

Endbericht der Modellvorhaben Effizienzhaus Plus Nr. 40

Wissenschaftliche Begleitung des Effizienzhaus Plus
in Buchen-Hollerbach

Forschungsprogramm

Modellhäuser im „Plus-Energie-Standard“, ein Forschungsprogramm des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI)

Messperiode

September 2014 bis August 2016

Aktenzeichen

SWD - 10.08.82-12.4

gefördert durch

das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

bearbeitet von

Dipl. Ing. Bernhard Böhler, MBA

Gefördert durch:



Endbericht

Effizienzhaus Plus Buchen-Hollerbach

Messperiode 09.2014 bis 08.2016

08.09.2018

Dipl. Ing. Bernhard Böhrer, MBA

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	5
2	Kontext und Zielsetzung	6
3	Gebäudesteckbrief	8
3.1	Allgemeine Daten	8
3.2	Architektur.....	8
3.2.1	Grundriss Untergeschoss.....	9
3.2.2	Grundriss Erdgeschoss.....	9
3.3	Wärmeschutz.....	10
3.3.1	Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle und ihr U-Wert	10
3.4	Anlagentechnik.....	10
3.5	Energiebedarf und Energiedeckung	11
3.6	Bewertung der Effizienz aus Berechnung nach DIN V 18599	11
3.6.1	Bauphysik Gesamtgebäude	12
3.6.2	Primärenergie	12
3.6.3	Endenergie inklusive Hilfsenergie	12
3.6.4	Endenergie nach Bedarfsdeckung	12
3.6.5	Hilfsenergie.....	12
3.6.6	Nutzenergie	13
3.6.7	Wärmebilanz Heizung.....	13
3.6.8	Primärenergiebedarf „Gesamtenergieeffizienz“	13
3.6.9	Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf	14
4	Monitoring.....	15
4.1	Messkonzept	15
4.1.1	Hydraulik.....	15
4.1.2	Elektrische Ausrüstung	17
4.2	Verwendete Messtechnik.....	18
4.3	Dokumentation.....	20
5	Meteorologische Randbedingungen	21
5.1	Solarstrahlung.....	21
5.2	Klimabereinigung.....	21
6	Messergebnisse	22
6.1	Energieverbrauch	22
6.1.1	Endenergieverbrauch für Hausbetrieb.....	23
6.1.2	Energieverbrauch für projektspezifischen Anteil	24
6.1.3	Energieverbrauch für Elektromobilität.....	24
6.1.4	Gegenüberstellung von Energiegewinnung und Energieverbrauch.....	24

6.2	Eigenstromnutzung	25
6.3	Anlagenperformance.....	26
6.3.1	Wärmeerzeuger.....	26
6.3.2	Lüftungsanlage	26
6.4	Innenraumtemperaturen	26
7	Kosten / Wirtschaftlichkeit.....	29
7.1	Baukosten und laufende Kosten	29
7.2	Kosten Geräte.....	29
8	Bewertung	31
8.1	Nachweis Effizienzhaus Plus-Standard	31
8.2	Verbesserungspotentiale	31
9	Anhang.....	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Effizienzhaus Plus Buchen-Hollerbach, Außenansicht der Süd-Ost-Seite.....	8
Abbildung 2: Grundriss Untergeschoss (Quelle: Architekturbüro N. Hoffmann).....	9
Abbildung 3: Grundriss Erdgeschoss (Quelle: Architekturbüro N. Hoffmann).....	9
Abbildung 4: Primärenergiebedarf "Gesamtenergieeffizienz (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler)	13
Abbildung 5: Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler)....	14
Abbildung 6: Konzept der Haustechnik (Quelle: Fraunhofer IBP)	15
Abbildung 7: Anlagendiagramm Heizung (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler)	16
Abbildung 8: Anlagendiagramm Lüftung (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler).....	16
Abbildung 9: Anlagendiagramm Trinkwassererwärmung (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler).....	17
Abbildung 10: Übersicht Gebäudeautomatisierung.....	18
Abbildung 11: Energiequelle und Energienutzung (Quelle Fraunhofer IBP)	23
Abbildung 12: Monatlicher Endenergieverbrauch für Hausverbrauch (Quelle: Fraunhofer IBP)	24
Abbildung 13: Monatlich kumulierte Endenergie (Quelle: Fraunhofer IBP)	25
Abbildung 14: Gegenüberstellung Eigenverbrauch - Rückspeisung in das Netz (Quelle: Fraunhofer IBP)	25
Abbildung 15: Innentemperaturen für den Monat Januar 2016	27
Abbildung 16: Innenraumtemperaturverlauf eines Tages (5. Januar 2016)	27
Abbildung 17: Luftfeuchteverlauf eines Tages (5. Januar 2016)	28
Abbildung 18: Kumulierte Endenergie (Energiequelle und Energienutzung) über den gesamten Monitoring-Zeitraum (Quelle: Fraunhofer IBP).....	31

1 Kurzfassung

Im Rahmen der Förderrichtlinie „Modellprojekt im Plus-Energie-Standard“ begleitete die Fachhochschule Münster, Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler, Sustainable Building Design Studio, Leonardo-Campus 5, 48149 Münster zeitweise das Monitoring an einem Effizienzhaus Plus in Buchen-Hollerbach.

Das energetische Konzept des Effizienzhauses Plus in Buchen-Hollerbach beinhaltet neben einer hochwärmegedämmten Außenhülle und einer Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung eine Sole/Wasser-Wärmepumpe. Die Räume werden von einem zentralen Lüftungsgerät mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 90 % mit Frischluft versorgt.

Über einen Zeitraum von zwei Jahren wurden 15 Minuten - Messwerte durch eine GLT Software automatisch über umfangreiche Sensoren erfasst, gespeichert und ausgewertet. Detaillierte Energieflüsse und Verbräuche werden dargestellt und mit berechneten Werten nach DIN V 18599 verglichen.

Der Gesamtstromertrag der Photovoltaikanlage beläuft sich für den Zeitraum 09/2014 bis 08/2015 auf 13.501 kWh und für den Zeitraum 09/2015 bis 08/2016 auf 12.733 kWh. Der tatsächliche Bedarf liegt mit 9.090 kWh/a bzw. 9.096 kWh/a deutlich unter dem berechneten Bedarf in Höhe von 11.783 kWh/a.

Der Überschuss betrug im Jahr 09/2014 bis 08/2015 insgesamt 4.411 kWh und im Jahr 09/2015 bis 08/2016 insgesamt 3.637 kWh.

2 Kontext und Zielsetzung

Eine naturverbundene und umweltbewusste Familie errichtete ein neues, architektonisch modernes Wohnhaus, welches im KfW-40-Standard geplant ist. Durch den Einsatz innovativster Anlagen- und Steuerungstechnik (Sole-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser, Photovoltaik und individuell programmierter Energiemanagementsoftware) soll darüber hinaus mehr Energie CO₂ neutral erzeugt werden als verbraucht wird. Die Wärmepumpe wird, wann immer möglich, mit eigenproduziertem PV-Strom von der Dachanlage energieeffizient betrieben.

Bei der Auslegung der Anlagentechnik wurde ein minimalistischer Ansatz gewählt und auf alle Sicherheitszuschläge bei der Auslegung und der damit verbundenen Überdimensionierungen verzichtet. Deshalb wurde nur ein 390 l Wasserspeicher für das Brauchwasser integriert und auch bei der Wärmepumpe ein leistungsschwächeres Modell eingesetzt als mit den herkömmlichen Methoden berechnet wurde. Die Verantwortung hierfür übernahm der Bauherr selbst, da die beteiligten Unternehmen dieser Vorgehensweise sehr skeptisch gegenüberstanden. Bei der Elektroinstallation wurde konsequent auf durchgängige IP-Kommunikation in Kombination mit der EnOcean Funktechnologie gesetzt. Dies wiederum ermöglichte eine sehr flexible Anpassung der gesamten Bedien- und Steuerfunktionen per Software an die Lebenssituation auch nach dem Bezug des Wohnhauses und minimierte den gesamten Elektroinstallationsaufwand.

Durch den minimalistischen Ansatz bei der Anlagenauslegung soll eine wirtschaftliche und gleichzeitig eine energieeffiziente Lösung gefunden werden, die eine Nachhaltigkeit im Umgang mit den Energie-Ressourcen gewährleistet.

Der Nachweis des „Plus-Energie-Haus-Standards“ soll durch ein softwarebasiertes Anlagen Monitoring im Zuge dieses Projektes erfolgen. Aus der Analyse der lückenlos erfassten 15 Minutenwerte sollen Handlungsempfehlungen für einen noch effizienteren Anlagenbetrieb abgeleitet werden.

Hierzu wurden folgende Maßnahmen in der Planungsphase durchgeführt:

- Sichtung der Planungsunterlagen
- Vor-Ort Termin zur Abstimmung des Messablaufs mit den Projektbeteiligten
- Festlegung der benötigten Messstellen zur Datenerfassung des Energieverbrauchs, der Klimadaten und des Nutzerverhaltens entsprechend den Anforderungen durch das damalige Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
- Festlegung weiterer Messstellen, welche zusätzlich zur detaillierten Optimierung des Anlagenbetriebs benötigt werden
- Planung der Hardware für die Erfassung der Klimadaten, des Nutzerverhaltens und des Messequipments der technischen Gebäudeausrüstung und der Elektrotechnik in Eigenverantwortung
- Auswahl der Messzähler und EnOcean Funksensoren für die automatische Datenerfassung mit der GLT-Software

Für eine genaue und unterbrechungsfreie Erfassung der Messwerte kommen pro Raum batterie-lose EnOcean - Funksensoren für Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Helligkeit zum Einsatz. Die Energieverbraucher (Kochherd, Kaffeemaschine, Wärmepumpe, Beleuchtung etc.) werden über elektronische Energiemessgeräte mit Onlineschnittstelle in der GLT erfasst.

Die Monitoring-Phase dauerte insgesamt 24 Monate. Während dieser Zeit wurden 15 Minutenwerte aller Sensoren, Energieerzeuger und Verbraucher erfasst und ausgewertet. Durch die Bildung geeigneter Kennzahlen oder Grafiken konnte hiermit frühzeitig Optimierungspotenzial aufgezeigt werden. Daraufhin angeregte Änderungen zur Optimierung der Anlagenkonfiguration oder dem Betrieb werden so in den darauffolgenden Monaten überprüfbar.

