HWB,Ref,SK	HEB,SK
Dachgeschoßausbau	1.078 m ²	22,70 kWh/m ² a	49.710 kWh/a
Sanierter Bestand - Wohnen	2.250 m ²	25,79 kWh/m ² a	85.836 kWh/a
Verkaufsflächen	285 m ²	42,47 kWh/m ² a	7.914 kWh/a
GESAMT	3.612 m²	39,72 kWh/m²a	143.460 kWh/a

1.3.2 Strombedarf

Tabelle 2 Strombedarf nach Energieausweisberechnung

	BGF	HHSB / BSB
Dachgeschoßausbau	1.078 m ²	17.699 kWh/a
Sanierter Bestand - Wohnen	2.250 m ²	36.958 kWh/a
Verkaufsflächen	285 m ²	27.097 kWh/a
GESAMT	3.612 m²	81.754 kWh/a

1.3.3 Primärenergiebedarf / CO2- Emissionen

Tabelle 3 Endenergie-, Primärenergiebedarf und CO2-Emissionen nach Energieausweisberechnung

	EEB,SK	PEB,SK	CO2,SK
Dachgeschoßausbau	67.409 kWh/a	95.857 kWh/a	16.828 kg/a
Sanierter Bestand - Wohnen	122.794 kWh/a	176.310 kWh/a	30.744 kg/a
Verkaufsflächen	35.011 kWh/a	35.011 kWh/a	9.390 kg/a
GESAMT	225.214 kWh/a	307.178 kWh/a	56.962 kg/a

1.4 Monitoringkonzept und Umsetzung

Im Projekt wurde ein begleitendes Energieverbrauchs- und Komfortmonitoring umgesetzt, welches über einen Zeitraum von 2 Jahren ausgewertet wird. Die Übergabe der Wohnungen startete am 22. Dezember 2017, wobei in den ersten Wochen noch kein vollständiger Bezug erfolgt ist. Um einen Hinweis über den Zeitraum des tatsächlichen Bezugs der Wohneinheiten zu erhalten wurden in den ersten Wochen die Wohnungsstromzähler engmaschig abgelesen. Als Beginn der Auswertungsperiode wurde der 01. Februar 2018 festgelegt.

Das Monitoring im Objekt besteht aus der Erfassung von Komfortparametern in 4 repräsentativen Wohneinheiten, mehreren Wärmemengenzählern sowie Substromzählern zur Darstellung der Energieflüsse im Gebäude. Ergänzend wurden Temperatur- und Feuchtefühler in der Lüftungsanlage sowie zur Erfassung des Außenklimas implementiert. Darüber hinaus werden vorhandene Abrechnungszähler für Wasser-, Gas- und Stromverbrauch des Gebäudes periodisch abgelesen.

Der Datensammler ist über einen angeschlossenen GSM-Router ständig mit dem Internet verbunden. Die aufgezeichneten Sensor- und Zählerdaten können somit regelmäßig hochgeladen und hinsichtlich Datenvollständigkeit und Plausibilität geprüft werden. Ziel ist die Vermeidung längerer Datenlücken durch die Möglichkeit der regelmäßigen Kontrolle. Abbildung 5 zeigt links die verwendete Smartbox inkl. angeschlossenen GSM-Router sowie rechts den Blick in die Box.



Abbildung 5 Links: Datensammler and GSM- Router an der Wand montiert; Rechts: Innenleben Datensammler, Quelle: e7

Abbildung 7 und Abbildung 6 zeigen das Monitoringkonzept, welches zum einen die kontinuierliche Erfassung von Wärmemengen- und Stromzählern sowie der Komfortfühlern beinhaltet, sowie zum anderen das periodische Ablesen⁶ von Abrechnungszählern.

Regelmäßige Ablesung Vor-Ort

- Monatsweise

Kaltwasser

- Kaltwasser Gesamt
- Kaltwasser zur Warmwasserbereitung



Stromzähler

- Haushaltsstrom Gesamt
- Allgemiestrom Gesamt
- Liftstrom
- Hilfsstrom



Gaszähler

- Gasverbrauch Gesamt

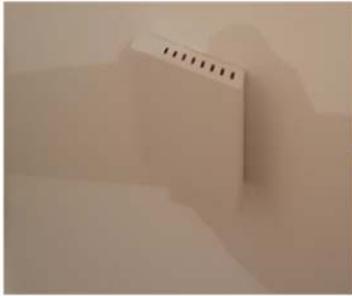


Abbildung 6 Auflistung jener Zähler, die periodisch abgelesen werden, eigene Darstellung e7

⁶ Die Zähler werden regelmäßig Vor-Ort abgelesen (ca. 2-Monatsweise)

Komfortmessung in 4 Wohneinheiten

- Raumlufttemperatur und relative Feuchte im Wohnraum
- Raumlufttemperatur und CO₂-Konzentration im Schlafzimmer



Wärmemengenzähler

- Gastherme gesamt
- Solarthermie gesamt
- Raumwärme Fußbodenheizung
- Nachheizregister Lüftungsanlage
- Wärmemenge für Warmwasser



Klimadaten

- Außentemperatur
- Außenluftfeuchte



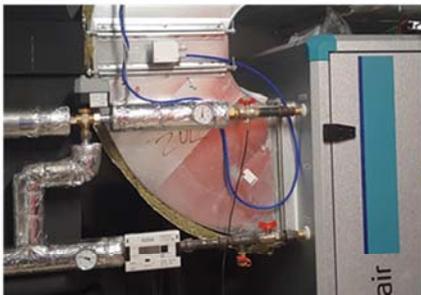
Substromzähler

- Haustechnikraum Gesamt
- Lüftungsanlage



Lüftungsanlage

- Zulufttemperatur und Feuchte
- Ablufttemperatur und Feuchte



Datensammlung

- Aufzeichnung von 15-Minuten Trendwerten
- Online- Übermittlung



Abbildung 7 Schema für die kontinuierliche Erfassung von 15-Minuten-Werten, eigene Darstellung e7

2 Ergebnis messtechnische Untersuchungen

1. Messjahr (Februar 2018 – Januar 2019)

Die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchung werden entsprechend der Laufzeit des Monitorings im vorliegenden Bericht ergänzt.

2.1 Außenklima

Die folgende Abbildung zeigt die mittlere Tagesaußentemperatur am Standort (Linie) sowie die resultierenden Heizgradtage 20/12 (Balken).

