

Endbericht der Modellvorhaben Effizienzhaus Plus Nr. 19

Wissenschaftliche Begleitung des Effizienzhaus Plus
der Firma Elbe Haus GmbH
in Brieselang

Forschungsprogramm

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

Messperiode

Februar 2013 bis Januar 2015

Aktenzeichen

SWD - 10.08.82-12.2

im Auftrag

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

bearbeitet von

Thorsten Schoch
Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH



BAUHERR UND GU: ELBE-
HAUS® GMBH

MONITORINGPARTNER:
XELLA TECHNOLOGIE- UND
FORSCHUNGSGESELLSCHAFT
MBH

Endbericht

M1-Plusenergie-Massivhaus

Monitoringbericht für den Zeitraum vom 01.02.2013 bis 31.01.2015

Erstellt und verfasst

Dieter Stricker, Elbe-Haus® GmbH

Torsten Schoch, GF Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH

Franz Loderer, Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH

Bauherr und Generalunternehmer:

Elbe-Haus GmbH

Am Heidenbaumberg 1

19073 Stralendorf

Monitoring Partner

Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH

Hohes Steinfeld 1

14797 Kloster Lehnin

Gefördert / Forschungsbegleitung durch:

„Zukunft Bau“- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)

Modellvorhaben innerhalb Plus-Energie-Häuser

Förderkennzeichen: II3-F50- 11-1-216M

Erstellt am 15.06.2015

Inhaltsverzeichnis

1.	Kurzfassung	4
2.	Kontext und Zielsetzung.....	4
3.	Gebäudesteckbrief.....	4
3.1.	Allgemeine Daten.....	4
3.2.	Architektur	4
3.3.	Wärmeschutz	4
3.5.	Energiebedarf und Energiedeckung.....	5
3.6.	Bewertung der Effizienz aus Berechnung nach DIN V 18599....	6
4.	Monitoring	7
4.1.	Messkonzept	7
4.2.	Verwendete Messtechnik	10
4.3.	Dokumentation.	10
5.	Meteorologische Randbedingungen.....	10
5.1.	Solarstrahlung.	10
5.2.	Außenlufttemperaturen.....	10
5.3.	Klimabereinigung	10
6.	Messergebnisse.....	11
6.1.	Stromverbrauch	11
6.1.2.	Stromverbrauch	11
6.1.3.	Stromverbrauch für Elektromobilität.....	11
6.1.4.	Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromgewinnung...	11
6.2.	Eigenstromnutzung	11
6.3.	Anlagenperformance	11
6.3.1.	Wärmeerzeuger: Strom gesamt: 4.995 kWh	11
6.3.2.	Lüftungsanlage	11
6.4.	Innenraumtemperaturen Sommer (optional):.....	12
6.5.	Innenraumtemperaturen Winter (optional):.....	12
6.6.	Behaglichkeit (optional):	12
7.	Kosten / Wirtschaftlichkeit	13
7.1.	Baukosten und laufende Kosten	13
7.2.	Kosten Geräte	14

8.	Bewertung / Wertung	15
8.1.	Energieeffizienz des Modellgebäudes	15
8.2.	Verbesserungspotentiale	16
8.3.	Wirtschaftlichkeit	16

1. Kurzfassung

Mit dem M1- Energieplus- Massivhaus wurde ein Gebäudetyp entwickelt, der in seiner Gesamtenergiebilanz einen Energieüberschuss erwirtschaften soll.

2. Kontext und Zielsetzung

Nachweis der zentralen Zielstellungen innerhalb der Modellreihe „Plus- Energie-Haus- Standard-Häuser“, dass das M1 Haus in Brieselang einen negativen Wert im Primärenergiebedarf und in der Endenergie erreicht. Nachweisführung über ein 2- jähriges Monitoring vom 1.Februar 2013 bis zum 31.Januar 2015.

3. Gebäudesteckbrief

3.1. Allgemeine Daten

Baujahr:	2012
Bruttogrundfläche	185 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	137 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	584 m ³
Hüllflächenfaktor A/V	0,75
Breitengrad:	52,35°N
Längengrad:	13,00° O
Höhenlage:	30 m über NN
Mittlere Jahrestemperatur:	9,3 °C
Mittlere Wintertemperatur (Oktober – April):	4,2 °C
Gradtagzahl am Standort	
TRY - Klimazone / Referenzstation:	Klimazone TRY 04, Potsdam

3.2. Architektur

Die Gestaltung des Hauses wird von einer baulich effizienten, kompakten und sachlichen Grundform mit einem rechteckigen Grundriss bestimmt. Erdgeschoss und ausgebautes Dachgeschoss bieten 137 m² Nettogrundfläche zur Nutzung. Das Dach ist als Satteldach ausgerichtet. Der Eingangsbereich wird durch einen vorgesetzten Giebel perforiert. Die zur Installation der PV- Module notwendige Dachfläche wird über eine asymmetrische Dachgestaltung realisiert. Die zu Gunsten der Solarnutzung asymmetrisch verschobene Firstlinie ist dabei ein markantes Erscheinungsdetail. Die einfache Bauform lässt unter Beachtung der energetischen Komponenten eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten in Größe und Oberflächen

3.3. Wärmeschutz

Das Haus wurde unter dem Aspekt einer ganzheitlichen Betrachtung konzipiert und entwickelt. Neben einer anspruchsvollen Anlagentechnik wurden die umhüllenden Bauteile energetisch so bemessen, dass ein U- Wert von 0,15 bzw. 0,16 (W/m²K) erreicht wird. Das betrifft die effiziente Außenwand, die Zwischensparrendämmung des Daches, die Sohlenplatte mit unterseitiger Dämmung und Dämmung im Fußbodenaufbau. Die Fenster haben einen Uw- Wert von 0,8 (W/m²K).

3.4. Anlagentechnik

Wärmeerzeuger I:

Außenluftwärmepumpe Thermia Atec 6 in Monoblockbauweise
 Heizleistung: 6,5 KW A7/ W 35, COP: 4,3 A7/ W35 nach EN 14511

Wärmeerzeuger II:

Thermische Solaranlage, 2 x 25 Vakuumröhren Typ: TZ 58/ 1800² 9 m²

Thermischer Speicher:

KWS 1000, Inhalt 1.000 l, Hygienespeicher, Kombispeicher für Warmwasser und Heizung

Lüftungsanlage:

AEREX, Reco Boxx 300, Wärmebereitstellungsgrad 89 %.