Im Einzelnen wurden hierzu folgende Maßnahmen im Rahmen der Monitoring-Phase durchgeführt:

- Programmierung der einzelnen Komponenten
- Auswahl und Installation der Wetterstation für die Erfassung der Klimadaten (Außenlufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Luftdruck und Globalstrahlung Horizontal und Süd)
- Funktionsprüfung und Validierung der Messwarterfassung und Messwertspeicherung vor Ort
- Erstellung der Bedien- und Auswertemasken

Monatliche Durchführung folgender Teilleistungen:

- Auswertung der Messdaten
- Analyse der Ergebnisse und Ausarbeitung von regelungstechnischen Optimierungen der Anlagentechnik in Eigenverantwortung
- Umsetzung der Optimierungen nach KAIZEN
- Übermittlung der Daten in aufbereiteter Form an das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart

Nach Abschluss der Monitoring-Phase wurden die Ergebnisse entsprechend der Anforderung durch das damalige Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung mit dem Ziel dokumentiert, den Nachweis zur Erfüllung des „Plus-Energie-Haus-Standards“ führen zu können.

3 Gebädesteckbrief

3.1 Allgemeine Daten

Das Effizienzhaus Plus in Buchen-Hollerbach wurde im Jahr 2012 erbaut. Bauherren sind Christine und Bernhard Böhrer. Die Planung wurde von dem Architekturbüro Nico Hoffmann in Buchen-Eberstadt erstellt. Das Monitoring wurde anfänglich durch die Fachhochschule Münster, Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler, Sustainable Building Design in Münster betreut. Die Technische Gebäudeausrüstung installierte die Fa. Windmüller GmbH in Schwäbisch Hall. Die Elektrotechnik wurde von Herzmann Elektrotechnik installiert. Die Software für die Steuerung und die Messwerterfassung wurde vom Bauherr selbst erstellt.



Abbildung 1: Effizienzhaus Plus Buchen-Hollerbach, Außenansicht der Süd-Ost-Seite

Standort	74722 Buchen- Hollerbach
Baujahr	2012
Bruttogrundfläche	341 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	230 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	937 m ³
Hüllenflächenfaktor A/V	0,7 m ⁻¹
Breitengrad	49,30° N
Längengrad	9,16° O
Höhenlage	351 m über NN
Mittlere Jahrestemperatur	8,8 °C
Mittlere Wintertemperatur (Oktober –April)	3,8 °C
TRY – Klimazone / Referenzstation	TRY 6, Bad Marienberg

3.2 Architektur

Das Wohnhaus verfügt über eine moderne Architektur, die sich in die Umgebung integriert und ist als Flachdachgebäude in massiver Stahl-Beton-Bauweise ausgeführt. Durch den Vorteil der

Gebüdesteckbrief

unverbaubaren Hanglage bestrahlt die Sonne ganztägig das Gebäude und somit kann die Sonneneinstrahlung optimal als passive Energiequelle genutzt werden. Alle großen Glasflächen sind nach Süden ausgerichtet.

Im Untergeschoß sind eine Einliegerwohnung und ein Arbeitsbereich sowie ein Haustechnikraum angeordnet. Über einen großzügigen Treppenraum gelangt man ins Erdgeschoss, in dem sich die Wohnung der Bauherrenfamilie befindet. Diese verfügt an der Südseite über einen geräumigen Wohn-Essbereich. Daran anschließend befindet sich ein Badezimmer und ein Schlafzimmer mit Ankleide.

3.2.1 Grundriss Untergeschoss

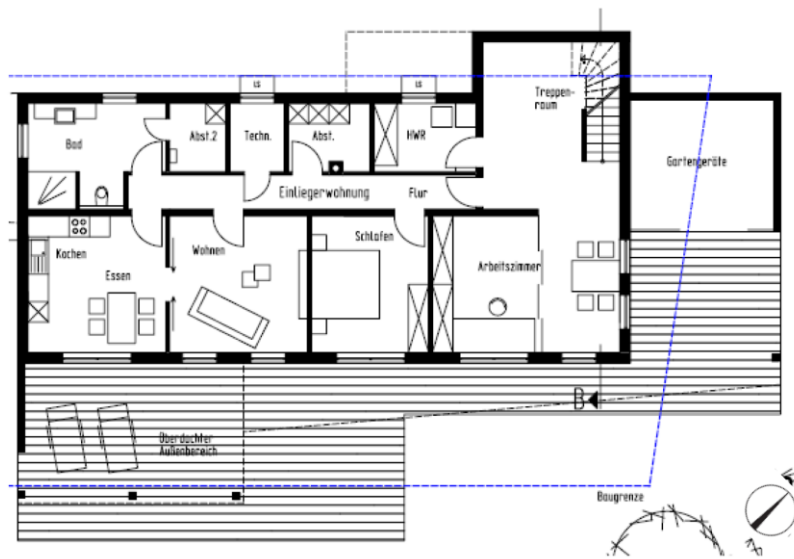


Abbildung 2: Grundriss Untergeschoss (Quelle: Architekturbüro N. Hoffmann)

3.2.2 Grundriss Erdgeschoss

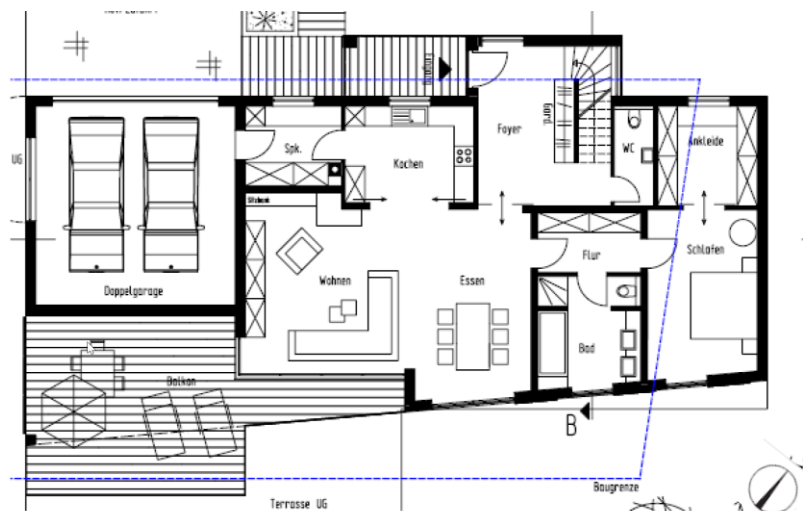


Abbildung 3: Grundriss Erdgeschoss (Quelle: Architekturbüro N. Hoffmann)

3.3 Wärmeschutz

Die massiven Außenwände wurden mit einem Hochlochziegel in einer Wandstärke von 24 cm ausgeführt und außenseitig mit einem Wärmedämmverbundsystem versehen. Die Wandkonstruktion erreicht einen U-Wert von 0,15 W/(m²K). Die Innenwände werden ebenfalls aus Ziegelmauerwerk errichtet.

Die Fenster wurden als Kunststofffenster mit dreifacher Wärmeschutzverglasung und einem U-Wert von 1,0 [W/(m²K)] eingebaut.

Die Geschoßdecken wurden in Stahlbeton hergestellt.

Die als Flachdach ausgebildete oberste Geschossdecke wurde mit einer Gefälledämmung und einer Kunststoffdichtbahn versehen. Der U-Wert des Daches beträgt 0,11 [W/(m²K)].

Die Soleplatte erhielt auf der Betondecke eine 120 mm dicke Dämmebene, auf der der Estrich und der Bodenbelag aufgebracht wurden. Der U-Wert der Konstruktion beträgt 0,27 [W/(m²K)].

3.3.1 Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle und ihr U-Wert

Bauteil	Aufbau / Material	Dicke [mm]	U-Wert [W/(m ² K)]
Außenwand (von innen nach außen)	Gipsputz	10	0,15
	Hochlochziegel	240	
	EPS Wärmedämmung WLG 035	200	
	Kunstharzputz	20	
Fenster	Fensterrahmen mit Dreifachverglasung (g=0,55)	-	1,0
Dach (von oben nach unten)	EPS Wärmedämmung WLG 035	300	0,11
	Dampfsperre	-	
	Beton	220	
	Gipsputz	15	
Sohle gegen Erdreich (von oben nach unten)	Fußbodenbelag	10	0,27
	Zement-Estrich	40	
	EPS Trittschalldämmung WLG 035	40	
	EPS Wärmedämmung WLG 035	80	
	Stahlbetondecke	180	

3.4 Anlagentechnik

Die Beheizung des Gebäudes übernimmt eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdkollektor und einer Leistung von 9,97 kW, die gleichzeitig einen Warmwasserspeicher (390 l) für das Trinkwarmwasser speist. Die Verteilung der Wärme im Haus erfolgt durch ein Niedertemperatur- Flächenheizsystem im Fußbodenaufbau.

Die Belüftung des Hauses stellt eine kontrollierte Wohnraumlüftungsanlage mit Erdwärmetauscher und Wärmerückgewinnung sicher.

Auf dem Flachdach des Gebäudes ist eine 103,53 m² große Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 12,37 kWp zur Erzeugung von Strom installiert.

Mit neuesten Web-Technologien werden Onlinedaten der Sensoren und Aktoren innerhalb des Gebäudenetzwerkes nahezu in Echtzeit auf webbasierten Bedienpanels, Smartphones oder herkömmlichen Desktop-PCs übertragen und dargestellt. Durch das Verwenden von standardisierten

Schnittstellen und Diensten kann der Zugriff auf Energiedaten oder das Versenden von Alarmmeldungen weltweit und ortsunabhängig erfolgen.

Für die Darstellung, Bedienung, Optimierung sowie das Bearbeiten eingehender Alarmer wird das Gebäude-Management-System WEBfactory i4 eingesetzt, das aufgrund seiner webbasierten und skalierbaren Architektur für alle Gewerke wie z.B. Heizung, Lüftung, Sicherheitstechnik und Energiemanagement standardisierte Module und Schnittstellen zur Verfügung stellt. Mit dem WEBfactory i4 Dataware House können Daten über mehrere Jahre hinweg aufgezeichnet, ausgewertet und über einen gesicherten Internetzugang autorisierten Personen online zur Verfügung gestellt werden.

