

# **Endbericht der Modellvorhaben Effizienzhaus Plus**

## **Nr. 30**

Wissenschaftliche Begleitung des Effizienzhaus Plus  
Büscher  
in Bremen

### **Forschungsprogramm**

Modellhäuser im „Plus-Energie-Standard“, ein Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

### **Messperiode**

Januar 2015 bis Dezember 2016

### **Aktenzeichen**

SWD - 10.08.82-12.5

### **im Auftrag**

des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)  
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

### **bearbeitet von**

Dipl.-Phys. Hubert Westkämper



## **Endbericht Monitoringprogramm**

### **Effizienzhaus Plus**

### **Solar-Plus-Haus der Familie Büscher**

### **Achterdiek 42, 28359 Bremen**

*Messperiode 1. Januar 2015 bis 31. Dezember 2016*

**Hubert Westkämper, Dipl.-Phys.**

Von der IHK Oldenburg öff. best. u. vereid. Sachverständiger für

- Energiesparendes Bauen
- Thermische Bauphysik
- Solarenergienutzung in Gebäuden

Niederhörne 8, 26931 Elsfleth, Tel : 04483/930924

24.03.2017



## **Inhalt**

<b>1</b>	<b><u>KURZFASSUNG</u></b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b><u>KONTEXT UND ZIELSETZUNG</u></b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b><u>GEBÄUDESTECKBRIEF</u></b>	<b>5</b>
3.1	ALLGEMEINE DATEN	5
3.2	ARCHITEKTUR	6
3.3	WÄRMESCHUTZ	7
3.4	ANLAGENTECHNIK	9
3.5	ENERGIEBEDARF UND ENERGIEDECKUNG NACH DIN V 18599 UND PV-SIMULATION	11
3.6	BEWERTUNG DER EFFIZIENZ AUS BERECHNUNG NACH DIN V 18599	11
<b>4</b>	<b><u>MONITORING</u></b>	<b>12</b>
4.1	MESSKONZEPT	12
4.2	VERWENDETE MESSTECHNIK	14
<b>5</b>	<b><u>METEOROLOGISCHE RANDBEDINGUNGEN</u></b>	<b>15</b>
5.1	SOLARSTRAHLUNG	15
5.2	AUßENLUFTTEMPERATUREN	17
5.3	KLIMABEREINIGUNG	17
<b>6</b>	<b><u>MESSERGEBNISSE</u></b>	<b>18</b>
6.1	STROMVERBRAUCH	18
6.2	STROMVERBRAUCH FÜR ELEKTROMOBILITÄT	19
6.3	GEGENÜBERSTELLUNG VON STROMVERBRAUCH UND STROMGEWINNUNG	19
6.4	EIGENSTROMNUTZUNG	20
6.5	ANLAGENPERFORMANCE	21
6.6	WÄRMEERZEUGER	21
6.7	INNENRAUMTEMPERATUREN SOMMER	23
6.8	INNENRAUMTEMPERATUREN WINTER	23
6.9	BEHAGLICHKEIT (OPTIONAL)	24



<b>7</b>	<b><u>KOSTEN / WIRTSCHAFTLICHKEIT</u></b>	<b>25</b>
<b>7.1</b>	<b>BAUKOSTEN UND HAUSTECHNIK</b>	<b>25</b>
<b>7.2</b>	<b>KOSTEN HAUSHALTSGERÄTE UND BELEUCHTUNG</b>	<b>26</b>
<b>7.3</b>	<b>LAUFENDE KOSTEN</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b><u>BEWERTUNG</u></b>	<b>28</b>
<b>8.1</b>	<b>ENERGIEEFFIZIENZ</b>	<b>28</b>
<b>8.2</b>	<b>VERBESSERUNGSPOTENZIALE</b>	<b>28</b>
<b>8.3</b>	<b>WIRTSCHAFTLICHKEIT</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b><u>ANHANG</u></b>	<b>29</b>



## 1 Kurzfassung

Ende des Jahres 2014 wurde das Solar-Plus-Haus der Familie Büscher in Bremen fertiggestellt und bezogen. Das Haus mit seinen zwei Wohneinheiten verfügt über einen ausgezeichneten Wärmeschutz, eine nahezu wärmebrückenfreie Konstruktion und erfüllt die hohen Anforderungen an die Luftdichtheit eines Passivhauses. Aufgrund des schmalen Grundstücks hat das Gebäude ein ungünstiges Verhältnis aus Oberfläche zu Volumen. Wegen Auflagen des Bauamtes durfte im Dachgeschoss kein Vollgeschoss errichtet werden. Infolgedessen musste ein Erker auf der Südseite des Daches erstellt werden, wodurch das Dach für die Sonnenenergienutzung nicht optimal ist. Darüber hinaus wird die Dachfläche durch hohe Bäume und das Nachbarhaus verschattet, was die Erträge der Solaranlagen erheblich (etwa 20%) schmälert.

Das Gebäude wird mit einer Wärmepumpe mit Erdsonde (100 m) sowie einer thermischen Solaranlage (10 m<sup>2</sup> Fläche, 500 Liter Pufferspeicher) beheizt und mit warmem Wasser versorgt. Jede Wohnung verfügt über eine eigene Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (90%). Des Weiteren gibt es eine Photovoltaikanlage mit 10,8 kW Spitzenleistung.

Im und außerhalb des Gebäudes sind diverse Messgeräte installiert. Die Messwerte sind per Internet ablesbar und werden zudem im Haus gespeichert.

Folgende Tabelle zeigt die Strombilanz der letzten beiden Jahre:

**Tabelle 1: Energiebilanz des Gebäudes 2015 und 2016 (in kWh)**

Jahr	Stromproduktion	Stromverbrauch	Differenz
2015	8.122	8.324	<b>-202</b>
2016	7.828	7.437	<b>+391</b>

Im Jahre 2015 hatte das Haus ein leichtes Defizit von 202 kWh. Die Ursachen dafür waren: Neubaufeuchte, Architekturbüro, noch nicht optimierte Heizungsanlage.

Im Jahre 2016 war der Stromverbrauch des Gebäudes deutlich niedriger als im Vorjahr. Allerdings war die Sonneneinstrahlung auch noch schlechter als im vorhergehenden Jahr. Insgesamt ergab sich ein Plus von 391 kWh.



## 2 Kontext und Zielsetzung

Statt einen vorhandenen maroden Altbau zu sanieren, hat sich Familie Büscher für einen zukunftsfähigen komfortablen Neubau entschieden. Da die Baufamilie davon ausgeht, dass die heutige Energieversorgung auf Basis fossiler Energieträger sehr unsicher ist, unser Klima enorm schädigt und darüber hinaus immer teurer wird, entschied man sich für Energieeffizienz, Sonnenenergie und Erdwärme. Die späteren Nebenkosten sollten so gering wie möglich sein oder sogar ein Plus einbringen. Man wählte eine Vollversorgung des Hauses auf der Basis von Strom. Dieser kann in hohem Maße selbst produziert und zudem für Elektrofahrzeuge genutzt werden.

Soll ein Gebäude mehr Energie erwirtschaften als verbrauchen, muss es kompakt gebaut sein und über einen hervorragenden Wärmeschutz verfügen. Außerdem sollte es mit einer sehr effizienten Haustechnik ausgestattet sein, was nicht nur für Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung gilt, sondern auch für Beleuchtung und Haushaltsgeräte.

Das sog. Solar-Plus-Haus, das im Dezember 2014 fertiggestellt und bezogen wurde, ist ein freistehendes Gebäude mit zwei Wohneinheiten und etwa 140 m<sup>2</sup> Wohnfläche.

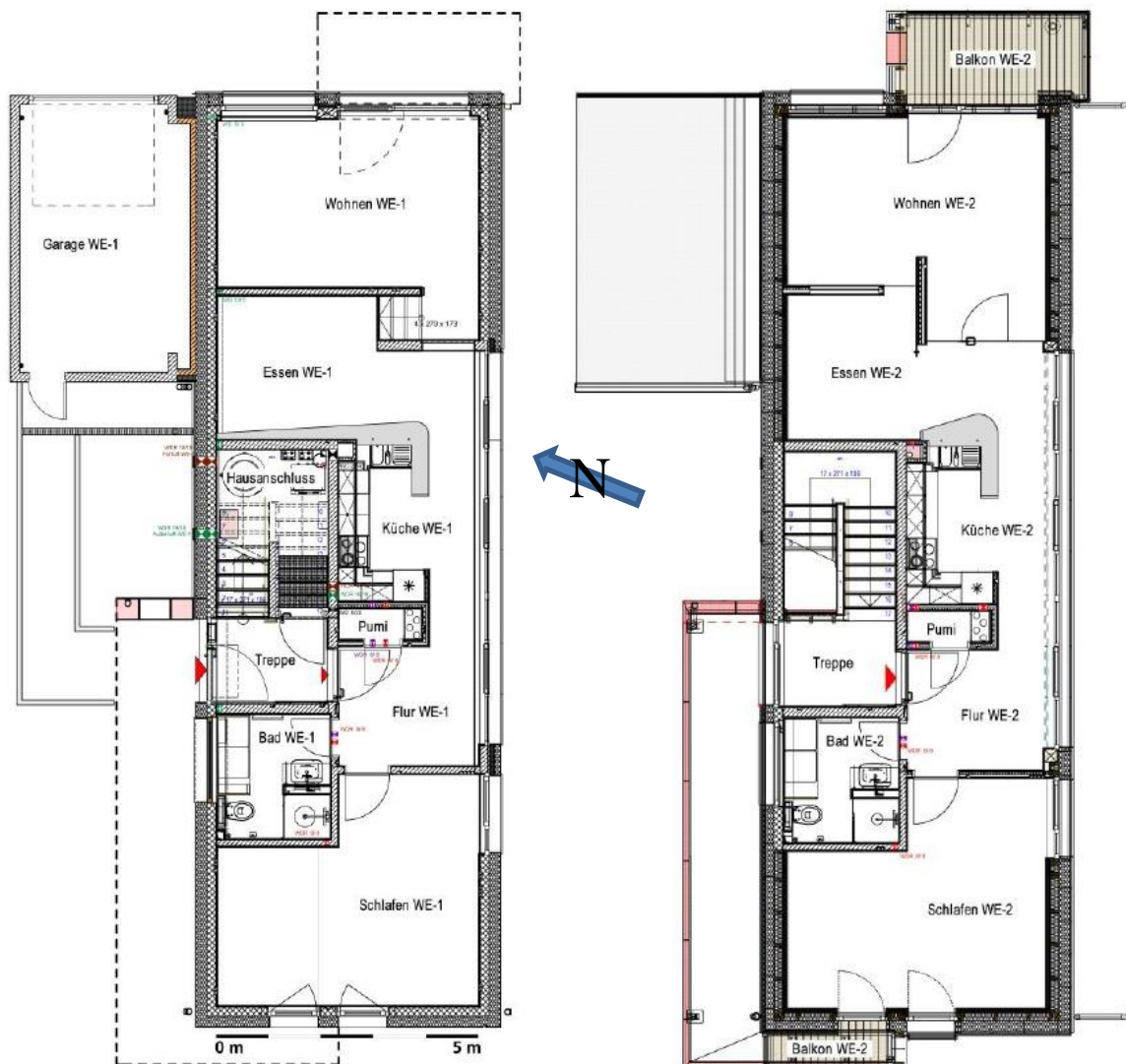
## 3 Gebäudesteckbrief

### 3.1 Allgemeine Daten

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die allgemeinen Daten des Gebäudes. In Abbildung 1 sind die Grundrisse der beiden Wohnungen angegeben.

