

Endbericht der Modellvorhaben Effizienzhaus Plus Nr. 41

Wissenschaftliche Begleitung des Effizienzhaus Plus
der Internatsschule Schloss Hansenberg, Geisenheim

Forschungsprogramm

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

Messperiode

April 2016 bis März 2018

Aktenzeichen

SWD - 10.08.82-12.17

gefördert durch

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

bearbeitet von

Tobias Vogel
Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBIH)

Gefördert durch:



Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat



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



FORSCHUNGSINITIATIVE
Zukunft BAU



PLUS
EffizienzHaus



Abb. 1 – Wohn- und Funktionsgebäude der Internatsschule Schloss Hansenberg,
Süd-West-Ansicht, Quelle: DGJ Architektur GmbH

Endbericht

Messtechnische und Energetische Validierung des Effizienzhaus Plus der Internatsschule Schloss Hansenberg, Geisenheim

Messperiode April 2016 bis März 2018



**Landesbetrieb Bau und
Immobilien Hessen (LBIH)**

Niederlassung West

Abraham-Lincoln-Straße 16-18
65189 Wiesbaden

Tel. +49 611 135-0
Fax: +49 611 135-200

www.lbih.hessen.de
info.west@lbih.hessen.de

**ina
Planungsgesellschaft mbH**

Schleiermacherstraße 12
64283 Darmstadt

Tel. +49 6151 785 22 20
Fax +49 6151 785 22 49

www.ina-darmstadt.de
info@ina-darmstadt.de

Geschäftsführer:
Joost Hartwig
Michael Keller
Isabell Passig

Datum:
16.11.2018

Auftraggeber**Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBIH)**

Niederlassung West
Abraham-Lincoln-Straße 16-18, 65189 Wiesbaden

Tel. +49 611 135-0
Fax: +49 611 135-200

www.lbih.hessen.de
info.west@lbih.hessen.de

Verfasser:

Tobias Vogel

Tel. +49 611 135-183
Fax: +49 611 135-200
tobias.vogel@lbih.hessen.de

Wiesbaden, den 16.11.2018

**Wissenschaftliche Begleitung
ina Planungsgesellschaft mbH**

Dipl.-Ing. Isabell Passig
Dipl.-Ing. Laura Diekmann
Dipl.-Ing. Nathalie Jenner
Schleiermacherstraße 12
64283 Darmstadt
Tel. +49 6151 785 22 20
Fax +49 6151 785 22 49
www.ina-darmstadt.de
info@ina-darmstadt.de

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) unter dem Förderkennzeichen ER/KM / PEH – A3-12 10 01 / 12.17 gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Verfasser.

INHALT

1. Kurzfassung	5
2. Kontext und Zielsetzung	6
3. Gebäudesteckbrief	7
3.1 Allgemeine Daten	7
3.1.1 Bauherr und Planungsbeteiligte	7
3.1.2 Allgemeine Gebäudedaten	7
3.1.3 Lage	7
3.2 Architektur	8
3.3 Wärmeschutz	9
3.4 Anlagentechnik	11
3.4.1 Beleuchtung/Haushaltsgeräte	14
3.5 Energiebedarf und Energiedeckung	15
3.5.1 Energiebedarf	15
3.5.2 Effizienzhaus Plus Bilanz	16
3.6 Bewertung der Effizienz aus Berechnungen nach DIN V 18599	19
4. Monitoring	20
4.1 Messkonzept	20
4.2 Verwendete Messtechnik	30
4.3 Dokumentation	31
5. Meteorologische Randbedingungen	35
5.1 Solarstrahlung	35
5.2 Außenlufttemperaturen	39
5.3 Klimabereinigung	41
6. Messergebnisse	42
6.1 Stromgewinnung	42
6.2 Stromverbrauch	44
6.2.1 Stromverbrauch für den Hausbetrieb im 1. Monitoringjahr	44
6.2.2 Stromverbrauch für den Hausbetrieb im 2. Monitoringjahr	49
6.2.3 Stromverbrauch Einzelerfassung Schülerwohnungen EG und OG	52
im 1. Monitoringjahr	52
6.2.4 Stromverbrauch Einzelerfassung Schülerwohnungen EG und OG	53
im 2. Monitoringjahr	53
6.3 Gegenüberstellung von Energieverbrauch und Stromgewinnung	54

6.4	Eigenstromnutzung	57
6.5	Anlagenperformance.....	60
6.5.1	Wärmeerzeuger.....	60
6.5.2	Wärmepumpe.....	62
6.5.3	Wärmerückgewinnung (WRG) über die Abluft.....	65
6.6	Innenraumtemperaturen und Behaglichkeit.....	67
6.6.1	Innenraumlufftemperatur und Raumlufffeuchte.....	67
7.	Kosten / Wirtschaftlichkeit.....	77
7.1	Baukosten und laufende Kosten	77
8.	Bewertung.....	81
8.1	Energieeffizienz des Modellgebäudes.....	81
8.1.1	Betrachtung des ersten Monitoringjahres	81
8.1.2	Betrachtung des zweiten Monitoringjahres.....	82
8.2	Verbesserungspotenziale.....	83
8.3	Wirtschaftlichkeit.....	84
9.	Quellenverzeichnis.....	85
10.	Abbildungsnachweis.....	85
11.	ANLAGE 1: 1. Monitoringjahr	92
11.1.1	Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Heizung, Trinkwarmwasser, Lüftung und Projektspezifisch.....	93
11.1.2	Zusammenstellung der gemessenen mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten in den verschiedenen Räumen der einzelnen Wohn- und Nichtwohneinheiten	98
11.1.3	Zusammenstellung der Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP	101
12.	ANLAGE 2: 2. Monitoringjahr	104
12.1.1	Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Heizung, Trinkwarmwasser, Lüftung und Projektspezifisch.....	104
12.1.2	Zusammenstellung der gemessenen mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten in den verschiedenen Räumen der einzelnen Wohn- und Nichtwohneinheiten	109
12.1.3	Zusammenstellung der Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP	112

1. Kurzfassung

Der vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse des insgesamt zweijährigen Monitorings des „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim. Das Gebäude, ein Wohn- und Funktionsgebäude der Internatsschule Schloss Hansenberg, wurde im Rahmen des Förderprogramms Effizienzhaus Plus der Forschungsinitiative Zukunft Bau gefördert und die Energieverbräuche und -erträge nach Fertigstellung zwei Jahre gemessen. Ziel ist dabei die Prüfung der Bilanzergebnisse sowie die Optimierung des Betriebs.

In beiden gemonitorten Betriebsjahr (April 2016 bis März 2017 sowie April 2017 bis März 2018) wurde ein endenergetisches Plus erreicht.

Das erste Jahr wies einen Verbrauch von 16.287 kWh auf, dem ein Photovoltaik-Ertrag von 18.713 kWh gegenübersteht. Der Strom-Überschuss beträgt demnach 2.426 kWh/a.

Das zweite Betriebsjahr schloss mit einem noch größeren Endenergie-Gewinn: dem Photovoltaik-Ertrag i.H.v. 18.528 kWh/a Stromerzeugung stehen 14.677 kWh/a Stromverbrauch gegenüber, was ein endenergetisches Plus von 3.851 kWh/a ergibt.

Die Wirtschaftlichkeit des Effizienzhaus Plus Standard gegenüber dem Standard der zum Genehmigungszeitpunkt gesetzlich gültigen Mindestanforderung gemäß EnEV 2009 konnte zudem nachgewiesen werden.

Während des Monitorings waren einige Datenausfälle zu verzeichnen, sodass beide Monitoring-Jahre nur unvollständig mit allen Angaben zu allen Dienstleistungen abgebildet werden können. Im ersten Jahr sind hauptsächlich der Monat April sowie die Monate November und Dezember 2016 betroffen, im zweiten Jahr eine Vielzahl von Monaten. Zusammengefasst muss festgestellt werden, dass die digitale Datenerfassung aus einer Vielzahl von Gründen keine zuverlässige Datenquelle schaffen konnte. Die konsequente monatliche, händische Ablesung durch das LBIH war daher, soweit nicht auch durch Zählerausfälle behindert, eine entscheidende Rückfallebene.

In Bezug auf Betriebsoptimierungen und die Behebung von Betriebsfehlern, konnten Fehler und Ausfälle identifiziert und z.T. behoben werden.

Dies waren z.B.:

- § Identifizierung eines hohen Heizstabbetriebs während der Sommermonate
- § Identifizierung hoher Zirkulationsverluste der Trinkwarmwasser-Ringleitung von Speicher zu Frischwasserstationen
- § Optimierung der Heizkurve der Wärmepumpe sowie das Durchführen eines hydraulischen Abgleichs
- § Behebung eines Ausfalls der Heizung sowie der Wärmerückgewinnung des Lüftungsgeräts einer Schülerwohnung

2. Kontext und Zielsetzung

Das im Folgenden beschriebene „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim wurde im Rahmen des Förderprogramms für Effizienzhäuser Plus des BMI einem zweijährigen Monitoring und somit einer messtechnischen und energetischen Validierung unterzogen.

Zur Unterstützung der erfolgreichen Arbeit der Internatsschule Schloss Hansenberg hat das Land Hessen ein Grundstück in unmittelbarer Nachbarschaft der Schule erworben. Das Mehrzweckgebäude wird für Zwecke genutzt, deren Bedarf zum Zeitpunkt des Neubaus der Internatsschule Schloss Hansenberg (ISH) in 2002/2003 noch nicht bekannt war. Dabei deckt das Gebäude keinen klassischen Aufgabenzuwachs räumlich ab, sondern hilft die derzeitige Aufgabe der Internatsschule besser zu erfüllen.

Die ISH verfügt im Internat über eine Kapazität von 64 Schülern (je 32m und 32w) pro Jahrgang. Pro Jahrgang verliert die Schule 3-8% der Schüler und kann aufgrund der fortgeschrittenen bereits vermittelten Stofftiefe spätestens ab dem Ablauf des 1. Halbjahres der Eingangsstufe keine Schüler mehr nachrücken lassen, um die frei gewordenen Plätze zu belegen. Dies bedeutet eine unbefriedigende Ausschöpfung der in der Schule vorhandenen „Unterrichts“-kapazität.

Mit dem Mehrzweckgebäude W10 wurden daher vorrangig zusätzliche Internats-Wohnflächen geschaffen, um mit einer Überkapazität bei der Aufnahme in der Eingangsstufe die auftretenden Abgänge ausgleichen zu können

Die Wohn- und Lebensverhältnisse in der ISH sind insbesondere in den dunklen Wintermonaten beengt. Im Rahmen von Präventionsmaßnahmen wurde im Gebäude W10 ein „Raum der Stille“ als Rückzugsmöglichkeit für die Schüler einzurichten. Er ist ein Ort des Innehaltens, der Ruhe, der Meditation und des Rückzugs zur Stillung individueller auch religiöser Bedürfnisse.

Daneben bestand Bedarf nach einem weiteren langfristig multifunktional zu nutzenden Raum, der auch für die Arbeit der Sozialpädagogen genutzt werden kann.

Zur Minimierung der Betriebskosten sowie zur Erfüllung der Anforderungen des Landes Hessen an Neubauten gem. Kabinettsbeschluss vom 17.05.2010 bzw. gleichlautend gem. Hessischem Energiezukunftsgesetz, hier „Richtlinie energieeffizientes Bauen und Sanieren des Landes Hessen nach § 9 Abs. 3 des Hessischen Energiegesetzes“ wurde das Gebäude mit einer Unterschreitung des Primärenergiebedarfs im Standard „EnEV 2009 -70%“, einem Aufbau der Hüllflächen in Anlehnung an den Passivhaus-Standard sowie mit einer Dachflächen-Photovoltaikanlage geplant und errichtet.

Übergeordnetes Ziel der ISH ist es, die nutzenden Schülerinnen und Schüler für die Funktionsweise eines Gebäudes im Standard des „Effizienzhaus Plus“ zu sensibilisieren. Rückwirkend betrachtet lässt sich von Seiten der LBIH bestätigen, dass bei den monatlichen Besuchen zum Auslesen der USB-Temperatur-/Feuchte-Logger und der händischen Verbrauchserfassung fortwährendes Interesse der nutzenden Schülerinnen und Schüler am Effizienzhaus Plus Konzept gezeigt wurde.

3. Gebäudesteckbrief

3.1 Allgemeine Daten

3.1.1 Bauherr und Planungsbeteiligte

„Effizienzhaus Plus“, Geisenheim	
Standort	Hansenbergallee 9a, 65366 Geisenheim-Johannisberg
Bauherr	Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBiH), Bahnhofstraße 15-17, 65185 Wiesbaden
Architekt	DGJ Architektur GmbH, Walter-Kolb-Straße 22, 60594 Frankfurt am Main, www.dgj.eu
Monitoring	Konzept: Pfeil & Koch Ingenieurgesellschaft GmbH & Co. KG. Beratende Ingenieure VBI, Marienstraße 37, 70178 Stuttgart, www.pk-i.de, 2-jährige Datenerhebung: ina Planungsgesellschaft mbH, Schleiermacherstraße 12, 64283 Darmstadt, www.ina-darmstadt.de, Ein Spin-off der Technischen Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur, FG Entwerfen und Energieeffizientes Bauen
Elektroinstallation	Planung: Pfeil & Koch Ingenieurgesellschaft GmbH & Co. KG. Beratende Ingenieure VBI, Marienstraße 37, 70178 Stuttgart, www.pk-i.de Objektüberwachung: Ingenieur-Planungsgesellschaft Dries + Liebold mbH, Kaiserstraße 6, 65385 Rüdesheim am Rhein, www.ipdl.de
HLS	Planung: Pfeil & Koch Ingenieurgesellschaft GmbH & Co. KG. Beratende Ingenieure VBI, Marienstraße 37, 70178 Stuttgart, www.pk-i.de Objektüberwachung: PMJ - Projektmanagement Lars Junghans, Europa Allee 124, 60486 Frankfurt am Main

3.1.2 Allgemeine Gebäudedaten

Baujahr	2014
Monitoring-Zeitraum	April 2016 - März 2018
Bruttogrundfläche	469 m ²
Beheizte Nettogrundfläche	331 m ²
Gebäudenutzfläche	345 m ²
Beheiztes Gebäudevolumen	1.244 m ³
Hüllfläche A/V	0,71 m ⁻¹

3.1.3 Lage

Stadt	Geisenheim
Breitengrad / Längengrad / Höhenlage	50,00 °N / 7,97 °O / 200 m über NN
Mittlere Jahrestemperatur	10,9 °C
Mittlere Wintertemperatur (Okt.-April)	6,3°C
TRY – Klimazone / Referenzstation	Klimazone TRY 12, Mannheim

3.2 Architektur

Auf dem Gelände der Internatsschule Schloss Hansenberg des Landes Hessen wurde ein weiteres Wohn- und Funktionsgebäude erstellt. Dieses enthält 4 Wohneinheiten für Schüler und Gäste des Internats, einen Arbeitsraum für Lehrer, einen „Raum der Stille“ für Schüler sowie Neben- und Funktionsräume. Das Gebäude wurde in Holzbauweise errichtet, und erschloss so die Vorteile der Vorfertigung, der Nutzung einheimischer Rohstoffe und guter Dämmeigenschaften. Die auf dem Dach des Gebäudes befindliche Photovoltaikanlage sorgt für regenerative Energieerträge, die vorrangig den Strombedarf des Gebäudes decken sollen. Überschüssige Erträge werden dem Schul-Campus zur Verfügung gestellt.