3.5 Energiebedarf und Energiedeckung

Der Nutz- und Endenergiebedarf pro Jahr ist in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben. Die Berechnungen nach DIN V 18599 ergeben einen Nutzenergiebedarf von 6.343 kWh/a für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung, sowie einen Endenergiebedarf (inkl. Hilfsenergie) von 11.783 kWh/a. Der Hilfsenergiebedarf für Pumpen und Regelung des Heizungs-, Warmwasser-, und Lüftungssystems beträgt 2.934 kWh/a. Der Strombedarf für „Beleuchtung + Haushaltsgeräte“ setzt sich zusammen aus 2.500 kWh/a und ca. $105,40 \text{ m}^2 \cdot 20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ für die Einliegerwohnung.

Name	Heizung	Kälte	Trinkwarmwasser	Lüftung	Beleuchtung + Haushaltsgeräte
Nutzenergie $Q_{x,b}$ [kWh/a]	3.530	0	2.813		
Wärmeabgabe der Erzeugung $Q_{x,outg}$ [kWh/a]	5.252	0	1.316	811	
Endenergie $Q_{x,e}$ [kWh/a]	1.192	0	3.049	0	
Hilfsenergie $Q_{x,aux}$ [kWh/a]	1.197	0	926	811	
Strombedarf [kWh/a]	2.389	0	3.975	811	4.608
	Gesamt 11.783 kWh/a				

Der prognostizierte Stromertrag mit der auf dem Flachdach installierten PV-Anlage beträgt 13.246 kWh/a. Damit liegt ein berechneter Stromüberschuss von 1.463 kWh/a vor.

3.6 Bewertung der Effizienz aus Berechnung nach DIN V 18599

Die Berechnung wurde mit dem BKI Energieplaner Version 11.0.12 und folgenden Einstellungen durchgeführt:

- Als Berechnungsmodus wurde „Energieausweis und EnEV-Nachweis nach EnEV §16 Abs. 1 (Neubau, Umbau)“ gewählt
- Als Klimaregion wurde „Referenzklima“ eingestellt
- Berechnungsvorschrift ist „EnEV 2009 mit DIN V 18599“

In den nachfolgenden Tabellen werden sowohl die Parameter für die Berechnung als auch die Berechnungsergebnisse dargestellt.

3.6.1 Bauphysik Gesamtgebäude

thermisch konditioniertes Volumen V_e	937 m ³
Nettogrundfläche A_N	300 m ²
Verhältnis A/V_e	0,70 1/m
Luftvolumen V	712 m ³
Fläche Gebäudehülle A	660,2 m ²
Fläche Außenwände A_{AW}	157,3 m ²
Fläche Außentüren $A_{Tür}$	0,0 m ²
Fläche Fenster A_F	55,2 m ²
Fensteranteil $A_W/(A_{AW} + A_W)$	25,99 %

3.6.2 Primärenergie

Primärenergiebedarf gesamt Q_p	18655 kWh/a
Primärenergiebedarf Heizung $Q_{h,p}$	6211 kWh/a
Primärenergiebedarf Kälte $Q_{c,p}$	0 kWh/a
Primärenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,p}$	10335 kWh/a
Primärenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) $Q_{v,p,aux}$	2109 kWh/a
Primärenergieanteil regenerativer Strom EnEV §5	0 kWh/a

3.6.3 Endenergie inklusive Hilfsenergie

Endenergiebedarf gesamt Q_e	7175 kWh/a
Endenergiebedarf Heizung $Q_{h,e}$	2389 kWh/a
Endenergiebedarf Kälte $Q_{c,e}$	0 kWh/a
Endenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,e}$	3975 kWh/a
Endenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) $Q_{v,e,aux}$	811 kWh/a

3.6.4 Endenergie nach Bedarfsdeckung

Wärmeerzeugung Raumwärme $Q_{h,f}$	1192 kWh/a
Wärmeerzeugung RLT-Heizfunktion $Q_{h^*,f}$	0 kWh/a
Warmwasserbereitung $Q_{w,f}$	3049 kWh/a
Hilfsenergie Lufttransport $Q_{v,f}$	811 kWh/a
Endenergieanteil regenerativer Strom EnEV §5	0 kWh/a

3.6.5 Hilfsenergie

Hilfsenergiebedarf gesamt $Q_{f,aux}$	2935 kWh/a
Hilfsenergiebedarf Heizung $Q_{h,aux}$	1197 kWh/a
Hilfsenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,aux}$	926 kWh/a
Hilfsenergiebedarf Lüftung $Q_{v,aux}$	811 kWh/a

3.6.6 Nutzenergie

Nutzenergiebedarf Summe Bedarf Q_b	6342 kWh/a
Nutzenergiebedarf Heizung $Q_{h,b} + Q_{rv,b}$	3530 kWh/a
Nutzenergiebedarf Kälte $Q_{c,b}$	0 kWh/a
Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,b}$	2813 kWh/a

3.6.7 Wärmebilanz Heizung

spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T' :	0,233 W/(m ² K)
spezifischer Heizwärmebedarf q_h	12 kWh/m ² a
Transmissionswärmeverluste Q_t	12904 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_v	4244 kWh/a
solare Wärmegewinne Q_s	5173 kWh/a
interne Wärmegewinne Q_i	8432 kWh/a

3.6.8 Primärenergiebedarf „Gesamtenergieeffizienz“

Primärenergiebedarf "Gesamtenergieeffizienz"

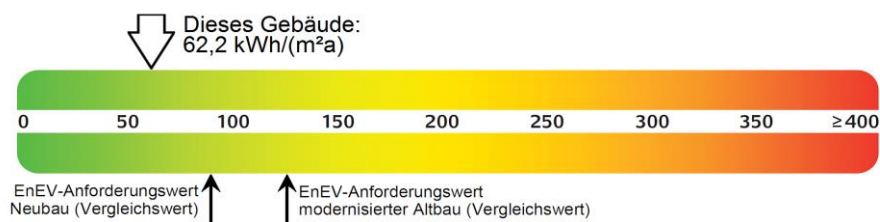


Abbildung 4: Primärenergiebedarf "Gesamtenergieeffizienz" (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler)

3.6.9 Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf

Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf

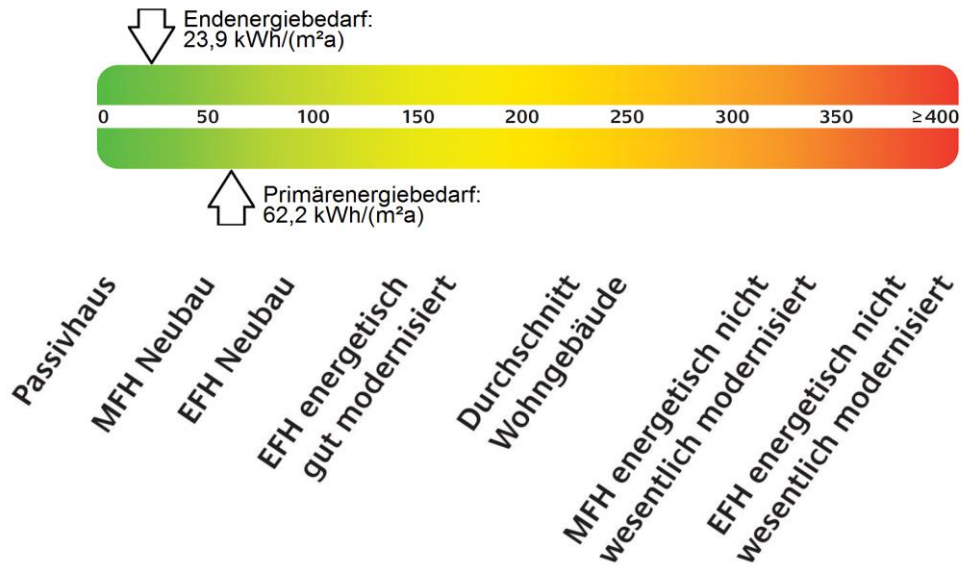


Abbildung 5: Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler)

4 Monitoring

4.1 Messkonzept

4.1.1 Hydraulik

In der nachfolgenden Grafik ist das Hydraulikschema der kompletten Anlage dargestellt. Die blaue Linie zeigt die Bodensonde für die Solewärmepumpe, die roten Linien zeigen die Fußbodenheizung und Warmwasserversorgung. Gelbe Stränge symbolisieren den elektrischen Bereich inkl. PV-Stromerzeugung, ocker- und türkisfarbene Stränge die Verteilung der Luft über die Luftkanäle. Neben der Wärmepumpe als zentrales Element für Heizung und Warmwasser gibt es noch die Lüftungsanlage mit Erdabsorber und Wärmetauscher.

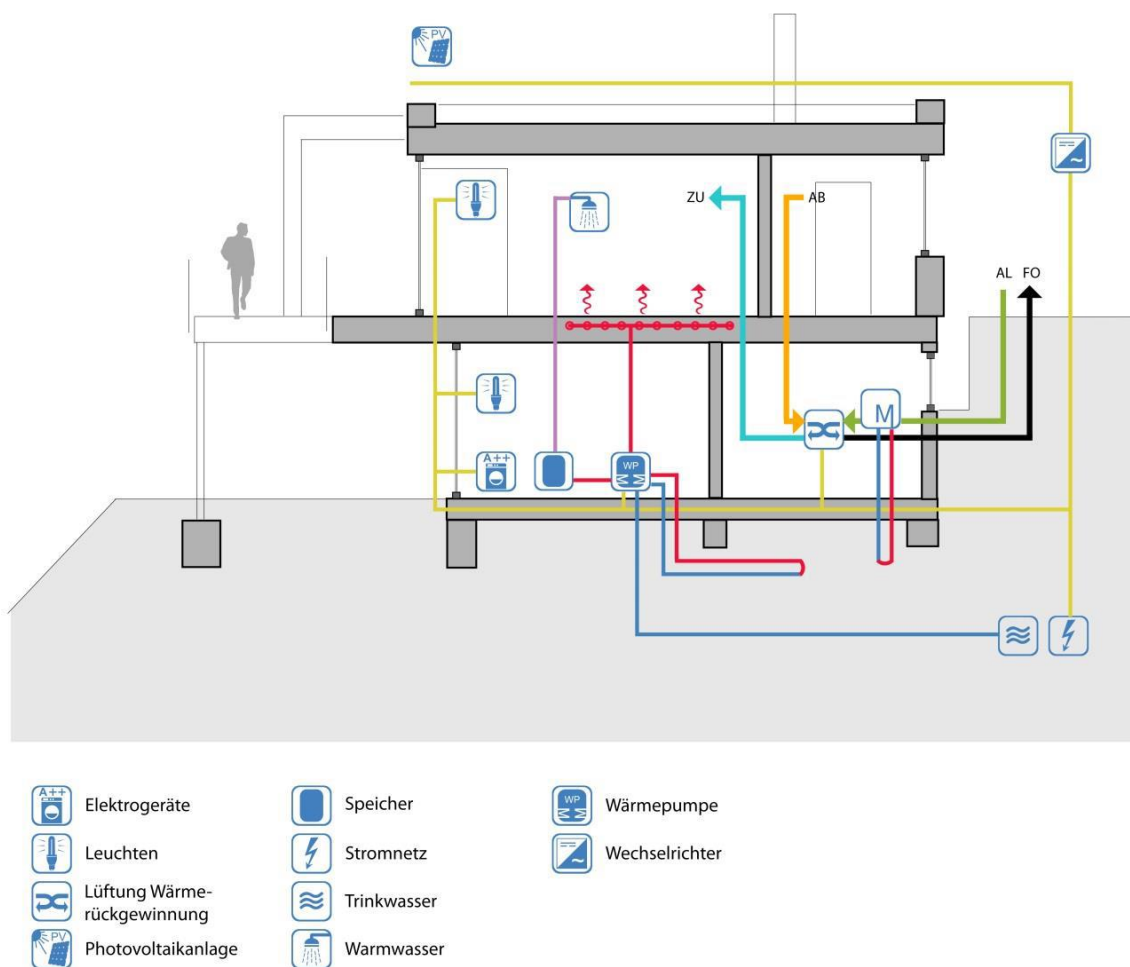


Abbildung 6: Konzept der Haustechnik (Quelle: Fraunhofer IBP)