**Tabelle 2: Allgemeine Daten des Gebäudes**

Baujahr	2014	
Bruttogrundfläche	215	m <sup>2</sup>
Beheizte Nettogrundfläche	166	m <sup>2</sup>
Beheiztes Gebäudevolumen	624,3	m <sup>2</sup>
Hüllfläche	523,1	m <sup>2</sup>
Hüllflächenfaktor A/V	0,84	m <sup>-1</sup>
Breitengrad	53,09	Grad
Längengrad	8,90	Grad
Höhenlage	3	m ü.NN
Mittlere Jahrestemperatur:	9,2	°C
Mittlere Wintertemperatur (Oktober-April)	4,8	°C
Gradtagzahl am Standort	3699	Kd
TRY-Klimazone/Referenzstation	03	



**Abbildung 1: Grundrisse Erdgeschoss (links) und Dachgeschoss (rechts)**

### 3.2 Architektur

Der Bebauungsplan schrieb vor, dass auf dem ausgewählten Grundstück nur eingeschossig gebaut werden durfte. Erlaubt waren jedoch Gauben im Dachgeschoss, um dort eine zweite Wohnung zu errichten und eine akzeptable Stehhöhe zu erreichen. Der Nachteil von Gauben ist, dass die wärmeübertragende Hüllfläche vergrößert und das Süddach teilweise für die Solarenergienutzung verloren geht oder verschattet wird.

Darüber hinaus wird das Dach von einem hohen Nachbarhaus und hohen Eichen verschattet.





Ein weiteres Problem ist, dass das Grundstück sehr schmal und lang ist. Infolgedessen ist das Gebäude 17,87 m lang und nur 5,92 m breit. Es hat dadurch ein ungünstiges Verhältnis von Oberfläche zu Volumen.

Das Haus zeichnet sich durch seinen hervorragenden Wärmeschutz und seine nahezu wärmebrückenfreie Konstruktion aus. Ohne Berücksichtigung der Solarstromanlage wäre das Haus ein Effizienzhaus 40, unterschreitet die Primärenergieanforderungen der bei der Planung gültigen EnEV 2009 an einen Neubau also um mindestens 60% und bei der Transmission um 45%.

Die untere Etage des Gebäudes wurde in Massiv- und die obere Etage in Holzständerbauweise errichtet.

### 3.3 Wärmeschutz

Die Bodenplatte wurde unter dem Beton 20 cm und über dem Beton 5 cm dick mit Polystyrol gedämmt (s. Tabelle 3). Die Wände bestehen im Erdgeschoss aus Gasbetonsteinen (17,5 cm) sowie einer 20 cm dicken Dämmung aus Mineralwolle (Wärmedämmverbundsystem).

Im Holzständerwerk des Dachgeschosses befinden sich 14 cm Zelluloseflocken. Auf der Außenseite ist eine Mineralwolldämmschicht von 20 cm eingebracht. Des Weiteren gibt es auf der Innenseite eine Installationsebene, die mit 4 cm Mineralwolle gedämmt ist.

Das Dach ist 20 cm dick zwischen den Sparren mit Zellulose und 10 cm über den Sparren mit Polystyrolplatten gedämmt.

Die Fenster und Türen haben 3-fach-Verglasung mit  $U_w$ -Werten von etwa  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Es wurde eine nahezu wärmebrückenfreie Konstruktion erreicht. Der Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U$  liegt bei  $-0,0081 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Auch thermografisch konnten keine Wärmebrücken erkannt werden. Die Luftwechselrate bei 50 Pa Druckdifferenz lag bei  $n_{50} = 0,54 \text{ h}^{-1}$  und erreicht damit Passivhaus-Niveau.





**Tabelle 3: Aufbau der Gebäudehülle**

Bauteil	Aufbau / Material	Dicke [mm]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Außenwand EG (von innen nach außen)	Zementputz	15	0,14
	Porenbeton Planstein	175	
	Mineralfaserdämmstoff WLG 035	200	
	Hinterlüftung	40	
	Alluminium-Wellblech-Verkleidung	-	
Außenwand OG (von innen nach außen)	Gipskartonplatten	12,5	0,09
	Mineralfaserdämmstoff WLG 035 zwischen Lattung	40	
	Gipsfaserplatten	12,5	
	Mineralfaserdämmung zwischen Konstruktionsholz	140	
	Holzfasерplatte diffusionsoffen	16	
	Mineralfaserdämmung	200	
	Luftschicht	40	
	Aluminium-Wellblechverkleidung	-	
Fenster	Fensterrahmen mit Dreifachverglasung (g-Wert: 0,50)	-	0,8
Dach (von oben nach unten)	Dachstein	-	0,14
	Lattung 40/60 mit Hinterlüftung	60	
	Holfaserplatte diffusionsoffen	16	
	Cellulose-Dämmung	300	
	OSB-Platte	15	
	Gipsfaser-Beplankung	12,5	
	Gipskarton-Beplankung	12,5	
Bodenkonstruktion (von oben nach unten)	Bodenbelag	10	0,15
	Zementestrich	62	
	Expandierter Polystyrolschaum EPS WLG 040	30	
	Expandierter Polystyrolschaum EPS WLG 035	20	
	Feuchtigkeitssperre	-	
	Normalbeton	200	
	Extrudierter Polystyrolschaum XPS WLG 040	200	



### 3.4 Anlagentechnik

Folgende Technologien sind zum Einsatz gekommen (s. Abbildung 2):

- Sole-/Wasser-Wärmepumpe: Weishaupt WWP S 6 ID mit Puffer WES 100-H (Volumen 100 Liter) mit 6,1 kW Leistung im Betriebspunkt B0/W35 an Fußbodenheizung. Wärmequelle für die Wärmepumpe ist eine Erdsonde mit 100 m Tiefe. Der in der Wärmepumpe enthaltene Elektro-Heizstab ist permanent abgeschaltet.
- Solarkollektoren, 4 Stück, Weishaupt K4 WTS-F2 mit 10,04 m<sup>2</sup> Brutto-Kollektorfläche
- Pufferspeicher Weishaupt WES 660-A-C mit Trinkwasser-Edelstahlwellrohr mit 654-Liter Volumen
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (>90 %) 2 Stück Helios 812 KWL EC 300 Pro R (in jeder Wohnung ein Gerät)
- Photovoltaikanlage auf der Südseite: 45 Module Panasonic VBHN 240 SE 10 je 240 W<sub>p</sub> mit insgesamt 10,8 kW Spitzenleistung; Bruttofläche: 56,7 m<sup>2</sup>; ohne Speicher mit Eigenverbrauch; Überschüsse werden ins öffentliche Netz eingespeist. Die Module haben einen Wirkungsgrad von 19,7 % und gehören damit zu den effizientesten der Welt.

Auf der Nordseite des Gebäudes gibt es eine Fläche von 45 m<sup>2</sup>, auf der eine weitere Photovoltaikanlage mit 4 bis 5 kW<sub>p</sub> errichtet werden kann. Dort könnten etwa 2.500 bis 3.000 kWh Strom pro Jahr produziert werden. Diese Anlage wurde bisher aus Kostengründen noch nicht realisiert.