Abb. 2
Nord-West-Ansicht Effizienzhaus Plus Geisenheim, Quelle: Quelle: DGJ Architektur GmbH

Der Entwurf sieht einen zweigeschossigen Riegel vor, der sich nach Westen hin mit einer gefalteten Glasfassade öffnet. Ein großer Dachüberstand und ein Laubengang im Obergeschoss sollen eine Überhitzung des Gebäudes im Sommer verhindern. An der Ostfassade ermöglichen kleinere Fassadenöffnungen gezielte Ausblicke. Im Erdgeschoss befinden sich eine Schüler- und eine Gästewohnung und der „Raum der Stille“ (Meditationsraum) und im Obergeschoss sind einer weiteren Gästewohnung eine Schülerwohnung und ein Lehrerzimmer angeordnet. Die Gästewohnungen sind temporär genutzt, wohingegen die Schülerwohnungen, außer in Ferienzeiten, dauerhaft belegt sind. Ab Anfang September 2016 wurde die Gästewohnung im OG zusätzlich von zwei Schülern bezogen.

Bauteil	Aufbau / Material	Dicke [mm]	U-Wert* [W/(m²K)]
Außenwand (von innen nach außen)	Holzverkleidung	-	0,12
	Holzfaserdämmung WLG 045	60	
	Mineralwolle WLG 032	260	
	Dampfsperre	1	
	Gipsfaserplatten	15	
Fenster	Holzfenster mit Dreifachverglasung (g-Wert 0,63)		0,63 – 0,95
Dach (von oben nach unten)	PV-Module	-	0,1
	Kunststoffdachbahn	1	
	Holzfaserplatte	15	
	Zellulose Einblasdämmung	455	
	Dampfsperre	1	
	Gipsfaserplatte	15	
Bodenkonstruktion (von oben nach unten)	Fußbodenbelag Filz	5	0,09
	Anhydrit-Estrich	45	
	Dampfsperre	1	
	Expandierter Polystyrolschaum WLG 040	23	
	OSB-Platte	22	
	Zellulose Einblasdämmung	400	
	Zementgebundene Spanplatte	20	
	Glasschaumgranulat	120	
	Bitumenbahn	5	
	Schüttung Sand, Kies, Splitt	170	

Abb. 5 Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle und ihre U-Werte,
Quelle: DGJ Architektur GmbH

3.4 Anlagentechnik

Das Gebäude nutzt als erneuerbare Energiequellen für die Wärmeversorgung solar erzeugten Strom aus der dachinstallierten Photovoltaikanlage und solare Wärme und Umweltwärme aus den fassadenintegrierten Hybridkollektoren.

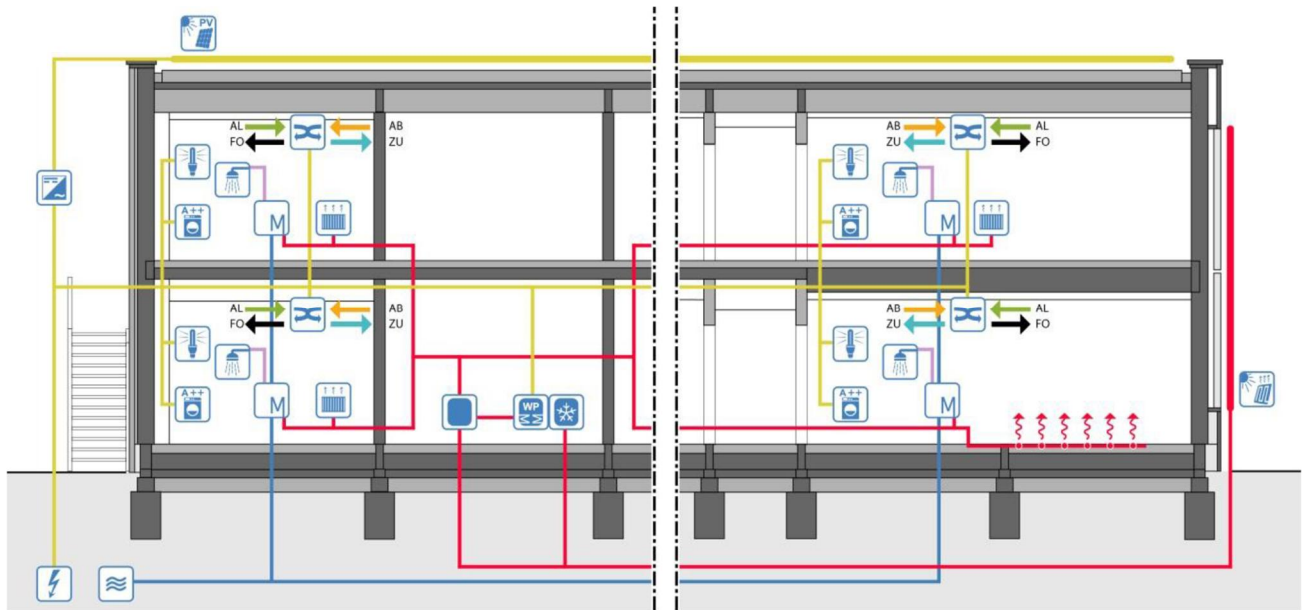
Die Photovoltaikanlage mit einer Größe von ca. 104 m² besteht aus 63 Solarmodulen mit polykristallinen Solarzellen und hat eine Leistung von 18,9 kWp. Gemäß der Vorherberechnung wird mit der Anlage über das Jahr 17.431 kWh Strom erzeugt

Das Gebäude wird durch ein solar unterstütztes Wärmepumpensystem beheizt. Dazu sind Hybridkollektoren an der Südfassade auf einer Fläche von ca. 22 m² angeordnet. Bei Sonneneinstrahlung wird die gewonnene Wärme genutzt, um den Pufferspeicher direkt zu erwärmen. Dieser stellt Heizwärme für die Heizkörper in den Wohnungen und der Fußbodenheizung im „Raum der Stille“ sowie für das Trinkwarmwasser zur Verfügung. Das Trinkwarmwasser wird über Frischwasserstationen, die über den zentralen Pufferspeicher versorgt werden, in jeder Wohnung bereitgestellt. Bei geringer Sonneneinstrahlung wird die gewonnene Energie aus den Hybridkollektoren in den Eisspeicher, der an die Wärmepumpe angebunden ist, umgeleitet. Falls keine Wärme benötigt wird, wird diese im Eisspeicher gespeichert, dabei taut das Eis auf. Wird mehr Energie benötigt als im Pufferspeicher zur Verfügung steht, schaltet sich die Wärmepumpe ein. Sie entzieht dem Eisspeicher Energie und wandelt diese in nutzbare Wärme für Heizung und Trinkwarmwasser um. Durch den Entzug der Wärme wird das Wasser im Eisspeicher wieder eingefroren.

Die Lüftung des Gebäudes ist dezentral geregelt, jede Wohnung verfügt über ein eigenes Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung.

Angaben zu der eingesetzten Technologie

Wärmepumpe + Eisspeicher	
Produktname / Hersteller	SOLAERA / CONSOLAR
Art	Sole/Wasser- Wärmepumpe
Heizleistung	7,0 kW
Elektr. Zusatzheizung	7,5 kW
Größe Eisspeicher	320 l
Hybridkollektoren	
Produktname / Hersteller	SOLAERA-Hybridkollektoren / CONSOLAR
Art	Solar-Luft- Hybridkollektoren
Aperturfläche /Anzahl Kollektoren	22 m ² / 10 Kollektoren
Leistung	Spitzenleistung der 10 Kollektoren: bis zu 18,36 kW (G = 1000 W/m ²)
Kombispeicher	
Produktname / Hersteller	SOLUS II / CONSOLAR
Größe	1.000 l
Lüftungsanlage (Gäste- und Schülerwohnungen)	
Produktname / Hersteller	Produkte: Gästewohnungen: ventos 50 DC Schülerwohnungen: climos 150 DC (S) Hersteller: Paul Wärmerückgewinnung GmbH
Art	Dezentrale Zu- und Abluftanlage mit WRG (Passivhauszertifiziert)
Anzahl im Gebäude	4 Stck.
Wärmebereitstellungsgrad	Gästewohnungen: 80 % Schülerwohnungen: 82 %
Eingestellter Volumenstrom	Variable Drehzahlverstellung (sieben Lüfterstufen, LS): ventos: 32 bis 112 m ³ /h, climos: 30 bis 180 m ³ /h
Leistungsaufnahme	Variabel: ventos: 0,38-0,55 W/(m ³ /h); in Lüfterstufe 7: 62 W bei 75 m ³ /h / 100 Pa = 0,83 Wh/m ³ climos: 0,35-0,61 W/(m ³ /h); in Lüfterstufe 7: 79 W bei 130 m ³ /h / 100 Pa = 0,61 Wh/m ³
Lüftungsanlage (Lehrerzimmer/Raum der Stille)	
Produktname / Hersteller	FOCUS (F) 200 Hersteller: Paul Wärmerückgewinnung GmbH
Art	Dezentrale Zu- und Abluftanlage mit WRG (Passivhauszertifiziert)
Anzahl im Gebäude	2 Stck.
Wärmebereitstellungsgrad	Raum der Stille, Lehrerzimmer: 91 % (gem. DIBT- Zulassung)
Eingestellter Volumenstrom	Variabel verstellbar durch sieben Lüfterstufen (LS): 45 bis 200 m ³ /h
Leistungsaufnahme	Variabel: 0,27-0,53 W/(m ³ /h); in Lüfterstufe 7: 42 W bei 135 m ³ /h / 100 Pa = 0,31 Wh/m ³
PV-Anlage	
Produktname / Hersteller	S19_300/ aleo solar GmbH
Modulart	Monokristallines Si
Modul-Wirkungsgrad	18,3 %
Installierte Leistung	18,9 kWp
Fläche	104 m ²



- | | | | | |
|---------------|-----------------------------|--------------------|---------------|----------------|
| Eisspeicher | Heizkörper | Speicher | Trinkwasser | Warmwasser |
| Elektrogeräte | Lüftung, Wärmerückgewinnung | Stromnetz | Wärmepumpe | Wechselrichter |
| Leuchten | Photovoltaikanlage | Solarthermieanlage | Wärmetauscher | |

Abb. 6 Schema der Gebäudetechnik, Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

3.4.1 Beleuchtung/Haushaltsgeräte

Als fest installierte Beleuchtung kommen in großen Teilen der Gebäudes LED-Leuchtmittel zum Einsatz. Es wird darauf hingewiesen, dass die LED-Technik zum Zeitpunkt der Ausschreibung des Gewerks Elektrotechnik (Winter 2012/2013) in diversen Einsatzbereichen noch in der Markteinführungsphase war.

Haushaltsgeräte, die einen großen Anteil am Haushaltsstromverbrauch haben, sind überwiegend mit hohen bis sehr hohen Effizienzklassen ausgeführt. In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Geräte und deren Effizienzklassen dargestellt.

Beleuchtung					
Leuchtenliste	Räume	Leuchtentyp:	Leuchtmittel:	Fassung:	Beschreibung:
	A	WCs, Flure, Abstellraum	Altena Cobo Round Art.Nr.907CBO9064595122.7	T5 FC22W/840	2GX13
B	Bäder, WC Besprechung, WC Stille	Altena Cobo Round Art.Nr. 907CBO9064695155.7	T5 FC55W/840	2GX13	Anbauleuchte rund DM550mm
C	Wohnen, Schlafen, Besprechung, Flur Stille	Altena Globo Art.Nr. 91929	LED	-	Einbau-Downlight
D	Raum d. Stille	Altena Globo Art.Nr. 93022	LED	-	Einbau-Downlight dimmbar
E	Bäder, WC's	RZB RT44 Art.Nr. 451054.7545	T5 FLH1 HE 14W/840	G5	Spiegelleuchte
F	Schlafen 1	THPG Art.Nr.182551	EL PRO Mimi Ball 15W/825	E27	Wandstrahler
G	Parkplatz	ESYLUX AF300/200Li	LED	-	Außenstrahler
H	Fassade	Glamox O86-W LED 500 HF 840 OP Anth. Art.Nr. 5290033	LED	-	Außen-Anbauleuchten
I	Garten	Hess Cassino 500 Art.Nr. 12.71610.0	TC-D 13W840	G24d-1	Außen Poller
J	Garten	Albertslund Mini	HIT70W840	E27	Mastleuchte
K	Handläufe	INSTA Linear WWH300K365mm Art.Nr. 58999890	LED	-	Handlaufleuchten
L	Technikraum	Trilux Olevion 135/49/80E	T15 49W/840 HO	G5	Wannen-Anbauleuchte
M	Putzmittel	Trilux Olevion 128/54E	T5 FLH1 HE 28W/840	G5	Wannen-Anbauleuchte
N	Fassade	Steinel LED Strahler Solarpanel Xsolar L-S si	LED	-	Außenstrahler
O	Waschraum	Trilux Montigio P128/54E	T5 FLH1 HE 28W/840	G5	Wannen-Anbauleuchte
P	Wohnen Stromschiene	Erco Domotec Art.Nr. 77231.000W	Halopar Alu 64832 50W 230V E27	E27	Strahler Stromschiene
Q	Wohnen Stromschiene	ALS IHU-10007W	EL PRO Mimi Ball 15W/825	E27	Pendelleuchte Stromschiene

Haushaltsgeräte	
E-Herd	Amica/EHE 12501 E, Typ: 2013E (G) 1.21X mit Massekochfeld, bestehend aus 4 Kochplatten, Typ: PG4ES01 (gem. derzeit gültigem EU-Recht werden für E-Herd keine Effizienzlabel ausgestellt)
Backofen	Amica/EHE 12501 E, Typ: 2013E (G) 1.21X, Effizienzklasse A
Spülmaschine	- aus nutzungsspezifischen Gründen nicht verbaut -
Kühlgefrierkombination	Siemens KI18LA75, Effizienzklasse A+++, Jahresenergieverbrauch: 101 kWh/a
Waschmaschine - Beschaffung durch Schule / ISH, daher nicht in Kostenfeststellung KG 600 enthalten! -	Siemens WM14Y74D, Effizienzklasse A+++AB, Jahresenergieverbrauch: 189 kWh/a
Wäschetrockner - Beschaffung durch Schule / ISH, daher nicht in Kostenfeststellung KG 600 enthalten! -	Siemens iQ300 WT46E103, Kondenswärmetrockner, Effizienzklasse B, Jahresenergieverbrauch: 497 kWh/a

3.5 Energiebedarf und Energiedeckung

Die bilanzielle Betrachtung wurde gemäß den Regularien des Effizienzhaus Plus nach DIN V 18599:2007-02 durchgeführt. Das Ergebnis gem. Effizienzhaus Plus-Berechnung ergibt einen Endenergiebedarf von 12.615 kWh/a der über einen Stromertrag aus der Photovoltaik von 17.431 kWh/a gedeckt wird. In der Netto-Jahresbilanz entstand so ein bilanzielles Plus von 4.816 kWh/a.

3.5.1 Energiebedarf

Gemäß der Berechnung nach DIN V 18599 weist das Gebäude einen jährlichen Endenergiebedarf für den Betrieb der Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung und Heizung von 3.856 kWh sowie einen Hilfsenergiebedarf für den Betrieb der Regelung und Pumpen von 1.551 kWh auf. Der Bedarf für die Ventilatoren der kontrollierten Wohnraumlüftung beläuft sich auf 578 kWh.

Der jährliche Endenergiebedarf für den Beleuchtungs- und Haushaltsstrombedarf beträgt insgesamt 6.630 kWh, 994,5 kWh für Beleuchtung und 5.635,5 kWh für sonstige elektrische Geräte.

Insgesamt ergibt sich ein Endenergiebedarf von 12.615 kWh/a.