Mit vier Wärmemengenzählern der Fa. Molliné werden die Energieströme der Fußbodenheizung, des Warmwasserspeichers, des Kaltwasserzulaufs und der Zirkulation gemessen.

Bezeichnung Messstelle	Kurzbezeichnung	Messung	Hersteller
Fußbodenheizung	Q_FBH	kWh	MOLLINÉ Hydrometer Typ 775
Kaltwasserzulauf	Q_KW	kWh	MOLLINÉ Hydrometer Typ 775
Warmwasserspeicher	Q_WWS	kWh	MOLLINÉ Hydrometer Typ 775
Zirkulation	Q_Z	kWh	MOLLINÉ Hydrometer Typ 775

Anlagen-Diagramm Heizung

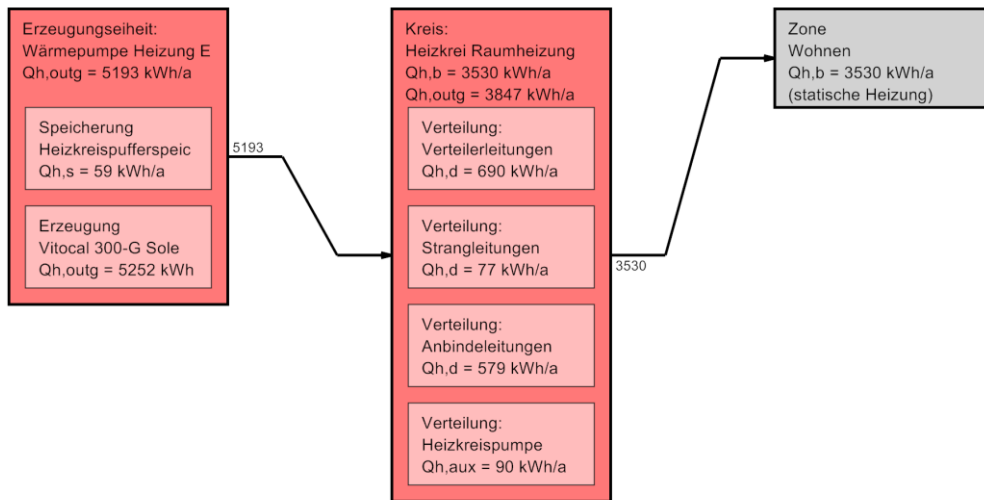


Abbildung 7: Anlagendiagramm Heizung (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler)

Anlagen-Diagramm Lüftung

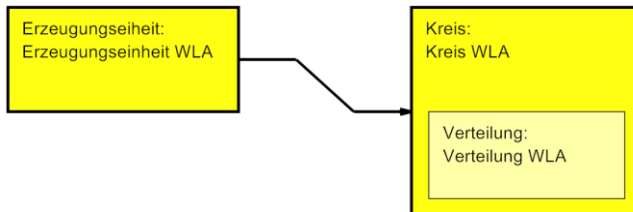


Abbildung 8: Anlagendiagramm Lüftung (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler)

Anlagen-Diagramm Trinkwassererwärmung

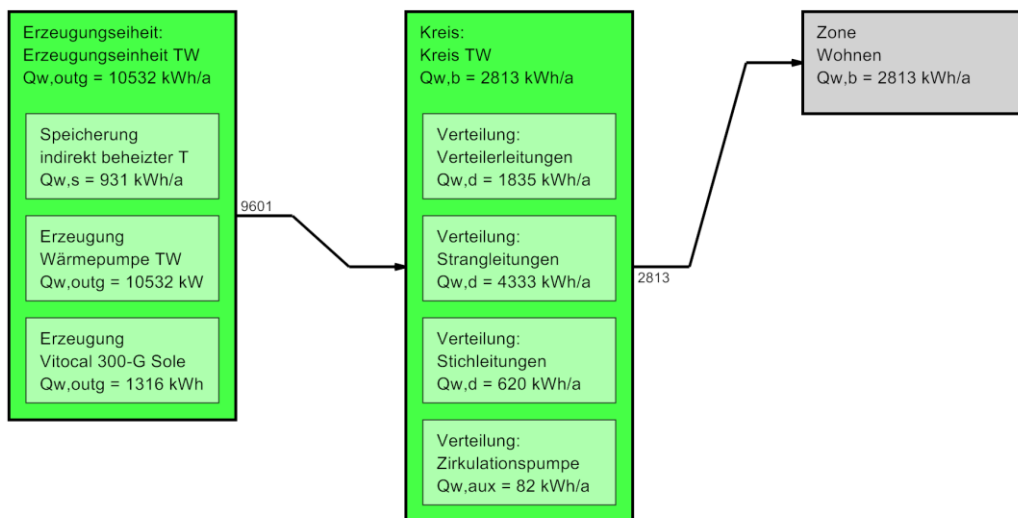


Abbildung 9: Anlagendiagramm Trinkwassererwärmung (Quelle: Prof. Dipl. Arch. Hans Drexler)

4.1.2 Elektrische Ausrüstung

Die von der PV-Anlage erzeugte elektrische Energie wird zunächst selbst genutzt. Durch eine intelligente Verschaltung der Verbraucher wird immer versucht, den Eigenverbrauch zu maximieren und die wichtigsten Verbraucher nur dann einzuschalten, wenn ein Energieüberschuss durch die PV-Anlage erzeugt wird.

Ganz im Sinne von „Smart Home“ wurden klassische, elektrische Komponenten nur für solche Funktionen installiert, wo sie nicht über Smart Home Komponenten abgebildet werden konnten. Die Kommunikation der Mess- und Steuerungstechnik untereinander erfolgt ausschließlich über TCP/IP.

Zur detaillierten und kontinuierlichen Erfassung der Energieverbräuche wurde für nahezu jeden Verbraucher ein Energiezähler installiert und dieser über TCP/IP an die Gebäudeleittechnik zur Speicherung von 15-Minutenwerten angeschlossen. Der Verbrauchswert jeder einzelnen Lampe wurde anfänglich manuell gemessen. Dieser Messwert wurde dann verwendet, um über die tatsächliche Einschaltdauer den Energieverbrauch zu errechnen und zu erfassen.

In der nachfolgenden Grafik ist die komplette messtechnische Installation mit allen Gateways und Messwandlern dargestellt.

Übersicht Gebäudeautomatisierung

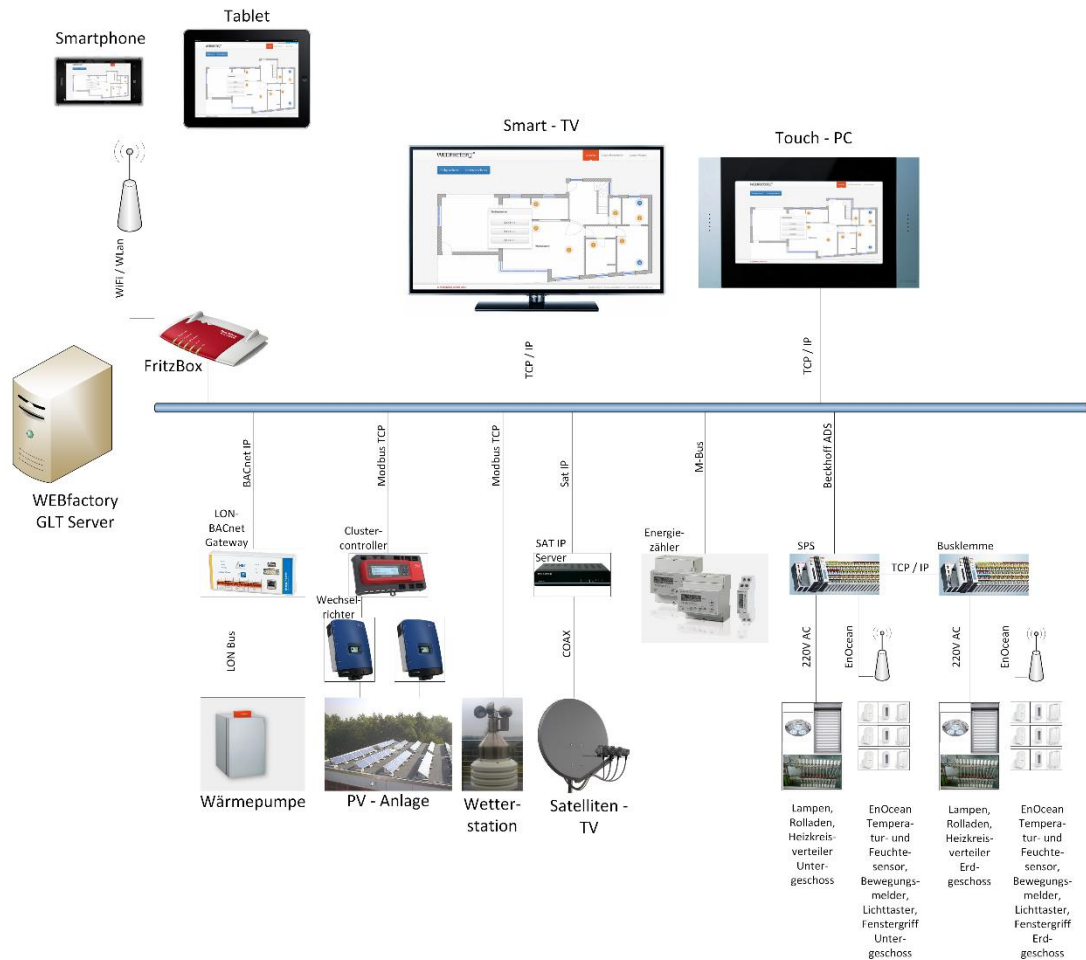


Abbildung 10: Übersicht Gebäudeautomatisierung

Über 4-Quadrantenzähler, die zusätzlich zu den Abrechnungszählern des Energieversorgers installiert wurden, wird der Strombezug aus dem öffentlichen Stromnetz sowie die Stromerzeugung und die Einspeisung ins öffentliche Netz gemessen.