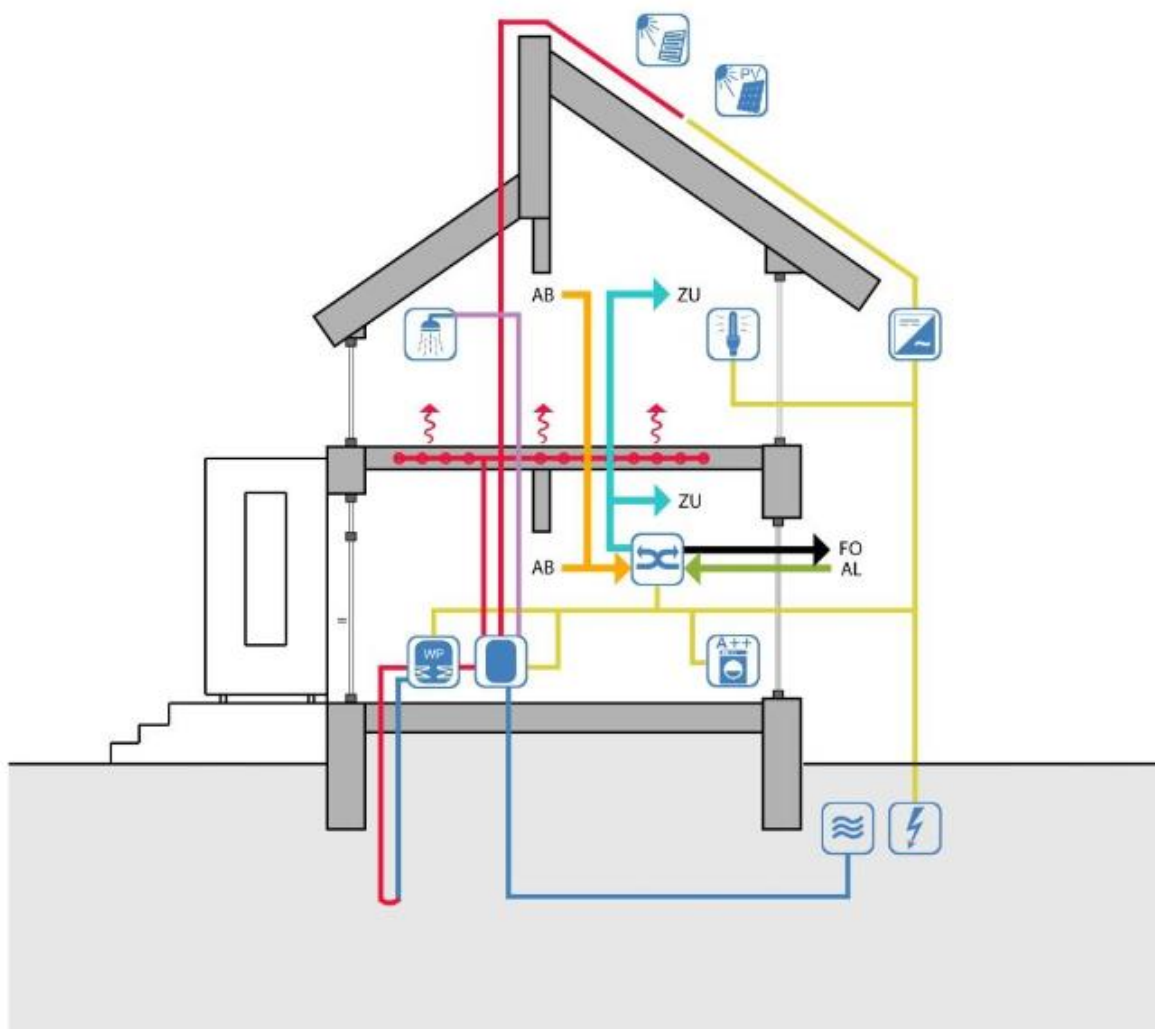


Abbildung 2: Haustechnik (Zeichnung: Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart)

### 3.5 Energiebedarf und Energiendeckung nach DIN V 18599 und PV-Simulation

Der Energiebedarf und die Energiendeckung für das Gebäude wird in folgender Tabelle dargestellt, wobei für den Haushaltsstrom 20 kWh/m<sup>2</sup>a gerechnet wurde:

**Tabelle 4: Energiebedarf nach DIN V 18599 und Solarstromproduktion nach Simulation**

Name	Heizung	Trink-Warmwasser	Lüftung	Wohnungen Haushaltstrom
Nutzenergiebedarf [kWh/a]	3.698	1.998	0	0
Endenergiebedarf [kWh/a]	3.789	130	0	20*166 = 3.320
<b>Endenergiebedarf nach DIN V 18599 gesamt:</b>		3789+130+3320 = <b>7.239 kWh/a</b>		
<b>Photovoltaik-Produktion nach PVSol 6.0:</b>			<b>8.177 kWh/a</b>	

### 3.6 Bewertung der Effizienz aus Berechnung nach DIN V 18599

Entsprechend der Berechnung nach DIN V 18599 ergeben sich die folgenden Werte:

**Tabelle 5: Bewertung und Effizienz aus Berechnung nach DIN V 18599**

Teilabschnitt	Erläuterung	Energie [kWh/a]	Spez. Energie [kWh/m <sup>2</sup> a]
Nutzenergie	Nutzenergiebedarf der Räume für Heizung, Trinkwarmwasser und Kühlung	5.696	28,51
Erzeuger-abgabe	Wärme- und Kälteabgabe der Erzeuger an das Verteilnetz oder die Speicher für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung		
Endenergie Erzeuger	Strombedarf für die Erzeugung von Wärme und Kälte für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung	120	0,60
Endenergie Haustechnik	Strombedarf für die Erzeugung von Wärme und Kälte für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung sowie Hilfsenergie für die Anlagentechnik wie Pumpen, Ventilatoren und Regelungen	3.919	19,62
Primärenergie Haustechnik	Nicht erneuerbarer Anteil des Primärenergieinhalts der gesamten Endenergie für die Haustechnik	10.191	51,01

Die Teilabschnitte werden in folgender Tabelle bewertet:

**Tabelle 6: Bewertete Teilabschnitte nach DIN V 18599**

Bewertete Teilabschnitte	Aufwandszahlen / Arbeitszahlen [kWh/kWh]
Effizienz der Verteilung (Erzeugerabgabe / Nutzenergie)	
Effizienz der Wärme- / Kälteerzeuger (Endenergie Erzeuger / Erzeugerabgabe)	
Endenergetische Effizienz der Haustechnik (Endenergie Haustechnik / Nutzenergie)	$3919 / 5696 = 0,69$
Effektive Arbeitszahl der gesamten Haustechnik (Nutzenergie / Endenergie Haustechnik)	$5696 / 3919 = 1,45$
Arbeitszahl des Energieerzeugers (Erzeugerabgabe / Endenergie Erzeuger)	
Primärenergetische Effizienz der Haustechnik (Primärenergie Haustechnik/ Nutzenergie)	$10191 / 5696 = 1,79$

## 4 Monitoring

### 4.1 Messkonzept

Entsprechend den Vorgaben im „Leitfaden für das Monitoring“ des Bundesministeriums wurden im Haus acht geeichte Wärmemengenzähler sowie elf Stromzähler (S1 bis S11) installiert (s. Tabelle 7). Diese Zähler können per Bussystem über das Internet ausgelesen werden. Hinzu kommen drei geeichte Stromzähler (S12 bis S14) der Stadtwerke zur Erfassung des von den Stadtwerken gelieferten, in deren Netz eingespeisten und des produzierten Solarstroms. Zu beachten ist, dass S1 = S12 und S3 = S14 ist. Die doppelten Messwerte unterscheiden sich im Jahre 2015 um 3,2% (S1, S12) bzw. um 0,4% (S13, S14). Im Jahre 2016 betragen die Differenzen: 1,6 % (S1, S12) und 0,4% (S13, S14).

Die Stromzähler für Sonstiges (S5 und S8) erfassen den Verbrauch für die Beleuchtung und den Verbrauch über die Steckdosen. Enthalten ist der Verbrauch für die Unterhaltungselektronik.

**Tabelle 7: Strom- und Wärmemengenzähler im Haus und Verbrauch bzw. Produktion in den Jahren 2015 und 2016**

Stromzähler		Verbrauch/ Produktion		Wärmezähler		Verbrauch/ Produktion	
		2015	2016			2015	2016
S1	Strom von Stadtwerken = S12	6.125	5.783	W1	OG Heizung	3.186	3.154
S2	TGA gesamtes Haus	830	555	W2	EG Heizung	3.900	3.658
S3	PV-Gesamt-Produktion = S14	8.087	7.796	W3	Wärmepumpe Eingang	6.852	5.464
S4	Wärmepumpe + Solepumpe	2.024	1.957	W4	Wärmepumpe Ausgang	7.835	8.082
S5	EG Sonstige: Licht, Steckdosen	454	430	W5	Speicher Ausgang Rück- laufanhebung	209	199
S6	EG Waschen, Spülen, Kühlen	600	484	W6	Trinkwasserausgang Speicher	1.183	1.049
S7	EG Kochen	11	7	W7	Speicher Eingang Mitte	605	427
S8	OG Sonstige: Licht, Steckdosen	947	971	W8	Solaranlage vor Speicher	2.060	1.983
S9	OG Waschen, Spülen, Kühlen	520	357				
S10	OG Kochen	27	70				
S11	OG Büro Architekt	2.318	1.652				
S12	Strom von Stadtwerken = S1	5.933	5.692				
S13	Rückspeisung an Stadtwerke	5.731	6.083				
S14	PV-Gesamt-Produktion = S3	8.122	7.828				

Zu beachten ist ferner, dass es einige wenige Stromverbraucher gibt, die nicht über die Zähler S1-S11 laufen: Satellitenschüssel mit Receiver, Beleuchtung Außenbereich sowie der Stromverbrauch für das Monitoring. Der Stromverbrauch dieser Geräte ( $S_{\text{Rest}}$ ) errechnet sich aus der der Stromlieferung der Stadtwerke und der PV-Anlage abzüglich des an die Stadtwerke gelieferten Stroms und des Verbrauchs, der von den installierten Stromzählern gemessen wird. Es gilt folgende Formel:

$$S_{\text{Rest}} = (S12+S14-S13) - (S2+S4+S5+S6+S7+S8+S9+S10+S11)$$

Der Stromverbrauch dieser außenliegenden Geräte belief sich in 2015 auf 593 kWh und in 2016 sogar auf 955 kWh. Zu bedenken ist, dass sich die Messfehler der einzelnen Messgeräte dabei addieren können.



## 4.2 Verwendete Messtechnik

Um die Energieströme, die Haustechnik und das Raumklima im Haus zu überwachen, wurden folgende Messgeräte installiert:

- 11 Wechselstrom- und Drehstromzähler (S1-S11, s. Abbildung 3)
- 8 Ultraschall-Wärmemengenzähler (s. Abbildung 4)
- 4 Temperatursensoren in verschiedenen Höhen am Speicher zur Kontrolle der thermischen Solaranlage
- 8 Temperatursensoren an den Lüftungskanälen (s. Abbildung 5)
- Sensoren für die relative Luftfeuchte und Temperatur in den Wohnräumen
- Sensoren für die relative Luftfeuchte und Temperatur draußen (s. Abbildung 6, links)
- Strahlungssensor zur Erfassung der Globalstrahlung (s. Abbildung 6, rechts)

Alle diese Sensoren sind an das KNX-Bussystem angeschlossen und können per Internet ausgelesen werden. Darüber hinaus werden die Stundenmittel dieser Daten aufgezeichnet (CSV-Dateien) und manuell einmal im Monat per Internet abgerufen.



