

Endbericht der Modellvorhaben Effizienzhaus Plus Nr. 18

Wissenschaftliche Begleitung des Effizienzhaus Plus
der Firma HO Immobilien und Baukonzepte GmbH
Musterhausausstellung in Bremen

Forschungsprogramm

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

Messperiode

September 2012 bis August 2014

Aktenzeichen

SWD - 10.08.82-11.8

im Auftrag

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

bearbeitet von

Dr. Klaus-Dieter Clausnitzer

Max Fette

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
Abtlg. Energiesystemanalyse

**WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITUNG
DES „EFFIZIENZHAUS PLUS“
VON HO-IMMOBILIEN, BREMEN**

Endbericht nach 2 Betriebsjahren

Auftraggeber: HO Immobilien + Baukonzepte GmbH, Achim

September 2014

WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITUNG DES MODELLPROJEKTS „EFFIZIENZ- HAUS PLUS“ VON HO IMMOBILIEN, BREMEN

Endbericht nach 2 Betriebsjahren

Auftraggeber: HO Immobilien und Baukonzepte GmbH, Achim

Dr. Klaus-Dieter Clausnitzer, Max Fette

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
Abtlg. Energiesystemanalyse

Wiener Straße 12 | 28359 Bremen | Germany

Telefon + 49 421 2246-7021

Klaus-dieter.clausnitzer@ifam.fraunhofer.de

September 2014

Projektnummer: 214108

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	5
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	7
1 Zusammenfassung	8
2 Einleitung.....	18
2.1 Aufgaben.....	18
3 Das Gebäude.....	19
3.1 Der Wärmeschutz.....	20
3.2 Haustechnik	21
3.3 Photovoltaik.....	23
3.4 Berechneter Energiebedarf	24
4 Effizienzhaus-Plus-Standard	25
4.1 Berechnungen zum Erreichen des „Plus-Energie-Haus-Standards“	25
5 Messkonzept.....	28
5.1 Ziele.....	28
5.2 Aufgaben.....	28
6 Auswertung Messdaten	31
7 Elektromobilität.....	40
8 Kosten / Wirtschaftlichkeit	41
8.1 Zusätzliche Investitionen	41
8.2 Wirtschaftlichkeit	43
9 Kosten-Nutzen-Analyse eingesetzter besonders innovativer Technologien	45
1 0 Verbesserungsvorschläge	46
1 1 Literatur	48
Anlagen	49
Anlage 1	vorhandene / nicht vorhandene Messdaten
Anlage 2	Auswertung bisheriger Messdaten: Abschnitt A: Stromerzeugung, Einspeisung, Eigenverbrauch, Stromverbrauch, Bilanz Abschnitt B: Zusammensetzung Endenergieverbrauch Abschnitt C: Energieerzeugung und Energieverbrauch gemäß Datenlogging
Anlage 3	Gegenüberstellung der verschiedenen Zähler-Messergebnisse zu Stromverbrauch- und Stromproduktion

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Energiebilanz im ersten Betriebsjahr, nicht witterungsbereinigt.....	13
Abbildung 2	Energiebilanz im 2. Betriebsjahr, nicht witterungsbereinigt.....	15
Abbildung 3	Energiekosten im 2. Betriebsjahr	17
Abbildung 4	Ansicht von der Straße.....	19
Abbildung 5	Ansicht vom Garten.....	19
Abbildung 6	Grundrisse.....	20
Abbildung 7	PV-Kollektoren auf dem Dach des Hauses.....	23
Abbildung 8	PV-Erzeugung, -Einspeisung und -Selbstverbrauch	33
Abbildung 9	Stromverbrauch gesamt, -bezug und -Selbstverbrauch PV-Strom	35
Abbildung 10	Kabelstränge für die Gebäudeleittechnik.....	46

Tabellenverzeichnis

Daten zum Energiebedarf nach DIN V 4108-6 und 4701-10	24
Daten zum Energiebedarf nach DIN V 18599	24
Nachweis bzgl. „Plus-Energie-Haus-Standard“, Basis: Bedarf nach DIN V 4108-6 bzw. 4701-10	26
Nachweis bzgl. „Plus-Energie-Haus-Standard“, Basis: Bedarf nach DIN V 18599....	27
Nach BMVBS vorzusehende Messgrößen, an das Gebäude adaptiert.....	28
Vorgesehene Messung installierter Systeme; Messgrößen	29
Weitere Messparameter und Messgrößen	30
Messdaten zur Wärmepumpe.....	37
Zusätzliche Investitionen für den „Effizienzhaus Plus-Standard“ gegenüber dem „EnEV 2009- Standard“ beim Einfamilienhaus HO Immobilien, Bremen	41
Vergleich variabler Kosten beim Modellprojekt HO Immobilien	44

1 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht betrifft die ersten zwei Jahre nach Fertigstellung des „Effizienzhaus Plus“ in Bremen der Fa. HO Immobilien (Achim). In diesen zwei Jahren wurde der Betrieb wissenschaftlich begleitet. Diese Begleitung wurde vom Bundesbauministerium über das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung gefördert. Der Berichtszeitraum umfasst die Zeit vom 1.9.2012 bis 31.8.2014.

Zum Gebäude

Das Gebäude ist ein 2012 errichtetes Einfamilienhaus im Bauhaus-Stil. Die beheizte Netto-Grundfläche beträgt 202 m². Es wurde im Berichtszeitraum als Musterhaus genutzt und nicht bewohnt. Es ist voll möbliert. Von den üblichen großen Haushaltsgeräten fehlen nur Waschmaschine und Wäschetrockner. Das Gebäude wird so beheizt, als sei es bewohnt. Auch wurde die Beleuchtung über Lichtszenarien und Gebäudeleittechnik wie bei einer Bewohnung benutzt.

Die Raumwärme wird aus internen Wärmegegewinnen, Strahlungsgewinnen, Wärmerückgewinnung aus der Abluft sowie über eine Erdsonden-Wärmepumpe bereitgestellt. Warmwasser wird ebenfalls über die Wärmepumpe erzeugt. In diesem Gebäude gibt es jedoch ein in Einfamilienhäusern selten verwendetes System mit einem Durchlauferhitzer, der mit Wärme aus dem oberen Bereich eines 500-l-Pufferspeichers gespeist wird. Dies dient auch dem Schutz vor Legionellen.

Das Gebäude ist massiv gebaut. Der Wärmeschutz ist sehr gut. Eine Besonderheit ist, dass für die Außenwände spezielle Ziegel verwendet wurden, bei denen Kammern mit Mineralwolle gefüllt sind. Auf ein Wärmedämmverbundsystem konnte so verzichtet werden.

Auf dem Flachdach des Gebäudes befinden sich zwei Photovoltaik-Anlagen mit einer Modulfläche von 55,5 m² und einer Spitzenleistung von 8,8 kW.

Ziele und Methodik der Begleitforschung

Die Ziele der Begleitforschung bestanden primär darin, herauszufinden, ob das Gebäude auch in der Praxis als „Effizienzhaus Plus“ einzustufen ist und welche Energieströme im Haus vorhanden sind. Aus diesem Grund wurden zahlreiche Zähler benötigt, z.B. für den Strom für die Beleuchtung und die Wärmepumpe.

Nach den Randbedingungen der Förderung durch das BBSR erfolgte die Beauftragung der Setzung der Zähler und Messsonden durch den Gebäudeeigentümer an das von ihm beauftragte Elekronunternehmen und nicht durch das Institut, das die Begleitforschung übernahm. Die wissenschaftliche Begleitung hatte die Aufgabe, die bereitgestellten Messdaten auszuwerten. Die Daten sollten im 15-Minuten-Takt geloggt werden.

Die benötigten Zähler/Messsonden waren zu Beginn des ersten Betriebsjahres noch nicht in voller Anzahl gesetzt und wurden erst später eingesetzt. Zum Teil liefern bzw. lieferten sie erst ab April 2013 Daten, zum Teil stockte jedoch auch dann noch die Datenlieferung. Für einige Messgrößen lagen im Messzeitraum keine brauchbaren Daten vor, vergleiche hierzu Anlage 1.

Die Grundlage der Begleitforschung bildeten die Messergebnisse der Zähler.

Zum erwarteten Energieverbrauch („Soll“)

Die folgende Tabelle fasst den Energiebedarf für Raumwärme, Warmwasser, Hilfsenergie, den Strombedarf für Haushaltsgeräte und Beleuchtung sowie die erwartete Stromerzeugung zusammen, der für das Gebäude erwartet wurde.¹

Das Gebäude von HO-Immobilien, Bremen

	Wert
Energiebedarf	
<i>Endenergiebedarf</i> gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung, Hilfsenergie, Beleuchtung und Haushaltsgeräte	6.849 kWh/a
<i>Primärenergiebedarf</i> , gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung, Hilfsenergie, Beleuchtung und Haushaltsgeräte	16.438 kWh/a
Stromerzeugung	
<i>Endenergie</i> : geplante Erzeugung durch Photovoltaikanlage, 8,67 kW _p , nach Angaben Photovoltaik-Planers nach Errichtung der PV-Anlage ²	7.395 kWh/a
<i>Primärenergie</i> : geplante Erzeugung durch Photovoltaikanlage	20.706 kWh/a

Quelle: eigene Berechnung auf Basis der Angaben von Dritten zu Bedarf und Erzeugung

Daraus ergeben sich die Zahlen der folgenden Tabelle. Sie zeigt, dass das Gebäude von der Erwartung her als „Effizienzhaus Plus“ einzustufen ist.

„Effizienzhaus Plus“-Anforderungen	
<i>Endenergie</i> : Bedarf minus Erzeugung negativ? Hier: 6.849 kWh/a – 7.395 kWh/a = -546	-546 kWh/a Endenergie-Bedingung erfüllt
<i>Primärenergie</i> : Bedarf minus Erzeugung negativ? Hier: 16.438 kWh/a – 20.706 kWh/a = -4.268	-4.268 kWh/a Primärenergie-Bedingung erfüllt

Nach der Planung/Erwartung kann ein Stromüberschuss von ca. 550 kWh pro Jahr erzielt werden. Dieser steht entweder zur Einspeisung ins Netz oder für die Elektromobilität zur Verfügung.

¹ Berechnung nach DIN V 18599, z.T. mit Schätzung, da Anlage damit nicht exakt abbildbar

² Eine gegenüber der PV-Planung erfolgte geänderte Errichtung führt zu Abweichungen von der ursprünglichen Planung

Zum tatsächlichen Energieverbrauch („Ist“)

Vorbemerkungen

Die Ergebnisse müssen in dem Kontext gesehen werden, dass

- die beobachteten Raumlufttemperaturen (auch in der Heizzeit) relativ hoch gehalten wurden (oft 21 bis 24 °C), um im „Musterhaus“ für Besichtigungen stets eine wohnliche Atmosphäre bereit zu halten
- es sich um einen Massivbau handelt, der der Erfahrung nach über zwei Heizperioden hinweg „trockengeheizt“ werden muss³
- im Haus so gut wie keine Warmwassernutzung stattfand
- keine typische Wohnnutzung vorlag, somit auch nicht im üblichen Umfang Abwärme von Personen und Geräten entstanden ist, die wiederum die technische Raumheizung vermindern würde
- kein Stromverbrauch für Waschmaschine und Trockner stattfand
- bedingt durch die vorübergehende Nutzung als Musterhaus es weitergehende unübliche Verbräuche gab, z.B. für eine 24-Stunden-Bauschildbeleuchtung, offene Haustüren zu Besichtigungsterminen etc.
- im Zeitraum Juni bis Dez. 2012 ein Elektro-Auto zur Verfügung stand, welches an der Ladestation in der Garage des Hauses mit Strom betankt wurde
- im Haus Messtechnik installiert war, die zu einem Stromverbrauch führte, der in einem normalen Haus nicht angefallen wäre.

Erzeugter Strom

Die **Stromerzeugung** durch die PV-Anlagen belief sich

- **im ersten Betriebsjahr** (9/12 bis 8/13) auf **6.653 kWh** Endenergie. Diese Angabe beruht auf der Ablesung des Zählers des Netzbetreibers. Dies ist deutlich weniger als vom PV-Anlagen-Planer erwartet wurde (zunächst 7.723 kWh/a, später 7.395 kWh/a). Der Minderertrag beläuft sich auf ca. 1.070 bzw. ca. 740 kWh bzw. -14 % / -10 %. Im ersten Betriebsjahr betrug die mittlere Globalstrahlung in Bremen mit 1.015 kWh/m² etwa 103 % des langjährigen mittleren Mittelwertes von 981 kWh/m².
- **im zweiten Betriebsjahr** (9/13 bis 8/14) auf **6.863 kWh** Endenergie. Diese Angabe beruht auf der Ablesung des Zählers des Netzbetreibers. Auch dies ist deutlich weniger als vom PV-Anlagen-Planer erwartet wurde (zunächst 7.723 kWh/a, später 7.395 kWh/a). Der Minderertrag beläuft sich auf ca. 860 bzw. ca. 530 kWh bzw. -11 % / -7 %. Die Globalstrahlung betrug in Bremen im zweiten Betriebsjahr rund 106 % des langjährigen Mittels (ca. 1.037 kWh/m² Jahressumme statt 981 kWh/m²). Die Veränderung der Globalstrahlung vom ersten auf das zweite Betriebsjahr betrug ca. 3%. Die Stromproduktion erhöhte sich ebenfalls um 3%.

³ Die Decken, Estriche, Wände und Innenputze wurden konventionell vor Ort erstellt.

Stromeinspeisung

Vom Haus aus wurde im **ersten Betriebsjahr** (Zeitraum 9/12 bis 8/13) eine Einspeisung ins „öffentliche“ Netz in Höhe von **4.910 kWh** vorgenommen. Diese Angabe beruht auf der Ablesung des Zählers des Netzbetreibers.

Im zweiten Betriebsjahr (9/13 bis 8/14) belief sich die Einspeisung auf **5.542 kWh** Endenergie. Diese Angabe beruht auf der Ablesung des Zählers des Netzbetreibers.

Eigenverbrauch selbst erzeugten PV-Stroms

Im Haus wurden im **ersten Betriebsjahr** (Zeitraum 9/12 bis 8/13) **1.743 kWh** Endenergie des erzeugten PV-Stroms selbst verbraucht, also nicht eingespeist. Dies entspricht einer Eigenverbrauchsquote von 35,5 %. Diese Angabe beruht auf der Abrechnungssystematik des Netzbetreibers, nach der von der erzeugten Menge die eingespeiste Menge abgezogen wird. Ein Zähler für den Eigenverbrauch existiert nicht.

Im zweiten Betriebsjahr (9/13 bis 1/14) belief sich der Eigenverbrauch auf **1.321 kWh** Endenergie. Dies sind 19,2 % des selbst erzeugten Stroms.

Stromverbrauch

Fast der gesamte Endenergieverbrauch des Modellhauses erfolgte durch elektrischen Strom. Ein kleiner Teil geht auf das Konto eines mit Flüssiggas betriebenen Kaminofens.

Beim Stromverbrauch muss beachtet werden, dass hierin der „außergewöhnliche Verbrauch“ für die Messtechnik, die Musterhaus-Eigenschaft und die Elektromobilität enthalten ist bzw. herausgerechnet werden muss.

Im ersten Betriebsjahr (Zeitraum 9/12 bis 8/13) betrug der gesamte Stromverbrauch 8.887 kWh.⁴ Hiervon sind jedoch 1.059 kWh für die Elektromobilität und 510 kWh für Messtechnik abzuziehen, um auf den Verbrauch des „reinen Hauses“ zu kommen. Es verbleibt ein **nicht witterungsbereinigter Stromverbrauch von 7.318 kWh. Witterungs- und standortbereinigt ergibt sich für diesen Zeitraum ein Verbrauch von 7.458 kWh.**⁵

Im zweiten Betriebsjahr (9/13 bis 8/14) belief sich der nicht witterungsbereinigte Stromverbrauch auf 4.823 kWh Endenergie inkl. Messtechnik (eine Nutzung für Elektromobilität fand in diesem Zeitraum nicht statt). Hiervon sind 244 kWh für Messtechnik abzuziehen, um auf den Verbrauch des „reinen Hauses“ zu kommen. Es verbleibt ein **nicht witterungsbereinigter Stromverbrauch von 4.579 kWh. Witterungs- und standortbereinigt ergibt sich für diesen Zeitraum ein Stromverbrauch von 5.067 kWh.**⁶

⁴ ohne Witterungsbereinigung.

⁵ Witterungs- und Standortbereinigung entsprechend Energieausweisverfahren nach EnEV. Da kein nennenswerter Warmwasserverbrauch vorlag, wurde der gesamte von der Wärmepumpe bezogene Strom (4.659 kWh) bereinigt. Zeitraum-Standort-Faktor nach DWD: 1,03.

⁶ Witterungs- und Standortbereinigung entsprechend Energieausweisverfahren nach EnEV. Da kein nennenswerter Warmwasserverbrauch vorlag, wurde der gesamte von der Wärmepumpe bezogene Strom (2.439 kWh) bereinigt. Zeitraum-Standort-Faktor nach DWD: 1,20 (für die Periode 1.7.13-30.6.14. Es ergibt sich ein witterungsbereinigter Strom-

Verbrauch an Flüssiggas

Im Haus gibt es im Wohnzimmer einen Kaminofen, der mit Flüssiggas aus Flaschen betrieben werden kann. Der Ofen war von September 2012 bis August 2013 sehr selten in Betrieb, so dass der Verbrauch im ersten Betriebsjahr irrelevant ist. Im zweiten Betriebsjahr gab es einen nennenswerten Verbrauch.⁷ Dieser wurde in der Energiebilanz berücksichtigt. Für das Flüssiggas für den Kaminofen wurde keine Witterungsbereinigung durchgeführt.

Bilanz und Vergleich mit Bedarfswerten – erstes Betriebsjahr

Im ersten Betriebsjahr wurden im Haus (ohne Berücksichtigung von Messtechnik und Elektromobilität) 7.318 kWh verbraucht. Bezogen auf die Heizenergie (witterungs- und standortbereinigt) ergeben sich 7.458 kWh. Diesem steht eine Stromerzeugung vom Dach des Hauses von 6.653 kWh gegenüber. **665 kWh bzw. Heizenergie-Witterungs- und Standort bereinigt 805 kWh konnten somit (bilanziell, über das Betriebsjahr gesehen) nicht aus der eigenen Stromerzeugung gedeckt werden.** Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass im Haus so gut wie kein Warmwasserverbrauch stattfand und einige große Haushaltsgeräte nicht betrieben wurden.⁸

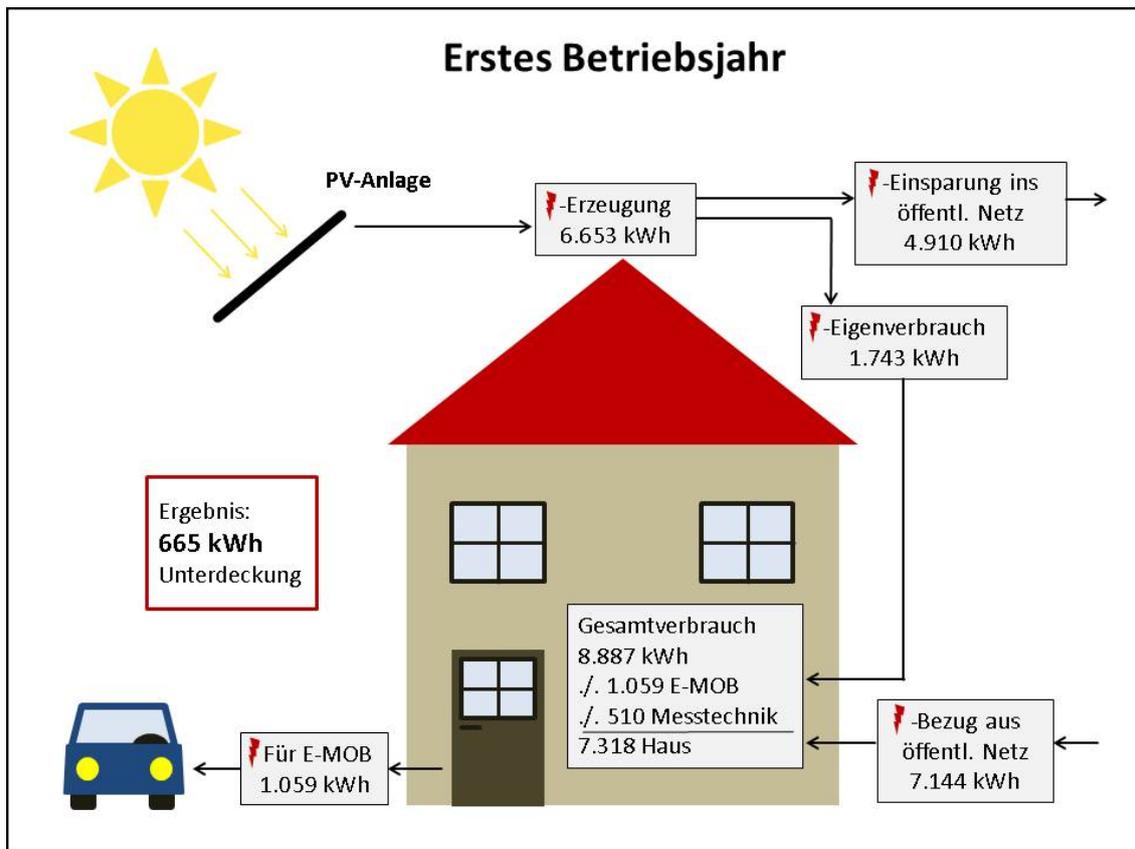
Erstes Betriebsjahr 9/12-8/13	kWh
Beobachteter Endenergieverbrauch Strom	8.887
Beobachteter Endenergieverbrauch Flüssiggas für Kamin	0
Zwischensumme	8.887
davon für Elektromobilität	1.059
davon für Messtechnik	510
Summe nicht witterungsbereinigter Endenergieverbrauch (ohne E-Mob und Messtechnik)	7.318
Verbrauch nach Witterungs- u. Standortbereinigung (ohne E-Mob und Messtechnik)	7.458

verbrauch für die Wärmepumpe von 2.927 kWh. Ein Klimafaktor für die Periode 1.9.13-31.8.14 lag zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vor. Wegen der Sommerperiode könnte der Klimafaktor für die tatsächliche Periode nur in der zweiten Nachkommastelle geringfügig abweichen.

