



FORSCHUNGSINITIATIVE  
**ZukunftBAU**



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit



## Effizienzhaus Plus in den Bergen, Bischofswiesen Monitoringprojekt

### Abschlussbericht

für den Zeitraum vom 01. November 2013 bis 31. Oktober 2015

### Auftraggeber

Hans Angerer  
Silbergstraße 91  
83483 Bischofswiesen

### Auftragnehmer

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig  
Institut für Hochbau, Baukonstruktion und Bauphysik  
Karl-Liebknecht-Straße 132  
04277 Leipzig

Leipzig, Februar 2016 (überarbeitete Fassung 07.2016)



## Projektpartner:

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)  
Presse- und Informationsstab  
Stresemannstraße 128 - 130  
10117 Berlin

Telefon: 030/18305-0  
E-Mail: [service@bmub.bund.de](mailto:service@bmub.bund.de)  
Internet: <http://www.bmub.bund.de>

---



Bundesinstitut  
für Bau-, Stadt- und  
Raumforschung  
im Bundesamt für Bauwesen  
und Raumordnung



Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)  
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)  
Deichmanns Aue 31-37  
53179 Bonn

Internet: <http://www.bbsr.bund.de>  
<http://www.forschungsinitiative.de>

---



Hans Angerer Niedrigenergiehäuser GmbH  
Silbergstraße 91  
83483 Bischofwiesen

Telefon: 08652/9494-0  
E-Mail: [info@bauherren-zentrum.de](mailto:info@bauherren-zentrum.de)  
Internet: <http://www.bauherrenzentrum.de>

---



Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig  
Institut für Hochbau, Baukonstruktion und Bauphysik  
Karl-Liebknecht-Str. 132  
04277 Leipzig



Telefon: 0341/3076-7038  
Internet: <http://www.ihbb.htwk-leipzig.de>

---



Lambda GmbH & Co. KG  
Am Bahnhof 12  
83483 Bischofwiesen

Telefon: 08652/979333-0  
E-Mail: [office@lambda-gmbh.de](mailto:office@lambda-gmbh.de)  
Internet: <http://www.lambda-gmbh.de>

---



Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP  
Abteilung Energieeffizienz und Raumklima  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Internet: <http://www.ibp.fraunhofer.de>

## Autoren:

Dipl.-Ing (FH) Mario Stelzmann, Telefon: 0341/3076-6650, E-Mail: [mario.stelzmann@htwk-leipzig.de](mailto:mario.stelzmann@htwk-leipzig.de)  
Prof. Dr.-Ing Ulrich Möller, Telefon: 0341/3076-6281, E-Mail: [ulrich.moeller@htwk-leipzig.de](mailto:ulrich.moeller@htwk-leipzig.de)

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Kontext und Zielsetzung</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Gebäudesteckbrief</b>	<b>6</b>
3.1	Allgemeine Daten	6
3.2	Architektur	6
3.3	Wärmeschutz	6
3.4	Anlagentechnik	7
3.5	Energiebedarf und Energiedeckung	8
3.6	Bewertung der Effizienz aus Berechnung nach DIN V 18599	9
<b>4</b>	<b>Monitoring</b>	<b>10</b>
4.1	Messkonzept	10
4.2	Änderungen im Messkonzept während der Projektlaufzeit	11
4.3	Dokumentation	12
4.4	Verwendete Messtechnik	12
4.5	Datenausfall	12
4.6	Messstellen	13
4.7	Belegung der Wohnungen und Ferienwohnungen	13
<b>5</b>	<b>Meteorologische Randbedingungen</b>	<b>14</b>
5.1	Solarstrahlung	14
5.2	Außentemperatur und relative Luftfeuchte	14
5.3	Klimabereinigung	15
<b>6</b>	<b>Messergebnisse</b>	<b>16</b>
6.1	Strom	16
6.1.1	Stromverbrauch für den Hausbetrieb	16
6.1.2	Stromverbrauch für Anlagentechnik	17
6.1.3	Stromverbrauch für Elektromobilität	17
6.1.4	Stromverbrauch projektspezifisch	17
6.1.5	Stromerzeugung	18
6.2	Wärme	19
6.3	Anlagenperformance	19
6.3.1	Wärmeerzeuger	19
6.3.2	Heizungspufferspeicher und Verteilsystem	20
6.3.3	Trinkwarmwasserspeicher und Verteilsystem	20

6.3.4	Lüftungsanlage	20
6.3.5	Batteriespeicher	20
6.3.6	Photovoltaik	20
6.4	Innenraumtemperaturen	21
6.4.1	Innenraumtemperaturen Sommer	22
6.4.2	Innenraumtemperaturen Winter	22
6.5	Vergleich Messung und Simulation nach DIN V 18599	24
6.5.1	Energiebedarf und Energieverbrauch	24
6.5.1.1	Gesamtbedarf und Gesamtverbrauch Strom	24
6.5.1.2	Regenerativer Strom aus Photovoltaik	26
6.5.1.3	Energiebedarf und Energieverbrauch Wärme Heizen	27
6.5.1.4	Energiebedarf und Energieverbrauch Wärme Trinkwarmwasser	28
6.5.2	Vergleich der Effizienz der Anlagentechnik aus der Berechnung nach DIN V 18599 und Messung	29
<b>7</b>	<b>Kosten / Wirtschaftlichkeit</b>	<b>31</b>
7.1.1	Baukosten und laufende Kosten	31
7.1.2	Kosten der Haushaltsgeräte	32
7.1.2.1	Wohnung EG Ost	32
7.1.2.2	Wohnung OG Ost (Geräte der Mieter)	32
7.1.2.3	Ferienwohnungen	33
<b>8</b>	<b>Bewertung</b>	<b>33</b>
8.1	Energieeffizienz des Modellgebäudes	33
8.2	Verbesserungspotentiale	34
8.2.1	Trinkwarmwassererwärmung	34
8.2.2	Heizen	34
8.2.3	Sommerlicher Wärmeschutz	34
8.2.4	Lüftungsanlage	35
8.2.5	Haushaltsgeräte	35
8.2.6	Stromeigennutzung	35
8.3	Wirtschaftlichkeit	35
8.3.1	Batterie und Photovoltaik	35
8.3.2	Gesamtmehrkosten	36
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>36</b>
	<b>Anhang A - Tabellen</b>	<b>37</b>
	<b>Anhang B - Daten CD</b>	<b>71</b>
	<b>Quellen</b>	<b>72</b>

## 1 Kurzfassung

Der folgende Bericht umfasst Ergebnisse eines Gebäudemonitoring für ein Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität vom 01.11.2013 bis 31.10.2015. Der Neubau des Mehrfamilienhauses mit zwei Betriebsleiterwohnungen und vier Ferienwohnungen, teilweise behindertengerecht ausgebaut, beruht auf dem Grundsatz, dass in der Jahresbilanz mehr Energie erzeugt wird als das Gebäude selbst verbraucht, primärenergetisch und endenergetisch. Dieser Energieüberschuss soll u. a. von Elektroautos genutzt werden. Eine der Herausforderungen lag in der alpenländischen Lage, mit für Deutschland extremen klimatischen Randbedingungen, mit langen, kalten Wintern und bedingt durch die Umgebung möglicherweise geringeren nutzbaren Sonneneinstrahlungen. Des Weiteren waren die architektonischen Randbedingungen mit einer angepassten Gestaltung und Einbindung in die Landschaft zu berücksichtigen. In einem vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung geförderten Monitoringprojekt soll geprüft werden, ob das Gebäude die Anforderungen des Effizienzhaus Plus Standard unter realen Bedingungen erfüllt.

## 2 Kontext und Zielsetzung

Mit der Europäischen Richtlinie zur Gesamteffizienz von Gebäuden sind die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union verpflichtet den Energieverbrauch ihrer Gebäude zu senken. Das langfristige Ziel ist ein klimaneutraler Gebäudebestand bis 2050. Für die Durchsetzung in Deutschland nutzt die Bundesregierung unter anderen zwei wichtige Instrumente. Erstens eine kontinuierliche Verschärfung der Anforderungen nach EnEV (Energieeinsparverordnung) und zweitens die Förderung des Baus von energiesparenden Gebäuden durch KfW-Programme (Kreditanstalt für Wiederaufbau). Dabei ist es notwendig, neue energiesparende Gebäudestandards zu definieren und aus technischer bzw. wirtschaftlicher Sicht weiter zu entwickeln. Der Effizienzhaus Plus-Standard stellt dabei den aktuellen Stand der Forschung dar. Das Energiekonzept eines Effizienzhaus Plus beruht auf dem Grundsatz, dass in der Jahresenergiebilanz mehr Energie erzeugt wird als das Gebäude selbst verbraucht, End- und Primärenergetisch. Überschüsse können für die Elektromobilität oder die Quartiersversorgung verwendet werden. Der energetische Nachweis eines Effizienzhaus Plus erfolgt mittels erweitertem EnEV Nachweis nach DIN V 18599. Aus baurechtlicher und förderpolitischer Sicht ist die Gültigkeit der energetischen Berechnung von hoher Bedeutung.

Ziele dieses Monitoring-Projektes sind zum Ersten der messtechnische Nachweis des entwickelten und umgesetzten Effizienzhaus Plus-Konzeptes. Dabei wird anhand der Messdaten geprüft, ob das Gebäude die Kriterien des Effizienzhaus Plus im bewohnten Zustand unter realen Klimabedingungen erfüllt. Zum Zweiten wird die Effizienz der verbauten anlagentechnischen Komponenten über den Monitoringzeitraum geprüft und bewertet. Zum Dritten werden zuvor durchgeführte Berechnungsergebnisse nach DIN V 18599 mit Messdaten gegenübergestellt und bewertet. Im vierten Punkt erfolgt eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Mehrkosten gegenüber dem Referenzgebäude nach EnEV. Im Fünften Punkt werden die Gesamteffizienz des Gebäudes bewertet und Optimierungspotentiale definiert. Sechstens werden die Monitoringdaten für zukünftige rechnerische Betrachtungen aufbereitet und gespeichert.

### 3 Gebäudesteckbrief

#### 3.1 Allgemeine Daten

In der folgenden Tabelle 1 sind allgemeine Daten zum Effizienzhaus Plus Bernhardt bzw. zum Standort Crumstadt aufgeführt.

**Tabelle 1: Allgemeine Daten**

Baujahr:	2013
Bruttogrundfläche	768 m <sup>2</sup>
Beheizte Nettogrundfläche	628 m <sup>2</sup>
Beheiztes Gebäudevolumen	2578 m <sup>3</sup>
Hüllflächenfaktor A/V	0,43 m <sup>-1</sup>
Breitengrad:	47,39 °N
Längengrad:	12,58 °O
Höhenlage:	615 m über NN
Mittlere Jahrestemperatur:	8,6 °C
Mittlere Wintertemperatur (Oktober – April):	3,0 °C
Gradtagzahl am Standort (langjähriges Mittel)	4.464 Kd
TRY - Klimazone / Referenzstation:	Klimazone TRY 15, Garmisch-Patenkirchen

#### 3.2 Architektur

Das dreigeschossige Gebäude befindet sich in Bischofswiesen auf ca. 615 m Seehöhe in ungefähr 3 km Entfernung von Berchtesgaden. Besondere Aufmerksamkeit bei der Auswahl des Grundstückes wurde auf den Einfluss der umgebenden Bergwelt mit Berghöhen von ca. 2.600 – 2.700 m gelegt. Diese beeinflussen die mögliche Sonneneinstrahlung insbesondere in den Wintermonaten. Das gewählte Grundstück liegt günstig, so dass eine optimale Ausrichtung des Gebäudes nach Südwesten gewährleistet ist und gleichzeitig die Verschattung durch umgebendes Gelände minimiert ist. Das Gebäude in alpiner Region, wurde in ortstypischer, landschaftskonformer Architektur als Mehrfamilienhaus realisiert.

#### 3.3 Wärmeschutz

Die Außenwände sind in Holzständerbauweise ausgeführt. Zwischen den Holzständern befindet sich eine Dämmung von 200 mm Dicke. Zusätzlich sind die Außenwände mit einem Wärmedämmverbundsystem der Dicke 120 mm versehen. Der U-Wert der Außenwand beträgt 0,10 W/(m<sup>2</sup>K). Die Fertigteilhöhlwände werden in einer größeren lokalen Zimmerei vorgefertigt, so dass gleichzeitig ein hoher qualitativer Standard durch die Werksvorfertigung, kurze Transportwege und Bauzeiten gewährleistet sind. Die Fenster sind als Holzfenster in der Ausführung als Passivhausfenster mit einem U-Wert von 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) ausgeführt. Das Dach hat eine Dachneigung von 21° (typisch für ortsübliche Architektur) und ist mit einem Aufsparrendämmsystem in der Dämmdicke 280 mm ausgeführt. Gleichzeitig nimmt das Dach die Unterkonstruktion für die PV-Anlage auf. Der U-Wert des Daches beträgt 0,10 W/(m<sup>2</sup>K). Die Kellerdecke wird von der Unterseite mit einem 160 mm starken mineralischen Faserdämmstoff gedämmt. Der U-Wert der Kellerdecke beträgt 0,16 W/(m<sup>2</sup>K). In der folgenden Tabelle sind der Schichtenaufbau und die U-Werte der einzelnen Bauteile aufgeführt.

**Tabelle 2: Daten der Bauteile**

Bauteil	Aufbau / Material	Dicke [mm]	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Außenwand (von innen nach außen)	Gipskartonplatte	18	0,10
	Mineralische Wärmedämmung WLG 032 zwischen Konstruktionsholz	60	
	Dampfbremse PE-Folie	-	
	Mineralische Wärmedämmung WLG 032 zwischen Holzständerwerk	200	
	OSB-Platte	18	
	EPS Wärmedämmung WLG 032	120	
	Kunstharpuz	10	
Fenster	Fensterrahmen mit Dreifachverglasung (g=0,60)	-	0,80
Dach (von oben nach unten)	Mineralische Wärmedämmung WLG 032	280	0,10
	Dampfbremse	-	
	Holzschalung	24	
Decke über Keller (von oben nach unten)	Fußbodenbelag Linoleum	10	0,16
	Anhydrit-Estrich	45	
	Dampfbremse	-	
	Trittschalldämmung	40	
	Stahlbetondecke	200	
	Wärmedämmung WLG 032	160	
	Gipskartonplatte	12,5	

### 3.4 Anlagentechnik

Die Basis zur Versorgung des Hauses mit Wärme und Warmwasser bildet eine Grundwasser-Wärmepumpe. Diese speist sowohl einen 5000 l Heizungspufferspeicher als auch einen 440 l Trinkwarmwasserspeicher. Aus dem Pufferspeicher werden die Fußbodenheizungen in den Wohnungen im Erdgeschoss, Obergeschoss und der Ferienwohnung im Erdgeschoss sowie die Radiatoren in den Ferienwohnungen im OG und DG gespeist. Die Wohnraumlüftung erfolgt wohnungsweise über sechs unabhängig voneinander arbeitende Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Die installierte Photovoltaik Anlage teilt sich je zur Hälfte auf zwei Dachflächen. Zum ersten ist die nach Südwesten orientierte Dachfläche des Effizienzhaus Plus komplett mit PV-Modulen belegt. Zum zweiten ist die Dachfläche des Nachbargebäudes ebenfalls mit PV-Modulen belegt. Das Nachbargebäude befindet sich auf dem gleichen Grundstück wie das Effizienzhaus Plus in den Bergen. Rechnerisch steht eine Gesamtleistung von 41,6 kWp zur Verfügung, die auf einer Fläche von 270,4 m<sup>2</sup> wechselstromseitig 36.724 kWh/a Strom erzeugen soll. Für die Speicherung des gewonnenen Stroms werden Blei-Gel-Akkus mit einer nutzbaren Kapazität von insgesamt 25 kWh verwendet. Die Wohnungsbeleuchtung erfolgt über LED-Leuchtmittel. Die folgenden Abbildungen zeigen wesentliche Komponenten der Anlagentechnischen Ausstattung des Gebäudes.



Abbildung 1: v. li.: Schaltschrank Gebäudeleittechnik-Anlage mit Wechselrichter des Batteriespeichers, Batteriespeicher, 2 von 4 Wechselrichtern der Photovoltaik-Anlage, Messrechner



Abbildung 2: v. li.: 5.000 l Heizungspufferspeicher, 440 l Trinkwarmwasserspeicher, Membranausdehnungsgefäß, Grundwasser-Wärmepumpe



Abbildung 3: Photovoltaik-Anlage auf Dachfläche Südwest



Abbildung 4: Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

### 3.5 Energiebedarf und Energiedeckung

In den folgenden Tabellen sind Simulationsergebnisse nach DIN V 18599 aufgeführt. Die Simulation wurde mit der Software ZUB Helena® Ultra Version 7.06 durchgeführt. Den flächenspezifischen Ergebnissen liegt die Wohnfläche des Gebäudes mit  $A = 627,2 \text{ m}^2$  zu Grunde. In Abschnitt 6.5 ab Seite 24 sind Simulationsergebnisse und Messergebnisse gegenübergestellt. Die Ausführlichen Berechnungsergebnisse nach DIN V 18599 befinden sich als PDF-Datei in der Daten-CD im Anhang.

Tabelle 3: Energiebedarf des Effizienzhaus Plus

	Endenergie [kWh/a]	Spezifische Endenergie [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Endenergiebedarf Gesamt	27.542	43,9
Endenergiebedarf Heizung + Lüftung	8.239	13,1
Endenergiebedarf Trinkwarmwasser	6.758	10,8
Endenergiebedarf Beleuchtung und Haushaltsgeräte	12.545	20,0

**Tabelle 4: Energiedeckung**

	<b>Endenergie [kWh/a]</b>	<b>Spezifische Endenergie [kWh/(m²a)]</b>
regenerativer Strom	36.724	58,6
eigengenutzter Strom Gesamt	19.951	31,8
eigengenutzter Strom Heizung + Lüftung	4.327	6,9
eigengenutzter Strom Trinkwarmwasser	6.595	10,5
eigengenutzter Strom Beleuchtung und Haushaltsgeräte	9.029	14,4
Netzeinspeisung	16.773	26,7

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

Für eine bessere Vergleichbarkeit von Berechnungs- und Messergebnissen werden zunächst aus den Berechnungsergebnissen in Tabelle 5 verschiedene Teilabschnitte gebildet. Durch deren Gegenüberstellung entstehen in Tabelle 6 Aufwands- und Arbeitszahlen, die für die Bewertung der Effizienz der Haustechnik herangezogen werden können.

**Tabelle 5: Spezifischer Energiebedarf des Effizienzhaus Plus**

<b>Teilabschnitt</b>	<b>Erläuterung</b>	<b>Energie [kWh/a]</b>	<b>Spez. Energie [kWh/m²a]</b>
Nutzenergie	Nutzenergiebedarf der Räume für Heizung, Trinkwarmwasser und Kühlung	20.510	32,7
Erzeugerabgabe	Wärme- und Kälteabgabe der Erzeuger an das Verteilnetz oder die Speicher für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung	40.644	64,8
Endenergie Erzeuger	Strombedarf für die Erzeugung von Wärme und Kälte für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung	11.280	18,0
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	14.997	23,9
Primärenergie Haustechnik	Nicht erneuerbarer Anteil des Primärenergiegehalts der gesamten Endenergie für die Haustechnik	35.992	57,4

**Tabelle 6: Aufwandszahlen der Haustechnik**

<b>Bewertete Teilabschnitte</b>	<b>Aufwandszahlen/ Arbeitszahlen [kWh/kWh]</b>
Effizienz der Verteilung (Erzeugerabgabe/Nutzenergie)	1,98
Effizienz der Wärme-/Kälteerzeuger (Endenergie Erzeuger/Erzeugerabgabe)	0,28
Endenergetische Effizienz der Haustechnik (Endenergie Haustechnik/Nutzenergie)	0,73

Bewertete Teilabschnitte	Aufwandszahlen/ Arbeitszahlen [kWh/kWh]
Effektive Arbeitszahl der gesamten Haustechnik (Nutzenergie/Endenergie Haustechnik)	1,38
Arbeitszahl des Energieerzeugers (Erzeugerabgabe/Endenergie Erzeuger)	3,60
Primärenergetische Effizienz der Haustechnik (Primärenergie Haustechnik/Nutzenergie)	1,75

## 4 Monitoring

### 4.1 Messkonzept

Das Messkonzept des Monitoring beinhaltet die Erfassung der Strombilanz des gesamten Gebäudes und der Stromverbräuchen der Nutzer, der Anlagentechnik und der E-Mobilität. Gleichzeitig werden auch Erzeugung und Verbrauch von Wärmemengen aufgezeichnet. Auch die vorhandene Anlagentechnik wird überwacht. In den einzelnen Wohnungen und Ferienwohnungen erfolgt außerdem die Messung von Raumtemperaturen. Auf dem Dach des Gebäudes befindet sich eine Wetterstation. Die Datenaufzeichnung erfolgt automatisch im 10-Minuten-Intervall. Die Auswertung der Messdaten erfolgte via MS Excel. Hier wurden 10-Minuten-Werte in Stunden-, Tages- und Monatsverbräuche bzw. -mittelwerte umgerechnet und weiterverarbeitet. Die folgende Abbildung 5 zeigt die mittels separaten Sensoren erfassten Messstellen für Strom- und Wärmemengen. Die verwendeten Messstellennummern sind in der Messstellenliste in Tabelle 19 ab Seite 38 aufgeführt.

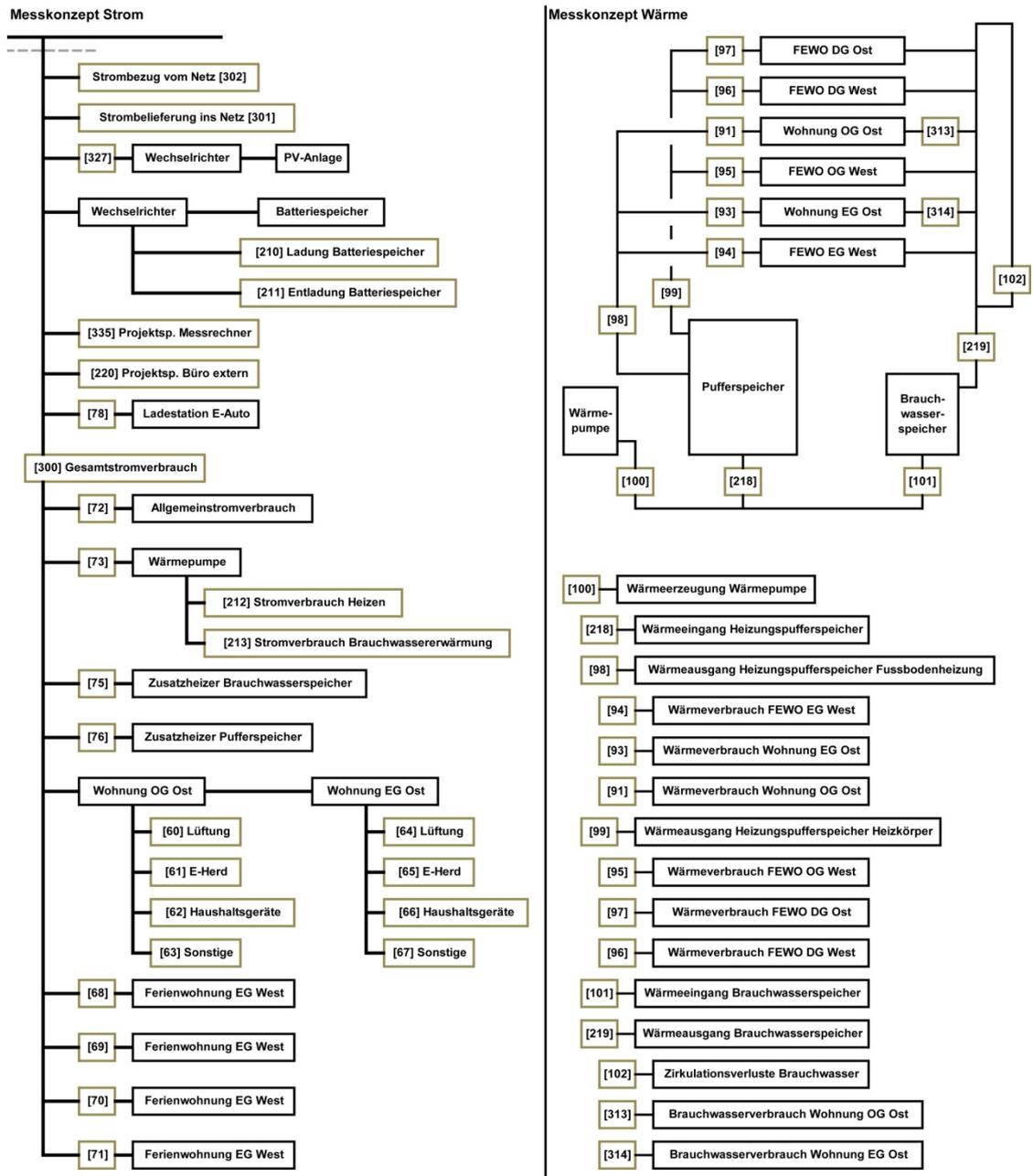


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Messkonzepte für Strom (li.) und Wärmemengen (re.)

## 4.2 Änderungen im Messkonzept während der Projektlaufzeit

Bis etwa Mitte Februar 2014 kommunizierten die Wärmemengenzähler der einzelnen Wohnungen und Ferienwohnungen ([91] und [93] bis [97]) nicht mit der Datenaufzeichnungseinheit. Die Sensoren haben Werte aufgezeichnet, jedoch wurden diese nicht gespeichert. Auf Grundlage der ersten übertragenen Zählerstände der Wohnungen und Ferienwohnungen Mitte Februar, in Verbindungen mit den Wärmemengen der Sensoren [98] und [99] (Ausgang Heizungspufferspeicher), wurden die Wärmeverbräuche nachträglich ergänzt.

Im ursprünglichen Messkonzept wurden die Strommengen „Strombezug vom Netz“ und „Stromlieferung ins Netz“ mithilfe von Leistungsdaten durch die GLT-Anlage bestimmt. Klei-

neren Differenzen wurden dabei durch monatliches Ablesen der Hauptzähler korrigiert. Am 29.04.2014 wurden für beide Messstellen ([208] + [209]) Stromzähler nachgerüstet ([301] + [302]).

Ebenfalls am 29.04.2014 startete die Aufzeichnung des Wärmezählers [219] (Wärmemenge Trinkwarmwasserspeicher Ausgang).

### 4.3 Dokumentation

Die Datenaufzeichnung erfolgt über verschiedene Bus-Systeme bzw. Direktabfrage der einzelnen Sensoren. Eine eigens für das Monitoringprojekt programmierte Software speichert die abgefragten Messdaten in einer Datenbank auf einem Rechner ab. Die einzelnen Messstellen können online über eine Web-Visualisierung abgefragt werden (<http://ausstellung.bauherren-zentrum.de:81/webvisu.htm>). Gleichzeitig werden täglich Messdaten vom Gebäude an die HTWK Leipzig übertragen. An der HTWK Leipzig werden die Daten via MS Excel aufbereitet und sowohl auf Messfehler als auch auf Plausibilität überprüft.

### 4.4 Verwendete Messtechnik

Für das Monitoring kamen die in Tabelle 7 aufgeführten Sensoren zum Einsatz. Für die Erfassung der Lade- und Entladeenergie des Batteriespeichers wurde der in dem Wechselrichter des Speichers integrierte Stromzähler genutzt.