Aufschlüsselung des Endenergiebedarfs nach einzelnen Dienstleistungen

Name	Heizung (WP)	Warmwasser (WP)	Lüftung	Licht	Elektrische Geräte
Nutzenergie $Q_{x,b}$ [kWh/a]	5.714	5.303	-	994,5	5.635,5
Wärme-/ Kälteabgabe d. Erzeugung $Q_{x,outg}$ [kWh/a]	5.681	9.459	-	-	-
Hilfsenergiebedarf $Q_{x,aux}$ [kWh/a]	1.030	521	578	-	-
Endenergiebedarf (exkl. Hilfsenergie) Wärme $Q_{x,f}$ [kWh/a]	1.396	2.460	-	-	-
Endenergiebedarf ges. [kWh/a]	12.615 kWh/a				

Abb. 7 Endenergiebedarf der einzelnen Dienstleistungen,
Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH
auf Basis der DIN V 18599-Bilanz von DGJ Architektur GmbH

3.5.2 Effizienzhaus Plus Bilanz

Der Endenergiebedarf von 12.615 kWh/a ergibt mit einem Photovoltaikertrag von 17.431 kWh/a ein Plus von ~ 4.816 kWh/a. Dies entspricht einer jährlichen Fahrleistung eines Mittelklasse E-PKWs von ca. 28.000 km (17 kWh/100 km). Primärenergetisch ergibt sich ein Überschuss von ~15.287,57 kWh/a.¹ Der über Photovoltaik generierte Strom kann in der Monatsbilanz zu ~47 % selbst gebraucht werden.

Die Verteilung des Energiebedarfs auf die einzelnen Dienstleistungen sowie die monatsweise Betrachtung sind den folgenden Grafiken sowie der darauffolgenden Tabellen zu entnehmen.

¹ Primärenergiefaktoren gem. DIN V 18599:2007 für Strom $f_p=2,4$, für den Verdrängungsstrommix $f_p=2,8$, Berechnung gem. Effizienzhaus Plus-Berechnung des Fraunhofer IBP, www.effizienzhaus-plus-rechner.de/

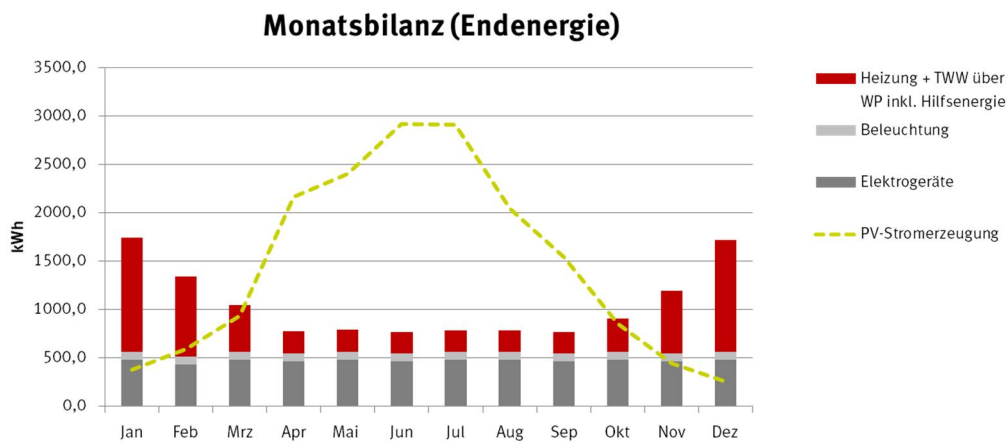
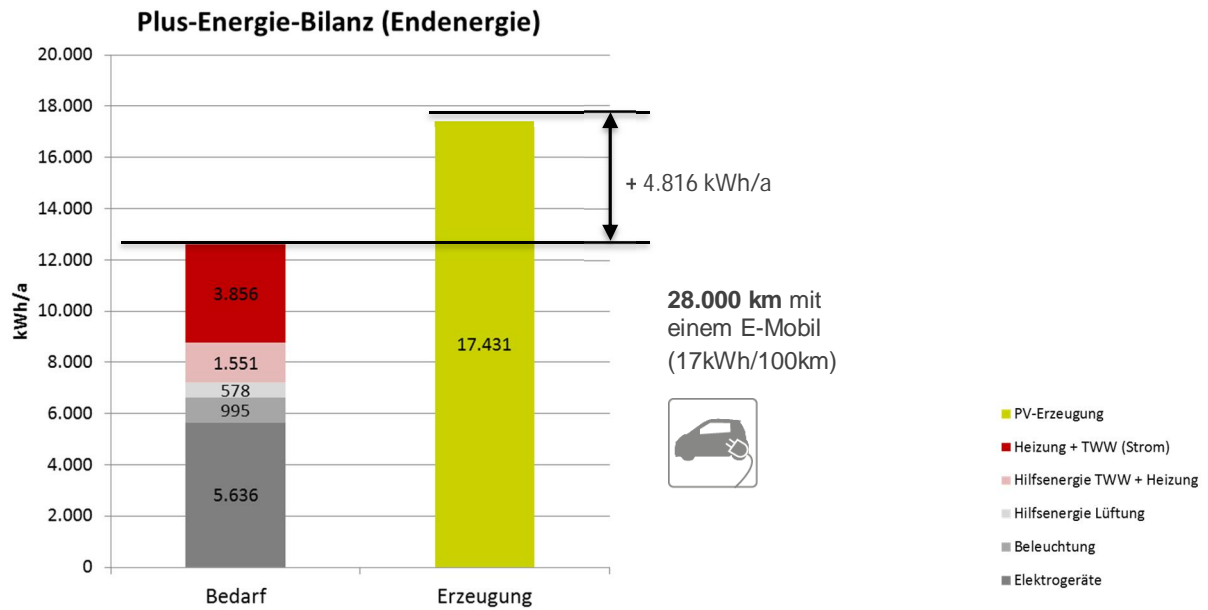


Abb. 8 Jahresbilanz (oben) und Monatsbilanz Plus-Energie (Endenergie) des Effizienzhaus Plus in Geisenheim, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH, auf Basis der DIN V 18599-Bilanz von DGJ Architektur GmbH

Endenergiebedarf und Deckung des Effizienzhaus Plus gem. Bilanz

Bedarf			Deckung		
Komponente	Energiebedarf		Komponente	Energiebedarf	
	[kWh/a]	[kWh/m²a]*		[kWh/a]**	[kWh/m²a]**
E-Mobilität	-	-	PV-Dach	17.431	168
Hilfsenergie für Heizung und Warmwasser, Lüftung	2.129	6,2	**) bezogen auf die PV-Modulfläche Dach 104 m² ***) ~47 % des PV-Ertrags kann im Gebäude selbst genutzt werden; ~53 % werden in das öffentliche Netz eingespeist		
Elektrische Geräte inkl. Beleuchtung	6.630	31,6			
Warmwasser inkl. Heizung (Strom)	3.856				
*) bezogen auf die Gebäudenutzfläche 345 m²					
Gesamt	12.615	kWh/a	Gesamt	17.431	kWh/a
Endenergie Überschuss	4.816		kWh/a		

Abb. 9 Endenergiebedarf und Deckung des Effizienzhaus Plus nach Vorlage des Fraunhofer IBP, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger und Primärenergiegutschrift des Effizienzhaus Plus gem. Bilanz

Energiebezug von außerhalb			Gutschrift durch Einspeisung		
Komponente	Primärenergiebedarf der notwendigen Energieträger		Komponente	Stromüberschuss	
	[kWh/a]****	[kWh/m²a]*		[kWh/a]**	[kWh/m²a]**
E-Mobilität	-	-	PV-Dach	26.071	570
Elektrische Geräte	5.626	16,3	**) bezogen auf die PV-Modulfläche Dach 104 m² ***) ~47 % des PV-Ertrags kann im Gebäude selbst genutzt werden; ~53 % werden in das öffentliche Netz eingespeist		
Beleuchtung					
Warmwasser	5.158	15,6			
Heizung (Strom)					
*) bezogen auf die Gebäudenutzfläche 345 m² ****) Primärenergiefaktoren gem. DIN V 18599:2007 für Strom fp =2,4, für den Verdrängungsstrommix fp=2,8, Berechnung gem. Effizienzhaus Plus-Berechnung des Fraunhofer IBP, www.effizienzhaus-plus-rechner.de/					
Gesamt	10.783	kWh/a	Gesamt	26.071	kWh/a
Primärenergie Überschuss	-15.288		kWh/a		

Abb. 10 Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger und Primärenergiegutschrift nach Vorlage des Fraunhofer IBP, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

3.6 Bewertung der Effizienz aus Berechnungen nach DIN V 18599

In den folgenden Tabellen sind zur Bewertung der Effizienz die Berechnungen des Energiebedarfs getrennt nach Dienstleistungen aus der Bilanz nach DIN V 18599 sowie der Aufwands- / und Arbeitszahlen gemäß der Zwischenberichtsvorlage aufgeführt.

Teilabschnitt	Erläuterung	Energie [kWh/a]	Spez. Energie [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	Nutzenergiebedarf der Räume für Heizung, Trinkwarmwasser und Kühlung	11.017	31,9
Erzeugerabgabe	Wärme- und Kälteabgabe der Erzeuger an das Verteilnetz oder die Speicher für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung	15.140	43,9
Endenergie Erzeuger	Strombedarf für die Erzeugung von Wärme und Kälte für Heizung, Trinkwarmwassererwärmung und Kühlung	3.857	11,2
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	5.985	17,3
Primärenergie Haustechnik	Nicht erneuerbarer Anteil des Primärenergieinhalts der gesamten Endenergie für die Haustechnik (ohne PV)	15.561	45,1

Bewertete Teilabschnitte	Aufwandszahlen / Arbeitszahlen [kWh/kWh]
Effizienz der Verteilung (Erzeugerabgabe / Nutzenergie)	1,37
Effizienz der Wärme- / Kälteerzeuger (Endenergie Erzeuger / Erzeugerabgabe)	0,25
Endenergetische Effizienz der Haustechnik (Endenergie Haustechnik / Nutzenergie)	0,54
Effektive Arbeitszahl der gesamten Haustechnik (Nutzenergie / Endenergie Haustechnik)	1,84
Arbeitszahl des Energieerzeugers (Erzeugerabgabe / Endenergie Erzeuger)	3,93
Primärenergetische Effizienz der Haustechnik (ohne PV) (Primärenergie Haustechnik / Nutzenergie)	1,41

4. Monitoring

Gebäude werden heute in der Planung mittels einer energetischen Bilanzierung im Hinblick auf ihre Energiebedarfe und ggf. Energieerträge bewertet. Die Bilanz wird anhand einheitlicher Rechenverfahren (DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 bzw. DIN V 18599) durchgeführt und auf ein Standardklima eines deutschen Referenzstandorts bezogen. Damit sind sie in Bedarfskategorien einordbar und vergleichbar. Eine detaillierte Aussage über den realen Verbrauch liefern die genannten Bilanzen jedoch nicht. Die Praxis hat viel mehr gezeigt, dass Gebäude insbesondere in den ersten Betriebsjahren wesentlich mehr Energie verbrauchen als anfangs bilanziert. Dieser Problematik kann mit einer Betriebsoptimierung in Form eines Monitorings entgegengewirkt werden. Zudem lässt ein Monitoring im konkreten Fall die Überprüfung des neu definierten Effizienzhaus Plus-Standard zu.

Das 24-monatige Monitoring des „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim findet im Zeitraum von April 2016 bis März 2018 statt. In diesem Zeitraum werden Themen des Energieverbrauchs, der -erzeugung als auch der Behaglichkeit im Innenraum betrachtet.

4.1 Messkonzept

Das Messkonzept des Monitorings zur messtechnischen Validierung des Gebäudes wurde anhand der Vorgaben des Förderprogramms „Effizienzhaus Plus“ des BMVBS entwickelt. Über die Messung werden die Wetterdaten, die Elektro- und Wärmeversorgung des Hauses, sowie Temperaturen und relative Luftfeuchten für die Kontrolle des Innenklimas erfasst, worauf im Folgenden näher eingegangen wird.

Konzeptentwicklung

Aufgrund von Kooperationspartnerwechsel waren verschiedene Firmen an der Erstellung und Umsetzung der Monitoringkonzeption beteiligt.

Im August 2015 wurde eine abschließende Konzeption durch die ina Planungsgesellschaft mbH erstellt. Zu diesem Zeitpunkt musste jedoch schon mit den gegebenen bzw. nicht gegebenen Zählern und digitalen Datenerfassungen gearbeitet werden.

In der abschließenden Messwerterfassung des Gebäudes wird zwischen dem Gesamtgebäude und einer detaillierten Erfassung zweier Wohneinheiten unterschieden. Für das Gesamtgebäude werden die relevanten Daten für den Effizienzhaus Plus – Bilanzabgleich stundenweise erfasst. Die einzeln erfassten Größen in Bezug auf den Stromverbrauch und die Wärmemengenerzeugung können der folgenden Grafik (Abb. 11) entnommen werden.

Übersicht der Strom- und Wärmemengenmessungen

DATENERFASSUNG DES GESAMTGEBÄUDES

Strombezug/ -erzeugung

Stromverbr. ges.
 Netzstrombezug ges.*
 PV-Ertrag
 Eigengebrauch ges.*

*Der PV-Strom wird zu 100% auf dem Schulcampus eigengebraucht und für das Gebäude zu 100% Strom aus dem Netz bezogen. Daher wird der Eigengebrauch sowie ein theoretische Netzstrombezug berechnet und ein fiktiver Wert ausgegeben.

Wetterstation

Globalstrahlung horizontal
 Globalstrahlung vertikal
 Außentemperatur
 rel. Luftfeuchte

Stromverbr.

Stromverbr. gesamt
 Stromverbr. WP (inkl. Heizstab)
 Hilfsenergie Pumpen Wärmetechnik + Hybridkollektor
 Hilfsenergie wohnungszentrale Lüftungsanlagen
 Stromverbr. Beleuchtung ges.
 Stromverbr. Kochen ges.
 HHS + Elektrogeräte (inkl. Monitoringtechnik)

Wärme

Wärmemenge TWW
 Wärmemenge Heizung

In Form von
 Stundenwerten
 (digital erfasst)

DATENERFASSUNG EINZELNER WOHNHEINHEITEN

Wärme

Wärmemenge TWW (Nutzenergie)
 Wärmemenge Heizung (Nutzenergie)

Stromverbr.

Stromverbr. Herd + Backofen (Kochen)
 Stromverbr. Kühlschrank
 Stromverbr. Beleuchtung
 Stromverbr. Steckdosen

In Form von
 Stundenwerten
 (digital erfasst)

Gästewohnung OG	● Schülerwohnung OG Detaillierte Betrachtung der einzelnen Verbräuche	Lehrerzimmer
Gästewohnung EG	● Schülerwohnung EG	Raum der Stille

Wärme

Wärmemenge TWW
 Wärmemenge Heizung

Stromverbr.

Stromverbr. Herd + Backofen (Kochen)
 Stromverbr. Kühlschrank
 Stromverbr. Beleuchtung
 Stromverbr. Steckdosen

In Form von
 Monatswerten
 (manuelle Ablesung)

Abb. 11 Übersicht der Konzeption der Strom und Wärmemengenerfassung des Monitoringprojekts des „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Da das Gebäude aus unterschiedlichen Nutzungen besteht und die Hauptnutzung des Schülerwohnens im Einzelnen besser bewertet werden kann, werden die zwei Schülerwohneinheiten im EG und OG nochmals im Detail gemessen (s. Abb.11).