⁷ 5,5 Flaschen à 11 kg, Heizwert 12,8 kWh/kg entsprechend 774 kWh Brennstoffeinsatz.

⁸ Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Speicher, aus dem Warmwasser entnommen würde, ständig auf Temperatur gehalten wurde und auch eine Zirkulation stattfand.

Abbildung 1 Energiebilanz im ersten Betriebsjahr, nicht witterungsbereinigt



Im Vergleich zu dem von [Westkämper, 2013] nach DIN V 18 599 berechneten Endenergiebedarf von 4.349 kWh für Raumwärme, Warmwasser und Lüftung sowie 2.500 kWh für Haushaltsstrom, in der Summe also 6.849 kWh, ergibt sich im ersten Betriebsjahr eine Differenz zwischen prognostiziertem Bedarf und dem tatsächlichem (standort- und witterungsbereinigtem) Verbrauch. Der Verbrauch war um 609 kWh höher als der prognostizierte Bedarf.

Dies dürfte nicht zuletzt darauf beruhen, dass im Haus in der Heizzeit tatsächlich deutlich höhere Raumlufttemperaturen herrschten als in der Bedarfsberechnung anzusetzen ist.

Bilanz und Vergleich mit Bedarfswerten – zweites Betriebsjahr

Im zweiten Betriebsjahr wurden im Haus (ohne Berücksichtigung von Messtechnik und Elektromobilität) 4.579 kWh Strom + 774 kWh an Flüssiggas verbraucht (Summe: 5.353 kWh). Bezogen auf die Heizenergie witterungs- und standortbereinigt ergeben sich 5.912 kWh. Diesem steht eine Stromerzeugung vom Dach des Hauses von 6.863 kWh gegenüber. **Somit ergibt sich ein Endenergieüberschuss von 1.510 kWh bzw. Heizenergie-Witterungs- und Standort bereinigt 951 kWh.**

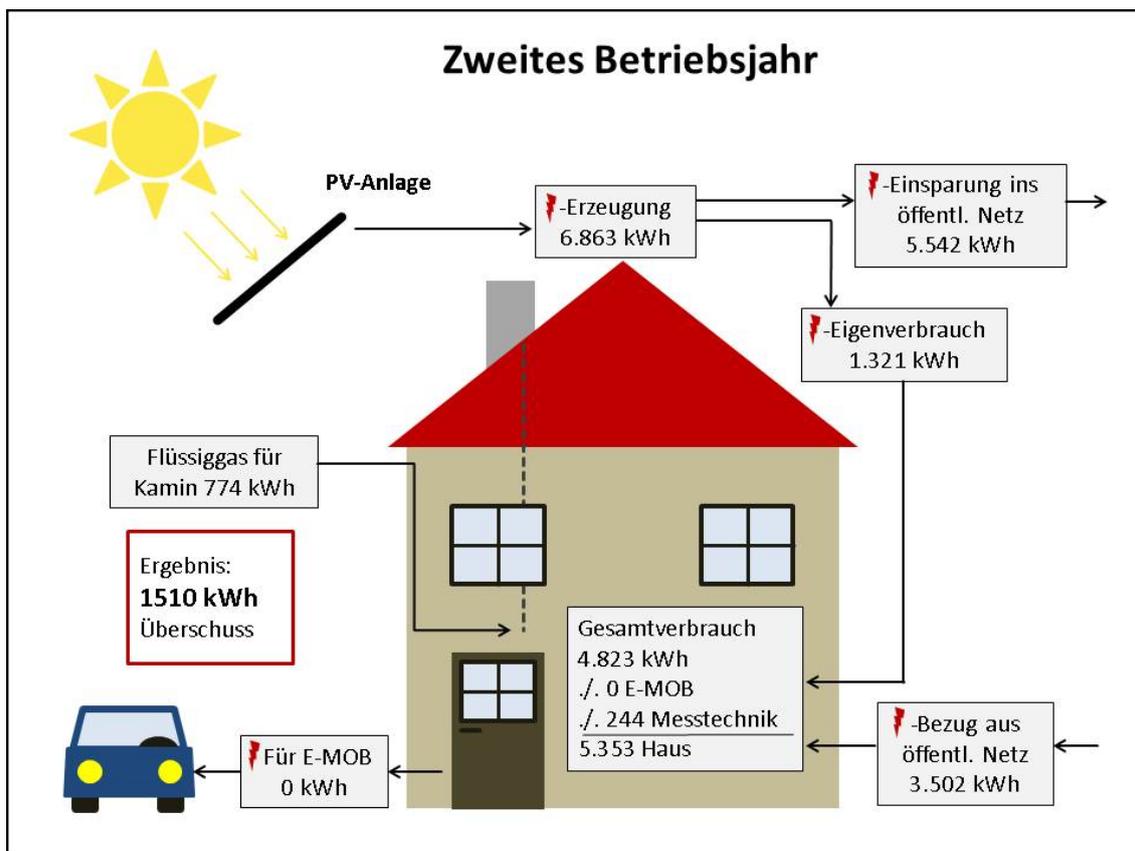
Zweites Betriebsjahr 9/13-8/14	kWh
Beobachteter Endenergieverbrauch Strom	4.823
Beobachteter Endenergieverbrauch Flüssiggas für Kamin	774
Zwischensumme	5.597
davon für Elektromobilität	0
davon für Messtechnik	244
Summe nicht witterungsbereinigter Endenergieverbrauch (ohne E-Mob und Messtechnik)	5.353
Verbrauch nach Witterungs- u. Standortbereinigung (ohne E-Mob und Messtechnik)	5.912

Dabei ist jedoch ebenfalls wie im ersten Betriebsjahr zu berücksichtigen, dass im Haus so gut wie kein Warmwasserverbrauch stattfand und einige große Haushaltsgeräte nicht betrieben wurden.⁹ Auch im zweiten Betriebsjahr ist zu bedenken, dass im Haus in der Heizzeit tatsächlich deutlich höhere Raumlufttemperaturen herrschten als in der Bedarfsberechnung anzusetzen war. Bei niedrigeren Raumtemperaturen wäre der Verbrauch noch niedriger. Bemerkenswert ist ferner, dass mehr als 10 % des Endenergieverbrauchs ihre Ursache in ein paar Flaschen Flüssiggas für den „Wohlfühl-Kamin“ haben.

Im Vergleich zu dem von [Westkämper, 2013] nach DIN V 18 599 berechneten Endenergiebedarf von 4.349 kWh für Raumwärme, Warmwasser und Lüftung sowie 2.500 kWh für Haushaltsstrom, in der Summe also 6.849 kWh, ergibt sich im zweiten Betriebsjahr eine Differenz zwischen prognostiziertem Bedarf und tatsächlichem (standort- und witterungsbereinigten) Verbrauch: Der Verbrauch ist um 937 kWh niedriger als erwartet.

⁹ Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Speicher, aus dem Warmwasser entnommen würde, ständig auf Temperatur gehalten wurde und auch eine Zirkulation stattfand.

Abbildung 2 Energiebilanz im 2. Betriebsjahr, nicht witterungsbereinigt



Kosten und Wirtschaftlichkeit

Nach Angaben des Bauherren, der ein fast baugleiches Haus an anderer Stelle errichtete, und eigenen Abschätzungen¹⁰ betragen die **zusätzlichen Investitionen** des „Effizienzhaus-Plus-Standards“ bei diesem konkreten Haus gegenüber einer Bauweise, die die Anforderungen der im Errichtungsjahr relevanten EnEV₂₀₀₉ gerade erfüllt, **lediglich 36.250 €**. Umgerechnet sind dies nur **150 € pro Quadratmeter Gesamtnutzfläche**. Auf der Grundlage der Energiebedarfsberechnungen, der Erwartungen zur solaren Stromerzeugung, Preisen für Energie aus dem Februar 2014 (Grundversorgung swb Bremen) und unter Berücksichtigung von weiteren Betriebskosten ist bei der EnEV₂₀₀₉- Bauweise von anfänglich ca. 2.550 € höheren Betriebskosten pro Jahr auszugehen als bei der Effizienzhaus-Plus-Bauweise.¹¹ Die Betriebskosten betragen auf der Basis der Energiebedarfsberechnungen beim Effizienzhaus Plus nur 25 € im ersten Jahr. Der Ertrag der PV-Anlage wird dabei berücksichtigt.

Bei einer statischen Amortisationsrechnung ergeben sich ca. 14 Jahre Amortisationszeit für die Mehraufwendungen des „Effizienzhaus-Plus“-Standards. Bei einer dynamischen Amortisationsrechnung ergibt sich bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren eine knappe

¹⁰ zu Haushaltsgeräten

¹¹ wenn in den Folgejahren andere Strom- und Gaspreise gelten, kann der Kostenunterschied anders ausfallen.

Nicht-Amortisation, wobei diese Berechnung nicht, dass z.B. die PV-Anlage ab dem 21. Jahr Erträge erwirtschaftet, denen keine Kosten gegenüberstehen.

Fazit und Schlussfolgerungen

Der verantwortungsvolle Umgang mit Ressourcen und der Schutz des Klimas gehören zu den wichtigsten Aufgaben unserer Zeit. Bekanntlich wird ein Großteil der Energie im Handlungsfeld „Gebäude“ verbraucht. Gleichzeitig sind Gebäude besonders langlebig. Daher ist ein wichtiger Ansatzpunkt, neue Gebäude so zu errichten, dass diese nur sehr wenig Energie verbrauchen.

Bei dem hier beschriebenen Neubau-Einfamilienhaus von HO Immobilien wird sogar noch einen bedeutenden Schritt weiter gegangen: Hier wurde 2012 ein Gebäude geplant und errichtet, das sogar mehr Energie erzeugt als es verbraucht. Solche Gebäude werden im Fachjargon „Effizienzhaus plus“ genannt.

Die Bauherren hatten drei weitere Zielvorgaben gemacht:

1. Es soll sich um ein schönes Haus handeln
2. Die notwendige Technik soll sich der Gestaltung unterordnen und möglichst nicht sichtbar sein
3. Die Baukosten sollen nur wenig höher sein als bei einem Standard-Neubau.

Das Gebäude wurde seit seiner Errichtung im Sommer 2012 als Musterhaus genutzt. Es war nicht bewohnt, aber genauso beheizt wie ein bewohntes Gebäude.

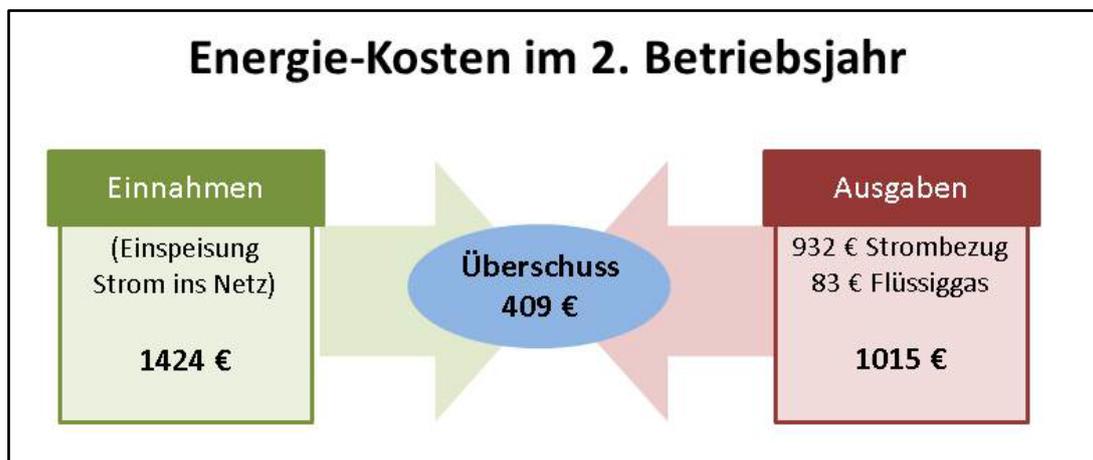
In einer zweijährigen Begleitforschung durch das Fraunhofer IFAM wurde gemessen und untersucht, ob das Ziel des „Effizienzhaus-Plus“-Standards erreicht wird. Diese Untersuchung wurde durch die „Forschungsinitiative Zukunft Bau“ des Bundesbauministeriums gefördert.

Das zentrale Ergebnis besteht darin, dass das Gebäude im zweiten Betriebsjahr tatsächlich einen Überschuss an Energie aufweist. Witterungs- und standortbereinigt ergab sich im zweiten Jahr ein Überschuss von 951 kWh. Wäre nicht gelegentlich ein „Wohlfühlkamin“ betrieben worden, würde der Überschuss sogar 1.724 kWh betragen. Im ersten Betriebsjahr ergab sich dagegen noch eine Unterdeckung von witterungs- und standortbereinigt 805 kWh.

Im ersten Betriebsjahr betrug der (witterungs- und standortbereinigte) Endenergieverbrauch 29,5 kWh/(m²*a). Im zweiten Betriebsjahr betrug der (witterungs- und standortbereinigte) Endenergieverbrauch 23,4 kWh/(m²*a). Die m² beziehen sich auf die Fläche A_N. Dieser Verbrauch beinhaltet den Stromverbrauch der Haushaltsgeräte.

Im zweiten Betriebsjahr wurden für den ins Netz eingespeisten Strom 1.424 € an Einnahmen erzielt. Dem gegenüber stehen Ausgaben in Höhe von 932 € für bezogenen Strom und 83 € für Flüssiggas für den „Wohlfühlkamin“. In der Summe ergibt sich also an Energiekosten für das zweite Betriebsjahr ein Überschuss von 409 €, vergleiche die folgende Abbildung.

Abbildung 3 Energiekosten im 2. Betriebsjahr



Diese Ergebnisse müssen unter den Randbedingungen betrachtet werden, dass es sich um ein Musterhaus handelt, bei dem im Unterschied zu einem bewohnten Haus

- ein Teil des Warmwasserverbrauchs nicht stattfand (jedoch: Speicherung)
- große Haushaltsgeräte nicht oder sehr selten betrieben wurden.

Ferner gab es folgende weitere Einflüsse, die bei der Bewertung der o.a. Verbräuche zu berücksichtigen sind:

- die Raumtemperaturen auch in der Heizzeit lagen oft hoch (über 21,5 °C), was bereits einen Mehrverbrauch gegenüber der Bedarfsberechnung von ca. 10 % bedeutet
- es gab im ersten Betriebsjahr vor allem im ersten Halbjahr nach Fertigstellung einen hohen Verbrauch, der zum einen auf einen hohen Lüftungsbedarf (Austrocknung, Baugerüche) zurückzuführen ist, zum anderen auf noch nicht optimierte Einstellungen der Regelung der Heizungs- und Warmwassertechnik.

Die Ziele der Bauherren wurden u.E. erreicht: Mit nur 150 € pro m² für zusätzlichen Investitionen konnte der „Effizienzhaus-Plus“-Standard erreicht werden. Diese Investitionen rentieren sich nach 14 Jahren (statische Amortisationsrechnung, ohne Berücksichtigung einer möglichen Förderung) oder eventuell steigenden Energiepreisen.

Zu denken gibt, dass der Solarertrag auch im zweiten Betriebsjahr deutlich hinter dem Ertrag blieb, den der Anlagenplaner errechnet hatte (6.863 kWh/a statt 7395 kWh/a), also – 7 %, bzw. zur ersten Planung (erwarteter Ertrag: 7.772,5 kWh/a) sogar – 11 %.

2 Einleitung

Aufgrund der Anforderungen von Klimaschutz, Ressourcenverknappung und Preisentwicklung fordert die Europäische Union, dass ab 2020 nur noch Gebäude errichtet werden, die einen Energiebedarf von „nahe Null“ aufweisen.

Das damalige Bundesbauministerium hat mit seiner Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ die Initiative ergriffen und fördert Modellvorhaben, die schon jetzt sogar noch einen Schritt weitergehen: Es fördert Gebäude, die eine positive Jahresenergiebilanz aufweisen, also mehr Energie erzeugen als sie verbrauchen. Der erreichte Überschuss kann ins allgemeine Stromnetz eingespeist werden oder steht z.B. dezentral für die Verwendung in Elektroautos zur Verfügung.

Am 18.8.2011 hat das damalige Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung eine Bekanntmachung für die Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte im „Plus-Energie-Haus-Standard“ veröffentlicht. Ziel der Zuwendungen ist es, durch Forschung und Untersuchung Grundlagen für die Weiterentwicklung und Markteinführung derartiger Gebäude zur Verfügung zu stellen.

Der Bauherr des ersten Gebäudes dieser Art in Bremen, HO Immobilien, hat eine solche Zuwendung beantragt und zugesprochen bekommen. Die Zuwendung dient in erster Linie der Auswertung von Messdaten. Das Bremer Energie Institut wurde mit der wissenschaftlichen Begleitung dieses Gebäudes beauftragt. Zum 1.9.2013 wurde das Bremer Energie Institut in das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung (IFAM) integriert, so dass die wissenschaftliche Begleitung daraufhin durch das IFAM erfolgte.

2.1 Aufgaben

Gemäß der Beauftragung durch den Bauherren übernahm das Institut Ende September 2012 die wissenschaftliche Begleitung für zwei Jahre im Anschluss an die Fertigstellung des Modellgebäudes. Diese wissenschaftliche Begleitung sah insbesondere vor, über einen Zeitraum von zwei Jahren zur Verfügung gestellte Messwerte auf Plausibilität zu prüfen, die Messwerte halbjährlich zu analysieren und auszuwerten. Die Auswertung sollte umfassen:

- Eine Auswertung der gelieferten Verbrauchsdaten und einen Vergleich mit den erwarteten Soll-Verbräuchen. Hierzu waren die klimaabhängigen Daten vorher zu bereinigen (unter Zuhilfenahme der Klimafaktoren des Deutschen Wetter Dienstes),
- eine Umrechnung auf flächen- und volumenspezifische Verbrauchsdaten,
- eine Kosten-Nutzen-Analyse der verschiedenen eingesetzten Technologien,
- Analysen, ob der Plus-Energie-Haus-Standard in der Praxis erfüllt bzw. inwieweit er überschritten wurde,
- ggf. die Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen.