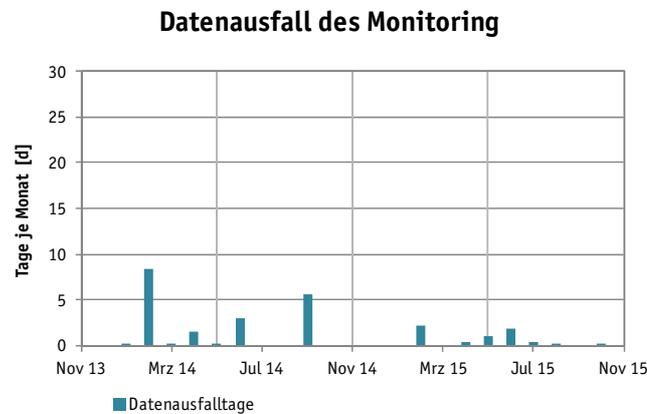
**Tabelle 7: Verbaute Sensoren**

Messgröße	Sensorbezeichnung	Hersteller
Strommenge [kWh]	PMAC903 Three Phase Energy Meter	ZHUHAI PILOT TECHNOLOGY CO., LTD.
Wärmemenge [kWh]	Kompaktwärmezähler F 90	ELSTER
Raumtemperaturen [°C]	Raumtemperaturfühler RF/E	FuehlerSysteme eNET International
Leitungtemperaturen [°C]	Kabeltemperaturfühler KS/E	FuehlerSysteme eNET International
Außentemperaturen [°C]	Feuchte-/Temperaturfühler mit Messumformer RAFT/A	FuehlerSysteme eNET International
Relative Luftfeuchtigkeit [%RH]	Feuchte-/Temperaturfühler mit Messumformer RAFT/A	FuehlerSysteme eNET International
Globalstrahlung [W/m <sup>2</sup> ]	Pyranometer GSM/O	FuehlerSysteme eNET International
Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	Strömungs-/Temperaturfühler für Luftstrom SF/C	FuehlerSysteme eNET International

### 4.5 Datenausfall

Während des Monitorings gab es eine Reihe von Datenausfällen. Speziell für die Aufzeichnung von Strom- und Wärmemengen werden in diesem Messkonzept die Zähler ohne Einsatz von Pulszählern direkt abgefragt. Das bedeutet, dass diese Zähler auch während eines Aus-

falls der Messwertaufzeichnung weiterzählen. Bei einem Neustart des Messsystems werden also sofort wieder korrekte Messwerte abgespeichert. In der folgenden Grafik ist die monatliche Datenausfallzeit dargestellt. Über den kompletten Untersuchungszeitraum summiert sich eine Ausfallzeit von ca. 25 Tagen. Das entspricht einer Quote von 3,4 %.



**Abbildung 6: Darstellung der Datenausfälle des Monitoring [340]**

#### 4.6 Messstellen

In Tabelle 19 ab Seite 38 im Anhang A sind alle im Rahmen des Monitorings aufgezeichneten Messstellen aufgelistet. Gleichzeitig enthält die Tabelle Bezeichnungen von berechneten Datenreihen sowie deren Bezüge zu den Messdaten. Es sind Messstellenummer, Messstellenbezeichnung, der Standort, die verwendete Sensorart sowie die verwendete Einheit aufgeführt. Rot markierte Messstellen wurden aufgrund von technischen Gründen, defekten oder ausgewechselten Sensoren für die Auswertung des Monitoring nicht verwendet.

#### 4.7 Belegung der Wohnungen und Ferienwohnungen

Aufgrund von verschiedenen Nutzungen der sechs Wohnungen als fest vermietete Wohnungen und Ferienwohnungen kann nicht von einer gleichmäßigen Belegung ausgegangen werden. Auf Grundlage von Kurtaxe-Daten kann die Belegung der Ferienwohnungen auf den Tag genau nachvollzogen werden. Die Monatsmittelwerte sind in Tabelle 21 sowie Abbildung 7 dargestellt. Die Daten der Ferienwohnungen wurden unter den Messstellenummern [353] bis [356] in den Datensatz des Monitoring integriert.

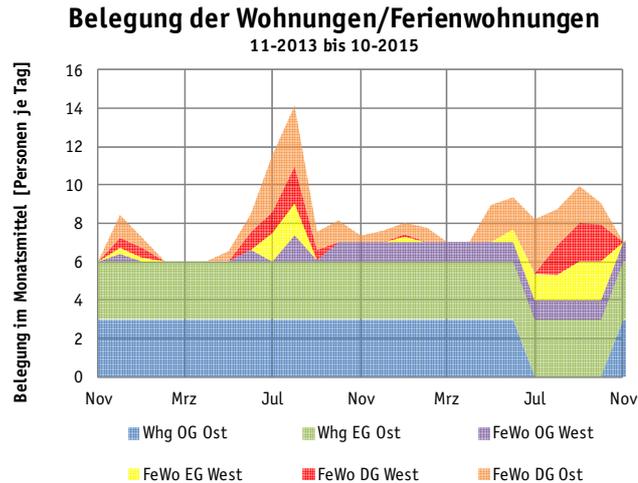


Abbildung 7: Belegung der Wohnungen und Ferienwohnungen

## 5 Meteorologische Randbedingungen

Die Aufzeichnung der klimatischen Randbedingungen erfolgte durch eine auf dem First des Gebäudes befestigte Wetterstation. Aufgezeichnet wurden Außenlufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Globalstrahlung horizontal und senkrecht-Süd.

### 5.1 Solarstrahlung

Monatsmittelwerte der Globalstrahlungssensoren sind in Abbildung 8 grafisch dargestellt.

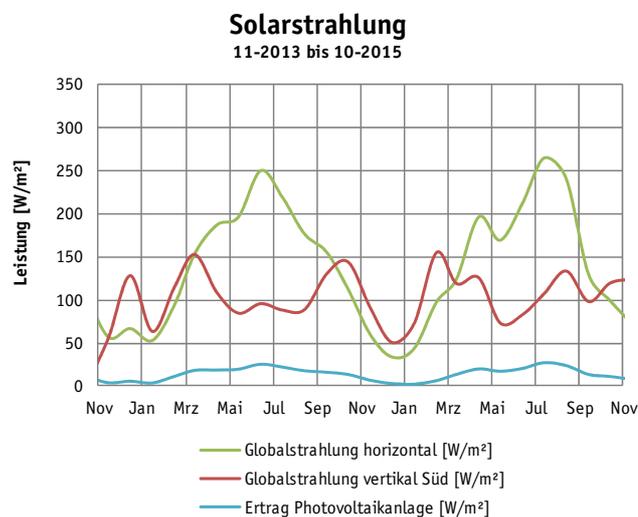


Abbildung 8: Darstellung der gemessenen Globalstrahlung und flächenbezogenen PV-Ertrag im Monatsmittel

### 5.2 Außentemperatur und relative Luftfeuchte

Bei der Aufzeichnung von Außentemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit wurde ein Einfluss der nahegelegenen Photovoltaik-Anlage vermutet. Die Messdaten am Standort wurden mit Messdaten der nahegelegenen Wetterstation in Piding (Quelle: „www.dwd.de/weste“: Stand

18.01.2016) verglichen. Wie in Abbildung 9 dargestellt weisen beide Standorte im Monatsmittel nur geringfügige Unterschiede auf. Abbildung 10 zeigt den Verlauf der Außentemperatur im Vergleich zum Testreferenzjahr 15.

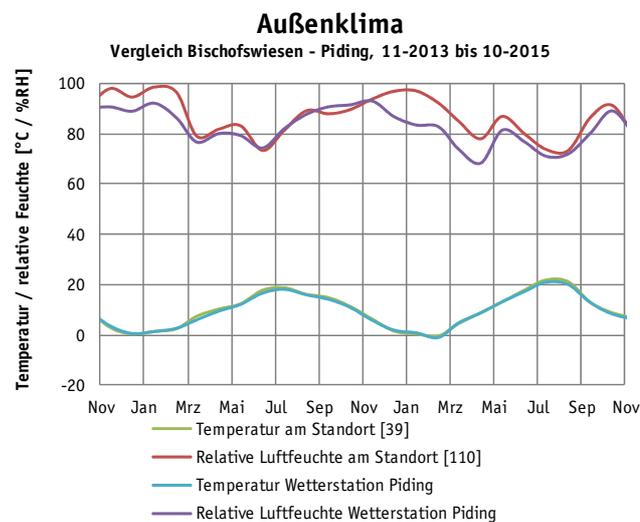


Abbildung 9: Vergleich Außenklima Bischofswiesen - Piding

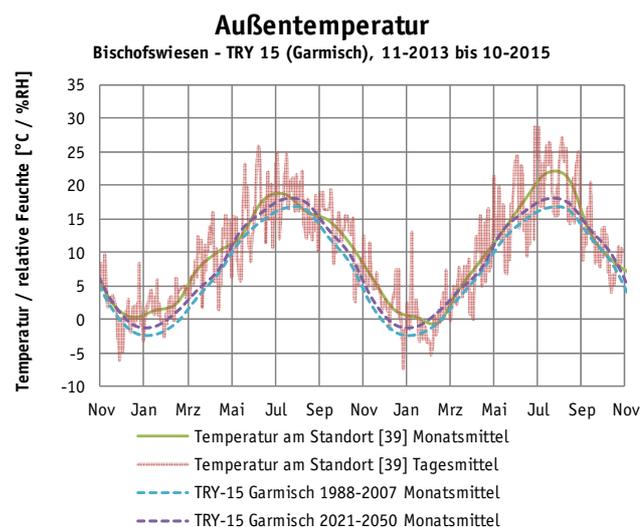


Abbildung 10: Vergleich Außentemperatur Bischofswiesen - Testreferenzjahr 15 (Garmisch)

### 5.3 Klimabereinigung

Für die Abschätzung von klimatischen Einflüssen sind in Tabelle 8 die Klimafaktoren für den Standort Bischofswiesen (Quelle: „www.dwd.de/klimafaktoren“: Stand 18.01.2016) für den Projektzeitraum aufgeführt. Eine Verrechnung mit den Monitoringergebnissen wurde nicht durchgeführt.

Tabelle 8: Klimafaktoren für den Standort Bischofswiesen

Betrachtungszeitraum		Klimafaktor KF für den Standort Bischofswiesen
vom	bis	
01.11.2013	31.10.2014	0,95

Betrachtungszeitraum		Klimafaktor KF für den Standort Bischofswiesen
vom	bis	
01.12.2013	30.11.2014	0,97
01.01.2014	31.12.2014	0,98
01.02.2014	31.01.2015	0,98
01.03.2014	28.02.2015	0,95
01.04.2014	31.03.2015	0,93
01.05.2014	30.04.2015	0,92
01.06.2014	31.05.2015	0,94
01.07.2014	30.06.2015	0,94
01.08.2014	31.07.2015	0,95
01.09.2014	31.08.2015	0,97
01.10.2014	30.09.2015	0,95
01.11.2014	31.10.2015	0,93

## 6 Messergebnisse

In dem folgenden Abschnitt sind die wesentlichen Messergebnisse des Monitorings für den Zeitraum vom 1.11.2013 bis zum 31.10.2015 dargestellt. Monatliche Messwerte befinden sich in Form von Tabellen im Anhang A ab Seite 37 dieses Berichtes.

### 6.1 Strom

Der Stromverbrauch des Effizienzhaus Plus untergliedert sich in insgesamt 4 Kategorien. Diese sind der Stromverbrauch für den Hausbetrieb, Stromverbrauch der Anlagentechnik, Stromverbrauch für Elektromobilität und projektspezifischer Stromverbrauch.

#### 6.1.1 Stromverbrauch für den Hausbetrieb

Eine Besonderheit des Hauses liegt in einer speziellen Nutzung der insgesamt sechs Wohneinheiten (WE) mit zwei vermieteten und vier Ferienwohnungen. Für das zweite Messjahr wurde eine Ferienwohnung in Form eines Ein-Personen-Haushaltes ebenfalls fest vermietet. Entsprechend wurden im zweiten Messjahr 3 WE als fest vermietete Wohnungen und 3 WE als Ferienwohnungen genutzt. In der folgenden Abbildung 11 sind die Stromverbräuche der Wohnungen und Ferienwohnungen über beide Messjahre dargestellt. Unter dem Punkt Allgemeinstromverbrauch verbirgt sich die Beleuchtung und der Betrieb eines Personenaufzuges, die Außenbeleuchtung, die Beleuchtung des Treppenhauses und des Kellers, die Haustürsprechanlage, drei Waschmaschinen und ein Wäschetrockner sowie Steckdosen im Kellerbereich und der Netzwerkschrank (ohne Server). Die drei Waschmaschinen und der Wäschetrockner werden von den Mietern und den Gästen der Ferienwohnungen genutzt. Der Netzwerkschrank beinhaltet die Steuerung der Heizungsanlage und des Batteriespeichers. Gleichzeitig sind hier die, für das Monitoring, eingesetzten Sensoren angeschlossen. Zusätzlich sind die vier Lüftungsgeräte der Ferienwohnungen hier angeschlossen.

## Übersicht Stromverbrauch Wohnen

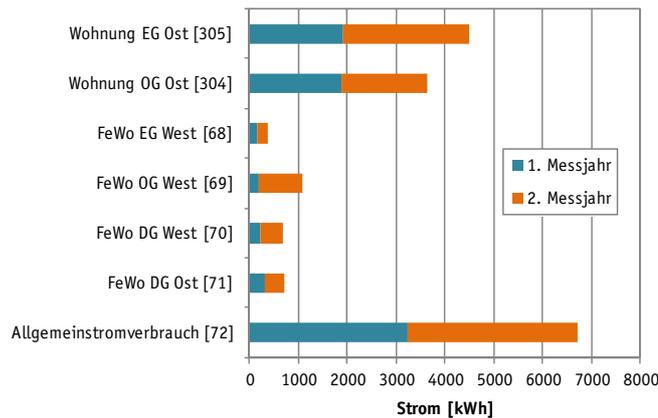


Abbildung 11: Übersicht Jahresstromverbrauch Wohnen

### 6.1.2 Stromverbrauch für Anlagentechnik

Abbildung 12 zeigt den Stromverbrauch der Anlagentechnik Elektromobilität und projektspezifisch. Zum Stromverbrauch der Heizung zählt der Stromverbrauch der Wärmepumpe für das Beladen des Heizungspufferspeicher und der Stromverbrauch der Heizpatrone im Pufferspeicher. Zur Trinkwarmwassererwärmung (TWW) zählt der Stromverbrauch der Wärmepumpe für das Beladen des Trinkwarmwasserspeichers sowie der Stromverbrauch der Heizpatrone im Trinkwarmwasserspeicher. Unter dem Punkt Lüftung verbirgt sich der Stromverbrauch der beiden Lüftungsgeräte der zwei vermieteten Wohnungen. Die restlichen vier Lüftungsanlagen der Ferienwohnungen sind im Allgemeinstromverbrauch (siehe oben) enthalten.

### 6.1.3 Stromverbrauch für Elektromobilität

Der Balken Elektromobilität in Abbildung 12 enthält den Stromverbrauch für die Aufladung von Elektrofahrzeugen. Im Carport des Hauses befindet sich dafür eine E-Auto-Ladestation. An dieser Ladestation wird regelmäßig ein Elektrofahrzeug der Firma AngererHaus GmbH geladen. Dieses E-Auto wird hauptsächlich durch Mitarbeiter der Firma für die Fahrt zu nahegelegenen Baustellen genutzt.

### 6.1.4 Stromverbrauch projektspezifisch

Der Stromverbrauch projektspezifisch I umfasst einen Server, der im Dauerbetrieb läuft (durchschnittliche Leistung des Gerätes 60 W). Aufgaben dieses Servers liegen im Aufzeichnen und Weiterleiten von Messdaten. Der Server erledigt somit keine für den Hausbetrieb relevanten Aufgaben und lässt sich eindeutig dem Monitoringprojekt zuschreiben. In der Stromverbraucherbilanz wird der Server nicht berücksichtigt. Da der projektspezifische Verbrauch zeitweise mit Strom der Photovoltaik-Anlage oder aus dem Stromnetz versorgt wird, ist der projektspezifische Anteil in den Messstellen „Strombezug“, „Photovoltaik-Eigenverbrauch“ und „Photovoltaik-Einspeisung“ enthalten. Der Stromverbrauch projektspezifisch II beinhaltet Stromverbräuche für die Büronutzung der Hans Angerer Unternehmensgruppe. Dafür wurde ausschließlich Strom der Photovoltaik-Anlage genutzt. Die Stromnutzung erfolgte ab März 2015 räumlich außerhalb des Effizienzhaus Plus. Der

Stromverbraucher Projektspezifisch II kann für die Bilanzrechnung des Effizienzhaus Plus somit als Stromeinspeisung bewertet werden.

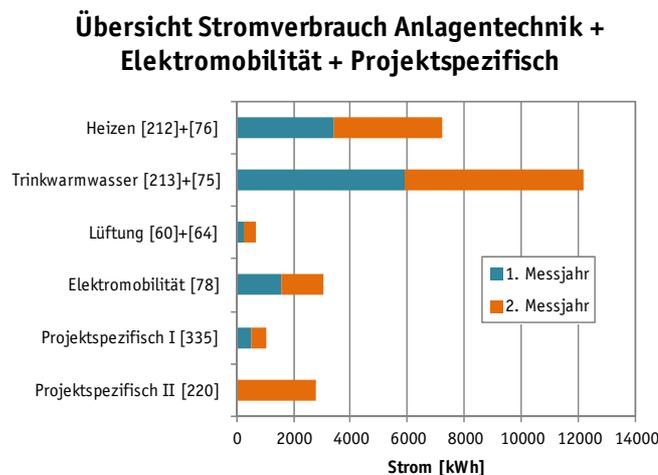


Abbildung 12: Übersicht Jahresstromverbrauch Anlagentechnik + Elektromobilität + Projektspezifisch

### 6.1.5 Stromerzeugung

In den beiden Jahren lieferte die Photovoltaikanlage durchschnittlich 34.914 kWh Strom wechselstromseitig. Davon wurden im Schnitt 9.281 kWh Strom durch das Haus, die Elektromobilität und den projektspezifischen Anteil selbst verbraucht. Der Rest wurde in das Stromnetz eingespeist. Das ergibt einen Eigennutzungsgrad von 26,6%. Durch das Haus, die Elektromobilität und den projektspezifischen Anteil wurden im Schnitt 22.875 kWh Strom verbraucht. Bezogen auf den Stromverbrauch ergibt sich ein Anteil an verbrauchtem Photovoltaikstrom auf 40,6%. Dabei ist zu beachten, dass der Batteriespeicher von Februar 2014 bis September 2014 aufgrund technischer Schwierigkeiten deaktiviert war. Abbildung 13 zeigt die Menge an im Haus erzeugtem, eingespeistem und selbst verbrauchtem Strom für beide Messjahre. Weiterhin sind der Netzbezug aus dem Stromnetz, der Stromverbrauch für Wohnen (Summe Diagramm in Abbildung 11) sowie der Stromverbrauch für Anlagentechnik, Elektromobilität und Projektspezifisch (Summe Diagramm in Abbildung 12) enthalten.

## Übersicht Strom Erzeugung + Verbrauch

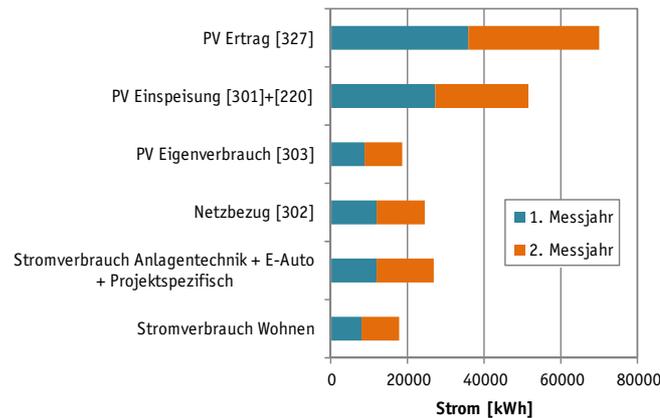


Abbildung 13: Übersicht Jahresverbrauch Bezug + Hausverbrauch

## 6.2 Wärme

Die Versorgung des Effizienzhaus Plus mit Wärme für Trinkwarmwasser und Heizen erfolgt mit einer Grundwasser-Wärmepumpe und je einer Heizpatrone im Trinkwarmwasser- und Heizungspufferspeicher. In der folgenden Abbildung 14 sind die jährlichen erzeugten und verbrauchten Wärmemengen für Trinkwarmwasser und Heizen dargestellt. Im zweiten Messjahr stieg der Wärmeverbrauch für Heizen, aufgrund einer intensiveren Nutzung der Ferienwohnungen, gegenüber dem Vorjahr an.

## Übersicht Wärme Erzeugung + Verbrauch

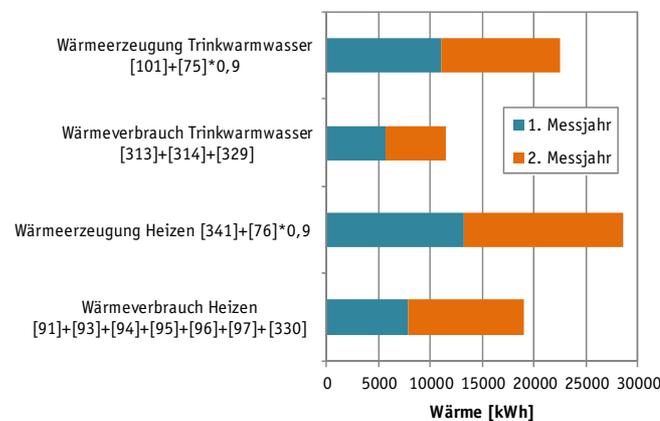


Abbildung 14: Übersicht Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch

## 6.3 Anlagenperformance

### 6.3.1 Wärmeerzeuger

Für die Erzeugung von Heizwärme und Trinkwarmwasser wird im Effizienzhaus Plus eine Wasser-Wasser Wärmepumpe eingesetzt. Die Wärmepumpe erwärmt den Heizungspufferspeicher mit einer Temperatur von 45 °C. Für die Monate November bis April wurden in

beiden Jahren insgesamt 10.720 kWh/a Heizwärme durch die Wärmepumpe zur Verfügung gestellt. Dafür wurde eine Strommenge von 2.529 kWh/a verbraucht. Daraus errechnet sich eine Arbeitszahl von 4,2. Der Trinkwarmwasserspeicher wird durch die Wärmepumpe auf eine Temperatur von 55 °C gefahren. Im Zeitraum von November 2013 bis Oktober 2015 wurden durch die Wärmepumpe 10.931 kWh/a Trinkwarmwasser zur Verfügung gestellt. Für deren Erwärmung wurden 5.865 kWh/a Strom durch die Wärmepumpe verbraucht. Daraus errechnet sich eine Arbeitszahl von 1,9. Für die Erzeugung von Heizwärme und Trinkwarmwasser ergibt das eine mittlere Arbeitszahl von 2,7 für die Wärmeerzeugung der Wärmepumpe.

### **6.3.2 Heizungspufferspeicher und Verteilsystem**

Dem Heizungspufferspeicher wurden für die Monate November bis April in beiden Jahren 11.027 kWh/a Heizwärme durch die Wärmepumpe und die Heizpatrone zur Verfügung gestellt. Im gleichen Zeitraum wurden an den Ausgängen des Speichers 8.298 kWh/a für die Raumerwärmung gezählt. In den Wohnungen und Ferienwohnungen wurden davon 7.908 kWh/a verbraucht. Daraus ergibt sich ein Wirkungsgrad des Heizungspufferspeichers von 75 % und des Heizungsverteilsystem von 95 %.

### **6.3.3 Trinkwarmwasserspeicher und Verteilsystem**

Für das zweite Messjahr wurde der Trinkwarmwasserspeicher mit 11.519 kWh/a Wärme beliefert. 10.141 kWh/a hat der Speicher im gleichen Zeitraum abgegeben und 5.874 kWh/a wurden durch die Nutzer verbraucht. Daraus ergibt sich ein Wirkungsgrad der Speicherung von 88 % und für das Verteilsystem (Zirkulation) von 58 %.

### **6.3.4 Lüftungsanlage**

Im Rahmen des Monitorings erfolgte die Aufzeichnung von Daten für 2 der insgesamt 6 verbauten Lüftungsgeräte (Wohnung EG Ost und Wohnung OG Ost). Dabei wurden Stromverbräuche, Volumenstrom der Frischluft und 4 Temperaturen erfasst. Die höchste Stufe der Lüftungsgeräte erzeugt einen Volumenstrom von 66 l/s. Das entspricht einem maximalen Luftwechsel der Wohnungen von etwa 0,8 h<sup>-1</sup>. Im Jahresdurchschnitt erzielten die Geräte einen Luftwechsel von 0,04 h<sup>-1</sup> in der Wohnung EG Ost und 0,11 h<sup>-1</sup> in der Wohnung OG Ost. Unterschiede im Luftwechsel sind auf verschiedene Nutzungsverhalten der Bewohner zurück zu führen. Der mittlere Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung der beiden Anlagen lag zwischen 80 % und 85 %.

### **6.3.5 Batteriespeicher**

Aufgrund eines längeren Ausfalls des Batteriespeichers im ersten Messjahr erfolgt die Bewertung der Effizienz anhand von Daten des zweiten Messjahres. Die Ladung des Speichers betrug im Jahresverlauf 4.076 kWh/a. Die Entladung belief sich auf 2.971 kWh/a. Lade-, Entlade- und Speicherverluste entsprechen demnach 1.105 kWh/a, was einem Wirkungsgrad von 75 % entspricht.

### **6.3.6 Photovoltaik**

Die Photovoltaik-Anlage stellte dem Effizienzhaus Plus eine wechselstromseitige Strommenge von durchschnittlich 34.914 kWh/a zur Verfügung. Bezogen auf die Fläche der PV-Module sind das 129,1 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Je nach Witterung und Schneefall konnten monatlich

7 % bis 13 %, im Durchschnitt 10,4 % der solaren Strahlung wechselstromseitig in Strom umgewandelt werden.

## 6.4 Innenraumtemperaturen

In den folgenden Abbildungen sind die Tagesmittel-Temperaturverläufe der beiden fest vermieteten Wohnungen und der Ferienwohnungen über den Untersuchungszeitraum dargestellt. Zusätzlich zeigen die Abbildungen den Temperaturverlauf einer „normalen Belegung“ in Abhängigkeit der Außentemperatur nach DIN EN 15026. Die Temperaturverläufe werden stark vom Nutzerverhalten und der Belegung, speziell bei den Ferienwohnungen, beeinflusst. Die Temperaturen in der Wohnung OG Ost (Abbildung 15) bewegen sich, gegenüber den Annahmen der DIN EN 15026, im Winter 2013/14 und im Sommer 2015 auf einem höheren Niveau. Die Temperaturverläufe der Wohnung EG Ost (Abbildung 16) verhalten sich, gegenüber den Annahmen der DIN EN 15026, mit Ausnahme im Sommer 2014 und im Frühjahr 2015 ebenfalls auf einem höheren Niveau. Die Temperaturverläufe der Ferienwohnungen (Abbildung 17) variieren im Untersuchungszeitraum stark.