4.2 Verwendete Messtechnik

Die vier verwendeten Wärmemengenzähler sind von der Firma MOLLINÉ Typ Hydrometer 775 mit jeweils zwei Ultraschallsensoren.

Monitoring

Die Geräte sind über eine M-Bus Schnittstelle an die GLT angeschlossen und liefern folgende Messwerte:

Messgröße	Einheit
Energie	kWh
Volumen	l
Leistung	W
Durchflussmenge	l/h
Vorlauftemperatur	°C
Rücklauftemperatur	°C
Temperaturdifferenz	K

Zur Messung der elektrischen Energie sind ein- und dreiphasige Wirkstrom-Energiezähler installiert. Für die Messung des Bezugs bzw. der Einspeisung wird ein 4-Quadrantenzähler der Fa. MBS verwendet.

Die Erfassung des Wasserverbrauchs erfolgt über den städtischen Wasserzähler und einem Aufsatz mit M-Bus Schnittstelle.

Die PV-Anlage liefert den Solarstrom über zwei Wechselrichter der Fa. SMA, die an einen SMA Clustercontroller angeschlossen sind. Dieser wiederum hat eine Modbus-Schnittstelle, von der die Daten ausgelesen werden.

In nahezu allen Räumen sind EnOcean - Funksensoren installiert, die sowohl Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit bei Änderung an die Zentrale senden.

Messstelle	Hersteller	Messgröße	Einheit
Haus Gesamt	MBS	Energie	kWh
Beleuchtung	Beckhoff	Energie	kWh
Wärmepumpe	MBS	Energie	kWh
Zirkulationspumpe	DHZ	Energie	kWh
Lüftung	AVM	Energie	kWh
Waschmaschine	DHZ	Energie	kWh
Trockner	DHZ	Energie	kWh
Kochfeld	DHZ	Energie	kWh
Backofen	DHZ	Energie	kWh
Kaffeevollautomat	DHZ	Energie	kWh
Spülmaschine	DHZ	Energie	kWh
Kühlgeräte	DHZ	Energie	kWh
Haushaltstrom (Rest)	DHZ	Energie	kWh
Haus Gesamt	Elster	Wasser	l
PV-Anlage	SMA	Energie	kWh
Wetterstation	Rheinhardt	Außentemperatur	°C
Wetterstation	Rheinhardt	Luftdruck	hPa
Wetterstation	Rheinhardt	Luftfeuchte	%
Wetterstation	Rheinhardt	Windrichtung	Grad (°)
Wetterstation	Rheinhardt	Windgeschwindigkeit	Km/h
Wetterstation	Rheinhardt	Horizontalstrahlung	W/m ²
Wetterstation	Rheinhardt	Vertikalstrahlung	W/m ²
Wohnbereich	Telefunken EnOcean	Temperatur	°C
Wohnbereich	Telefunken EnOcean	Luftfeuchtigkeit	%

4.3 Dokumentation

Der GLT Server liest alle Messwerte online im 5 Sekundentakt ein und macht daraus 15-Minuten-Mittelwerte. Diese wiederum werden in der GLT Datenbank gespeichert und können als grafische Liniengänge auf den verschiedenen Anzeigegeräten wie Smart Phone, Tablet, Smart TV und Desktop-PC dargestellt werden.

Für die Weiterverarbeitung und Auswertung können die Werte sowohl als EXCEL als auch als CSV-Datei exportiert werden.

5 Meteorologische Randbedingungen

5.1 Solarstrahlung

Auf dem Dach des Hauses befindet sich eine Wetterstation der Fa. Reinhardt System- und Messelectronic GmbH Typ GSS485 zur Erfassung der meteorologischen Daten. Die Vertikal- und Horizontalstrahlung wird jeweils über Pyranometer gemessen, die Außenlufttemperatur, der Luftdruck und die relative Außenluftfeuchte werden über einen Kombisensor erfasst.

5.2 Klimabereinigung

Der Deutsche Wetterdienst DWD stellt für alle Postleitzahlengebiete die Klimafaktoren bereit. Für den Messzeitraum 09/2014 – 08/2015 ist der Klimafaktor 1,07 und für den Messzeitraum 09/2015 – 08/2016 ist der Klimafaktor 1,06 am Standort Buchen - Hollerbach.

Daraus ist ersichtlich, dass während des Messzeitraums die Temperaturen am Standort um ca. 6% bzw. 7% höher als im langjährigen Mittel waren.

6 Messergebnisse

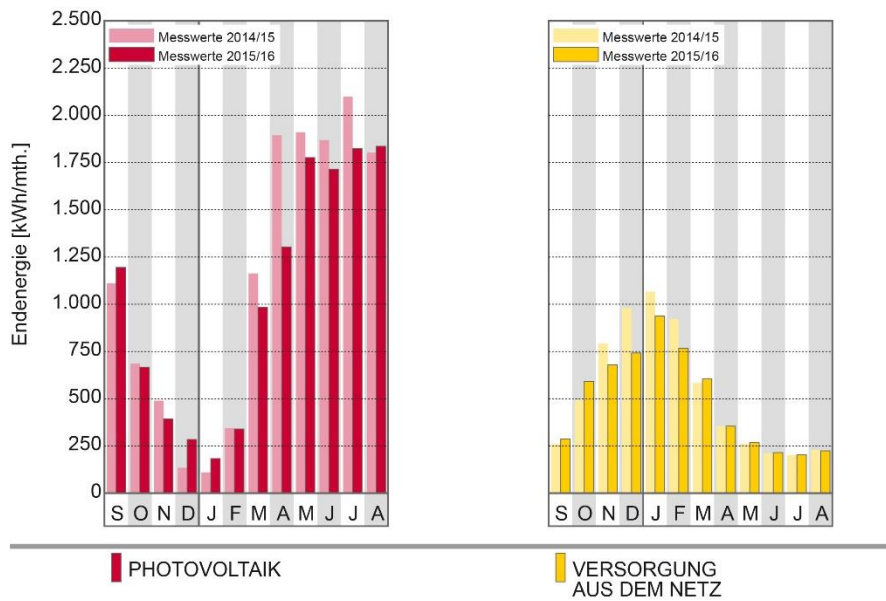
6.1 Energieverbrauch

Nach einer mehrwöchigen Installations- und Abgleichphase wurden die Zählerstände ab September 2014 automatisch mit einer Auflösung von 15 Minuten erfasst.

In der nachfolgenden Abbildung ist dargestellt, wie sich die Energieerzeugung mit der PV-Anlage, die Versorgung aus dem Netz, der Energiebezug und die Rückspeisung in das öffentliche Netz über den gesamten Zeitraum des Monitorings verhalten.

Erwartungsgemäß ist während der Heizperiode der Bezug aus dem öffentlichen Netz am höchsten. Es gilt als sicher, dass dieser durch optimierte Steuerung der Sole-Wärmepumpe erheblich reduziert werden kann.

ENERGIEQUELLE



ENERGIENUTZUNG

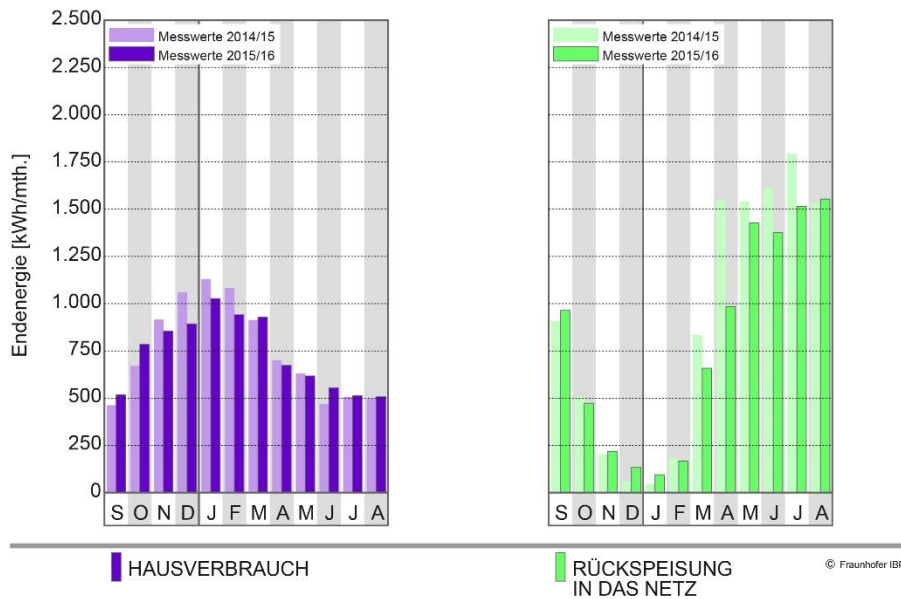


Abbildung 11: Energiequelle und Energienutzung (Quelle Fraunhofer IBP)

6.1.1 Endenergieverbrauch für Hausbetrieb

Der Endenergieverbrauch für den Hausbetrieb wurde in folgende Kategorien gegliedert:

- Heizung und Trinkwarmwasser
- Beleuchtung
- Hilfsenergie und Anlagentechnik
- Elektrogeräte
- Sonstige

In Abbildung 12 werden die Monatssummen der einzelnen Kategorien über den gesamten Zeitraum des Monitorings dargestellt.