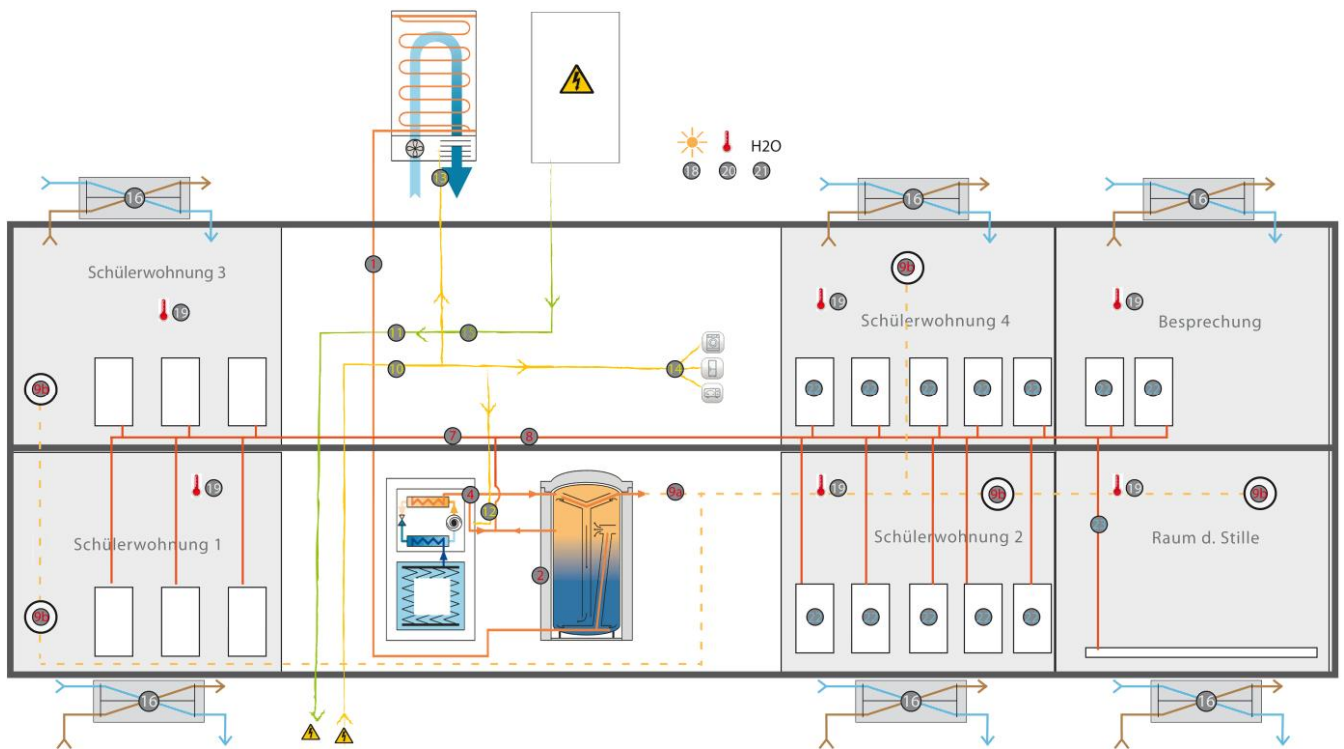
Ursprünglich war die detaillierte Erfassung aller Einheiten geplant. Die Zähler deckten jedoch nur eine Auswahl verschiedener Steckdosen ab.

Aufgrund der Problematik, dass für die Haushaltsstrommessung jede Steckdose einzeln erfasst wird und die Datenloggerplätze für die digitale Datenübertragung auf 25 beschränkt ist, standen für die stündliche Datenübertragung nicht genügend Datenloggerplätze zur Verfügung. Auf dieser Basis musste die Auswahl der stündlich zu erfassenden Zähler begrenzt werden. Demnach wird nur die Schülerwohnung im OG mit 4 Bewohnern stündlich erfasst. Die Messwerterfassung der Schülerwohnung im EG erfolgt zum Ende eines jeden Monats durch Ablesung am Zähler.

Eine Kontrolle durch das LIBH hat zudem gezeigt, dass Zähler, die den Stromverbrauch von Steckdosen in der Schülerwohnung im OG erfassen sollen, z.T. Steckdosen der Gästewohnungen messen. Dieser Zustand blieb bis zum 17.02.2017 so bestehen, so dass der Haushaltsstrombedarf der Schülerwohnung im OG bis einschließlich Februar nicht im Einzelnen ausgegeben werden kann.

Zählerkonzeption

In der folgenden Grafik sind die Zähler der einzelnen Dienstleistungen dargestellt. Im Weiteren wird auf diese Messungen im Detail eingegangen.



Solaera System (Consolar):

- 1 Wärme Hybridkollektor Ein (Standard Ausgabewert)
- 2 Messung Betriebsstunden Heizstab (Standard Ausgabewert)
- 4 Wärme Wärmepumpe Aus (Standard Ausgabewert)
- 7 Wärme Heizkreis 1 (Zubehör NR. RE 099)
- 8 Wärme Heizkreis 2 (Zubehör NR. RE 095+046)
- 13 Hilfsstrombedarf komplett (Hybridkollektor + Pumpen)

Komponenten NZR:

- 10 Hauptstromzähler
- 11 Strom eingespeist PV
- 12 Strombedarf Wärmepumpe
- 14 Strombedarf Einzelverbraucher
- 15 Stromernte PV
- 16 Stromverbrauch Lüftung
- 9a Warmwasserverbrauch Zentrale über Wärmemengenzähler

Wetterstation:

- 18 Globalstrahlungssensor
- 20 Temperaturfühler aussen
- 21 Luftfeuchtigkeit

Restliche Komponenten:

- 9b Warmwasserverbrauch je Frischwasserstation (Warmwasserzähler)
- 19 Temperaturfühler Innen (versch. Räume)

- 22 Wärme je Heizkörper (Kalorimeter)
- 23 Wärme Fußbodenheizung

Abb. 12 Schema zu den verbauten Zählern im „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim, Quelle: Pfeil und Koch Ingenieurgesellschaft mbH, Fortschreibung: LBIH

Messung der Wetterdaten

Um die gemessenen Verbräuche und PV-Erträge auf das am Standort vorherrschende Klima zu beziehen, werden Klimadaten über eine Wetterstation am Gebäude erfasst. Über die Wetterstation wird die Globalstrahlung horizontal und senkrecht auf der Südfassade gemessen sowie die Außentemperatur und relative Luftfeuchte erfasst.

Die gesamte Sensorik und Auswertelektronik mit Datenlogger ist im Edelstahlgehäuse untergebracht und misst die Globalstrahlung von 0 bis 1.500 W/m² in einer Auflösung 0,3 W und einer Genauigkeit +/-40 W.

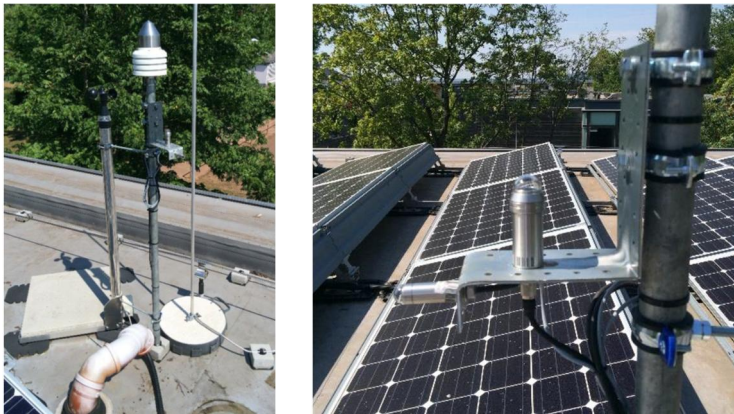


Abb. 13 Kombi-Sensor TEFE 1MV, Kombinationssensor zum Messen von Temperatur und relativer Feuchte (links), Pyranometer, Quelle: S3P-Engineering GmbH & Co. KG

Messung der Elektroversorgung und des Stromverbrauchs

Die Elektroversorgung betreffend wird der Netzstrombezug sowie die Stromerzeugung über die Photovoltaik erfasst. Ein Eigengebrauch des PV-Stroms in dem Gebäude liegt real nicht vor. Der Strom wird in das Schulnetz gespeist und dort selbst gebraucht. Nutzungen wie die Großküchentechnik, Serverkühlungen sowie 33 Internatswohnungen und eine Grundlast von 40 kW des Schulcampus garantieren diese Abnahme.

Begründet wird die Einspeisung der PV-Anlagenleistung i.H.v. 18,9 kWp in die NSHV des Schul-Hauptgebäudes mit der dort vorhandenen Abnahmestruktur (Einfachheit der Installation) sowie, übergeordnet, dem Wirtschaftlichkeitsgedanken, da die ISH Strombezugskosten i.H.v. 16,4 Eurocent/kWh (Stand 2015) hat und damit eine höhere Wirtschaftlichkeit aufweist als die entsprechende EEG-Einspeisevergütung des Jahres 2015.

Da kein Eigengebrauch im Gebäude vorliegt wird eine 100%ige Netzeinspeisung über die Messung erfasst. Um eine Vergleichbarkeit mit den weiteren Monitoringprojekten herzustellen, wird der Eigengebrauch als auch die verbleibende Netzeinspeisung theoretisch ermittelt. Hierfür wird auf Stundenbasis der Messwert des PV-Ertrags mit dem Stromverbrauch (= Netzstrombezug) abgeglichen. Bei gleichzeitigem Ertrag und Verbrauch wird ein Eigengebrauch angerechnet. Ist kein Verbrauch zu verzeichnen, so wird die gezählte kWh der Netzeinspeisung zugewiesen. Dieser Abgleich hat seine Unschärfe, da er nur auf Stundenbasis erfolgen kann und der Zeitstempel der Messung von Ertrag und Verbrauch nicht immer passgenau ist. Dennoch kann über diese Berechnung ein Verhältnis abgeleitet werden.

Neben der Netzstromversorgung und PV-Ertrag wird der Stromverbrauch der Wärmepumpe als auch des Heizstabs erfasst. Letzteres wird über die Angabe der Betriebszeit mit der Leistung des Heizstabs (7,5 kW) berechnet. Eine direkte Messung des Stromverbrauchs des Heizstabs ist nicht gegeben.

Daneben wird die Hilfsenergie für die Lüftung (Ventilatoren, inkl. Heizregister (für Frostschutz)) als auch für die Heiztechnik (Pumpen, Regelung Wärmetechnik, inkl. Hybridkollektor) separat

gemessen. Die Beleuchtung als auch Großverbraucher für das Kochen (Herd + Backofen) werden erfasst. Weiterhin wird der Stromverbrauch für die sonstigen Haushalts- und Elektrogeräte als Summe bestimmt.

Messung des Stromverbrauchs für Haushalts- und Elektrogeräte

Von den Haushalts- und Elektrogeräten werden für das Gesamtgebäude die Großverbraucher zu Teilen erfasst, so dass der Stromverbrauch für das Kochen (Herd + Backofen) ausgegeben werden kann.

Der monatliche Gesamtverbrauch für die sonstigen Haushalts- und Elektrogeräte wird über den Gesamtstromverbrauch des Gebäudes (= Netzstrombezug) abzüglich des Stromverbrauchs der Wärmepumpe, des Heizstabs, der Hilfsenergie für Lüftung und Heizen, der Beleuchtung sowie dem Kochen (für Herd + Backofen) berechnet.

In dem Gesamtstromverbrauch für die sonstigen Haushalts- und Elektrogeräte sind aufgrund der begrenzten Anzahl von zur Verfügung stehenden Zählern als auch Datenloggerplätzen Großverbraucher wie eine Waschmaschine und ein Trockner, die Kühlschränke aller Einheiten, der Stromverbrauch aller Steckdosen sowie der Stromverbrauch der Monitoringtechnik enthalten. Letzteres war als separate Messung im Zählerkonzept nicht angedacht.

Um den typischen Verbrauch der einzelnen Wohneinheiten zu erfassen, wurde sich für eine detailliertere Einzelerfassung der zwei dauerhaft belegten Schülerwohnungen im EG und OG entschieden. So können zwei typische Verbräuche von Wohngemeinschaften in einem Schülerinternat abgebildet werden. Anhand dessen soll der Unterschied zu einem gewöhnlichen Familienhaushalt herausgestellt werden. So wird z.B. durch die Verfügbarkeit einer Schulkantine nicht durchgehen gekocht. Es gibt lange Ferienzeiten und eine durchschnittliche Belegdauer von ca. 250 Tagen.

Von den Wohneinheiten werden bzgl. der Stromversorgung die Beleuchtung sowie die Großverbraucher Herd + Backofen für das Kochen und der Kühlschrank einzeln erfasst. Der Stromverbrauch für die sonstigen Haushalts- und Elektrogeräte wird über die einzelnen Steckdosen in den Wohneinheiten gemessen und daraus eine Summe berechnet.

Messung der Lüftung

Von der Lüftung wird ausschließlich die Hilfsenergie für den Betrieb (Ventilatorenstrom, inkl. Heizregister (für Frostschutz)) erfasst. Da keine Temperaturen der Zu- oder Abluft gemessen werden, kann keine Aussage über die tatsächlich vorherrschenden Wärmerückgewinnungsgrad (WRG-Grad) der sechs Anlagen getroffen werden. Gemäß Herstellerangabe haben die kleineren Lüftungsgeräte in den Wohneinheiten einen WRG-Grad von 80 % (Gästewohnungen) bzw. 82 % (Schülerwohnungen) und die größeren Geräte des Lehrerzimmers sowie des „Raums der Stille“ einen WRG-Grad von 91 %. Diese Angaben werden genutzt, um eine fiktive Zulufttemperatur zu berechnen. Für die Ablufttemperatur wird die Raumtemperatur in den Nasszellen der Wohn- und Nichtwohneinheiten angenommen, in denen die Abluft abgesaugt wird.

Aufgrund eines nicht zur Verfügung stehenden Bypasses kann die Lüftungsanlage in verschiedenen Betriebszuständen betrieben werden: Von einem klassischen Zu- und Abluftbetrieb in den Wintermonaten bis zu einem reinen Zu- oder reinen Abluftbetrieb in den Sommermonaten. Diese Betriebszustände werden manuell an einem Bedienelement im Raum eingestellt. Aus diesem Grund haben die Schüler und weiteren Nutzer eine Betriebsanleitung für die Lüftung durch das LIBH erhalten. Am Ende eines jeden Monats wird die Betriebseinstellung der Lüftungsanlagen durch das LBH geprüft. Eine taggenaue Kontrolle, welche Betriebszustände in den Einheiten aktiv war, erfolgt nicht.

Messung der Heizung und Trinkwarmwasserbereitung

Für die Bestimmung des Endenergieverbrauchs für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung wird wie beschrieben der Stromverbrauch für die Wärmepumpe als auch des Heizstabs erfasst (s. Abb.14, Nr.1-3). Um u.a. die Effizienz der Wärmepumpe in Form der Jahresarbeitszahl zu bestimmen wird zudem die Wärmemengenbereitstellung der Wärmepumpe gemessen. Die Wärmemenge des Heizstabs wird in Bezug auf den Stromverbrauch in gleicher Höhe angenommen.

Die Wärmemenge, die die Solarthermie – als ein weiterer Wärmeerzeuger – „umsonst“ direkt an den Pufferspeicher liefert, wird nicht separat erfasst. Dafür wurde kein Wärmemengenzähler berücksichtigt. Ausschließlich die Gesamtwärmebereitstellung der Solarthermie, die jedoch je nach Betriebszustand Ihre Wärme sowohl in den Eisspeicher als auch in den Pufferspeicher speist, wird gemessen (s. Abb.14, Nr.7). Darüber kann jedoch keine exakte Aussage der direkten Nutzung der solaren Wärme gemacht werden.

Weiterhin werden die Wärmemenge der Trinkwarmwasserbereitung (ab Pufferspeicherausgang) (s. Abb.14, Nr.6) und die Wärmemenge, welche in die Heizkreise gespeist wird (Heizkreis 1 und Heizkreis 2) separat erfasst (s. Abb.14, Nr. 4-5). Der Heizkreis 1 versorgt die Einheiten Gästewohnung EG und OG und der Heizkreis 2 die Einheiten Schülerwohnung EG und OG, Lehrerzimmer sowie den Raum der Stille.