Photovoltaikanlage:

untergliedert in drei Bereiche: Dachfläche als Auf-Dachmontage 45 m²,
 24 Q. Peak – 260 Wp- Module
 Fassadenfläche als 7 Stück Dünnschichtmodule Q Smart UF 90: 5 m²
 Solar- Carport mit 9 Modulen Q- Peak- 260 Wp: 15 m²

Kolibri- Energiespeichersystem

Power Pack, 11- 22- 3- 1- 5, BMS, Kapazität verb.: 22,50 kWh

3.5. Energiebedarf und Energiedeckung

Name	Heizung	Warmwasser	Lüftung	Kühlung	Licht	Haushalt + Kochen	sonstiges
Nutzenergie Q _{x,b} [kWh/a]	3707,02	1644,84	-	-	375	1625	500
Wärme- /Kälteabgabe d. Erzeugung Q _{x,outg} [kWh/a]	4228,16	2435,79	-	-	-	-	-
Strombedarf [kWh/a]	218,67	27,69	544,33	-	-	-	-
	Gesamt kWh/a						

Deckung (geplant)	
Komponente	[kWh/a]
PV-Dach	6.235
PV-Wand	500
PV-Car- Port	1.952
Gesamt	8.687

3.6. Bewertung der Effizienz aus Berechnung nach DIN V 18599

Teilabschnitt	Erläuterung	Energie [kWh/a]	Spez. Energie [kWh/m ² a]
Nutzenergie	Nutzenergiebedarf der Räume für Heizung, Trinkwarmwasser und Kühlung	5351,86	28,64
Erzeugerabgabe	Wärme- und Kälteabgabe der Erzeuger an das Verteilnetz oder die Speicher für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung	6663,96	35,66
Endenergie Erzeuger	Strombedarf für die Erzeugung von Wärme und Kälte für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung	1366,46	7,31
Endenergie Haustechnik	Strombedarf für die Erzeugung von Wärme und Kälte für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung sowie Hilfsenergie für die Anlagentechnik wie Pumpen, Ventilatoren und Regelungen	-4030,10	-21,56
Primärenergie Haustechnik	Nicht erneuerbarer Anteil des Primärenergieinhalts der gesamten Endenergie für die Haustechnik	-11834,6	-63,33

Bewertete Teilabschnitte	Aufwandszahlen / Arbeitszahlen [kWh/kWh]
Effizienz der Verteilung (Erzeugerabgabe / Nutzenergie)	1,24
Effizienz der Wärme- / Kälteerzeuger (Endenergie Erzeuger / Erzeugerabgabe)	0,20
Endenergetische Effizienz der Haustechnik (Endenergie Haustechnik / Nutzenergie)	(-)0,48
Effektive Arbeitszahl der gesamten Haustechnik (Nutzenergie / Endenergie Haustechnik)	(-)1,32
Arbeitszahl des Energieerzeugers (Erzeugerabgabe / Endenergie Erzeuger)	4,87
Primärenergetische Effizienz der Haustechnik (Primärenergie Haustechnik/ Nutzenergie)	(-)2,21

4. Monitoring

4.1. Messkonzept

Zum Nachweis des Erreichens des Plusenergie-Standards wurden sowohl bauphysikalische Messwerte (Klimadaten) erfasst, wie auch die relevanten Werte hinsichtlich Energieverbrauch und -erzeugung bestimmt. Als Klimadaten wurden an ausgewählten Messpunkten die Lufttemperatur (im Bereich der Wandoberflächen und sowohl an der Außen- wie auch an den Innenflächen der Wände) und die Luftfeuchte bestimmt und kontinuierlich alle 30 Minuten aufgezeichnet. Die Lage der Messpunkte für die Erfassung der Klimadaten ist in Bild 1 und Bild 2 dargestellt.