MONATLICHER ENDEENERGIEVERBRAUCH

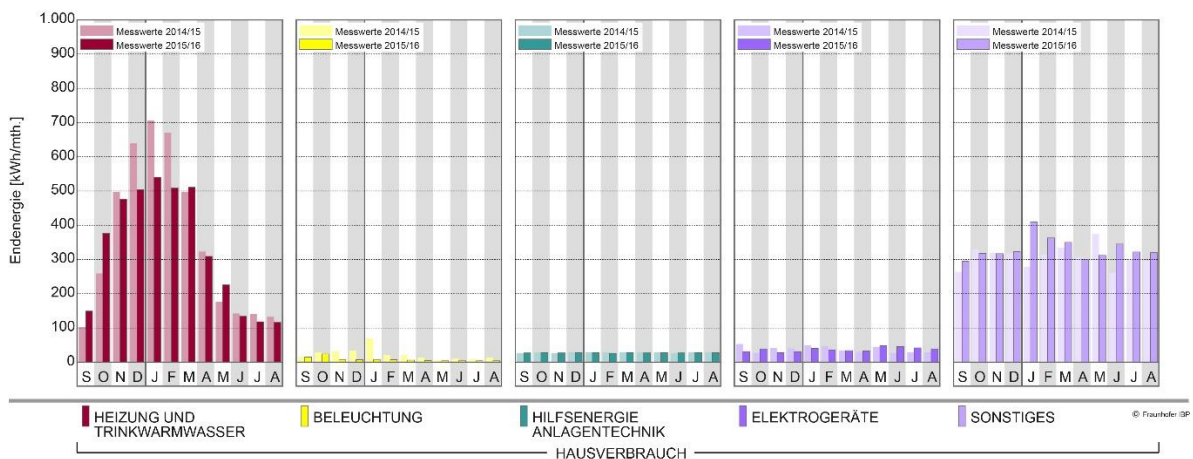


Abbildung 12: Monatlicher Endenergieverbrauch für Hausverbrauch (Quelle: Fraunhofer IBP)

6.1.2 Energieverbrauch für projektspezifischen Anteil

Der projektspezifische Anteil am Energieverbrauch reduziert sich auf den Verbrauch der Energiezähler und Messfühler. Die Wärmemengenzähler MOLLINÈ Typ 775 haben zusammen einen Leistungsverbrauch von 0,60 W. Die Verlustleistungen bei den Stromzählern betragen max. 2,4 W beim Drehstromzähler und 0,4 W beim einphasigen Modell. Die Stromzähler sind nur während des Zählbetriebs verlustbehaftet. Die Messtechnik, bestehend aus Temperatur- und Feuchtesensoren arbeitet völlig ohne Energie auf Basis der Funktechnologie EnOcean.

Die Leistungsaufnahme aller Geräte ist in der Regel als Maximalwert zu verstehen. Weitere Stromzähler sind als Abrechnungszähler oder als Teile der PV-Anlage eingesetzt und somit nicht projektspezifisch. Ebenso verhält es sich mit dem TCP-IP-Netzwerk, das unabhängig vom Projekt installiert ist.

Berechnet man den Energieverbrauch der projektspezifischen Messtechnik, so erhält man einen Maximalwert von 8,7 kWh pro Monat bzw. 318 kWh/a. Dieser Stromverbrauch ist den jeweiligen Stromzweigen zuzurechnen und wird, da es sich um einen theoretischen Maximalwert handelt, nicht separat dargestellt.

6.1.3 Energieverbrauch für Elektromobilität

Elektromobilität ist in dem Effizienzhaus Plus in Buchen-Hollerbach nicht umgesetzt.

6.1.4 Gegenüberstellung von Energiegewinnung und Energieverbrauch

Die Gegenüberstellung von Energieverbrauch und Energiegewinnung zeigt auch bei den aufgezeichneten Werten einen Überschuss an Energie. Deutlich zu erkennen ist, dass während der Heizungsperiode der monatliche Energiebedarf höher ist als die mit der PV-Anlage erzeugte Energie.

KUMULIERTE ENDENERGIE

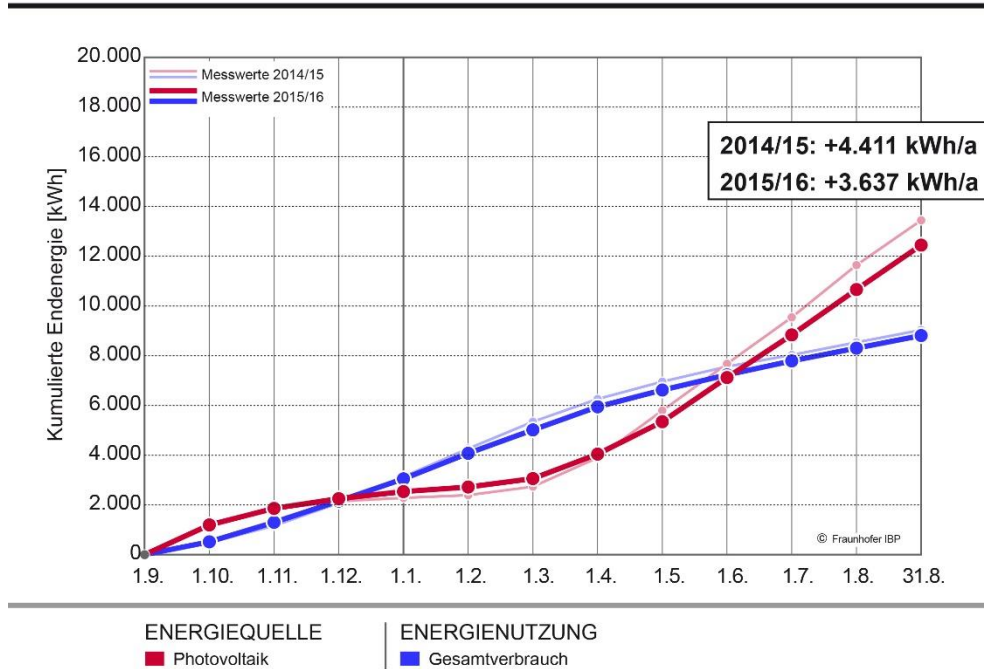


Abbildung 13: Monatlich kumulierte Endenergie (Quelle: Fraunhofer IBP)

6.2 Eigenstromnutzung

Die Eigenstromnutzung erfolgt aus dem direkt erzeugten Strom. Ein Beispiel für die direkte Nutzung ist der Wärmepumpenbetrieb zur Heizung und zur Brauchwassererwärmung, die nur tagsüber erfolgt, da zu diesem Zeitpunkt die von der PV-Anlage abgegebene Energie in der Regel höher als der Grundverbrauch ist.

PHOTOVOLTAIK

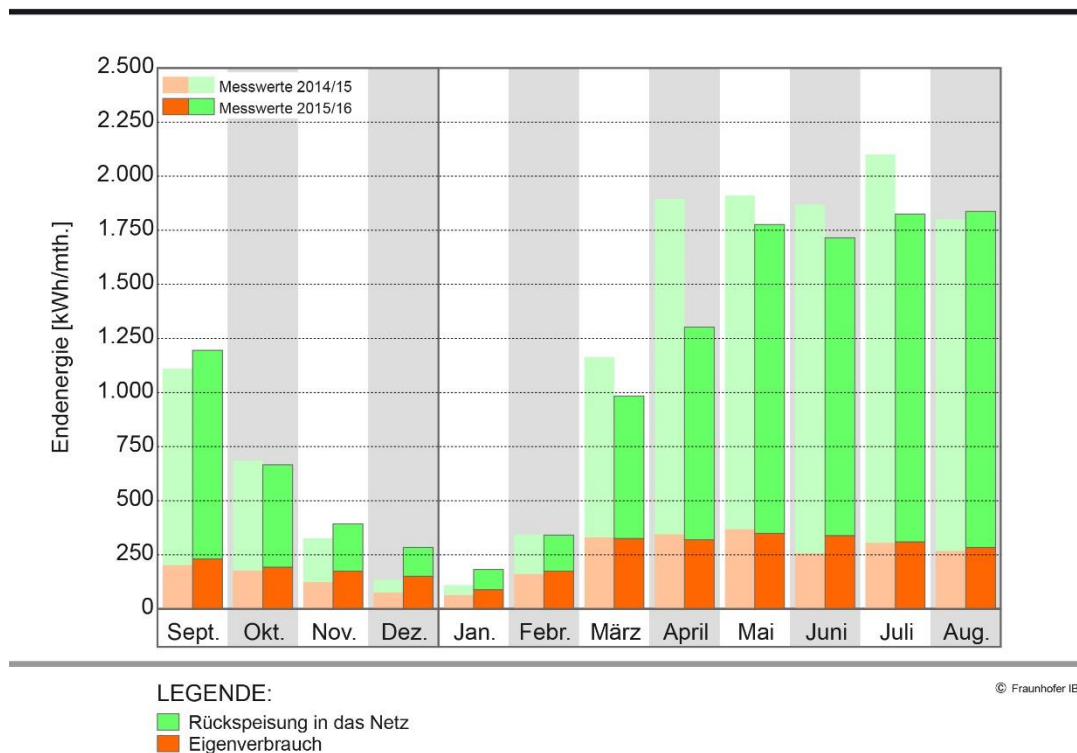


Abbildung 14: Gegenüberstellung Eigenverbrauch - Rückspeisung in das Netz (Quelle: Fraunhofer IBP)

6.3 Anlagenperformance

6.3.1 Wärmeerzeuger

Zur Wärmeerzeugung ist eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Elektro-Heizstab installiert, der bei nicht ausreichender Leistung der Wärmepumpe manuell oder automatisch zugeschaltet werden kann, um Wärme für Heizung und Trinkwarmwasser zu erzeugen. Trotz der leistungsschwächeren Wärmepumpe musste der Elektroheizstab im untersuchten Zeitraum kein einziges Mal zugeschaltet werden. Die Jahresarbeitszahl, die über die Steuerung der Wärmepumpe ermittelt und angezeigt wird, beträgt für die Heizung 4,8 und für das Warmwasser 3,5.

6.3.2 Lüftungsanlage

In dem Zu- und Abluftsystem des Gebäudes ist das Wärmerückgewinnungsgerät ComfoAir 350 L Luxe der Firma Zehnder eingesetzt. Es besitzt einen Hochleistungs-Wärmetauscher mit drei Lüfterstufen, die einen Volumenstrom von 40 bis 350 m³ erzeugen können. Die Außenluft wird über einen ca. 30 m langen Erdrohrwärmetauscher vortemperiert. Die Anlage verfügt über einen Bypass, der im Sommerbetrieb automatisch den Wärmetauscher umgeht und dafür sorgt, dass die kühlere Luft aus dem Erdkanal direkt an die Zuluftöffnungen gelangt.