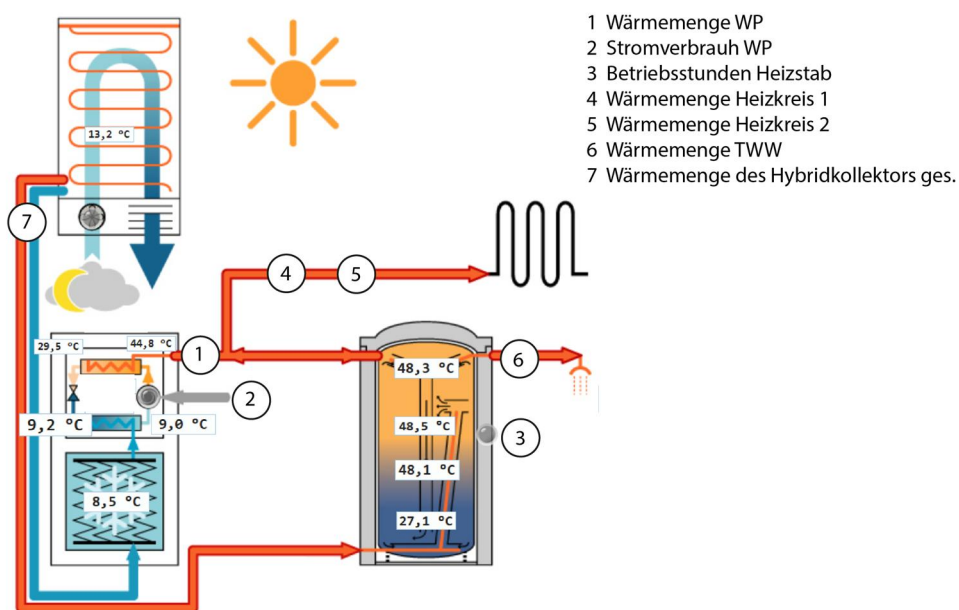


Abb. 14 Messschema der WP-Einheit, Quelle: CONSOLAR, bearbeitet durch ina Planungsgesellschaft mbH

Für die Bestimmung des Heizenergieverbrauchs pro Wohneinheit, wird sich auf die Zählungen von Heizkostenverteilungen bezogen (s. Abb.15).



Abb. 15 exemplarische Darstellung des Heizkostenverteilers an einem Heizkörper einer Wohneinheit;
Quelle: LBIH

Sie geben in Einheiten an, wieviel Wärme pro Heizkörper verbraucht wird. Diese Angaben werden in einer Ablesung am Monatsende durch das LBIH erhoben. Mit Bezug auf die gemessene Wärmemenge des Heizkreises 1 und 2 wird darüber die Wärmebereitstellungen der einzelnen Nutzeinheiten anteilig bestimmt. Eigene Wärmemengenzähler liegen abgesehen von der Fußbodenheizung im Raum der Stille nicht vor.

Die (ausnahmsweise) wissenschaftliche Zulässigkeit der Nutzung von Heizkostenverteilern durch im Sommer 2015 vom LBIH mit Frau Bergmann vom Fraunhofer IBP abgestimmt.

Um die Nutzenergie für Trinkwarmwasser (TWW) zu bestimmen, wird die Wärmemenge an den Frischwasserstationen je Nutzeinheit bestimmt (s. Abb.11). Dieser Wert wird über eine Durchflussmengen-zählung und eine konstante Annahme der Temperatur in der Zirkulationsleitung (47 °C) und für das Frischwasser (12°C) bestimmt. Daher stellt dieser Wert ebenfalls eine Näherung über Messung und Berechnung dar. Die Verluste der Anbindeleitungen sind in der Angabe des Nutzenergiebedarfs für TWW nicht enthalten.

Über die Differenz zwischen der Wärmemenge am Speicherausgang und der Wärmemenge an den Frischwasserstationen werden die Leitungsverluste der Zirkulationsleitung bestimmt. Im ersten Monitoringjahr zeigten sich hohe Verluste, die zu einer Betriebsoptimierung führten (s. dazu Kap. 6.2.1).



Abb. 16 Frischwasserstation im Bad einer Wohneinheit mit Durchflussmengen-zähler, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Die Speicherverluste des Pufferspeichers können nicht separat bestimmt werden, da u.a. die direkte Wärmebereitstellung des Hybridkollektors an den Speicher nicht bekannt ist. Neben den benannten Wärmemengen werden Temperaturen des Speichers (oben und unten), des Eisspeichers, des Hybridkollektors, des Vor- und Rücklaufs der Heizkreise als auch des Verdampfers und Kondensators der WP erfasst.

Messung der Temperatur und relativen Luftfeuchte

Zur Kontrolle der Behaglichkeit werden die Temperaturen und die relative Raumlufffeuchte über separate Datenlogger für alle Nutzeinheiten erfasst (s. Abb.11 und 12). Diese Logger wurden in jeden Raum (z.B. Wohnzimmer, Bad, Schülerzimmer Nord, Schülerzimmer Süd und WC) der Einheiten vorgesehen. Sie sind in den Wohnbereichen in einer Montagehöhe von 160 cm angebracht. Um ein versehentliches Berühren/Abreißen durch die Schüler zu vermeiden, wurde in den Zimmern Nord und Süd sowie Bad und WC entgegen der Vorgabe des Monitoringleitfadens eine Montagehöhe von 10 cm umgesetzt. Damit sind die Temperaturmessung aufgrund der Höhe im Raum vrsl. etwas höher als auf realer Kopfhöhe.

Die in den einzelnen Räumen verteilten Datenlogger für Temperatur- und Feuchtemessungen (s. Kap. 4.1) erfassen die Daten stündlich erfasst.

Am Ende des Monats werden die Daten durch das LBIH über einen USB-Stick ausgelesen.

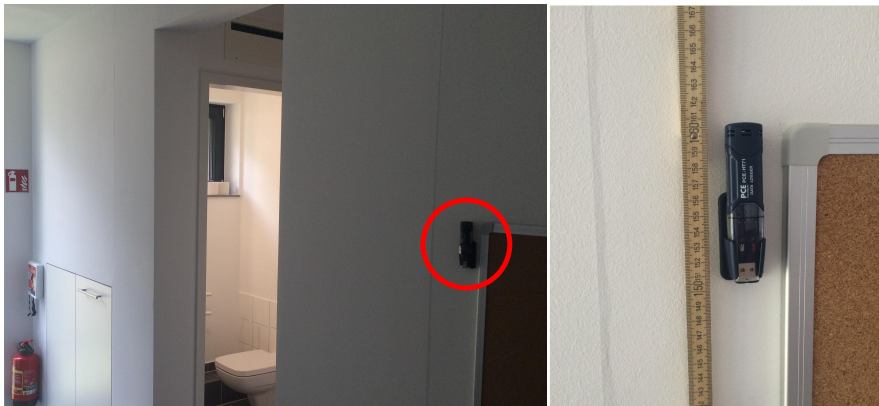


Abb. 17 Datenlogger zur Messung der Temperatur und Raumlufffeuchte im Gemeinschaftswohnraum der Schülerwohnung im EG auf Höhe von 160 cm, Quelle: LBIH



Abb. 18 Datenlogger zur Messung der Temperatur und Raumlufffeuchte in Zimmer Süd (links) und Zimmer Nord (rechts) der Schülerwohnung im EG auf Höhe von 210 cm, Quelle: LBIH

4.2 Verwendete Messtechnik

Als Messtechnik wurde folgende Geräte durch folgende Firmen verbaut:

Stromzähler:

Fa. Werner Elektrotechnik, Eltville/Rhein

Wärmemengenzähler:

Fa. Kämpf, Frankfurt/Main; seit dem 28.11.2014 in Insolvenz (mit der Folge des Verfalls von VOB-Gewährleistungsmängelansprüchen) für den Einbau des Consolar-Zählersets und der Frischwasserstation-Zähler

Fa. Dahlen, Lorch; Einbau des techem-Messkapsel-WMZ

Fa. techem, Eschborn; Montage der der Heizkostenverteiler

Wetterstation und Pyranometer:

Fa. s3p, Lohfelden

Messtechnik	Hersteller / Produktname
Stromzähler	NZR, digitale Wechselstromzähler
Wärmemengenzähler	Heizung: Consolar, Solaera-System-Wärmemengenzähler-Set; techem compact V e vario S Messkapsel-WMZ Radiatoren: techem-Heizkostenverteiler vario S III Frischwasserstationen: elster, S100;
Temperatur & Feuchte (Innenräume)	PCE, Typ PCE-HT 71N Datenlogger
Wetterstation	Reinhardt, TEFE 1MV Kombisensor zur Messung von Temperatur & Luftfeuchte incl. Globalstrahlungssensor
Pyranometer	Reinhardt, Globalstrahlungssensor GSS 485 Mikro-Sensor zum Messen der Globalstrahlung (Pyranometer – Thermoelement) zur Messung von Globalstrahlung im Spektralbereich von 305–2800 nm

4.3 Dokumentation

Die Messwerte werden über mehrere getrennte Erfassungssysteme aufgezeichnet. Der Stromverbrauch, die Daten der Wetterstation und die Durchflussmengenähler an den Frischwasserstationen werden über einzelne Zähler erfasst, die Heizzentrale von CONSOLAR verfügt hingegen über eine eigene Datenerfassung (s. Abb. 20).

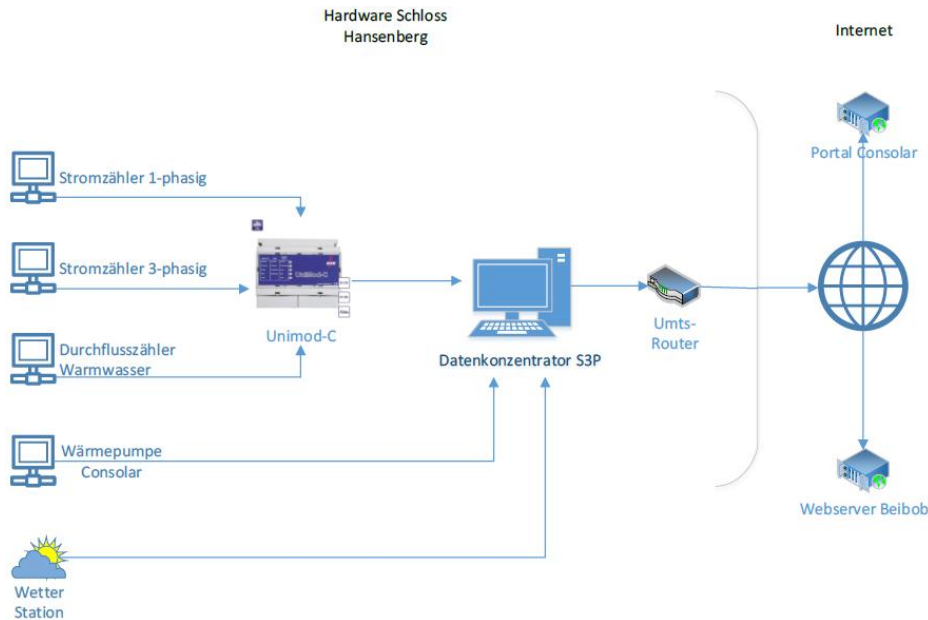


Abb. 19 Datenübertragung im Monitoring des „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim, Internatsschule Schloss Hansenberg, Quelle: S3P-Engineering GmbH & Co. KG

Über CONSOLAR werden Stromverbrauch, Betriebszeit- und Wärmemengenzählungen sowie die Temperaturerfassung der Heizzentrale (WP, Heizstab, TWW- und Heizwärmebereitung, Wärmebereitung des Hybridkollektors) stundenweise erfasst (s. dazu Kap.4.1), die auch in einer webbasierten Oberfläche des Herstellers als Live-Monitoring nachvollzogen werden können (s. Abb. 20).

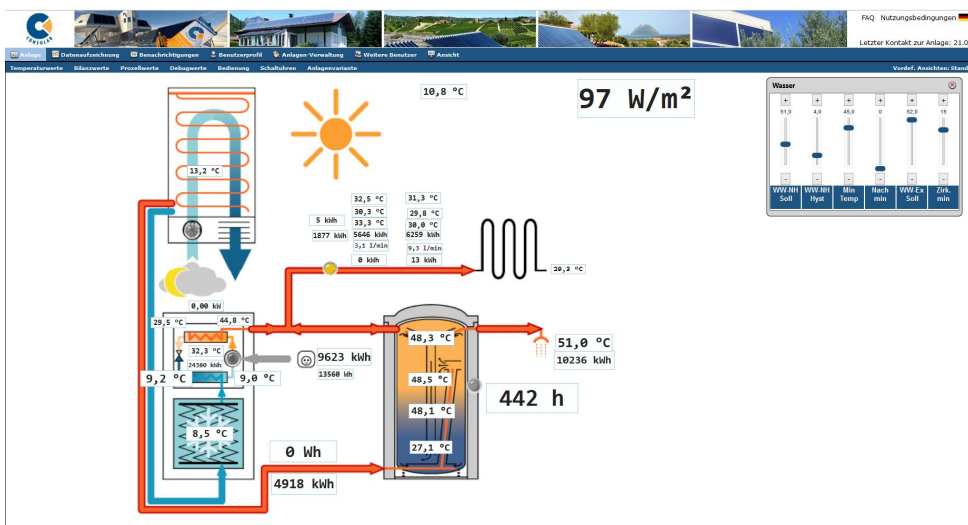


Abb. 20 Live-Monitoring des CONSOLAR-Portals der Heizzentrale im "Effizienzhaus Plus" in Geisenheim, Quelle: consolar.remoteportal.de

Die stündlich gemessenen Energiemengen der Stromzähler und Durchflussmengenähler werden über einen Datenlogger an einen Datenkonzentrator der Fa. S3P übertragen. Die Datenloggerplätze sind, wie bereits beschrieben, auf 25 begrenzt. Die Menge der Messpunkte der CONSOLAR-Heizzentrale ist hingegen unbegrenzt und vielmehr über den Einbau vorhandener Zähler reglementiert. Deren Daten werden, wie auch die der Wetterstation, direkt an den Datenkonzentrator übertragen (s. Abb.19).

Über das Netz werden Sie an eine eigens für das Monitoring entwickelte Software übermittelt, wo die Daten der einzelnen Zählungen im Excel-Format für die Auswertung heruntergeladen werden können. Zudem bietet das Tool die Möglichkeit sich die Messwerte stundenweise, monatsweise oder für ein Jahr als Grafiken in Form stündlich gemessener als auch als kumulierte Energiemengen ausgeben zu lassen (s. Abb.21 und Abb.22).