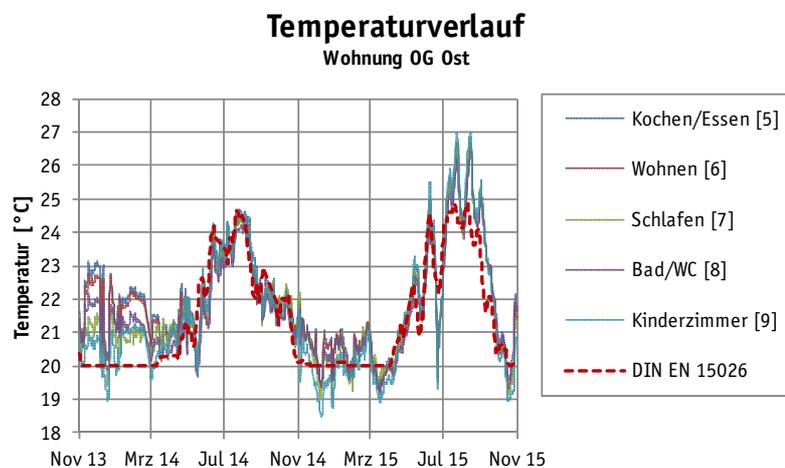


Abbildung 15: Temperaturverlauf Wohnung OG Ost im Vergleich zur normalen Belegung nach DIN EN 15026

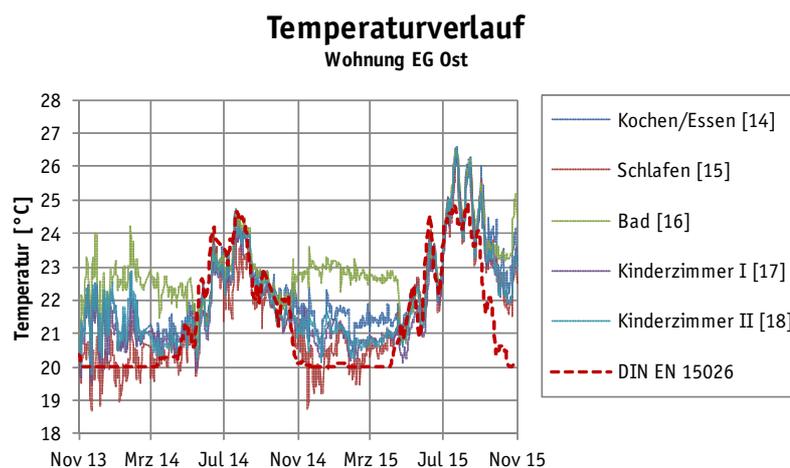
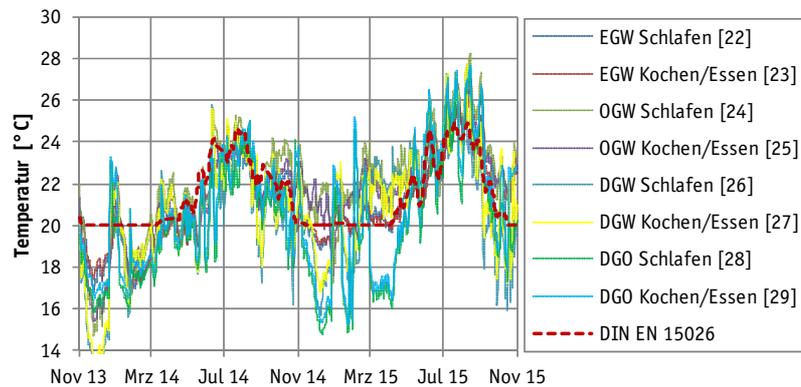


Abbildung 16: Temperaturverlauf Wohnung EG Ost im Vergleich zur normalen Belegung nach DIN EN 15026

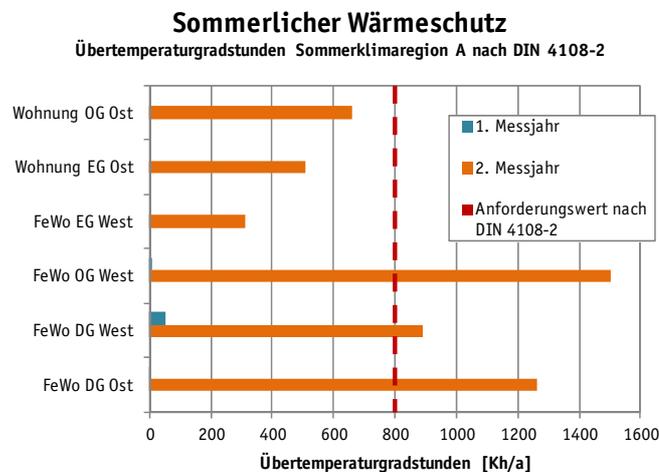
## Temperaturverlauf Ferienwohnungen



**Abbildung 17: Temperaturverlauf Ferienwohnungen im Vergleich zur normalen Belegung nach DIN EN 15026**

### 6.4.1 Innenraumtemperaturen Sommer

Im folgenden Diagramm sind die jährlichen Übertemperaturgradstunden der sechs Wohneinheiten beider Messjahre sowie der Grenzwert nach DIN 4108-2 für Wohnnutzung dargestellt. Demnach wurde der Grenzwert von 800 Kh/a im zweiten Messjahr bei drei Ferienwohnungen überschritten. In Tabelle 41 im Anhang dieses Berichtes sind die monatlichen Übertemperaturgradstunden aufgeführt. Demnach verteilen sich die Übertemperaturgradstunden weitgehend auf die Monate Juli und August 2015.

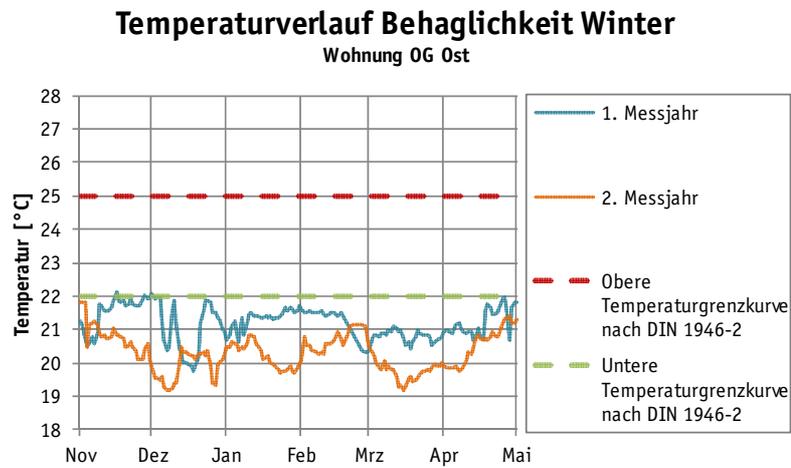


**Abbildung 18: Innenraumtemperaturen der beiden vermieteten Wohnungen im Sommer**

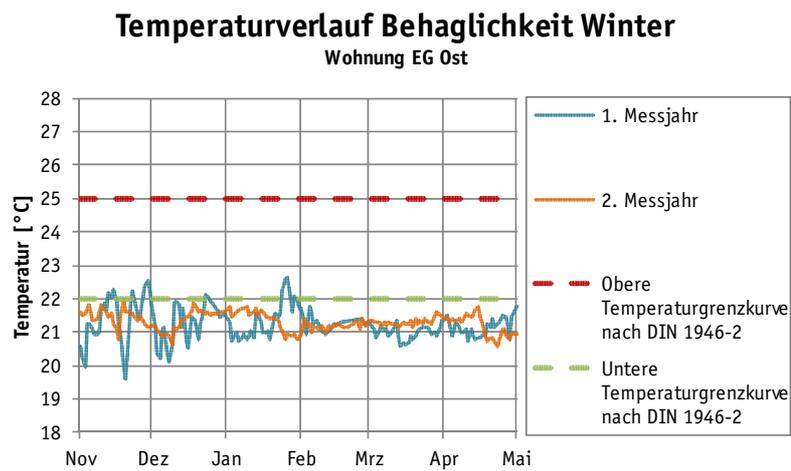
### 6.4.2 Innenraumtemperaturen Winter

In den folgenden Diagrammen sind die mittleren Tagesraumtemperaturen der in den Abbildung 15 bis Abbildung 17 enthaltenen Temperatursensoren für die Winterperioden beider Messjahre dargestellt. Weiterhin zeigt das Diagramm die obere und die untere Behaglichkeitsgrenztemperaturkurven in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur nach DIN 1946-2. Die mittlere Raumtemperatur der vermieteten Wohnungen liegt in den Wintermonaten etwa zwischen 19 °C und 22 °C. Damit liegen die Raumtemperaturen der vermieteten

Wohnungen unterhalb der operativen Behaglichkeitsgrenztemperatur nach DIN 1946-2. Die mittleren Raumtemperaturen der Ferienwohnungen bewegen sich in den Wintermonaten zwischen 15 °C und 22 °C. Monatsmittelwerte sind im Anhang A hinterlegt.



**Abbildung 19: Temperaturverlauf Wohnung OG Ost in den Wintermonaten mit Temperaturgrenzkurven nach DIN 1946-2**



**Abbildung 20: Temperaturverlauf Wohnung EG Ost in den Wintermonaten mit Temperaturgrenzkurven nach DIN 1946-2**

## Temperaturverlauf Behaglichkeit Winter Ferienwohnungen

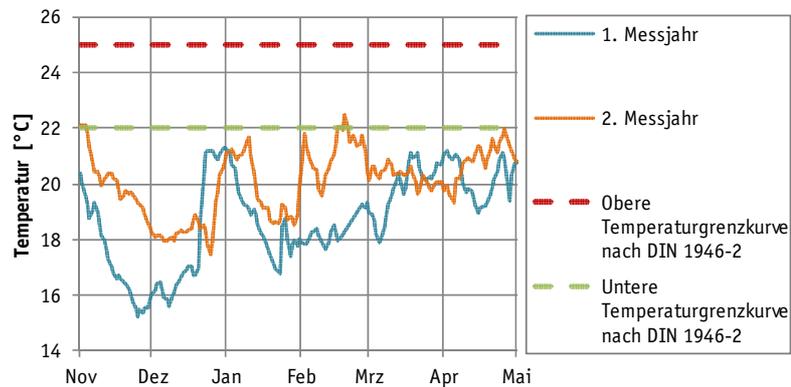


Abbildung 21: Temperaturverlauf der Ferienwohnungen in den Wintermonaten mit Temperaturgrenzkurven nach DIN 1946-2

### 6.5 Vergleich Messung und Simulation nach DIN V 18599

Folgend werden die im Monitoring gemessenen Daten mit Berechnungsergebnissen der Punkte 3.5 „Energiebedarf und Energiedeckung“ und 3.6 „Bewertung der Effizienz aus Berechnung nach DIN V 18599“ verglichen. Spezifische Ergebnisse beziehen sich auf die Wohnfläche des Effizienzhaus Plus von 627,2 m<sup>2</sup>.

#### 6.5.1 Energiebedarf und Energieverbrauch

##### 6.5.1.1 Gesamtbedarf und Gesamtverbrauch Strom

Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen den Vergleich von Simulation und Messung für Stromerzeugung und Stromverbrauch der Effizienzhaus Plus. Die Stromverbraucher Elektromobilität und projektspezifisch sind dabei nicht enthalten.

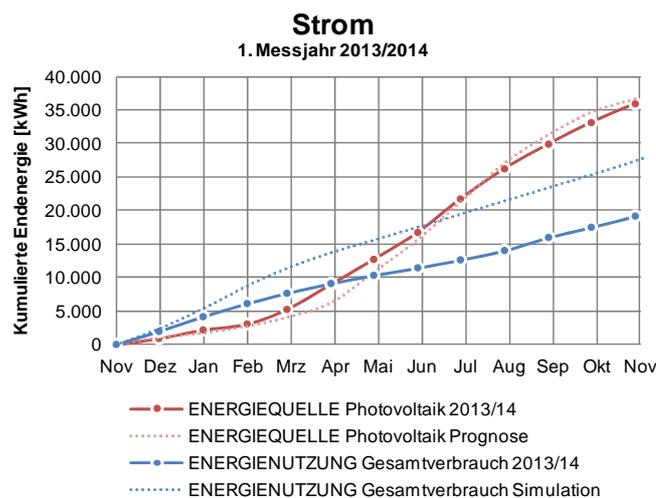
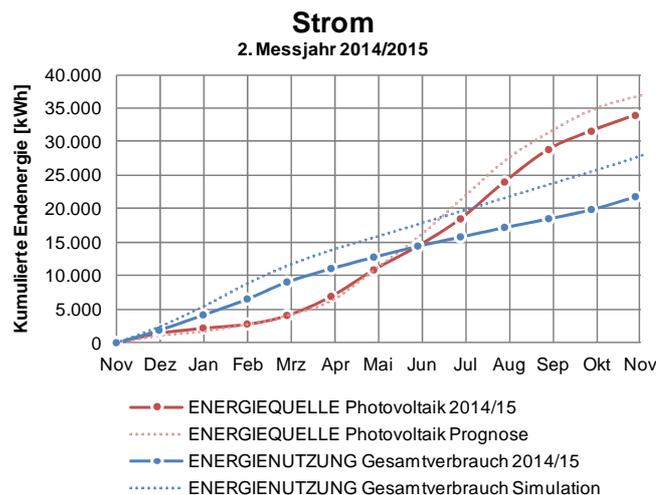
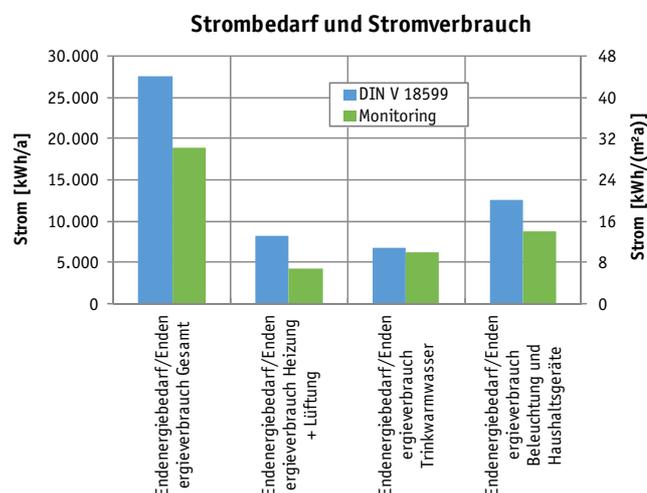


Abbildung 22: Vergleich von Simulation und Messung Stromverbrauch und Stromerzeugung ohne Elektromobilität für das 1. Messjahr



**Abbildung 23: Vergleich von Simulation und Messung Stromverbrauch und Stromerzeugung ohne Elektromobilität für das 2. Messjahr**

Bei dem durch die Photovoltaik-Anlage erzeugten Strom passen simulierte und gemessene Werte gut überein. Der simulierte Stromverbrauch hingegen liegt über den tatsächlich gemessenen Daten. Diese Differenz könnte erklärt werden, dass bei der Simulation sechs durchgängig genutzten Wohnungen angenommen wurden. Tatsächlich sind jedoch nur zwei Wohnungen fest vermietet und vier Wohnungen als Ferienwohnungen genutzt. Die in den Abbildungen dargestellten Daten sind im Anhang A in Form von Monatswerten aufgeführt. In Abbildung 24 sind simulierter Strombedarf und gemessener Stromverbrauch in die vier Punkte Gesamtstrom, Heizung/Lüftung, Trinkwarmwasser sowie Beleuchtung/Haushaltsgeräte unterteilt. Gemessen wurden tendenziell geringere Stromverbräuche gegenüber berechneter Strombedarfe, mit Ausnahme von Trinkwarmwasser.



**Abbildung 24: Vergleich von Simulation und Messung Strombedarf und Stromerzeugung**

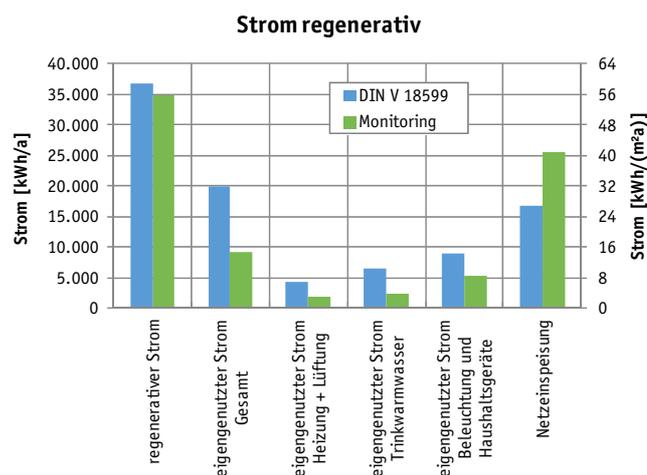
In der folgenden Tabelle 9 sind die Messwerte zum Stromverbrauch aus Abbildung 24, im Vergleich zu den Ergebnissen der Bedarfsrechnung aus Tabelle 3: Energiebedarf des Effizienzhaus Plus, aufgeführt.

**Tabelle 9: Energieverbrauch des Effizienzhaus Plus in der ersten Messperiode**

	Endenergie [kWh/a]		Spezifische Endenergie [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	
	DIN V 18599	Monitoring	DIN V 18599	Monitoring
Endenergiebedarf/Endenergieverbrauch Gesamt	27.542	18.949	43,9	30,2
Endenergiebedarf/Endenergieverbrauch Heizung + Lüftung	8.239	4.186	13,1	6,7
Endenergiebedarf/Endenergieverbrauch Trinkwarmwasser	6.758	6.186	10,8	9,9
Endenergiebedarf/Endenergieverbrauch Beleuchtung und Haushaltsgeräte	12.545	8.828	20,0	14,1

### 6.5.1.2 Regenerativer Strom aus Photovoltaik

Abbildung 25 zeigt den durch Photovoltaik erzeugten Strom im Vergleich zur Simulation. Messung und Simulation stimmen für den regenerativ erzeugten Strom gut überein. Im Gegensatz dazu wurde deutlich weniger des erzeugten Stroms selbst genutzt und deutlich mehr in das Stromnetz eingespeist.



**Abbildung 25: Vergleich von Simulation und Messung der Stromerzeugung**

Tabelle 10 enthält die Messwerte wie in Abbildung 25 dargestellt. Die Bestimmung der eigengenutzten Strombedarfe für Heizung/Lüftung, Trinkwarmwasser und Haushaltsstrom erfolgte auf Basis von 10-minütlichen Messwerten. Dabei wurden Leistungsdaten aller Stromzähler mit den Leistungsdaten des eigengenutzten Stromes verglichen und anteilig kumuliert. Lediglich projektspezifische Stromverbräuche wurden dabei nicht mit einbezogen. Monatsmittelwerte sind im Anhang A enthalten.

**Tabelle 10: Energiebedarfs- und Energieverbrauchsdeckung**

	Endenergie [kWh/a]		Spezifische Endenergie [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	
	DIN V 18599	Monitoring	DIN V 18599	Monitoring
regenerativer Strom	36.724	34.913	58,6	55,7

	Endenergie [kWh/a]		Spezifische Endenergie [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	
	DIN V 18599	Monitoring	DIN V 18599	Monitoring
eigengenutzter Strom Gesamt	19.951	9.281	31,8	14,8
eigengenutzter Strom Heizung + Lüftung	4.327	1.779	6,9	2,8
eigengenutzter Strom Trinkwarmwasser	6.595	2.257	10,5	3,6
eigengenutzter Strom Beleuchtung und Haushaltsgeräte	9.029	5.245	14,4	8,4
Netzeinspeisung	16.773	25.629	26,7	40,9

### 6.5.1.3 Energiebedarf und Energieverbrauch Wärme Heizen

Abbildung 26 vergleicht den Wärmebedarf mit dem Wärmeverbrauch für die Beheizung des Effizienzhaus Plus. Zusätzlich vergleicht das Diagramm Verluste von verschiedenen anlagentechnischen Abschnitten sowie die für die Erzeugung erforderliche regenerative und nicht regenerative Energie. Tabelle 11 enthält die Messwerte wie in Abbildung 25 dargestellt. Monatsmittelwerte befinden sich im Anhang A. Die Daten zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Messung.

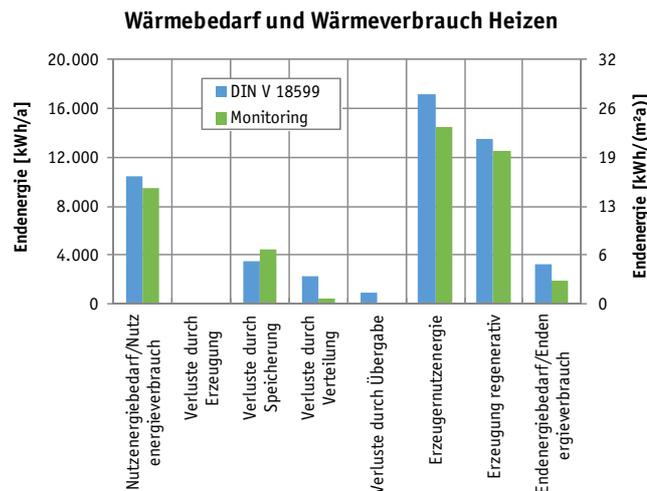


Abbildung 26: Vergleich von Simulation und Messung Wärmebedarf und Wärmeverbrauch Heizen

Tabelle 11: Wärmebedarf und Wärmeverbrauch Heizen

	Endenergie [kWh/a]		Spezifische Endenergie [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	
	DIN V 18599	Monitoring	DIN V 18599	Monitoring
Nutzenergiebedarf/Nutzenergieverbrauch	10.474	9.496	16,7	15,1
Verluste durch Erzeugung	0	21	0,0	0,0
Verluste durch Speicherung	3.519	4.461	5,6	7,1
Verluste durch Verteilung	2.288	457	3,6	0,7
Verluste durch Übergabe	920	0	1,5	0,0

	Endenergie [kWh/a]		Spezifische Endenergie [kWh/(m²a)]	
	DIN V 18599	Monitoring	DIN V 18599	Monitoring
	Erzeugernutzenergie	17.200	14.433	27,4
Erzeugung regenerativ	13.498	12.533	21,5	20,0
Endenergiebedarf/Endenergieverbrauch	3.217	1.900	5,1	3,0

#### 6.5.1.4 Energiebedarf und Energieverbrauch Wärme Trinkwarmwasser

Abbildung 27 vergleicht den Wärmebedarf mit dem Wärmeverbrauch für das Trinkwarmwasser des Effizienzhaus Plus. Zusätzlich vergleicht das Diagramm Verluste von verschiedenen anlagentechnischen Abschnitten sowie die für die Erzeugung erforderliche regenerative und nicht regenerative Energie. Tabelle 12 enthält die Messwerte wie in Tabelle 16 dargestellt. Monatsmittelwerte befinden sich im Anhang A.

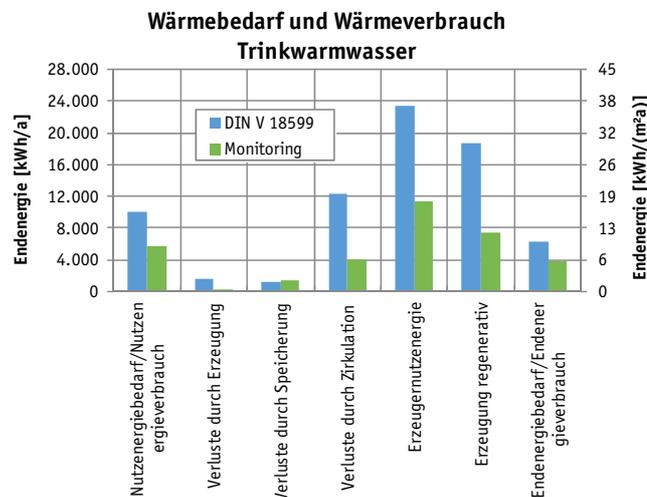


Abbildung 27: Vergleich von Simulation und Messung Wärmebedarf und Wärmeverbrauch Trinkwarmwasser

Tabelle 12: Wärmebedarf und Wärmeverbrauch Trinkwarmwasser

	Endenergie [kWh/a]		Spezifische Endenergie [kWh/(m²a)]	
	DIN V 18599	Monitoring	DIN V 18599	Monitoring
	Nutzenergiebedarf/Nutzenergieverbrauch	10.036	5.816	16,0
Verluste durch Erzeugung	1.556	32	2,5	0,1
Verluste durch Speicherung	1.154	1.331	1,8	2,1
Verluste durch Zirkulation	12.254	4.096	19,5	6,5
Erzeugernutzenergie	23.444	11.275	37,4	18,0
Erzeugung regenerativ	18.729	7.346	29,9	11,7
Endenergiebedarf/Endenergieverbrauch	6.271	3.928	10,0	6,3

## 6.5.2 Vergleich der Effizienz der Anlagentechnik aus der Berechnung nach DIN V 18599 und Messung

Die Bewertung der Effizienz der Anlagentechnik erfolgte durch die Betrachtung von insgesamt fünf Teilabschnitten. Diese Teilabschnitte sind Nutzenergie (Wärme), Erzeugerabgabe (Wärme), Endenergie Erzeuger (Strom), Endenergie Haustechnik (Strom) und Primärenergie Haustechnik ( $f_{p,Strom} = 2,4$ ). Die Ergebnisse der jährlichen Endenergie und der jährlichen spezifischen Endenergie können Abbildung 28 und Tabelle 13 entnommen werden. Für eine Bewertung der verschiedenen Teilabschnitte der Anlagentechnik wurden in Abbildung 29 und Tabelle 14 unterschiedliche Aufwandszahlen und Arbeitszahlen gebildet. Für den Untersuchungszeitraum liegt die tatsächlich verbrauchte Endenergiemenge unterhalb der berechneten Endenergiemenge. Diese Ergebnisse resultieren zu einem Teil durch die Nutzung von 4 Wohnungen als Ferienwohnungen im Hinblick auf eine damit verbundene diskontinuierlichen Belegung. Bei der Bewertung der verschiedenen Teilabschnitte weisen Berechnung und Messung, bis auf die Arbeitszahl und die Effizienz des Wärmeerzeugers, eine hohe Übereinstimmung auf.