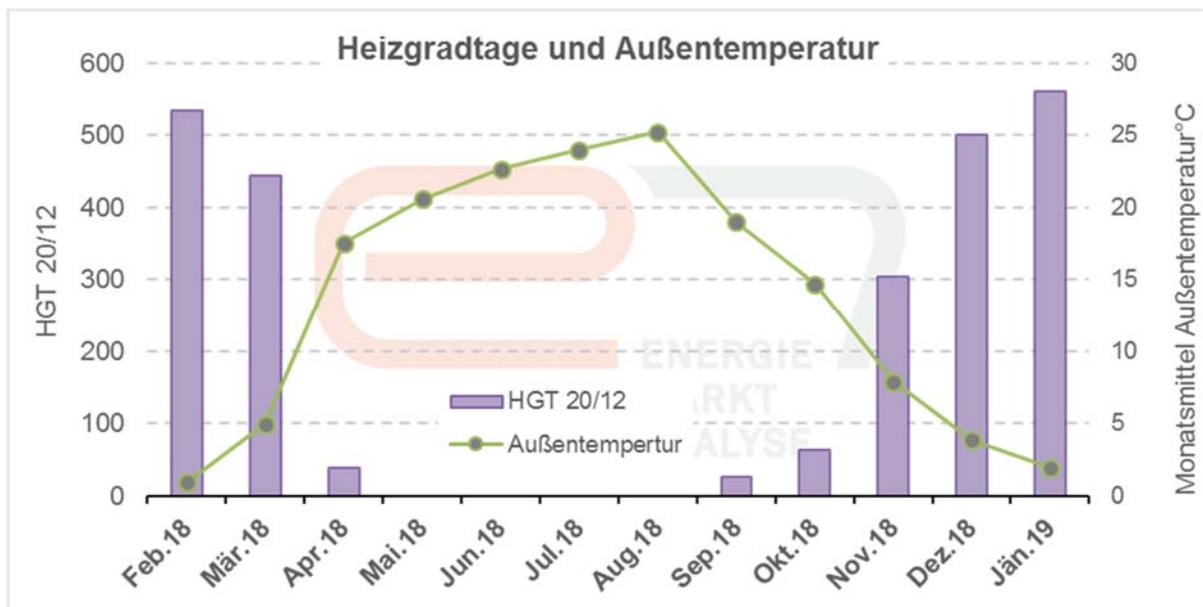


Abbildung 8 Heizgradtage 20/12 und Monatsmittel der Außentemperatur

Die standortspezifischen Heizgradtage 20/12 summieren sich über den angegebenen Auswertungszeitraum auf 2.471 HGT. Im Energieausweis werden diese mit 3.490 HGT angesetzt. Damit ergibt sich eine Differenz von 1.019 HGT, bzw. -29 %. Diese verteilen sich auf 153 Heiztage (vgl. zu 218 im Energieausweis).

Der Verlauf der Außentemperatur (Abbildung 9) zeigt eine Kälteperiode Ende Februar bis Anfang März mit Temperaturen bis -10°C . Ansonsten waren die winterlichen Temperaturen zumeist um den Gefrierpunkt. Im Sommer 2018 bildet sich eine lange Periode mit sehr hohen Außentemperaturen und Spitzen bis zu rund 35°C ab.

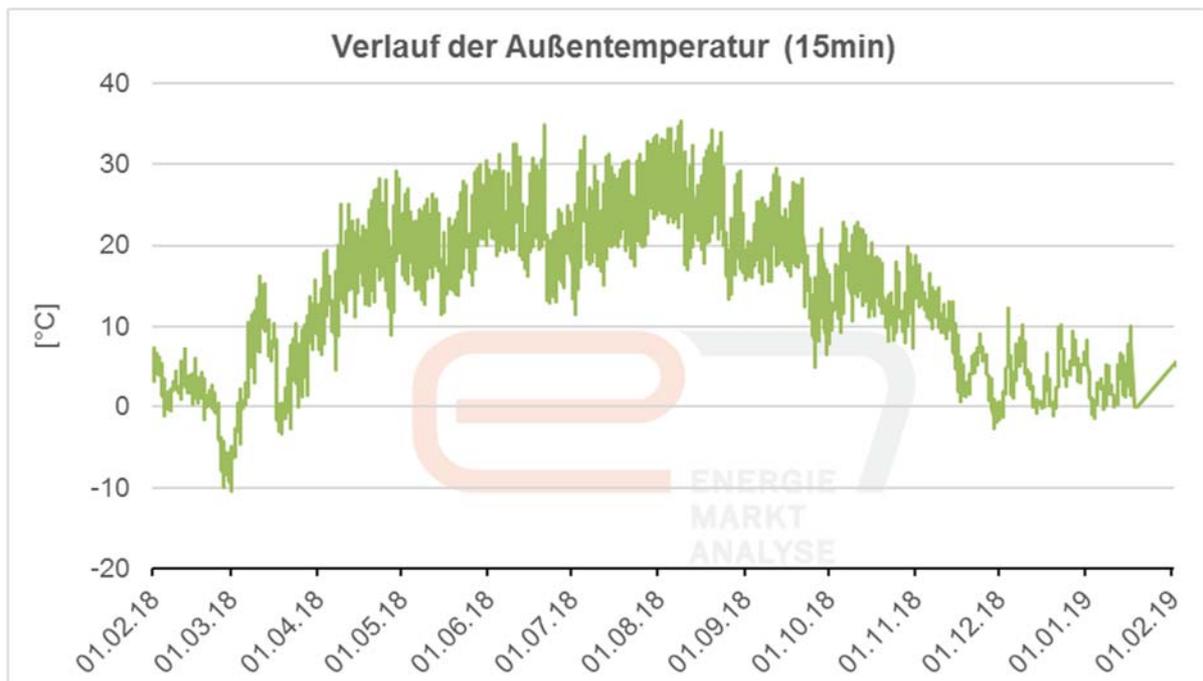


Abbildung 9 Verlauf der gemessenen Außentemperatur als 15-Minuten-Werte

2.2 Energiebilanz Gebäude

Die Energiebilanz des Gebäudes umfasst den Wärmeverbrauch für Raumwärme und Warmwasser sowie den Stromverbrauch für Haushalts- und Betriebsstrom, Allgemeinstrom und Hilfsenergie für Haustechnische Anlagen.

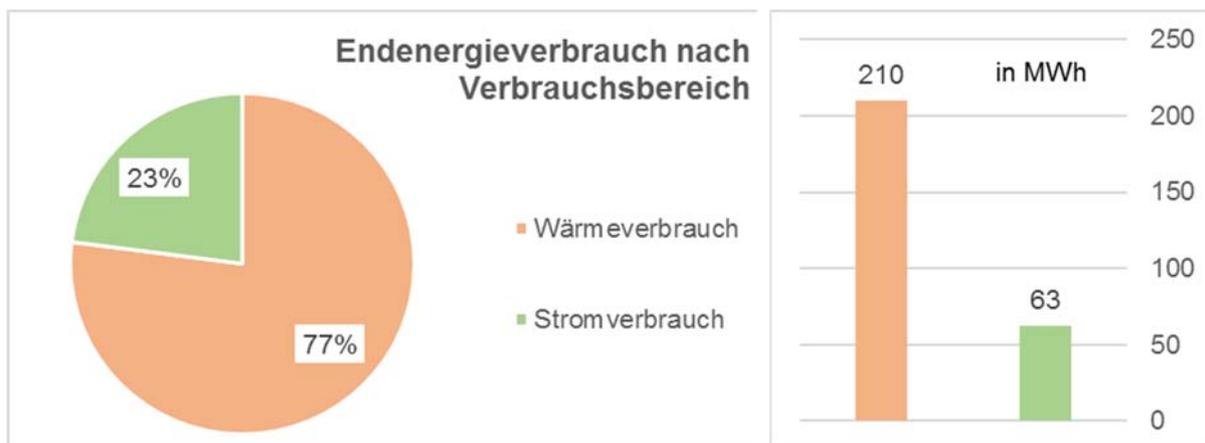


Abbildung 10 Energiebilanz des Gebäudes

Der Gesamtenergieverbrauch für Wärme und Strom beläuft sich auf 273 MWh, davon entfallen rund 210 MWh, bzw. 77 % des Endenergieverbrauchs auf den Wärmeverbrauch sowie 63 MWh, bzw. 23 % auf den Stromverbrauch. Die detaillierte Auswertung der Energieverbrauchsbereiche Wärme und Strom findet sich in den beiden Folgekapitel.