Abbildung 3: Wechselstromzähler



Abbildung 4: Ultraschall Wärmemengenzähler



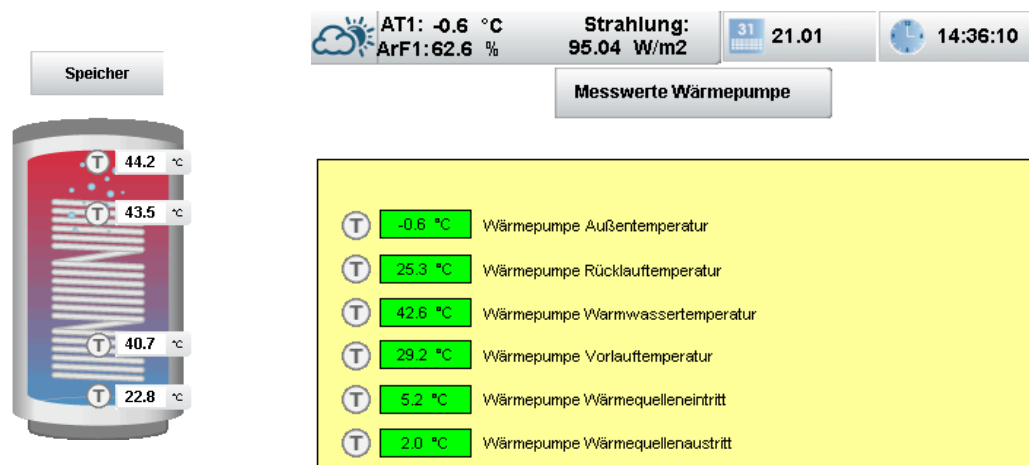
Abbildung 5: Temperatursensoren an einer der beiden Lüftungsanlagen





**Abbildung 6: Sensoren im Außenbereich**

Es wurden am 660-Liter-Speicher in verschiedenen Höhen Temperatursensoren angebracht, um die Temperaturschichtung im Speicher sowie die Funktionsweise der Wärmepumpe und der thermischen Solaranlage beobachten zu können. Abbildung 7 zeigt z.B. die Temperaturen am Speicher und an der Wärmepumpe an einem typischen Wintertag.

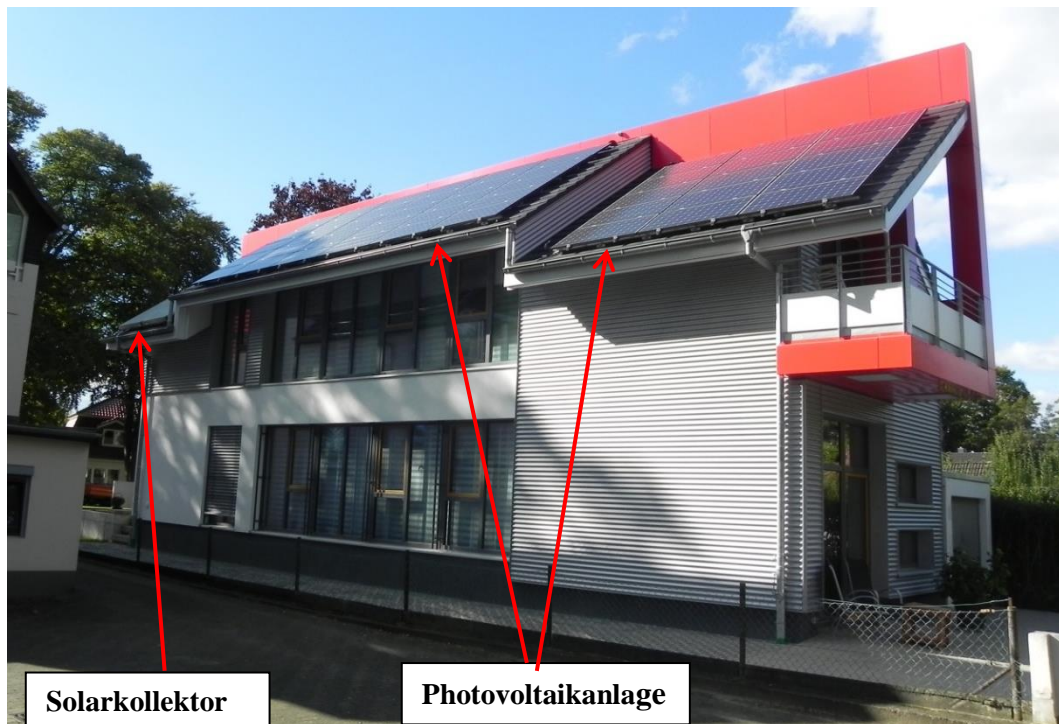


**Abbildung 7: Sensoren an Speicher und Wärmepumpe sind im Internet abrufbar**

## 5 Meteorologische Randbedingungen

### 5.1 Solarstrahlung

Die Globalstrahlung lag in Bremen im langjährigen Mittel (1981-2000) nach den Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) etwa bei 950 kWh/m<sup>2</sup>. Bremen gehört damit zu den strahlungsärmeren Gebieten in Deutschland. Hinzu kommt, dass das untersuchte Solar-Plus-Haus von hohen Eichen und einem zweistöckigen Nachbarhaus im Südwesten verschattet wird (s. Abbildung 8 bis Abbildung 10).



**Abbildung 8: Blick von Südosten: Verschattung durch das Nachbarhaus und hohe Eichen**



**Abbildung 9: Blick von Nordwesten**



**Abbildung 10: Blick von Nordosten**

Die lange Seite des Gebäudes mit ihren Solaranlagen ist außerdem um 20 Grad nach Osten aus der Südrichtung herausgedreht. Diese Bedingungen haben zur Folge, dass der Ertrag der sehr hochwertigen Photovoltaikanlage (mit 10,8 kW Spitzenleistung und 56,74 m<sup>2</sup> Bruttofläche) nach der Simulationsrechnung mit dem Programm PVSol 6.0 nur bei 8.177 kWh bzw. bei 757 W/m<sup>2</sup> liegt. In der Realität lagen die Erträge in den letzten beiden Jahren sogar noch etwas niedriger, wie Tabelle 8 zeigt.



**Tabelle 8: Erträge der Photovoltaikanlage**

Jahr	Solarertrag	Solarertrag je kW Spitzenleistung	Solarertrag je m <sup>2</sup> Modulfläche
	kWh	kWh/kWp	kWh/m <sup>2</sup>
Simulation	8.177	757	144
2015	8.122	752	143
2016	7.828	725	138

## 5.2 Außenlufttemperaturen

Die Außenlufttemperaturen lagen nach den Klimadaten des DWD an der Wetterstation Bremen im Jahre 2015 im Mittel bei 10,4 °C und an Heiztagen (Heizgrenztemperatur 12 °C) bei 6,6 °C. Im langjährigen Mittel (1970-2015) lagen sie bei 9,5 °C bzw. bei 5,0 °C.

## 5.3 Klimabereinigung

Die beiden letzten Jahre waren deutlich milder als der langjährige Durchschnitt, wie die Gradtagzahl aussagt (s. Tabelle 9).

**Tabelle 9: Klimabereinigung – Standort und Betrachtungsperiode**

Standort und Betrachtungsperiode	Gradtagzahl G20/12 [Kd]	Klimafaktor	
		Standort	Normklima
Gradtagzahl Bremen 01.01.2015 bis 31.12.2015	2.951	1,12	1,22
Gradtagzahl Bremen 01.01.2016 bis 31.12.2016	3.222	1,03	1,12
Gradtagzahl Bremen, langjähriges Mittel (1970 bis 2016)	3.319		
Gradtagzahl für das Referenzklima Deutschland	3.601		

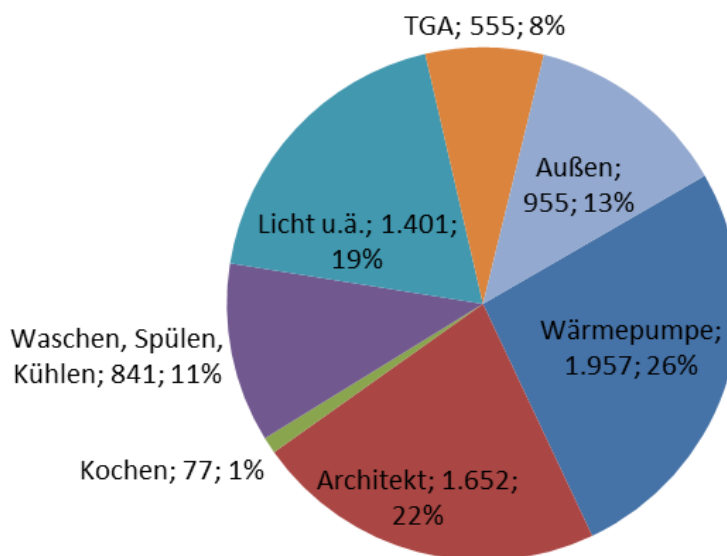
Da die beiden letzten Jahre deutlich milder waren, sind die Klimafaktoren größer als eins. Mit diesen Faktoren müssen die Heizenergieverbräuche multipliziert werden, um die Daten einer Klimakorrektur zu unterziehen.

## 6 Messergebnisse

### 6.1 Stromverbrauch

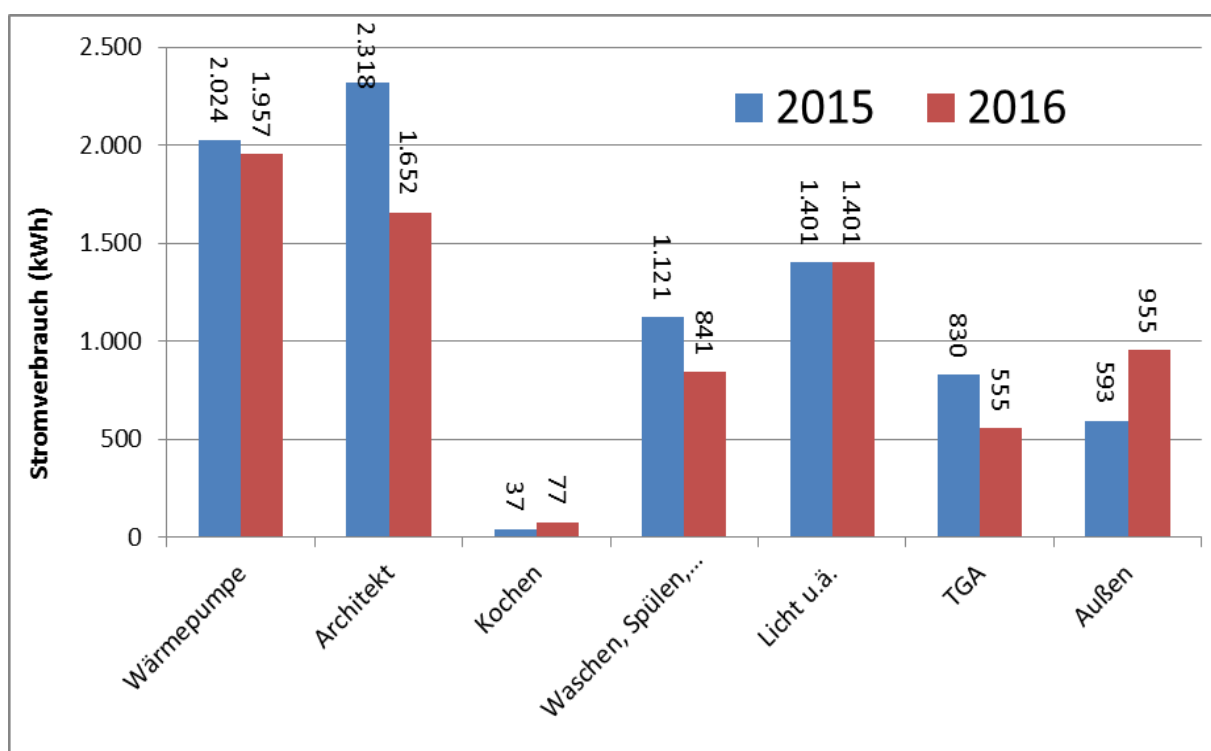
In der Oberwohnung wohnt der Architekt des Hauses. Von Januar bis November 2015 hatte er dort auch sein Büro und konnte so das Haus und die Haustechnik beobachten und optimieren. Da durch den Bürobetrieb Computer und Büromaschinen fast ständig in Betrieb waren, ist der Stromverbrauch dieser Wohnung deutlich höher als der eines normalen Haushalts. Der Verbrauch der Büromaschinen wird mit einem Stromzähler separat erfasst und lag im Jahre 2015 bei 2.318 kWh. Im Jahre 2016 waren die Büromaschinen weitaus weniger in Betrieb, so dass deren Stromverbrauch nur noch bei 1.652 kWh lag.