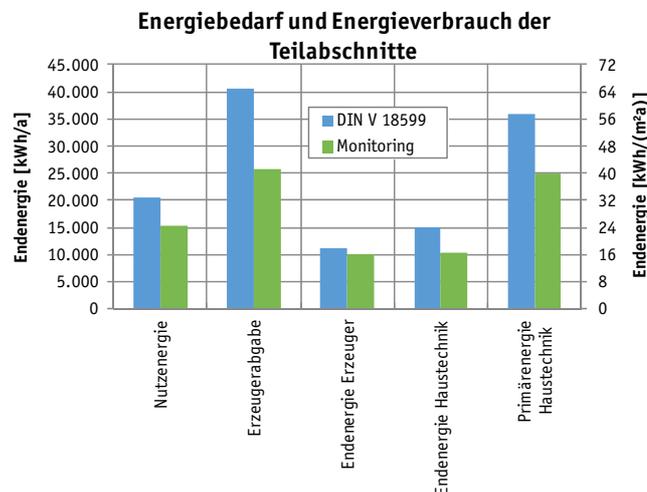


Abbildung 28: Vergleich von Simulation und Messung Energiebedarf und Energieverbrauch der Teilabschnitte

Tabelle 13: Spezifischer Energieverbrauch des Effizienzhaus Plus

Teilabschnitt	Erläuterung	Endenergie [kWh/a]		Spezifische Endenergie [kWh/(m²a)]	
		DIN V 18599	Monitoring	DIN V 18599	Monitoring
<b>Nutzenergie</b>	Nutzenergiebedarf der Räume für Heizung, Trinkwarmwasser und Kühlung	20.510	15.312	32,7	24,4
<b>Erzeugerabgabe</b>	Wärme- und Kälteabgabe der Erzeuger an das Verteilnetz oder die Speicher für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung	40.645	25.708	64,8	41,0

Teilabschnitt	Erläuterung	Endenergie [kWh/a]		Spezifische Endenergie [kWh/(m²a)]	
		DIN V 18599	Monitoring	DIN V 18599	Monitoring
<b>Endenergie Erzeuger</b>	Strombedarf für die Erzeugung von Wärme und Kälte für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung	11.280	10.030	18,0	16,0
<b>Endenergie Haustechnik</b>	Strombedarf für die Erzeugung von Wärme und Kälte für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung sowie Hilfsenergie für die Anlagentechnik wie Pumpen, Ventilatoren und Regelungen	14.997	10.372	23,9	16,5
<b>Primärenergie Haustechnik</b>	Nicht erneuerbarer Anteil des Primärenergiegehalts der gesamten Endenergie für die Haustechnik	35.993	24.892	57,4	39,7

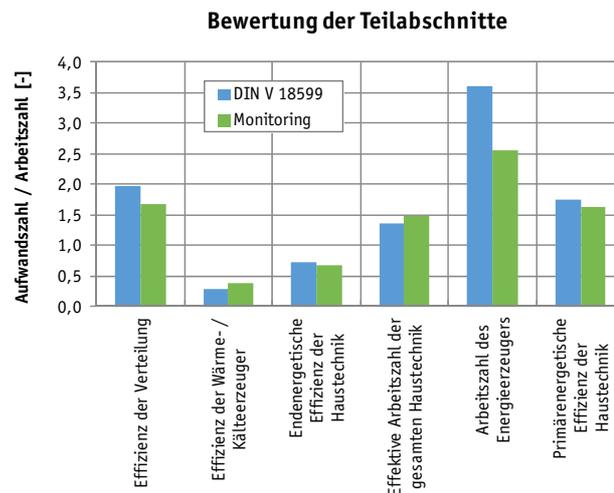


Abbildung 29: Vergleich von Simulation und Messung Energiebedarf und Energieverbrauch der Teilabschnitte

Tabelle 14: Aufwandszahlen der Haustechnik

Bewertete Teilabschnitte	Aufwandszahlen/Arbeitszahlen [kWh/kWh]	
	DIN V 18599	Monitoring
Effizienz der Verteilung (Erzeugerabgabe/Nutzenergie)	1,98	1,68
Effizienz der Wärme-/Kälteerzeuger (Endenergie Erzeuger/ Erzeugerabgabe)	0,28	0,39
Endenergetische Effizienz der Haustechnik (Endenergie Haustechnik/Nutzenergie)	0,73	0,68

Bewertete Teilabschnitte	Aufwandszahlen/Arbeits-zahlen [kWh/kWh]	
	DIN V 18599	Monitoring
Effektive Arbeitszahl der gesamten Haustechnik (Nutzenergie/Endenergie Haustechnik)	1,37	1,48
Arbeitszahl des Energieerzeugers (Erzeugerabgabe/Endenergie Erzeuger)	3,60	2,56
Primärenergetische Effizienz der Haustechnik (Primärenergie Haustechnik/ Nutzenergie)	1,75	1,63

## 7 Kosten / Wirtschaftlichkeit

### 7.1.1 Baukosten und laufende Kosten

Die folgende Tabelle 15 enthält Werte zu Mehr-/Minderkosten des Effizienzhaus Plus im Vergleich zum Standard nach EnEV 2009. Dabei wird in bautechnische und anlagentechnische Betriebskosten unterschieden. Im Ergebnis stehen Mehrkosten von 177.500 € einer jährlichen Kosteneinsparung von ca. 7.800 € gegenüber. Von Seite 65 bis 70 in diesem Bericht sind überschlägliche Berechnungen von Amortisationszeiten der Effizienzhaus Plus-Mehrkosten gegenüber der EnEV 2009 enthalten. Es wird unterschieden in eine moderate Energiepreissteigerung in Anlehnung an Literaturstelle (8) sowie eine hohe Energiepreissteigerung in Anlehnung an Literaturstelle (9). Demnach ergibt sich eine Amortisationszeit der Mehrkosten zwischen 20 und 23 Jahren. Im besonderen wirkt sich, die Photovoltaik-Anlage mit der zum Zeitpunkt der Installation vereinbarten Netzeinspeisevergütung und dem eigengenutztem Strom, positiv auf die Wirtschaftlichkeit der Mehrinvestitionskosten aus. Die folgende Tabelle 15 zeigt die Gegenüberstellung von Mehrinvestitionskosten und Energiekosten des EnEV 2009 Standard und Effizienzhaus Plus Standard.

**Tabelle 15: Mehr/Minderkosten des Effizienzhaus Plus im Bezug auf EnEV Standard**

Bauteil / Anlage	EnEV 2009 mit EEWärmeG	Mehr-/Minderkosten inkl. Mwst. Effizienzhaus Plus Standard [€]
Außenwand	0	24.200
Dach	0	6.300
Wand gegen Erdreich	0	4.700
Bodenplatte	0	9.600
Fenster	0	16.900
Heizungsanlage incl. Speicher	Gas-Brennwertkessel	22.900
Lüftungsanlage	vorhanden	vorhanden
Photovoltaik	keine	75.000
Batterie	keine	15.000
Beleuchtung	Standard	900
Geräte	Standard	2.000
Mehrinvestitionskosten	0	177.500

Bauteil / Anlage	EnEV 2009 mit EEWärmeG	Mehr-/Minderkosten inkl. MwSt. Effizienzhaus Plus Standard [€]
<b>Energie- und Betriebskosten</b>	<b>Kosten/Jahr nach EnEV 2009 Standard (basierend auf Referenzgebäude EnEV) [€/a]</b>	<b>Kosten/Jahr nach Effizienzhaus Plus Standard (basierend auf Monitoringdaten) [€/a]</b>
Gas	4.361	0
Strom	3.448	3.513
Wartung Heizung	50	250
Netzeinspeisevergütung	0	-3.704
Laufende Kosten pro Jahr	7.859	59

## 7.1.2 Kosten der Haushaltsgeräte

In den folgenden Übersichten sind die im Haus eingesetzten Haushaltsgeräte aufgeführt. In den vier Ferienwohnungen wurde je eine Einbauküche mit Geräten der höchsten Effizienzklasse eingebaut. Die Haushaltsgeräte der vermieteten Wohnungen sind z. T. eigene Geräte der beiden Mietparteien. Nicht alle dieser Geräte entsprechen dem Effizienzhaus Plus Standard.

### 7.1.2.1 Wohnung EG Ost

**Tabelle 16: Geräte der vermieteten Wohnung EG Ost**

Gerät	Effizienzklasse	Baujahr	Bezeichnung	Kosten [€]
Herd	-	2012	Candy PCV 64 C	380
Backofen	-	2012	Candy FCO 405 X	
Dunstabzugshaube	D	2013	Bosch Wandesse DWB06W652 Edelstahl	250
Spülmaschine	A+	2012	exquisit EGSP 13.1 E/B	300
Kühlschrank mit Gefrierfach	A+	2012	PKM Vollraumkühlschrank mit Gefrierfach 125.4 A+ EB	250
Waschmaschine	A	-	Privileg 27614 Waschmaschine	300
Wäschetrockner	-	2001	Trockenautomat T 5205 C	-
Beleuchtung		2013	LED	150
Investitionskosten				1.630

### 7.1.2.2 Wohnung OG Ost (Geräte der Mieter)

**Tabelle 17: Geräte der vermieteten Wohnung OG Ost**

Gerät	Effizienzklasse	Baujahr	Bezeichnung	Kosten [€]
Herd	-	2008	Bosch HTH E 23	400
Backofen	-	2008	Bosch HEN235X	
Dunstabzugshaube				
Spülmaschine				

Gerät	Effizienzklasse	Baujahr	Bezeichnung	Kosten [€]
Kühlschrank mit Gefrierschrank	A++	2012	Bosch KGV33X47 Kühl-/Gefrier-Kombination	650
Waschmaschine	A+++	2013	Siemens WM 12 E 442	450
Beleuchtung		2013	LED	150
Investitionskosten				1.650

### 7.1.2.3 Ferienwohnungen

**Tabelle 18: Geräte der Ferienwohnungen**

Gerät	Effizienzklasse	Baujahr	Bezeichnung	Einheitspreis [€]	Gesamtpreis [€]
4x Herd	A	2013	Bosch NKN651G14D	900	3.600
4x Backofen	A	2013	Bosch HEA63B		
4x Dunstabzugshaube	D	2013	Bosch Wandesse DWB06W652 Edelstahl	250	1.000
4x Spülmaschine	A+++	2013	Bosch SMI69M85EU	550	2.200
4x Kühlschrank	A+++	2012	Bosch KIL 18A75	450	1.800
1x Waschmaschine	A+++	2013	Siemens WM 12 E 442	450	450
4x Beleuchtung		2013	LED	150	600
Investitionskosten				2.413	9.650

## 8 Bewertung

Die erfolgreiche Umsetzung von Gebäudekonzepten mit einem negativen End- und Primärenergiebedarf in einem vernünftigen Finanzrahmen erfordert die effektive Kombination aus hocheffizienten anlagentechnischen und bautechnischen Komponenten. Die Einschätzung der Gesamteffizienz erfolgt durch eine quantitative Bewertung der einzelnen Komponenten.

### 8.1 Energieeffizienz des Modellgebäudes

Eine Besonderheit dieses Hauses liegt in einer Mischnutzung aus vier Ferienwohnungen und zwei fest vermieteten Wohnungen im ersten Messjahr sowie drei Ferienwohnungen und drei fest vermieteten Wohnungen im zweiten Messjahr. Die Belegung der Ferienwohnungen war geringer gegenüber den Annahmen der Simulationsberechnungen nach DIN V 18599. Die weniger intensive Nutzung des Gebäudes hat einen Einfluss auf die Auslastung der Haustechnik. Die Umlegung von sowieso-Verlusten für Wärmespeicherung, -verteilung und -zirkulation erfolgt somit auf einem geringeren Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser und Heizen. Gleichzeitig resultiert aus einer weniger intensiven Nutzung auch eine Reduktion der Eigenstromnutzung aus Photovoltaik.

Der Stromertrag der Photovoltaik-Anlage stimmt in etwa mit den Simulationsergebnissen überein. Eine weniger intensive Nutzung des Effizienzhaus Plus führte zu einem geringeren Stromverbrauch und damit zu einem geringeren Eigennutzungsgrad. Über einen längeren Zeitraum im ersten Messjahr war der Batteriespeicher aufgrund eines technischen Defektes

außer Betrieb. Im Untersuchungszeitraum wurden etwa 63 % im 1. Messjahr (Batterie teilweise deaktiviert) und 43 % im 2. Messjahr (Batterie durchgängig aktiviert) mehr Strom in das Netz eingespeist, als von der Berechnung nach DIN V 18599 zuvor bestimmt.

Eine weitere Herausforderung lag in der gesetzlich vorgeschriebenen Trinkwarmwassertemperatur von 60 °C. Das ursprüngliche Konzept sah vor, dass die Wärmepumpe ganzjährig den Heizungspufferspeicher auf 45 °C erwärmt. Das Trinkwarmwasser sollte dann über den Heizungspufferspeicher vorgewärmt und im Trinkwarmwasserspeicher mittels elektrischen Zusatzheizer einmal pro Woche bis auf 60 °C nacherwärmt werden. Das System der Trinkwarmwassererwärmung wurde im Rahmen des Monitoringprojektes Anfang November 2013 umgebaut. Seither wird der Trinkwarmwasserspeicher direkt durch die Wärmepumpe auf durchschnittlich 55 °C erwärmt. Die Wärmepumpe wird über zwei Programme gesteuert und erwärmt den Heizungspufferspeicher auf 45 °C und den Trinkwarmwasserspeicher auf 55 °C.

## **8.2 Verbesserungspotentiale**

Folgend sind eine Reihe von Punkten aufgeführt, die zu einer Verbesserung der Energieeffizienz des Effizienzhaus Plus beitragen könnten. Die genannten Maßnahmen sind stets unter der Prämisse ihrer Wirtschaftlichkeit und Machbarkeit zu betrachten.

### **8.2.1 Trinkwarmwassererwärmung**

Für die Trinkwarmwassererwärmung wären alternativ auch der Einsatz von Frischwasserstationen oder einer Trinkwarmwasserdesinfektionsanlage mit niedrigerer Vorlauftemperatur oder eine Erwärmung über separate Durchlauferhitzer denkbar. Bei dem Einsatz von Durchlauferhitzern würde sich jedoch der Anteil an eigengenutztem Strom der Photovoltaik-Anlage voraussichtlich weiter verringern.

### **8.2.2 Heizen**

Eine Optimierung der Heizungseinstellung bzw. die Programmierung von mehreren Nutzungsprofilen könnte Energie einsparen. Es könnte getestet werden, ob die Heizkörper der Ferienwohnungen mit einer Vorlauftemperatur von 40 °C bzw. 35 °C ausreichend Wärme bereitstellen würden. Weiterhin könnte bei Leerstand der Ferienwohnungen die Heizungspufferspeichertemperatur auf 35 °C reduziert werden.

Weiterhin könnte die Erwärmung des Heizungspufferspeichers in den Sommermonaten deaktiviert werden. Diese Maßnahme hätte zusätzlich einen positiven Effekt auf den sommerlichen Wärmeschutz. Bisher wird der Heizungspufferspeicher auch in den Sommermonaten auf durchschnittlich 38 °C erwärmt.

### **8.2.3 Sommerlicher Wärmeschutz**

Für die Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes wurden im Frühjahr an den Terrassen- und Balkontüren Außenrollos nachgerüstet. Den Messwerten zufolge wurde eine Raumtemperatur von 25 °C im ersten Messjahr nur an einer Stelle an insgesamt drei Tagen überschritten. Im Sommer des zweiten Messjahres lag die Raumtemperatur zeitweise deutlich oberhalb von 25 °C, besonders bei den Ferienwohnungen. Die hohen Raumtemperaturen resultieren aus heißen Außentemperaturen im Sommer 2015. Die optimale Einstellung der Lüftungsgeräte könnte den sommerlichen Wärmeschutz weiter verbessern. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Wärmerückgewinnung im Kreuzwärmetauscher im Sommer deaktiviert ist. Bei dem im Effizienzhaus Plus verwendeten Lüftungsanlagen erfolgt das

manuell durch das Umlegen der Bypassklappe im Gerät. In Kombination mit einer Programmierung der Geräte auf Nachtlüftung können die Raumtemperaturen, im Fall von nicht belegten Ferienwohnungen (Fenster in der Nacht geschlossen), in besonders heißen Perioden weiter verringert werden.

#### **8.2.4 Lüftungsanlage**

Im ersten Jahr wurden die Lüftungsanlagen in den fest vermieteten Wohnungen nur selten und im zweiten Jahr deutlich häufiger genutzt. Für einen optimalen Betrieb der Geräte könnten zukünftigen Mietern der Wohnungen beim Einzug eine Bedienungsanleitung der Lüftungsanlagen mit überreicht werden. Die Nachrüstung von CO<sub>2</sub>- oder Luftfeuchtesensoren könnte die Steuerung der Lüftungsgeräte automatisieren und so den Heizwärmeverbrauch reduzieren, insbesondere bei den Ferienwohnungen. Jedoch bleibt fraglich, ob eine Nachrüstung von Sensoren im bestehenden Effizienzhaus Plus wirtschaftlich vertretbar wäre.

#### **8.2.5 Haushaltsgeräte**

Für eine Reduzierung des Stromverbrauches könnten perspektivisch Haushaltsgeräte mit höherer Energieeffizienz getauscht werden, beispielsweise der verbaute Wäschetrockner mit 2,9 kW Anschlussleistung.

#### **8.2.6 Stromeigennutzung**

Ein großes Verbesserungspotential liegt in einer Erhöhung der Eigenverbrauchsquote des Photovoltaik-Stromes. Im zweiten Jahr wurde eine Stromleitung der PV-Anlage zum Firmengelände der Hans Angerer-Gruppe installiert. Der dabei verbrauchte Strom wurde außerhalb des Effizienzhaus Plus verbraucht. In der Messstelle [220] wurde diese Stromnutzung als projektspezifischer Anteil nicht in die Bilanz einbezogen und als eine zusätzliche Einspeisung betrachtet. Der zusätzliche Stromverbrauch konnte die Eigenstromnutzung von 29,2 % auf 37,5 % steigern. Mit 2.785 kWh im zweiten Messjahr zusätzlich eigengenutztem Strom konnte eine jährliche Kosteneinsparung von knapp 400 € (bei 14 €ct Preisdifferenz Einspeisung/Netzbezug) erreicht werden. Bezogen auf die Nutzungsdauer von 20 Jahren ergibt das eine Einsparung von voraussichtlich 8.000 €. Eine weitere Erhöhung der Eigenverbrauchsquote verbessert die Wirtschaftlichkeit der Mehrkosten Effizienzhaus Plus-Standard gegenüber EnEV-Standard weiter.

### **8.3 Wirtschaftlichkeit**

#### **8.3.1 Batterie und Photovoltaik**

Zwei überschlägliche Wirtschaftlichkeitsberechnung der Photovoltaik-Anlage mit und ohne Batteriespeicher sind in Tabelle 42 auf Seite 65 (moderate Energiepreissteigerung) und Tabelle 45 auf Seite 68 (hohe Energiepreissteigerung) zu entnehmen. Die Amortisation der Photovoltaik-Anlage ist demnach in ca. 12 Jahren erreicht. Der Batteriespeicher würde sich demnach in 14 bis 19 Jahren amortisieren. Bei einer angenommenen Lebenszeit von 12 Jahren würden sich die Investitionskosten des Batteriespeichern voraussichtlich nicht amortisieren.

### 8.3.2 Gesamtmehrkosten

Die reinen Baukosten des Hauses belaufen sich auf 1.039.850 € (KG300: 714.000; KG400: 325.850). Für die KG300 ergeben sich, gegenüber einem vergleichbarem Gebäude nach EnEV 2009, Mehrkosten für eine Ausführung als Effizienzhaus Plus von 61.700 € (5,9 %). Für die KG400 sind es 115.800 € (11,1 %). Zusammen ergibt das Mehrkosten von 177.500 € (17,1 % von KG300 + KG400). Demgegenüber steht eine jährliche Ersparnis von rund 7.800 €. Nach überschläglicher Berechnungen auf Grundlage der Monitoringdaten in Tabelle 44 auf Seite 67 und Tabelle 47 auf Seite 70 liegt die Amortisationszeit der Mehrkosten zwischen 20 und 23 Jahren. Die Eigenstromnutzung durch die Hans Angerer-Firmengruppe ist dabei nicht einbezogen. Mit einem höheren Anteil an eigengenutztem Strom könnte die Wirtschaftlichkeit weiter verbessert werden.

## 9 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht enthält Informationen, Daten und Ergebnisse eines Gebäudemonitoring des Effizienzhaus Plus in den Bergen. Das betreffende Gebäude wurde im Jahr 2013 als Mehrfamilienhaus errichtet und befindet sich im oberbayrischen Bischofswiesen. Die Planung und Ausführung erfolgte nach den Grundsätzen des Effizienzhaus Plus Standards. Diese besagen, dass das Haus in der Jahresbilanz einen negativen Primär- und Endenergiebedarf aufweist. Das Anlagenkonzept besteht u.a. aus einer 4,2 kW (el.) Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit Heizungs- und Trinkwasserspeicher, sechs Lüftungsgeräten sowie 41,6 kWp Photovoltaik und einem 50 kWh Batteriespeicher. In einem vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung geförderten Monitoringprojekt erfolgte eine messtechnische Begleitung unter realen Nutzungsbedingungen. Im Zeitraum vom 01.11.2013 bis 31.10.2015 wurden mit insgesamt 85 Sensoren Wetterdaten, Raumtemperaturen, Strom- und Wärmemengen im 10-Minuten-Takt erfasst. Es erfolgte eine Aufbereitung der Messdaten und ein Vergleich mit Berechnungsergebnissen nach DIN V 18599. Im wesentlichen konnten die Berechnungsergebnisse bestätigt werden. Auch wies die Energiebilanz in beiden Messjahren einen negativen Primär- und Endenergieverbrauch auf. Eine überschlägliche Wirtschaftlichkeitsberechnung ergibt eine Amortisationszeit der Mehrkosten des Effizienzhaus Plus Standard gegenüber EnEV 2009 Standard von ca. 20 bis 23 Jahren. Die Funktionsfähigkeit des entwickelten Effizienzhaus Plus-Konzeptes konnte im Rahmen des Monitoringprojektes eindeutig nachgewiesen werden. Auch die Zufriedenheit der Nutzer –sowohl die Mieter als auch die Urlauber der Ferienwohnungen – kann positiv beurteilt werden. Optimierungen sollten zukünftig insbesondere die Regelung und Steuerung im Zusammenspiel der einzelnen anlagentechnischen Komponenten betreffen. Dabei lassen sich weitere Einsparpotentiale heben. Dies könnte auch dazu führen mit weniger Aufwand trotzdem ein Effizienzhaus Plus in der Jahresbilanz zu erreichen. Auf der Investitionsseite ist aus heutiger Sicht am meisten noch im Bereich der Batteriespeichertechnik, sowohl was die Effizienz als auch die Investitionskosten betrifft, zu erwarten, so dass mittelfristig mit weiteren Verbesserungen der Wirtschaftlichkeit für ein Effizienzhaus Plus zu rechnen ist.

## Anhang A - Tabellen

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 19: Messstellenliste	38
Tabelle 20: Klimatische Randbedingungen	43
Tabelle 21: Monatliche Belegung der Ferienwohnungen bzw. Anzahl der Bewohner der vermieteten Wohnungen in Personen je Tag	44
Tabelle 22: Strom regenerativ monatlich in kWh	45
Tabelle 23: Strom Einspeisung monatlich in kWh	46
Tabelle 24: Strombedarf/Stromverbrauch monatlich in kWh	47
Tabelle 25: Wärmebedarf Heizen monatlich in kWh	48
Tabelle 26: Wärmeverbrauch Heizen monatlich in kWh	49
Tabelle 27: Wärmebedarf Trinkwarmwasser monatlich in kWh	50
Tabelle 28: Wärmeverbrauch Trinkwarmwasser monatlich in kWh	51
Tabelle 29: Stromverbrauch Wohnen	52
Tabelle 30: Spezifischer Stromverbrauch Wohnen je Person	53
Tabelle 31: Spezifischer Stromverbrauch Wohnen je m <sup>2</sup> WF	54
Tabelle 32: Messdaten Elektromobilität und Projektspezifisch	55
Tabelle 33: Messdaten Lüftungsanlage	56
Tabelle 34: Messdaten Wärmepumpe	56
Tabelle 35: Messdaten Photovoltaik und Batteriespeicher	58
Tabelle 36: Wärmeverbrauch Heizen und Trinkwarmwasser	58
Tabelle 37: spezifischer Wärmeverbrauch Heizen und Trinkwarmwasser	60
Tabelle 38: Temperaturen der Anlagentechnik	61
Tabelle 39: Raumtemperaturen Wohnungen	62
Tabelle 40: Raumtemperaturen Ferienwohnungen	63
Tabelle 41: Übertemperaturgradstunden der Wohnungen und Ferienwohnungen	64
Tabelle 42: Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik und Batteriespeicher mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (8)	65
Tabelle 43: Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik und Batteriespeicher unter Berücksichtigung Eigenstromnutzung Büro-Angerer [220] mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (8)	66
Tabelle 44: Wirtschaftlichkeitsberechnung Vergleich EHP-EnEV 2009-Standard mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (8)	67
Tabelle 45: Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik und Batteriespeicher mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (9)	68
Tabelle 46: Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik und Batteriespeicher unter Berücksichtigung Eigenstromnutzung Büro-Angerer [220] mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (9)	69
Tabelle 47: Wirtschaftlichkeitsberechnung Vergleich EHP-EnEV 2009-Standard mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (9)	70

**Tabelle 19: Messstellenliste**

<b>Nr.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Standort</b>	<b>Sensor</b>	<b>Einheit</b>
[1]	Frischluft	Wohnung OG Ost	Thermoanemometer	°C
[2]	Fortluft	Wohnung OG Ost	Temperatursensor	°C
[3]	Zuluft	Wohnung OG Ost	Temperatursensor	°C
[4]	Abluft	Wohnung OG Ost	Temperatursensor	°C
[5]	Kochen/Essen	Wohnung OG Ost	Temperatursensor	°C
[6]	Wohnen	Wohnung OG Ost	Temperatursensor	°C
[7]	Schlafen	Wohnung OG Ost	Temperatursensor	°C
[8]	Bad/WC	Wohnung OG Ost	Temperatursensor	°C
[9]	Kinderzimmer	Wohnung OG Ost	Temperatursensor	°C
[10]	Frischluft	Wohnung EG Ost	Thermoanemometer	°C
[11]	Fortluft	Wohnung EG Ost	Temperatursensor	°C
[12]	Zuluft	Wohnung EG Ost	Temperatursensor	°C
[13]	Abluft	Wohnung EG Ost	Temperatursensor	°C
[14]	Kochen/Essen	Wohnung EG Ost	Temperatursensor	°C
[15]	Schlafen	Wohnung EG Ost	Temperatursensor	°C
[16]	Bad	Wohnung EG Ost	Temperatursensor	°C
[17]	Kinderzimmer 1	Wohnung EG Ost	Temperatursensor	°C
[18]	Kinderzimmer 2	Wohnung EG Ost	Temperatursensor	°C
[19]	Flur	Wohnung EG Ost	Temperatursensor	°C
[20]	Windfang	Eingang EG	Temperatursensor	°C
[21]	Treppenhaus	Treppenhaus EG	Temperatursensor	°C
[22]	Schlafen	FeWo EG West	Temperatursensor	°C
[23]	Kochen/Essen	FeWo EG West	Temperatursensor	°C
[24]	Schlafen	FeWo OG West	Temperatursensor	°C
[25]	Kochen/Essen	FeWo OG West	Temperatursensor	°C
[26]	Schlafen	FeWo DG West	Temperatursensor	°C
[27]	Kochen/Essen	FeWo DG West	Temperatursensor	°C
[28]	Schlafen	FeWo DG Ost	Temperatursensor	°C
[29]	Kochen/Essen	FeWo DG Ost	Temperatursensor	°C
[30]	Technikzentrale	Keller	Temperatursensor	°C
[31]	Heizung Vorlauf ges.	Keller	Temperatursensor	°C
[32]	Vorlauf Fussbodenheizung	Keller	Temperatursensor	°C
[33]	Vorlauf Heizkörper	Keller	Temperatursensor	°C
[34]	Puffer 1	Keller	Temperatursensor	°C
[35]	Puffer 2	Keller	Temperatursensor	°C
[36]	Puffer 3	Keller	Temperatursensor	°C
[37]	Puffer 4	Keller	Temperatursensor	°C
[38]	Trinkwarmwasserspeicher	Keller	Temperatursensor	°C
[39]	Außentemperatur	Dach	Temperatursensor	°C
[50]	Volumenstrom Frischluft	Wohnung OG Ost	Thermoanemometer	m <sup>3</sup> /h
[51]	Volumenstrom Frischluft	Wohnung EG Ost/ Keller	Thermoanemometer	m <sup>3</sup> /h
[60]	Lüftung	Wohnung OG Ost	Stromzähler	kWh Strom
[61]	E-Herd	Wohnung OG Ost	Stromzähler	kWh Strom
[62]	Haushaltsgeräte	Wohnung OG Ost	Stromzähler	kWh Strom
[63]	Sonstige	Wohnung OG Ost	Stromzähler	kWh Strom