Die Lüftungsanlage wird während der Heizungsperiode nur tagsüber auf Stufe 2 betrieben, während den Nachtstunden ist sie ausgeschaltet. Die restliche Jahreszeit läuft die Lüftungsanlage im 24 Stunden Betrieb ebenfalls auf Stufe 2. Die Leistungsaufnahme beträgt in Stufe 2 44 W/h.

6.4 Innenraumtemperaturen

Die Innenraumtemperaturen wurden in vier Räumen erfasst:

- Wohnzimmer Erdgeschoss
- Schlafzimmer Erdgeschoss
- Flur / Treppenhaus
- Badezimmer Erdgeschoss

Die Luftfeuchtigkeit wurde in zwei Räumen erfasst:

- Wohnzimmer Erdgeschoss
- Badezimmer Erdgeschoss

Alle Räume wurden einer dieser drei Kategorien unterteilt zugeordnet:

- Räume mit normaler Temperatur z.B. Wohnen
- Räume mit erhöhter Temperatur (+ 2K) z.B. Badezimmer
- Räume mit abgesenkter Temperatur (- 2K) z.B. Schlafzimmer, Flur

Zusätzlich wurde noch eine übergeordnete Nachtabsenkung von 2K geschaltet, die die Normaltemperatur und damit nachgeschaltet auch die anderen beiden Kategorien während der Nachtstunden (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) abgesenkt hat.

Nicht zu vergessen ist, dass während der Nachtstunden die Wärmepumpe auf Standby-Betrieb geschaltet war und damit kein Heiz- und kein Warmwasserbetrieb stattfand. An dem Temperaturverlauf eines Monats bzw. eines Tages ist erkennbar, dass trotz Abschalten der Wärmepumpe und Nachtabsenkung die Temperatur nicht absinkt. Vielmehr schwankt die Temperatur nur in engen Grenzen und ist über den ganzen Tag nahezu konstant.

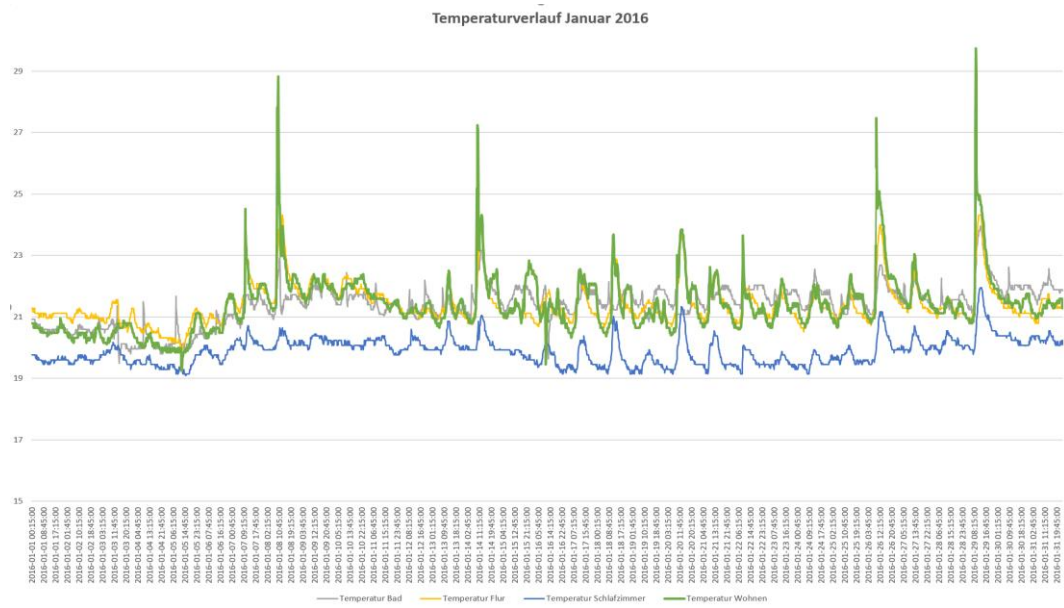


Abbildung 15: Innentemperaturen für den Monat Januar 2016

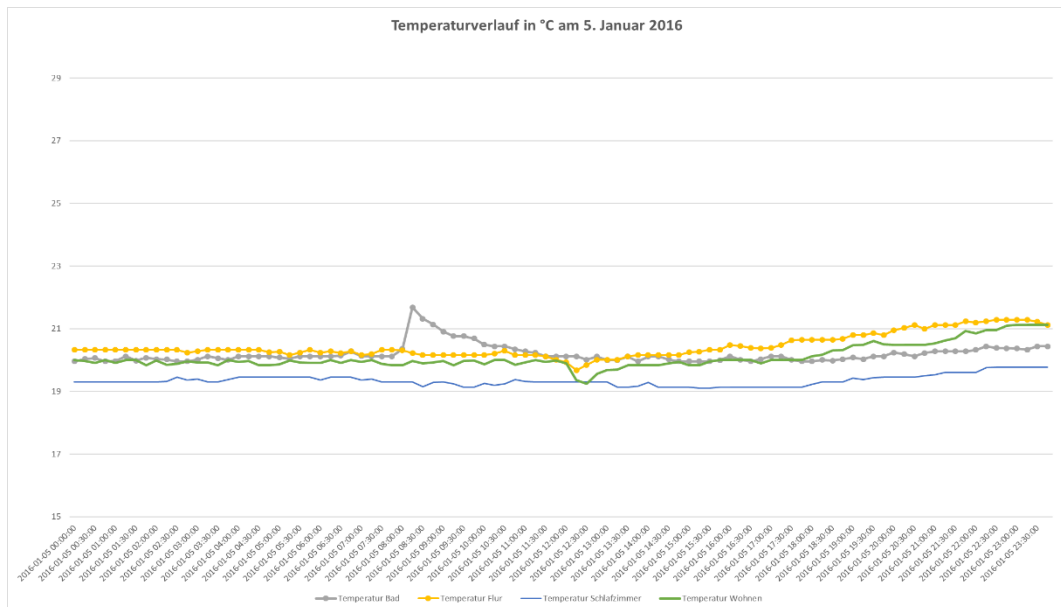


Abbildung 16: Innenraumtemperaturverlauf eines Tages (5. Januar 2016)

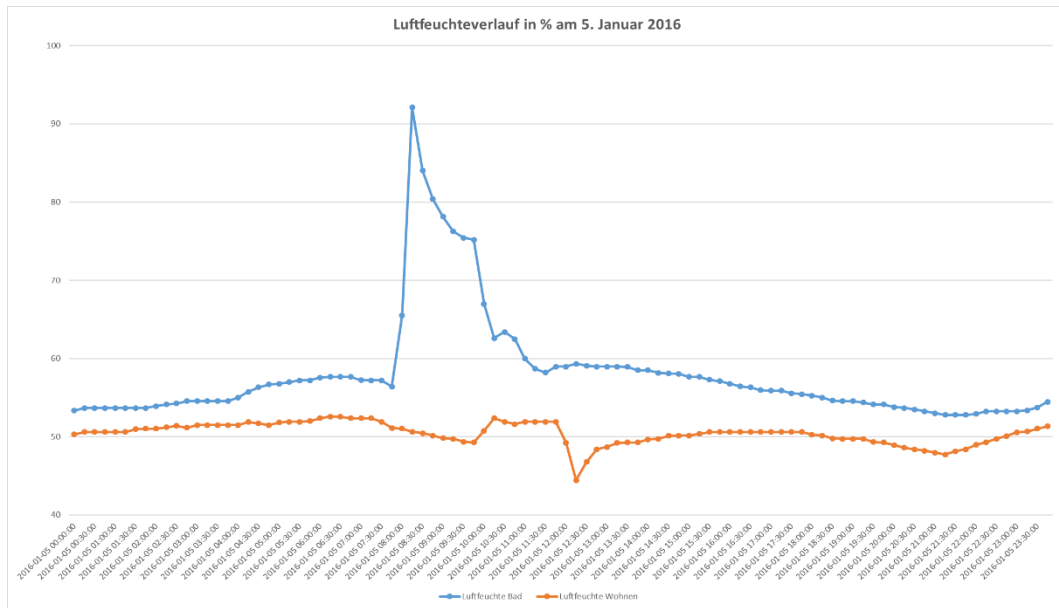


Abbildung 17: Luftfeuchteverlauf eines Tages (5. Januar 2016)

Die Abbildung 15 zeigt die Temperaturverläufe in den einzelnen Bereichen innerhalb des Hauses. Ausgehend von einer „Leittemperatur“ im Bereich Wohnen werden die Bereiche „Bad“ mit einem erhöhten Temperatursollwert und der Bereich „Schlafen“ mit einem niedrigen Temperatursollwert versehen. Dadurch kann das gesamte Temperaturniveau im Haus mit nur einem Temperatursollwert angepasst werden.

Abbildung 15 zeigt auch, dass die Innenraumtemperaturen insbesondere im Wohnbereich während der Heizperiode vereinzelt deutlich über den in der DIN 18599 angesetzten 20°C lagen.

7 Kosten / Wirtschaftlichkeit

7.1 Baukosten und laufende Kosten

Die in der nachfolgenden Tabelle gemachten Angaben über die Baukosten des Gebäudes sind mit dem Architekten und abgestimmt. Die Kostenaufstellung beinhaltet die tatsächlichen Baukosten.

Bauteil / Anlage		Tatsächliche Kosten inkl. Mwst.	
Dach	Abdichtung+Wärmedämmung Klempner	26.500,00 € 9.300,00 €	35.800,00 €
Wärmedämmverbundsystem			46.000,00 €
STB-Deckenplatte Flachdach			146.300,00 €
Außenwand			ohne Erdaushub inkl. Erdrohrregister
Wand gegen Erdreich			
Bodenplatte			
Wärmedämmung/Estrich			10.700,00 €
Fenster und Türen			48.000,00 €
Heizungsanlage	Wärmepumpe / Fußbodenheizung		26.800,00 €
Erdsondenbohrung			11.900,00 €
Lüftungsanlage			8.965,00 €
Photovoltaik			17.300,00 €
Beleuchtung			6.000,00 €
Energie- und Betriebskosten		Jahr 2015	
Gas			0,00 €
Strom			1.727,00 €
Wartung Heizung			0,00 €
Wartung Lüftungsanlage*			-112,00 €
Netzeinspeisevergütung			-2.358,00 €
Laufende Kosten pro Jahr			-743,00 €

*Austausch der Filtermatten

Die Mehrkosten in dem Projekt lassen sich wie folgt darstellen:

- Investitionsmehrkosten baulicher Wärmeschutz ca. 33.000,- €
- Investitionsmehrkosten Anlagentechnik ca. 12.000,- €
- Planungsmehrkosten ca. 2.000,- €

Die Minderkosten durch reduzierte Betriebsaufwendungen gegenüber dem Niveau EnEV 2009 (Referenzgebäude) liegen bei ca. 1.800 €/a.