Die Ergebnisse wurden halbjährlich zusammengefasst und zur Verfügung gestellt. Der hier vorliegende Abschlussbericht fasst die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung zusammen.

3 Das Gebäude

Das untersuchte Gebäude wurde 2012 in Bremen errichtet und war am 1.9.2012 bezugsfertig. Bauherr ist die Fa. HO Immobilien + Baukonzepte GmbH aus Achim. Es handelt sich um ein freistehendes Einfamilienhaus in Massivbauweise mit zwei Vollgeschossen und Flachdach, nicht unterkellert. Die Wohnfläche beträgt nach DIN 195,27 m², davon sind 9,38 m² angerechnete Außenflächen [HO Immobilien, 2011]. Die Wohnfläche ohne diese Außenflächen beträgt somit 185,9 m². Die Gebäudenutzfläche nach EnEV₂₀₀₉ beläuft sich auf 253,0 m², die Geschosshöhe beträgt 2,75 m, das A/V-Verhältnis beträgt 0,735 m⁻¹ [Hotze, 2012a].

Abbildung 4 Ansicht von der Straße



Abbildung 5 Ansicht vom Garten



Abbildung 6 Grundrisse



Die Energieerzeugung am Haus erfolgt durch die Nutzung

- der Umgebungswärme des Erdreichs durch eine Sole/Wasser-Wärmepumpe (Energie-träger: Strom),
- der Lüftungsabwärme (Wärmerückgewinnung aus der Abluft),
- der Solarstrahlung (Fenster, passiv; keine thermische Solaranlage),
- interner Wärmequellen (Personen, Geräte),
- der Sonnenstrahlung (Photovoltaik zur Stromerzeugung).

Aus Dekorationsgründen ist das Haus mit einem Schaukamin ausgestattet, der mit Butan-gas aus Flaschen betrieben werden kann.

Im Berichtszeitraum wurde das Gebäude nicht von einer Familie bewohnt, sondern als Referenzobjekt für die weitere Vermarktung von Gebäuden im Plus-Energie-Haus-Standard benutzt. Das Gebäude ist voll eingerichtet. Die Wohnnutzung wird simuliert.

3.1 Der Wärmeschutz

Zum winterlichen Wärmeschutz wurden die Bauteile der wärmeübertragenden Hüllfläche wie folgt ausgeführt:

Wände: einschalige Außenwände, U-Wert $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Gesamtdicke: 45,5 cm, bestehend aus:

- Innenputz, $d = 1,5 \text{ cm}$, $\lambda = 1,0 \text{ W}/\text{mK}$

- Poroton T7 Ziegeln mit integrierter Dämmung aus Mineralwolle $d = 42,5 \text{ cm}$, $\lambda_R = 0,07 \text{ W/mK}$
 - Außenputz, $d = 1,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,08 \text{ W/mK}$.
- Quelle: [Hotze, 2011a]

Fenster: 3-fach-Verglasung. U_W -Wert = $0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, g -Wert $0,53$. Quelle: [Hotze, 2011a].

Dach: Flachdach mit Holzträgern. U -Wert gesamt (8 % Träger, 92 % Gefach) = $0,154 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Dicke der Dämmschicht im Gefach: 26 cm , oberhalb der Träger 2 cm , $\lambda = 0,08 \text{ W/mK}$. Material: Mineralwolle. Quelle: [Hotze, 2011a].

Sohlplatte: U -Wert = $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, Gesamtdicke $43,1 \text{ cm}$, Dicke der Dämmschichten $2 * 10 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035$, Material Dämmschichten: $1 * \text{EPS}$, $1 * \text{XPS}$. Quelle: [Hotze, 2011a].¹²

Ende August 2013 wurde ein Luftdichtheitstest durchgeführt. Dieser ergab bei einer Differenz zum Umgebungsdruck von 50 Pa eine Luftwechselrate n_{50} von $0,90$ pro Stunde.¹³ Dies weist auf eine hohe Dichtheit der Hülle hin: Der nach EnEV_{2009} zulässige Wert für Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen beträgt $1,5$ pro Stunde.

3.2 Haustechnik

Für die Heizung, die Warmwasserbereitung und die Lüftung kommen folgende Systeme zum Einsatz:

Heizung: Die Beheizung erfolgt *zum einen über die Wärmerückgewinnung aus der Abluft* (Luftheizung, siehe bei Lüftung), *zum anderen über eine Sole/Wasser-Wärmepumpe* (Energieträger: Umweltwärme aus dem Erdreich und Strom) mit Flächenheizungen.

Wärmepumpe: Zur Nutzung der Umweltwärme wurden im Vorgarten zwei Bohrungen mit einer Tiefe von 69 und 78 m im Abstand von ca. 6 m durchgeführt. Es besteht kein Grundwasserkontakt (reine Sole).

Bei der Wärmepumpe handelt es sich um eine SensoTherm BSW 6 D des Herstellers Brötje. Im Herstellerprospekt [Brötje, o.J.] werden für die Betriebsart Sole/Wasser folgende Daten und Normleistungsdaten (BO/W 35) genannt: Die Heizleistung beträgt $5,9 \text{ kW}$, die Leistungszahl COP nach DIN EN 14511 beträgt $4,2$ und die elektrische Leistungsaufnahme $1,5 \text{ kW}$. Die integrierten Solepumpe und die Heizungspumpe haben die Energieeffizienzklasse A. Integriert ist in der Wärmepumpe ein 6-kW -Elektrostab. Der Aufstellort ist in der thermischen Hülle.

Pufferspeicher: Die Anlage verfügt über einen Pufferspeicher der Fa. Cosmo Typ C-PU 500 mit einem Nettoinhalt von 494 Liter .¹⁴ Dieser ist mit 90 mm Weichschaum sowie zusätzlich einem Folienmantel ge-

¹² Dicke Dämmschicht Bodenplatte vom Autor korrigiert

¹³ Email H. Osterloh v. 20.3.2013.

¹⁴ Quelle [GC Heizung, o.J.]

dämmt. Der Speicher enthält „Heizwasser“, welches auch zur Erwärmung des Trinkwarmwassers dient. Auf einen zusätzlichen elektrischen Heizstab im Pufferspeicher wurde verzichtet.

Verteilung

Die Verteilung erfolgt mit einer Fußbodenheizung mit den Auslegungstemperaturen 35 / 28 °C.¹⁵

Übergabe

Die Raumtemperaturregelung erfolgt über PI-Regler.¹⁶

Warmwasserbereitung: Die Warmwasserbereitung erfolgt über die Sole/Wasser-Wärmepumpe (Energieträger: Umweltwärme und Strom). Dabei wird warmes Heizwasser aus dem Pufferspeicher über ein Durchlaufwassermodul (Fabrikat Brötje DWM 30 B) mit einem Plattenwärmetauscher eingesetzt, um frisches Kaltwasser zu erwärmen. Dieses Gerät hat eine Pufferladepumpe: Bei Warmwasserbedarf wird Heizungswasser aus dem Pufferspeicher zum Durchlaufwassermodul gefördert (Vorlauf) und nach Durchströmen des Plattenwärmetauschers wieder zurück zum Pufferspeicher gefördert. Über den Plattenwärmetauscher wird die Wärme des Pufferspeicher-Heizungswassers an Kaltwasser übertragen und dieses so zu Warmwasser aufbereitet. Eine Nachheizung durch elektrischen Strom findet nicht statt. Es ist eine Warmwasserzirkulation mit einer separaten Zirkulationspumpe vorhanden.

Lüftung: Die Lüftung während der Heizzeit erfolgt unter Wärmerückgewinnung aus der Abluft. Es handelt sich im ersten Betriebsjahr um das Fabrikat ValloPlus SC 500¹⁷ des Herstellers Vallox. Im März 2014 wurde dieses Modell durch ein ValloPlus SC 510 SE ersetzt.

Das zunächst eingesetzte Gerät verfügte über einen Kreuzgegenstromwärmetauscher und ein integriertes Vorheizregister. Die Ventilatorleistung konnte stufenweise mechanisch in 4 Stufen gewählt werden.¹⁸ Ein Nachheizregister war nicht eingebaut.

Mitte März 2014 wurde dieses Gerät durch ein komfortableres Modell ersetzt. Es ermöglicht eine stufenlose Einstellung der geförderten Luftmenge in Abhängigkeit von Messparametern wie CO₂-Gehalt oder Feuchte.

Gebäudeautomation: Zur Einstellung von Betriebsparametern, zur Bedienung, Überwachung und für Messzwecke wurde eine Gebäudeautomation eingebaut. Hier entschied sich der Bauherr bei der Bedienoberfläche für das Fabrikat ViciOne [ViciOne, 2013]. Damit kann die Gebäudetechnik über ein iPad gesteuert werden.

¹⁵ [Westkämper, 2013]

¹⁶ [Westkämper, 2013]

¹⁷ Laut Email Osterloh vom 20.3.2013 und Telefonat Fa. Heinemann vom 21.3.2013

¹⁸ Im ersten Jahr nach Errichtung wurde eine hohe Luftmenge gefördert, um die Baufeuchtigkeit sicher abzutransportieren.

Beleuchtung: Bei den installierten Leuchten und Lampen wurden zumeist LEDs eingesetzt.

Haushaltsgeräte: Bei den Haushaltsgeräten wurden besonders energieeffiziente gewählt.

Kühlung: Eine Anlage zur Raumkühlung ist nicht vorhanden.

3.3 Photovoltaik

Auf dem Dach des Gebäudes wurden zwei Photovoltaik-Anlagen mit insgesamt 34 Modulen und 55,5 m² Modulfläche aufgeständert. Dabei wurde die zur Verfügung stehende Dachfläche ausgenutzt.

Die Module wurden mit einer Neigung von 15 Grad aufgestellt. Der Bauherr wünschte eine Anlage, die von außen nicht sichtbar ist. Die Kollektoren wurden in einer Ausrichtung von -24 Grad Abweichung von Süden ausgerichtet.

Die eine Anlage besteht aus 2 * 9 Modulen der Marke „Yingli Solar“, Typ YL255C-30b_IEC-2012_01 255 W, die andere aus 2 * 8 Modulen gleichen Typs. Es handelt sich um monokristalline Zellen. Der gelieferte Gleichstrom wird über je einen Wechselrichter „PowerOne“ in Wechselstrom umgewandelt und eingespeist (1* PVI-4,2-OUTD, 1 * PVI-3,6-OUTD mit 4,2 bzw. 3,6 kW). Die Modulfläche beträgt jeweils 1,63 m². Die PV-Leistung wird mit 8,67 kWp angegeben, die PV-Brutto-/Bezugsfläche mit 55,54 m².

Der PV-Anlagen-Planer ging von einer PV-Generator-Einstrahlung von 59.460 kWh pro Jahr aus. Die durch den PV-Generator erzeugte Energie (wechselstromseitig) bzw. die Netzeinspeisung wurde mit 7.7223 kWh/a angegeben. Als Systemnutzungsgrad wurde 12,9 % und als spezifischer Jahresertrag 887,1 kWh/kWp genannt.

Quellen: [German PV, 2012], [RM, 2012a], [RM 2012b]

Die Abbildung 7 zeigt die Anordnung der Kollektoren als Luftbild.

Abbildung 7 PV-Kollektoren auf dem Dach des Hauses.



Quelle: v. Engelbrechten 2012

Aus dem Luftbild ist ersichtlich, dass einige Quadratmeter der Dachfläche nicht mit PV-Kollektoren belegt werden konnten, da verschiedene Auslässe der Lüftungsanlagen die Aufstellung behinderten.

3.4 Berechneter Energiebedarf

3.4.1 Energiebedarfsberechnung nach DIN V 4108 -6 und 4701-10

Die folgenden Daten stammen aus der Energiebedarfsberechnung nach DIN V 4108 T6 und DIN V 4701-10/12 des vom Bauherrn beauftragten Ing.-Büros J. Hotze.

Tabelle 1 Daten zum Energiebedarf nach DIN V 4108-6 und 4701-10

Merkmal	Wert
Bruttovolumen	790,72 m ³
Nutzfläche nach EnEV	253,03 m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,05 W/(m ² K)
Primärenergiekennwert	40,18 kWh/(m ² *a)
Primärenergie, zulässig	88,13 kWh/(m ² *a)
Endenergiekennwert	15,45 kWh/(m ² *a)
H _T vorhanden	0,251 W/(m ² K)
H _T zulässig	0,358 W/(m ² K)

Quelle: [Hotze, 2012a)

Dabei wurde für Strom der Primärenergiefaktor 2,6 verwendet.

3.4.2 Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599

Die folgenden Daten stammen aus der Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599 des vom Bauherrn beauftragten Physikers H. Westkämper.

Tabelle 2 Daten zum Energiebedarf nach DIN V 18599

Merkmal	Wert
Volumen	$V_e = 758 \text{ m}^3$
Beheizte Wohnfläche	$A_{\text{Wohn}} = 202 \text{ m}^2$
Nutzfläche (0,32*V _e)	$A_N = 243 \text{ m}^2$
Luftvolumen	$V = 576 \text{ m}^3$
Primärenergiekennwert vorhanden $q_{P, \text{IST}}$	46,60 kWh/(m ² *a)
Primärenergiekennwert zulässig $q_{P, \text{zul}}$	60,51 kWh/(m ² *a)
Endenergiekennwert	17,9 kWh/(m ² *a)
H _t vorhanden	0,24 W/(m ² K)
H _t zulässig	0,4 W/(m ² K)

Quelle: [Westkämper, 2013]

4 Effizienzhaus-Plus-Standard

Nach [BMVBS, 2011b], dort Anlage 1, ist der Effizienzhaus-Plus-Standard folgendermaßen definiert:

„Das Plus-Energie-Haus-Niveau [...] ist erreicht, wenn sowohl ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf ($\Sigma Q_p < 0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) als auch ein negativer Jahres-Endenergiebedarf ($\Sigma Q_e < 0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) vorliegen. Alle sonstigen Bedingungen der Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV) wie z.B. die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sind einzuhalten.“

Diese Anforderungen beziehen sich auf die Jahresbilanz.

Abweichend von den Berechnungen nach EnEV wurden vom BMVBS einige zusätzliche Anforderungen gestellt:

- Nachweise nach DIN V 18599
- Verwendung spezieller Primärenergiefaktoren
- Mit-Berücksichtigung der End- und Primärenergiebedarfswerte für Wohnungsbeleuchtung und Haushaltsgeräte (pauschal $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, max. 2.500 kWh/a)
- Ausstattung des Gebäudes mit Geräten des höchsten Energieeffizienzlabels und intelligenten Zählern.

4.1 Berechnungen zum Erreichen des „Plus-Energie-Haus-Standards“

Zunächst wurden für den Antrag vom Januar 2012 auf Basis der bis dahin nur vorliegenden Energiebedarfsberechnung nach DIN V 4108 und DIN V 4701 Berechnungen zum voraussichtlichen Erreichen des „Plus-Energie-Haus-Standards“ vorgenommen. Dabei ergaben sich folgende Werte:¹⁹

¹⁹ $A_N = 253 \text{ m}^2$, f_P Strom = 2,4 für Entnahme bzw. 2,8 für Einspeisung entsprechend [BMVBS, 2011b]

Tabelle 3 Nachweis bzgl. „Plus-Energie-Haus-Standard“, Basis: Bedarf nach DIN V 4108-6 bzw. 4701-10

Merkmal	Wert
Energiebedarf	
<i>Endenergiebedarf</i> , spezifisch, vorhanden, für Lüftung, Warmwasser, Heizung und Hilfsenergie	15,45 kWh/(m ² *a)
<i>Endenergiebedarf</i> , gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung und Hilfsenergie	3.909 kWh/a
<i>Endenergiebedarf</i> für Beleuchtung und Haushaltsgeräte, 20 kWh/(m ² *a), begrenzt auf 2.500 kWh/a	2.500 kWh/a
<i>Endenergiebedarf</i> , gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung, Hilfsenergie, Beleuchtung und Haushaltsgeräte	6.409 kWh/a
<i>Primärenergiebedarf</i> , spezifisch, vorhanden für Lüftung, Warmwasser, Heizung und Hilfsenergie	37,09 kWh/(m ² *a)
<i>Primärenergiebedarf</i> , gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung und Hilfsenergie	9.384 kWh/a
<i>Primärenergiebedarf</i> für Beleuchtung und Haushaltsgeräte	6.000 kWh/a
<i>Primärenergiebedarf</i> , gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung, Hilfsenergie, Beleuchtung und Haushaltsgeräte	15.384 kWh/a
Stromerzeugung	
<i>Endenergie</i> : geplante Erzeugung durch Photovoltaikanlage, 8,67 kW _p , nach Angaben Fotovoltaik-Planer	7.723 kWh/a
<i>Primärenergie</i> : geplante Erzeugung durch Photovoltaikanlage	21.623 kWh/a
Plus-Energie-Haus-Anforderungen	
<i>Endenergie</i> : Bedarf minus Erzeugung negativ? Hier: 6.409 kWh/a – 7.722,5 kWh/a =	-1.313 kWh/a Endenergie-Bedingung erfüllt
<i>Primärenergie</i> : Bedarf minus Erzeugung negativ? Hier: 15.384 kWh/a – 21.623 kWh/a =	-6.239 kWh/a Primärenergie-Bedingung erfüllt

Quelle: eigene Berechnung

Auch bei Berücksichtigung des Wärmeeintrags des Schaukamins bleibt es bei der Erfüllung der „Plus-Energie-Haus-Standard“-Anforderungen.²⁰

Erst nach der Antragstellung wurde durch den Bauherren die Erstellung einer Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599 veranlasst, die ein externer Physiker [Westkämper,

²⁰ Annahme: Jahresverbrauch 1 Flasche Propangas pro Jahr (11 kg, 141 kWh). Bei 60 % Wirkungsgrad ergibt sich eine Wärmeerzeugung von 85 kWh/a. Um diesen Wert wurde die Wärmeerzeugung der Wärmepumpe reduziert. Bei einer Arbeitszahl von 4 bewirkt dies eine Verringerung des Strombedarfs von 21 kWh/a. Dies entspricht 60 kWh Primärenergie. Der Endenergiebedarf würde um (141-21) = 120 kWh und der Primärenergiebedarf um (141*1,1-60) = 95 kWh/a ansteigen. Insgesamt wird der Energiebedarf nur wenig beeinflusst.

2013] durchführte. Die Tabelle 4 zeigt die wesentlichen Kennwerte zum Nachweis des „Plus-Energie-Haus-Standard“ auf der Basis dieser DIN V 18599-Werte.

Tabelle 4 Nachweis bzgl. „Plus-Energie-Haus-Standard“, Basis: Bedarf nach DIN V 18599

Merkmal	Wert
Energiebedarf	
<i>Endenergiebedarf</i> , spezifisch, vorhanden, für Lüftung, Warmwasser, Heizung und Hilfsenergie	17,9 kWh/(m ² *a)
<i>Endenergiebedarf</i> gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung und Hilfsenergie	4.349 kWh/a
<i>Endenergiebedarf</i> für Beleuchtung und Haushaltsgeräte, 20 kWh/(m ² *a), begrenzt auf 2.500 kWh/a	2.500 kWh/a
<i>Endenergiebedarf</i> gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung, Hilfsenergie, Beleuchtung und Haushaltsgeräte	6.849 kWh/a
<i>Primärenergiebedarf</i> , spezifisch, vorhanden für Lüftung, Warmwasser, Heizung und Hilfsenergie	46,6 kWh/(m ² *a)
<i>Primärenergiebedarf</i> , gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung und Hilfsenergie	10.438 kWh/a
<i>Primärenergiebedarf</i> für Beleuchtung und Haushaltsgeräte	6.000 kWh/a
<i>Primärenergiebedarf</i> , gesamt, für Lüftung, Warmwasser, Heizung, Hilfsenergie, Beleuchtung und Haushaltsgeräte	16.438 kWh/a
Stromerzeugung	
<i>Endenergie</i> : geplante Erzeugung durch Photovoltaikanlage, 8,67 kW _p , nach Angaben Photovoltaik-Planer	7.395 ²¹
<i>Primärenergie</i> : geplante Erzeugung durch Photovoltaikanlage	20.706 kWh/a
„Energie-Effizienzhaus Plus“-Anforderungen	
<i>Endenergie</i> : Bedarf minus Erzeugung negativ? Hier: 6.849 kWh/a – 7.395 kWh/a =	- 546 kWh/a Endenergie-Bedingung erfüllt
<i>Primärenergie</i> : Bedarf minus Erzeugung negativ? Hier: 16.438 kWh/a – 20.706 kWh/a =	-4.268 kWh/a Primärenergie-Bedingung erfüllt

Quelle: eigene Berechnung auf Basis der Angaben zu Bedarf und Erzeugung von Dritten

²¹ Gegenüber der ursprünglichen Planung (7.722,5 kWh/a) wurde nach der Errichtung dieser Wert genannt

5 Messkonzept

5.1 Ziele

Das Ziel des vom (ehemaligen) BMBVS geförderten Monitorings bestand in der Überprüfung, ob die an ein „Effizienzhaus Plus“ gestellten Anforderungen in der Praxis erfüllt werden [BMVBS, 2011b].