Nr.	Bezeichnung	Standort	Sensor	Einheit
[64]	Lüftung	Wohnung EG Ost	Stromzähler	kWh Strom
[65]	E-Herd	Wohnung EG Ost	Stromzähler	kWh Strom
[66]	Haushaltsgeräte	Wohnung EG Ost	Stromzähler	kWh Strom
[67]	Sonstige	Wohnung EG Ost	Stromzähler	kWh Strom
[68]	Gesamtstromverbrauch inkl. Lüftung	FeWo EG West	Stromzähler	kWh Strom
[69]	Gesamtstromverbrauch inkl. Lüftung	FeWo OG West	Stromzähler	kWh Strom
[70]	Gesamtstromverbrauch inkl. Lüftung	FeWo DG West	Stromzähler	kWh Strom
[71]	Gesamtstromverbrauch inkl. Lüftung	FeWo DG Ost	Stromzähler	kWh Strom
[72]	Allgemeinverbrauch	Keller	Stromzähler	kWh Strom
[73]	Wärmepumpe	Keller	Stromzähler	kWh Strom
[74]	Batterieumsatz und GLT	Keller	Stromzähler siehe [335]	kWh Strom
[75]	Zusatzheizter Trinkwarmwasserspeicher	Keller	Stromzähler	kWh Strom
[76]	Zusatzheizter Pufferspeicher	Keller	Stromzähler	kWh Strom
[77]	PV (siehe [327])	Keller	Stromzähler	kWh Strom
[78]	Ladestation E-Auto	Lackierhalle	Stromzähler	kWh Strom
[90]	Verbrauch Trinkwarmwasser	Wohnung OG Ost	Durchflusssensor	l
[91]	Wärmeverbrauch Heizen	Wohnung OG Ost	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[92]	Verbrauch Trinkwarmwasser	Wohnung EG Ost	Durchflusssensor	l
[93]	Wärmeverbrauch Heizen	Wohnung EG Ost	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[94]	Wärmeverbrauch Heizen	FeWo EG West	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[95]	Wärmeverbrauch Heizen	FeWo OG West	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[96]	Wärmeverbrauch Heizen	FeWo DG West	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[97]	Wärmeverbrauch Heizen	FeWo DG Ost	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[98]	Fussbodenheizung	Heizzentrale	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[99]	Heizkörper	Heizzentrale	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[100]	Wärmepumpe Produktion	Heizzentrale	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[101]	Trinkwarmwasserspeicher Eingang	Heizzentrale	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[102]	Zirkulationsverluste Trinkwarmwasser	Heizzentrale	Wärmemengenzähler	kWh Wärme
[110]	Außenluftfeuchte	Dach	Luftfeuchtesensor	%RH
[120]	Globalstrahlung Himmel	Dach	Pyranometer	W/m <sup>2</sup>
[208]	Stromlieferung ins Netz	GLT-Anlage Keller	Leist. GLT ab 29.4.14 Stromzähler s. [301]	kWh Strom
[209]	Strombezug vom Netz	GLT-Anlage Keller	Leist. GLT ab 29.4.14 Stromzähler s. [302]	kWh Strom
[210]	Ladeenergie in den Akku	GLT-Schrank Keller	bis 8.1.14 Leist GLT, ab 26.9.14 Stromzähler im Wechselrichter	kWh Strom
[211]	Entnahmeenergie Akku	GLT-Schrank Keller	bis 8.1.14 Leist GLT, ab 26.9.14 Stromzähler im Wechselrichter	kWh Strom
[212]	Stromverbrauch Wärmepumpe Heizen	Keller	Stromzähler	kWh Strom
[213]	Stromverbrauch Wärmepumpe Trinkwarmwasser	Keller	Stromzähler	kWh Strom
[216]	Einstrahlung Vert. Süd	Dach	Pyranometer	W/m <sup>2</sup>

Nr.	Bezeichnung	Standort	Sensor	Einheit
[217]	Kaltwassertemperatur	Keller	Temperatursensor	°C
[219]	Wärmemenge Trinkwarmwasserspeicher Ausgang	Keller	Wärmemengenzähler ab 29.4.14	kWh Wärme
[220]	Projektspezifisch Strombezug Büro Angerer	Lackierhalle	Stromzähler	kWh Strom
[300]	Summe Alle Verbraucher Strom (Summe [60]...[78] außer [74] und [77])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[301]	Strom ins Netz ([208] korrigiert)		Excel-Berechnung	kWh Strom
[302]	Strom vom Netz ([209] korrigiert)		Excel-Berechnung	kWh Strom
[303]	Strom Eigenverbrauch ([327]-[301])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[304]	Verbrauch Strom Whg OG Ost ([61]+[62]+[63])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[305]	Verbrauch Strom Whg EG Ost ([65]+[66]+[67])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[306]	Wärmemenge Ausgang Puffersp. ([98]+[99])		Excel-Berechnung	kWh Wärme
[307]	Durchfluss Trinkwarmwasser Whg OG Ost (bestimmt aus [90])		Excel-Berechnung	l
[308]	Durchfluss Trinkwarmwasser Whg EG Ost (bestimmt aus [90])		Excel-Berechnung	l
[309]	Temperatur Kaltwasser (bestimmt aus [217])		Excel-Berechnung	°C
[310]	Temperatur Trinkwarmwasserspeicher (bestimmt aus [38])		Excel-Berechnung	°C
[311]	c · roh Kaltwasser (bestimmt aus [309])		Excel-Berechnung	kJ/(l·K)
[312]	c · roh Trinkwarmwasser (bestimmt aus [310])		Excel-Berechnung	kJ/(l·K)
[313]	Trinkwarmwasser Whg OG Ost (bestimmt aus [90], [311] und [312])		Excel-Berechnung	kWh Wärme
[314]	Trinkwarmwasser Whg EG Ost (bestimmt aus [92], [311] und [312])		Excel-Berechnung	kWh Wärme
[315]	Zeitformel Tage seit 1.1.2013 (Für die Berechnung der extraterrestrischen Strahlung)		Excel-Berechnung	d
[316]	r02/r2 (Für die Berechnung der extraterrestrischen Strahlung)		Excel-Berechnung	[-]
[317]	Uhrzeit aus [315] (Für die Berechnung der extraterrestrischen Strahlung)		Excel-Berechnung	d
[318]	Sonnendeklination (Für die Berechnung der extraterrestrischen Strahlung)		Excel-Berechnung	[rad]
[319]	Zeitgleichung - Abweichung (Für die Berechnung der extraterrestrischen Strahlung)		Excel-Berechnung	[rad]
[320]	Omega (Für die Berechnung der extraterrestrischen Strahlung)		Excel-Berechnung	[rad]
[321]	Sonnenhöhe (Für die Berechnung der extraterrestrischen Strahlung)		Excel-Berechnung	[Grad]
[322]	Extraterrestrische Strahlung		Excel-Berechnung	W/m²
[323]	Globalstrahlung ([120] ergänzt mit [322])		Excel-Berechnung	W/m²
[324]	Leistung [77] PV-Anlage		Excel-Berechnung	kWh Strom
[325]	Leistung [78] E-Auto		Excel-Berechnung	kWh Strom

Nr.	Bezeichnung	Standort	Sensor	Einheit
[326]	Leistung PV-Anlage (korrigiert aus [323], [324] und [325])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[327]	Strom PV-Anlage (korrigiert aus [326])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[328]	Verluste Trinkwarmwasserspeicher $([101]+0,9 \cdot [75]-[102]-[219])$		Excel-Berechnung	kWh Wärme
[329]	Trinkwarmwasserentnahme alle FeWo $([219]-[313]-[314])$		Excel-Berechnung	kWh Wärme
[330]	Wärmeverbrauch Heizen HK Keller $([99]-[95]-[96]-[97]-0,5 \cdot [331])$		Excel-Berechnung	kWh Wärme
[331]	Heizstränge-Verluste $(2 \cdot ([98]-[91]-[93]-[94]))$	siehe [357] und [358]	Excel-Berechnung	kWh Wärme
[332]	Netzbezug Wärmepumpe (aus [73] und [326]) (abzgl. PV-Strom)	ohne Berücksichtigung anderer Verbraucher	Excel-Berechnung	kWh Strom
[333]	Netzbezug Wärmepumpe Heizen (aus [212] und [326]) (abzgl. PV-Strom)	ohne Berücksichtigung anderer Verbraucher	Excel-Berechnung	kWh Strom
[334]	Netzbezug Wärmepumpe Trinkwarmwassererwärmung (aus [213] und [326]) (abzgl. PV-Strom)	ohne Berücksichtigung anderer Verbraucher	Excel-Berechnung	kWh Strom
[335]	Stromverbrauch Projektspezifisch aus [74]		Excel-Berechnung	kWh Strom
[336]	Wirkungsgrad Lüftungsanlage Wohnung OG Ost ([50], [1], [3], [4])		Excel-Berechnung	[-]
[337]	Wirkungsgrad Lüftungsanlage Wohnung EG Ost ([51], [10], [12], [13])		Excel-Berechnung	[-]
[338]	Betriebsstunden Lüftungsanlage Wohnung OG Ost [336]		Excel-Berechnung	h
[339]	Betriebsstunden Lüftungsanlage Wohnung EG Ost [337]		Excel-Berechnung	h
[340]	Ausfallzeit der Messtechnik [0]		Excel-Berechnung	h
[341]	Wärmemenge in den Puffer [100]-[101]		Excel-Berechnung	kWh Wärme
[342]	Pufferspeicher-Verluste $[341]+0,9 \cdot [76]-[306]$		Excel-Berechnung	kWh Wärme
[343]	Leistung Heizen (aus [212]+[76])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[344]	Leistung Trinkwarmwasser (aus [213]+[75])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[345]	Leistung Lüftungsanlage (aus [60]+[64])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[346]	Leistung sonstige Verbraucher (außer E-Auto, [300]-[343]-[344]-[345]-[78])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[347]	Leistung Eigenverbrauch (aus [303]+[210]+[211])		Excel-Berechnung	kWh Strom
[348]	Leistung alle Verbraucher $([343]+[344]+[345]+[346])$		Excel-Berechnung	kWh Strom
[349]	Leistung Erneuerbarer Strom Heizen $([347]/[348] \cdot [343])$		Excel-Berechnung	kWh Strom
[350]	Leistung Erneuerbarer Strom Trinkwarmwasser $([347]/[348] \cdot [344])$		Excel-Berechnung	kWh Strom
[351]	Leistung Erneuerbarer Strom Lüftung $([347]/[348] \cdot [345])$		Excel-Berechnung	kWh Strom
[352]	Leistung Erneuerbarer Strom sonstige Verbraucher $([347]/[348] \cdot [346])$		Excel-Berechnung	kWh Strom
[353]	Belegung FeWo 5 EG West		Belegungsplan für Kurtaxe	Pers./Tag

Nr.	Bezeichnung	Standort	Sensor	Einheit
[354]	Belegung FeWo 4 OG West	ab 1.10.2014 dauerhaft bewohnt mit 1 Pers.	Belegungsplan für Kurtaxe	Pers./Tag
[355]	Belegung FeWo 3 DG West		Belegungsplan für Kurtaxe	Pers./Tag
[356]	Belegung FeWo 2 DG Ost		Belegungsplan für Kurtaxe	Pers./Tag
[357]	Verluste Heizstrang Fussbodenheizung ([98]-[91]-[93]-[94])		Excel-Berechnung	kWh
[358]	Verluste Heizstrang Heizkörper + Wärmeverbrauch Heizkörper Keller ([99]-[95]-[96]-[97])		Excel-Berechnung	kWh
[361]	Monatsstromverbrauch erneuerbar Heizen ( $[(349)/((349)+(350)+(351)+(352)) \cdot 303]$ )		Excel-Berechnung Monate	kWh Strom
[362]	Monatsstromverbrauch erneuerbar Trinkwarmwasser ( $[(350)/((349)+(350)+(351)+(352)) \cdot 303]$ )		Excel-Berechnung Monate	kWh Strom
[363]	Monatsstromverbrauch erneuerbar Lüftung ( $[(351)/((349)+(350)+(351)+(352)) \cdot 303]$ )		Excel-Berechnung Monate	kWh Strom
[364]	Monatsstromverbrauch erneuerbar sonstige Verbraucher ( $[(352)/((349)+(350)+(351)+(352)) \cdot 303]$ )		Excel-Berechnung Monate	kWh Strom
[365]	Monatsstromverbrauch Heizen (aus [212]+[76])		Excel-Berechnung Monate	kWh Strom
[366]	Monatsstromverbrauch Trinkwarmwasser (aus [213]+[75])		Excel-Berechnung Monate	kWh Strom
[367]	Monatsstromverbrauch Lüftungsanlage (aus [60]+[64])		Excel-Berechnung Monate	kWh Strom
[368]	Monatsstromverbrauch sonstige Verbraucher (außer E-Auto, [300]-[343]-[344]-[345]-[78])		Excel-Berechnung Monate	kWh Strom
[369]	Übertemperaturgradstunden Wohnung OG Ost ([5], [6], [7], [8], [9])		Excel-Berechnung	Kh
[370]	Übertemperaturgradstunden Wohnung EG Ost ([14], [15], [16], [17], [18])		Excel-Berechnung	Kh
[371]	Übertemperaturgradstunden FeWo EG West ([22], [23])		Excel-Berechnung	Kh
[372]	Übertemperaturgradstunden FeWo OG West ([24], [25])		Excel-Berechnung	Kh
[373]	Übertemperaturgradstunden FeWo DG West ([26], [27])		Excel-Berechnung	Kh
[374]	Übertemperaturgradstunden FeWo DG Ost ([28], [29])		Excel-Berechnung	Kh

	Temperatur am Standort [°C]	Relative Luftfeuchte am Standort [%RH]	Temperatur Piding [°C]	Relative Luftfeuchte Piding [%RH]	Mittlere Globalstrahl- ung [W/m <sup>2</sup> ]	Globalstrahl- ung senkrecht süd [W/m <sup>2</sup> ]	AC-Leistung PV-Anlage (21° DN) [W/m <sup>2</sup> ]
	[39]	[110]	[DWD]	[DWD]	[120]	[216]	[326]
Nov 13	2,8	98,1	3,6	90,5	57,1	56,4	4,6
Dez 13	0,3	94,6	0,7	88,8	67,1	127,8	6,3
Jan 14	1,3	98,7	1,5	92,0	53,5	63,2	4,4
Feb 14	2,4	96,5	2,8	86,2	94,8	114,9	12,0
Mrz 14	7,4	78,9	6,1	76,8	153,4	152,3	18,7
Apr 14	10,2	81,7	9,6	80,1	186,6	108,1	19,1
Mai 14	12,3	83,1	12,2	79,3	195,9	84,4	20,0
Jun 14	17,8	73,1	16,7	74,5	249,3	95,4	25,7
Jul 14	18,8	81,2	18,2	82,0	218,9	88,1	22,4
Aug 14	16,1	89,1	16,0	87,6	176,4	88,5	18,3
Sep 14	14,8	87,9	14,2	90,5	155,2	129,8	16,6
Okt 14	11,3	89,6	11,0	91,3	112,4	143,5	14,0
Nov 14	6,2	93,9	5,9	92,8	60,0	90,3	7,4
Dez 14	1,5	97,0	2,0	86,7	34,3	50,5	3,7
Jan 15	0,3	97,1	1,0	83,4	44,2	72,4	3,0
Feb 15	-0,5	92,2	-0,9	82,8	97,6	154,4	7,0
Mrz 15	4,4	85,0	4,9	74,1	124,3	118,7	14,1
Apr 15	8,8	77,8	8,8	68,6	195,9	125,4	20,4
Mai 15	13,1	86,8	13,3	81,4	169,1	73,1	17,7
Jun 15	17,8	79,8	17,3	76,9	211,7	82,7	20,9
Jul 15	21,8	73,5	21,0	71,3	263,8	106,9	27,4
Aug 15	21,1	73,1	20,1	72,2	239,8	133,1	24,1
Sep 15	12,8	86,5	12,9	80,3	129,8	97,9	14,1
Okt 15	8,8	91,3	8,5	89,0	99,4	119,1	11,7
1. Messjahr	9,6	87,7	9,4	85,0	143,4	104,4	15,2
2. Messjahr	9,7	86,2	9,6	80,0	139,2	102,0	14,3
Mittel	9,6	86,9	9,5	82,5	141,3	103,2	14,7

Tabelle 20: Klimatische Randbedingungen

	Wohnung OG Ost [Pers./Mon]	Wohnung EG Ost [Pers./Mon]	FeWo EG West [Pers./Mon]	FeWo OG West [Pers./Mon]	FeWo DG West [Pers./Mon]	FeWo DG Ost [Pers./Mon]
	[369]	[370]	[371]	[372]	[373]	[374]
Nov 13	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dez 13	3,0	3,0	0,3	0,4	0,5	1,2
Jan 14	3,0	3,0	0,2	0,0	0,5	0,5
Feb 14	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mrz 14	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Apr 14	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai 14	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Jun 14	3,0	3,0	0,0	0,6	0,9	0,9
Jul 14	3,0	3,0	1,5	0,0	1,1	3,0
Aug 14	3,0	3,0	1,7	1,4	1,9	3,2
Sep 14	3,0	3,0	0,0	0,1	0,5	0,9
Okt 14	3,0	3,0	0,0	1,0	0,0	1,1
Nov 14	3,0	3,0	0,0	1,0	0,0	0,3
Dez 14	3,0	3,0	0,0	1,0	0,0	0,6
Jan 15	3,0	3,0	0,3	1,0	0,1	0,6
Feb 15	3,0	3,0	0,0	1,0	0,0	0,8
Mrz 15	3,0	3,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Apr 15	3,0	3,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Mai 15	3,0	3,0	0,0	1,0	0,0	1,9
Jun 15	3,0	3,0	0,7	1,0	0,0	1,7
Jul 15	0,0	3,0	1,4	1,0	0,0	2,8
Aug 15	0,0	3,0	1,3	1,0	1,5	1,9
Sep 15	0,0	3,0	2,0	1,0	2,0	1,9
Okt 15	0,0	3,0	2,0	1,0	1,9	1,1
1. Messjahr	3,0	3,0	0,3	0,3	0,5	0,9
2. Messjahr	2,0	3,0	0,6	1,0	0,5	1,1
Mittel	2,5	3,0	0,5	0,6	0,5	1,0

Tabelle 21: Monatliche Belegung der Ferienwohnungen bzw. Anzahl der Bewohner der vermieteten Wohnungen in Personen je Tag

	regenerativer Strom		eigegenutzter Strom								Netzeinspeisung	
			Gesamt		Heizung + Lüftung		Warmwasser		Beleuchtung und Haushaltsgeräte			
	DIN V 18599	[327]	DIN V 18599	[303]	DIN V 18599	[361]+[363]	DIN V 18599	[362]	DIN V 18599	[364]	DIN V 18599	[301]+[220]
Nov 13	1100,7	897,0	1100,8	458,1	412,0	184,9	455,7	141,5	233,1	131,7	0,0	438,9
Dez 13	650,0	1273,6	650,0	697,6	304,1	182,2	345,9	256,0	0,0	259,4	0,0	576,1
Jan 14	1044,6	886,5	1044,6	459,1	742,7	116,6	301,9	127,5	0,0	215,0	0,0	427,4
Feb 14	1299,9	2168,6	1299,9	619,9	629,8	281,8	294,2	111,2	375,9	226,9	0,0	1548,7
Mrz 14	2158,8	3752,7	2158,8	691,2	556,8	280,6	536,6	129,5	1065,4	281,1	0,0	3061,5
Apr 14	4560,2	3715,9	1876,3	726,9	232,8	224,3	612,4	108,3	1031,1	394,3	2683,9	2989,0
Mai 14	4897,9	4025,4	1969,5	602,4	233,2	146,3	670,9	160,0	1065,4	296,1	2928,3	3423,0
Jun 14	5571,1	4988,0	1926,0	709,4	225,7	130,1	669,2	195,3	1031,1	383,9	3645,1	4278,6
Jul 14	5826,4	4505,8	1989,9	777,9	233,2	90,3	691,3	194,8	1065,4	492,8	3836,4	3727,9
Aug 14	4247,9	3673,2	1989,9	899,5	233,2	105,3	691,3	194,6	1065,4	599,6	2258,0	2773,7
Sep 14	3347,1	3217,7	1926,1	787,9	225,7	86,8	669,3	174,6	1031,1	526,4	1421,1	2429,7
Okt 14	2019,5	2809,6	2019,5	1196,6	297,5	127,7	656,6	288,1	1065,4	780,8	0,0	1613,0
Nov 14	1100,7	1440,8	1100,8	808,5	412,0	183,8	455,7	174,9	233,1	449,7	0,0	632,4
Dez 14	650,0	749,1	650,0	477,6	304,1	127,5	345,9	99,5	0,0	250,5	0,0	271,5
Jan 15	1044,6	605,9	1044,6	338,0	742,7	93,6	301,9	73,1	0,0	171,3	0,0	267,9
Feb 15	1299,9	1276,0	1299,9	651,6	629,8	152,2	294,2	159,6	375,9	339,9	0,0	614,9
Mrz 15	2158,8	2832,3	2158,8	900,6	556,8	187,7	536,6	237,9	1065,4	475,0	0,0	1910,1
Apr 15	4560,2	3957,7	1876,3	910,0	232,8	150,2	612,4	218,9	1031,1	540,9	2683,9	3091,7
Mai 15	4897,9	3551,1	1969,5	1043,6	233,2	136,1	670,9	270,7	1065,4	636,8	2928,3	2487,3
Jun 15	5571,1	4065,1	1926,0	980,2	225,7	95,9	669,2	271,0	1031,1	613,3	3645,1	3085,0
Jul 15	5826,4	5497,4	1989,9	1125,8	233,2	65,9	691,3	285,3	1065,4	774,6	3836,4	4371,5
Aug 15	4247,9	4840,2	1989,9	1015,4	233,2	69,0	691,3	192,9	1065,4	753,5	2258,0	3824,8
Sep 15	3347,1	2737,9	1926,1	873,6	225,7	131,2	669,3	191,9	1031,1	550,4	1421,1	1864,4
Okt 15	2019,5	2359,0	2019,5	810,0	297,5	208,0	656,6	257,0	1065,4	345,0	0,0	1549,0
1. Messjahr	36724,1	35914,1	19951,3	8626,5	4326,7	1957,1	6595,3	2081,5	9029,3	4587,9	16772,8	27287,5
2. Messjahr	36724,1	33912,4	19951,3	9934,8	4326,7	1601,1	6595,3	2432,7	9029,3	5901,0	16772,8	23970,5
Mittel	36724,1	34913,3	19951,3	9280,7	4326,7	1779,1	6595,3	2257,1	9029,3	5244,5	16772,8	25629,0

Tabelle 22: Strom regenerativ monatlich in kWh

	Einspeisung/-bezug		Netzbezug							
			Gesamt		Heizung + Lüftung		Warmwasser		Beleuchtung und Haushaltsgeräte	
	DIN V 18599	[301]+[220]- [302]	DIN V 18599	[302]	DIN V 18599	[212]+[76]+ [60]+[64]- [361]-[363]	Helena	[213]+[75]- [362]	DIN V 18599	[61]+[62]+ 63]+[65]+[6 6]+[67]+[68 ]+[69]+[70] +[71]+[72]- [364]
Nov 13	-1283,3	-1149,4	1283,3	1588,3	444,9	613,8	40,4	443,7	798,0	311,3
Dez 13	-2350,7	-1100,7	2350,7	1676,7	1243,3	504,1	42,0	504,7	1065,4	450,3
Jan 14	-2362,7	-1214,8	2362,7	1642,3	1255,3	309,7	42,0	630,8	1065,4	435,1
Feb 14	-1347,5	475,0	1347,5	1073,7	723,1	111,8	37,9	406,0	586,5	320,6
Mrz 14	-189,6	2237,6	189,6	823,9	189,6	55,1	0,0	317,7	0,0	261,2
Apr 14	2683,9	2405,4	0,0	583,6	0,0	41,8	0,0	268,1	0,0	120,9
Mai 14	2928,2	2858,6	0,1	564,4	0,0	56,1	0,0	196,4	0,1	209,4
Jun 14	3645,1	3795,8	0,0	482,8	0,0	42,1	0,0	183,9	0,0	222,6
Jul 14	3836,3	3082,4	0,1	645,5	0,0	55,9	0,0	229,1	0,1	268,2
Aug 14	2257,9	1659,9	0,1	1113,8	0,0	97,8	0,0	297,2	0,1	522,3
Sep 14	1421,1	1622,9	0,0	806,8	0,0	18,9	0,0	187,6	0,0	131,1
Okt 14	-56,8	911,8	56,8	701,2	56,7	83,6	0,0	210,3	0,1	46,1
Nov 14	-1283,3	-494,0	1283,3	1126,4	444,9	206,2	40,4	315,0	798,0	393,5
Dez 14	-2350,7	-1543,6	2350,7	1815,1	1243,3	419,8	42,0	609,9	1065,4	686,1
Jan 15	-2362,7	-1809,8	2362,7	2077,7	1255,3	624,9	42,0	618,5	1065,4	708,9
Feb 15	-1347,5	-1326,8	1347,5	1941,7	723,1	489,7	37,9	641,0	586,5	560,2
Mrz 15	-189,6	740,3	189,6	1169,8	189,6	275,1	0,0	417,8	0,0	354,8
Apr 15	2683,9	2246,4	0,0	845,3	0,0	158,4	0,0	293,3	0,0	245,7
Mai 15	2928,2	1847,6	0,1	639,7	0,0	87,0	0,0	215,8	0,1	207,7
Jun 15	3645,1	2622,9	0,0	462,1	0,0	56,8	0,0	135,7	0,0	151,4
Jul 15	3836,3	3995,9	0,1	375,6	0,0	46,7	0,0	85,9	0,1	-2,4
Aug 15	2257,9	3441,9	0,1	382,9	0,0	62,6	0,0	90,2	0,1	61,3
Sep 15	1421,1	1238,6	0,0	625,8	0,0	121,0	0,0	155,9	0,0	128,3
Okt 15	-56,8	319,0	56,8	1230,0	56,7	275,0	0,0	403,0	0,1	373,0
1. Messjahr	9182,0	15584,5	7590,8	11703,0	3912,9	1990,5	162,3	3875,4	3515,5	3299,2
2. Messjahr	9182,0	11278,4	7590,8	12692,1	3912,9	2823,2	162,3	3982,0	3515,5	3868,4
Mittel	9182,0	13431,5	7590,8	12197,6	3912,9	2406,8	162,3	3928,7	3515,5	3583,8