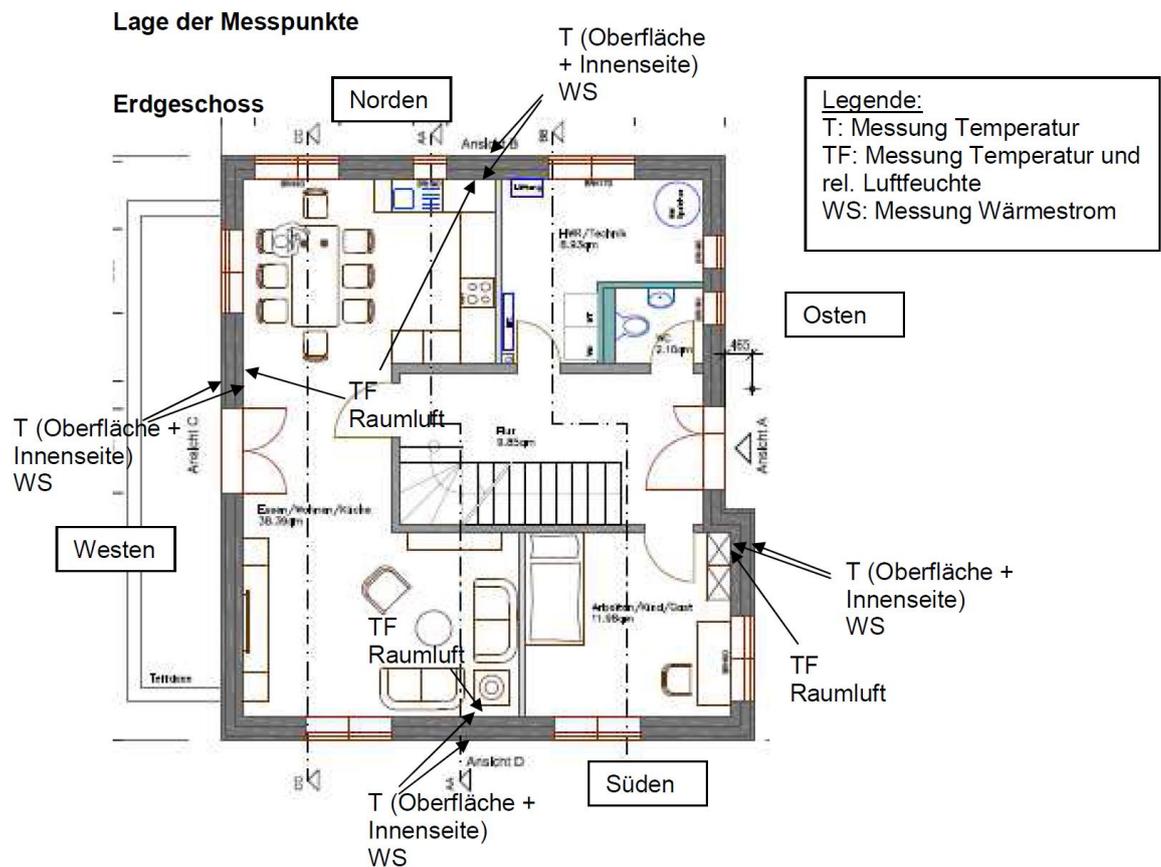


Bild 1 Messpunkte für Erfassung Klimadaten im Erdgeschoss

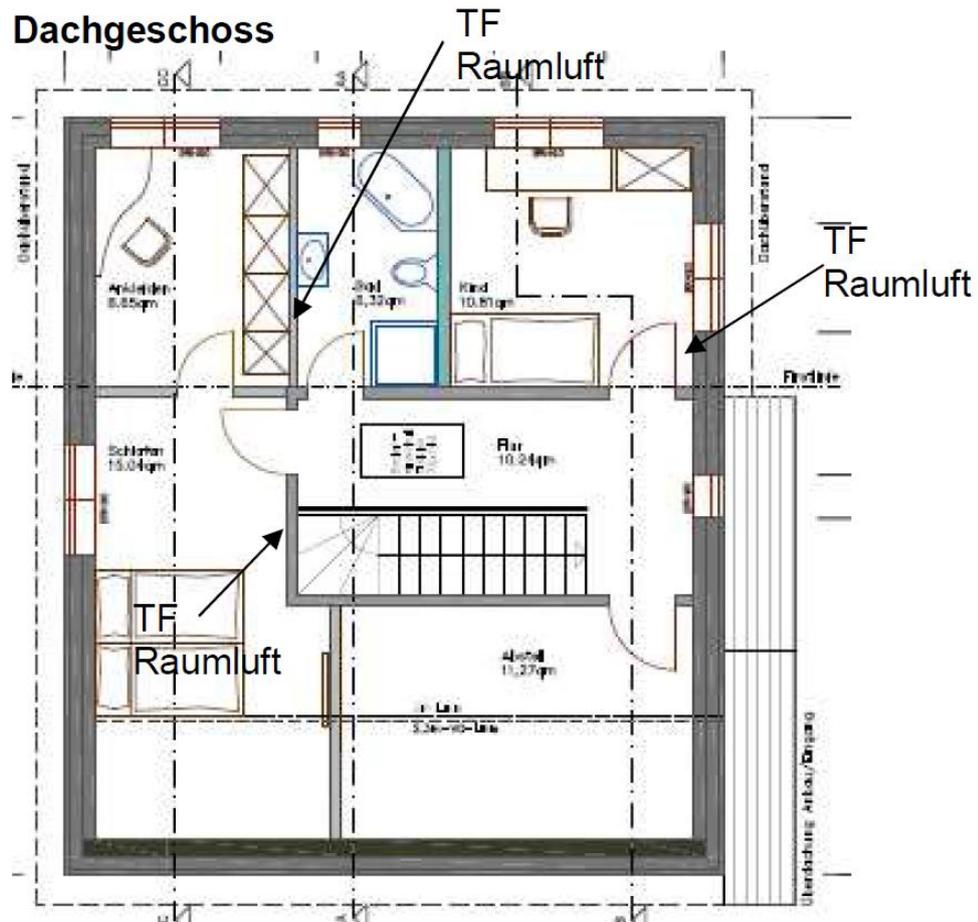
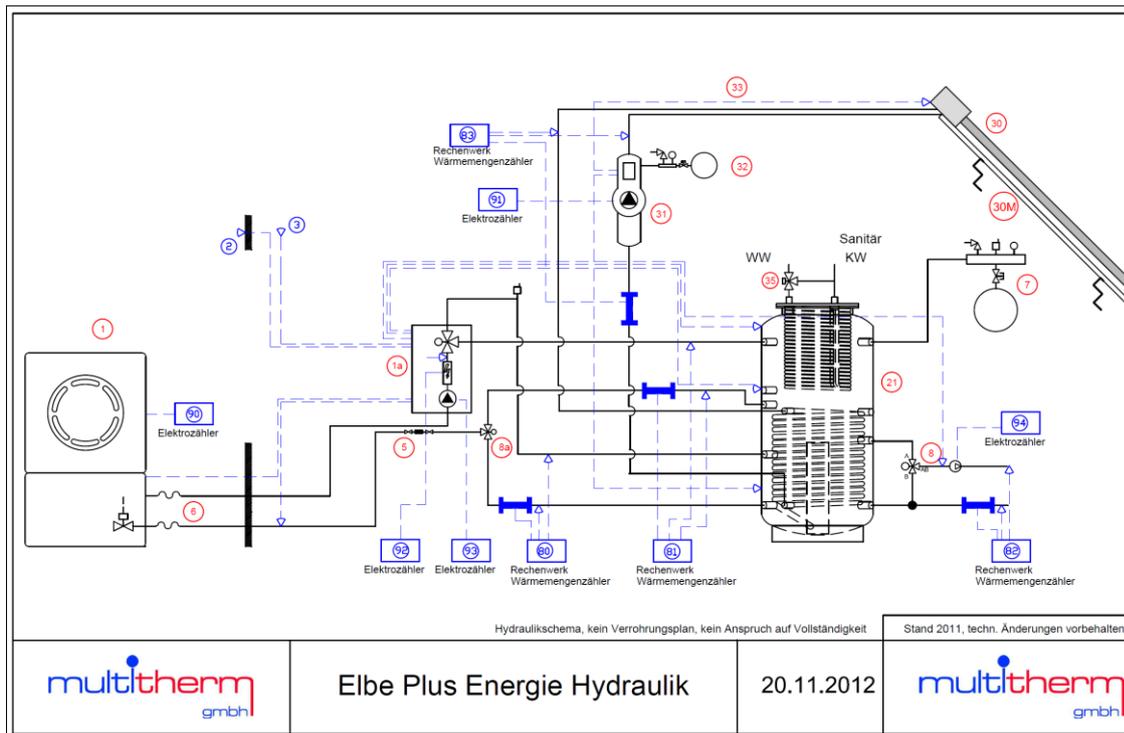


Bild 2: Messpunkte für Erfassung Klimadaten im Dachgeschoss

Für die Erfassung von Energieverbrauch und -erzeugung wurden die entsprechenden Daten der thermischen Solaranlage, aus der Photovoltaik-Anlage, der elektrischen Wärmepumpe, dem Brauchwasserspeicher, der Anlagentechnik, für die Beleuchtung und die Nutzenergie aus Haushaltsgeräten gemessen und aufgezeichnet. Der Schalt- und Messstellenplan für die Anlagentechnik ist in Bild 3 dargestellt.