Der Stromverbrauch des Gebäudes lag im Jahre 2015 insgesamt bei 8.324 kWh und in 2016 bei 7.437 kWh. In 2016 verteilt sich der Stromverbrauch wie in Abbildung 11 angegeben.



**Abbildung 11: Verteilung des Stroms (in kWh) im Haus im Jahre 2016**  
(TGA = Technische Gebäudeausrüstung)

Folgende Abbildung zeigt den Vergleich der Verteilung des Stromverbrauchs für die Jahre 2015 und 2016:



**Abbildung 12: Verteilung des Stroms (in kWh) im Haus in den Jahren 2015 und 2016**  
(TGA = Technische Gebäudeausrüstung)

Im Jahre 2016 war der Stromverbrauch für die Wärmepumpe trotz des kälteren Klimas etwas niedriger als in 2015 (jeweils ohne Klimakorrektur). Der Stromverbrauch des Architekturbüros mit seinen Computern und Büromaschinen ist im Vergleich zum Vorjahr deutlich gesunken. In der Rubrik Licht u.ä. enthalten ist auch der Strom, der an Steckdosen beispielsweise für die Unterhaltungselektronik verwendet wird. Relativ unbedeutend ist dagegen der Stromverbrauch zum Kochen.

## 6.2 Stromverbrauch für Elektromobilität

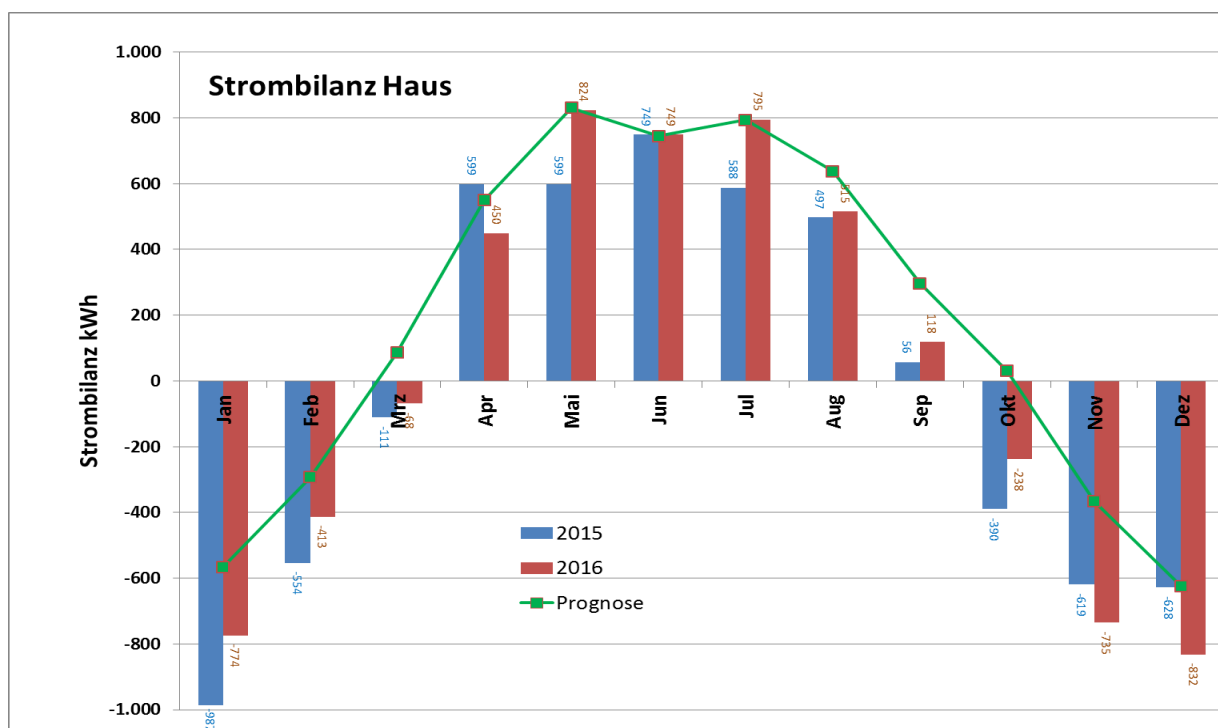
Außer einem Elektro-Fahrrad gibt es (noch) kein Elektromobil. Steckdosen sind im Außenbereich aber bereits installiert worden.

## 6.3 Gegenüberstellung von Stromverbrauch und Stromgewinnung

In den Sommermonaten sind große Überschüsse entstanden, wie Tabelle 10 und Abbildung 13 zeigen. Auch im September gab es noch Überschüsse.

**Tabelle 10: Monatlicher Stromverbrauch und solare Stromproduktion**

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Summe
Verbrauch 2015	1.084	865	763	598	598	557	584	554	571	674	754	722	<b>8.324</b>
Produktion 2015	97	311	652	1.197	1.197	1.306	1.172	1.051	627	284	135	94	<b>8.122</b>
Verbrauch 2016	864	722	672	538	437	427	432	449	608	528	849	911	<b>7.437</b>
Produktion 2016	90	309	604	988	1.261	1.176	1.227	964	726	290	114	79	<b>7.828</b>



**Abbildung 13: Monatlicher Stromverbrauch und Stromproduktion im Jahre 2015 und 2016 sowie Prognose**

#### 6.4 Eigenstromnutzung

Die Differenz aus den Zählern S13 und S14 ist der über ein Jahr selbst genutzte PV-Strom. Er lag im Jahre 2015 bei  $(8.122 - 5.731 \text{ kWh}) = 2.391 \text{ kWh}$ . Dies bedeutet, dass 29,4% des Stroms im Haus verbraucht wurden. Im Jahre 2016 lagen diese Werte bei  $(7.828 - 6.083 \text{ kWh}) = 1.745 \text{ kWh}$  und 22,2%.



## 6.5 Anlagenperformance

Die Haustechnik ist von Beginn an weitgehend störungsfrei gelaufen. Es gab allerdings noch Optimierungsbedarf.

## 6.6 Wärmeerzeuger

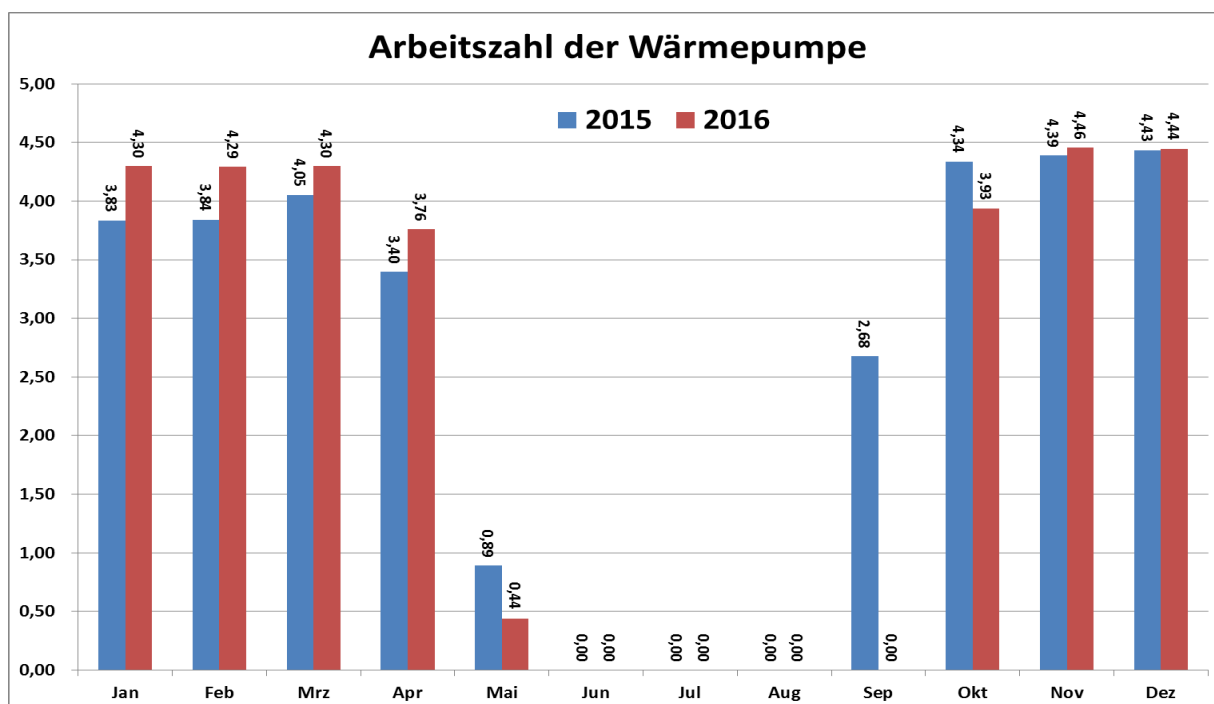
### Wärmepumpe:

Die Wärmepumpe lief in den ersten Monaten mit erhöhter Temperatur, um die Neubaufeuchte heraus zu heizen. Dementsprechend war die monatliche Arbeitszahl relativ niedrig. Im Sommerhalbjahr hat die thermische Solaranlage die Wärmeversorgung übernommen. Sehr unbefriedigend ist der relativ hohe Stand-By-Verbrauch der Wärmepumpe ohne Wärmelieferung im Sommer (s. Tabelle 11 und Abbildung 14) Monatlich hat die Anlage zwischen 14 kWh und 18 kWh verbraucht. Günstig wäre es, wenn der Hersteller in die Regelung einen „Schlaf-Modus“ einbauen würde, der immer dann in Kraft tritt, wenn z.B. über 24 Stunden keine Wärme benötigt wird.