5.2 Aufgaben

Um die Zielerreichung zu überprüfen, sollten nach den Vorgaben des ehemaligen Bundesbauministeriums [BMVBS] die dem Gebäude zugeführten und die vom Gebäude ins Netz eingespeisten Energiemengen kontinuierlich erfasst werden.

Dabei sollten zur tieferen Analyse der Verbrauchstruktur nach [BMVBS, 2011b] auch wesentliche Bilanzteile wie Heizung, Warmwasserbereitung, Stromerzeugung und auch Wetterverhältnisse aufgezeichnet werden. Laut [BMVBS, 2011b] sollten folgende Messgrößen erfasst werden:²²

Tabelle 5 Nach BMVBS vorzusehende Messgrößen, an das Gebäude adaptiert

Energie-Zufuhr
Gesamt-Endenergiezufuhr Strom
Energiezufuhr Butangas
Energie-Erzeugung
Gesamt-Erzeugung des durch PV-Anlagen erzeugten Strom (nach Wechselrichter)
Einspeisung von Strom in das öffentliche Netz
Eigenverbrauch selbst erzeugten PV-Stroms
Endenergie-Bezug jedes Energieerzeugers
Wärmepumpe: Bezug Strom
Wärmepumpe: Bezug Umweltwärme
Abluft-Wärmerückgewinnungsanlage: Bezug Abwärme
Schaukamin: Bezug Butangas
Hausinterne Energie-Lieferung: Messung nach jedem Erzeuger
Wärmepumpe: gelieferte Wärme
An Abzweigungen (=Nutzung für verschiedene Zwecke wie Warmwasser und Raumwärme)
Wärmerückgewinnung aus der Abluft

²² Erwähnt sind hier nur solche, die für das hier untersuchte Gebäude in Frage kommen

Für die im Haus von HO Immobilien installierten Systeme waren folgende Messungen vorgesehen:

Tabelle 6 Vorgesehene Messung installierter Systeme; Messgrößen

Installierte Systeme	Messgrößen
Aktive Erschließung von Umweltenergie	Stromverbrauch Umwälzpumpe, Gelieferte Wärme
Erdsonden	Stromverbrauch Umwälzpumpe, Gelieferte Wärme
Photovoltaik	Solarstrahlung, Gelieferter Strom
Wärmeerzeuger / Abwärmenutzung	
Elektrische Wärmepumpe	Stromverbrauch, Wärmeerzeugung
Wärmerückgewinnung aus der Abluft	Stromverbrauch, Beitrag zur Beheizung
Schaukamin	Propangasverbrauch
Speicherung	
Pufferspeicher	Wärmeverluste
Warmwasserbereitung	
Energieeinsatz	Wärmemengenzähler
Zirkulationsverluste	Wärmemengenzähler
Nutzenergie TGA	
Anlagentechnik (Pumpen, Ventilatoren, Steuerung etc.)	Stromverbrauch
Nutzenergie Haushaltsenergie	
Beleuchtung	Stromverbrauch
Kochen	Stromverbrauch
Große Haushaltsgeräte	Stromverbrauch
Sonstige Verbraucher	Stromverbrauch
Beladung von Elektro-Mobilen	
Ladung über Ladestation	Stromverbrauch

Des Weiteren sollten die folgenden Parameter gemessen werden, vgl. Tabelle 7:

Tabelle 7 Weitere Messparameter und Messgrößen

Weitere Messparameter	Messgrößen
Wetter	
Sonneneinstrahlung	Globalstrahlung horizontal, Globalstrahlung vertikal Süd
Außenluft	Temperatur, Luftfeuchtigkeit
Nutzerverhalten	
Raumtemperatur in einigen repräsentativen Räumen	Raumlufttemperatur

Der Bauherr wurde vom Institut gebeten, den Einbau entsprechender Zähler bzw. Messgeräte vorsehen zu lassen und für die Aufzeichnung der Messwerte zu sorgen. Der Bauherr beauftragte hierzu ein Elektrofachunternehmen.

6 Auswertung Messdaten

Im Bericht erfolgt eine Auswertung der ersten beiden Betriebsjahre seit Fertigstellung des Hauses Ende August 2012. Er umfasst somit den Zeitraum vom 1.9.2012 bis 31.8.2014.

Die Anlage 1 zeigt den Status der vorhandenen Messdaten und die Messintervalle.

Die verschiedenen Messgrößen sollten teils im 15-Minuten-Rhythmus, teils im 5-Minuten-Rhythmus erfolgen. Das Datenlogging wurde zwar im Herbst 2012 eingerichtet, es zeigte sich jedoch im Winter 2012/13, dass das Datenlogging in erheblichem Umfang nicht funktioniert. Zunächst hieß es, dass die Werte aufgezeichnet würden und nur der Datenzugriff über das Internet noch nicht funktioniere. Dann stellte sich im Februar 2013 heraus, dass doch keine Daten elektronisch aufgezeichnet worden sind. Deshalb wurden seit Ende Februar 2013 die ablesbaren Zählerstände monatlich durch Vor-Ort-Inspektion erfasst und dokumentiert. Ferner wurden der Bauherr und das Elektrofachunternehmen informiert und um Abhilfe gebeten.

Die Schwierigkeiten beim Datenlogging sind für das Auswertungsinstitut schwer nachvollziehbar:

- Offenbar beruhen sie erstens auf einem schwierig herzustellendem Zugriff auf die Daten, die bereits im Gebäudeautomationssystem vorliegen (Protokollprobleme),
- Zweitens sind bei der zunächst bis März 2014 installierten Wärmerückgewinnungsanlage für die zu erfassenden Temperaturen und den Volumenstrom keine geeigneten Messpunkte bzw. nicht alle notwendigen Messfühler anbringbar gewesen
- Drittens gab es Zählerausfälle/ Messpunktausfälle, u.a. an der Wetterstation
- Viertens wurden für die Wärmemengenzähler keine geloggte Daten geliefert. Warum die Daten der Wärmemengenzähler nicht für die Auswertung bereitgestellt wurden, entzieht sich unserer Kenntnis.

Bei einigen Zählern bestehen Zweifel am angezeigten Ergebnis: Zum Beispiel zeigt der Stromkreisähler „Solepumpe“ keinen plausiblen Stromverbrauch an, und die Anzeige in der Gebäudeleittechnik zum Kühltisch weicht von den am Stromzähler ablesbaren Werten ab.

Aus diesem Grund konnten vor allem die monatsweise abgelesenen Messdaten ausgewertet werden und nicht, wie vorgesehen, Messdaten im 5 – oder 15 Minuten-Rhythmus. Dies ist nicht auf Fehler des Auswertungsinstituts zurückzuführen. Durch die dadurch unumgänglichen monatlichen Besuche im Haus entstand für die Zählerablesung und für die vielen Versuche zur Klärung nicht plausibler und fehlender Zähleranzeigen ein erheblicher Mehraufwand.

In der Anlage 2 werden im Abschnitt A auf der Basis der *abgelesenen* Messwerte (nicht: Datenlogging) größer und fettgedruckte Aussagen zur Stromerzeugung, zur Einspeisung, zum Eigenverbrauch und dem Strombezug aus dem Netz gemacht und im Ergebnis zusammengefasst. Im Abschnitt A der Anlage 2 gibt es ein Blatt für das erste Betriebsjahr und ein Blatt für das zweite Betriebsjahr.

Im Abschnitt B der Anlage 2, B: 1. Betriebsjahr werden die Messergebnisse der Monate Januar bis August des Jahres 2013 derjenigen Unterzähler aufgeführt, deren Daten geloggt werden konnten. Dazu zählen z.B. die Wärmepumpe und die Beleuchtung. Für die ersten 4 Monate des ersten Betriebsjahres – Sept. bis Dez. 2012 – stehen geloggte Werte nicht zur Verfügung.

Im Abschnitt B der Anlage 2, B: 2. Betriebsjahr werden ebensolche Werte für das zweite Betriebsjahr aufgeführt.

In der Anlage 3 sind in mehreren Blättern sowohl für das erste als auch für das begonnene zweite Betriebsjahr Datenlogging-Werte abgelesenen Werten gegenübergestellt worden. Abgelesene Werte liegen ab Beginn des ersten Betriebsjahres vor.

Die Anlage 2 Abschnitt C zeigt für Kalenderjahre die monatliche Stromerzeugung, die Einspeisung, den Eigenverbrauch, den Energieverbrauch und die Bilanz der seit Januar 2013 ermittelten Daten (Blatt Anlage 2, Abschnitt C, Kalenderjahr 2013 bzw. Kalenderjahr 2014).

Erzeugter Strom

Die Stromerzeugung durch die PV-Anlagen belief sich im Zeitraum 1.9.12 bis 29.8.13 auf 6.653 kWh Endenergie. Diese Angabe beruht auf der Ablesung des Zählers des Netzbetreibers.

Dies ist deutlich weniger als vom PV-Anlagen-Planer erwartet wurde (zunächst 7.723 kWh/a, später 7.395 kWh/a). Der Minderertrag beläuft sich auf ca. 1.070 bzw. ca. 740 kWh bzw. -14 % / -10 %.

Im zweiten Betriebsjahr (9/13 bis 8/14) wurden 6.863 kWh Strom produziert.

In der Abbildung 8 wird gezeigt, wieviel Strom monatsweise erzeugt wurde, wieviel davon eingespeist und wie viel selbst verbraucht wurde.

Stromeinspeisung

Vom Haus aus wurde im ersten Betriebsjahr (9/12 bis 8/13) eine Einspeisung ins „öffentliche“ Netz in Höhe von 4.910 kWh vorgenommen. Diese Angabe beruht auf der Ablesung des Zählers des Netzbetreibers. Im zweiten Betriebsjahrs (9/13 bis 8/14) belief sich die Einspeisung auf 5.542 kWh Strom (Endenergie).

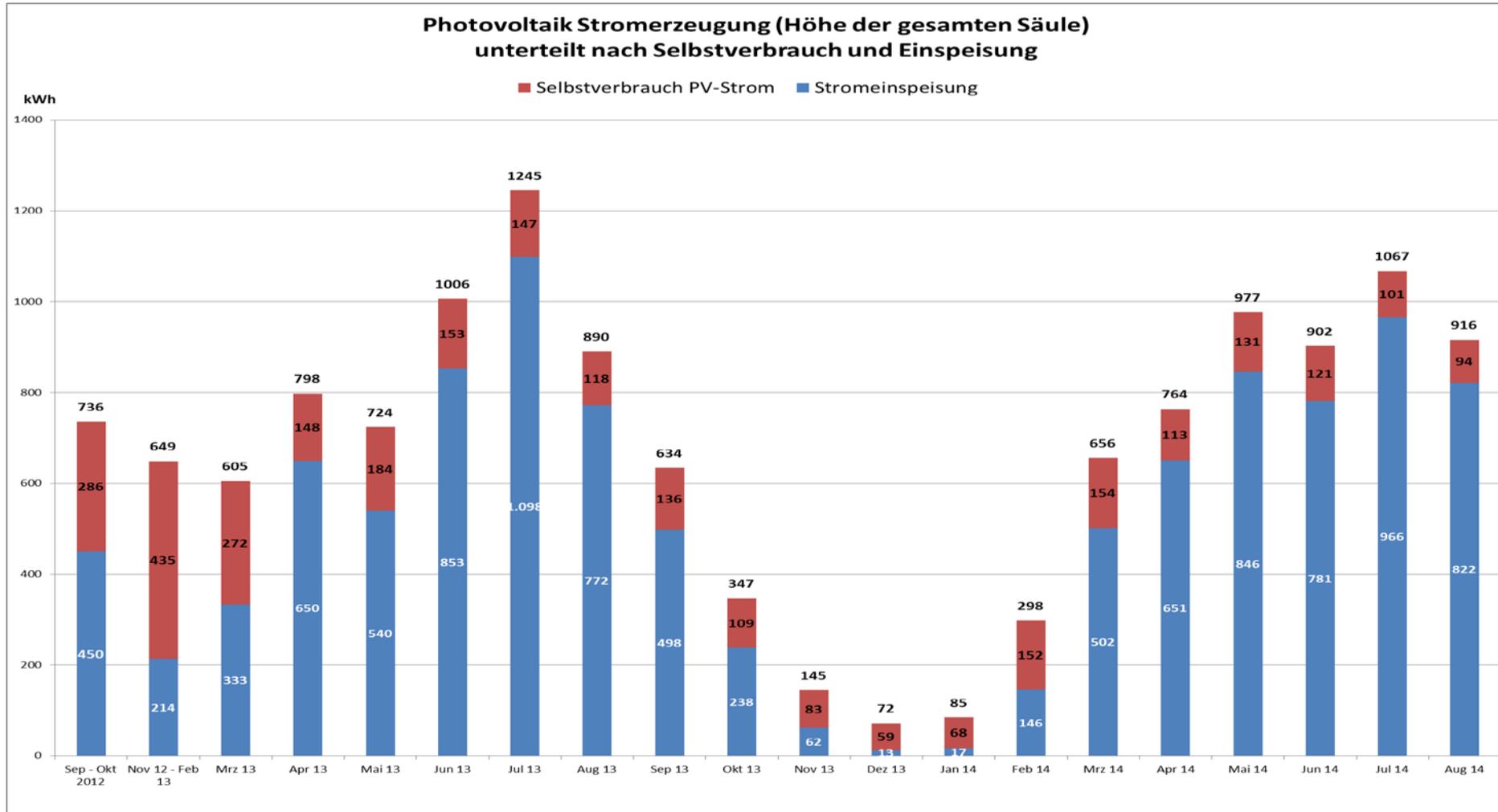
In der Abbildung 8 wird gezeigt, wieviel Strom monatsweise erzeugt wurde, wieviel davon eingespeist und wie viel selbst verbraucht wurde.

Eigenverbrauch selbst erzeugten PV-Stroms

Im Haus wurden im ersten Betriebsjahr (9/12 bis 8/13) 1.743 kWh Endenergie des erzeugten PV-Stroms selbst verbraucht, also nicht eingespeist. Dies entspricht einer Eigenverbrauchsquote von 35,5 %. Diese Angabe beruht auf der Abrechnungssystematik des Netzbetreibers, nach der von der erzeugten Menge die eingespeiste Menge abgezogen wird. Ein Zähler für den Eigenverbrauch existiert nicht. Im zweiten Betriebsjahr (9/13 bis 8/14) belief sich der Eigenverbrauch auf 1.321 kWh Endenergie. Dies sind 19,2 % des selbst erzeugten Stroms.

In der Abbildung 8 wird gezeigt, wieviel Strom monatsweise erzeugt wurde, wieviel davon eingespeist und wie viel selbst verbraucht wurde.

Abbildung 8 PV-Erzeugung, -Einspeisung und -Selbstverbrauch



Die Abbildung 8 lässt erkennen²³, dass der Selbstverbrauch des selbst erzeugten PV-Stroms nur in den Monaten November bis Februar hoch ist (zwischen 51 und 82 % des erzeugten PV-Stroms). In den strahlungsstarken Monaten liegt der Selbstverbrauch jedoch nur bei 10-14 %. Dass der Selbstverbrauch bis März 2013 relativ hoch ist, liegt daran, dass hier infolge hohem Lüftungsbedarf und noch nicht optimal eingestellter Heizungs- und Warmwassertechnik ein hoher Strombedarf bestand, der eben teilweise durch selbst erzeugten Strom gedeckt werden konnte.

Stromverbrauch

Der gesamte Endenergieverbrauch des Modellhauses erfolgte überwiegend durch elektrischen Strom. Im zweiten Betriebsjahr wurden für einen „Wohlfühlkaminofen“ zusätzlich 5,5 Flaschen Flüssiggas verwendet. Beim Stromverbrauch muss beachtet werden, dass hierin „außergewöhnlicher Verbrauch“ für die Messtechnik, die Musterhaus-Eigenschaft und die Elektromobilität enthalten ist bzw. herausgerechnet werden muss.

Die Abbildung 9 zeigt den monatlichen Stromverbrauch in der Aufteilung nach Eigenerzeugung und Bezug aus dem Netz.²⁴ Erwartungsgemäß liegt der Strombezug in den Wintermonaten deutlich höher als in den Übergangsmonaten oder im Sommer. Es zeigt sich aber auch, dass in den ersten Monaten des zweiten Betriebsjahrs der Stromverbrauch deutlich niedriger liegt als in den vergleichbaren Monaten des ersten Betriebsjahres. Dies liegt zum an einem verminderten Lüftungsbedarf (abgeschlossene Bauaustrocknung, Abtransport Neubaugeruch), an einer Optimierung der Einstellungen der Regelung der Wärmepumpe und der Warmwasserbereitung sowie an einem wärmeren Winter 2013/14.

Endenergieverbrauch

Im ersten Betriebsjahr betrug der (witterungs- und standortbereinigte) Endenergieverbrauch 29,5 kWh/(m²*a). Im zweiten Betriebsjahr betrug der (witterungs- und standortbereinigte) Endenergieverbrauch 23,4 kWh/(m²*a). Die m² beziehen sich auf die Fläche A_N. Dieser Verbrauch beinhaltet den Stromverbrauch der Haushaltsgeräte.

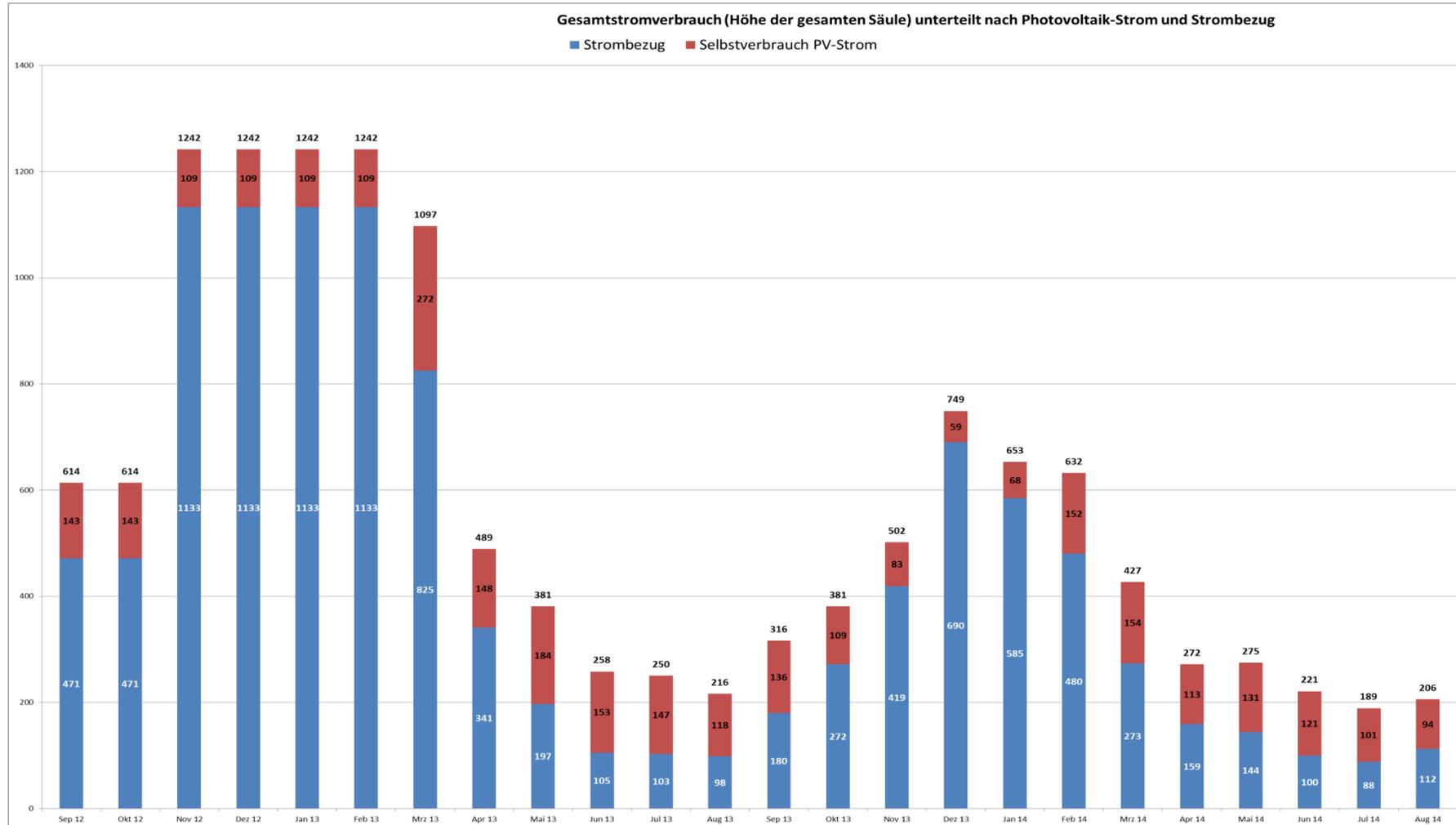
Energiekosten

Im zweiten Betriebsjahr wurden für den ins Netz eingespeisten Strom 1.424 € an Einnahmen erzielt. Dem gegenüber stehen Ausgaben in Höhe von 932 € für bezogenen Strom und 83 € für Flüssiggas für den „Wohlfühlkamin“. In der Summe ergibt sich also an Energiekosten für das zweite Betriebsjahr ein Überschuss von 409 €.