Legende Elbe Plusenergiehaus Hydraulikschemata

Ifd. Nr. Artikelbezeichnung

- 1 Thermia Atec 6 (Außenteil)
- 1a Thermia Atec Plus (Innenteil)
- 2 Außenfühler
- 3 Raumfühler
- 5 Filterball
- 6 Flexible Anschlussschläuche
- 7 Sicherheitsgruppe Heizung, Kappenventil , Ausdehnungsgefäß
- 8 Bivalenzset einschl.:
 - Honeywell Umschaltventil 2 St
 - Stellantrieb 24V
 - Stellantrieb 230V
 - drehzahlregelte Pumpe
 - Minipump- Verschraubungen 2 St
 - Erweiterungskarte
- 21 Speicher KWS 1000
- 30 Solarpaket 50
- 30M Montageset auf Schrägdach für Solar 50
- 31 Solarstation einschl. Regelung, Pumpe, Sicherheitsventil
- 32 Ausdehnungsgefäß Solar 20l
- 33 Edelstahlwellrohr DN 20 einschl. Kupplungen
- 35 Thermostatisches Mischventil (Verbrühungsschutz)

Wärmemengenzähler

- 80 Heizung primär
- 81 Sanitär primär
- 82 Heizung sekundär
- 83 Solar

Elektrozähler

- 90 Wärmepumpe
- 91 Solarpumpe
- 92 Elektroheizstab
- 93 Primärpumpe
- 94 Sekundärpumpe

Bild 3: Schalt- und Messstellenplan für die Anlagentechnik

4.2. Verwendete Messtechnik

Als Messaufnehmer für die Klimadaten wurden Sensoren der Fa. Ahlborn verwendet (Feuchte-/Temperaturfühler FHAD46-2 mit digitalem Sensorelement). Die Messwerte für Energieverbrauch und -erzeugung wurden über entsprechende Sensoren an den zugehörigen Anlagen erfasst.

4.3. Dokumentation

Die erfassten Daten wurden monatlich in dafür erstellte digitale Tabellenformulare eingetragen. Diese liegen sowohl kumuliert, wie auch als monatliche Auswertung vor.

5. Meteorologische Randbedingungen

5.1. Solarstrahlung

Die Solarstrahlung wurde über die Solaranlage erfasst und aufgezeichnet.

5.2. Außenlufttemperaturen

Die Außentemperaturen wurden an der jeweiligen Oberfläche der Außenwände an allen vier Himmelsrichtungen bestimmt.

5.3. Klimabereinigung

Standort und Betrachtungsperiode	Gradtagzahl G20/12 [Kd]
Gradtagzahl am Standort Brieselang* in der Messperiode von 01.02.2013 bis 31.01.2015	Messperiode 1:3310 Messperiode 2:2648
Gradtagzahl am Standort Brieselang für das langjährige Mittel (1970 bis 2013)	3304
Gradtagzahl für das Referenzklima Deutschland	3.601

*) Daten für Berlin-Tempelhof nach VDI 3807

- Klimafaktor bezogen auf den Standort:
 $KF = K_d / K_d = 1,00$ für MP1
 $KF = K_d / K_d = 0,80$ für MP2
- Klimafaktor bezogen auf deutsches Normklima:
 $KF = 3.601 K_d / K_d = 0,91$ MP 1
 $KF = 3.601 K_d / K_d = 0,73$ für MP2

6. Messergebnisse (für den Monitoringzeitraum vom 1. Februar 2013 bis zum 31. Januar 2015)

6.1. Stromverbrauch

6.1.1. Stromverbrauch für Hausbetrieb

12.434,9 kWh

1. Jahr: 6.654,1 kWh

2. Jahr: 5.780,9 kWh

6.1.2. Stromverbrauch für projektspezifischen Anteil: in Position 6.1.1 enthalten

6.1.3. Stromverbrauch für Elektromobilität

10.829,5 kWh

1. Jahr: 5.511,5 kWh

2. Jahr: 5.318,0 kWh

6.1.4. Gegenüberstellung von Stromverbrauch und Stromgewinnung

Stromverbrauch Hausbetrieb gesamt 12.434,9 kWh

Solarertrag gesamt 15.400,3 kWh

Überschuss: 2.965,4 kWh

1. Jahr: 1.453,7 kWh

2. Jahr: 1.511,7 kWh

6.2. Eigenstromnutzung

Monitoringzeitraum gesamt 5.334,5 kWh

1. Jahr: 2.572,4 kWh

2. Jahr: 2.762,1 kWh

6.3. Anlagenperformance

siehe Anlage 1 Tabelle

6.3.1. Wärmerezeuger: Strom gesamt: 4.995 kWh

davon Wärmepumpe: 3.937 kWh = 79 %

Elektroheizstab: 107 kWh = 2 %

Primärpumpe: 565 kWh = 11 %

Sekundärpumpe: 388 kWh = 8 %,

Anteile an der Wärmelieferung

Wärmepumpe: 13.040 kWh = 78 %

Solaranlage: 3.487 kWh = 21 %

Elektroheizstab: 107 kWh = 1 %

6.3.2. Lüftungsanlage

Stromaufnahme gesamt 309 kWh

1. Jahr: 165 kWh

2. Jahr: 144 kWh

6.4. Innenraumtemperaturen Sommer (optional):

sh. Anhang Tabelle 11 bis 14

6.5. Innenraumtemperaturen Winter (optional):

sh. Anhang Tabelle 11 bis 14

6.6. Behaglichkeit (optional):

sh. Anhang Tabelle 11 bis 14

7. Kosten / Wirtschaftlichkeit

7.1. Baukosten und laufende Kosten

Bauteil / Anlage	EnEV 2009 mit EEWärmeG	Mehrkosten
		Effizienzhaus Plus Standard [€]
Außenwand	-	Zus. 6.000,- € netto
Dach	-	-
Wand gegen Erdreich	-	-
Bodenplatte	-	Zus. 2.700,- € netto
Fenster	-	Zus. 2.500,- € netto
Heizungsanlage incl. Speicher	Gas-Brennwertkessel	Zus. bei Luft WP +Speicher: 5.200,-€ netto
Solarthermie	Vorhanden mit ca 5 m ²	Zus. 4.800,- € netto
Lüftungsanlage	Vorhanden, Abluftanlage	Zus. Lüftung m. WRG: 2.500,- € netto
Photovoltaik	Keine	Zus. Investition: 13.500,- € netto
Batterie	keine	urspr. Planung: 6.300,- € netto
Beleuchtung	Standard	Sh. 7.1.2.
Geräte	Standard	Sh. 7.1.2.
Mehrinvestitionskosten	-	43.500,- € netto

Energie- + Betriebskosten (pro Jahr)	Für Heizung und Warm- Wasser	
	Für Heizung und Warm-Wasser	(Mittel aus beiden Mon. Jahren)
Gas/ Öl	922,- €	-
Strom (für Anlagentechnik)	162,- €	674,- €
Wartung Heizung	180,- €	80,- €
Netzeinspeisevergütung	Ohne PV	- 900,- €
Laufende Kosten pro Jahr	1.264,- €	- 146,- €

7.2. Kosten Geräte

Gerät	Effizienzklasse	Kosten [€]
Herd	A+	595,- € netto
Backofen	A	523,- € netto
Dunstabzugshaube	-	
Mikrowelle		
Spülmaschine	A+++	870,- € netto
Kühlschrank	A++	722,- € netto
Gefrierschrank	Ein Gerät mit Kühlschrank	sh. Kühlschrank
Waschmaschine	A+++	922,50 € netto
Wäschetrockner		
Beleuchtung	alles in A+, 44 Leuchtkörper	3.280,- € netto

8. Bewertung

Die Ergebnisse des Monitorings zeigen, dass beim M1 Haus in Brieselang Ergebnisse im Plusenergiebereich möglich wurden. In erster Linie konnte das durch eine ausgewogene Synthese zwischen guter Bauteildämmung und kluger Anlagentechnik erreicht werden. Zwar wurden die geplanten Ergebnisse in der Höhe nicht ganz erreicht, dennoch haben sich die Komponenten bei der Entwicklung und Bemessung dieses M1 Plusenergie- Massivhauses bewährt.