**Tabelle 11: Monatliche Wärmeproduktion und Stromverbrauch der Wärmepumpe inklusive Regelung und Solepumpe in den Jahren 2015 und 2016 in kWh**

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
2015	Wärme	2.124	1.495	1.020	227	23	0	0	1	123	715	997	1.110	7.835
	Strom	554	389	252	67	26	18	15	14	46	165	227	250	2.024
	Arbeitszahl	3,83	3,84	4,05	3,40	0,89			0,07	2,68	4,34	4,39	4,43	<b>3,87</b>
2016	Wärme	1.758	1.457	1.111	392	9	0	0	0	0	421	1.416	1.518	8.082
	Strom	409	340	259	104	20	14	14	16	15	107	318	342	1.957
	Arbeitszahl	4,30	4,29	4,30	3,76	0,44					3,93	4,46	4,44	<b>4,13</b>



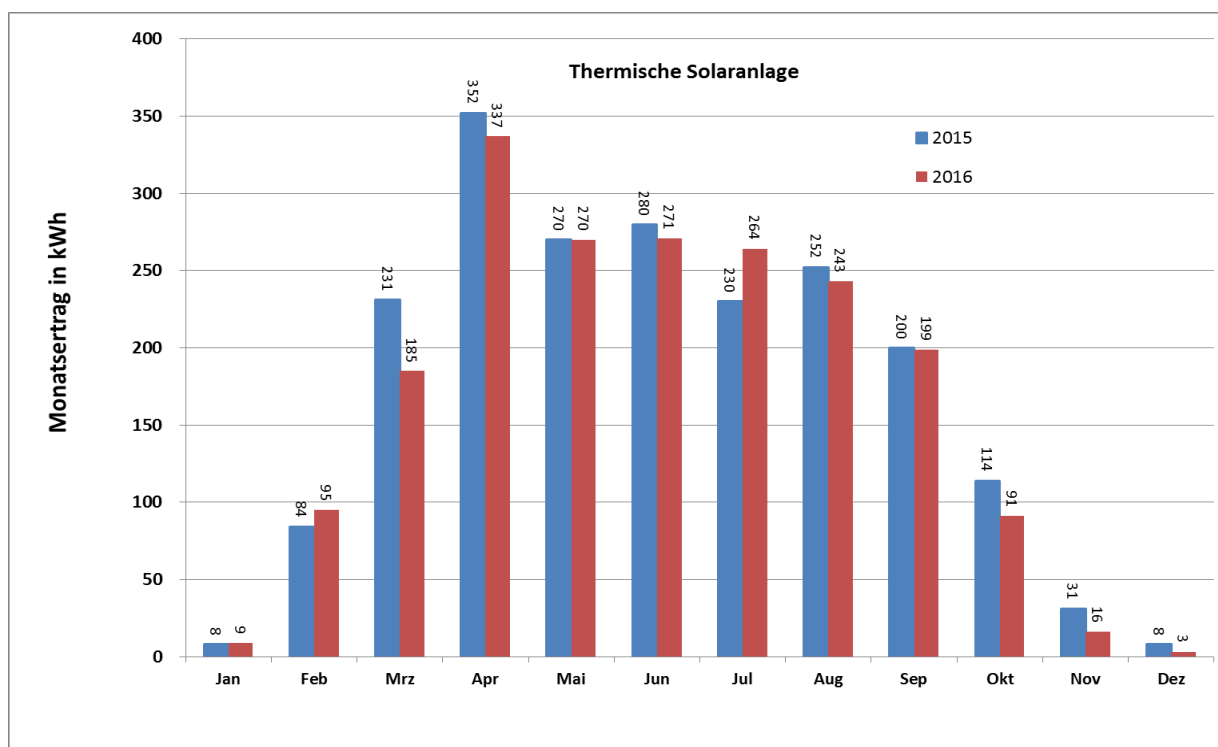


**Abbildung 14: monatliche Arbeitszahlen der Wärmepumpe in den Jahren 2015 und 2016**

Ab dem Sommer 2015 war die Wärmepumpe richtig eingestellt und lief mit max. 35 °C Heiztemperatur (bei -12 °C) und 45 °C Trinkwarmwassertemperatur. Die Arbeitszahlen sind ab September 2015 sehr gut. Über das Jahr gemittelt ergibt sich eine Jahresarbeitszahl von 3,87 in 2015 und 4,13 in 2016.

### **Thermische Solaranlage:**

Die thermische Anlage mit vier Kollektoren zu je 2,51 m<sup>2</sup> hat im Jahre 2015 insgesamt 2.060 kWh (2016: 1.983 kWh) in den Speicher bzw. in das Heizsystem eingespeist (s. Tabelle 7). Der Ertrag je m<sup>2</sup> Brutto Kollektorfläche beträgt somit 205 kWh/m<sup>2</sup> bzw. 198 kWh/m<sup>2</sup>. Die Anlage hat die Wärmeversorgung im Sommer komplett übernommen und damit die Erdbohrung wesentlich entlastet, die sich bis zum Herbst gut regenerieren konnte. Aufgrund des geringen Trink-Warmwasserbedarfs des Gebäudes hat die Solaranlage im Sommer aber auch erhebliche Überschüsse produziert.



**Abbildung 15: In den Speicher eingebrachte Solarwärme in 2015 und 2016**

## Lüftungsanlagen

Es gibt in jeder Wohnung eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die Anlagen sind Feuchtigkeits- und CO<sub>2</sub>-gesteuert. Bei Frost gibt es eine elektrische Vorwärmung der Zuluft.

### 6.7 Innenraumtemperaturen Sommer

Mit der Erdsonde könnte das Gebäude passiv gekühlt werden. Doch aus Kostengründen wurde die dafür erforderliche Technik (noch) nicht installiert. Die beiden letzten Sommer haben gezeigt, dass das Kühlen wahrscheinlich nicht notwendig sein wird, da das Haus große Dachüberstände hat (s. Abbildung 8 bis Abbildung 10). Außerdem verfügt es über Jalousien, die sich bei drohender Überhitzung automatisch absenken. Durch Bäume und das Nachbarhaus wird das Haus auch im Sommer teilweise verschattet. Die Temperaturen im Haus waren für die Bewohner bisher immer erträglich.

### 6.8 Innenraumtemperaturen Winter

Die Temperatur-Stundenmittelwerte im Haus und draußen sind in Abbildung 16 dargestellt. Die Innentemperaturen lagen im Winter stabil bei 21-22 °C. Wärmer wird es manchmal durch Sonneneinstrahlung oder durch den Betrieb von Computern im Architekturbüro (Schlafzimmer OG).

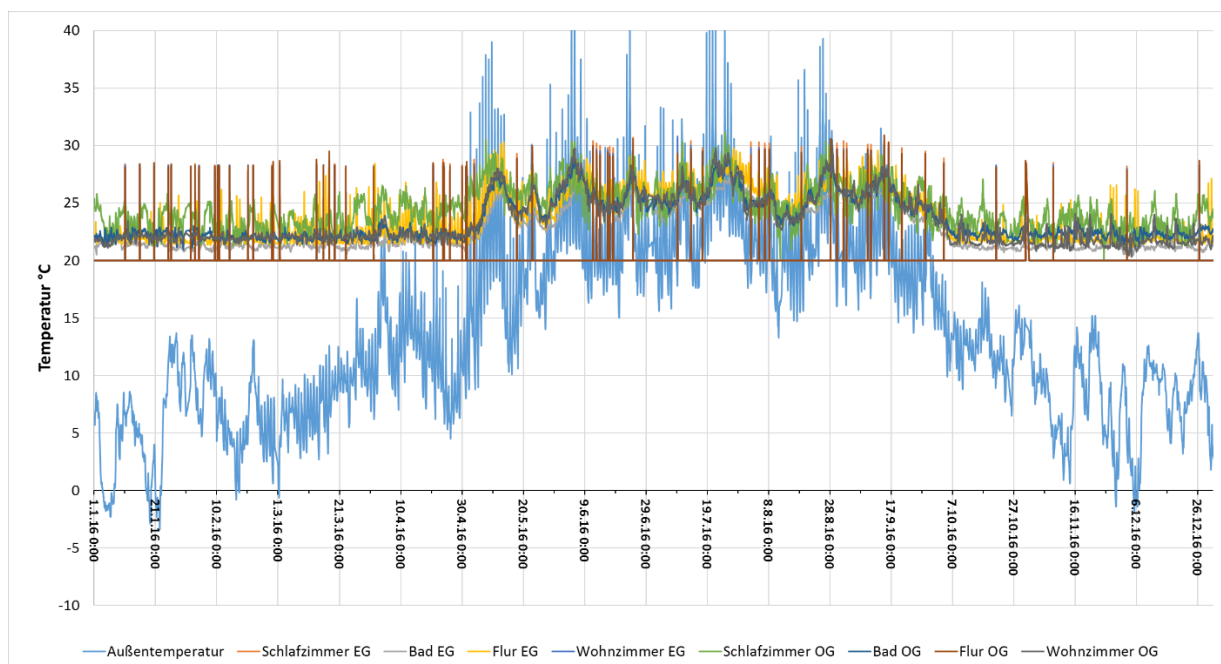


Abbildung 16: Temperaturen draußen und im Haus im Jahre 2016

## 6.1 Behaglichkeit

Das Raumklima wird von den Bewohnern als behaglich empfunden. Die durchschnittlichen Temperaturen und Luftfeuchten pro Monat sind im Anhang angegeben. Zu beachten ist, dass das Schlafzimmer im Obergeschoss als Arbeitszimmer für das Architekturbüro genutzt wurde, im Jahre 2015 mehr und in 2016 weniger. Die Büromaschinen haben relativ viel Abwärme produziert und die Temperatur im Raum stark steigen lassen (teilweise auf 25 °C und mehr, s. Anhang, Tab. 18 und 20). Die hohen Temperaturen wurden nicht als unangenehm empfunden, im Gegenteil.