Tabelle 23: Strom Einspeisung monatlich in kWh

	Gesamtverbrauch									
	Endenergiebedarf		Heizung+ Lüftung		Warmwasser		Beleuchtung und Haushaltsgeräte		Bilanz	
	DIN V 18599	[300]-[78]	DIN V 18599	[212]+[76]+ [60]+[64]	DIN V 18599	[213]+[75]	DIN V 18599	[61]+[62]+ 63]+[65]+[6 6]+[67]+[68 ]+[69]+[70] +[71]+[72]	Batterieverluste/E_Auto/Projektspezifisch_PC/Messfehler	
Nov 13	2384,1	1814,9	856,9	798,7	496,1	585,2	1031,1	443,0	219,5	
Dez 13	3000,7	2123,6	1547,4	686,3	387,9	760,7	1065,4	709,7	217,6	
Jan 14	3407,3	1845,2	1998,0	426,3	343,9	758,3	1065,4	650,1	266,7	
Feb 14	2647,4	1417,0	1352,9	393,6	332,1	517,2	962,4	547,5	235,3	
Mrz 14	2348,4	1353,8	746,4	335,7	536,6	447,2	1065,4	542,3	189,9	
Apr 14	1876,3	1139,6	232,8	266,1	612,4	376,4	1031,1	515,2	152,8	
Mai 14	1969,6	1041,9	233,2	202,4	670,9	356,4	1065,5	505,5	102,5	
Jun 14	1926,0	1139,2	225,7	172,2	669,2	379,2	1031,1	606,5	34,3	
Jul 14	1990,0	1314,5	233,2	146,2	691,3	423,9	1065,5	761,0	92,3	
Aug 14	1990,0	1766,6	233,2	203,1	691,3	491,8	1065,5	1121,9	196,5	
Sep 14	1926,1	1120,8	225,7	105,7	669,3	362,2	1031,1	657,5	469,3	
Okt 14	2076,3	1517,1	354,2	211,3	656,6	498,4	1065,5	826,9	361,2	
Nov 14	2384,1	1705,9	856,9	390,0	496,1	489,9	1031,1	843,2	211,8	
Dez 14	3000,7	2182,6	1547,4	547,3	387,9	709,4	1065,4	936,6	99,4	
Jan 15	3407,3	2272,7	1998,0	718,5	343,9	691,6	1065,4	880,2	125,4	
Feb 15	2647,4	2326,7	1352,9	641,9	332,1	800,6	962,4	900,1	250,7	
Mrz 15	2348,4	1924,2	746,4	462,8	536,6	655,7	1065,4	829,8	122,1	
Apr 15	1876,3	1581,8	232,8	308,6	612,4	512,2	1031,1	786,6	147,9	
Mai 15	1969,6	1524,3	233,2	223,1	670,9	486,5	1065,5	844,5	129,2	
Jun 15	1926,0	1237,4	225,7	152,7	669,2	406,7	1031,1	764,7	118,2	
Jul 15	1990,0	1283,1	233,2	112,6	691,3	371,2	1065,5	772,2	245,4	
Aug 15	1990,0	1195,8	233,2	131,6	691,3	283,1	1065,5	814,8	168,8	
Sep 15	1926,1	1243,3	225,7	252,2	669,3	347,8	1031,1	678,7	220,7	
Okt 15	2076,3	1826,0	354,2	483,0	656,6	660,0	1065,5	718,0	179,0	
1. Messjahr	27542,0	17594,2	8239,6	3947,6	6757,6	5956,9	12544,8	7887,1	2537,9	
2. Messjahr	27542,0	20303,8	8239,6	4424,3	6757,6	6414,7	12544,8	9769,4	2018,5	
Mittel	27542,0	18949,0	8239,6	4186,0	6757,6	6185,8	12544,8	8828,3	2278,2	

Tabelle 24: Strombedarf/Stromverbrauch monatlich in kWh

	Heizung DIN V 18599							
	Nutzenergie- bedarf	Verluste durch Erzeugung	Verluste durch Speicherung	Verluste durch Verteilung	Verluste durch Übergabe	erf. Erzeuger- nutzenergie	Erzeugung regenerativ	Endenergie- bedarf
Nov 13	1355,8	0,0	560,7	291,7	119,0	2327,2	1766,5	412,0
Dez 13	2734,3	0,0	773,3	585,7	240,1	4333,4	3503,6	829,8
Jan 14	3084,3	0,0	824,8	680,8	270,8	4860,7	3909,2	951,6
Feb 14	2081,6	0,0	644,4	458,0	182,8	3366,8	2722,3	629,8
Mrz 14	1014,4	0,0	521,4	227,1	89,1	1852,0	1330,6	318,3
Apr 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jun 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jul 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aug 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sep 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Okt 14	203,4	0,0	194,1	44,9	17,9	460,3	266,1	75,4
Nov 14	1355,8	0,0	560,7	291,7	119,0	2327,2	1766,5	412,0
Dez 14	2734,3	0,0	773,3	585,7	240,1	4333,4	3503,6	829,8
Jan 15	3084,3	0,0	824,8	680,8	270,8	4860,7	3909,2	951,6
Feb 15	2081,6	0,0	644,4	458,0	182,8	3366,8	2722,3	629,8
Mrz 15	1014,4	0,0	521,4	227,1	89,1	1852,0	1330,6	318,3
Apr 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jun 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jul 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aug 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sep 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Okt 15	203,4	0,0	194,1	44,9	17,9	460,3	266,1	75,4
1. Messjahr	10473,8	0,0	3518,7	2288,2	919,7	17200,4	13498,3	3216,9
2. Messjahr	10473,8	0,0	3518,7	2288,2	919,7	17200,4	13498,3	3216,9
Mittel	10473,8	0,0	3518,7	2288,2	919,7	17200,4	13498,3	3216,9

Tabelle 25: Wärmebedarf Heizen monatlich in kWh

	Heizung Monitoring							
	Nutzenergie- verbrauch	Verluste durch Erzeugung	Verluste durch Speicherung	Verluste durch Verteilung	Verluste durch Übergabe	Erzeuger- nutzenergie	Erzeugung regenerativ	Endenergie- verbrauch
	[91]+[93]+[94]+[95]+[96]+[97]+[330]	[76]*0,1	[342]	2*([98]-[91]-[93]-[94])	[-]	[341]+[76]	([341]+[76]*0,9) - ([212]+[76]-[361])	[212]+[76]-[361]
Nov 13	1535,0	32,6	905,0	48,0	0,0	2520,3	1952,6	567,7
Dez 13	2203,0	0,4	603,0	82,0	0,0	2888,4	2428,2	460,2
Jan 14	1597,0	0,5	384,0	86,0	0,0	2067,5	1777,0	290,5
Feb 14	1058,0	0,3	415,0	66,0	0,0	1539,4	1441,7	97,7
Mrz 14	593,0	0,4	434,0	60,0	0,0	1087,0	1058,5	28,5
Apr 14	315,0	0,4	391,0	38,0	0,0	744,0	732,1	11,9
Mai 14	111,0	0,5	368,0	12,0	0,0	491,5	481,7	9,8
Jun 14	66,0	0,4	373,0	8,0	0,0	446,9	444,7	2,2
Jul 14	15,0	0,4	356,0	0,0	0,0	371,4	350,6	20,8
Aug 14	1,0	0,5	321,0	0,0	0,0	322,5	314,7	7,8
Sep 14	-1,0	0,4	297,0	0,0	0,0	296,6	294,1	2,5
Okt 14	397,0	0,5	297,0	20,0	0,0	714,5	663,5	51,0
Nov 14	859,0	0,4	340,0	48,0	0,0	1247,2	1076,9	170,3
Dez 14	1836,0	0,5	403,0	82,0	0,0	2321,5	1936,2	385,3
Jan 15	2135,0	0,4	401,0	84,0	0,0	2620,5	2044,7	575,8
Feb 15	2081,0	0,4	404,0	70,0	0,0	2555,6	2106,4	449,2
Mrz 15	1079,0	0,4	391,0	68,0	0,0	1538,4	1311,7	226,7
Apr 15	525,0	0,4	353,0	46,0	0,0	924,2	808,0	116,2
Mai 15	280,0	0,4	294,0	12,0	0,0	586,3	550,7	35,6
Jun 15	124,0	0,4	218,0	2,0	0,0	344,1	337,6	6,5
Jul 15	19,0	0,4	195,0	0,0	0,0	214,4	211,1	3,3
Aug 15	5,0	0,4	212,0	-2,0	0,0	215,3	202,7	12,6
Sep 15	388,0	0,4	277,0	10,0	0,0	675,4	612,3	63,1
Okt 15	1770,0	0,4	289,0	74,0	0,0	2133,3	1929,3	204,0
1. Messjahr	7890,0	37,3	5144,0	420,0	0,0	13490,0	11939,4	1550,6
2. Messjahr	11101,0	4,9	3777,0	494,0	0,0	15376,2	13127,5	2248,7
Mittel	9495,5	21,1	4460,5	457,0	0,0	14433,1	12533,4	1899,7

Tabelle 26: Wärmeverbrauch Heizen monatlich in kWh

	Warmwasser DIN V 18599						
	Nutzenergie- bedarf	Verluste durch Erzeugung	Verluste durch Speicherung	Verluste durch Zirkulation	erf. Erzeuger- nutzenergie	Erzeugung regenerativ	Endenergie- bedarf
Nov 13	824,9	151,6	94,8	1007,2	1926,9	1622,8	455,7
Dez 13	852,4	203,4	98,0	1040,8	1991,2	1848,6	345,9
Jan 14	852,4	220,8	98,0	1040,8	1991,2	1910,0	301,9
Feb 14	769,9	190,9	88,5	940,0	1798,4	1695,1	294,2
Mrz 14	852,4	148,2	98,0	1040,8	1991,2	1644,4	494,9
Apr 14	824,9	107,6	94,8	1007,2	1926,9	1462,1	572,3
Mai 14	852,4	94,8	98,0	1040,8	1991,2	1456,0	629,9
Jun 14	824,9	83,0	94,8	1007,2	1926,9	1380,2	629,7
Jul 14	852,4	85,2	98,0	1040,8	1991,2	1425,6	650,7
Aug 14	852,4	85,2	98,0	1040,8	1991,2	1425,6	650,7
Sep 14	824,9	83,5	94,8	1007,2	1926,9	1380,6	629,7
Okt 14	852,4	101,6	98,0	1040,8	1991,2	1477,5	615,2
Nov 14	824,9	151,6	94,8	1007,2	1926,9	1622,8	455,7
Dez 14	852,4	203,4	98,0	1040,8	1991,2	1848,6	345,9
Jan 15	852,4	220,8	98,0	1040,8	1991,2	1910,0	301,9
Feb 15	769,9	190,9	88,5	940,0	1798,4	1695,1	294,2
Mrz 15	852,4	148,2	98,0	1040,8	1991,2	1644,4	494,9
Apr 15	824,9	107,6	94,8	1007,2	1926,9	1462,1	572,3
Mai 15	852,4	94,8	98,0	1040,8	1991,2	1456,0	629,9
Jun 15	824,9	83,0	94,8	1007,2	1926,9	1380,2	629,7
Jul 15	852,4	85,2	98,0	1040,8	1991,2	1425,6	650,7
Aug 15	824,9	85,2	98,0	1040,8	1963,7	1425,6	650,7
Sep 15	852,4	83,5	94,8	1007,2	1954,4	1380,6	629,7
Okt 15	852,4	101,6	98,0	1040,8	1991,2	1477,5	615,2
1. Messjahr	10036,3	1555,8	1153,7	12254,4	23444,4	18728,5	6270,8
2. Messjahr	10036,3	1555,8	1153,7	12254,4	23444,4	18728,5	6270,8
Mittel	10036,3	1555,8	1153,7	12254,4	23444,4	18728,5	6270,8

Tabelle 27: Wärmebedarf Trinkwasser monatlich in kWh

	Warmwasser Monitoring						
	Nutzenergie- verbrauch	Verluste durch Erzeugung	Verluste durch Speicherung	Verluste durch Zirkulation	Erzeuger- nutzenergie	Erzeugung regenerativ	Endenergie- verbrauch
	[329]+[314] +[313]	[75]*0,1	[328]	[102]	[101]+[75]* 0,9	$\frac{([101]+[75])}{0,9} -$ $\frac{([213]+[75]-[363])}{[363]}$	[213]+[75]- [363]
Nov 13	299,0	11,0	138,0	290,0	738,0	294,5	443,5
Dez 13	571,0	4,0	149,0	311,0	1035,0	530,0	505,0
Jan 14	542,0	2,0	138,0	383,0	1065,0	434,5	630,5
Feb 14	402,0	3,0	131,0	332,0	868,0	462,2	405,8
Mrz 14	412,0	2,0	115,0	320,0	849,0	531,5	317,5
Apr 14	385,0	3,0	102,0	290,0	780,0	512,3	267,7
Mai 14	360,0	2,0	112,0	320,0	794,0	598,0	196,0
Jun 14	448,0	3,0	76,0	338,0	865,0	681,3	183,7
Jul 14	600,0	4,0	64,0	330,0	998,0	768,8	229,2
Aug 14	781,0	5,0	61,0	327,0	1174,0	876,6	297,4
Sep 14	410,0	2,0	87,0	341,0	840,0	652,6	187,4
Okt 14	548,0	3,0	111,0	362,0	1024,0	814,1	209,9
Nov 14	344,0	1,0	147,0	375,0	867,0	551,9	315,1
Dez 14	454,0	1,0	159,0	410,0	1024,0	414,5	609,5
Jan 15	472,0	3,0	138,0	390,0	1003,0	384,1	618,9
Feb 15	584,0	3,0	131,0	359,0	1077,0	435,6	641,4
Mrz 15	666,0	4,0	115,0	385,0	1170,0	751,9	418,1
Apr 15	545,0	3,0	102,0	359,0	1009,0	715,9	293,1
Mai 15	670,0	4,0	93,0	354,0	1121,0	904,7	216,3
Jun 15	498,0	1,0	87,0	328,0	914,0	793,0	121,0
Jul 15	591,0	0,0	68,0	298,0	957,0	857,3	99,7
Aug 15	344,0	0,0	70,0	298,0	712,0	621,9	90,1
Sep 15	349,0	0,0	99,0	320,0	768,0	611,9	156,1
Okt 15	357,0	0,0	169,0	371,0	897,0	493,0	404,0
1. Messjahr	5758,0	44,0	1284,0	3944,0	11030,0	7156,5	3873,5
2. Messjahr	5874,0	20,0	1378,0	4247,0	11519,0	7535,7	3983,3
Mittel	5816,0	32,0	1331,0	4095,5	11274,5	7346,1	3928,4

Tabelle 28: Wärmeverbrauch Trinkwarmwasser monatlich in kWh

	Wohnung OG Ost			Wohnung EG Ost			FeWo EG	FeWo OG	FeWo DG	FeWo DG	Allgemein- verbrauch [kWh]	Summe [kWh]
	Kochen [kWh]	Haushalts- geräte [kWh]	Beleuchtung + Steckdo- sen [kWh]	Kochen [kWh]	Haushalts- geräte [kWh]	Beleuchtung + Steckdo- sen [kWh]	West [kWh]	West [kWh]	West [kWh]	Ost [kWh]		
	[61]	[62]	[63]	[65]	[66]	[67]	[68]	[69]	[70]	[71]	[72]	
Nov 13	11,9	91,9	38,5	9,5	41,5	109,1	1,1	1,2	1,1	1,0	136,2	443,0
Dez 13	38,2	106,2	51,4	10,5	51,9	116,2	9,3	7,0	29,8	33,1	256,1	709,7
Jan 14	21,1	98,6	45,2	12,3	51,8	103,1	5,7	7,1	7,0	18,6	279,6	650,1
Feb 14	53,8	90,3	35,2	11,9	39,3	99,8	1,1	1,0	0,9	1,0	213,2	547,5
Mrz 14	14,2	96,9	41,4	7,3	34,9	108,8	1,2	1,2	1,1	1,2	234,1	542,3
Apr 14	28,5	94,2	33,7	9,8	37,7	122,7	1,1	1,1	1,0	1,1	184,3	515,2
Mai 14	14,2	57,0	33,0	15,6	41,9	111,9	10,4	1,3	1,2	1,3	217,7	505,5
Jun 14	24,4	95,6	34,6	12,6	37,7	96,9	4,1	17,2	41,3	21,1	221,0	606,5
Jul 14	18,1	93,3	37,5	23,9	56,5	93,7	47,3	3,6	30,9	50,5	305,7	761,0
Aug 14	31,8	95,7	38,7	16,7	45,1	90,9	51,8	62,1	60,0	69,0	560,1	1121,9
Sep 14	23,7	77,9	43,0	7,6	31,6	76,2	1,8	10,3	26,2	46,3	312,9	657,5
Okt 14	14,8	78,2	58,6	18,0	40,7	105,4	21,7	78,2	23,4	60,5	327,4	826,9
Nov 14	24,0	140,1	61,4	10,9	107,4	108,7	10,2	72,8	3,0	10,8	293,9	843,2
Dez 14	34,7	155,8	77,8	18,6	132,1	99,4	8,7	44,9	15,3	15,3	334,0	936,6
Jan 15	18,3	163,7	87,5	9,8	87,4	123,3	7,7	65,8	8,6	22,2	285,9	880,2
Feb 15	20,9	122,5	91,5	6,9	105,8	100,9	1,1	72,2	19,3	55,4	303,6	900,1
Mrz 15	17,7	113,6	86,7	19,2	86,9	93,2	1,1	79,9	76,3	1,7	253,5	829,8
Apr 15	24,1	135,4	79,7	8,9	82,0	84,0	1,2	58,5	52,8	1,8	258,2	786,6
Mai 15	23,4	92,0	80,8	7,2	102,3	77,5	1,2	86,1	47,2	54,2	272,6	844,5
Jun 15	5,7	35,8	28,8	9,3	70,6	106,7	33,3	103,3	68,7	61,2	241,3	764,7
Jul 15	0,0	0,9	0,6	16,4	98,4	129,3	35,8	82,9	48,9	61,0	298,0	772,2
Aug 15	0,0	0,1	0,5	5,8	81,3	127,7	46,3	74,2	29,8	43,6	405,5	814,8
Sep 15	0,0	1,0	1,8	9,5	76,2	159,1	40,6	80,6	33,4	40,3	236,2	678,7
Okt 15	0,1	12,9	4,4	6,7	74,3	151,9	31,7	69,9	45,1	33,6	287,1	717,7
1. Messjahr	294,7	1075,8	490,8	155,7	510,6	1234,7	156,6	191,3	223,9	304,7	3248,3	7887,1
2. Messjahr	168,9	973,8	601,5	129,2	1104,7	1361,7	218,9	891,1	448,4	401,1	3469,8	9769,1
Mittel	231,8	1024,8	546,2	142,5	807,7	1298,2	187,8	541,2	336,2	352,9	3359,1	8828,1

Tabelle 29: Stromverbrauch Wohnen

	Wohnung OG Ost spez.			Wohnung EG Ost spez.			FeWo EG	FeWo OG	FeWo DG	FeWo DG	Allgemein- verbrauch [kWh]/Pers.	Summe [kWh]/Pers.
	Kochen [kWh]/Pers.	Haushalts- geräte [kWh]/Pers.	Beleuchtung + Steckdo- sen	Kochen [kWh]/Pers.	Haushalts- geräte [kWh]/Pers.	Beleuchtung + Steckdo- sen [kWh]	West [kWh]/Pers.	West [kWh]/Pers.	West [kWh]/Pers.	Ost [kWh]/Pers.		
	[61]	[62]	[63]	[65]	[66]	[67]	[68]	[69]	[70]	[71]	[72]	
Nov 13	4,0	30,6	12,8	3,2	13,8	36,4	-	-	-	-	22,7	73,8
Dez 13	12,7	35,4	17,1	3,5	17,3	38,7	28,8	18,1	57,7	27,7	30,4	84,3
Jan 14	7,0	32,9	15,1	4,1	17,3	34,4	29,5	-	13,6	36,0	38,7	90,0
Feb 14	17,9	30,1	11,7	4,0	13,1	33,3	-	-	-	-	35,5	91,3
Mrz 14	4,7	32,3	13,8	2,4	11,6	36,3	-	-	-	-	39,0	90,4
Apr 14	9,5	31,4	11,2	3,3	12,6	40,9	-	-	-	-	30,7	85,9
Mai 14	4,7	19,0	11,0	5,2	14,0	37,3	-	-	-	2,5	33,4	77,6
Jun 14	8,1	31,9	11,5	4,2	12,6	32,3	-	28,7	44,3	22,6	26,1	71,6
Jul 14	6,0	31,1	12,5	8,0	18,8	31,2	31,9	-	28,2	17,0	26,5	65,9
Aug 14	10,6	31,9	12,9	5,6	15,0	30,3	30,9	45,8	31,0	21,8	39,6	79,4
Sep 14	7,9	26,0	14,3	2,5	10,5	25,4	-	154,5	49,1	49,6	41,5	87,3
Okt 14	4,9	26,1	19,5	6,0	13,6	35,1	-	78,2	-	53,6	40,3	101,7
Nov 14	8,0	46,7	20,5	3,6	35,8	36,2	-	72,8	-	32,4	40,1	115,0
Dez 14	11,6	51,9	25,9	6,2	44,0	33,1	-	44,9	-	26,4	44,1	123,6
Jan 15	6,1	54,6	29,2	3,3	29,1	41,1	26,5	65,8	66,6	38,2	35,7	110,0
Feb 15	7,0	40,8	30,5	2,3	35,3	33,6	-	72,2	-	73,9	39,2	116,1
Mrz 15	5,9	37,9	28,9	6,4	29,0	31,1	-	79,9	-	-	36,2	118,5
Apr 15	8,0	45,1	26,6	3,0	27,3	28,0	-	58,5	-	-	36,9	112,4
Mai 15	7,8	30,7	26,9	2,4	34,1	25,8	-	86,1	-	28,0	30,5	94,5
Jun 15	1,9	11,9	9,6	3,1	23,5	35,6	50,0	103,3	-	36,7	25,9	81,9
Jul 15	-	-	-	5,5	32,8	43,1	26,4	82,9	-	21,5	36,4	94,2
Aug 15	-	-	-	1,9	27,1	42,6	35,9	74,2	19,2	23,3	46,6	93,6
Sep 15	-	-	-	3,2	25,4	53,0	20,3	80,6	16,7	20,8	23,8	68,3
Okt 15	-	-	-	2,2	24,8	50,6	15,9	69,9	23,3	30,6	31,8	79,5
1. Messjahr	8,2	29,9	13,6	4,3	14,2	34,3					33,7	83,3
2. Messjahr	7,0	40,0	24,8	3,6	30,7	37,8		74,3			35,6	100,6
Mittel	7,7	33,9	18,1	4,0	22,4	36,1					34,6	91,9

Tabelle 30: Spezifischer Stromverbrauch Wohnen je Person

	Wohnung OG Ost spez.			Wohnung EG Ost spez.			FeWo EG	FeWo OG	FeWo DG	FeWo DG	Allgemein-	Summe
	Kochen	Haushalts-	Beleuchtung	Kochen	Haushalts-	Beleuchtung	West	West	West	Ost	verbrauch	[kWh]/m <sup>2</sup>
	[kWh]/m <sup>2</sup>	geräte	+ Steckdo-	[kWh]/m <sup>2</sup>	geräte	+ Steckdo-	[kWh]/m <sup>2</sup>					
	[61]/117,8	[62]/117,8	[63]/117,8	[65]/108,1	[66]/108,1	[67]/108,1	[68]/80,1	[69]/71,7	[70]/71,7	[71]/118,2	[72]/627,2	
Nov 13	0,1	0,8	0,3	0,1	0,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7
Dez 13	0,3	0,9	0,4	0,1	0,5	1,1	0,1	0,1	0,4	0,3	0,4	1,1
Jan 14	0,2	0,8	0,4	0,1	0,5	1,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	1,0
Feb 14	0,5	0,8	0,3	0,1	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9
Mrz 14	0,1	0,8	0,4	0,1	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9
Apr 14	0,2	0,8	0,3	0,1	0,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8
Mai 14	0,1	0,5	0,3	0,1	0,4	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8
Jun 14	0,2	0,8	0,3	0,1	0,3	0,9	0,1	0,2	0,6	0,2	0,4	1,0
Jul 14	0,2	0,8	0,3	0,2	0,5	0,9	0,6	0,1	0,4	0,4	0,5	1,2
Aug 14	0,3	0,8	0,3	0,2	0,4	0,8	0,6	0,9	0,8	0,6	0,9	1,8
Sep 14	0,2	0,7	0,4	0,1	0,3	0,7	0,0	0,1	0,4	0,4	0,5	1,0
Okt 14	0,1	0,7	0,5	0,2	0,4	1,0	0,3	1,1	0,3	0,5	0,5	1,3
Nov 14	0,2	1,2	0,5	0,1	1,0	1,0	0,1	1,0	0,0	0,1	0,5	1,3
Dez 14	0,3	1,3	0,7	0,2	1,2	0,9	0,1	0,6	0,2	0,1	0,5	1,5
Jan 15	0,2	1,4	0,7	0,1	0,8	1,1	0,1	0,9	0,1	0,2	0,5	1,4
Feb 15	0,2	1,0	0,8	0,1	1,0	0,9	0,0	1,0	0,3	0,5	0,5	1,4
Mrz 15	0,2	1,0	0,7	0,2	0,8	0,9	0,0	1,1	1,1	0,0	0,4	1,3
Apr 15	0,2	1,1	0,7	0,1	0,8	0,8	0,0	0,8	0,7	0,0	0,4	1,3
Mai 15	0,2	0,8	0,7	0,1	0,9	0,7	0,0	1,2	0,7	0,5	0,4	1,3
Jun 15	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	1,0	0,4	1,4	1,0	0,5	0,4	1,2
Jul 15	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	1,2	0,4	1,2	0,7	0,5	0,5	1,2
Aug 15	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	1,2	0,6	1,0	0,4	0,4	0,6	1,3
Sep 15	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	1,5	0,5	1,1	0,5	0,3	0,4	1,1
Okt 15	0,0	0,1	0,0	0,1	0,7	1,4	0,4	1,0	0,6	0,3	0,5	1,1
1. Messjahr	2,5	9,1	4,2	1,4	4,7	11,4	2,0	2,7	3,1	2,6	5,2	12,6
2. Messjahr	1,4	8,3	5,1	1,2	10,2	12,6	2,7	12,4	6,3	3,4	5,5	15,6
Mittel	2,0	8,7	4,6	1,3	7,5	12,0	2,3	7,5	4,7	3,0	5,4	14,1

Tabelle 31: Spezifischer Stromverbrauch Wohnen je m<sup>2</sup> WF

	Elektromobilität		Projektspezifisch	
	Strom- verbrauch [kWh]	Fahrleistung [km]	Messwert- erfassung [kWh]	Einspeisung Büro [kWh]
	[78]	[78]*17	[335]	[220]
Nov 13	130,4	2216,8	43,2	0,0
Dez 13	70,0	1190,0	44,6	0,0
Jan 14	118,1	2007,7	44,6	0,0
Feb 14	117,2	1992,4	40,3	0,0
Mrz 14	105,4	1791,8	44,6	0,0
Apr 14	86,3	1467,1	43,2	0,0
Mai 14	73,8	1254,6	44,6	0,0
Jun 14	47,1	800,7	43,2	0,0
Jul 14	80,7	1371,9	44,6	0,0
Aug 14	190,1	3231,7	44,6	0,0
Sep 14	397,2	6752,4	43,2	0,0
Okt 14	150,4	2556,8	44,6	0,0
Nov 14	166,9	2837,3	43,2	0,0
Dez 14	92,9	1579,3	44,6	0,0
Jan 15	108,9	1851,3	44,6	0,0
Feb 15	200,7	3411,9	40,3	130,0
Mrz 15	92,8	1577,6	44,6	264,2
Apr 15	119,0	2023,0	43,2	281,4
Mai 15	127,7	2170,9	44,6	164,6
Jun 15	118,5	2014,5	43,2	420,7
Jul 15	144,7	2459,9	44,6	512,6
Aug 15	104,0	1768,0	44,6	516,6
Sep 15	122,4	2080,8	43,2	288,4
Okt 15	87,2	1482,4	44,6	207,1
1. Messjahr	1566,7	26633,9	525,6	0,0
2. Messjahr	1485,7	25256,9	525,6	2785,6
Mittel	1526,2	25945,4	525,6	1392,8