Die maßgeblichen Ursachen für die Abweichungen von den geplanten Werten werden wie folgt abgeleitet:

- Höhere Strom- Haushaltsverbräuche als geplant
- Geringere Solarerträge der PV- Anlage; vorrangig im zweiten Monitoring- Jahr.
- Zeitweises Außerkräftsetzen des Wechselrichters beim Solar- Carport (Einwirkung von außen).
- Verringerung des Niveaus des geplanten Energiemanagements durch mehrmonatigen Ausfall des Batteriespeichers Kolibri.
- Abweichungen der tatsächlichen Arbeitszahl der Wärmepumpe, die zu erhöhter Strominanspruchnahme führte.
- Die gemessenen Innentemperaturen waren im Mittel 1-2 K höher als bei der rechnerischen Annahme nach DIN V 18599- 2. Der Ansatz der Lastminderung durch Abschalten scheint im EFH so nicht zu greifen.
- Teilweiser Ausfall der solarthermischen Anlage im zweiten Jahr des Monitorings
- Zu trockene Luft auf Grund der Wärmerückgewinnung vor allem in den Heizmonaten führte zum Nutzereingriff und teilweise auch zur Fensterlüftung. Die von der DIN V 18599- 6 angesetzten durchschnittlichen Luftwechselraten scheinen nicht den tatsächlichen Luftwechsel der Anlage zu widerspiegeln.

Die Heizperioden waren definitiv länger als nach DIN V 18599- 5 berechnet. Auch außerhalb der theoretisch berechneten Heizzeiten war ein Bedarf vorhanden; so z.B. für die Flächenheizung im Bad.

8.1. Energieeffizienz des Modellgebäudes

Die geplanten Ergebnisse in der Energieeffizienz konnten in der Höhe zwar nicht erreicht werden, dennoch sind die tatsächlichen Resultate positiv einzuschätzen. Die Bauteildämmung mit U- Werten zwischen 0,15 und 0,16 W/ (m² K) sowie sehr guten Fenstern; Uw: 0,8 W/(m²K); hat sich bewährt. Die eingesetzte Luft- Wasser Wärmepumpe arbeitete ebenfalls in guter Effektivität. Die Ergebnisse wurden insbesondere im zweiten Jahr positiver. Dieser Effekt hat sicher mit der fortschreitenden Trocknung des Gebäudes und dem Zusammenspiel der Komponenten einschließlich Wohn- und Bedienrhythmus der Nutzer zu tun. Die Werte, die nach Ablauf des 2- jährigen Monitorings erreicht werden, bestätigen diese Feststellung.

8.2. Verbesserungspotentiale

Obwohl die anteilige Wärmebereitstellung durch die thermische Solaranlage recht positiv in die Bilanz eingeht, ist sie von der Investition her nicht wirtschaftlich. Das Thema Kühlung in Form von aktiver Kühlung; beim M1 Projekt aber nicht eingebunden; über eine Luft- Wasser Wärmepumpe ist hinsichtlich Energieeffizienz eines Gebäudes nicht sinnvoll. Deshalb denken wir darüber nach, bei weiteren Vorhaben mit energieeffizientem Standard eine effiziente Sole- Wasser Wärmepumpe einzusetzen, mit der die Kühlung in den Sommermonaten passiv betrieben werden kann. Aus den praktischen Erkenntnissen können dann die besten Schlussfolgerungen gezogen werden. Zugleich wird sie noch effektiver (JAZ) als die Luft- Wärmepumpe sein. Neben der sehr guten Kombination aus Bauteildämmung und Anlagentechnik ist es sehr wichtig, die Haushaltsgeräte hinsichtlich Energieeffizienzklassen auszuwählen. Auch müssen die verschiedenen „Verbraucher“ noch klarer und offensichtlicher als beim M1 Haus nachvollzogen und gemessen werden können. Dabei sollte auch der Verbrauch der Mess- und Monitoringtechnik selbst erfasst werden können. Eine Einbeziehung und Nutzung einer effektiven Haustechnikregelung, insbesondere für Heizung und Lüftung, Klima, wie z. B. Danfoss One oder Busch free@home System sollte zum Standardausstattungspaket gehören. Durch die beim M1 Haus gemachten Erfahrungen mit dem eingesetzten Kolibri- Batteriespeicher; mehrere Ausfallzeiten über längere Zeiträume; wird eingeschätzt, dass gerade der Auswahl und der Bemessung des Speichers eine wichtige Rolle beim Funktionieren des geplanten Energiemanagements zukommt.

8.3. Wirtschaftlichkeit

Wenngleich die erreichten Ergebnisse im angestrebten Plusenergie- Bereich liegen; war der finanzielle Aufwand beim M1 Haus mit 43.500,- € recht hoch. Es kann eingeschätzt werden, dass die Mehraufwendungen und damit die Mehrkosten gegenüber einem nach EnEV- Standard geplanten Haus wesentlich minimiert werden können. Unter Beachtung der im Punkt 8.2 – Verbesserungspotentiale - genannten Aspekte sowie der bei M1 insgesamt gemachten Erfahrungen sind Mehrkosten in Höhe von ca. 32.000,- €, also ca. 230,- € Mehrkosten pro m² Wohnfläche beim M1 Projekt, erreichbar. Die vordergründige Aufgabe dabei ist die direkte Abstimmung der Aggregate der gesamten Haustechnik (Anlagentechnik zur Heizung, Warm- Wasser- Bereitstellung, Lüftung und Haushaltsgeräte) untereinander und die Bemessung der Bauteildämmung im vertretbaren und sinnvollen Rahmen.

Die im Punkt 7.1 genannten tatsächlichen Werte beim M1 Projekt zu den Aufwendungen und Kosten für die Energie- und Betriebskosten belegen doch, dass, je besser das Zusammenspiel der Anlagentechnik Parameter ist, desto geringer sind die tatsächlich zu erwartenden Kosten. Wenn darüber hinaus das geplante Energiemanagement hinsichtlich Dimensionierung der PV- Anlage und objekt konkreter Speicherung spezifisch erarbeitet wird, können durchaus Amortisationszeiten von ca. 20 Jahren realisiert werden. Bei weitergehender Nutzung von PV- Modulen lässt sich diese Zeit noch reduzieren.