## 7 Kosten / Wirtschaftlichkeit

### 7.1 Baukosten und Haustechnik

Die minimal erforderlichen Dämmstärken im Standardhaus und die tatsächlich eingebauten Dämmstärken sowie die dadurch entstandenen Mehrkosten sind in Tabelle 12 angegeben.

**Tabelle 12: Mehrkosten der Gebäudehülle gegenüber Standard-Bauweise nach EEWärmeG und EnEV 2009**

Berechnungs- grundlage: BGF <sup>gem. DIN 277</sup> = 217,59 m <sup>2</sup>	Fläche	EnEV 2009 und EEWärmeG			Effizienzhaus Plus			
		Däm- mung	Kosten	Kosten	Däm- mung	Kosten	Kosten	Mehr- kosten
	m <sup>2</sup>		€/m <sup>2</sup>	€		€/m <sup>2</sup>	€	
Außenwand	180,1	12 cm	15,20	2.738	20 cm	30,80	5.548	2.810
Dach	144,4	24 cm	25,20	3.639	30 cm	40,00	5.777	2.137
Wand an Erde	20,9	12 cm	29,00	607	20 cm	55,90	1.170	563
Bodenplatte	104,3	12 cm	29,00	3.025	20 cm	45,82	4.779	1.754
Fenster	74,8	2-fach	280,00	20.944	3-fach	401,00	29.995	9.051
Haustüranlage	4,3		770,00	3.326		1.775,23	7.669	4.343
<b>Summe</b>				<b>34.280</b>			<b>54.938</b>	<b>20.658</b>

Mehrkosten gegenüber der Standardbauweise nach Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 sowie nach dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) sind im Wesentlichen durch die dickeren Dämmschichten, effizienteren Fenster und Türen sowie durch die aufwändigere Haustechnik entstanden. Es ergeben sich knapp 21.000 € an Mehrkosten für die Gebäudehülle.

Im Standardhaus hätte ein einfacher Brennwertkessel und eine kleine thermische Solaranlage für die Trinkwassererwärmung (TWW) ausgereicht (s. Tabelle 13). Stattdessen wurden eine Erdwärmepumpe und eine größere Solaranlage installiert. Im Standardhaus wäre eine reine Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung ausreichend gewesen, um eine gute Luftqualität zu erreichen und Luftfeuchtigkeit und Schadstoffe abzuführen. Zur Verbesserung der Energiebilanz und der Wohnqualität wurden im Solar-Plus-Haus zwei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eingebaut. In Tabelle 13 sind die tatsächlich angefallenen Investitionskosten angegeben.



**Tabelle 13: Mehrkosten der Haustechnik gegenüber Standard-Bauweise nach EEWärmeG und EnEV 2009**

	EnEV 2009 und EEWärmeG		Effizienzhaus Plus		
	Technik	Kosten	Technik	Kosten	Mehrkosten
		€		€	€
Heizungsanlage inkl. Speicher u. FB-Heizung	Erdgas-Brennwertkessel	24.000	Erdreich-Wärmepumpe	36.731	11.731
Solarthermie	TWW	5.000	Hzg+Tww	9.000	4.000
Lüftungsanlage	Abluftanlagen ohne WRG	5.500	90% WRG	15.959	10.459
Photovoltaik	Keine	0	10,8 kW <sub>p</sub>	28.000	28.000
Beleuchtung	Standard	0	LED	0	0
Geräte	Standard	0	Effi.Kl. A	0	0
Summe		<b>45.959</b>		<b>89.690</b>	<b>54.190</b>

Photovoltaikanlagen sind ökonomisch eigentlich Selbstläufer. Wegen der EEG-Vergütung und des selbst genutzten Stroms amortisieren sie sich in der Regel meist nach 10-15 Jahren, wobei man mit einer Lebensdauer von mindestens 25 Jahren rechnen kann.

Inklusive Photovoltaikanlage lagen die Mehrkosten der Haustechnik damit bei 54.190 €. Ohne Photovoltaikanlage waren es 26.190 €.

## 7.2 Kosten Haushaltsgeräte und Beleuchtung

Die in den zwei Haushalten eingebauten Geräte haben keine Mehrkosten verursacht, oder sie waren sehr gering. Auch die energiesparende Beleuchtung hat keine oder kaum Mehrkosten verursacht.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die installierten Haushaltsgeräte:

**Tabelle 14: Im Haus installierte Haushaltsgeräte**

Gerät	Anzahl	
Herd	2	IKEA Folklig 502.916.19 Induktionskochfelder
Backofen	2	IKEA Typ Realistisk 805.451.50, Class A, 56 Liter, Herkömmliche Funktion 0,95 kWh/Zyklus, mit Heißluftfunktion 0,84 kWh/Zyklus
Dunstabzugshaube	2	Umluft, Gorenje Typ DF 6130 E Flachschirm
Mikrowelle	2	IKEA Typ Hushalla Framtid, Ausgangsleistung MW 750W, Eingangsnennleistung 1.300 W
Spülmaschine	2	IKEA Typ Hjälpsam 102.224.25, 45cm, Class A, 250 kWh/Jahr, 3.640 L / Jahr)
Kühl- und Gefrierschrankkombi	2	IKEA Typ Rakall 402.822.91, Class A, 278 kWh/Jahr, 152 L Kühlschrank, 79 L Gefrierfach ***
Waschmaschine	2	EG: LG Typ F14B8T/Q, Class A+++) (DG: Miele Model 842, Exquisit 1342)
Wäschetrockner		EG: Bauknecht Typ TK Evo 74 Wärmepumpentrockner, Class A++ DG: Wäscheständer
Beleuchtung		Diverse LED 12-24V

### 7.3 Laufende Kosten

Das Standardhaus hätte einen Erdgasbedarf von 12.710 kWh pro Jahr. Bei einem Erdgaspreis von 6 ct/kWh sowie einer Grundgebühr von 200 €/a ergeben sich 963 € an Heizkosten. Der Stromverbrauch läge bei 8.214 kWh inklusive des Haushaltsstroms (2.500 kWh je Wohnung). Bei einem Strompreis von 28 ct/kWh ergäben sich Stromkosten von 2.300 € im Jahr. Für die Wartung der Heizung, Schornsteinfegergebühren und Reparaturen muss man im Standardhaus mit mindestens 450 € im Jahr rechnen, so dass sich insgesamt Kosten von 3.663 € ergeben.

Im Effizienzhaus Plus wurden dem Netz im Jahre 2015 nur 5.933 kWh (2016: 5.692 kWh) Strom entnommen, für die 28 ct/kWh oder 1.661 € (1.594 €) zu zahlen waren. Abziehen sind die Einnahmen aus dem Stromverkauf (5.731 kWh x 14 ct/kWh =) 802 € (2016: 6.083 kWh; 852 €). Auch die Wartungskosten für die Heizungsanlage sind wesentlich geringer als im Standardhaus. Gegenüber dem Standardhaus werden jährlich rund 2.700 bis 2.800 € an Kosten eingespart, wie folgende Tabelle zeigt:



**Tabelle 15: Laufende Kosten in Euro im Standardhaus und im Effizienzhaus Plus und Kosteneinsparung in den Jahren 2015 und 2016**

Energie- + Betriebskosten	Standardhaus nach EnEV 2009	Effizienzhaus Plus			
		Kosten	Einsparung	Kosten	Einsparung
		2015	2015	2016	2016
Erdgas mit Grundgebühr	963	0	963	0	963
Strom (auch Haushaltstrom)	2.300	1.661	639	1.594	706
Wartung Heizung	450	150	300	150	300
Netzeinspeisevergütung	0	-802	802	-852	852
<b>Laufende Kosten pro Jahr</b>	<b>3.713</b>	<b>1.009</b>	<b>2.704</b>	<b>892</b>	<b>2.821</b>

## 8 Bewertung

### 8.1 Energieeffizienz

Im Jahre 2015 wurde das Plus knapp verfehlt. Ursache dafür waren:

- erhöhter Verbrauch durch die Neubaufeuchte
- noch nicht optimale Einstellung der Wärmepumpe
- Betrieb des Architekturbüros

Im Jahre 2016 wurde das Plus erreicht.

### 8.2 Verbesserungspotenziale

Energetische Verbesserungspotenziale gibt es bei der

- **Photovoltaikanlage:** Zurzeit wird die PV-Leistung bei 70% gekappt, wodurch etwa 5% der Stromproduktion verloren geht. Effizienter wäre eine Leistungsregelung durch einen Rundsteuerempfänger, der aber Kosten von 700 bis 1000 € verursacht. Die Stromproduktion könnte dadurch um 400 kWh pro Jahr erhöht werden.
- **Wärmepumpe:** Gäbe es einen „Schlafmodus“, in dem die Wärmepumpe beispielsweise nur 2 W an Leistung verbraucht, könnten jährlich rund 100 kWh Strom eingespart werden.

**Anmerkungen:** Beim Dach werden durch die Verschachtelung der Dachfläche erhebliche Flächen unnötig verschattet und stehen für die Photovoltaik nicht mehr zur Verfügung.





Die 45 Solarmodule arbeiten zurzeit an zwei Wechselrichtern mit je 22 Modulen sowie an einem Modulwechselrichter mit nur einem Modul. Ein einzelner großer Wechselrichter wäre bei mindestens gleichem Wirkungsgrad preiswerter gewesen und hätte die Montage vereinfacht.

### **8.3 Wirtschaftlichkeit**

In Kapitel 7 sind die Mehr-Investitionskosten und die laufenden Kosten abgeschätzt worden. Den Mehrkosten von (20.658 € + 54.190 € =) 74.848 € stehen 2.700 bis 2.800 € an jährlichen Einsparungen gegenüber.