2.2.1 Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung erfolgt durch den Gaskessel sowie durch die Solarthermische Anlage, welche ausschließlich zur Warmwasserbereitung dient.

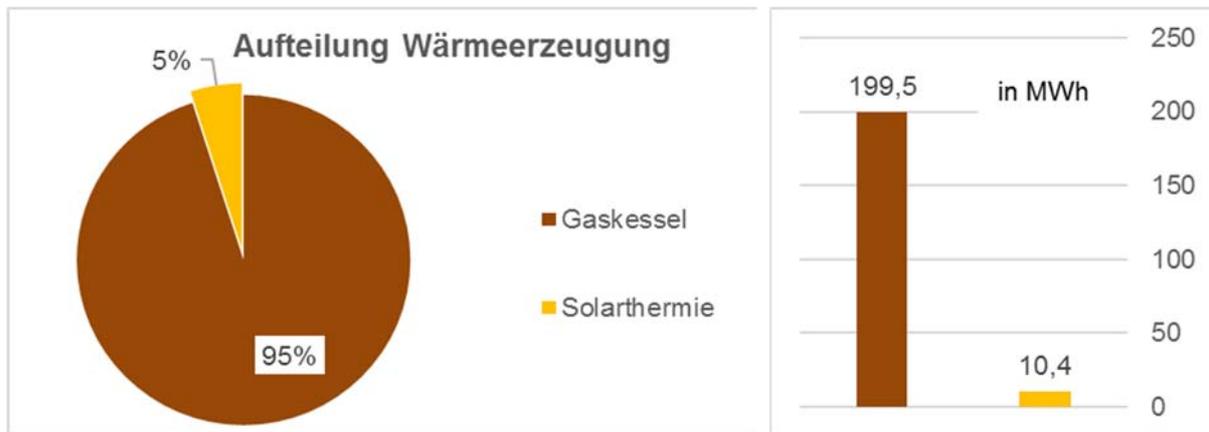


Abbildung 11 Aufteilung der Wärmeerzeugung

Abbildung 11 zeigt, dass rund 200 MWh, bzw. 95 % des gesamten Wärmeverbrauchs durch den Gaskessel bereitgestellt werden, während der Anteil der Solarthermie bei nur rund 10 MWh, bzw. 5 % liegt. Der spezifische Ertrag der solarthermischen Anlage wird mit rund 347 kWh pro m² ermittelt.

2.2.2 Wärmeverbrauch

Der Gesamtwärmeverbrauch⁷ des Auswertungszeitraums ergibt sich zu 210.000 kWh. Das entspricht einem spezifischen Verbrauch je m² Bruttogrundfläche⁸ von 58 kWh/m²a. Dieser unterteilt werden kann in Raumwärme (53 %) und Warmwasserbereitung (47%).



Abbildung 12 Aufteilung Wärmeverbrauch nach Raumwärme und Warmwasserbereitung

Der spezifische Verbrauch ergibt sich somit folglich zu 30,77 kWh/m² für Raumwärme und 27,35 kWh/m² für Warmwasser.

⁷ Nutzwärme inkl. aller Verluste

⁸ Bruttogrundfläche 3.612 m² lt. Energieausweisberechnung (vgl. Seite 12)

Abbildung 13 zeigt den monatlichen Verbrauch nach Zählpunkt.

- Der Gesamtwärmeverbrauch für Raumwärme ergibt sich zu 111.200 kWh, wovon 104.100 kWh in die Fußbodenheizung gehen und 7.100 kWh in das Nachheizregister der Lüftungsanlage. Der spezifische Verbrauch ergibt sich zu rund 31 kWh/m²a.
- Der Wärmeverbrauch für Warmwasser wird mit 98.800 kWh ermittelt, wobei rund 10.400 kWh von der Solarthermischen Anlage erzeugt werden. Der spezifische Verbrauch ergibt sich zu rund 27 kWh/m²a.

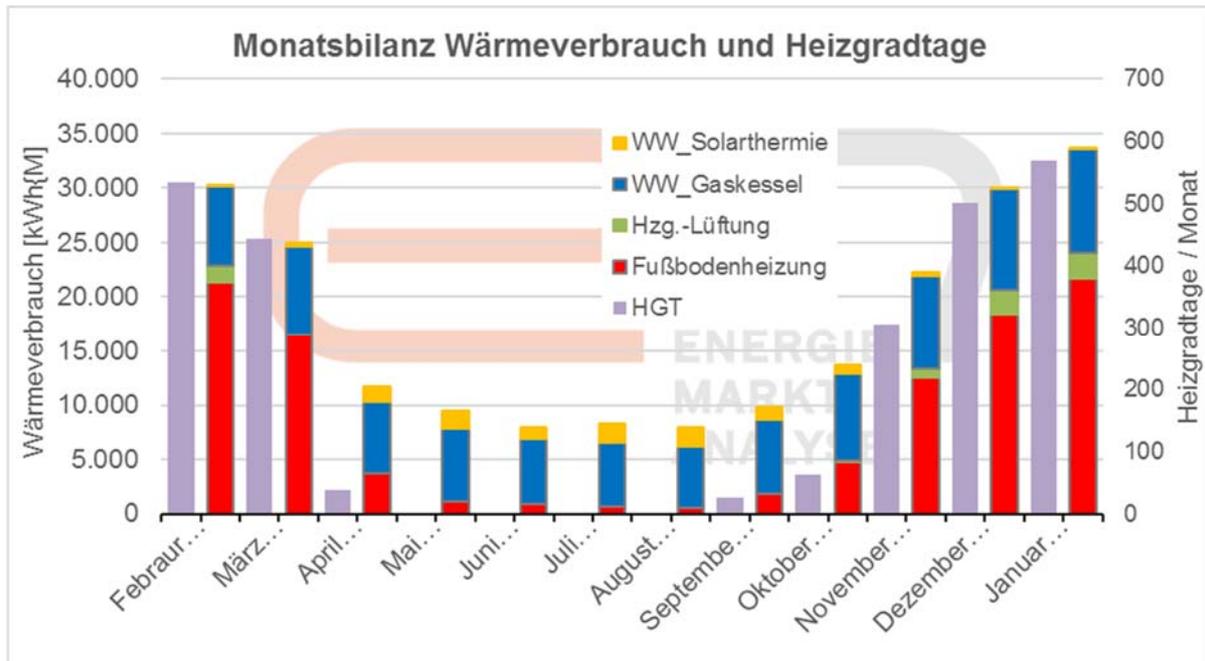


Abbildung 13 Monatsbilanz des Wärmeverbrauchs nach Verbraucher

2.2.3 Energiebilanz Strom

Der Gesamtstromverbrauch des Gebäudes setzt sich zusammen aus dem Haushaltsstrom, dem Betriebsstrom der Erdgeschoßlokale sowie dem Allgemeinstrom und dem Technikenergieverbrauch und teilt sich wie in folgender Abbildung ersichtlich auf:

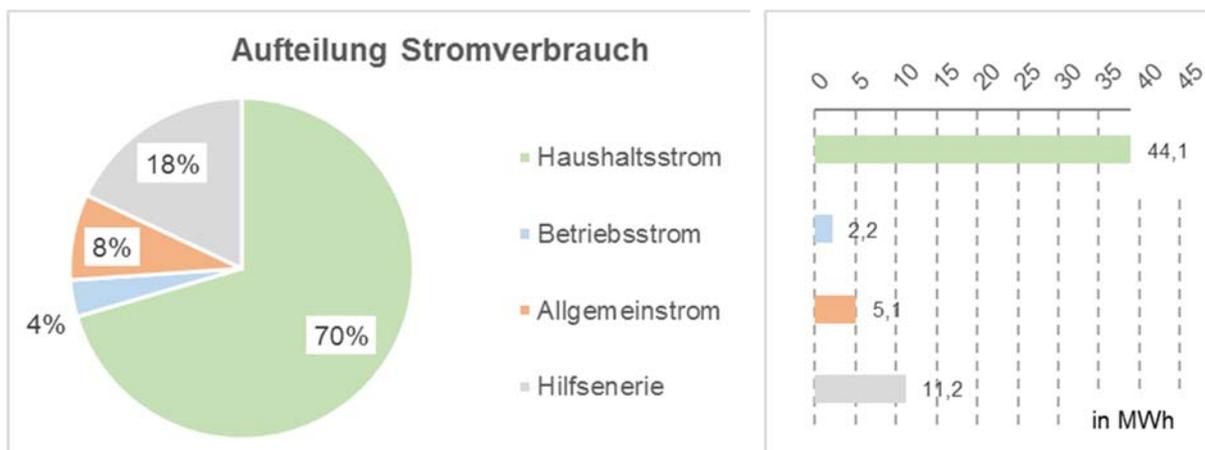


Abbildung 14 Aufteilung des Stromverbrauchs

Der Haushaltsstrom beinhaltet den Stromverbrauch der Haushalte (Top 3 – Top 31) und ergibt sich zu insgesamt knapp 44.000 kWh. Somit resultiert ein spezifischer Verbrauch je m² Bruttogrundfläche von 13,2 kWh/m²a⁹. Der Verbrauch der Geschäftsflächen liegt bei rund 2.200 kWh/m², bzw. 7,7 kWh/m²a¹⁰. Abbildung 15 zeigt den Jahres-Stromverbrauch der Haushalte der Größe nach geordnet. Der Mittelwert liegt bei 1.520 kWh.

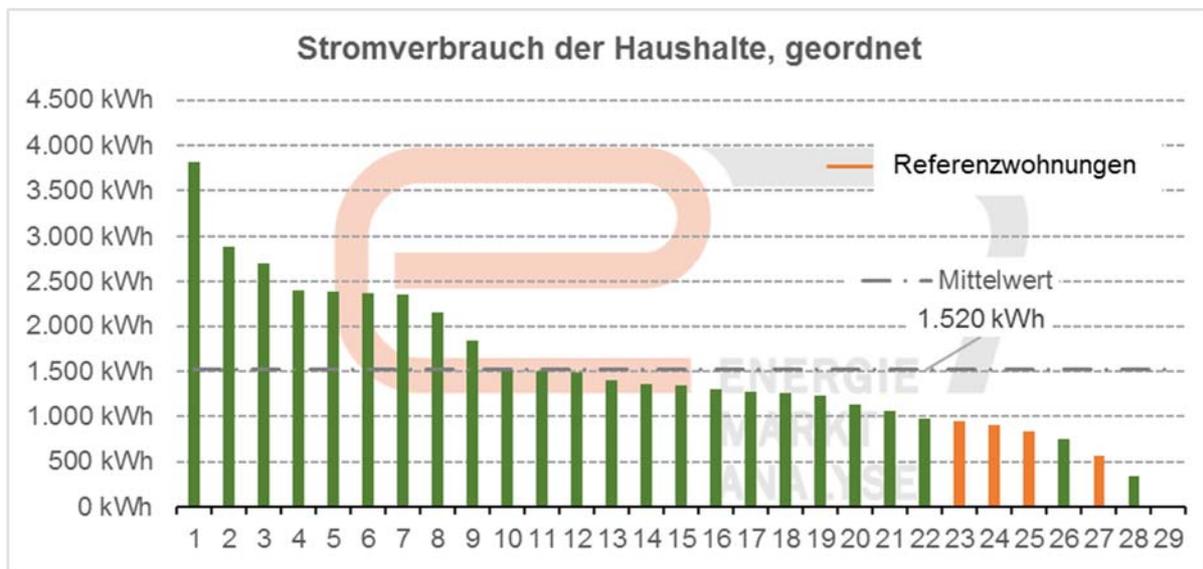


Abbildung 15 Stromverbrauch der Haushalte, nach Größe geordnet

Allerdings lässt sich aus den einzelnen Zählerablesungen ableiten, dass noch nicht alle Tops (Wohnungen und Lokale) mit Beginn der Messperiode dauerhaft bezogen waren.

Die Referenzwohnungen liegen allesamt im unteren Verbrauchsbereich, was sich zum einen auf einen späten Bezug (TOP D ab Mitte April) zurückführen lässt, zum anderen auf eine geringe Nutzungsintensität schließen lässt.

Der oben angeführte Allgemeinstromverbrauch setzt sich aus den Subzählern für Aufzug (1.070 kWh), Lager (< kWh), Garage (920 kWh) und Allgemeinstrom (3.090 kWh) zusammen. Der Hilfsenergiebedarf liegt bei insgesamt ca. 11.200 kWh und beinhaltet den Stromverbrauch für die Komfortlüftungsanlage, den Gaskessel sowie sämtliche Umwälzpumpen zur Heizwärme- und Warmwasserversorgung. Die folgende Grafik zeigt den Verlauf des Tagesverbrauchs:

⁹ Bruttogeschoßfläche der Wohneinheiten = 3.328 m²

¹⁰ Bruttogrundfläche der Geschäftsflächen = 285 m²

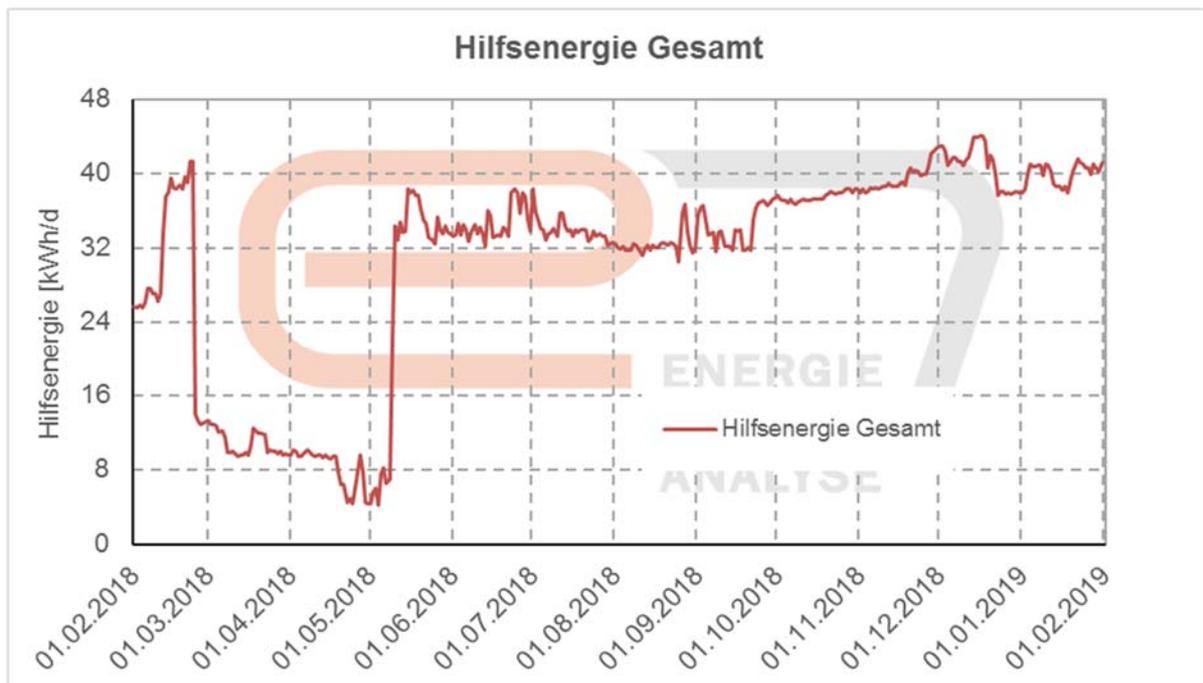


Abbildung 16 Hilfsenergieverbrauch pro Tag

Es ist ersichtlich, dass die Lüftungsanlage im Zeitraum vom 24.02.2018 bis 09.05.2019 nicht in Betrieb war. Der Tagesverbrauch in diesem Zeitraum liegt bei durchschnittlich rund 9,4 kWh pro Tag, im Zeitraum bis Ende Januar 2019 hingegen bei über 36 kWh pro Tag. Daraus lässt sich ein Verbrauch für die Lüftungsanlage von knapp 27kWh/d, bzw. knapp 10.000 kWh pro Jahr ableiten¹¹.

2.2.4 Wasserverbrauch

Zur Ermittlung des Kaltwasserverbrauchs wurden die beiden analogen Zähler kontinuierlich abgelesen. Daraus ergibt sich ein Kaltwasserverbrauch von insgesamt 2.470 m³. 710 m³ (29 %) davon wurden für die Warmwasserbereitung verwendet. Aus dieser Menge kann ein erwarteter Bedarf von rund 45.500 kWh hochgerechnet werden¹², was wiederum einem Nutzwärmebedarf von 13,6 kWh/m²_{BGF}¹³ entspricht, welcher sich in etwa mit dem Benchmark der ÖNORM B 8110-5:2011¹⁴ deckt.

2.2.5 Gasverbrauch

Zur Ermittlung des Gasverbrauchs wurde der analoge Zähler kontinuierlich abgelesen. Aus den aufgezeichneten Zählerständen ergibt sich ein Gasverbrauch von insgesamt 20.800 m³. Aus dieser Menge kann ein Energieinhalt von rund 210.100 m³ kWh¹⁵ hochgerechnet

¹¹ Auslegungs-Volumenstrom: 3.000 m³/h; spezifische Ventilatorleistung lt. Typenblatt 0,456 Wh/m³ bei Nennvolumenstrom

¹² 710.000 kg * 1,163 Wh/kg*K * 55 K * 1/1000 W/kW = 45.415 kWh

¹³ Bezogen auf 3.328 m² für Wohnnutzung

¹⁴ ÖNORM B8110- 5:2011-03-01 „Wärmeschutz im Hochbau Teil 5 Klimamodell und Nutzungsprofile

¹⁵ Energieinhalt 10,1 kWh pro m³

werden. Bei einer vom Gaskessel erzeugten Wärmemenge von 199.500 kWh lässt sich der Gesamt-Nutzungsgrad mit ca. 95 % bestimmen.

2.2.6 Primärenergie und CO₂- Emissionen

Aus den oben angeführten Endenergieverbrauchswerten werden die Primärenergie- Verbrauchswerte und CO₂- Emissionen wie folgt ermittelt:

Tabelle 4 Konversionsfaktoren für Primärenergie und CO₂- Faktoren, Quelle: OIB-6:2015

	Primärenergie	CO₂- Emissionen
Erdgas	1,17	236
Strom	1,91	276

Aus den oben angeführten Verbrauchswerten und den, in Tabelle 4 dargelegten Konversionsfaktoren können folgende Verbrauchs- und Emissionswerte ermittelt werden:

Tabelle 5 Endenergieverbrauch, Primärenergieverbrauch und CO₂- Emissionen

	Endenergie	Primärenergie	CO₂-Emissionen
Erdgas	199.501	233.416	47.082
Erneuerbare Energien	10.423	-	-
Strom	62.566	119.501	17.268
SUMME	272.490 kWh	352.918 kWh	64.351 kg
Spezifisch	75,4 kWh/m ²	97,7 kWh/m ²	17,8 kg/m ²

2.2.7 Komfortparameter

In 4 Referenzwohnungen (eine Ein-Zimmer- sowie drei Zwei-Zimmer-Wohneinheiten) werden Komfortparameter kontinuierlich als 15-minütige Ist-Werte erfasst. In den 2-Zimmer-Wohneinheiten werden die Raumlufftfeuchte sowie die Innenraumtemperatur jeweils im Wohnzimmer, im Schlafzimmer ergänzend die CO₂- Konzentration gemessen. In der Ein-Zimmer-Wohnung befindet sich der Fühler in der Wohn-/Schlafküche. In den nachfolgenden Grafiken werden die Referenzwohnungen mit TOP A - D bezeichnet.

2.2.7.1 Raumlufftemperatur und Feuchte

Die folgenden Abbildungen stellen die Raumlufftemperatur der relativen Raumlufftfeuchte als Stunden-Mittelwerte gegenüber.