Anlage 1 In Verbindung mit der beigefügten Anlage 2

Tabelle 9: Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Bezug und Hausverbrauch vom 1. Februar 2013 bis 31. Januar 2015.

Monat	Bezug		Photovoltaik		Hausverbrauch						Summe Hausverbrauch
	Netzbezug	PV-Ertrag	PV-Einspeisung	PV-Eigenverbrauch	Heizung + TWW + Lüftung + Kühlung	Zirkulationspumpe	Hausautomation	Beleuchtung	Haushaltsgeräte + Kochen	sonstiges	
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1. Jahr											
1. Februar 2013 bis	4.081,7	8.107,8	5.535,4	2.572,4	3.126,5	keine	nicht erfasst, in Sonstiges	72,9	955,1	2.499,6	6.654,1
31. Januar 2014											
2. Jahr											
1. Februar 2014 bis	3.018,8	7.292,5	4.530,4	2.762,1	2.177,9	keine	nicht erfasst, in Sonstiges	178,3	1.115,3	2.309,4	5.780,9
31. Januar 2015											
Summe	7.100,5	15.400,3	10.065,8	5.334,5	5.304,4	keine	nicht erfasst	251,2	2.070,4	4.809	12.435

Tabelle 10: In Verbindung mit der beigefügten Anlage 2
Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Heizung und Trinkwarmwasser
Elektromobilität und Projektspezifisch von 1. Februar 2013 bis 31. Januar 2015.

Monat	Heizung + TWW + Lüftung +Kühlung		Elektromobilität	Projektspezifisch
	[kWh]	[kWh]		
	[kWh]	[kWh]		
1.Jahr				
1.Februar 2013 bis 31. Januar 2015	3.126,5		5.511,5	
2. Jahr				
1,Februar 2014 bis 31.Januar 2015	2.177,9		5.318,0	
Summe	5.304,4		10.829,5	

Tabelle 11:
Zusammenstellung der Monatsmittelwerte der Raumlufthtemperaturen im EG.

Monat	EG Büro	Esszimmer	Küche	Wohnzimmer
	°C	°C	°C	°C
Feb 13	21,74	23,44	22,99	23,26
Mrz 13	20,93	22,22	21,98	22,44
Apr 13	21,34	21,98	21,90	22,13
Mai 13	22,64	23,00	22,73	22,78
Jun 13	24,23	24,56	24,32	24,28
Jul 13	25,49	25,68	25,31	25,35
Aug 13	24,69	24,88	24,68	24,73
Sep 13	21,51	21,11	21,91	21,96
Okt 13	20,49	21,35	21,18	21,26
Nov 13	19,17	20,85	20,59	20,65
Dez 13	19,38	21,32	21,07	21,05
Jan 14	19,51	21,59	21,24	21,42
Mittelwert Heizperiode*				

*Heizperiode Februar bis April 2013 und Oktober bis Januar 2014

Tabelle 11:
Zusammenstellung der Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen im EG.

Monat	EG Büro	Esszimmer	Küche	Wohnzimmer
	°C	°C	°C	°C
Feb 14	19,71	21,55	21,24	21,36
Mrz 14	20,44	21,98	21,70	21,86
Apr 14	20,65	21,97	21,72	21,75
Mai 14	21,04	22,46	22,08	21,69
Jun 14	23,95	24,81	24,54	24,37
Jul 14	26,11	26,44	26,25	26,12
Aug 14	24,22	24,85	24,74	24,65
Sep 14	22,27	22,52	22,45	22,43
Okt 14	21,87	22,14	22,07	22,05
Nov 14	20,64	21,73	21,61	21,54
Dez 14	20,96	22,08	21,91	21,93
Jan 15	20,48	22,19	22,09	22,07
Mittelwert Heizperiode*				

*Heizperiode Februar bis April 2014 und Oktober bis Januar 2015

Tabelle 12:
Zusammenstellung der Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen im DG.

Monat	DG Kind	DG Bad	DG Schlafzimmer
	°C	°C	°C
Feb 13	23,80	24,14	22,70
Mrz 13	22,37	22,69	21,86
Apr 13	22,47	22,53	22,03
Mai 13	23,36	23,07	22,95
Jun 13	25,48	25,03	24,87
Jul 13	27,26	26,78	26,55
Aug 13	25,43	24,96	24,90
Sep 13	22,01	21,93	21,79
Okt 13	21,30	21,23	20,94
Nov 13	20,96	21,09	19,73
Dez 13	21,17	21,39	19,93
Jan 14	21,47	21,84	20,02
Mittelwert Heizperiode*			

* Heizperiode Februar bis April 2013 und Oktober bis Januar 2014

Tabelle 12:
Zusammenstellung der Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen im DG.

Monat	DG Kind	DG Bad	DG Schlafzimmer
	°C	°C	°C
Feb 14	21,45	21,68	20,24
Mrz 14	22,00	21,99	20,84
Apr 14	21,94	21,96	21,31
Mai 14	21,55	21,47	20,92
Jun 14	24,73	24,50	24,43
Jul 14	26,43	26,27	26,08
Aug 14	24,52	24,42	24,28
Sep 14	22,44	22,38	22,33
Okt 14	22,19	22,19	22,16
Nov 14	21,20	21,63	20,43
Dez 14	21,74	22,19	20,71
Jan 15	21,85	22,36	21,35
Mittelwert Heizperiode*			

* Heizperiode Februar bis April 2014 und Oktober bis Januar 2015

Tabelle 13:
Zusammenstellung der mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten im EG.

Monat	EG Büro	Esszimmer	Küche	Wohnzimmer
	%	%	%	%
Feb 13	45,57	43,49	45,34	41,28
Mrz 13	40,51	35,55	40,14	36,07
Apr 13	45,19	42,69	44,66	41,56
Mai 13	51,17	50,83	51,28	49,12
Jun 13	63,88	52,89	53,83	52,01
Jul 13	56,79	55,84	56,91	55,33
Aug 13	56,46	55,37	56,11	54,63
Sep 13	59,65	57,60	58,53	56,68
Okt 13	59,65	57,26	58,14	55,81
Nov 13	54,46	50,29	51,21	48,99
Dez 13	51,30	47,77	48,76	46,79
Jan 14	47,25	43,24	44,30	42,08

Tabelle 13:
Zusammenstellung der mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten im EG.

Monat	EG Büro	Esszimmer	Küche	Wohnzimmer
	%	%	%	%
Feb 14	42,62	39,78	40,79	38,46
Mrz 14	46,00	44,49	45,34	43,32
Apr 14	49,80	46,69	47,68	45,85
Mai 14	50,00	47,21	50,14	49,95
Jun 14	51,47	49,93	50,21	49,15
Jul 14	57,27	55,62	56,45	55,54
Aug 14	52,81	50,91	51,72	50,53
Sep 14	59,11	59,56	59,89	58,55
Okt 14	58,59	57,62	58,46	56,09
Nov 14	48,65	49,09	50,07	48,10
Dez 14	42,43	42,56	43,74	41,32
Jan 15	45,41	43,72	44,78	42,51

Tabelle 14:
Zusammenstellung der mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten im DG.