Tabelle 32: Messdaten Elektromobilität und Projektspezifisch

Tabelle 34: Messdaten Wärmepumpe

	Lüftungsanlage											
	Whg OG Ost Stromverbra uch [kWh]	Whg OG Ost Betriebs- stunden [h]	Whg OG Ost Vol.-Strom [m³/h]	Whg OG Ost Luftwechsel [1/h]	Whg OG Ost Temperatur Zuluft	Whg OG Ost Wirkungs- grad [-]	Whg EG Ost Stromverbra uch [kWh]	Whg EG Ost Betriebs- stunden [h]	Whg EG Ost Vol.-Strom [m³/h]	Whg EG Ost Luftwechsel [1/h]	Whg EG Ost Temperatur Zuluft	Whg EG Ost Wirkungs- grad [-]
	[60]	[338]	[50]	[50]/300,0 m³	[3]	[336]	[64]	[339]	[51]	[51]/277,3 m³	[12]	[337]
Nov 13	14,7	0,0	2,0	0,01	20,9	-	11,6	0,0	1,1	0,00	16,7	-
Dez 13	13,9	0,0	2,6	0,01	20,4	-	11,7	0,0	1,5	0,01	15,8	-
Jan 14	6,2	0,0	2,6	0,01	20,6	-	4,5	0,2	1,5	0,01	16,4	-
Feb 14	5,5	0,2	2,6	0,01	20,8	-	3,0	60,2	17,5	0,06	15,8	0,86
Mrz 14	13,5	18,7	5,5	0,02	20,0	0,82	3,4	0,7	1,7	0,01	16,0	0,81
Apr 14	20,8	86,8	15,3	0,05	19,7	0,78	3,8	0,0	1,7	0,01	17,0	-
Mai 14	13,7	71,7	13,2	0,04	20,4	0,87	15,4	11,3	3,5	0,01	18,0	0,91
Jun 14	14,3	103,2	25,0	0,08	21,7	0,74	10,9	83,7	12,7	0,05	19,8	0,91
Jul 14	12,6	125,3	30,9	0,10	23,1	0,75	10,9	35,8	8,8	0,03	20,7	0,95
Aug 14	27,1	571,0	89,1	0,30	19,6	0,65	30,2	0,0	1,5	0,01	20,9	-
Sep 14	7,2	497,5	93,5	0,31	18,0	0,71	4,2	0,2	1,6	0,01	19,0	0,65
Okt 14	14,8	372,0	60,9	0,20	18,6	0,72	11,9	0,0	1,6	0,01	18,0	-
Nov 14	14,2	205,8	30,4	0,10	19,3	0,81	10,7	0,0	1,5	0,01	18,2	-
Dez 14	14,8	32,0	6,6	0,02	19,7	0,92	4,8	97,5	19,7	0,07	18,2	0,78
Jan 15	14,9	28,0	6,2	0,02	19,1	0,92	11,7	29,5	5,1	0,02	17,3	0,85
Feb 15	13,3	66,5	12,3	0,04	18,8	0,92	11,0	21,0	12,9	0,05	17,2	0,91
Mrz 15	14,7	243,5	22,7	0,08	17,8	0,88	17,5	223,5	25,3	0,09	17,8	0,82
Apr 15	14,1	346,7	41,7	0,14	18,1	0,83	18,8	228,0	20,7	0,07	18,5	0,83
Mai 15	14,7	390,8	50,0	0,17	19,1	0,73	22,3	226,3	24,5	0,09	19,7	0,86
Jun 15	13,8	300,2	34,3	0,11	21,2	0,77	20,9	312,0	36,3	0,13	21,1	0,89
Jul 15	15,7	419,3	71,4	0,24	23,1	0,79	22,9	249,7	32,8	0,12	22,9	0,96
Aug 15	16,2	89,2	44,3	0,15	22,2	0,80	24,0	206,3	26,7	0,10	23,4	0,91
Sep 15	15,7	0,0	22,2	0,07	19,8	-	26,8	114,5	14,4	0,05	21,9	0,84
Okt 15	16,3	637,2	114,1	0,38	17,2	0,80	29,3	88,5	11,2	0,04	20,2	0,81
1. Messjahr	164,3	1846,3	28,6	0,10	20,3	0,76	121,5	192,0	4,6	0,02	17,8	0,85
2. Messjahr	178,4	2759,2	38,0	0,13	19,6	0,83	220,7	1796,8	19,3	0,07	19,7	0,86
Mittel	171,4	2302,7	33,3	0,11	20,0	0,79	171,1	994,4	11,9	0,04	18,8	0,85

Tabelle 33: Messdaten Lüftungsanlage

	Wärmepumpe									
	Strom gesamt [kWh]	Strom Heizen [kWh]	Strom BWW [kWh]	Strom Heiz- pumpe [kWh]	erz. Wärme gesamt [kWh]	erz. Wärme Heizen [kWh]	erz. Wärme BWW [kWh]	Arbeitszahl gesamt [-]	Arbeitszahl Heizen [-]	Arbeitszahl BWW [-]
	[73]	[212]	[213]	[73]-[212]- [213]	[100]	[341]	[101]	[100]/[73]	[341]/[212]	[101]/[213]
Nov 13	898,5	420,2	475,9	2,4	2590,0	1951,0	639,0	2,88	4,64	1,34
Dez 13	1359,1	630,7	721,5	6,9	3880,0	2881,0	999,0	2,85	4,57	1,38
Jan 14	1146,8	400,4	739,6	6,8	3147,0	2099,0	1048,0	2,74	5,24	1,42
Feb 14	864,9	373,3	485,6	6,0	2352,0	1512,0	840,0	2,72	4,05	1,73
Mrz 14	735,1	297,9	430,5	6,7	1912,0	1078,0	834,0	2,60	3,62	1,94
Apr 14	567,4	212,8	348,1	6,5	1491,0	737,0	754,0	2,63	3,46	2,17
Mai 14	483,0	139,7	336,6	6,7	1262,0	489,0	773,0	2,61	3,50	2,30
Jun 14	475,9	117,9	351,5	6,5	1279,0	438,0	840,0	2,69	3,72	2,39
Jul 14	486,1	94,8	384,4	6,9	1325,0	366,0	960,0	2,73	3,86	2,50
Aug 14	536,8	84,0	445,7	7,1	1441,0	318,0	1123,0	2,68	3,79	2,52
Sep 14	426,9	79,3	340,8	6,8	1116,0	295,0	821,0	2,61	3,72	2,41
Okt 14	631,4	153,4	470,8	7,2	1712,0	709,0	1003,0	2,71	4,62	2,13
Nov 14	820,6	336,0	476,9	7,7	2092,0	1242,0	850,0	2,55	3,70	1,78
Dez 14	1207,3	503,6	694,8	8,9	3347,0	2332,0	1015,0	2,77	4,63	1,46
Jan 15	1336,2	660,9	666,3	9,0	3591,0	2615,0	976,0	2,69	3,96	1,46
Feb 15	1369,6	589,6	771,6	8,4	3586,0	2539,0	1047,0	2,62	4,31	1,36
Mrz 15	1015,7	394,0	613,6	8,1	2665,0	1536,0	1129,0	2,62	3,90	1,84
Apr 15	724,7	238,6	478,8	7,3	1896,0	918,0	978,0	2,62	3,85	2,04
Mai 15	598,1	144,8	446,1	7,2	1586,0	583,0	1003,0	2,65	4,03	2,25
Jun 15	459,2	74,0	378,5	6,7	1264,0	336,0	918,0	2,75	4,54	2,43
Jul 15	427,4	36,2	384,2	7,0	1139,0	212,0	936,0	2,66	5,86	2,44
Aug 15	336,5	46,9	283,1	6,5	927,0	213,0	715,0	2,75	4,54	2,53
Sep 15	517,6	162,9	347,6	7,1	1434,0	671,0	763,0	2,77	4,12	2,20
Okt 15	1054,6	389,1	657,2	8,3	3029,0	2132,0	897,0	2,87	5,48	1,36
1. Messjahr	8611,9	3004,4	5531,0	76,5	23507,0	12873,0	10634,0	2,73	4,28	1,92
2. Messjahr	9867,5	3576,6	6198,7	92,2	26556,0	15329,0	11227,0	2,69	4,29	1,81
Mittel	9239,7	3290,5	5864,9	84,3	25031,5	14101,0	10930,5	2,71	4,29	1,86

Tabelle 36: Wärmeverbrauch Heizen und Trinkwarmwasser

	Photovoltaik						Batterie					
	Strom erzeugt [kWh]	Strom Eigenverbrauch [kWh]	Rückspeisung in das Netz [kWh]	Leistung PV-Module [W/m <sup>2</sup> ]	Globalstrahlung [W/m <sup>2</sup> ]	Wirkungsgrad PV-Module [-]	Ladung [kWh]	Entladung [kWh]	Verluste [kWh]	Wirkungsgrad [-]	Strom Eigen nutzungsgrad [-]	Strom Eigen nutzungsgrad Verbr. [-]
	[327]	[303]	[301]	[326]*1000 /270	[120]	[120]/[326] *1000 /270	[210]	[211]	[210]-[211]	[211]/[210]	[303]/[327]	[303]/([303] +[302])
Nov 13	897,0	458,1	438,9	4,6	57,1	0,081	47,3	70,0	-22,7	-	0,51	0,22
Dez 13	1273,6	697,6	576,1	6,3	67,1	0,094	324,4	246,1	78,3	0,76	0,55	0,29
Jan 14	886,5	459,1	427,4	4,4	53,5	0,083	85,8	66,8	19,0	0,78	0,52	0,22
Feb 14	2168,6	619,9	1548,7	12,0	94,8	0,126	0,0	0,0	0,0	-	0,29	0,37
Mrz 14	3752,7	691,2	3061,5	18,7	153,4	0,122	0,0	0,0	0,0	-	0,18	0,46
Apr 14	3715,9	726,9	2989,0	19,1	186,6	0,102	0,0	0,0	0,0	-	0,20	0,55
Mai 14	4025,4	602,4	3423,0	20,0	195,9	0,102	0,0	0,0	0,0	-	0,15	0,52
Jun 14	4988,0	709,4	4278,6	25,7	249,3	0,103	0,0	0,0	0,0	-	0,14	0,60
Jul 14	4505,8	777,9	3727,9	22,4	218,9	0,102	0,0	0,0	0,0	-	0,17	0,55
Aug 14	3673,2	899,5	2773,7	18,3	176,4	0,104	0,0	0,0	0,0	-	0,24	0,45
Sep 14	3217,7	787,9	2429,7	16,6	155,2	0,107	86,1	80,5	5,6	0,93	0,24	0,49
Okt 14	2809,6	1196,6	1613,0	14,0	112,4	0,124	685,7	533,0	152,7	0,78	0,43	0,63
Nov 14	1440,8	808,5	632,4	7,4	60,0	0,124	409,3	316,6	92,7	0,77	0,56	0,42
Dez 14	749,1	477,6	271,5	3,7	34,3	0,109	218,0	156,9	61,1	0,72	0,64	0,21
Jan 15	605,9	338,0	267,9	3,0	44,2	0,068	140,3	98,0	42,3	0,70	0,56	0,14
Feb 15	1276,0	651,6	492,1	7,0	97,6	0,072	237,7	166,7	71,0	0,70	0,51	0,24
Mrz 15	2832,3	900,6	1645,9	14,1	124,3	0,113	412,4	300,9	111,5	0,73	0,32	0,38
Apr 15	3957,7	910,0	2790,2	20,4	195,9	0,104	373,1	268,5	104,6	0,72	0,23	0,45
Mai 15	3551,1	1043,6	2342,8	17,7	169,1	0,105	391,7	284,6	107,1	0,73	0,29	0,56
Jun 15	4065,1	980,2	2664,3	20,9	211,7	0,099	363,4	268,0	95,4	0,74	0,24	0,53
Jul 15	5497,4	1125,8	3858,9	27,4	263,8	0,104	437,6	316,5	121,1	0,72	0,20	0,56
Aug 15	4840,2	1015,4	3308,2	24,1	239,8	0,100	416,7	305,3	111,4	0,73	0,21	0,53
Sep 15	2737,9	873,6	1576,0	14,1	129,8	0,108	382,6	277,4	105,2	0,73	0,32	0,49
Okt 15	2359,4	810,4	1341,9	11,7	99,4	0,118	293,6	211,6	82,0	0,72	0,34	0,36
1. Messjahr	35914,1	8626,5	27287,5	15,2	143,4	0,106	1229,3	996,4	232,9	0,81	0,24	0,42
2. Messjahr	33912,8	9935,2	21192,1	14,3	139,2	0,103	4076,4	2971,0	1105,4	0,73	0,29	0,39
Mittel	34913,5	9280,9	24239,8	14,7	141,3	0,104	2652,9	1983,7	669,2	0,75	0,27	0,41

Tabelle 35: Messdaten Photovoltaik und Batteriespeicher

	Wärmeverbrauch Heizen							Wärmeverbrauch Brauchwasser		
	Wohnung OG Ost [kWh]	Wohnung EG Ost [kWh]	FeWo EG West [kWh]	FeWo OG West [kWh]	FeWo DG West [kWh]	FeWo DG Ost [kWh]	Keller [kWh]	Wohnung OG Ost [kWh]	Wohnung EG Ost [kWh]	Alle FeWo [kWh]
	[91]	[93]	[94]	[95]	[96]	[97]	[330]	[313]	[314]	[329]
Nov 13	515,0	453,0	202,0	10,0	13,0	2,0	340,0	128,5	106,5	-
Dez 13	548,0	482,0	216,0	120,0	162,0	54,0	621,0	142,2	153,9	-
Jan 14	472,0	415,0	185,0	51,0	42,0	24,0	408,0	143,7	166,8	-
Feb 14	327,0	288,0	129,0	10,0	41,0	4,0	259,0	148,5	124,7	-
Mrz 14	170,0	256,0	0,0	0,0	25,0	0,0	142,0	150,3	106,3	-
Apr 14	80,0	194,0	0,0	0,0	8,0	0,0	33,0	148,7	116,8	-
Mai 14	0,0	48,0	43,0	0,0	4,0	0,0	16,0	128,5	125,0	106,9
Jun 14	0,0	0,0	66,0	0,0	0,0	0,0	0,0	140,6	85,1	222,8
Jul 14	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	1,0	125,1	157,7	317,1
Aug 14	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	130,5	95,5	555,0
Sep 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	118,2	59,5	232,1
Okt 14	0,0	100,0	4,0	62,0	13,0	0,0	218,0	116,3	88,6	343,1
Nov 14	39,0	229,0	1,0	219,0	55,0	0,0	316,0	128,6	75,0	140,4
Dez 14	174,0	465,0	175,0	443,0	111,0	163,0	305,0	157,6	71,3	225,6
Jan 15	171,0	415,0	337,0	395,0	154,0	307,0	356,0	137,5	99,2	235,1
Feb 15	72,0	478,0	208,0	363,0	66,0	623,0	271,0	109,8	92,5	382,2
Mrz 15	10,0	413,0	178,0	158,0	89,0	0,0	231,0	136,2	100,9	428,7
Apr 15	7,0	170,0	138,0	67,0	39,0	0,0	104,0	125,0	90,2	329,3
Mai 15	0,0	0,0	101,0	17,0	15,0	72,0	75,0	111,2	76,6	482,5
Jun 15	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0	71,0	31,0	44,5	83,6	370,0
Jul 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	9,0	0,4	125,2	465,4
Aug 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	0,0	83,6	260,0
Sep 15	0,0	24,0	62,0	52,0	68,0	17,0	165,0	1,2	112,4	235,7
Okt 15	51,0	221,0	192,0	225,0	259,0	52,0	770,0	2,6	136,9	217,4
1. Messjahr	2112,0	2236,0	859,0	253,0	309,0	84,0	2037,0	1621,2	1386,6	1777,0
2. Messjahr	524,0	2415,0	1414,0	1939,0	856,0	1317,0	2636,0	954,6	1147,4	3772,4
Mittel	1318,0	2325,5	1136,5	1096,0	582,5	700,5	2336,5	1287,9	1267,0	2774,7

	spezifischer Wärmeverbrauch Heizen							spezifischer Wärmeverbrauch		
	Wohnung OG Ost [kWh/m²]	Wohnung EG Ost [kWh/m²]	FeWo EG West [kWh/m²]	FeWo OG West [kWh/m²]	FeWo DG West [kWh/m²]	FeWo DG Ost [kWh/m²]	Keller + Treppenhaus [kWh/m²]	Wohnung OG Ost [kWh/Pers.]	Wohnung EG Ost [kWh/Pers.]	Alle FeWo [kWh/Pers.]
	[91]/117,8	[93]/108,1	[94]/80,1	[95]/71,7	[96]/71,7	[97]/118,2	[330]/263,2	[313]/Pers.	[314]/Pers.	[329]/Pers.
Nov 13	4,37	4,19	2,52	0,14	0,18	0,02	1,29	42,8	35,5	-
Dez 13	4,65	4,46	2,70	1,67	2,26	0,46	2,36	47,4	51,3	-
Jan 14	4,01	3,84	2,31	0,71	0,59	0,20	1,55	47,9	55,6	-
Feb 14	2,78	2,66	1,61	0,14	0,57	0,03	0,98	49,5	41,6	-
Mrz 14	1,44	2,37	0,00	0,00	0,35	0,00	0,54	50,1	35,4	-
Apr 14	0,68	1,79	0,00	0,00	0,11	0,00	0,13	49,6	38,9	-
Mai 14	0,00	0,44	0,54	0,00	0,06	0,00	0,06	42,8	41,7	207,0
Jun 14	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	46,9	28,4	90,3
Jul 14	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	41,7	52,6	57,1
Aug 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	43,5	31,8	68,3
Sep 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,4	19,8	151,4
Okt 14	0,00	0,93	0,05	0,86	0,18	0,00	0,83	38,8	29,5	161,2
Nov 14	0,33	2,12	0,01	3,05	0,77	0,00	1,20	42,9	25,0	105,3
Dez 14	1,48	4,30	2,18	6,18	1,55	1,38	1,16	52,5	23,8	142,7
Jan 15	1,45	3,84	4,21	5,51	2,15	2,60	1,35	45,8	33,1	117,5
Feb 15	0,61	4,42	2,60	5,06	0,92	5,27	1,03	36,6	30,8	218,4
Mrz 15	0,08	3,82	2,22	2,20	1,24	0,00	0,88	45,4	33,6	428,7
Apr 15	0,06	1,57	1,72	0,93	0,54	0,00	0,40	41,7	30,1	329,3
Mai 15	0,00	0,00	1,26	0,24	0,21	0,61	0,28	37,1	25,5	164,4
Jun 15	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,60	0,12	14,8	27,9	111,0
Jul 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	-	41,7	89,6
Aug 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	-	27,9	45,5
Sep 15	0,00	0,22	0,77	0,73	0,95	0,14	0,63	-	37,5	34,0
Okt 15	0,43	2,04	2,40	3,14	3,61	0,44	2,93	-	45,6	36,0
1. Messjahr	17,93	20,68	10,72	3,53	4,31	0,71	7,74	45,0	38,5	122,6
2. Messjahr	4,45	22,34	17,65	27,04	11,94	11,14	10,02	39,6	31,9	151,9
Mittel	11,19	21,51	14,19	15,29	8,12	5,93	8,88	42,3	35,2	137,2

Tabelle 37: spezifischer Wärmeverbrauch Heizen und Trinkwarmwasser

	Temperaturen Anlagentechnik								
	Heizungspufferspeicher I [°C]	Heizungspufferspeicher II [°C]	Heizungspufferspeicher III [°C]	Heizungspufferspeicher IV [°C]	Vorlauf gesamt [°C]	Vorlauf Fussbodenheizung [°C]	Vorlauf Heizkörper [°C]	Kaltwasser [°C]	Brauchwasserspeicher [°C]
	[34]	[35]	[36]	[37]	[31]	[32]	[33]	[309]	[310]
Nov 13	38,9	41,6	42,3	43,0	39,3	32,3	36,7	14,5	51,8
Dez 13	41,4	43,0	43,6	44,2	39,9	34,0	39,5	13,6	51,2
Jan 14	38,7	40,3	40,9	41,5	39,5	32,8	32,2	13,1	54,0
Feb 14	37,8	39,7	40,4	41,0	41,0	32,6	24,9	13,1	53,5
Mrz 14	39,9	42,1	42,8	43,6	41,9	30,9	24,2	13,6	53,5
Apr 14	39,1	42,9	43,9	44,8	40,5	28,3	24,1	14,5	52,3
Mai 14	39,4	42,5	43,3	44,4	33,2	26,3	22,8	15,7	51,8
Jun 14	40,4	43,8	44,8	45,7	30,9	23,8	24,1	16,6	51,8
Jul 14	40,9	43,5	44,7	45,6	27,4	24,3	22,9	16,9	51,3
Aug 14	41,0	43,4	44,7	45,7	26,8	27,7	22,9	16,8	51,9
Sep 14	39,4	43,0	43,8	44,5	25,8	26,1	21,2	16,8	52,1
Okt 14	35,1	37,2	38,0	39,2	28,2	27,6	23,7	15,8	51,9
Nov 14	41,2	42,6	43,1	44,5	39,6	30,9	36,6	15,5	54,2
Dez 14	43,1	44,1	44,4	45,3	42,0	32,9	38,0	14,6	54,2
Jan 15	43,5	44,6	44,8	45,5	43,8	33,7	38,5	13,9	53,3
Feb 15	44,0	44,5	44,6	45,5	43,9	34,9	39,2	12,4	54,8
Mrz 15	42,4	43,7	44,2	45,2	40,6	32,3	37,1	12,8	53,8
Apr 15	40,7	42,1	42,7	44,1	38,4	30,6	33,4	13,9	52,6
Mai 15	38,2	40,4	41,2	42,6	35,6	28,4	31,4	15,7	52,1
Jun 15	34,6	37,3	38,3	39,6	28,8	24,9	26,2	16,8	52,0
Jul 15	31,6	34,5	36,1	37,3	23,4	22,7	23,1	18,0	51,3
Aug 15	35,1	37,4	38,7	40,0	25,6	25,4	25,8	19,9	50,5
Sep 15	37,4	39,6	40,7	42,3	34,4	30,2	32,8	19,0	51,9
Okt 15	39,2	40,6	40,8	42,1	38,4	30,9	35,7	18,2	54,7
1. Messjahr	39,3	41,9	42,8	43,6	34,5	28,9	26,6	15,1	52,3
2. Messjahr	39,2	41,0	41,6	42,8	36,2	29,8	33,2	15,9	52,9
Mittel	39,3	41,4	42,2	43,2	35,4	29,4	29,9	15,5	52,6

Tabelle 38: Temperaturen der Anlagentechnik

	Raumtemperaturen Wohnung OG Ost					Raumtemperaturen Wohnung EG Ost					
	Kochen + Essen [°C]	Wohnen [°C]	Schlafen [°C]	Bad/WC [°C]	Kinderzimmer [°C]	Kochen + Essen [°C]	Schlafen [°C]	Bad [°C]	Kinderzimmer I [°C]	Kinderzimmer II [°C]	Flur [°C]
	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
Nov 13	22,3	22,1	21,1	21,6	20,6	21,4	20,1	22,2	21,2	21,4	21,6
Dez 13	21,7	21,6	20,7	21,1	20,2	21,5	20,1	22,1	21,0	21,7	21,5
Jan 14	21,9	21,7	20,8	21,3	20,8	21,3	20,0	22,8	20,9	21,5	21,6
Feb 14	22,0	21,9	20,9	21,2	21,0	21,2	20,2	22,7	20,9	21,2	21,5
Mrz 14	21,2	21,0	20,9	20,5	20,3	20,9	20,2	22,4	20,7	20,6	21,2
Apr 14	21,5	21,3	21,2	20,8	21,1	21,1	20,5	22,2	20,8	20,9	21,2
Mai 14	21,5	21,2	21,3	20,9	21,4	21,7	21,2	21,9	21,2	21,3	21,5
Jun 14	23,1	22,7	22,9	22,5	23,1	22,8	22,6	22,6	22,3	22,5	22,5
Jul 14	24,1	23,8	23,9	23,6	23,9	23,5	22,6	23,7	23,3	23,4	23,5
Aug 14	23,5	23,2	23,1	23,1	23,3	23,2	22,6	23,4	23,1	23,1	23,2
Sep 14	22,1	21,8	21,9	21,7	21,9	22,4	21,8	22,4	21,9	22,0	22,1
Okt 14	21,7	21,5	21,7	21,3	21,5	22,1	21,3	22,2	21,4	21,5	21,8
Nov 14	21,0	21,0	20,9	20,9	20,3	21,6	20,2	22,9	21,1	21,2	21,8
Dez 14	20,3	20,2	19,7	20,0	19,1	21,4	20,1	23,0	20,8	21,0	21,8
Jan 15	20,5	20,4	20,1	20,3	19,9	21,4	20,6	22,9	20,9	21,0	21,6
Feb 15	20,8	20,8	20,6	20,7	20,4	21,3	20,2	22,8	20,7	20,7	21,4
Mrz 15	19,9	19,8	19,9	19,8	19,5	21,4	20,6	22,7	20,9	20,8	21,4
Apr 15	20,7	20,4	20,6	20,3	20,5	21,4	21,0	21,9	20,7	21,0	21,2
Mai 15	22,2	22,0	22,1	21,8	22,3	21,9	22,0	21,7	21,2	21,7	21,5
Jun 15	22,8	22,7	22,8	22,6	22,9	23,0	22,8	22,9	22,5	22,9	22,8
Jul 15	25,3	25,1	25,2	24,9	25,5	25,2	24,9	25,3	24,9	25,1	25,2
Aug 15	25,2	25,0	25,2	25,0	25,4	25,1	24,7	25,1	24,8	24,7	25,0
Sep 15	22,9	22,8	22,8	22,9	22,8	24,1	23,5	23,9	23,3	23,5	23,7
Okt 15	20,5	20,3	20,2	20,6	19,9	23,0	22,4	23,7	22,4	22,5	22,9
1. Messjahr	22,2	22,0	21,7	21,6	21,6	21,9	21,1	22,6	21,6	21,8	21,9
2. Messjahr	21,8	21,7	21,7	21,6	21,5	22,6	21,9	23,2	22,0	22,2	22,5
Mittel	22,0	21,8	21,7	21,6	21,6	22,2	21,5	22,9	21,8	22,0	22,2