²³ Leider liegen für die Monate Sept. und Okt. 2012 und Nov. bis Febr. 12 keine monatlichen Daten vor.

²⁴ Leider liegen für die Monate Sept. und Okt. 2012 und Nov. bis Febr. 12 keine monatlichen Daten vor. Die Werte für Sept./Okt. 2012 und Nov 12 bis Februar 13 wurden vereinfachend durch zwei bzw. 4 geteilt

Abbildung 9 Stromverbrauch gesamt, -bezug und -Selbstverbrauch PV-Strom



Im ersten Betriebsjahr (9/12 bis 8/13) betrug der gesamte Endenergieverbrauch 8.887 kWh.²⁵ Hiervon sind jedoch 1.059 kWh für die Elektromobilität und 510 kWh für Messtechnik abzuziehen, um auf den Verbrauch des „reinen Hauses“ zu kommen. Es verbleibt ein nicht witterungsbereinigter Endenergieverbrauch von 7.318 kWh. Witterungs- und standortbereinigt ergibt sich für diesen Zeitraum ein Verbrauch von 7.458 kWh.²⁶

Im zweiten Betriebsjahr (9/13 bis 8/14) belief sich der nicht witterungsbereinigte Endenergieverbrauch für Strom und Flüssiggas auf 5.597 kWh Endenergie, inkl. Messtechnik (eine Nutzung für Elektromobilität fand in diesem Zeitraum nicht statt). Ohne Messtechnik (244 kWh) ergeben sich 5.353 kWh.

Es ergibt sich ferner, dass im ersten Betriebsjahr für 1.724 kWh Strom unklar ist, wofür sie verwendet wurden. Im zweiten Betriebsjahr besteht für 1.708 kWh keine Klarheit, wofür sie im Einzelnen verwendet wurden. Ursachen sind nicht installierte bzw. nicht funktionierende Zähler (Vergleiche Anlage 3 Abschnitt B, Blätter 1 und 2).

Verbrauch an Flüssiggas

Im Haus gibt es im Wohnzimmer einen Kaminofen, der mit Flüssiggas aus Flaschen betrieben werden kann. Der Ofen war von September 2012 bis August 2013 sehr selten in Betrieb, so dass der Verbrauch im ersten Betriebsjahr irrelevant ist. Im zweiten Betriebsjahr hat der Verbrauch merklich zugenommen. Nach Angaben des Hauseigentümers wurden 5 bis 6 Flaschen à 11 kg Flüssiggas verbraucht. Bei einem Heizwert von 12,8 kWh/kg und angenommenen 5,5 Flaschen ergibt sich ein Brennstoffeinsatz von 774 kWh.

Wärme

Die Tabelle 8 zeigt die gemessenen Daten bzgl. der Wärmepumpe.

²⁵ ohne Witterungsreinigung.

²⁶ Witterungs- und Standortbereinigung entsprechend Energieausweisverfahren nach EnEV. Da kein nennenswerter Warmwasserverbrauch: Der gesamte von der Wärmepumpe bezogene Strom (4.659 kWh) wurde bereinigt. Zeitraum-Standort-Faktor nach DWD: 1,03.

Tabelle 8 Messdaten zur Wärmepumpe

	Stromverbrauch, ohne Pumpen (Solepumpenzähler defekt)	Wärme, die von der WP an den Speicher abge- geben wurde	Wärme, die im Heizungskreislauf verbraucht wurde	"abgegebene Wärme"	"AZ" ohne Hilfs- pumpenstrom und ohne Spei- cherverluste
	Stromzähler	WMZ	WMZ	?	Sp. 3/2
	Zähler im Schalt- schrank	rossweiner HEAT two 6814157	rossweiner HEAT two 6814226	lt. Display WP "Energiezähler"	
Monat	kWh	kWh	kWh	kWh	
Sep 12	503				
Okt 12					
Nov 12					
Dez 12					
Jan 13					
Feb 13					
Mrz 13	752	2.686	2.579		3,57
Apr 13	290	998	829	807	3,44
Mai 13	112	511	449	480	4,55
Jun 13	39	155	45	141	4,01
Jul 13	28	107	0	96	3,80
Aug 13	0	0	0	0	
Sep 13	56	278	244	270	4,99
Okt 13	131	654	574	620	4,98
Nov 13	309	1.476	1.408	1385	4,78
Dez 13	535	2.278	2.193	2106	4,24
Jan 14	467	2.049	1.987	1909	4,39
Feb 14	416	1.863	1.783	1737	4,48
Mrz 14	238	1.104	1.030	1036	4,64
Apr 14	110	502	399	474	4,56
Mai 14	91	398	311	393	4,37
Jun 14	23	92	0	86	4,00
Jul 14	25	107	0	92	4,28
Aug 14	39	164	62	154	4,21
Summe 09/13- 08/14	2.440	10.965	9.991	10.262	JAZ 4,49

Bemerkungen:

- "Wärme, die im Heizungskreislauf verbraucht wurde" heißt: ab Ausgang Speicher und nicht für Warmwasser
- Im Pufferspeicher ist kein Heizstab integriert. Der Heizstab der Wärmepumpe war vom August 2013 an abgeschaltet (Kontakt gezogen).
- Da der Speicher ein Kombi- Speicher für Heizung und WW ist, können seine Verluste nicht messtechnisch auf Warmwasser und Heizung aufgeteilt werden.
- Da der Stromzähler der Solepumpe defekt ist und ein Austausch erfolglos blieb, können keine Angaben zum Stromverbrauch der Solepumpe gemacht werden.

- Zu berücksichtigen ist, dass so gut wie kein Warmwasserverbrauch stattfand, jedoch der dafür mit-vorgesehene Speicher dauernd auf entsprechender Temperatur gehalten wurde.
- Die erheblichen Unterschiede zwischen den Verbrauchswerten des ersten und des zweiten Jahres sind u.E. im Wesentlichen auf zwei Ursachen zurückzuführen: 1. Auszutrocknende Baufeuchtigkeit im ersten Jahr mit erhöhtem Lüftungsbedarf, 2. Bessere Einstellung der Regelung, insbesondere bezüglich der Warmwasserbereitung, im zweiten Jahr.

Im zweiten Betriebsjahr erreichte die Wärmepumpe eine Arbeitszahl von 4,49. Das ist gut. Bei Warmwasserbereitung unter Wohnnutzung und bei Einbeziehung des Stroms für die Solepumpe würde sie etwas darunter liegen.

Bilanz und Vergleich Verbrauch mit Bedarf

Im ersten Betriebsjahr wurden im Haus (ohne Berücksichtigung von Messtechnik und Elektromobilität) 7.318 kWh Endenergie verbraucht, witterungs- und standortbereinigt 7.458 kWh. Diesem steht eine Stromerzeugung vom Dach des Hauses von 6.653 kWh gegenüber. Somit ergibt sich eine Unterdeckung von 665 kWh bzw. 805 kWh.

Dabei ist jedoch u.a. zu berücksichtigen, dass

- im Haus so gut wie kein Warmwasserverbrauch stattfand,
- einige große Haushaltsgeräte nicht betrieben wurden,
- mehr Lüftungswärmebedarf für die Gebäudeaustrocknung bestand.²⁷

Im Vergleich zu dem von [Westkämper, 2013] nach DIN V 18 599 berechneten Endenergiebedarf von 4.349 kWh für Raumwärme, Warmwasser und Lüftung sowie 2.500 kWh für Haushaltsstrom, in der Summe also 6.849 kWh, ergibt sich im ersten Betriebsjahr eine Differenz von 609 kWh zwischen tatsächlichem (standort- und witterungsbereinigtem) Verbrauch und Bedarf. Der tatsächliche Verbrauch ist höher als der für standardisierte Nutzungsannahmen berechnete Bedarf. Dies beruht auch darauf, dass im Haus in der Heizzeit eine höhere Raumlufttemperaturen vorhanden waren (über 21 °C) als in der Bedarfsberechnung anzusetzen ist.

Der Solarertrag lag etwa 10 % unter dem erwarteten Ertrag.

Im zweiten Betriebsjahr wurden im Haus (ohne Berücksichtigung von Messtechnik und Elektromobilität, inkl. Flüssiggas) 5.353 kWh Endenergie verbraucht, witterungs- und standortbereinigt 5.912 kWh. Diesem steht eine Stromerzeugung vom Dach des Hauses von 6.863 kWh gegenüber. Somit ergibt sich ein Überschuss von 1.510 kWh bzw. witterungs- und standortbereinigt von 951 kWh. Wäre der „Wohlfühlkamin“ nicht betrieben worden, würde der Überschuss etwa 2.284 kWh bzw. 1.725 kWh betragen.

Dabei ist jedoch wiederum zu berücksichtigen, dass im Haus so gut wie kein Warmwasserverbrauch stattfand und einige große Haushaltsgeräte nicht betrieben wurden.

Im Vergleich zu dem von [Westkämper, 2013] nach DIN V 18 599 berechneten Endenergiebedarf von 4.349 kWh für Raumwärme, Warmwasser und Lüftung sowie 2.500 kWh für Haushaltsstrom, in der Summe also 6.849 kWh, ergibt sich im ersten Betriebsjahr eine

²⁷ Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Speicher, aus dem Warmwasser entnommen würde, ständig auf Temperatur gehalten wurde und auch eine Zirkulation stattfand.

Differenz von 609 kWh zwischen tatsächlichem (standort- und witterungsbereinigten) Verbrauch und Bedarf. Der tatsächliche Verbrauch lag im ersten Betriebsjahr höher als der für standardisierte Nutzungsannahmen berechnete Bedarf. Dies beruht auch darauf, dass im Haus in der Heizzeit eine höhere Raumlufttemperaturen vorhanden waren (über 21 °C) als in der Bedarfsberechnung anzusetzen ist.

Der Solarertrag lag etwa 7 % unter dem erwarteten Ertrag.

Im zweiten Betriebsjahr ergab sich im Vergleich zu dem von [Westkämper, 2013] nach DIN V 18 599 berechneten Endenergiebedarf von 6.849 kWh eine Differenz zum tatsächlichem (standort- und witterungsbereinigten) Verbrauch von 937 kWh. Der Verbrauch war um 937 kWh niedriger als erwartet.

7 Elektromobilität

Das Gebäude wurde mit einer Ladestation für ein Elektro-Auto ausgestattet. Von August bis Dezember 2012 wurde diese Ladestation zur „Betankung“ eines Elektro-PKW genutzt.

In dieser Zeit wurden 1.059 kWh Strom an Elektro-PKW abgegeben. Seit Anfang Januar 2013 steht kein Elektro-PKW zur Verfügung. Die Ladestation wurde seitdem nicht benutzt.

8 Kosten / Wirtschaftlichkeit

8.1 Zusätzliche Investitionen

Nach Angaben des Auftraggebers wurden beim betrachteten Gebäude gegenüber einer Ausführung, die den EnEV₂₀₀₉-Standard erreicht, zusätzliche Investitionen getätigt. In der Tabelle 9 sind diese zusammengestellt.

Tabelle 9 Zusätzliche Investitionen für den „Effizienzhaus Plus-Standard“ gegenüber dem „EnEV 2009-Standard“ beim Einfamilienhaus HO Immobilien, Bremen

Bauteil / Anlage	Konventionelle Ausführung nach EnEV ₂₀₀₉ und EEWärmeG	Ausführung für „Effizienzhaus-Plus“-Standard	Mehrkosten in €, inkl. MwSt.
Außenwände	Poroton d=36,5 cm U = 0,23	Poroton T7 d= 42,5 cm; U = 0,16	6.000
Bodenplatte	d = 10 cm Dämmung. U = 0,32	d = 20 cm Dämmung. U = 0,15	2.500
Dach	d = 20 cm Dämmung. U = 0,20	d = 26 cm Dämmung. U = 0,15	500
Fenster	2-fach-Wärmeschutzverglasung. U _w = 1,30	3-fach-Wärmeschutzverglasung mit warmer Kante. U _w = 0,95	2.500
Lüftungsanlage	mit WRG	mit WRG	0
Heizung / Warmwasser	Erdgas-Brennwert therm. Solaranlage +	elt. Wärmepumpe, WW-Durchfluss-Wärmetauscher	6.000 (13.000 für WP u. WW ./ 4.000 für nicht notwendige thermische Solaranlage und ./ 3.000 für eingesparten Gasanschluss)
Photovoltaik-Anlage	-	55,5 m ² Modulfläche	17.000 (hier ohne MwSt., weil erstattet)
Maßnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs (Beleuchtung, Geräte)	-	LED-Beleuchtung, sparsame Geräte	1.750
Summe			36.250
Bezogen auf m² Fläche A_N (hier: 243 m²)			150
Gebäudeleittechnik	-	inkl. zusätzlicher Kabel	20.000
© Clausnitzer, Fraunhofer IFAM			

Die unterschiedlichen Investitionen beider energetischer Standards sind bekannt, weil vom Eigentümer zusätzlich ein nahezu baugleiches Gebäude im Standard EnEV₂₀₀₉ errichtet wurde.²⁸

Anmerkungen:

1. Die Angaben stammen vom Bauherrn (bis auf „Maßnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs“: eigene Ermittlung).
2. Die Mehrkosten können angegeben werden, weil vom gleichen Bauherrn und vom selben Bautyp drei weitere Gebäude am gleichen Standort im Standard „EnEV₂₀₀₉“ gebaut wurden
3. Durch die vermiedene Erdgasbrennwertheizung werden zusätzlich pro Jahr eingespart: Erdgas-Zählergebühr ca. 60 €, Abgaswegprüfung / CO-Messung (2 jähriger Rhythmus) ca. 36 €, also 18 €/a, Feuerstättenschau (Rhythmus 3,5 Jahre) ca. 36 €, also ca. 10 €/a. Summe: ca. 90 €/a Einsparung.
4. Durch die Vermeidung des Abgaswegs einer Erdgasheizung konnte ein zusätzliches PV-Modul auf dem Flachdach untergebracht werden. Durchschnittlicher erwarteter Ertrag = 217 kWh/a (ca. 54 €/a)
5. Die Gebäudeleittechnik trägt (rechnerisch nach EnEV+ Normen + Effizienzhaus-Plus-Berechnung) nicht zur Einhaltung des „Effizienzhaus-Plus“- Standards bei
6. Die höheren Investitionen für besonders energieeffiziente Haushaltsgeräte und Beleuchtung wurden in Summe auf 1.735 € und im Detail wie folgt abgeschätzt, jeweils vergleichbare Geräte:
 - Spülmaschine: Mehraufwand 250 € (A+++-Gerät gegenüber A+ Gerät; jeweils dt. Markenhersteller; Preisrecherche bei einem Hersteller)
 - Kühl-Gefrier-Kombi: Mehraufwand 135 € (Quelle: Abschätzung aus Preisangaben bei [test 2012a] sehr gutes A+++-Gerät = 835 € gegenüber A++-Geräten dt. Hersteller: ca. 700 €).
 - Induktionskochfeld: Mehraufwand 500 € (Quelle: eig. Preisrecherche bei bekannter Elektrogeräte-Kette)
 - Beleuchtung: Mehraufwand 500 € für 20 LED-Brennstellen a durchschnittlich 25 € (eig. Schätzung auf Basis eig. Käuferfahrung 2012; jedoch Preisreduktion in 2013 und auch in Zukunft zu erwarten)

Üblicherweise im Einfamilienhaus vorhanden (im Musterhaus aber nicht):

 - Wäschetrockner: Mehraufwand 250 € für A+++-Gerät mit elt. Wärmepumpe gegenüber Kondensationstrockner (Abschätzung aus Preisangaben nach [test 2012b])
 - Waschmaschine: Mehraufwand: 100 € A+++-Gerät gegenüber A+-Gerät. Quelle: eigene Preisrecherche (dt. Markengeräte)

²⁸ Zu bedenken ist, dass nicht nur die Anforderungen der EnEV, sondern auch des EEWärmeG erfüllt werden müssen. Die Erfüllung der EneV₂₀₀₉ und des EEWärmeG kann auf sehr vielfältige Weise geschehen. Hier werden die Investitionen aufgeführt, die bei der vom Bauherren gewählten Ausführung anfielen bzw. vermieden wurden.

Die Ermittlung der zusätzlichen Investitionen bzw. Betriebskosten ergab bei diesem Gebäude einen Zusatzaufwand von 150 € pro Quadratmeter Gesamtnutzfläche A_N (inkl. MwSt.) zur Erreichung des Effizienzhaus-Plus-Standards. Nicht eingerechnet sind darin ca. 20.000 € bzw. ca. 82,50 € pro $m^2 A_N$ für die Gebäudeleittechnik. Diese ist für das Erreichen des Effizienzhaus-Plus-Standards nicht erforderlich.

8.2 Wirtschaftlichkeit

Betrachtet wird hier die Wirtschaftlichkeit des Effizienzhaus-Plus-Standards im Vergleich zur Ausführung nach „annähernd Mindeststandard EnEV₂₀₀₉“. Förderungen werden nicht berücksichtigt. Der Vergleich erfolgt auf der Basis der Energieausweis-Berechnungen des Ing.-Büros Hotze nach DIN V 4108 und DIN V 4701-10, weil für das Referenzhaus nach Standard EnEV₂₀₀₉ keine Berechnung nach DIN V 18955 vorliegt, sowie nach der PV-Strom-Ertragsprognose der Anlagenplaner.