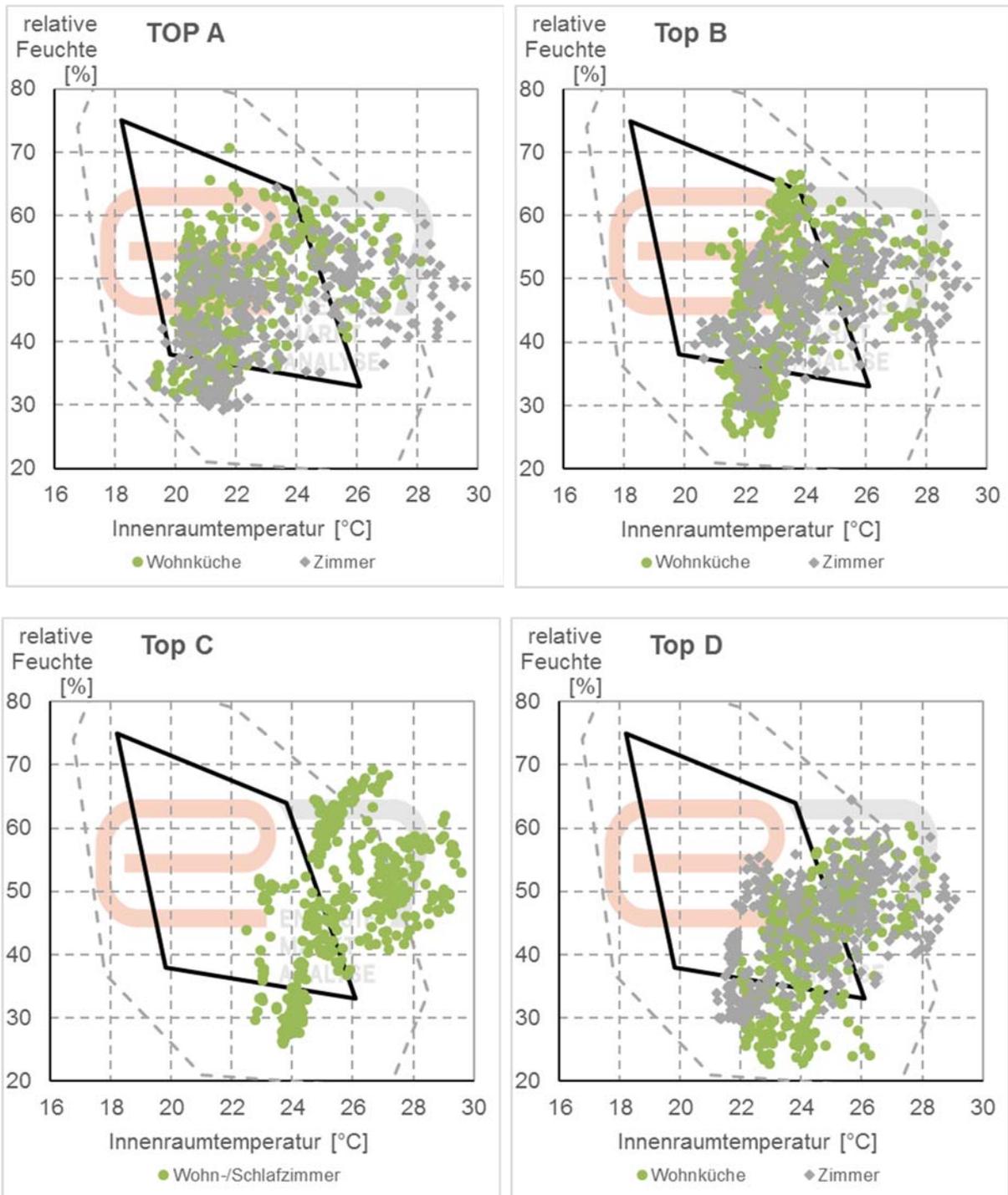
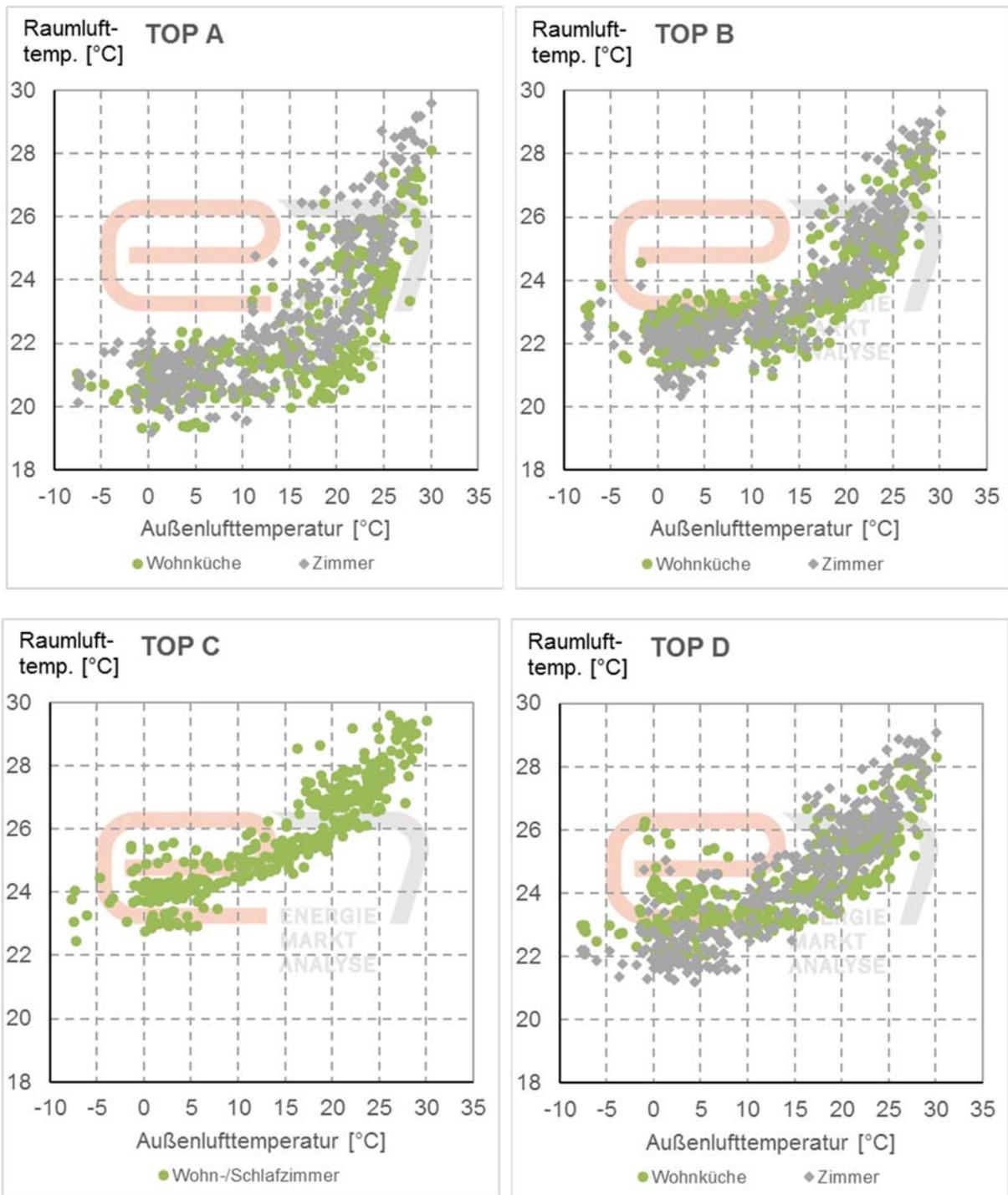


Abbildung 17 Innenraumtemperatur und Raumlufffeuchte als Stundenmittelwert

In allen 4 Wohneinheiten liegt eine Raumlufftemperatur von konstant über 20°C vor, wobei Top C kontinuierlich über 22°C liegt. Top C und Top D weisen zudem auch höhere Temperaturen im Sommer auf. Die relative Raumlufffeuchte liegt in den Wohnungen A bis zu zumeist über 30 %. Einzig in Top D liegt häufig eine trockene Luft mit unter 30 % relativer Feuchte vor.

2.2.7.2 Raumlufthemperatur und Außenlufttemperatur

Nachstehend ist die Raumlufthemperatur in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur abgebildet.



Erwartungsgemäß zeigt sich eine starke Korrelation zwischen Außen- und Innentemperatur.

2.2.7.3 CO₂-Konzentration

Die CO₂-Konzentration wurde in 3 Referenzwohnungen im Schlafzimmer sowie in einer Wohnung in der Wohnküche gemessen. Abbildung 18 zeigt den Verlauf der Tagesmittelwerte. Auffällig ist in erster Linie die erhöhte Konzentration im Frühjahr 2018,

beginnend in der letzten Februarwoche, welche auf den Ausfall der Komfortlüftungsanlage wie in 2.2.3 gezeigt zurückzuführen ist. Der Rückgang der CO₂-Konzentration auf „Normalniveau“ fällt allerdings nur in Top C zeitlich mit der Wiederinbetriebnahme der Lüftungsanlage zusammen. In den anderen Tops ist der ausfallsbedingte Anstieg von kürzerer Dauer. Eine mögliche Erklärung liegt zum einen bei einer höheren natürlichen Lüftung (die Außentemperaturen lagen Mitte April bereits konstant über 20°C, zum anderen in einer geringen Nutzungsintensität in diesen Tops (vgl. Abschnitt 2.2.3).