Eine Wirtschaftlichkeit ist kaum berechenbar, da die Energiepreise der Zukunft nicht absehbar sind. Bleiben die Energiepreise konstant, ergibt sich eine statische Amortisationszeit von 26,7 Jahren. Bei einer jährlichen Energiepreissteigerung von 5% liegt die Amortisationszeit bei 17,4 Jahren, und bei 10% sind es 13,7 Jahre. Konstante Energiepreise sind aus Klimaschutzgründen sehr unwahrscheinlich. In diesem Fall ist mit einer CO<sub>2</sub>-Steuer zu rechnen. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung liegt bei etwa 8,1 Tonnen pro Jahr gegenüber dem Standard-Haus.

## **9 Anhang**



**Tabelle 16: Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Bezug und Hausverbrauch im Jahr 2015**

Monat	Bezug		Photovoltaik		Hausverbrauch						Summe Hausverbrauch
	Netzbezug	PV-Ertrag	PV-Einspeisung	PV-Eigenverbrauch	Heizung + TWW	TGA	Licht+Sonst	Koch+Wasch+Spül+Kühl	Architekt	Sonstiges	
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan 15	1.004	97	17	80	554	67	130	74	195	49	1.070
Feb 15	708	311	154	157	389	50	105	82	169	49	846
Mär 15	539	652	428	224	252	66	99	110	200	49	776
Apr 15	316	1.197	915	282	67	76	92	122	221	49	628
Mai 15	316	1.197	915	282	26	79	94	123	220	49	592
Jun 15	255	1.306	1.004	302	18	75	88	125	208	49	563
Jul 15	284	1.172	872	300	15	89	97	131	202	49	584
Aug 15	303	1.051	800	251	14	78	116	98	204	49	558
Sep 15	363	627	419	208	46	67	143	78	190	49	574
Okt 15	534	284	144	140	165	63	142	67	181	49	667
Nov 15	658	135	39	96	227	61	145	75	180	49	738
Dez 15	653	94	25	69	250	59	149	75	147	49	730
<b>Summe</b>	<b>5.933</b>	<b>8.122</b>	<b>5.731</b>	<b>2.391</b>	<b>2.024</b>	<b>830</b>	<b>1.401</b>	<b>1.158</b>	<b>2.318</b>	<b>593</b>	<b>8.324</b>



**Tabelle 17: Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Bezug und Hausverbrauch im Jahr 2016**

Monat	Bezug		Photovoltaik		Hausverbrauch						Summe Hausverbrauch
	Netzbezug	PV-Ertrag	PV-Einspeisung	PV-Eigenverbrauch	Heizung + TWW	TGA	Licht+Sonst	Koch+Wasch+Spül+Kühl	Architekt	Sonstiges	
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan 16	807	90	33	57	409	38	147	71	122	77	864
Feb 16	617	309	204	105	340	42	119	62	110	50	722
Mär 16	516	604	448	156	259	45	122	70	117	59	672
Apr 16	337	988	787	201	104	52	114	81	138	50	538
Mai 16	231	1.261	1.055	206	20	44	102	74	142	55	437
Jun 16	214	1.176	963	213	14	49	107	87	124	46	427
Jul 16	221	1.227	1.016	211	14	51	104	81	141	41	432
Aug 16	273	964	788	176	16	49	109	76	136	63	449
Sep 16	277	726	395	331	15	43	100	81	133	235	608
Okt 16	587	290	349	-59	107	44	132	79	144	22	528
Nov 16	766	114	31	83	318	48	146	85	176	75	849
Dez 16	846	79	14	65	342	50	99	70	168	183	911
<b>Summe</b>	<b>5.692</b>	<b>7.828</b>	<b>6.083</b>	<b>1.745</b>	<b>1.957</b>	<b>555</b>	<b>1.401</b>	<b>918</b>	<b>1.652</b>	<b>955</b>	<b>7.437</b>



**Tabelle 18: Zusammenstellung der Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen im Jahr 2015**

Monat	EG Schlafzim- mer	EG Wohnzim- mer	EG Bad	EG Flur	OG Schlaf-/ Arbeitszimmer	OG Wohnzim- mer	OG Bad	OG Flur
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Jan 15	20,0	20,0	21,9	22,1	26,1	23,7	25,5	20,0
Feb 15	20,1	20,1	21,5	22,0	25,5	22,6	24,2	20,1
Mrz 15	20,0	20,0	22,0	22,8	26,0	22,3	24,1	20,0
Apr 15	20,0	20,0	22,1	23,7	26,6	22,7	24,1	20,0
Mai 15	20,0	20,0	21,9	23,1	26,2	23,6	23,9	20,0
Jun 15	20,0	20,1	22,7	24,1	26,8	25,6	24,7	20,1
Jul 15	20,0	20,0	24,1	25,3	26,4	25,7	25,4	20,0
Aug 15	20,1	20,1	24,0	25,3	26,9	26,0	25,9	20,1
Sep 15	20,0	20,0	21,7	22,6	25,6	22,8	22,9	20,0
Okt 15	20,0	20,0	21,5	22,0	25,0	22,1	22,0	20,0
Nov 15	20,0	20,0	21,3	21,9	24,6	21,9	21,7	20,0
Dez 15	20,1	20,1	21,2	21,9	23,9	21,9	21,6	20,1
<b>Mittelwert Heizperiode*</b>	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>	<b>21,6</b>	<b>22,3</b>	<b>25,4</b>	<b>22,5</b>	<b>23,3</b>	<b>20,0</b>

\*Heizperiode Januar bis April und Oktober bis Dezember 2015



**Tabelle 19: Zusammenstellung der mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten im Jahr 2015**

Monat	EG Schlafzim- mer	EG Wohnzim- mer	EG Bad	EG Flur	OG Schlaf-/ Arbeitszimmer	OG Wohnzim- mer	OG Bad	OG Flur
	%	%	%	%	%	%	%	%
Jan 15	41,6	37,3	50,4	38,0	27,9	28,4	34,5	37,5
Feb 15	42,8	38,3	52,4	38,5	29,0	30,9	37,0	35,9
Mrz 15	43,0	39,2	54,8	38,5	28,8	31,8	36,7	33,0
Apr 15	42,2	40,0	54,1	37,4	27,5	31,3	36,6	32,6
Mai 15	46,0	44,2	59,2	42,4	31,4	34,4	42,9	36,4
Jun 15	52,8	49,5	65,3	49,1	36,8	37,6	51,0	41,7
Jul 15	58,8	55,5	60,0	54,3	44,6	46,0	55,2	49,5
Aug 15	55,7	57,5	62,8	55,3	46,5	48,7	54,4	51,3
Sep 15	51,7	54,8	61,4	52,9	42,8	48,9	54,5	51,1
Okt 15	50,9	49,7	56,9	49,1	39,8	44,7	52,0	46,8
Nov 15	48,5	50,0	57,5	49,1	39,8	43,9	53,0	46,4
Dez 15	46,4	46,1	55,6	47,0	39,6	40,9	50,9	44,0
<b>Mittelwert Heizperiode*</b>	<b>45,1</b>	<b>42,9</b>	<b>54,5</b>	<b>42,5</b>	<b>33,2</b>	<b>36,0</b>	<b>43,0</b>	<b>39,5</b>

\*Heizperiode Januar bis April und Oktober bis Dezember 2015



**Tabelle 20: Zusammenstellung der Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen im Jahr 2016**

Monat	EG Schlafzim- mer	EG Wohnzim- mer	EG Bad	EG Flur	OG Schlaf-/ Arbeitszimmer	OG Wohnzim- mer	OG Bad	OG Flur
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Jan 16	20,1	20,1	21,4	21,9	23,4	21,9	22,2	20,1
Feb 16	20,1	20,1	21,2	22,1	23,2	22	22,1	20,1
Mrz 16	20,1	20,1	21,3	22,3	23,3	22	22	20,1
Apr 16	20,1	20,1	21,6	22,7	24,4	22,2	22,2	20,1
Mai 16	20,1	20,1	23,5	24,8	26,4	24,8	24,8	20,1
Jun 16	20,1	20,1	25,1	26,2	26,2	26,1	25,9	20,1
Jul 16	20,0	20,0	25,4	26,7	26,6	26,4	26,1	20,0
Aug 16	20,1	20,1	24,7	25,9	25,3	25,3	25,3	20,1
Sep 16	20,1	20,1	24,8	26,0	25,6	25,7	25,5	20,1
Okt 16	20,0	20,0	21,4	22,2	23,6	22	22,5	20,0
Nov 16	20,0	20,0	21,2	22,0	23,3	21,7	22,4	20,0
Dez 16	20,0	20,0	21,2	22,0	23,2	21,6	22,3	20,0
<b>Mittelwert Heizperiode*</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>21,3</b>	<b>22,2</b>	<b>23,5</b>	<b>21,9</b>	<b>22,2</b>	<b>20,1</b>

\*Heizperiode Januar bis April und Oktober bis Dezember 2016



**Tabelle 21: Zusammenstellung der mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten im Jahr 2016**

Monat	EG Schlafzim- mer	EG Wohnzim- mer	EG Bad	EG Flur	OG Schlaf-/ Arbeitszimmer	OG Wohnzim- mer	OG Bad	OG Flur
	%	%	%	%	%	%	%	%
Jan 16	42,6	43,3	49,1	43,0	36,9	37,2	44,4	39,5
Feb 16	38,7	41,8	45,6	38,1	35,2	35,6	40,4	37,3
Mrz 16	35,4	39,0	42,0	35,6	32,9	32,4	38,1	34,7
Apr 16	37,4	39,6	44,2	37,6	34,3	36,5	40,9	38,6
Mai 16	39,9	43,0	47,7	41,2	35,8	38,0	42,8	41,1
Jun 16	50,2	53,3	61,4	51,4	45,8	45,7	51,8	48,8
Jul 16	50,5	54,1	61,0	52,0	46,2	46,3	51,6	49,3
Aug 16	51,1	56,6	62,8	52,8	48,0	48,4	53,1	51,0
Sep 16	50,1	56,4	61,1	51,3	46,1	46,8	51,7	49,1
Okt 16	48,7	55,6	59,1	50,0	41,1	41,7	46,9	44,7
Nov 16	44,0	51,2	50,9	44,4	35,9	35,9	42,0	38,7
Dez 16	42,8	48,3	50,9	43,5	34,5	33,3	41,7	36,6
<b>Mittelwert Heizperiode*</b>	<b>41,4</b>	<b>45,5</b>	<b>48,8</b>	<b>41,7</b>	<b>35,8</b>	<b>36,1</b>	<b>42,1</b>	<b>38,6</b>

\*Heizperiode Januar bis April und Oktober bis Dezember 2016