In der Tabelle 10 wird eine Gegenüberstellung der variablen Kosten für ein Jahr auf der Grundlage der Energiebedarfswerte vorgenommen. Dabei zeigt sich Folgendes:

- Beim Effizienzhaus Plus werden in der Summe keine Kosten für Energie erwartet, im Gegenteil, es sollte einen Überschuss von ca. 75 € im ersten Jahr geben.
- In Folgejahren wird dieser Überschuss voraussichtlich schrumpfen. Der Grund besteht darin, dass die Einspeisevergütung für den erzeugten Strom pro kWh für 20 Jahre feststeht, aber der Strompreis für den bezogenen Strom Preissteigerungen unterworfen ist.
- Beim Effizienzhaus Plus besteht gegenüber der Bauausführung nach EnEV₂₀₀₉ bezüglich der variablen Kosten für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Haushaltsstrom ein Kostenvorteil von ca. 2.650 € im ersten Jahr. Das heißt, die Effizienzhaus Plus-Variante verursacht auf Basis des rechnerischen Bedarfs um 2.550 € geringere Ausgaben für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Haushaltsstrom als die Bauweise entsprechend EnEV₂₀₀₉.
- Gegenüber den Mehrkosten für den Effizienzhaus Plus-Standard in Höhe von 36.250 € ergeben sich jährliche Minderkosten in Höhe von 2.550 €. Bei einer statischen Amortisationsrechnung machen sich die Mehrkosten also nach ca. 14 Jahren bezahlt.
- Bei einer dynamischen Amortisationsrechnung mit Berechnung des Barwertes der Einsparung, die wir analog entsprechend unserer langjährigen Abschätzung der Wirkungen der KfW-Förderprogramme vorgenommen haben, ergibt sich unter Berücksichtigung von prognostizierten Preissteigerungen, einem Zins von 3,5 % p.a. und einer Inflationsrate von 1,62 %, als Summe der abdiskontierten jährlichen Einsparungen über den Betrachtungszeitraum 20 Jahre ein Barwert von 35.700 €. Dieser muss im Vergleich zum höheren Investitionsbetrag (36.250 €) bei Effizienzhaus Plus betrachtet werden. Es ergibt sich im Betrachtungszeitraum von 20 Jahren eine leichte Unterdeckung. Dabei muss aber berücksichtigt werden: erstens, dass die PV-Anlage nach 20 Jahren noch weiter Strom produzieren wird und dieser Strom verkauft oder selbst genutzt werden kann; zweitens der Wärmeschutz noch mindestens weitere 20 Jahre Wirkung hat, drittens aus heutiger Sicht ein Zins von 3,5 % relativ hoch ist.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Effizienzhaus Plus-Bauweise wirtschaftlicher als die Bauweise nach EnEV₂₀₀₉ sein könnte. Allerdings wird die tatsächliche Wirtschaftlichkeit sich erst rückblickend genau berechnen lassen, wenn z.B. die tatsächliche Energiepreisentwicklung und die tatsächlichen Verbräuche feststehen.

Tabelle 10 Vergleich variabler Kosten beim Modellprojekt HO Immobilien

		Standard EnEV2009	Effizienzhaus Plus-Standard	Differenz
Fläche	A_N in m ²	244	253	+9
Endenergiebedarf Heizung, Lüftung u. Warmwasser				
spezifisch	kWh/(m ² *a)	66,5	15,45	-50,55
davon Erdgas	kWh/(m ² *a) Hi	61,6	-	-61,6
davon Strom	kWh/(m ² *a)	4,9	15,45	+10,55
gesamt	kWh/a	15.030	3.909	-11.121
davon Erdgas	kWh/a Hi bzw. Hs	13.835 / 15.219	-	-13.835 / - 15.219
davon Strom	kWh/a	1.196	3.909	+2.713
Energiekosten				
Grundpreis Erdgas	€/a	59	-	-
Arbeitspreis Erdgas	€/kWh H ₅	0,0664	-	-
Erdgaskosten	€/a	1.070	-	-1.070
Arbeitspreis Strom	€/kWh	0,27	0,27	0
Kosten Hilfsenergie	€/a	323	enthalten	-323
Energiekosten für H _z g., WW, Lüftung	€/a	1.393	1.055	-338
Weitere Betriebskosten				
Schornsteinfeger	auf 1 a umgelegt, €/a	30	-	
Wartung Heizung und th. Solaranlage	€/a	125	100	
Jahreskosten für Heizung, Lüftung und Warmwasser	€/a	1.548	1.155	-492
Stromerzeugung				
Ertrag PV-Anlage	€/kWh		0,2443, ohne Mwst.	
PV-Zählergebühr	€/a		21,45	
Erwartete Erzeugung	kWh/a	0	7.395	
Erwarteter Stromertrag	€	0	1.806 ohne Mwst.	+1.806 ohne Mwst.
Haushaltsstromverbrauch				
Geräte + Beleuchtung	kWh/a	3.800	2.500	-1.300
Stromkosten	€/a	1.026	675	-351
Gesamte Energiekosten	€/a	2.574	24	-2.550

9 Kosten-Nutzen-Analyse eingesetzter besonders innovativer Technologien

Bei dem betrachteten Gebäude wurden allein Standard-Technologien wie

- konventioneller Wärmeschutz
- Wärmepumpe
- Pufferspeicher
- Durchfluss-Warmwasserbereiter
- PV-Module
- LED-Beleuchtung
- besonders sparsame Haushaltsgeräte

eingesetzt.

Mit dem Zuwendungsbescheid vom 18.9.2012 wurde keine Förderung nach Abschnitt 4b für neue Komponenten (wie z.B. Dünnschichtmodule für die Fassade) der Förderrichtlinie nach [BMVBS 2011b] gewährt. Aussagen zur Wirtschaftlichkeit, zur Bedien-, Wartungs- und Modernisierungsfreundlichkeit u.ä. zu solchen Technologien können daher für das betreute Haus nicht getroffen werden.

1 0 Verbesserungsvorschläge

Vorschläge in Bezug auf die Weiterentwicklung von Effizienzhaus-Plus- Gebäuden:

1. Bei dem hier betreuten Effizienzhaus plus wurden in der Betriebsphase höhere Raumtemperaturen beobachtet als sie den Energiebedarfsberechnungen zu Grunde liegen (hier oft 21,5 °C statt 20°C). Zwar sollte jedem Nutzer freistehen, welche Raumlufttemperaturen er haben möchte. Jedoch sollte in der Energiebedarfsberechnung von vornherein mit höheren Raumlufttemperaturen gerechnet werden als dies aktuell nach den Normen erlaubt ist.
2. Bei dem betreuten Gebäude wurde ein verhältnismäßig großer Aufwand betrieben, um nahezu jede Steckdose und jeden Decken- oder Wandauslass separat über die Gebäudeleittechnik ansteuern und messtechnisch erfassen zu können. Diese bedeutet jedoch auch einen hohen Ressourceneinsatz. Die Abbildung 10 zeigt beispielhaft einige Kabelbäume, die durch dieses Konzept nötig werden. Es ist im Sinne der Ressourcenschonung kritisch zu hinterfragen, ob sich dieser Ressourceneinsatz auszahlt. Hierfür fehlt u.E. in Deutschland ein Bewertungsinstrument.

Abbildung 10 Kabelstränge für die Gebäudeleittechnik



3. Bei der Planung der Lage der Zu- und Abluftleitungen sowie des Abgasrohres für den „Wohlfühlkamin“ sollte berücksichtigt werden, dass diese Lage Einfluss auf die Bestückung mit PV-Modulen haben kann (siehe Abbildung 7).

Vorschläge in Bezug auf die Förderung von Effizienzhaus-Plus- Gebäuden:

- Die Höhe der Förderung (z.B. im Rahmen der KfW-Programme) sollte von dem Energiekennwert ($\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) abhängig gemacht werden, der in der Betriebsphase (witterungsbereinigt) erreicht wird. Dazu ist es unerlässlich, dass der Verbrauch durch einen unabhängigen Experten drei Jahre beobachtet, beschrieben, witterungsbereinigt und testiert wird. Ein bloßes Zurückgreifen auf Abrechnungen reicht nicht aus, da die Abrechnungszeiträume nicht zwangsläufig mit dem Beobachtungszeitraum identisch sind und ohnehin nicht witterungsbereinigt sind.

Auch könnte laut Abrechnungen Strom enthalten sein, der noch in der Errichtungsphase anfiel; es könnten auch Energieträger unbetrachtet bleiben wie Scheitholz, Holzpellets oder Flaschenflüssiggas, der jedoch in die Energiebilanz aufzunehmen ist. Eine Förderung könnte z.B. „+ 200 €“ ausmachen, wenn der berechnete Energiebedarf auch in der Praxis erreicht wird. Diese Förderung würde auch den so genannten Rebound-Effekt adressieren, der oft bei Neubauten durch in der Betriebsphase höhere als angenommene Raumlufttemperaturen zustande kommt. Eine Messwerte Erfassung mit weniger Stromzählern ist dabei denkbar.

- Eine Förderung von Einzeltechniken sollte daran gebunden sein, dass die eingebaute Technik (z.B. Gebäudeleittechnik) so funktioniert wie vorgesehen. Beim hier beschriebenen Haus arbeiteten einige der Zähler einige Zeit nicht ordnungsgemäß. Die angezeigten Werte führten zu falschen Schlussfolgerungen. Bezüglich der Gebäudeleittechnik und von installierten Zwischenzählern sollte es eine förmliche Abnahme und Testierung geben, in der festgestellt wird, ob diese Zähler auch genau das zählen, was sie zählen sollen, und ferner, ob die Gebäudeleittechnik auch genau das anzeigt, was diese Zähler an Daten liefern.
- Bei der Planung und beim Leistungsverzeichnis für eine Gebäudeleittechnik sollte dargelegt werden, welche Zähler (inkl. Wärmemengenzähler) gesetzt werden, welche Daten diese in welcher Form liefern und dass diese Daten in einer Benutzeroberfläche in kWh ab einem einzustellenden veränderbaren Datum darzustellen sind.
- Es zeigte sich bei den Messungen im ersten Betriebsjahr, dass der Verbrauch über den Erwartungen lag. Dies lag auch daran, dass die Möglichkeiten zur Einstellung der Heizungsanlage und der Warmwasserbereitung derart vielfältig sind (mehrere Hundert Programmcodes), dass selbst zugezogene Spezialisten einige Zeit brauchten, um die Einstellung der Anlage im Verlaufe mehrerer Monate aufeinander und an die Nutzergewohnheiten abzustimmen und zu optimieren. Ein „alleingelassener Hauseigentümer“ wäre hier überfordert. Dies zeigt, dass eine Begleitung hocheffizienter Gebäude zumindest in den ersten beiden Jahren nach Fertigstellung Sinn macht und in Förderprogramme aufgenommen werden sollte.

1 1 Literatur

- [BMVBS, 2011a] Anonymus. *Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität*. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Berlin. 2011.
- [BMVBS, 2011b] Bekanntmachung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung über die Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte im „Plus-Energie-Haus-Standard“ vom 18.8.2011. Berlin. 2011.
- [Brötje, o.J.] Fa. Brötje. *SensoTherm BSW Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpe*. Rastede. Ohne Jahr.
- [GC, o.J.] Prospekt *Heizungs-Pufferspeicher Typ C und R-PU/SPU*. Hrsg.: GC Sanitär- und heizungs-Handels-Contor GmbH der ga-Gruppe.
- [GermanPV, 2012] Klaus Janser, GermanPV: *Aufstellung zur PV-Anlage Haus Osterloh*. Kempten. 6.8.2012
- [HO Immobilien, 2011] *Wohnflächenberechnung nach DIN*. Email vom 7.12.2011.
- [Hotze, 2011a] Ingenieurbüro Jörg Hotze. *Bauteilkatalog – Neubau eines Einfamilienhauses – BV Osterloh*. Dinklage. 7.12.2011.
- [Hotze, 2011b] Ingenieurbüro Jörg Hotze. *Energiebedarfsberechnung nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10/12 – Bauvorhaben Neubau eines Einfamilienhauses BV Osterloh*. Dinklage. 7.12.2011.
- [Hotze, 2012a] Ingenieurbüro Jörg Hotze. *Energiebedarfsberechnung nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10/12. Öffentlich Rechtlicher Nachweis. Bauvorhaben: Neubau eines Einfamilienhauses- BV Osterloh*. Dinklage. 9.1.2012.
- [RM, 2012a] Fa. RM Heizung – Sanitärbau GmbH, Scharrel: *Angebot PV Anlage*, 13.6.2012.
- [RM 2012b] Fa. RM Heizung – Sanitärbau GmbH, Scharrel: *Rechnungen zur PV Anlage (Lieferung, Montage)*, vom 13.6.2012.
- [test 2012a] Stiftung Warentest: *test*. Heft 7. Berlin. 2012
- [test 2012b] Stiftung Warentest: *test*. Heft 1. Berlin. 2012
- [Vallox, 2009] Hersteller Info. Hrsg.: Vallox
- [ViciOne, 2013] Homepage <http://acx-gmbh.de/de/home-building-automation/index.html>. Aufruf vom 18.3.2013.
- [Westkämper, 2013] Westkämper, H. *DIN V 18599 Berechnungsunterlagen Haus Osterloh*. 02.12.2012, geändert 16.04.2013.

Anlagen

Für das Effizienzhaus PLUS, HO Immobilien in Bremen, waren für den Beobachtungszeitraum 1.9.2012 bis 31.8.2014 folgende Messdaten vorhanden/ nicht vorhanden.

Nicht vorhandene Messdaten beruhen auf nicht installierten Zählern und nicht oder nicht rechtzeitig im vereinbarten Format zur Verfügung gestellten Messdaten. Die vorhandenen Messdaten wurden jeweils nach Lieferung einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Über die Plausibilität sagen die nachfolgenden Tabellen zunächst nichts aus.

Farblegende:

Grün: Werte vorhanden

Rot: Werte nicht vorhanden bzw. werte nicht ablesbar

Orange: Werte vorhanden, aber Zählerbeschriftung durch Elektriker falsch. Zähler zeigt andere Werte als beschriftet an

Gelb: noch zu prüfen

	Einheit	Messung	Intervall	Position	Messwerte liegen vor für ...																												Bemerkungen				
					2012					2013												2014															
					<9	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8								
Wetter																																					
Sonnenstrahlung vertikal Süd	W/m ²	Logging	15 Min.	Dach	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	ab 19.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Sonnenstrahlung horizontal	W/m ²	Logging	15 Min.	Dach	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	ab 19.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
relative Außenluftfeuchte	%	Logging	15 Min.	Dach	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	ab 19.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Außenlufttemperatur	°C	Logging	15 Min.	Dach	-	-	-	-	-	-	ab 12	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1		
Nutzerverhalten																																					
Raumlufttemperatur	°C	Logging	15 Min.	HWR	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Raumlufttemperatur	°C	Logging	15 Min.	Küche	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Raumlufttemperatur	°C	Logging	15 Min.	Kind 1	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Raumlufttemperatur	°C	Logging	15 Min.	Flur unten	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Raumlufttemperatur	°C	Logging	15 Min.	Flur oben	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

¹ Für Jan u. Feb 2014 werden konstant 7,3 °C angegeben. Diese Werte sind damit unbrauchbar. Im März liegen ab 12.3. Messwerte vor. Werte f. Juli unplausibel

Anlage 1

	Einheit	Messung	Intervall	Position	Messwerte liegen vor für ...																												Bemerkungen				
					2012					2013												2014															
					<9	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8								
Stromerzeugung																																					
Zähler im Wechselrichter 1	kWh	Able- sung	Seit 4/13 monat- liche Ab- lesung	HWR		-	10.10. bis 4.4.					✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2			
Zähler im Wechselrichter 2	kWh	Able- sung		HWR		-	10.10. bis 4.4.					✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
PV-Ein- speisung	kWh	Able- sung	Monat- lich	HWR	ab 27. 6.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3			
	kWh	Abre- chnung			27.6.12-31.12.12					1.1.13 bis 29.4.14												-	-	-	-												
PV-Erzeugung nach Wech- selrichter	kWh	Able- sung	Monat- lich	HWR		-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	5			
	kWh	Logging	5 Minu- ten			-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6			
PV-Erzeugung nach Wech- selrichtern	kWh	Able- sung	Monat- lich	HWR	>2 7. 6.	31.8.- 10.10.		10.10.-28.2.					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7				
	kWh	Abre- chnung			27.6.12-31.12.12					1.1.13 bis 29.4.14-												-	-	-	-												

- 2 kumulierte Werte seit Einbau
- 3 Zähler des Stromnetzbetreibers Nr. 1218, mittlere Zeile im Display, kumulierte Werte seit Einbau
- 4 Zähler des Stromnetzbetreibers Nr. ...1218, mittlere Zeile im Display, kumulierte Werte seit Einbau
- 5 Zähler des Bauherrn, kumulierte Werte seit Einbau
- 6 Zähler des Bauherrn, kumulierte Werte seit Einbau
- 7 Zähler des Stromnetzbetreibers Nr. ... 2754, kumulierte Werte seit Einbau
- 8 Zähler des Stromnetzbetreibers Nr. ... 2754. Gesamte Erzeugung (= Summe aus Netzeinspeisung und Eigenverbrauch), kumulierte Werte seit Einbau

	Einheit	Messung	Intervall	Position	Messwerte liegen vor für ...																												Bemerkungen									
					2012					2013												2014																				
					< 9	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8													
Gesamtstromverbrauch																																										
Eigenverbrauch aus PV-Erzeugung	kWh	Abrechnung			27.6.12-31.12.12					1.1.13 – 29.4.2014																														9		
Strombezug aus Netz	kWh	Abrechnung	4.10.12 bis 28.4.13		-	-	4.10.12 bis 28.4.13					29.04.2013-24.4.2014																														10
	kWh	Ableistung	Monatlich	HWR		31.8.-10.10.12 und 10.10. bis 28.2.13					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	11					
Zählerbeschriftung: (Strom-) Gesamtverbrauch“ (jedoch: falsche Bezeichnung)	kWh	Logging	5 Minuten		-	-	-	-	-	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	12							
	kWh	Ableistung	ab 3/13 monatlich	HWR		-	10.10. bis 28.2.					(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	13						

⁹ Vom Netzbetreiber aus 2 Zählerwerten errechnet (Zähler. ... 2754 und Zähler. ...1218 (mittlere Zeile im Display)

¹⁰ Zähler ...1218, obere Zeile. Werte der Rechnung vom 22.8.13 in Bezug auf Zeitraum unplausibel

¹¹ Zähler des Stromnetzbetreibers Nr. ...1218 (obere Zeile im Display)

¹² Vorliegende Werte sind nicht plausibel: Zähler zeigt nicht den Gesamtverbrauch. Hinzugezählt werden müsste der von der PV-Anlage erzeugte gleichzeitig selbstverbrauchte nicht eingespeiste Strom. Zähler hieß zunächst „Beleuchtung“.

¹³ Vorliegende Werte sind nicht plausibel, s.o.