Monat	DG Eltern	DG Bad	DG Kind
	%	%	%
Feb 13	45,24	41,46	41,62
Mrz 13	34,33	34,37	32,10
Apr 13	42,07	41,65	39,84
Mai 13	51,40	51,39	49,18
Jun 13	52,82	53,32	50,65
Jul 13	54,31	54,56	52,61
Aug 13	54,28	55,08	52,59
Sep 13	56,61	57,55	55,54
Okt 13	56,78	57,26	54,99
Nov 13	51,15	48,09	47,02
Dez 13	50,10	46,36	45,58
Jan 14	46,60	42,32	42,20

Tabelle 14:
Zusammenstellung der mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten im DG.

Monat	DG Eltern	DG Bad	DG Kind
	%	%	%
Feb 14	42,09	38,81	38,37
Mrz 14	46,27	45,05	42,58
Apr 14	48,64	47,50	46,19
Mai 14	51,20	54,20	49,25
Jun 14	49,64	50,06	48,90
Jul 14	55,74	55,39	54,93
Aug 14	51,61	51,70	51,13
Sep 14	59,48	59,24	59,00
Okt 14	59,14	59,14	58,30
Nov 14	51,00	47,75	47,33
Dez 14	44,91	41,66	40,84
Jan 15	45,35	42,85	43,03