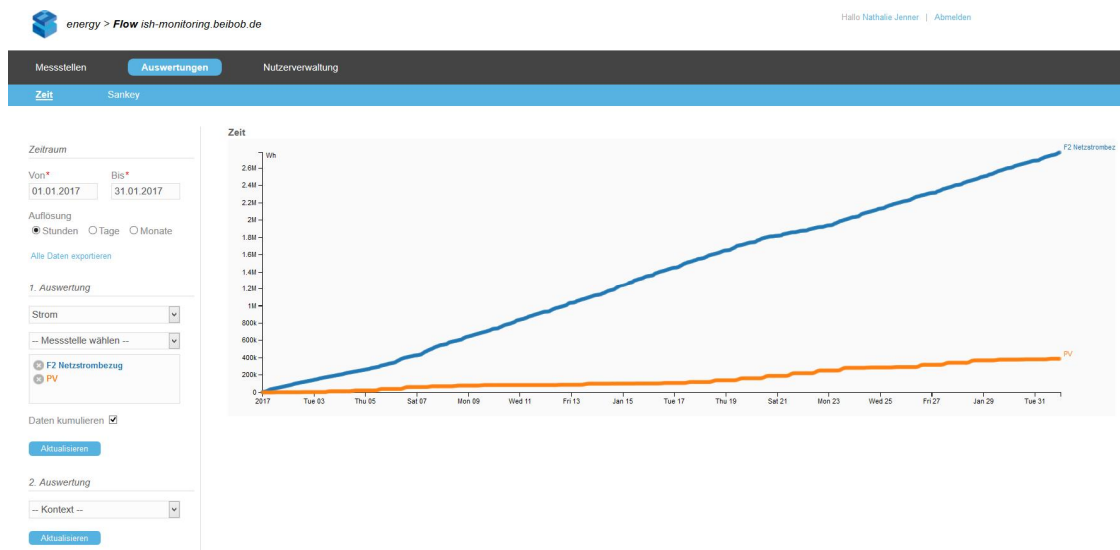


Abb. 21 Grafikausgabe des Softwaretools für die Messwerterfassung des Monitorings des „Plus-Energiegebäudes“ in Geisenheim als stündlich gemessene Energiemengen, exemplarisch für Netzstrombezug und PV-Erzeugung im Monat Januar 2017, Quelle: Fa. Beibob Medienfreunde, <http://ish-monitoring.beibob.de/reports/>

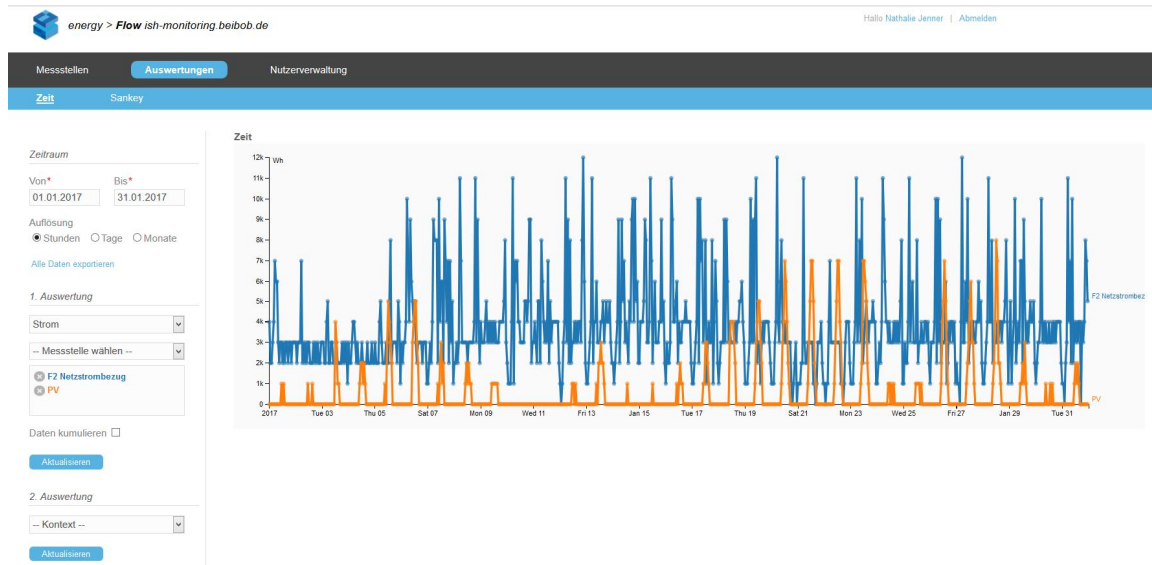


Abb. 22 Grafikausgabe des Softwaretools für die Messwerterfassung des Monitorings des „Plus-Energiegebäudes“ in Geisenheim als kumulierte Energiemengen, exemplarisch für Netzstrombezug und PV-Erzeugung im Monat Januar 2017, Quelle: Fa. Beibob Medienfreunde, <http://ish-monitoring.beibob.de/reports/>

Die Temperatur- und Feuchtedaten, die über die raumweise, in Form von USB-Sticks verbauten Datenlogger erfasst werden, werden an jedem Monatsende in das Softwaretool eingelesen. Das Softwaretool erfasst alle digital aufgezeichneten, stündlichen Messungen. Die Datenerfassung, welche über eine monatliche Ablesung durch das LIBH am Zähler erfolgt, wird über eine separate Excel-Tabelle dokumentiert. Dies betrifft die monatlich abgelesenen Stromzählungen sowie die Daten der Heizkostenverteiler. Auch die Daten der CONSOLAR-Heizzentrale werden nochmals monatlich dokumentiert.

Zur Datenauswertung werden diese Excel-Tabellen durch das LBH am Monatsanfang des jeweiligen Folgemonats an die ina Planungsgesellschaft mbH per Mail übermittelt. Zusammen mit dem Download der stündlich gemessenen Daten über das Softwaretool führt ina die Daten in einem für das Monitoring entwickeltem Excel-Auswertungs-Tool zusammen. Über dieses werden die Einzelwerte erfasst, Verrechnungen vorgenommen und die Daten für die monatliche Weitergabe an das Fraunhofer IBP aufbereitet. Daneben werden darüber weitere Berechnungen und Grafiken für den Zwischen- und Endbericht erstellt.

Messwertausfälle

In dem Zeitraum des ersten Monitoringjahres gab es diverse Probleme in der Messwerterfassung, vom Routerausfall, dem Defekt einzelner Zähler bis hin zur Nichtübertragung aller digitalen Daten aufgrund einzelner Zählerausfälle. Die Ausfälle reichten von wenigen Stunden bis hin zu Monaten. Daher sind einzelne Messangaben bzw. Auswertungen im ersten Monitoringjahr nur eingeschränkt bzw. nicht möglich. Auf welche Auswertungen sich dies bezieht, wird in den folgenden Kapiteln im Einzelnen beschrieben.

Gründe für die Datenausfälle waren folgende:

- in den Sommermonaten wiederholter Routerausfall aufgrund thermischer Überhitzung
- wiederkehrender Übertragungsausfall aufgrund UMTS-Netzabdeckungsschwäche mit der Folge einer selbsttätigen Außerbetriebsetzung des Routers; dies in Verbindung mit der Notwendigkeit eines manuellen Neustarts
- sukzessive manuelle Defekte mehrerer Hutschienen-Stromzähler, deren Ersatz auf VOB-Gewährleistungsmangelverfolgung mehrere Wochen in Anspruch nahm

Die Datenausfälle beliefen sich in den einzelnen Monaten von 5 bis 100 % der einzelnen Zähler. In den Monaten April, Oktober 2016 bis Januar 2017 musste aufgrund des nahezu 100 % igen Ausfalls der digitalen Übertragung ausschließlich auf die monatliche Ablesung der Zähler zurückgegriffen werden. Die Ausgabe der digital erfassten Stundenwerte war ausschließlich für die Raumtemperaturen und deren relativen Feuchte möglich.

Da die Erfassung der Wärmemenge an den Frischwasserstationen über die Durchflussmengenzähler nur digital erfolgt und keine monatlichen Ablesungen stattfinden, steht diese Angabe für die Monate April, Oktober 2016 bis Dezember 2017 nicht zur Verfügung.

Für Monate April, November bis Dezember 2016 fehlt weiterhin der Hilfsenergiebedarf, der für diese Monate auch nicht über die manuelle Ablesung vorlag. Diese Angabe fließt in die Verrechnung des Anteils des Haushaltsstromverbrauchs am Gesamtstromverbrauch ein. Damit war auch diese Angabe für diese Monate nicht möglich.

Zudem konnte ohne die stündliche Datenerfassung die Berechnung des fiktiven Eigengebrauchs des PV-Ertrags sowie des Netzstrombezugs nicht vorgenommen werden.

In den Monaten Februar und März 2017 ist die stündliche, digitale Übertragung des PV-Ertrags ausgefallen, so dass auch für diese Monate der fiktive Eigengebrauch des PV-Ertrags sowie der Netzstrombezug nicht berechnet werden konnte.

Auch bei der Wetterstation war eine Vielzahl von Datenausfällen zu verzeichnen, so dass verlässliche Daten nur für die Monate Mai bis August 2016 zur Verfügung standen. Für den Abgleich der Messungen mit den meteorologischen Randbedingungen (Außentemperatur, rel. Feuchte und Globalstrahlung) wurde für die fehlenden Monate auf die Daten einer nah gelegenen Wetterstation in Geisenheim zurückgegriffen.

Um den häufigen Messwertausfällen im zweiten Monitoringjahr entgegen zu wirken wurden folgende Maßnahmen umgesetzt bzw. sollen noch umgesetzt werden:

- Begrenzung der digital zu erfassenden Zähleranzahl auf 25 Plätze (Zuvor blockierten sich zu viele Messwertübertragungen gegenseitig)
- Austausch der defekten Zähler und Wiedereinbau am 17.02.2017 (Bis zum 18.04.2017 wurden diese Zähler jedoch weiterhin nicht digital erfasst)
- Tausch des UMTS-Modems gegen einen Daten-Festnetzanschluss über das Schulnetz (trotz erheblicher administrativer und technischer Hürden zum 18.09.2017 durch das LBIH organisiert)

Trotz des hergestellten Daten-Festnetzanschlusses kam es im zweiten Monitoring-Jahr mehrfach zu Datenausfällen durch Aufhängen des Routers, Defekt von Zählern (insbesondere Hilfsstrom) sowie Anfang März 2018 der Ausfall des Datenkonzentratoren-Mini-PCs durch nicht ein nicht verfügbares Windows-Update, welches auf Grund fehlender Ressourcen kurzfristig nicht bereitgestellt werden konnte.

Unplausible Daten der CONSOLAR-Heizzentrale

Die Wärmemengen der Heizkreise 1 und 2 waren zu Beginn der Messung unplausibel. So zeigte der Heizkreis 1 (Gästewohnungen EG und OG) zu hohe Wärmeverbräuche an. Um die Korrektheit der Angabe des Wärmemengenzählers zu verifizieren, wurde am 06.06. und 06.07.2016 ein zusätzlicher Wärmemengenzähler eingebaut. Darüber sollte der bestehende Wärmemengenzähler kalibriert werden. Die Zähler zeigten jedoch voneinander so stark abweichende Werte an, dass im Februar 2017 sich darauf verständigt wurde sich rückwirkend nur auf die Daten des zusätzlich eingebauten Wärmemengenzählers zu beziehen.

Der Heizkreis 2 (Schülerwohnungen EG und OG, Lehrerzimmer, Raum der Stille) zeigte indes in den Monaten April und Juni gar keine Messungen an. Hier war ein falscher Volumenstromzähler eingebaut. Am 06.06. und 06.07.2016 wurde daher ein neuer Volumenstromzähler verbaut.

Datenausfälle im zweiten Messjahr:

- Die Globalstrahlung, Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit wurde für folgende Monate nicht bzw. nur lückenhaft gemessen: Juni-September, Dezember 2017. Eine Klimabereinigung (Berechnung Gradtagszahl) ist daher nicht möglich.
- Der Stromverbrauch des Gebäudes sowie die PV-Produktion wurde für folgende Monate nicht bzw. nur lückenhaft gemessen: April, Juni-Oktober, Dezember 2017 und Januar-März 2018. Es konnte jedoch auf manuell erfasste Monatswerte zurückgegriffen werden. Die Berechnung des fiktiven PV-Eigenverbrauchs, der PV Netzeinspeisung sowie des Netzbezuges auf Stundenebene sind daher für diese Monate nicht möglich.
- Die erzeugte Wärmemenge von Wärmepumpe und Heizstab sowie die Wärmemenge Speicherausgang an die Trinkwarmwasser-Ringleitung wurde für folgende Monate nicht gemessen: Juni-Dezember 2017 und Januar-März 2018. Es konnte jedoch auf manuell erfasste Monatswerte zurückgegriffen werden.

- Die Wärmemenge des Hybridkollektors wurde für das gesamte Messjahr nicht gemessen. Aufgrund eines defekten Zählers erfolgte auch keine manuelle Erfassung.
- Die Wärmemengen der Heizkreise wurde für folgende Monate nicht gemessen: Juni-Dezember 2017 und Januar-März 2018
Es konnte jedoch auf manuell erfasste Monatswerte zurückgegriffen werden
- Die Hilfsenergie für Heizen und Trinkwarmwasser wurde für folgende Monate nicht gemessen: Juni-Dezember 2017 und Januar-März 2018.
Für die Monate Juni, Juli, August 2017 konnte auf manuell erfasste Monatswerte zurückgegriffen werden. Aufgrund eines defekten Zählers erfolgte für die übrigen Monate keine manuelle Erfassung.
- Die Hilfsenergie für Lüftung wurde für folgende Monate nicht gemessen: Juni-Dezember 2017 und Januar-März 2018.
Es konnte jedoch auf manuell erfasste Monatswerte zurückgegriffen werden.
- Die Temperaturen der Wärmeerzeugung (Verdampfer und Kondensator Wärmepumpe, Eisspeicher, Hybridkollektor, Speicher) und der Wärmeverteilung (Heizkreise) wurde für folgende Monate nicht erfasst: Mai-Dezember 2017 und Januar-März 2018.
- Die Durchflussmengen der TWW-Frischwasserstationen wurde für folgende Monate nicht erfasst: Juni-Oktober, Dezember 2017 und Januar-März 2018. Die Berechnung der Wärmemengen TWW gesamt und für die einzelnen Nutzungseinheiten sowie der Zirkulationsverluste war für diese Monate nicht möglich.

5. Meteorologische Randbedingungen

5.1 Solarstrahlung

Zum Antragszeitpunkt wurde der Ertragsprognose der Photovoltaik eine Fachplanerangabe² zugrunde gelegt. Daher wird sich in der folgenden Gegenüberstellung der Globalstrahlung von

² Quelle: DGJ Architektur GmbH

Bilanz und Messung auf die durchschnittliche monatliche Strahlungsintensität am Standort Geisenheim (Referenzregion 8) gem. DIN 4108-6 bezogen.

Da der Ertragsprognose die Globalstrahlung des realen Gebäudestandorts zugrunde liegt, jedoch diese nicht vorliegt, wurde sich so der realen monatlichen Verteilung genähert.

Ein Vergleich mit dem Referenzklima gem. DIN V 18599-10:2007-02 (Würzburg) hat gezeigt, dass die Globalstrahlung (horizontal) mit 1.120 kWh/(m²a) im Vergleich zur DIN 4108-6 mit 1.027 kWh/(m²a) um ca. 8 % geringer ausfällt. Damit wird sich mit den Daten vom realen Gebäudestandort gemäß DIN 4108-6 auf den konservativeren Wert bezogen.

Die mittlere monatliche Strahlungsintensität der gemessenen Monate des ersten Monitoringjahres zeigen gegenüber den Durchschnittsdaten nach DIN 4108-6 des Gebäudestandorts in den Sommermonaten Juni und Juli eine starke Abweichung von im Mittel - 16 % (s. Abb. 23).

Im Monat September konnte eine um 37 W/m² höhere Strahlungsintensität (+29 %) gegenüber dem historischen Mittel verzeichnet werden. Auch der Monat März zeigte eine um 29 W/m² (+29 %) höhere Strahlungsintensität an. Ansonsten liegen nur geringe Abweichungen vom historischen Mittel am Gebäudestandort vor.

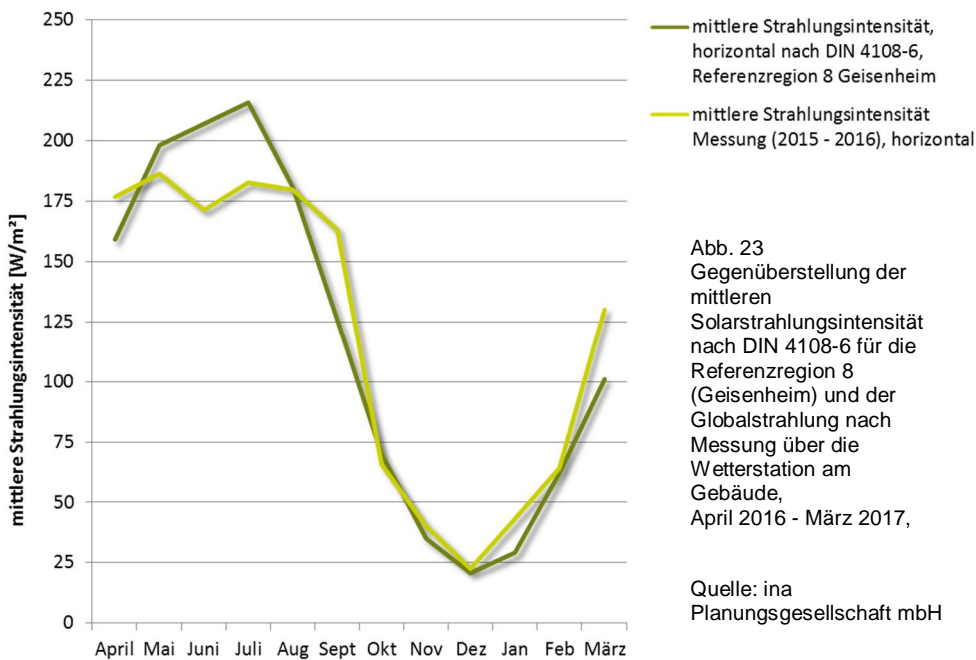


Abb. 23
Gegenüberstellung der mittleren Solarstrahlungsintensität nach DIN 4108-6 für die Referenzregion 8 (Geisenheim) und der Globalstrahlung nach Messung über die Wetterstation am Gebäude, April 2016 - März 2017,

Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

In einem Abgleich der gemessenen Globalstrahlung mit dem gemessenen PV-Ertrag wird deutlich, dass die Globalstrahlungsdaten sowohl für die Prognose als auch für die Messung miteinander korrespondieren. Der höhere PV-Ertrag im Vergleich zur Prognose ist damit plausibel (s. Abb. 24, vgl. Kap.6).