Anlage 1

Effizienzhaus PLUS, HO Immobilien, Bremen

Vorhandene Messdaten

	Einheit	Messung	Intervall	Position	Messwerte liegen vor für ...																												Bemerkungen			
					2012					2013												2014														
					< 9	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8							
Stromverbrauch																																				
Wärmepumpe	kWh	Logging	5 Minuten	-	-						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	14	
	kWh	Ablesung	ab 3/13 monatlich	HWR		31.8.-10.10.12 und 10.10. bis 28.2.13					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	15
Solepumpe	kWh	Logging	5 Minuten	-	-	-	-	-	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	16	
	kWh	Ablesung	monatlich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	
Lüftungsanlage	kWh	Logging	5 Minuten	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	kWh	Ablesung	ab 4/13 monatlich	HWR		31.8-10.10.	Zähler defekt					(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	18	
Warmwasser-Zirkulationspumpe	kWh	Logging	5 Minuten	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	kWh	Ablesung	ab 3/13 monatlich	HWR		31.8.-10.10. und 10.10. bis 28.2.					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Messtechnik	kWh	Ablesung	ab 3/13 monatlich	HWR		-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Ladepumpe für WW-Durchflusserwärmer	kWh	Logging	5 Minuten	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	19	
	kWh	Ablesung	ab 3/13 monatlich	HWR		31.8.-10.10. und 10.10. bis 28.2.					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

- 14 ohne Sole-, Zirkulations- und Ladepumpe. Zählerergebnisse für 1 bis 3/13 zweifelhaft
- 15 ohne Sole-, Zirkulations- und Ladepumpe
- 16 keine plausiblen Werte
- 17 Kein Zähler ablesbar
- 18 Zähler wurde Okt 13 geprüft. Es zeigte sich, dass bis 31.10.13 ein Datenlogger-PC mit über diesen Zähler lief. Dies er PC wurde dann abgebaut
- 19 Pumpe zum Fördern von Wärme aus Pufferspeicher zum WW-Durchlauferhitzer

	Einheit	Messung	Intervall	Position	Messwerte liegen vor für ...																												Bemerkungen		
					2012					2013												2014													
					<9	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8						
Wärmemengenzähler																																			
Gesamte von der Wärmepumpe an den Speicher abgegebene Wärmemenge	kWh	Log-ging	stündlich		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	
	kWh	Able-sung	ab 3/2013 monatlich	HWR	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Von Wärmepumpe abgegebene Wärme	kWh	Able-sung	monatlich	im Wärmepumpen-Display	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wärme, die im Heizungskreislauf verbraucht wird	kWh	Log-ging	stündlich		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	
	kWh	Able-sung	ab 3/2013 monatlich	HWR	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zirkulationsverluste Warmwasser	kWh	Log-ging	stündlich	HWR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
	kWh	Able-sung	ab 3/2013 monatlich	HWR	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wärme, die die Sohle bereit stellte	MWh	Log-ging	stündlich	HWR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
	MWh	Able-sung	ab 3/2013 monatlich	HWR	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

20 Zähler rossweiner HEAT two 6814157
 21 Zähler rossweiner HEAT two 6814226
 22 Zähler rossweiner HEAT two, Zähler-nr. 6814169
 23 Zähler Sensus 30841189

Anlage 1

Effizienzhaus PLUS, HO Immobilien , Bremen

Vorhandene Messdaten

	Einheit	Messung	Intervall	Position	Messwerte liegen vor für ...																												Bemerkungen	
					2012					2013												2014												
					<9	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8					
Lüftungsanlage mit WRG																																		
Lufttemperatur	°C	Log-ging	15 Minuten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	
Lufttemperatur	°C	Log-ging	15 Minuten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	
Lufttemperatur	°C	Log-ging	15 Minuten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	
Lufttemperatur	°C	Log-ging	15 Minuten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	
Volumenstrommessung	m³/h	Log-ging	15 Minuten		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	

- 24 Abluft vor Wärmetauscher
- 25 Abluft nach Wärmetauscher (außen)
- 26 Zuluft außen
- 27 Zuluft innen nach Wärmetauscher
- 28 Zuluft

Stromerzeugung, -einspeisung, -eigenverbrauch und zusätzlicher Bezug in kWh im 1. Betriebsjahr

1	Energieart	Quelle	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	12/12	1/13	2/13	3/13	4/13	5/13	6/13	7/13	8/13	Summe 1.Jahr	Bemerkungen
2	I Stromerzeugung durch Photovoltaikanlage	End	(3)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	31	197	489	778	810	1.032	1.203	962	5.501	A,(9)
3		Primär	(4)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	88	550	1.368	2.178	2.268	2.890	3.368	2.694	15.404	(9)
4		End	(5)	1082	736	649	605	798	724	1.006	1.245	890	6.653	A				
5		Primär	(4)	3.030	2.061	1.817	1.694	2.234	2.027	2.817	3.486	2.492	18.628					
6		End	(8)	2.221										Werte liegen nur für Abrechnungszeitraum 1.1.13 bis 25.2.14 vor. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 7.039 kWh		k.A.		
7		Primär	(4)	6.219										siehe vorherige Zeile. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 19.709 kWh		k.A.		
8		II Einspeisung ins Netz (Menge auch abhängig von Elektromobilität und Messtechnik)	End	(6)	933	450	214	333	650	540	853	1.098	772	4.910				
9	Primär		(4)	2.612	1.260	599	932	1820	1512	2388,4	3074,4	2161,6	13.748					
10	End		(8)	1.542										Werte liegen nur für Abrechnungszeitraum 1.1.13 bis 25.2.14 vor. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 5.248 kWh		k.A.		
11	Primär	(4)	4.318										siehe vorherige Zeile. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 14.694 kWh		k.A.			
12	III Eigenverbrauch PV-Strom (Menge auch abhängig von Elektromobilität und Messtechnik)	End	Differenz I - II	149	286	435	272	148	184	153	147	118	1.743	B				
13		Primär	(4)	417	801	1.218	762	414	515	428	412	330	4.880					
14		End	(8)	679											Werte liegen nur für Abrechnungszeitraum 1.1.13 bis 25.2.14 vor. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 1.791 kWh		k.A.	
15		Primär	(4)	1.901											siehe vorherige Zeile. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 5.015 kWh		k.A.	
16	IV Strombezug aus dem Netz (Menge auch abhängig von Elektromobilität und Messtechnik)	End	(7)	2.948	942	4.533	825	341	197	105	103	98	7.144	A				
17		Primär	(2)	7.075	2.261	10.879	1.980						15.120					
18		End	(8)	9.549										Werte liegen nur für Abrechnungszeitraum 29.4.13 bis 24.4.14 vor. Innerhalb des Abr.zeitraums: 3.584 kWh		k.A.		
19	Primär	(2)	22.918										siehe vorherige Zeile. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 8.602 kWh		k.A.			

Bilanz (Erinnerung: Strom f. Messtechnik (510 kWh) und Elektromobilität (1.059 kWh) enthalten)

20	PV-Strom-Erzeugung	6.653	kWh	
21	PV-Strom-Einspeisung	4.910	kWh	
22	PV-Strom Eigenverbrauch	1.743	kWh	
23	Strombezug aus Netz	7.144	kWh	
25	Stromverbrauch gesamt berechnet aus Strombezug aus dem Netz + Eigenverbrauch selbst erzeugten PV-Stroms. Basis: Zähler Netzbetreiber. inkl. Elektromobilität und Messtechnik	1.9.12 bis 29.8.13	8.887	kWh
26	Stromverbrauch berechnet aus Strombezug aus dem Netz + Eigenverbrauch selbst erzeugten PV-Stroms. Basis: Zähler Netzbetreiber. ohne Elektromobilität und Messtechnik		7.318	kWh
27	Strom -Überschuss (=Erzeugung - Verbrauch), ohne Elektromobilität 1059 kWh und Messtechnik 180 kWh + 330 kWh		-665	kWh

kein Überschuss, sondern Unterdeckung!

Quellen

- In der Energiebilanz bedeuten negative Werte, dass im Haus mehr Energie verbraucht als dort erzeugt wurde; positive Werte bedeuten, dass vom Haus mehr Energie erzeugt als dort verbraucht wurde
- PE-Faktor für bezogenen Strom 2,4
- Quelle: NSC-Datenlogging jeweils vom 1. Tag des Monats 0.01 Uhr bis letzter Tag des Monats 23.59 Uhr
- PE-Faktor Verdrängungsstrommix 2,8
- Ablese Zähler des Netzbetreibers "von der PV-Anlage erzeugter Strom". swb-Easymeter-Drehstrom Lieferzähler 100 104 2754
- Ablese Zähler des Netzbetreibers: "ins EVU-Netz eingespeister Strom. swb -Drehstrom -Easymeter-2-Richtungszähler", Zähler-Nr. 1001031218, mittl. Zeile im Display
- Ablese Zähler des Netzbetreibers: "vom EVU-Netz bezogener Strom". swb -Drehstrom Easymeter-2-Richtungszähler, Zähler-Nr. 1001031218, obere Zeile im Display
- Abrechnungen des Netzbetreibers
- kein komplettes Jahr

Bemerkungen

- A Zahlen jeweils seit 0.01 Uhr des ersten Tages des Monats bis 23.59 Uhr des letzten Tages des Monats
- B Differenz aus Erzeugung und Einspeisung
- C unplausibel für den 1. Abrech.zeitraum! Der angebliche Anfangsstand passt nicht zum Datum; hier ist vermutlich Baustrom vor Fertigstellung enthalten

Ergebnis

Nach Klärung einiger Ungereimtheiten ergibt sich im ersten Betriebsjahr kein Überschuss an Energie, vielmehr ein Defizit von 665 kWh. Generell ist zu berücksichtigen, dass a) das Gebäude trockengeheizt werden muss (Massivbau); b) die Anpassung des Heizsystems an das Haus eine Weile dauert, c) das Haus ein Musterhaus ist und nicht alle haushaltstypischen Anwendungen in Betrieb waren (kaum Warmwasser, keine Waschmaschine)

Stand: 08.09.2014 aufgestellt

Dr. Klaus-Dieter Clausnitzer, Fraunhofer IFAM

Stromerzeugung, -einspeisung, -eigenverbrauch und zusätzlicher Bezug in kWh im 2. Betriebsjahr

1	Energieart	Quelle	9/13	10/13	11/13	12/13	1/14	2/14	3/14	4/14	5/14	6/14	7/14	8/14	Summe 2. Jahr	Bemerkungen			
2	I Stromerzeugung durch Photovoltaikanlage	End	(3)	557	361	149	64	89	273	652	803	924	962	1.058	895	6.787			
3		Primär	(4)	1560	1011	417	180	250	764	1.825	2.248	2.587	2.693	2.963	2.507	19.004			
4		End	(5)	634	347	145	72	85	298	656	764	977	902	1.067	916	6.863			
5		Primär	(4)	1.775	972	406	202	238	834	1.837	2.139	2.736	2.526	2.988	2.565	19.216			
6		End	(8)	Werte liegen nur für Abrechnungszeitraum 1.1.13 bis 25.2.14 vor. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 7.039 kWh							Werte liegen nicht vor							k.A.	
7		Primär	(4)	siehe vorherige Zeile. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 19.709 kWh														k.A.	
8		II Einspeisung ins Netz (Menge auch abhängig von Elektromobilität und Messtechnik)	End	(6)	498	238	62	13	17	146	502	651	846	781	966	822	5.542		
9			Primär	(4)	1.394	666	174	36	48	409	1.406	1823	2369	2187	2705	2302	15.518		
10	End		(8)	Werte liegen nur für Abrechnungszeitraum 1.1.13 bis 25.2.14 vor. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 5.248 kWh							Werte liegen nicht vor							k.A.	
11	Primär		(4)	siehe vorherige Zeile. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 14.694 kWh														k.A.	
12	III Eigenverbrauch PV-Strom (Menge auch abhängig von Elektromobilität und Messtechnik)	End	Differenz I - II	136	109	83	59	68	152	154	113	131	121	101	94	1.321	B		
13		Primär	(4)	381	305	232	165	190	426	431	316	367	339	283	263	3.699			
14		End	(8)	Werte liegen nur für Abrechnungszeitraum 1.1.13 bis 25.2.14 vor. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 1.791 kWh							Werte liegen nicht vor							k.A.	
15		Primär	(4)	siehe vorherige Zeile. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 5.015 kWh														k.A.	
16	IV Strombezug aus dem Netz (Menge auch abhängig von Elektromobilität und Messtechnik)	End	(7)	180	272	419	690	585	480	273	159	144	100	88	112	3.502			
17		Primär	(2)	432	653	1.006	1.656	1.404	1.152	655	382	346	240	211	269	8.405			
18		End	(8)	Werte liegen nur für Abrechnungszeitraum 29.4.13 bis 24.4.14 vor. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 3.584 kWh							Werte liegen nicht vor							k.A.	
19		Primär	(2)	siehe vorherige Zeile. Innerhalb des Abrechnungszeitraums: 8.602 kWh														k.A.	

Bilanz (Erinnerung: Strom f. Messtechnik enthalten. Strom für Elektromobilität fiel im 2. Betriebsjahr nicht an)

20	PV-Strom-Erzeugung		6.863	kWh
21	PV-Strom-Einspeisung		5.542	kWh
22	PV-Strom Eigenverbrauch		1.321	kWh
23	Strombezug aus Netz		3.502	kWh
25	Stromverbrauch gesamt berechnet aus Strombezug aus dem Netz + Eigenverbrauch selbst erzeugten PV-Stroms. Basis: Zähler Netzbetreiber. inkl. Elektromobilität und Messtechnik	1.9.13 bis 31.8.14	4.823	kWh
26	Stromverbrauch berechnet aus Strombezug aus dem Netz + Eigenverbrauch selbst erzeugten PV-Stroms. Basis: Zähler Netzbetreiber. ohne Elektromobilität und Messtechnik		4.579	kWh
27	Strom -Überschuss (=Erzeugung - Verbrauch), ohne Elektromobilität (hier jedoch 0 kWh) und Messtechnik 244 kWh		2.284	kWh

Quellen

- (1) In der Energiebilanz bedeuten negative Werte, dass im Haus mehr Energie verbraucht als dort erzeugt wurde; positive Werte bedeuten, dass vom Haus mehr Energie erzeugt als dort verbraucht wurde
- (2) PE-Faktor für bezogenen Strom 2,4
- (3) Quelle: NSC-Datenlogging jeweils vom 1. Tag des Monats 0.01 Uhr bis letzter Tag des Monats 23.59 Uhr
- (4) PE-Faktor Verdrängungsstrommix 2,8
- (5) Ablesung Zähler des Netzbetreibers "von der PV-Anlage erzeugter Strom". swb-Easymeter-Drehstrom Lieferzähler 100 104 2754
- (6) Ablesung Zähler des Netzbetreibers: "ins EVU-Netz eingespeister Strom. swb -Drehstrom -Easymeter-2-Richtungszähler", Zähler-Nr. 1001031218, mittl. Zeile im Display
- (7) Ablesung Zähler des Netzbetreibers: "vom EVU-Netz bezogener Strom". swb -Drehstrom Easymeter-2-Richtungszähler, Zähler-Nr. 1001031218, obere Zeile im Display
- (8) Abrechnungen des Netzbetreibers

Bemerkungen

B Differenz aus Erzeugung und Einspeisung

Ergebnis

Es besteht ein Überschuss an Energie (2.284 kWh). Hiervon muss noch der Verbrauch an Flüssiggas für den Schau-Kaminofen abgezogen werden (774 kWh). Es verbleibt ein **Überschuss von 1.510 kWh** im zweiten Betriebsjahr.

Generell ist zu berücksichtigen, dass das Haus ein Musterhaus ist und nicht alle haushaltstypischen Anwendungen in Betrieb waren (kaum Warmwasser, keine Waschmaschine)
Stand: 9.9.2014 aufgestellt Dr. Klaus-Dieter Clausnitzer, Fraunhofer IFAM

Effizienzhaus Plus, Bremen-Oberneuland, HO Immobilien

Zusammensetzung Endenergieverbrauch 1. Betriebsjahr (ohne Messtechnik und Flüssiggas) für die Zeit vor 1.1.13 liegen keine geloggte Daten vor

Datenquelle: NSC-Datenlogging

Verbrauch nicht witterungsbereinigt

	Jan 13	Feb 13	Mrz 13	Apr 13	Mai 13	Jun 13	Jul 13	Aug 13					Summe im Beobachtungszeitraum
Strom (kWh)													
"Gesamtverbrauch" (irreführende Bezeichnung, da PV-Eigenverbrauch nicht enthalten)	973	805	837	409	282	182	162	162					3.811
<i>darunter:</i>													0
Elektromobilität	0	0	0	0	0	0	0	0					0
Messtechnik 1	k.A.	k.A.	15	15	14	14	15	13					86
Beleuchtung	15	14	12	9	15	21	7	16					109
große Haushaltsgeräte (E-Herd, Kühl-Gefrierkombination, Spülmaschine)	3	3	4	4	4	4	4	4					30
Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser	717	275	717	298	125	42	26	1					2.201
Hilfenergie für Heizung und Warmwasser**	13	2	0	4	6	0	0	0					25
Lüftungsanlage	5	12	4	14	15	15	16	16					98
Summe gemessene Stromkreise	754	306	752	344	179	96	68	50					2.549
Rest: andere Stromverbraucher *	219	499	85	65	103	86	94	112					1.263
Flüssiggas (kWh)													0
Schau-Kaminofen	0	0	0	0	0	0	0	0					0

Die Werte für gr. Haushaltsgeräte sind unplausibel

Die Werte für die Hilfsenergie sind unplausibel

* Werte Reststromverbrauch für Jan und Febr. unplausibel hoch. Möglicherweise Zähler falsch geschaltet

** Unterzähler für Solepumpe defekt. Mehrfache Reklamation erfolglos. Zähler für Umwälzpumpe Heizungskreislauf fehlt

Stand: 3.9.2014

aufgestellt

Dr. Klaus-Dieter Clausnitzer, Fraunhofer IFAM

Effizienzhaus Plus, Bremen-Oberneuland, HO Immobilien

Zusammensetzung Endenergieverbrauch 2. Betriebsjahr

Datenquelle: NSC-Datenlogging (außer Messtechnik und Flüssiggas)

Verbrauch nicht witterungsbereinigt

	Sep 13	Okt 13	Nov 13	Dez 13	Jan 14	Feb 14	Mrz 14	Apr 14	Mai 14	Jun 14	Jul 14	Aug 14	bisherige Summe im Beobachtungs zeitraum
Strom (kWh)													
"Gesamtverbrauch" (irreführende Bezeichnung, da PV-Eigenverbrauch nicht enthalten)	235	309	434	756	529	509	312	189	181	151	120	136	3.862
<i>darunter:</i>													0
Elektromobilität	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Messtechnik und andere mit dem vorübergehenden Status "Musterhaus" zusammenhängende Verbräuche (Alarmanlage, Außenbeleuchtung)	16	14	14	16	14	15	14	14	15	13	14	14	173
Beleuchtung	14	20	20	10	15	28	16	11	12	13	7	6	172
große Haushaltsgeräte (E-Herd, Kühl-Gefrierkombination, Spülmaschine)	3	5	2	5	3	3	3	3	4	3	4	4	43
Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser	56	131	309	581	421	416	238	110	91	24	25	38	2.440
Hilfsenergie für Heizung und Warmwasser**	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Lüftungsanlage	17	16	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4	74
Summe gemessene Stromkreise	110	187	350	616	456	466	275	142	127	58	55	66	2.908
Rest: andere Stromverbraucher *	260	230	167	198	140	194	189	158	182	206	164	160	2.248
Flüssiggas (kWh)													
Schau-Kaminofen	0	129	129	129	129	129	129	0	0	0	0	0	774

Die Werte für große Haushaltsgeräte, Lüftungsanlage und Hilfsenergie sind unplausibel

(6) Angabe Eigentümer "5-6 Flaschen" pro Winter

5,5 a kg:

11 Heizwer

12,8 kWh/kg gesamt

774,4 kWh/a

verteilt auf 6
Monate

** Unterzähler für Solepumpe defekt. Mehrfache Reklamation erfolglos. Zähler für Umwälzpumpe Heizungskreislauf fehlt

Stand: 08.09.2014

aufgestellt

Dr. Klaus-Dieter Clausnitzer, Fraunhofer IFAM

Effizienzhaus Plus, Bremen-Oberneuland, HO Immobilien

Energieerzeugung, Einspeisung und Energieverbrauch im Kalenderjahr 2013 in kWh

Übersicht: geloggte Daten hierzu liegen erst seit 1/2013 vor

Verbrauch nicht witterungsbereinigt

Stromerzeugung des Hauses in kWh	Jan 13	Feb 13	Mrz 13	Apr 13	Mai 13	Jun 13	Jul 13	Aug 13	Sep 13	Okt 13	Nov 13	Dez 13	Summe im Jahr 2013
Endenergie (3)	31	197	489	778	810	1.032	1.203	962	633	346	145	71	6.696
Primärenergie (4)	88	550	1.368	2.178	2.268	2.890	3.368	2.694	1.772	969	406	199	18.750

Einspeisung	10	98	333	650	540	853	1.098	772	498	238	62	13	5.165
--------------------	----	----	-----	-----	-----	-----	-------	-----	-----	-----	----	----	--------------

Eigenverbrauch selbst erzeugten PV-Stroms	21	99	156	128	270	179	105	190	135	108	83	58	1.532
--	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	-------

Endenergieverbrauch	Jan 13	Feb 13	Mrz 13	Apr 13	Mai 13	Jun 13	Jul 13	Aug 13	Sep 13	Okt 13	Nov 13	Dez 13	Summe
angeblicher Gesamtverbrauch laut Zählerbeschriftung u. NSC-Datenlogging (hinzuzuzählen ist jedoch der PV-Eigenverbrauch)	973	805	837	409	282	182	162	162	235	309	434	756	5.546
tatsächlicher Gesamtverbrauch inkl. selbst verbrauchten PV-Stroms	994	904	993	537	552	361	267	352	370	417	517	814	7.078
Flüssiggas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	129	129	387
Summe Endenergie	994	904	993	537	552	361	267	352	370	546	646	943	7.465