Durch den Effizienzhaus Plus Standard ergeben sich Mehrkosten der Investition gegenüber einer Ausführung nach Mindeststandard EnEV 2009 von ca. 47.000 €. Demgegenüber stehen jährliche Minderkosten in Höhe von 1.800 €. Mit den angegebenen Mehr- und Minderkosten resultiert eine statistische Amortisationszeit von ca. 26 Jahren.

7.2 Kosten Geräte

Die installierten Geräte und deren Kosten sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet. Die Kosten der einzelnen Komponenten in der Küche konnten nicht differenziert angegeben werden, da sie im Gesamtpreis der Küche enthalten waren.

Gerät	Effizienzklasse	Kosten [€]
Herd	Induktionsherd	**
Backofen	A+	**

Kosten / Wirtschaftlichkeit

Dunstabzugshaube	-	**
Mikrowelle	-	**
Kaffeefullautomat	-	1800,00
Spülmaschine	-	**
Kühlschrank	A+++	**
Kühl-Gefrierkombination	A+++	**
Gefrierschrank	A++	Keine Kosten vorhanden
Waschmaschine	Keine Angaben auffindbar	Keine Kosten vorhanden
Wäschetrockner	Keine Angaben auffindbar	Keine Kosten vorhanden
Beleuchtung	Überwiegend LED	3775,00 (ohne Montage)

** Kosten der Küchengeräte waren im Angebot der Küche nicht einzeln aufgeschlüsselt

8 Bewertung

8.1 Nachweis Effizienzhaus Plus-Standard

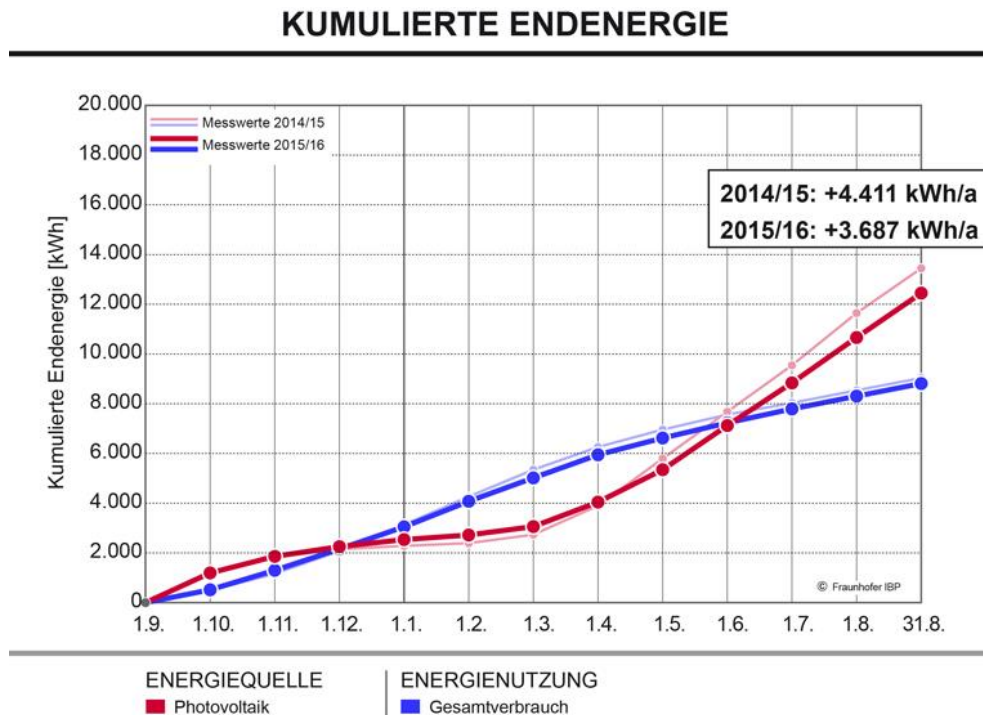


Abbildung 18: Kumulierte Endenergie (Energiequelle und Energienutzung) über den gesamten Monitoring-Zeitraum (Quelle: Fraunhofer IBP)

Der Gesamtstromertrag der Photovoltaikanlage beläuft sich für den Zeitraum 2014/2015 auf 13.446 kWh und für den Zeitraum 2015/2016 auf 12.499 kWh.

Der Strombedarf lag im Zeitraum 2014/2015 bei 9.035 kWh und im Jahr 2015/2016 bei 8.812 kWh nur sehr geringfügig höher.

Der Überschuss betrug im Jahr 2014/2015 4.411 kWh und im Jahr 2015/2016 nur 3.657 kWh. Der geringere Überschuss ist bedingt durch die geringere Stromerzeugung der PV-Anlage.

Die Abweichung zwischen dem berechneten Stromertrag der PV-Anlage in Höhe von 13.246 kWh/a und dem tatsächlichen Ertrag liegt zwischen 2% und 4%.

Der tatsächliche Bedarf liegt mit 9.090 kWh/a deutlich unter dem berechneten Bedarf in Höhe von 11.783 kWh/a. Die Abweichung ist hier -23%. Dies ist hauptsächlich auf die optimierte Schaltung der Wärmepumpe zurückzuführen.

Der Nachweis des Effizienzhaus Plus-Standards ist erfüllt

8.2 Verbesserungspotentiale

Es werden weiterhin Änderungen an der Betriebsführung der Wärmepumpe versuchsweise durchgeführt. Dabei soll das Gebäude selbst noch mehr als Energiespeicher genutzt werden. Unter Einbeziehung von Wetterprognosen wird mit einer adaptiven Sollwertregelung die Raumtemperatur erhöht oder auch abgesenkt.

Weiteres Verbesserungspotential liegt in der Erhöhung des Eigenverbrauchs. Hier werden Versuche durchgeführt, bei denen die größten Verbraucher mit intelligenten Algorithmen über die aktuell zur

Bewertung

Verfügung stehende Solarenergie gesteuert werden, ohne dass es dadurch zu Einschränkungen im Nutzerverhalten und im Komfort kommt.

9 Anhang

Übersicht über Bezug, Erzeugung und Verbrauch (Messperiode 1: September 2014 – August 2015)

MP1	Bezug		Photovoltaik		Heizung und TWW	Hilfsenergie	Beleuchtung	Nutzerstrom
	Netzbezug	PV-Ertrag	Einspeisung	Eigenverbrauch				
Monat	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep 14	259	1110	907	203	103	27	15	317
Okt 14	492	686	508	178	259	28	28	356
Nov 14	792	326	202	124	497	27	31	362
Dez 14	982	134	58	76	639	28	34	358
Jan 15	1066	110	46	64	706	28	69	327
Feb 15	921	343	183	161	670	25	21	365
Mrz 15	583	1163	833	330	497	28	20	368
Apr 15	355	1894	1549	345	323	28	14	336
Mai 15	261	1910	1541	369	176	28	7	419
Jun 15	210	1869	1611	258	142	27	12	287
Jul 16	201	2100	1794	306	141	28	9	328
Aug 15	229	1802	1533	268	132	28	13	325
Summe	6352	13446	10764	2682	4285	329	273	4147

Überschuss 4411

Übersicht über Bezug, Erzeugung und Verbrauch (Messperiode 2: September 2015 – August 2016)

MP2	Bezug		Photovoltaik		Heizung und TWW	Hilfsenergie	Beleuchtung	Nutzerstrom
	Netzbezug	PV-Ertrag	Einspeisung	Eigenverbrauch				
Monat	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep 15	286	1195	964	231	149	27	15	326
Okt 15	591	666	473	193	376	28	24	357
Nov 15	680	393	218	175	476	27	8	345
Dez 15	742	284	133	151	504	28	7	354
Jan 16	938	183	94	89	540	28	8	450
Feb 16	767	340	166	175	509	26	7	399
Mrz 16	604	984	658	326	511	28	6	384
Apr 16	355	1303	984	319	309	27	5	332
Mai 16	269	1776	1427	349	226	28	4	359
Jun 16	215	1715	1376	339	134	27	4	390
Jul 16	203	1825	1515	310	118	28	4	364
Aug 16	224	1836	1553	284	116	28	4	359
Summe	5873	12499	9560	2939	3968	329	95	4420

Überschuss 3687

Nutzerstrom (Messperiode 1: September 2014 – August 2015)

Nutzerstrom							
Kochfeld	Trockner	Waschmaschine	Backofen	Kaffeevollautomat	Spülmaschine	Steckdosen Küche	Sonstige Verbraucher
kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
3	8	12	5	9	16	1	263
2	6	-	5	13	-	1	329
8	9	19	6	11	17	8	284
8	6	-	8	12	-	7	318
10	11	12	8	13	13	7	253
10	14	26	7	10	17	6	275
6	12	15	2	11	15	5	303
5	6	10	3	12	18	4	278
11	13	21	5	13	20	4	333
5	8	18	2	9	12	3	230
5	6	11	2	11	15	4	274
5	6	12	2	10	15	5	269
79	105	156	54	132	158	54	3409
4147							

Nutzerstrom (Messperiode 2: September 2015 – August 2016)

Nutzerstrom							
Kochfeld	Trockner	Waschmaschine	Backofen	Kaffeevollautomat	Spülmaschine	Steckdosen Küche	Sonstige Verbraucher
kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
4	8	17	2	10	15	7	263
6	7	11	3	12	16	10	290
5	7	10	3	1	18	11	289
8	7	13	6	1	17	9	293
13	11	19	3	1	25	12	367
9	10	18	4	1	20	11	325
6	11	26	6	1	22	10	302
4	8	18	5	9	15	7	265
10	9	16	4	12	20	11	275
6	9	16	5	12	23	12	306
8	6	15	9	12	24	8	283
8	9	18	4	12	22	6	280
88	104	199	56	84	237	115	3538
4420							