In der übrigen Zeit liegen die Werte auf einem sehr geringen Niveau, deutlich unterhalb von 1.000ppm. Auffallend ist zudem der „zu niedrige“ Wert in Top A, welcher bei rund 300 ppm und somit unterhalb der Außenluftkonzentration liegt.

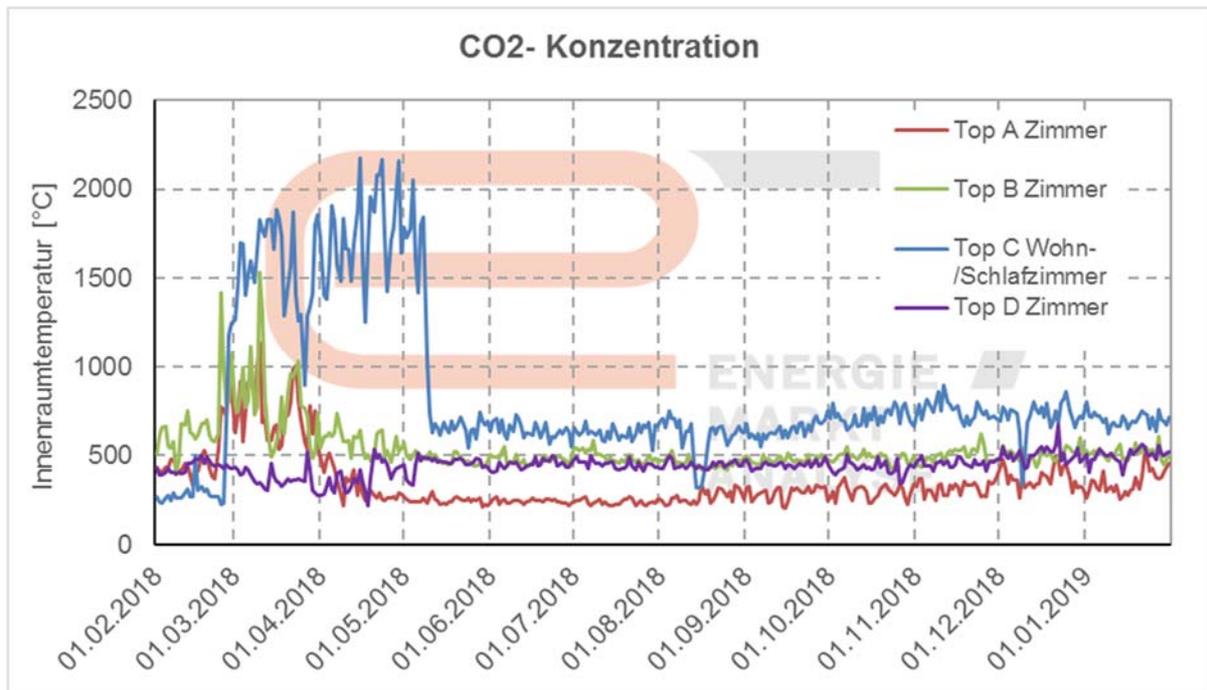


Abbildung 18 Verlauf der CO₂-Konzentration; Tagesmittelwerte

Auf eine detaillierte Auswertung der CO₂-Konzentrationen wird für das erste Berichtsjahr aufgrund der vorliegenden Datenbasis verzichtet.

3 Schlussfolgerungen

Sämtliche, auf Jahreskennzahlen bezogenen Auswertungen zu den gemessenen Verbräuchen sind unter Bedachtnahme auf die sukzessive Besiedelung im Frühjahr 2018 zu interpretieren. Folglich ist auch für das 2te Messjahr eine Erhöhung des Bedarfs zu erwarten.

3.1 Energiekennzahlen

3.1.1 Warmwasser

In 2.2.4 wurde der Nutzenergiebedarf zur Warmwasserbereitung aus dem verbrauchten Warmwasservolumen mit rund 45.500 kWh prognostiziert. Dem gegenüber steht wie in 2.2.2 gezeigt, ein gemessener Energieverbrauch zur Erwärmung, Speicherung und Verteilung von 98.800 kWh. Die Verluste ergeben somit zu 53.300 kWh, bzw. 117 % des rechnerischen Nutzwärmebedarfs.

3.1.2 Raumwärme

In 2.2.2 wurde ein gemessener Energieverbrauch für die Raumwärmebereitstellung (inkl. Verteilverluste) von 111.200 kWh präsentiert. Dies entspricht einem spezifischen Verbrauch bezogen auf die Bruttogeschoßfläche von rund 31 kWh pro m² und Jahr.

3.2 Gegenüberstellung mit Energieausweis

Abbildung zeigt eine Gegenüberstellung der gemessenen Verbrauchswerte mit dem berechneten Bedarf, basierend auf der Energieausweisberechnung¹⁶. Die Berechnung liegt getrennt für den sanierten, bzw. wiederaufgebauten Altbestand, das neu errichtete Dachgeschoß sowie die Verkaufsflächen im Erdgeschoß vor. Eine Klima- oder Raumtemperaturbereinigung wurde nicht durchgeführt.