Primärenergieverbrauch	Jan 13	Feb 13	Mrz 13	Apr 13	Mai 13	Jun 13	Jul 13	Aug 13	Sep 13	Okt 13	Nov 13	Dez 13	Summe
Strom	2.335	1.932	2.009	982	677	437	389	389	564	742	1.042	1.814	13.310
Flüssiggas (6)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	142	142	426
Summe Primärenergie	2.335	1.932	2.009	982	677	437	389	389	564	884	1.184	1.956	13.736

Energiebilanz (1)	Jan 13	Feb 13	Mrz 13	Apr 13	Mai 13	Jun 13	Jul 13	Aug 13	Sep 13	Okt 13	Nov 13	Dez 13	Summe
Endenergie	-963	-708	-504	241	258	671	936	610	263	-200	-501	-872	-769
Primärenergie (2)	-2.248	-1.382	-640	1.197	1.591	2.453	2.980	2.305	1.208	85	-778	-1.758	5.014

(1) In der Energiebilanz bedeuten negative Werte, dass im Haus mehr Energie verbraucht als dort erzeugt wurde; positive Werte bedeuten, dass vom Haus mehr Energie erzeugt als dort verbraucht wurde

(2) PE-Faktor für bezogenen Strom 2,4 (3) Quelle: NSC-Datenlogging

(4) PE-Faktor Verdrängungsstrommix 2,8

(5) Schätzungen für Jan und Februar, weil nur Wert für Nov.12 bis Febr. 13 vorliegt (214 kWh)

(6) Angabe Eigentümer "5-6 Flaschen" pro Winter 5,5 a kg: 11 Heizwert 12,8 kWh/kg gesamt 774,4 kWh/a verteilt auf 6 Monate

Stand: 8.9.2014 aufgestellt Dr. Klaus-Dieter Clausnitzer, Fraunhofer IFAM

Fraunhofer IFAM
Anlage 2, Abschnitt C: Kalenderjahr 2014

Effizienzhaus Plus, Bremen-Oberneuland, HO Immobilien
Energieerzeugung und Energieverbrauch im Kalenderjahr 2014
Verbrauch nicht witterungsbereinigt

Stromerzeugung des Hauses in kWh	Jan 14	Feb 14	Mrz 14	Apr 14	Mai 14	Jun 14	Jul 14	Aug 14	Sep 14	Okt 14	Nov 14	Dez 14	bisherige Summe im Jahr 2014
Endenergie (3)	84	297	654	762	974	901	1.065	915					5.652
Primärenergie (4)	235	832	1.831	2.134	2.727	2.523	2.982	2.562	0	0	0	0	15.826

Einspeisung	17	146	502	651	846	781	966	822					4.731
--------------------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--	--	--	--	-------

Eigenverbrauch selbst erzeugten PV-Stroms	67	151	152	111	128	120	99	93	0	0	0	0	921
--	----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	---	---	---	---	-----

Endenergieverbrauch	Jan 14	Feb 14	Mrz 14	Apr 14	Mai 14	Jun 14	Jul 14	Aug 14	Sep 14	Okt 14	Nov 14	Dez 14	Summe
angeblicher Gesamtverbrauch laut Zählerbeschriftung u. NSC-Datenlogging (hinzuzuzählen ist jedoch der PV-Eigenverbrauch)	529	509	312	189	181	144	120	133					2.117
tatsächlicher Gesamtverbrauch inkl. selbst verbrauchten PV-Stroms	596	660	464	300	309	264	219	226	0	0	0	0	3.038
Flüssiggas (5)	129	129	129	0	0	0	0	0					387
Summe Endenergie	725	789	593	300	309	264	219	226	0	0	0	0	3.425

Primärenergieverbrauch	Jan 14	Feb 14	Mrz 14	Apr 14	Mai 14	Jun 14	Jul 14	Aug 14	Sep 14	Okt 14	Nov 14	Dez 14	Summe
Strom	1.270	1.222	749	454	434	346	288	319					5.081
Flüssiggas	142	142	142	0	0	0	0	0					426
Summe Primärenergie	1.412	1.364	891	454	434	346	288	319					5.507

Energiebilanz (1)	Jan 14	Feb 14	Mrz 14	Apr 14	Mai 14	Jun 14	Jul 14	Aug 14	Sep 14	Okt 14	Nov 14	Dez 14	Summe
Endenergie	-641	-492	61	462	665	637	846	689					2.227
Primärenergie (2)	-1.176	-532	940	1.680	2.293	2.177	2.694	2.243					10.319

(1) In der Energiebilanz bedeuten negative Werte, dass im Haus mehr Energie verbraucht als dort erzeugt wurde; positive Werte bedeuten, dass vom Haus mehr Energie erzeugt als dort verbraucht wurde

(2) PE-Faktor für bezogenen Strom 2,4 (3) Quelle: NSC-Datenlogging, Ablesung vom I-Pad

(4) PE-Faktor Verdrängungsstrommix 2,8

(5) Angabe Eigentümer "5-6 Flaschen" pro Winter
Stand: 8.9.2014

5,5 a kg:
Dr. Klaus-Dieter Clausnitzer, Fraunhofer IFAM

11 Heizwert 12,8 kWh/kg gesamt 774,4 kWh/a

verteilt auf 6
Monate

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt A: 1. Betriebsjahr

	Kühlschrank	Kühlschrank	Geschirrspüler	Geschirrspüler	Lüftung	Lüftung	Ladepumpe	Ladepumpe
Sep 12		3		2		79		75
Okt 12								
Nov 12								
Dez 12								
Jan 13		62		12				229
Feb 13								
Mrz 13		20		1				0
Apr 13	4	18	1	3	15	29	4	19
Mai 13	3	16	0	3	14	23	5	27
Jun 13	3	17	1	2	14	22	0	0
Jul 13	4	20	0	1	16	35	0	0
Aug 13	4	18	0	2	14	24	0	0
Summe 1.9.12-29.8.13	k.A.	108	k.A.	26	k.A.	k.A.	k.A.	350
Summe 10.10.12-29.8.13	k.A.	170	k.A.	23	k.A.	k.A.	k.A.	275
Summe 28.2.13-29.8.13	k.A.	108	k.A.	12	k.A.	k.A.	k.A.	47
Summe 2.4.13-29.8.13	18	88	2	11	73	132	9	47
I-Pad-Werte, Ablesung	jeweils: Stromverbrauch bzw. -produktion in kWh							
Zählerablesung (Zählerschrank)								
PV-Strom-Produktion laut Wechselrichtern								
PV-Stromerzeugung laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt A: 1. Betriebsjahr

	Zirku-Pumpe	Zirku-Pumpe	Auto	Auto	Beleuchtung	Beleuchtung	E-Herd	E-Herd
Sep 12		6		323		k.A.		0
Okt 12								
Nov 12								
Dez 12		19		736		k.A.		0
Jan 13								
Feb 13								
Mrz 13		0		0		12		0,1
Apr 13	0	2	0	0	10	9	0	0
Mai 13	0	2	0	0	15	15	0	0
Jun 13	0	0	0	0	20	20	0	0
Jul 13	0	0	0	0	7	7	0	0
Aug 13	0	0	0	0	16	16	0	0,1
Summe 1.9.12-29.8.13	k.A.	29	k.A.	1059	k.A.	k.A.	k.A.	0,2
Summe 10.10.12-29.8.13	k.A.	23	k.A.	736	k.A.	k.A.	k.A.	0,2
Summe 28.2.13-29.8.13	k.A.	4	k.A.	0	k.A.	79,9	k.A.	0,2
Summe 2.4.13-29.8.13	0	4	0	0	68	68	0	0,1
I-Pad-Werte, Ablesung	jeweils: Stromverbrauch bzw. -produktion in kWh							
Zählerablesung (Zählerschrank)								
PV-Strom-Produktion laut Wechselrichtern								
PV-Stromerzeugung laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt A: 1. Betriebsjahr

	Wärme- pumpe	Wärme- pumpe	Solepumpe	Solepumpe	PV-Pro- duktion	PV-Pro- duktion	PV-Pro- duktion	PV-Pro- duktion	
Sep 12				Zähler nicht vorhanden				736	
Okt 12		503							
Nov 12									
Dez 12									
Jan 13								649	
Feb 13		2935							
Mrz 13		752					536	605	
Apr 13	290	290	0			828	864	612	798
Mai 13	112	112	0			724	723	724	724
Jun 13	38	39	0			1004	1005	2244	1006
Jul 13	28	28	0		1242	1243		1245	
Aug 13	0	0	0		886	888	887	890	
Summe 1.9.12-29.8.13	k.A.	4659	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	6653	
Summe 10.10.12- 29.8.13	k.A.	4156	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	5917	
Summe 28.2.13-29.8.13	k.A.	1221	k.A.	k.A.	k.A.	5258	k.A.	5268	
Summe 2.4.13-29.8.13	468	469	0	k.A.	4684	4722	4467	4663	
I-Pad-Werte, Ablesung					jeweils: Stromverbrauch bzw. -produktion in kWh				
Zählerablesung (Zählerschrank)									
PV-Strom-Produktion laut Wechselrichtern									
PV-Stromerzeugung laut Netzbetreiber-Zähler									
laut Netzbetreiber-Zähler									
laut Netzbetreiber-Zähler									

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt A: 1. Betriebsjahr

	Gesamt-verbrauch ohne Berücksichtigung selbst verbrauchten PV- Stroms	Gesamt-verbrauch ohne Berücksichtigung selbst verbrauchten PV- Stroms	Bezug lt. Zähler Netzbetreiber	Einspeisung lt. Zähler Netzbetreiber
Sep 12			942	450
Okt 12				
Nov 12				
Dez 12				
Jan 13		4589	4533	214
Feb 13				
Mrz 13		881	825	333
Apr 13	406	407	341	650
Mai 13	261	261	197	540
Jun 13	172	172	105	853
Jul 13	170	170	103	1098
Aug 13	151	151	98	772
Summe 1.9.12-29.8.13	k.A.	k.A.	7144	4910
Summe 10.10.12- 29.8.13	k.A.	6632	6202	4460
Summe 28.2.13-29.8.13	k.A.	2043	1669	4246
Summe 2.4.13-29.8.13	1160	1162	844	3913
I-Pad-Werte, Ablesung	jeweils: Stromverbrauch bzw. -produktion in kWh			
Zählerablesung (Zählerschrank)				
PV-Strom-Produktion laut Wechselrichtern				
PV-Stromerzeugung laut Netzbetreiber-Zähler				
laut Netzbetreiber-Zähler				
laut Netzbetreiber-Zähler				

Zelle: I9

Kommentar: Autor:
reduziert um 47 kWh f Anteil Mess-PC

Zelle: AH9

Kommentar: Autor:
start hier erst 4.4.

Zelle: I10

Kommentar: Autor:
reuziert um 47 kWh für Anteil Mess-PC

Zelle: I11

Kommentar: Autor:
reduziert um 47 kWh für Anteil Mess-PC

Zelle: I12

Kommentar: Autor:
reduziert um 47 kWh für Anteil Mess-PC

Zelle: I13

Kommentar: Autor:
reduziert um 47 kWh für Anteil Mess-PC

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt A: 2. Betriebsjahr

	Kühl- schrank	Kühl- schrank	Geschirr- spüler	Geschirr- spüler	Lüftung	Lüftung	Ladepumpe	Ladepumpe
Sep 13	3	18	0	1	17	39	3	14
Okt 13	4	16	1	2	16	31	1	5
Nov 13	2	14	0	3	4	19	0	0
Dez 13	4	17	1	3	4	26	0	0
Jan 14	3	14	0	1	3	13	0	1
Feb 14	3	15	0	2	4	19	0	1
Mrz 14	3	15	0	1	4	21	0	0
Apr 14	2	14	1	3	4	19	0	0
Mai 14	4	16	0	2	5	22	0	0
Jun 14	2	15	1	2	4	19	0	0
Jul 14	4	18	1	4	4	22	0	0
Aug 14	4	19	0	0	4	22	0	0
Summe 1.9.13-31.8.2014	38	190,3	5	21,5	73	272,4	4	20,2
nachrichtlich: Vorjahr (ungefähr, da Daten 10.10.12-10.10.13)	k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/ 13 in Betrieb	193	k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/ 13 in Betrieb	25	k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/ 13 in Betrieb	268	k.A. möglich, da I- Pad erst ab 4/ 13 in Betrieb	289
I-Pad-Werte, Ablesung	jeweils: Stromverbrauch bzw. -produktion in kWh							
Zählerablesung (Zählerschrank)								
PV-Strom-Produktion laut Wechselrichtern								
PV-Stromerzeugung laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt A: 2. Betriebsjahr

	Zirku-Pumpe	Zirku-Pumpe		Auto	Auto		Beleuchtung	Beleuchtung		E-Herd	E-Herd	
Sep 13	1	1		0	0		14	14		0	0	
Okt 13	0	0		0	0		20	20		0	0	
Nov 13	0	0		0	0		20	20		0	0	
Dez 13	0	0		0	0			11		0	0	
Jan 14	0	0		0	0		25	14		0	0	
Feb 14	0	0		0	0		28	27		0	0	
Mrz 14	0	0		0	0		16	17		0	0	
Apr 14	0	0		0	0		11	10		0	0	
Mai 14	0	0		0	0		12	12		0	0	
Jun 14	0	0		0	0		12	12		0	0	
Jul 14	0	0		0	0		7	7		0	0	
Aug 14	0	0		0	0		6	6		0	0	
Summe 1.9.13-31.8.2014	1	1,7		0	0		171	170,6		0	0	
nachrichtlich: Vorjahr (ungefähr, da Daten 10.10.12-10.10.13)	k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/13 in Betrieb	24		k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/13 in Betrieb	736		k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/13 in Betrieb	k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/13 in Betrieb		k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/13 in Betrieb	0,2	
I-Pad-Werte, Ablesung	jeweils: Stromverbrauch bzw. -produktion in kWh											
Zählerablesung (Zählerschrank)												
PV-Strom-Produktion laut Wechselrichtern												
PV-Stromerzeugung laut Netzbetreiber-Zähler												
laut Netzbetreiber-Zähler												
laut Netzbetreiber-Zähler												

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt A: 2. Betriebsjahr

	Wärme- pumpe	Wärme- pumpe	Solepumpe	Solepumpe	PV-Pro- duktion	PV-Pro- duktion	PV-Pro- duktion	PV-Pro- duktion
Sep 13	56	56	0	kein Zähler	633	633	634	634
Okt 13	131	131	0	kein Zähler	345	346	348	347
Nov 13	309	309	1	kein Zähler	146	145	148	145
Dez 13	581	535	0	kein Zähler	82	71	72	72
Jan 14	421	467	0	kein Zähler	73	84	86	85
Feb 14	416	416	0	kein Zähler	297	297	300	298
Mrz 14	238	238	0	kein Zähler	654	654	654	656
Apr 14	110	110	0	kein Zähler	763	762	763	764
Mai 14	91	91	0	kein Zähler	973	974	974	977
Jun 14	23	23	0	kein Zähler	902	901	901	902
Jul 14	24	25	0	kein Zähler	1064	1065	1063	1067
Aug 14	38	38,6	0	kein Zähler	888	915	915	916
Summe 1.9.13-31.8.2014	2438	2439	1	0	6820	6846	6858	6863
nachrichtlich: Vorjahr (ungefähr, da Daten 10.10.12-10.10.13)	k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/ 13 in Betrieb	4254	k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/ 13 in Betrieb	k.A.	k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/ 13 in Betrieb	k.A. möglich, da Zähler erst seit 2/ 13 in Betrieb	6693	6698
I-Pad-Werte, Ablesung					jeweils: Stromverbrauch bzw. -produktion in kWh			
Zählerablesung (Zählerschrank)								
PV-Strom-Produktion laut Wechselrichtern								
PV-Stromerzeugung laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt A: 2. Betriebsjahr

	Gesamt- verbrauch ohne Berücksich- tigung selbst verbrauchten PV- Stroms	Gesamt- verbrauch ohne Berücksich- tigung selbst verbrauchten PV- Stroms	bezogen lt. Zähler Netzbetreiber	lt. Zähler Netzbetrei-ber ein-ge-speist				
Sep 13	235	235	180	498				
Okt 13	309	309	272	238				
Nov 13	434	433	419	62				
Dez 13	756	692	690	13				
Jan 14	529	594	585	17				
Feb 14	509	509	480	146				
Mrz 14	312	312	273	502				
Apr 14	189	189	159	651				
Mai 14	181	182	144	846				
Jun 14	144	144	100	781				
Jul 14	120	121	88	966				
Aug 14	133	140	112	822				
Summe 1.9.13-31.8.2014	3851	3858	3502	5542				
nachrichtlich: Vorjahr (ungefähr, da Daten 10.10.12-10.10.13)	k.A. möglich, da I-Pad erst ab 4/ 13 in Betrieb	6968	6468	5065				
I-Pad-Werte, Ablesung	jeweils: Stromverbrauch bzw. -produktion in kWh							
Zählerablesung (Zählerschrank)								
PV-Strom-Produktion laut Wechselrichtern								
PV-Stromerzeugung laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								
laut Netzbetreiber-Zähler								

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt A: 2. Betriebsjahr

Sep 13									
Okt 13									
Nov 13									
Dez 13									
Jan 14									
Feb 14									
Mrz 14									
Apr 14									
Mai 14									
Jun 14									
Jul 14									
Aug 14									
Summe 1.9.13-31.8.2014									
nachrichtlich: Vorjahr (ungefähr, da Daten 10.10.12-10.10.13)									
I-Pad-Werte, Ablesung									
Zählerablesung (Zählerschrank)									
PV-Strom-Produktion laut Wechselrichtern									
PV-Stromerzeugung laut Netzbetreiber-Zähler									
laut Netzbetreiber-Zähler									
laut Netzbetreiber-Zähler									

Zelle: I2

Kommentar: Autor:
unter Abzug von 47 kWh für Mess-PC

Zelle: I3

Kommentar: Autor:
unter Abzug von 47 kWh für Mess-PC

Zelle: I16

Kommentar: Autor:
unsicherer Schätzwert, weil Mess-PC mit über den Zähler lief

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt B: 1. Betriebsjahr

Zusammensetzung des Gesamtverbrauchs		1. Betriebsjahr 1.9.12-31.8.13	
Gesamtverbrauch (Bezug aus Netz + Eigenverbrauch PV-Strom)		8.887	kWh
Verbrauch laut Zählerablesung			kWh
			kWh
Kühlen		108	kWh
Geschirrspüler		26	kWh
Lüftung		182	kWh
Ladepumpe		350	kWh
Zirkulationspumpe		29	kWh
Auto		1.059	kWh
Beleuchtung	ca.	240	kWh
E-Herd		0	kWh
Wärmepumpe		4.659	kWh
Solepumpe		unklar	kWh
Messtechnik1		180	kWh
Messtechnik 2		330	kWh
SUMME		7.163	kWh
Rest, der nicht über Zwischenzähler gezählt wird. Darunter fallen u.a. : Solepumpe, Außenbeleuchtung, Steckdosen, Alarmanlage, Garagentor			1.724 kWh

Fraunhofer IFAM
Anlage 3, Abschnitt B: 2. Betriebsjahr

Zusammensetzung des Gesamtverbrauchs			2. Betriebsjahr 1.9.13-31.8.14		
PV-Erzeugung				6.863	kWh
	Einspeisung			5.542	kWh
	Eigenverbrauch			1.321	kWh
Strombezug vom EVU				3.502	kWh
Gesamtverbrauch (Strombezug + Eigenverbrauch PV-Strom)				4.823	kWh
<i>davon:</i>					
	Kühlen			190	kWh
	Geschirrspüler			22	kWh
	Lüftung			272	kWh
	Ladepumpe			20	kWh
	Zirkulationspumpe			2	kWh
	Auto			0	kWh
	Beleuchtung			171	kWh
	E-Herd			0	kWh
	Wärmepumpe			2.439	kWh
	Solepumpe			unklar	kWh
	Messtechnik 1			173	kWh
	SUMME			3.115	kWh
Rest, der nicht über Zwischenzähler gezählt wird. Darunter fallen u.a. : Solepumpe, Außenbeleuchtung, Steckdosen, Alarmanlage, Garagentor				1.708	kWh

mögliche Erklärung für den Rest:

Hierin ebenfalls nicht enthalten könnte Strom sein, der von Geräten verbraucht wird, wenn gleichzeitig von der PV-Anlage Strom geliefert wird