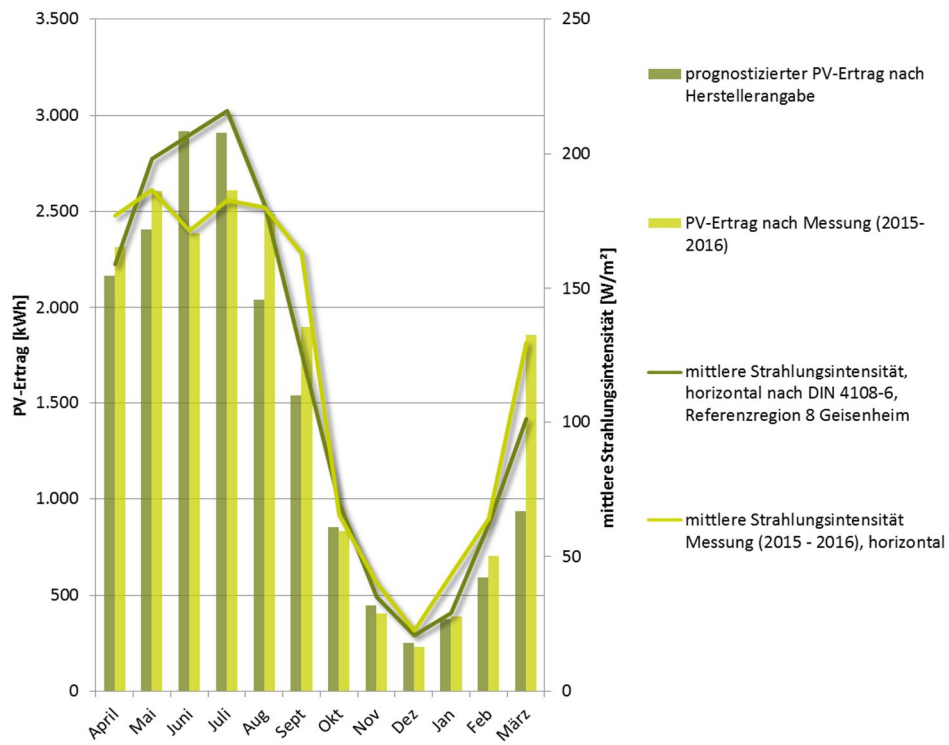


Abb. 24 Abgleich des gemessenen und prognostizierten PV-Ertrags (2016 -2017) mit den Messungen und dem historischen Mittel der Globalstrahlung am Gebäudestandort, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Auf Grund der Datenausfälle ist eine Interpretation der Wetterdaten des zweiten Messjahres nicht möglich.

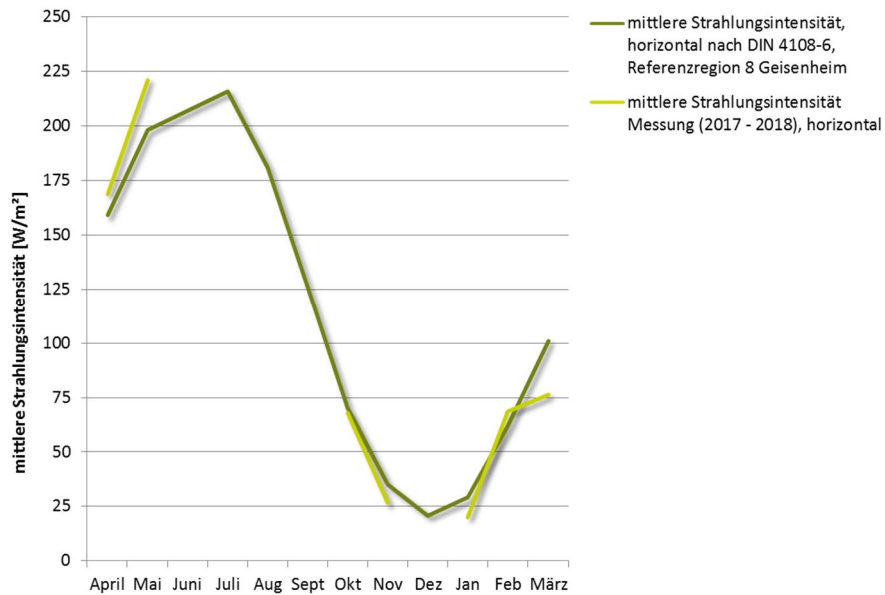


Abb. 25 Gegenüberstellung der mittleren Solarstrahlungsintensität nach DIN 4108-6 für die Referenzregion 8 (Geisenheim) und der Globalstrahlung nach Messung über die Wetterstation am Gebäude, April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

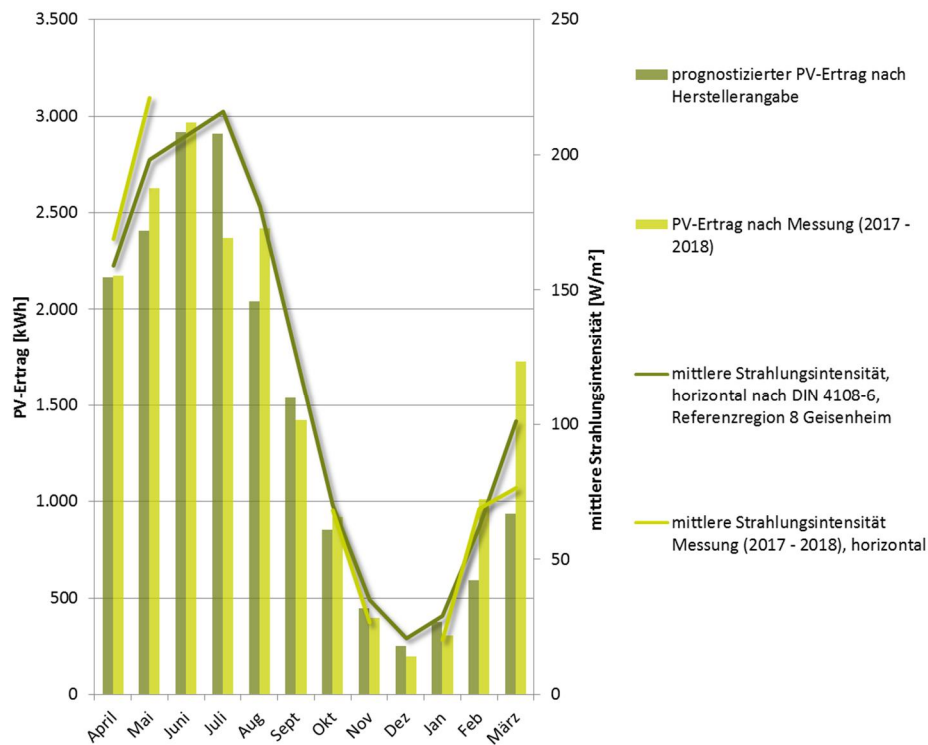


Abb. 26 Abgleich des gemessenen und prognostizierten PV-Ertrags (2017 -2018) mit den Messungen und dem historischen Mittel der Globalstrahlung am Gebäudestandort, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

5.2 Außenlufttemperaturen

Im ersten Monitoringjahr weichen die gemessenen mittleren monatlichen Außenlufttemperaturen im Vergleich zum deutschen Referenzklima nach EnEV 2009 (Standort Würzburg) nur geringfügig ab.

Der April 2016 zeigt keine Abweichung. Das späte Frühjahr und der Sommer (Mai bis August) war im Mittel ca. 2°C wärmer. Der September lag im Mittel 4°C über dem Referenzklima. Der Oktober 2016 bis Januar 2017 zeigen nur geringfügige Abweichungen von plus 1°C. Lediglich der Februar und März 2017 waren im Mittel mit 5°C deutlich wärmer.

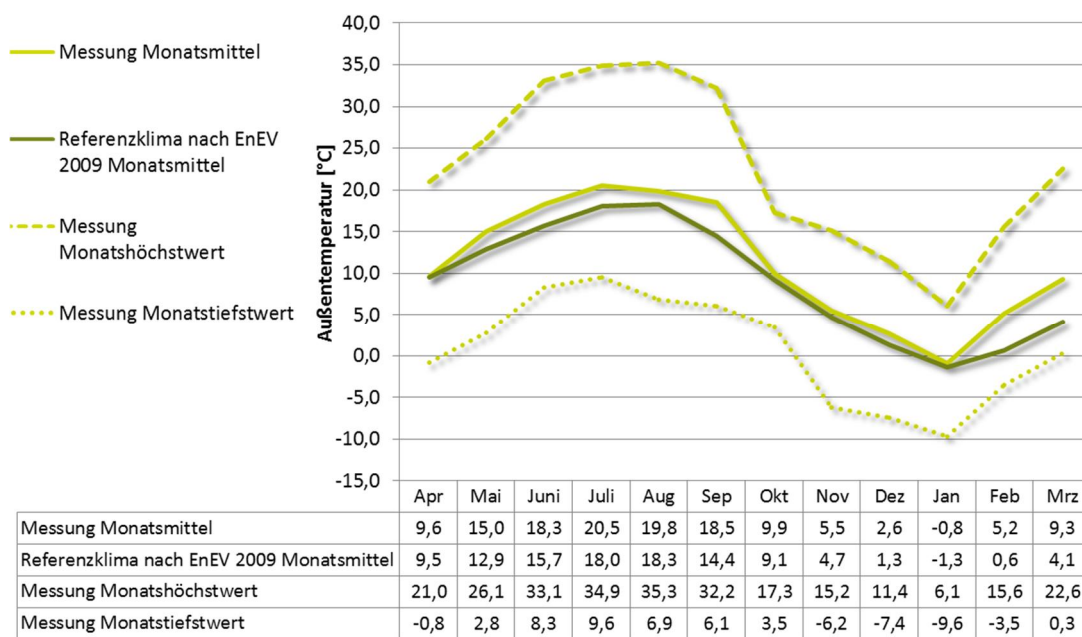


Abb. 27 Vergleich der 2016-2017 gemessenen Temperatur mit der Bilanz zugrundeliegender Temperatur (Referenzklima nach EnEV 2009 (Standort Würzburg)), gem. DIN 18599-1:2007, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Auf Grund der Datenausfälle ist eine Interpretation der Wetterdaten des zweiten Messjahres nicht möglich.

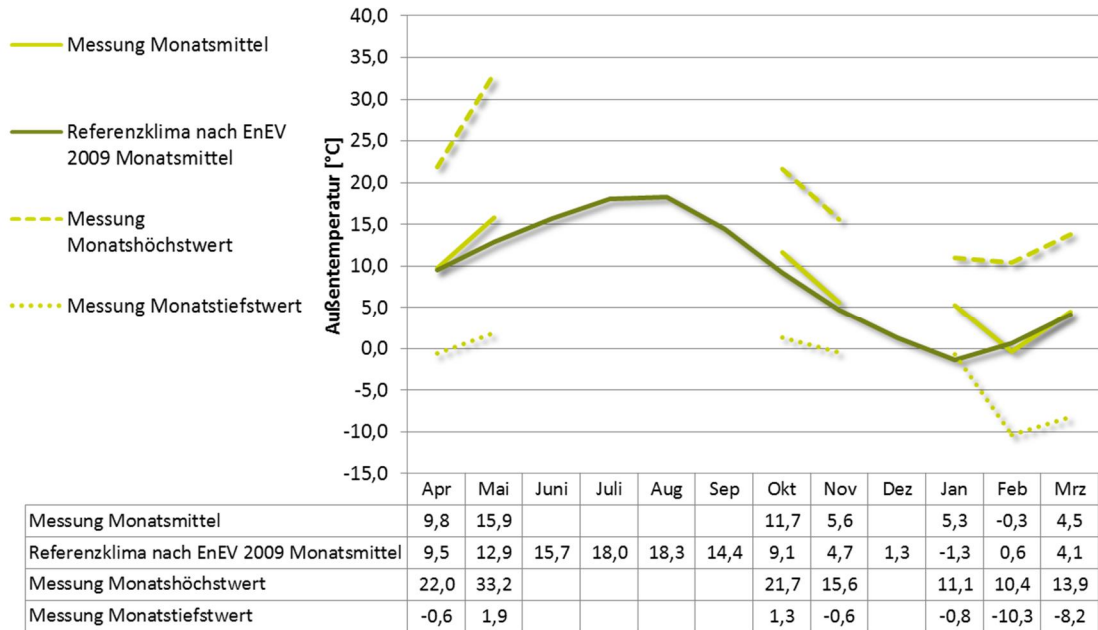


Abb. 28 Vergleich der 2017-2018 gemessenen Temperatur mit der Bilanz zugrundeliegender Temperatur (Referenzklima nach EnEV 2009 (Standort Würzburg)), gem. DIN 18599-1:2007, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

5.3 Klimabereinigung

Mit den gemessenen Außentemperaturen und einer Heizgrenztemperatur von 10°C³ lässt sich eine Gradtagszahl von 2.688 Kd/a ermitteln.

Diese liegt etwa 4 % unter der Gradtagszahl des historischen Mittels am Gebäudestandort von 2.799 Kd/a⁴ und etwa 12 % unter der Gradtagszahl für den mittleren deutschen Standort nach EnEV 2009 (Würzburg) von 3.601 Kd/a⁵.

Das gemessene Jahr war somit wärmer als das langjährige Mittel am Gebäudestandort sowie des Referenzstandorts nach EnEV. Im Vergleich des gemessenen Heizenergieverbrauchs mit der Bilanz ist der gemessene Wert daher als zu niedrig einzustufen und mit dem Klimafaktor von 1,34 in Bezug zum Referenzstandort nach EnEV zu bereinigen.

Standort und Betrachtungsperiode	Gradtagzahl G20/10 [Kd]
Gradtagzahl am Standort Geisenheim in der Messperiode von April 2016 bis März 2017	2.688
Gradtagzahl Messstation FFM Flughafen für das langjährige Mittel am Gebäudestandort (1970 bis 2013)	2.799
Gradtagzahl für das Referenzklima Deutschland	3.601 ⁶

Klimafaktor bezogen auf den Standort: $KF = K_d / K_d = 1,04$

Klimafaktor bezogen auf deutsches Normklima: $KF = 3.601 \text{ Kd} / K_d = 1,34$

³ Heizgrenztemperatur für Gebäude im Passivhausstandard

⁴ Bezug: Messstation Frankfurt Flughafen, Datenquelle: Excel-Programm des IWU, Stand 2016 „Gradtagzahlen_Deutschland_2015“

⁵ Gem. Angabe des Fraunhofer IBP, Muster Zwischen-Endbericht, S.6

⁶ ebd.

6. Messergebnisse

6.1 Stromgewinnung

Im ersten Monitoringjahr konnte über die PV-Anlage ein Stromertrag von 18.713 kWh erzielt werden. Im Vergleich zu dem prognostizierten Ertrag von 17.431 kWh ergibt sich ein Mehrertrag von 1.282 kWh (~7 %) (s. Abb.26).