Kennziffer	2013												2014												2015	Gesamt	Jahr 1	Jahr 2
	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	02/2013-01/2014	02/2014-01/2015		
Solarertrag	118,8	607,6	944,8	1030,8	1260,6	1354,7	1117,2	682,6	520,1	211,3	156,1	103,2	402,0	646,0	773,0	813,0	896,0	1016,0	1086,0	758,0	513,0	200,0	70,0	119,5	15400,3	8107,8	7292,5	
Strom Haushalt inkl. E- M. ohne Wärmepumpe (ab Februar 2014 mit WP)	727,7	649,2	545,2	323,2	322,0	382,0	418,0	506,0	500,5	750,6	831,2	676,4	1039,0	722,0	613,1	514,6	325,2	397,1	568,6	443,1	865,3	888,3	1159,4	801,1	14968,8	6632,0	8336,8	
Eigennutz. Strom aus PV	47,0	228,0	296,0	348,0	296,0	296,0	301,0	293,0	284,0	54,0	62,0	67,4	113,3	260,9	283,1	272,8	415,1	355,5	366,4	270,7	198,6	104,2	53,6	67,8	5334,4	2572,4	2762,1	
Strom Haushalt gesamt	774,7	877,2	841,2	671,2	618,0	678,0	719,0	799,0	784,5	804,6	893,2	743,8	1152,3	982,9	896,2	787,4	740,3	752,6	935,0	713,8	1063,9	992,5	1213,0	868,9	20303,2	9204,4	11098,9	
Strom E.- Mobilität	440,0	440,0	440,0	440,0	358,0	442,0	476,0	381,0	407,3	635,7	576,3	475,2	621,2	533,1	558,4	477,3	317,9	411,6	573,1	373,7	566,0	378,2	418,8	88,7	10829,5	5511,5	5318,0	
Strom Haushalt netto (ohne WP, ohne E-Mobilität)	334,7	437,2	401,2	231,2	260,0	236,0	243,0	418,0	377,2	168,9	316,9	268,6	225,3	228,8	259,5	266,4	414,3	335,2	349,9	304,4	379,1	332,8	326,1	324,9	7439,6	3692,9	3746,8	
Strom Wärmepumpe einschl. Pumpen +ZH	666,6	629,7	184,1	38,1	14,8	7,3	13,6	76,3	116,5	307,6	381,5	525,1	305,8	221,0	78,3	43,7	8,1	5,8	12,0	35,7	118,8	281,5	468,1	455,3	4995,3	2961,2	2034,1	
Strom gesamt (ohne E-Mobilität)	1001,3	1066,9	585,3	269,3	274,8	243,3	256,6	494,3	493,7	476,5	698,4	793,7	531,1	449,8	337,8	310,1	422,4	341,0	361,9	340,1	497,9	614,3	794,2	780,2	12434,9	6654,1	5780,9	
Überschuss:																									2965,4	1453,7	1511,6	
Verbräuche																												
57 Licht EG								3,1	4,0	7,1	6,9	5,6	5,5	4,3	3,9	6,1	5,2	5,6	5,1	5,5	9,3	8,0	11,4	9,9	106,5	26,7	79,8	
58 Licht OG								3,1	3,7	4,5	3,8	3,6	4,5	2,7	2,4	2,0	2,1	2,6	2,2	2,7	3,5	4,3	5,5	4,8	58,0	18,7	39,3	
Licht Flur								3,2	6,3	5,8	6,5	5,7	5,5	6,4	5,3	2,4	1,4	3,4	3,1	2,0	6,6	7,1	7,4	8,6	86,7	27,5	59,2	
Beleuchtung gesamt								9,4	14,0	17,4	17,2	14,9	15,5	13,4	11,6	10,5	8,7	11,6	10,4	10,2	19,4	19,4	24,3	23,3	251,2	72,9	178,3	
35 Dampfgarer								1,5	0,6	0,4	2,8	0,0	0,7	0,2	0,8	0,3	0,5	0,0	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	2,1	12,4	5,3	7,1	
36 Backofen								7,0	4,5	6,2	11,0	2,5	8,6	3,3	6,8	6,1	7,1	2,5	2,4	5,7	7,3	12,7	10,3	10,3	114,3	31,2	83,1	
53-56 Herd								14,0	7,6	6,6	13,3	7,0	5,9	5,7	6,2	12,4	3,8	6,7	10,5	4,9	9,9	10,4	12,7	11,1	148,6	48,4	100,2	
Kochen								22,5	12,7	13,2	27,1	9,5	15,2	9,2	13,8	18,8	11,4	9,2	13,4	11,1	17,8	23,5	23,5	23,5	275,3	84,9	190,4	
79 Kühlschrank	26,0	28,0	25,6	28,3	29,0	33,6	29,6	23,2	28,2	21,3	24,3	25,6	26,9	23,0	27,7	34,9	30,7	41,7	35,9	26,4	27,9	25,7	31,8	34,0	689,3	322,7	366,6	
49 Geschirrspüler	14,0	21,0	17,3	17,6	13,5	16,6	22,5	13,9	23,1	14,6	30,1	15,8	20,3	13,5	17,4	24,6	13,2	11,5	13,5	14,7	20,4	15,2	19,9	23,1	427,3	220,0	207,3	
50 Trockner	12,0	16,0	11,5	17,6	15,8	19,4	14,0	18,0	8,9	9,6	14,3	12,6	12,4	8,6	9,6	14,3	6,1	7,0	7,5	10,4	13,9	13,6	18,9	12,9	304,9	169,7	135,2	
82 Waschmaschine	11,0	17,0	12,9	12,9	16,9	11,7	7,5	8,8	15,5	12,7	17,3	13,6	14,9	13,1	16,1	15,0	15,5	11,5	16,9	21,6	26,0	15,3	24,7	25,2	373,6	157,8	215,8	
Haushaltsgeräte	63,0	82,0	67,3	76,4	75,2	81,3	73,6	63,9	75,7	58,2	86,0	67,6	74,5	58,2	70,8	88,8	65,5	71,7	73,8	73,1	88,2	69,8	95,3	95,2	1795,1	870,2	924,9	
Steckdosen TV											10,1	12,6	12,6	12,6	10,2	9,1	9,0	8,6	9,2	10,2	8,9	8,7	9,5	15,4	146,7	22,7	124,0	
Steckdosen Arbeitszimmer											3,0	4,2	4,2	4,2	1,2	2,7	1,5	1,4	1,9	2,4	2,2	5,1	6,5	14,0	54,5	7,2	47,3	
59 Steckdosen Küche								2,2	3,2	3,8	17,1	2,3	2,5	2,2	2,0	5,6	2,7	2,3	2,8	2,7	5,1	2,6	3,7	3,7	66,5	28,6	37,9	
60 Abzugshaube+Steckdosen								1,8	2,0	1,9	6,7	2,4	2,7	2,1	1,4	2,0	1,0	1,6	2,5	1,4	2,9	3,5	4,1	4,9	44,9	14,8	30,1	
Steckdosen								4,0	5,2	5,7	23,8	4,7	5,2	4,3	3,4	7,6	3,7	3,9	5,3	4,1	8,0	6,1	7,8	8,6	111,4	43,4	68,0	
96 Lüftung	10,0	14,0	11,8	21,6	15,6	19,1	16,7	11,1	13,3	11,2	10,4	10,5	13,5	9,3	10,3	11,9	11,1	14,9	12,7	12,4	15,8	12,0	10,5	9,4	309,1	165,3	143,8	
91 Solarpumpe (EP13)	0,7	3,8	5,0	4,5	3,4	3,4	3,7	3,8	4,8	2,0	1,3	1,2	3,8	4,7	4,9	5,3	3,0	3,1	4,3	5,6	5,7	3,0	0,8	2,3	84,1	37,6	46,5	
Haushaltsstrom gemessen								110,9	120,9	105,7	177,6																	
Differenz Haushaltsstrom								307,1	256,4	63,2	139,3																	
90 Wärmepumpe (EP1)	584,2	556,2	134,1	7,8	0,2	0,0	0,0	48,1	75,4	240,2	302,4	436,2	241,9	160,9	44,1	19,1	0,6	0,1	0,9	25,2	84,2	219,2	378,0	377,5	3936,5	2384,8	1551,7	
92 E-Heizstab (EP 10)	17,2	1,3	0,0	0,4	0,4	0,2	0,3	3,2	4,6	1,8	13,1	21,6	1,9	0,6	4,2	0,0	0,0	0,3	0,7	0,7	4,4	0,0	20,4	9,3	106,6	64,1	42,5	
93 Primärpumpe (EP11)	38,3	42,9	29,1	18,4	9,6	6,1	9,5	15,7	22,1	37,1	37,1	38,3	34,5	34,0	18,0	15,6	6,0	5,4	7,9	7,6	18,2	35,4	39,2	38,6	564,6	304,2	260,4	
94 Sekundärpumpe (FBH/EP12)	26,9	29,3	20,9	11,5	4,6	1,0	3,8	9,3	14,4	28,5	28,9	29,0	27,5	25,5	12,0	9,0	1,5	0,0	2,5	2,2	12,0	26,9	30,5	29,9	387,6	208,1	179,5	
Strom Wärmepumpe (gemessen)	666,6	629,7	184,1	38,1	14,8	7,3	13,6	76,3	116,5	307,6	381,5	525,1	305,8	221,0	78,3	43,7	8,1	5,8	12,0	35,7	118,8	281,5	468,1	455,3	4995,3	2961,2	2034,1	
Strom Wärmepumpe (E.dis Zähler)	681,5	638,0	177,5	43,7	24,0	23,3	28,2	81,7	117,0	307,0	379,5																	
Differenz Wärmepumpenstrom	14,9	8,3	-6,6	5,6	9,2	16,0	14,6	5,4	0,5	-0,6	-2,0																	
Kombischichtspeicher																												
Wärme Speicher Eingang Heizung (kWh)	1588,0	791,0	283,0	29,0	0,0	0,0	2,0	117,0	106,0	683,0	936,0	1210,0	781,0	527,0	159,0	66,8	0,0	0,0	0,0	46,2	217,0	695,0	1160,0	1195,0	10592,0	5745,0	4847,0	
Wärme Speicher Eingang Sanitär (kWh)	246,0	591,0	121,0	0,0	0,0	0,0	2,0	176,0	232,0	171,0	151,0	164,0	75,0	50,0	7,0	0,0	0,0	0,0	43,0	92,0	93,0	120,0	114,0	2448,0	1854,0	594,0		
Wärme Speicher Eingang Solar (kWh)	20,0	178,0	266,0	277,0	260,0	255,0	251,0	161,0	160,0	39,0	32,0	28,0	128,0	231,0	260,0	286,0	186,0	200,0	217,0	51,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3487,0	1927,0	1560,0	
Gesamt Wärmespeichereingang	1854,0	1560,0	670,0	306,0	260,0	255,0	255,0	454,0	498,0	893,0	1119,0	1402,0	984,0	808,0	426,0	352,8	186,0	200,0	217,0	140,2	309,0	788,0	1281,0	1309,0	16527,0	9526,0	7001,0	
Wärme Speicher Ausgang Heizung (kWh)	1454,0	1288,0	441,0	103,0	30,0	8,0	20,0	187,0	289,0	680,0	814,0	1060,0	722,0	557,0	219,0	136,0	14,0	6,0	31,0	36,0	161,0	551,0	913,0	945,0	10665,0	6374,0	4291,0	
Brauchwassernutzwärme (kWh)	392,0	266,6	224,4	198,9	225,4	242,1	230,3	261,7	204,8	208,7	298,9	335,2	256,8	246,0	202,9	212,5	168,6	190,1	182,3	102,1	145,0	232,3	360,6	356,7	5744,8	3089,0	2655,8	
Jahresarbeitszahl																									3,3	3,2	3,5	