¹⁶ Energieausberechnung, Stand 08.09.2017, Schöberl & Pöll GmbH

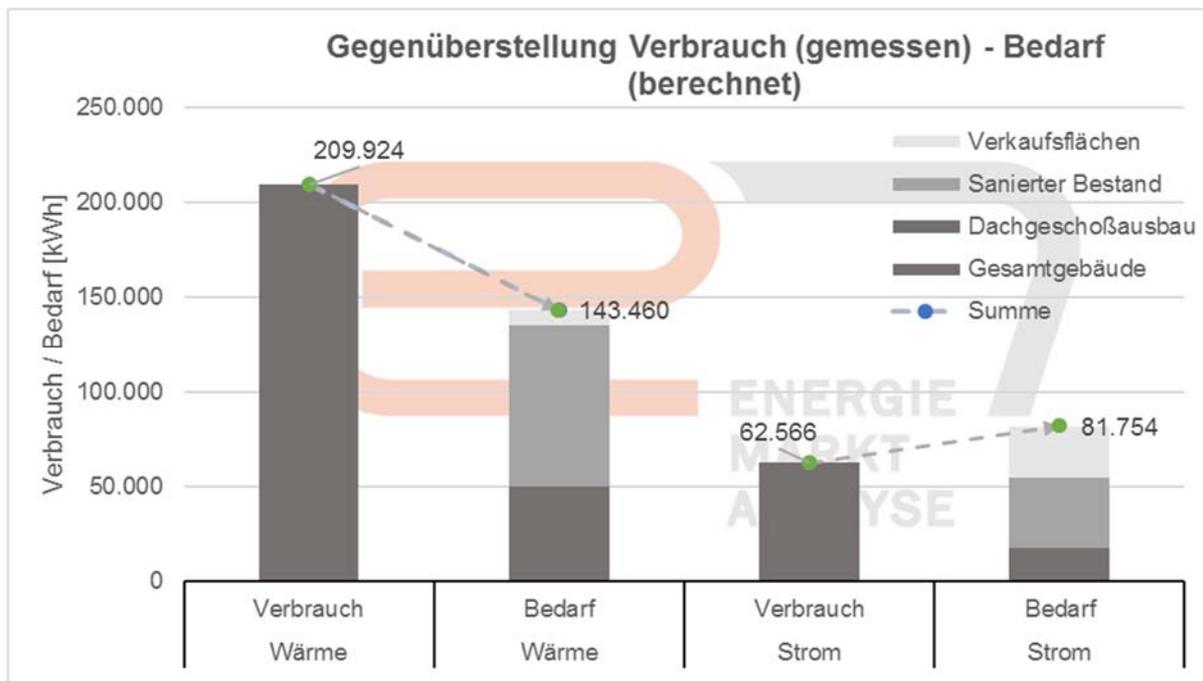


Abbildung 19 Gegenüberstellung von Verbrauchs- und Bedarfswerten Wärme, Strom

Es zeigt sich, dass der gemessene, tatsächliche Wärmeverbrauch rund 66.500 kWh über der Bedarfsberechnung liegt. Das entspricht einem Mehrverbrauch von rund 46 %, wobei der Anteil zur Warmwasserbereitung überwiegt.

Aus den gemessenen Außentemperaturen wurden 2.471 Heizgradtage ermittelt, 1.019 weniger als der Bedarfsberechnung zugrunde liegen. Folglich würde sich der relative Mehrbedarf nochmals erhöhen.

Erfahrungsgemäß ist davon auszugehen, dass die tatsächliche mittlere Raumtemperatur über dem Defaultwert der Bedarfsberechnung liegt (vgl. auch Referenzwohnungen, 2.2.7). Im Zuge einer Temperaturbereinigung würde sich der relative Mehrverbrauch reduzieren.

Abbildung 20 zeigt eine Gegenüberstellung von Verbrauchs- und Bedarfswerten Gesamt (Strom und Wärme) für End- und Primärenergiebedarf sowie für die rechnerischen CO₂-Emissionen.

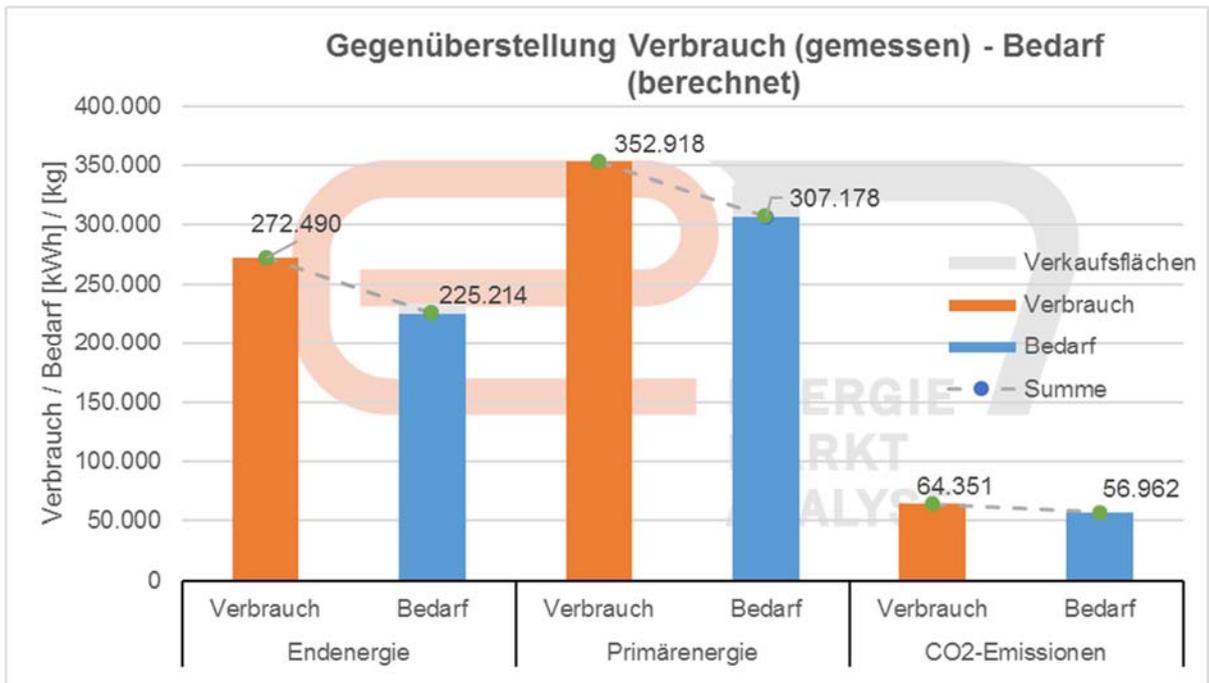


Abbildung 20 Gegenüberstellung von Verbrauchs- und Bedarfswerten: Endenergie, Primärenergie, CO2-Emissionen

4 Verzeichnisse

4.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Luftaufnahme Mariahilfer Straße 182, Quelle Trimmel Wall Architekten	7
Abbildung 2 Links: Gaskessel, Rechts: Pufferspeicher; Quelle: e7	8
Abbildung 3 Lüftungsanlage, Quelle: e7	9
Abbildung 4 Dachdraufsicht und Solarthermische Anlage, Quelle: akp	10
Abbildung 5 Links: Datensammler and GSM- Router an der Wand montiert; Rechts: Innenleben Datensammler, Quelle: e7	12
Abbildung 6 Auflistung jener Zähler, die periodisch abgelesen werden, eigene Darstellung e7	12
Abbildung 7 Schema für die kontinuierliche Erfassung von 15-Minuten-Werten, eigene Darstellung e7	14
Abbildung 8 Heizgradtage 20/12 und Monatsmittel der Außentemperatur	15
Abbildung 9 Verlauf der gemessenen Außentemperatur als 15-Minuten-Werte.....	16
Abbildung 10 Energiebilanz des Gebäudes	16
Abbildung 11 Aufteilung der Wärmeerzeugung.....	17
Abbildung 12 Aufteilung Wärmeverbrauch nach Raumwärme und Warmwasserbereitung...	17
Abbildung 13 Monatsbilanz des Wärmeverbrauchs nach Verbraucher	18
Abbildung 14 Aufteilung des Stromverbrauchs	18
Abbildung 15 Stromverbrauch der Haushalte, nach Größe geordnet	19
Abbildung 16 Hilfsenergieverbrauch pro Tag	20
Abbildung 17 Innenraumtemperatur und Raumlufffeuchte als Stundenmittelwert	22
Abbildung 18 Verlauf der CO ₂ -Konzentration; Tagesmittelwerte.....	24
Abbildung 20 Gegenüberstellung von Verbrauchs- und Bedarfswerten Wärme, Strom	26
Abbildung 21 Gegenüberstellung von Verbrauchs- und Bedarfswerten: Endenergie, Primärenergie, CO ₂ - Emissionen.....	27

4.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Wärmebedarf nach Energieausweisberechnung.....	10
Tabelle 2 Strombedarf nach Energieausweisberechnung.....	10
Tabelle 3 Endenergie-, Primärenergiebedarf und CO ₂ -Emissionen nach Energieausweisberechnung	11
Tabelle 4 Konversionsfaktoren für Primärenergie und CO ₂ - Faktoren, Quelle: OIB-6:2015..	21
Tabelle 5 Endenergieverbrauch, Primärenergieverbrauch und CO ₂ - Emissionen	21