Tabelle 39: Raumtemperaturen Wohnungen

	FeWo EG West		FeWo OG West		FeWo DG West		FeWo DG Ost		Eingang		Keller
	Schlafen [°C]	Kochen + Essen [°C]	Windfang [°C]	Treppenhaus [°C]	Technikzent- rale [°C]						
	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]	[20]	[21]	[30]
Nov 13	18,7	18,8	17,6	17,7	15,4	15,8	17,4	18,0	18,0	14,0	16,8
Dez 13	18,4	18,8	17,6	17,6	16,5	16,7	18,1	18,8	18,2	14,4	16,3
Jan 14	18,9	19,2	18,6	19,0	18,9	19,1	17,7	18,3	18,4	14,8	16,2
Feb 14	17,5	17,7	18,5	18,6	18,6	18,7	17,6	18,1	18,2	14,3	15,5
Mrz 14	19,4	19,1	20,8	20,3	20,1	20,2	19,1	19,5	19,9	15,8	16,6
Apr 14	19,9	19,7	20,9	20,3	20,2	20,3	19,7	20,0	21,1	17,2	17,5
Mai 14	20,4	20,3	21,0	20,5	19,8	20,0	19,9	20,2	22,1	18,2	18,3
Jun 14	22,5	22,4	23,3	22,7	21,8	22,2	21,0	21,6	24,5	20,4	19,8
Jul 14	23,3	23,1	24,3	23,8	23,3	23,6	22,5	23,4	26,2	21,3	20,4
Aug 14	22,4	22,7	22,8	22,4	21,9	22,2	22,9	23,3	26,4	20,9	21,0
Sep 14	22,1	21,8	22,6	22,0	20,8	21,1	21,2	21,6	25,1	19,3	18,7
Okt 14	21,5	21,1	23,0	22,4	20,1	20,8	20,7	21,0	23,3	17,4	18,4
Nov 14	20,1	20,0	21,7	21,8	20,1	20,4	18,6	19,1	22,0	16,3	18,4
Dez 14	19,2	19,3	20,6	20,2	17,3	17,9	16,2	16,9	21,2	16,0	17,4
Jan 15	20,7	20,4	20,8	20,9	19,7	20,0	17,9	18,5	20,5	14,9	16,6
Feb 15	20,4	20,3	22,4	22,3	20,5	20,7	20,9	21,2	20,4	14,5	16,2
Mrz 15	20,4	20,3	22,1	21,7	22,1	21,7	16,9	17,3	21,6	15,7	17,1
Apr 15	20,6	20,4	22,3	21,6	22,2	21,9	18,5	18,9	22,7	16,8	17,9
Mai 15	21,4	21,4	22,7	22,2	22,5	22,4	21,5	22,3	24,7	19,0	19,3
Jun 15	22,7	22,6	24,2	23,6	23,7	23,7	23,3	24,0	26,8	20,9	20,3
Jul 15	24,7	24,6	26,0	25,5	25,3	25,4	24,6	25,4	29,8	23,4	21,8
Aug 15	24,7	24,8	26,3	25,5	23,9	24,6	25,2	25,5	30,6	24,2	23,0
Sep 15	21,6	22,2	23,5	23,2	19,7	20,4	21,5	21,9	27,5	21,5	21,8
Okt 15	21,3	21,7	22,5	22,2	18,8	20,3	19,5	21,3	25,0	18,7	19,9
1. Messjahr	20,4	20,4	20,9	20,6	19,8	20,1	19,8	20,3	21,8	17,3	18,0
2. Messjahr	21,5	21,5	22,9	22,6	21,3	21,6	20,4	21,0	24,4	18,5	19,2
Mittel	21,0	20,9	21,9	21,6	20,6	20,8	20,1	20,7	23,1	17,9	18,6

Tabelle 40: Raumtemperaturen Ferienwohnungen

	Wohnung OG Ost [Kh]	Wohnung EG Ost [Kh]	FeWo EG West [Kh]	FeWo OG West [Kh]	FeWo DG West [Kh]	FeWo DG Ost [Kh]
	[369]	[370]	[371]	[372]	[373]	[374]
Nov 13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dez 13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jan 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Feb 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mrz 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Apr 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jun 14	0,0	0,0	0,0	0,0	36,2	0,0
Jul 14	0,0	0,0	0,0	7,8	16,3	0,1
Aug 14	0,0	0,0	0,0	0,3	0,7	3,9
Sep 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Okt 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nov 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dez 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jan 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Feb 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9
Mrz 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Apr 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Jun 15	1,7	0,0	0,0	36,2	93,8	89,8
Jul 15	316,6	277,8	100,2	617,6	551,4	462,6
Aug 15	331,4	209,3	206,8	738,0	243,5	601,1
Sep 15	11,0	22,3	6,4	111,8	3,8	103,0
Okt 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1. Messjahr	0,0	0,0	0,0	8,2	53,2	4,0
2. Messjahr	660,7	509,4	313,4	1503,6	892,5	1262,4
Mittel	330,3	254,7	156,7	755,9	472,9	633,2

Tabelle 41: Übertemperaturgradstunden der Wohnungen und Ferienwohnungen

Jahr	Jahre	Strompreis (0,3 ct Preissteigerung/a) [€ct]	Vergütung Einspeisung [€ct]	Erzeugung [kWh/a]	Einspeisevergütung für 24.979 kWh/a [€/a]	Einspeisevergütung ohne Batterie 28.979 kWh/a [€/a]	Ersparnis Eigenverbrauch 9.935 kWh/a [€/a]	Ersparnis Eigenverbrauch ohne Batterie 5.935 kWh/a [€/a]	Ertrag PV mit Batterie kumuliert [€]	Ertrag PV ohne Batterie kumuliert [€]	Ertrag der Batterie kumuliert [€]
2013	1	28,8	14,8	34913	3704	4298	2865	1712	6570	6009	560
2014	2	29,1	14,8	34913	3704	4298	2895	1729	13169	12036	1133
2015	3	29,4	14,8	34913	3704	4298	2925	1747	19798	18081	1717
2016	4	29,7	14,8	34913	3704	4298	2955	1765	26457	24143	2314
2017	5	30,0	14,8	34913	3704	4298	2984	1783	33146	30224	2922
2018	6	30,3	14,8	34913	3704	4298	3014	1801	39864	36322	3542
2019	7	30,6	14,8	34913	3704	4298	3044	1818	46613	42438	4175
2020	8	30,9	14,8	34913	3704	4298	3074	1836	53391	48572	4819
2021	9	31,2	14,8	34913	3704	4298	3104	1854	60199	54723	5476
2022	10	31,5	14,8	34913	3704	4298	3133	1872	67037	60893	6144
2023	11	31,8	14,8	34913	3704	4298	3163	1890	73904	67080	6824
2024	12	32,1	14,8	34913	3704	4298	3193	1908	80802	73285	7517
2025	13	32,4	14,8	34913	3704	4298	3223	1925	87729	79508	8221
2026	14	32,7	14,8	34913	3704	4298	3253	1943	94686	85749	8938
2027	15	33,0	14,8	34913	3704	4298	3283	1961	101673	92007	9666
2028	16	33,3	14,8	34913	3704	4298	3312	1979	108690	98283	10406
2029	17	33,6	14,8	34913	3704	4298	3342	1997	115736	104577	11159
2030	18	33,9	14,8	34913	3704	4298	3372	2014	122812	110889	11923
2031	19	34,2	14,8	34913	3704	4298	3402	2032	129918	117219	12700
2032	20	34,5	14,8	34913	3704	4298	3432	2050	137054	123566	13488
2033	21	34,8	14,8	34913	3704	4298	3461	2068	144220	129932	14288
2034	22	35,1	14,8	34913	3704	4298	3491	2086	151415	136315	15101
2035	23	35,4	14,8	34913	3704	4298	3521	2103	158641	142715	15925
2036	24	35,7	14,8	34913	3704	4298	3551	2121	165896	149134	16762
2037	25	36,0	14,8	34913	3704	4298	3581	2139	173181	155571	17610
Investitionskosten [€]									83136	70833	12303
Ertrag nach 20 Jahren (PV) bzw. 12 Jahren (Batterie) [€]									53918	52733	-4786

Tabelle 42: Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik und Batteriespeicher mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (8)

Jahr	Jahre	Strompreis (0,3 ct Preissteigerung/a) [€ct]	Vergütung Einspeisung [€ct]	Erzeugung [kWh/a]	Einspeisevergütung für 22.194 kWh/a [€/a]	Einspeisevergütung ohne Batterie 26.194 kWh/a [€/a]	Ersparnis Eigenverbrauch 12.720 kWh/a [€/a]	Ersparnis Eigenverbrauch ohne Batterie 8.720 kWh/a [€/a]	Ertrag PV mit Batterie kumuliert [€]	Ertrag PV ohne Batterie kumuliert [€]	Ertrag der Batterie kumuliert [€]
2013	1	28,8	14,8	34913	3291	3885	3668	2515	6960	6399	560
2014	2	29,1	14,8	34913	3291	3885	3707	2541	13958	12825	1133
2015	3	29,4	14,8	34913	3291	3885	3745	2567	20994	19277	1717
2016	4	29,7	14,8	34913	3291	3885	3783	2593	28068	25755	2314
2017	5	30,0	14,8	34913	3291	3885	3821	2619	35181	32259	2922
2018	6	30,3	14,8	34913	3291	3885	3859	2646	42331	38789	3542
2019	7	30,6	14,8	34913	3291	3885	3897	2672	49520	45345	4175
2020	8	30,9	14,8	34913	3291	3885	3936	2698	56747	51928	4819
2021	9	31,2	14,8	34913	3291	3885	3974	2724	64012	58537	5476
2022	10	31,5	14,8	34913	3291	3885	4012	2750	71315	65171	6144
2023	11	31,8	14,8	34913	3291	3885	4050	2776	78657	71832	6824
2024	12	32,1	14,8	34913	3291	3885	4088	2803	86036	78520	7517
2025	13	32,4	14,8	34913	3291	3885	4126	2829	93454	85233	8221
2026	14	32,7	14,8	34913	3291	3885	4165	2855	100910	91972	8938
2027	15	33,0	14,8	34913	3291	3885	4203	2881	108404	98738	9666
2028	16	33,3	14,8	34913	3291	3885	4241	2907	115936	105530	10406
2029	17	33,6	14,8	34913	3291	3885	4279	2933	123507	112348	11159
2030	18	33,9	14,8	34913	3291	3885	4317	2960	131115	119192	11923
2031	19	34,2	14,8	34913	3291	3885	4355	2986	138762	126062	12700
2032	20	34,5	14,8	34913	3291	3885	4393	3012	146447	132959	13488
2033	21	34,8	14,8	34913	3291	3885	4432	3038	154170	139881	14288
2034	22	35,1	14,8	34913	3291	3885	4470	3064	161931	146830	15101
2035	23	35,4	14,8	34913	3291	3885	4508	3090	169730	153805	15925
2036	24	35,7	14,8	34913	3291	3885	4546	3117	177568	160806	16762
2037	25	36,0	14,8	34913	3291	3885	4584	3143	185443	167833	17610
Investitionskosten [€]									83136	70833	12303
Ertrag nach 20 Jahren (PV) bzw. 12 Jahren (Batterie) [€]									63311	62126	-4786

Tabelle 43: Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik und Batteriespeicher unter Berücksichtigung Eigenstromnutzung Büro-Angerer [220] mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (8)

Jahr	Jahre	Strompreis (0,3 ct Preissteigerung/a) [€ct/kWh]	Gaspreis (0,1 ct Preissteigerung/a) [€ct/kWh]	Erf. Endenergiebedarf TWW+ Heizen Referenzgebäude [kWh/a]	Strom EnEV [300]- [73]+EE- Strom-mix Ref.-Geb. [kWh/a]	Wartungskosten EnEV 2009 [€/a]	Kumulierte Energie und Betriebskosten EnEV 2009 [€]	Strombezug vom Netz EHP [302] [kWh/a]	Wartungskosten EHP [€/a]	Einspeisevergütung [€/a]	Kumulierte Energie und Betriebskosten EHP [€]	Kumulierte Kosteneinsparung EHP gegenüber EnEV 2009 [€]
2013	1	28,8	7,0	54658	11973	50	7329	12198	250	3704	64	7266
2014	2	29,1	7,1	54658	11973	50	14749	12198	250	3704	164	14585
2015	3	29,4	7,2	54658	11973	50	22259	12198	250	3704	300	21959
2016	4	29,7	7,3	54658	11973	50	29860	12198	250	3704	474	29386
2017	5	30,0	7,4	54658	11973	50	37551	12198	250	3704	684	36868
2018	6	30,3	7,5	54658	11973	50	45333	12198	250	3704	930	44403
2019	7	30,6	7,6	54658	11973	50	53206	12198	250	3704	1213	51993
2020	8	30,9	7,7	54658	11973	50	61169	12198	250	3704	1533	59636
2021	9	31,2	7,8	54658	11973	50	69222	12198	250	3704	1889	67333
2022	10	31,5	7,9	54658	11973	50	77367	12198	250	3704	2282	75085
2023	11	31,8	8,0	54658	11973	50	85602	12198	250	3704	2711	82890
2024	12	32,1	8,1	54658	11973	50	93927	12198	250	3704	3177	90750
2025	13	32,4	8,2	54658	11973	50	102343	12198	250	3704	3680	98663
2026	14	32,7	8,3	54658	11973	50	110850	12198	250	3704	4219	106630
2027	15	33,0	8,4	54658	11973	50	119447	12198	250	3704	4795	114652
2028	16	33,3	8,5	54658	11973	50	128134	12198	250	3704	5408	122727
2029	17	33,6	8,6	54658	11973	50	136913	12198	250	3704	6057	130856
2030	18	33,9	8,7	54658	11973	50	145782	12198	250	3704	6742	139039
2031	19	34,2	8,8	54658	11973	50	154741	12198	250	3704	7464	147277
2032	20	34,5	8,9	54658	11973	50	163791	12198	250	3704	8223	155568
2033	21	34,8	9,0	54658	11973	50	172932	12198	250	3704	9019	163913
2034	22	35,1	9,1	54658	11973	50	182163	12198	250	3704	9851	172312
2035	23	35,4	9,2	54658	11973	50	191485	12198	250	3704	10719	180765
2036	24	35,7	9,3	54658	11973	50	200897	12198	250	3704	11624	189273
2037	25	36,0	9,4	54658	11973	50	210400	12198	250	3704	12566	197834
											Investitionskosten [€]	177500
											Ertrag nach 25 Jahren [€]	20334

Tabelle 44: Wirtschaftlichkeitsberechnung Vergleich EHP-EnEV 2009-Standard mit Energiepreiserhöhungen in Anlehnung an (8)

Jahr	Jahre	Strompreis (4 % Preissteigerung/a) [€ct]	Vergütung Einspeisung [€ct]	Erzeugung [kWh/a]	Einspeisevergütung für 24.979 kWh/a [€/a]	Einspeisevergütung ohne Batterie 28.979 kWh/a [€/a]	Ersparnis Eigenverbrauch 9.935 kWh/a [€/a]	Ersparnis Eigenverbrauch ohne Batterie 5.935 kWh/a [€/a]	Ertrag PV mit Batterie kumuliert [€]	Ertrag PV ohne Batterie kumuliert [€]	Ertrag der Batterie kumuliert [€]
2013	1	28,8	14,8	34913	3704	4298	2803	1650	6508	5947	560
2014	2	30,0	14,8	34913	3704	4298	2915	1716	13127	11960	1167
2015	3	31,2	14,8	34913	3704	4298	3032	1784	19864	18042	1821
2016	4	32,4	14,8	34913	3704	4298	3153	1856	26721	24196	2526
2017	5	33,7	14,8	34913	3704	4298	3279	1930	33705	30423	3282
2018	6	35,1	14,8	34913	3704	4298	3411	2007	40820	36728	4093
2019	7	36,5	14,8	34913	3704	4298	3547	2087	48072	43113	4959
2020	8	38,0	14,8	34913	3704	4298	3689	2171	55465	49581	5884
2021	9	39,5	14,8	34913	3704	4298	3836	2258	63006	56136	6870
2022	10	41,0	14,8	34913	3704	4298	3990	2348	70700	62782	7918
2023	11	42,7	14,8	34913	3704	4298	4149	2442	78554	69521	9033
2024	12	44,4	14,8	34913	3704	4298	4315	2540	86574	76358	10215
2025	13	46,2	14,8	34913	3704	4298	4488	2641	94766	83297	11469
2026	14	48,0	14,8	34913	3704	4298	4668	2747	103138	90341	12797
2027	15	49,9	14,8	34913	3704	4298	4854	2857	111697	97496	14201
2028	16	51,9	14,8	34913	3704	4298	5048	2971	120450	104764	15686
2029	17	54,0	14,8	34913	3704	4298	5250	3090	129405	112152	17253
2030	18	56,2	14,8	34913	3704	4298	5460	3213	138569	119662	18907
2031	19	58,4	14,8	34913	3704	4298	5679	3342	147953	127302	20651
2032	20	60,8	14,8	34913	3704	4298	5906	3476	157563	135075	22488
2033	21	63,2	14,8	34913	3704	4298	6142	3615	167410	142987	24422
2034	22	65,7	14,8	34913	3704	4298	6388	3759	177502	151044	26458
2035	23	68,3	14,8	34913	3704	4298	6643	3910	187850	159251	28599
2036	24	71,1	14,8	34913	3704	4298	6909	4066	198463	167615	30849
2037	25	73,9	14,8	34913	3704	4298	7186	4229	209353	176141	33213
Investitionskosten [€]									83136	70833	12303
Ertrag nach 20 Jahren (PV) bzw. 12 Jahren (Batterie) [€]									74427	64242	-2088

Tabelle 45: Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik und Batteriespeicher mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (9)

Jahr	Jahre	Strompreis (4 % Preissteigerung/a) [€ct]	Vergütung Einspeisung [€ct]	Erzeugung [kWh/a]	Einspeisevergütung für 22.194 kWh/a [€/a]	Einspeisevergütung ohne Batterie 26.194 kWh/a [€/a]	Ersparnis Eigenverbrauch 12.720 kWh/a [€/a]	Ersparnis Eigenverbrauch ohne Batterie 8.720 kWh/a [€/a]	Ertrag PV mit Batterie kumuliert [€]	Ertrag PV ohne Batterie kumuliert [€]	Ertrag der Batterie kumuliert [€]
2013	1	28,8	14,8	34913	3291	3885	3668	2515	6960	6399	560
2014	2	30,0	14,8	34913	3291	3885	3815	2615	14066	12899	1167
2015	3	31,2	14,8	34913	3291	3885	3968	2720	21326	19504	1821
2016	4	32,4	14,8	34913	3291	3885	4127	2829	28743	26217	2526
2017	5	33,7	14,8	34913	3291	3885	4292	2942	36326	33044	3282
2018	6	35,1	14,8	34913	3291	3885	4463	3060	44081	39988	4093
2019	7	36,5	14,8	34913	3291	3885	4642	3182	52014	47055	4959
2020	8	38,0	14,8	34913	3291	3885	4827	3309	60133	54249	5884
2021	9	39,5	14,8	34913	3291	3885	5021	3442	68445	61575	6870
2022	10	41,0	14,8	34913	3291	3885	5221	3579	76957	69039	7918
2023	11	42,7	14,8	34913	3291	3885	5430	3723	85679	76646	9033
2024	12	44,4	14,8	34913	3291	3885	5647	3871	94618	84402	10215
2025	13	46,2	14,8	34913	3291	3885	5873	4026	103783	92313	11469
2026	14	48,0	14,8	34913	3291	3885	6108	4187	113182	100385	12797
2027	15	49,9	14,8	34913	3291	3885	6353	4355	122826	108625	14201
2028	16	51,9	14,8	34913	3291	3885	6607	4529	132724	117039	15686
2029	17	54,0	14,8	34913	3291	3885	6871	4710	142886	125633	17253
2030	18	56,2	14,8	34913	3291	3885	7146	4899	153324	134417	18907
2031	19	58,4	14,8	34913	3291	3885	7432	5095	164046	143396	20651
2032	20	60,8	14,8	34913	3291	3885	7729	5298	175067	152579	22488
2033	21	63,2	14,8	34913	3291	3885	8038	5510	186396	161974	24422
2034	22	65,7	14,8	34913	3291	3885	8360	5731	198047	171589	26458
2035	23	68,3	14,8	34913	3291	3885	8694	5960	210032	181434	28599
2036	24	71,1	14,8	34913	3291	3885	9042	6198	222365	191516	30849
2037	25	73,9	14,8	34913	3291	3885	9403	6446	235060	201847	33213
Investitionskosten [€]									83136	70833	12303
Ertrag nach 20 Jahren (PV) bzw. 12 Jahren (Batterie) [€]									91931	81746	-2088

Tabelle 46: Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik und Batteriespeicher unter Berücksichtigung Eigenstromnutzung Büro-Angerer [220] mit Energiepreissteigerungen in Anlehnung an (9)

Jahr	Jahre	Strompreis (4 % Preissteigerung/a) [€ct/kWh]	Gaspreis (4 % Preissteigerung/a) [€ct/kWh]	Erf. Endenergiebedarf TWW+ Heizen Referenzgebäude [kWh/a]	Strom EnEV [300]- [73]+EE- Strom-mix Ref.-Geb. [kWh/a]	Wartungskosten EnEV 2009 [€/a]	Kumulierte Energie und Betriebskosten EnEV 2009 [€]	Strombezug vom Netz EHP [302] [kWh/a]	Wartungskosten EHP [€/a]	Einspeisevergütung [€/a]	Kumulierte Energie und Betriebskosten EHP [€]	Kumulierte Kosteneinsparung EHP gegenüber EnEV 2009 [€]
2013	1	28,8	7,0	54658	11973	50	7329	12198	250	3704	64	7266
2014		30,0	7,3	54658	11973	50	14949	12198	250	3704	268	14682
2015	3	31,2	7,6	54658	11973	50	22872	12198	250	3704	618	22254
2016	4	32,4	7,9	54658	11973	50	31110	12198	250	3704	1121	29989
2017	5	33,7	8,2	54658	11973	50	39676	12198	250	3704	1782	37894
2018	6	35,1	8,5	54658	11973	50	48582	12198	250	3704	2608	45974
2019	7	36,5	8,9	54658	11973	50	57842	12198	250	3704	3605	54238
2020	8	38,0	9,2	54658	11973	50	67471	12198	250	3704	4780	62691
2021	9	39,5	9,6	54658	11973	50	77483	12198	250	3704	6140	71343
2022	10	41,0	10,0	54658	11973	50	87893	12198	250	3704	7692	80201
2023	11	42,7	10,4	54658	11973	50	98718	12198	250	3704	9445	89273
2024	12	44,4	10,8	54658	11973	50	109974	12198	250	3704	11407	98567
2025	13	46,2	11,2	54658	11973	50	121678	12198	250	3704	13585	108093
2026	14	48,0	11,7	54658	11973	50	133848	12198	250	3704	15988	117860
2027	15	49,9	12,1	54658	11973	50	146503	12198	250	3704	18625	127878
2028	16	51,9	12,6	54658	11973	50	159662	12198	250	3704	21506	138156
2029	17	54,0	13,1	54658	11973	50	173346	12198	250	3704	24641	148705
2030	18	56,2	13,6	54658	11973	50	187575	12198	250	3704	28039	159536
2031	19	58,4	14,2	54658	11973	50	202371	12198	250	3704	31711	170660
2032	20	60,8	14,7	54658	11973	50	217757	12198	250	3704	35669	182088
2033	21	63,2	15,3	54658	11973	50	233756	12198	250	3704	39922	193834
2034	22	65,7	16,0	54658	11973	50	250393	12198	250	3704	44485	205909
2035	23	68,3	16,6	54658	11973	50	267694	12198	250	3704	49367	218327
2036	24	71,1	17,3	54658	11973	50	285685	12198	250	3704	54584	231102
2037	25	73,9	17,9	54658	11973	50	304394	12198	250	3704	60147	244247
											Investitionskosten [€]	177500
											Ertrag nach 25 Jahren [€]	66747

Tabelle 47: Wirtschaftlichkeitsberechnung Vergleich EHP-EnEV 2009-Standard mit Energiepreiserhöhungen in Anlehnung an (9)

## **Anhang B – Daten CD**

### **Inhalt**

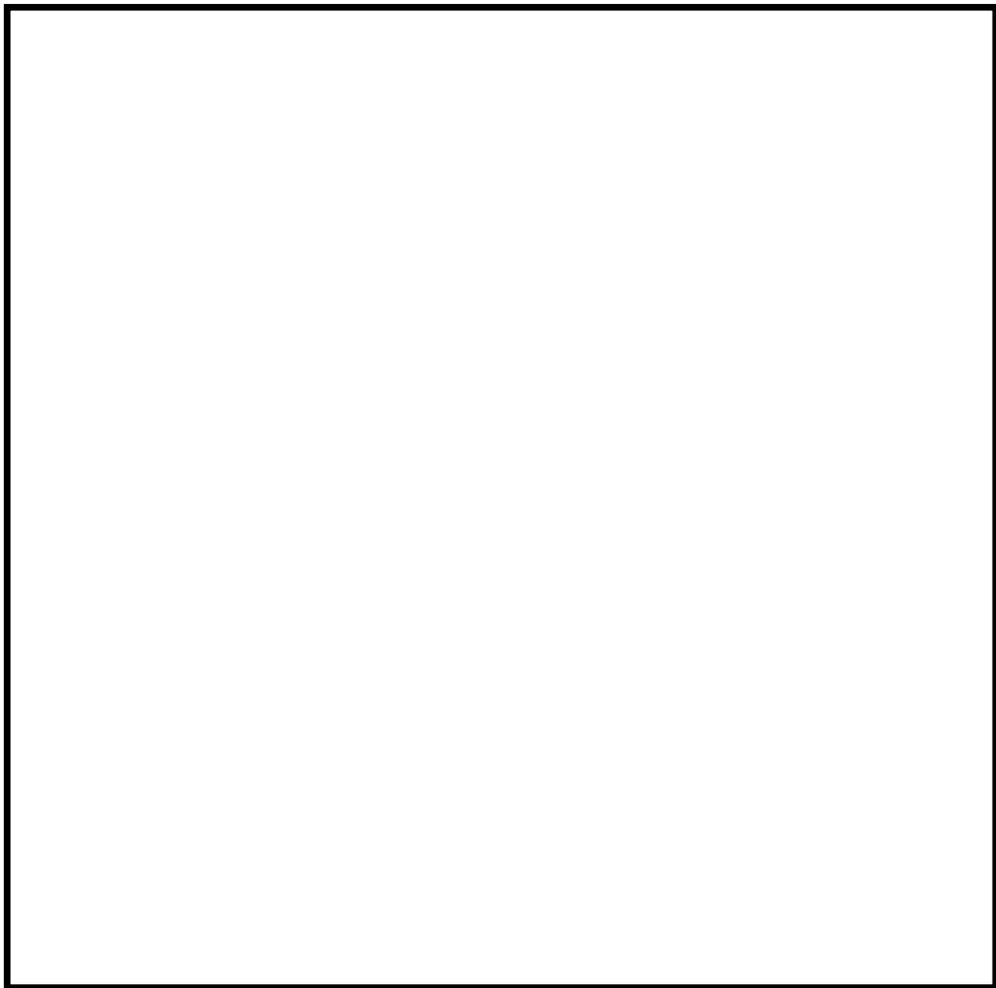
Abschlussbericht im PDF-Format

Messdaten Monitoring Effizienzhaus Plus in den Bergen für den Zeitraum vom 01.08.2013 bis 01.02.2016

Berechnungsausgabe nach DIN V 18599

Bauzeichnungen

Datenblätter zur Anlagentechnik, Messtechnik und Haushaltsgeräten



## Quellen

- (1) Antje Bergmann, Hans Erhorn, Irmgard Haug (2016). Effizienzhaus-Plus in den Bergen, Bischofswiesen: Erweiterter Steckbrief. <http://www.forschungsinitiative.de>, Stand 03.02.2016.
- (2) DIN V 18599 (2011). Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.
- (3) ZUB Systems GmbH (2014). ZUB Helena® Ultra v7.06. Energieberechnung nach den Randbedingungen „Effizienzhaus Plus“ vom 27.08.2014: Forschungsprojekt Energieeffizienz-Haus-Plus-Standard.
- (4) Deutscher Wetterdienst (2016). WETterdaten und -STATistiken Express (WESTE). [www.dwd.de/klimafaktoren](http://www.dwd.de/klimafaktoren): Stand 18.01.2016.
- (5) DIN EN 15026 (2007). Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation.
- (6) DIN 1946-2 (1994). Dokument zurückgezogen. Raumluftechnik; Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln).
- (7) DIN EN 13779 (2007). Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme.
- (8) Dietmar Lindenberg, Christian Lutz, Michael Schlesinger (2014). Entwicklung der Energiemärkte - Energiereferenzprognose: Projekt Nr. 57/12 Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Prognos, EWI, GWS.
- (9) Deutsche Energie-Agentur GmbH (2013). Energiewende erfolgreich gestalten – ein Lösungsansatz für die deutsche Wohnungswirtschaft am Beispiel der Deutschen Annington.