Abweichung von 2016-2017 gemessenem zu prognostiziertem PV-Ertrag	
Apr	+7 %
Mai	+8 %
Jun	-18 %
Jul	-10 %
Aug	+22 %
Sep	+23 %
Okt	-3 %
Nov	-9 %
Dez	-8 %
Jan	+3 %
Feb	+19 %
Mrz	+100 %
Jahr	+7 %

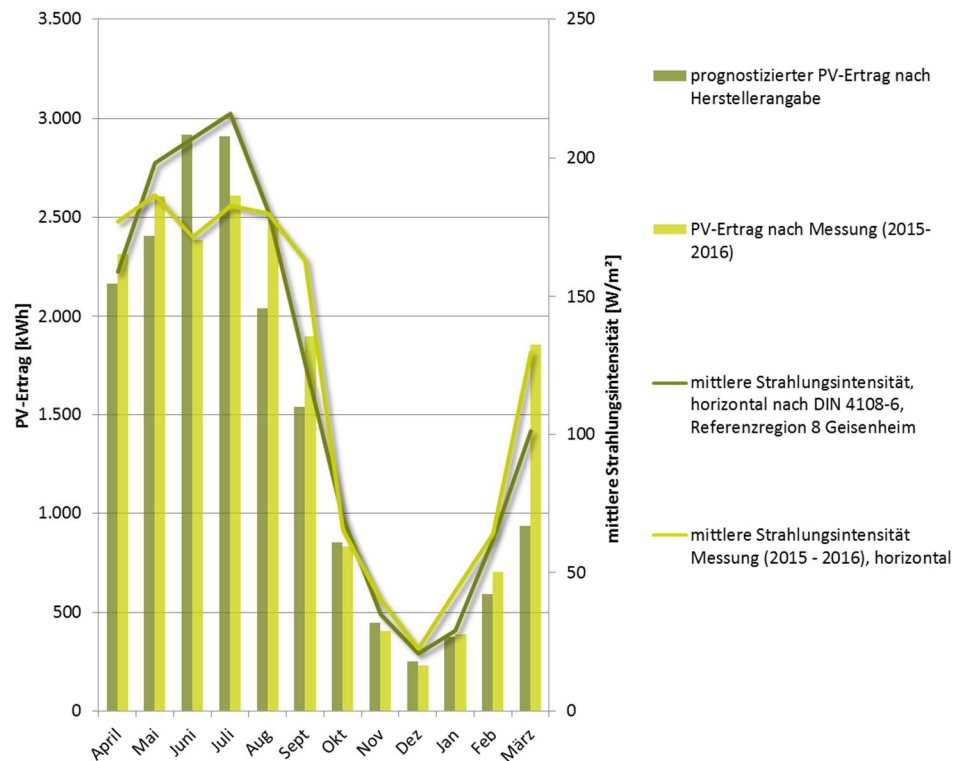


Abb. 29 Abgleich des gemessenen und prognostizierten PV-Ertrags (2016 -2017) mit der gemessenen und dem historischen Mittel der Globalstrahlung am Gebäudestandort, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Die Abweichung des gemessenen vom prognostizierten PV-Ertrag ist moderat und folgt, wie im Kapitel 5.1 beschrieben, der Kurve der Globalstrahlung am Gebäudestandort. In den Sommermonaten Juni und Juli war gegenüber dem historischen Mittel ein Minderertrag von im Mittel 14 % zu verzeichnen. In den sonnenreichen Monaten August und September konnte hingegen ein Mehrertrag von im Durchschnitt ~20 % erzielt werden. Im März 2017 wurde sogar gegenüber dem historischen Mittel ein doppelt so hoher Ertrag erzielt. Aufgrund der hohen Globalstrahlung in diesen Monaten konnte so der prognostizierte Wert übererfüllt werden.

Der spezifische Ertrag, in Bezug auf die installierte Leistung, beträgt für das erste Monitoringjahr 990 kWh/kWp.

Eine luftumspülte nach Süd orientierte Anlage sollte einen spezifischen Ertrag von 900 bis 1.000 kWh/kWp aufweisen. Damit zeigt der Ertrag eine gute Leistung bzw. Funktion der PV-Anlage an.

Im zweiten Monitoringjahr konnte über die PV-Anlage ein Stromertrag von 18.528 kWh erzielt werden. Im Vergleich zu dem prognostizierten Ertrag von 17.431 kWh ergibt sich ein Mehrertrag von 1.097 kWh (~6 %)

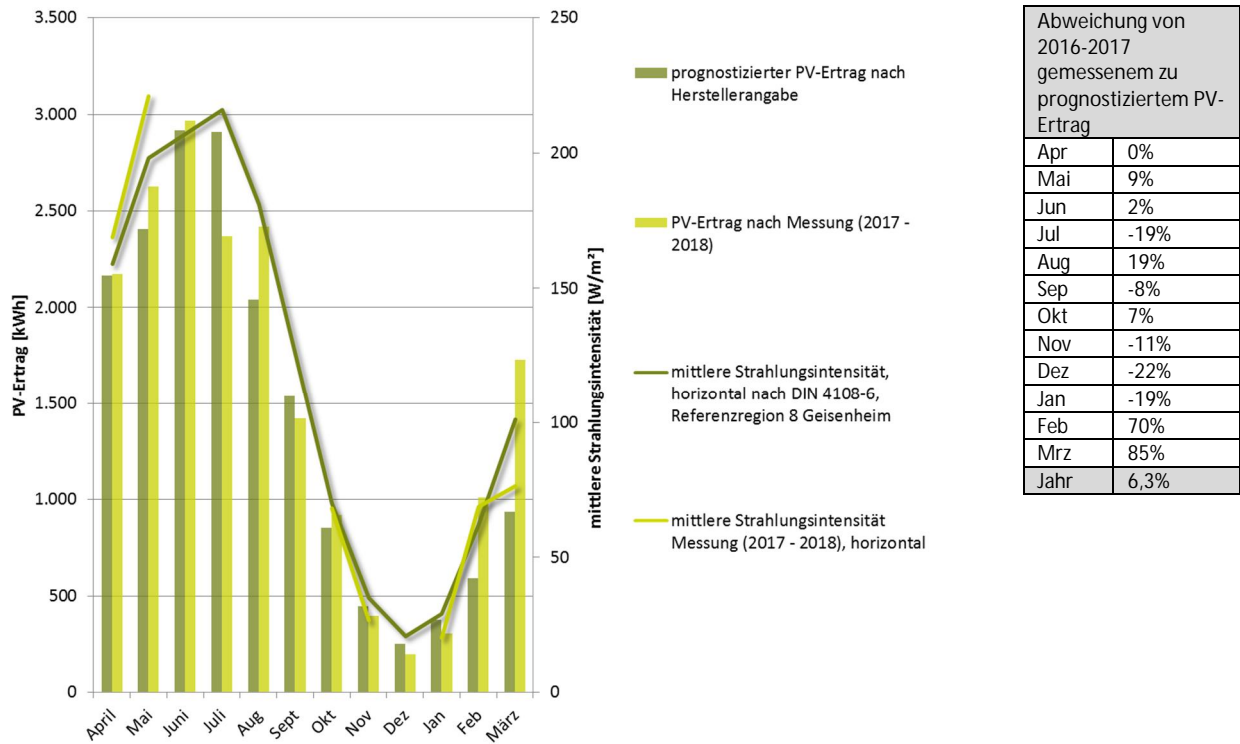


Abb. 30 Abgleich des gemessenen und prognostizierten PV-Ertrags (2017 -2018) mit der gemessenen und dem historischen Mittel der Globalstrahlung am Gebäudestandort, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

6.2 Stromverbrauch

Der Stromverbrauch des „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen, die gem. Effizienzhaus Plus-Standard bei der Bilanz zu berücksichtigen sind:

- § Stromverbrauch für den Hausbetrieb: Heizung und Warmwasser (WP und Heizstab), Hilfsenergie für die Wärmebereitstellung und Lüftung, Beleuchtung, Kochen, sonstige Haushalt- und Elektrogeräte.

Der Stromverbrauch für projektspezifische Geräte (Hilfsstrom für z.B. Bautrockner) von 98 kWh/a wird für einen späteren Bilanzabgleich nicht in Ansatz gebracht und daher im Folgenden vom Gesamtstromverbrauch abgezogen.

6.2.1 Stromverbrauch für den Hausbetrieb im 1. Monitoringjahr

Für das erste Monitoringjahr wurden folgende Energieverbräuche für die einzelnen Dienstleistungen registriert (s. Abb. 27):

- § ~7.470 kWh für Heizwärme- und Trinkwarmwasserbereitstellung über die Wärmepumpe inkl. Heizstab (46 % des Stromverbrauchs),
- § ~1.038 kWh für Hilfsenergie der Anlagentechnik für Trinkwarmwasser und Heizung (6 % des Stromverbrauchs). In diesem Wert sind aufgrund von Messwertausfällen die Monate Apr, Nov und Dez 2016 nicht enthalten.
- § ~1.295 kWh für Hilfsenergie für Lüftung (8 % des Stromverbrauchs),
- § ~879 kWh für Beleuchtung (5 % des Stromverbrauchs),
- § ~117 kWh für das Kochen (E-Herd und Backofen) (1 % des Stromverbrauchs),
- § ~3.755 kWh für Haushalt und Elektrogeräte (23 % des Stromverbrauchs). In diesem Wert sind aufgrund von Messwertausfällen die Monate Apr, Nov und Dez 2016 nicht enthalten.
- § ~1.733 kWh (11 % des Stromverbrauchs) sind aufgrund der Messwertausfälle in den Monaten Apr, Nov und Dez 2016 zu Hilfsenergie für Pumpen und dem Haushaltsstrombedarf nicht eindeutig zuweisbar. Daher wird dieser Wert separat ausgewiesen.

In Summe beträgt der Stromverbrauch für den Hausbetrieb damit 16.287 kWh (ohne projektspezifische Geräte).

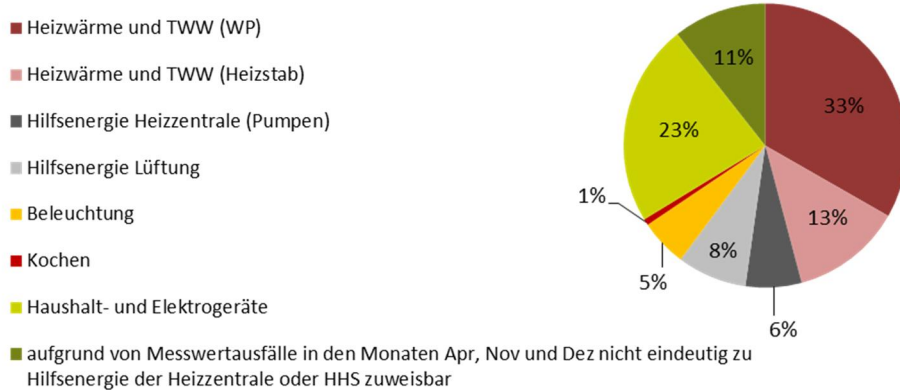


Abb. 31 prozentuale Anteile einzelner Dienstleistungen am Stromverbrauch (April 2016 - März 2017), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

In der folgenden monatsweisen Darstellung der einzelnen Stromverbräuche sind der Hilfsstromverbrauch der Heizzentrale in den Monaten April, November und Dezember 2016 sowie der Stromverbrauch für Haushalt- und Elektrogeräte nicht enthalten. Die weiteren Anteile am Stromverbrauch können jedoch er Grafik entnommen werden.

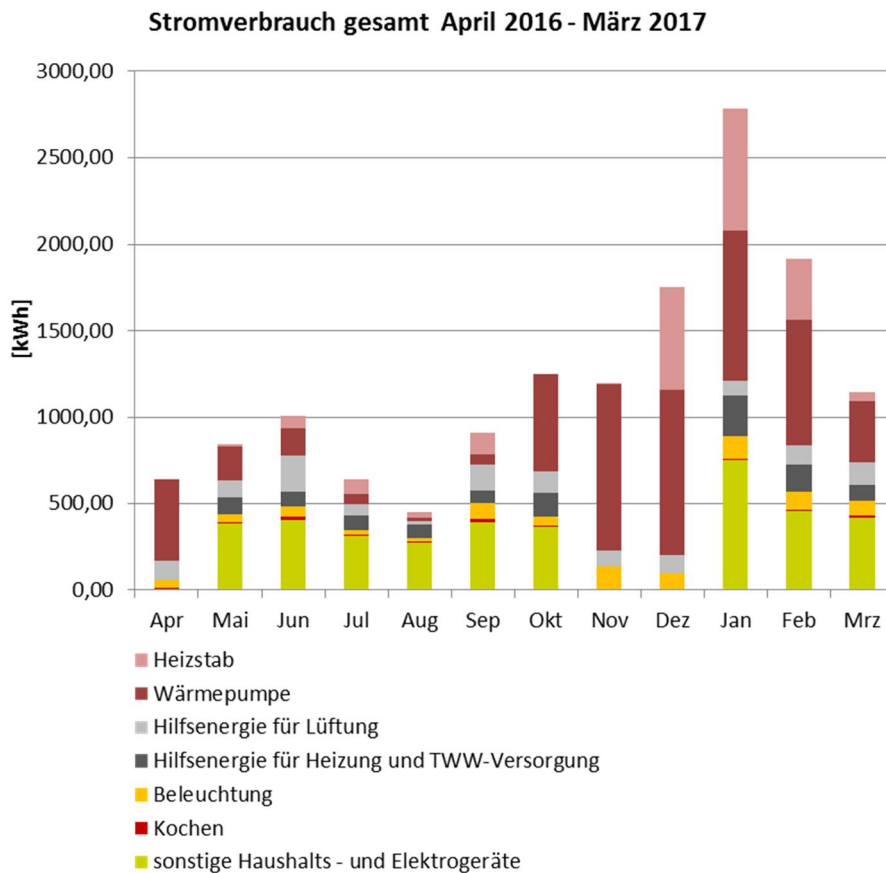


Abb. 32 Messung des Stromverbrauchs im Hausbetrieb von April 2016 – März 2017 (Aufgrund von Messwertausfällen enthalten die Monate Apr, Nov und Dez keinen Hilfsenergiebedarf der Heizzentrale sowie keinen HHS-Verbrauch),
Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Die Monate Mai, Juni und September fallen durch einen hohen Ventilatorstrombedarf der Lüftungsanlage auf: ~ 100 bis 200 kWh/mon (für sechs dezentrale Lüftungsgeräte, s. Abb.28). In Bezug auf die Energiebezugsfläche von 345 m² sind dies jedoch nur 0,29 bis 0,58 kWh/m² mon.

Im Juli und August werden die Sommerferien ersichtlich (18.07.2016 bis 28.08.2016) (s. Abb. 28). Der sonstige Haushaltsstrombedarf fällt in dieser Nichtnutzungszeit nicht unter ~ 270 kWh/mon (Monat August). In Bezug auf die Energiebezugsfläche von 331 m² (Wohnfläche) sind dies ~0,8 kWh/ (m² mon) und ist damit sehr gering. Aufgrund von Zählerausfällen kann dies nicht mit der Ferienzeit in den Wintermonaten (Dezember bis Januar) verglichen werden.

Auffällig ist der konstante Strombedarf für die Hilfsenergie für die Heizwärme- und TWW-Versorgung (s. Abb.28) in den Monaten Mai bis September. Da die Heizung in den Sommermonaten nicht in Betrieb war, ist dies mit dem Pumpenbetrieb für die TWW-Zirkulation zu begründen. Auch bei keiner vorliegenden TWW-Zapfungen wird die Zirkulationspumpe der TWW-Ringleitung 24 h betrieben, damit an den Frischwasserstationen (Durchlauferhitzer) in den einzelnen Wohnungen ständig 47-gradiges Wasser zur Verfügung steht.

Durch die dauernde Zirkulation wurden in den Sommermonaten Juni und Juli hohe Verteilverluste der TWW-Zirkulationsleitung ersichtlich (s. Abb. 29).

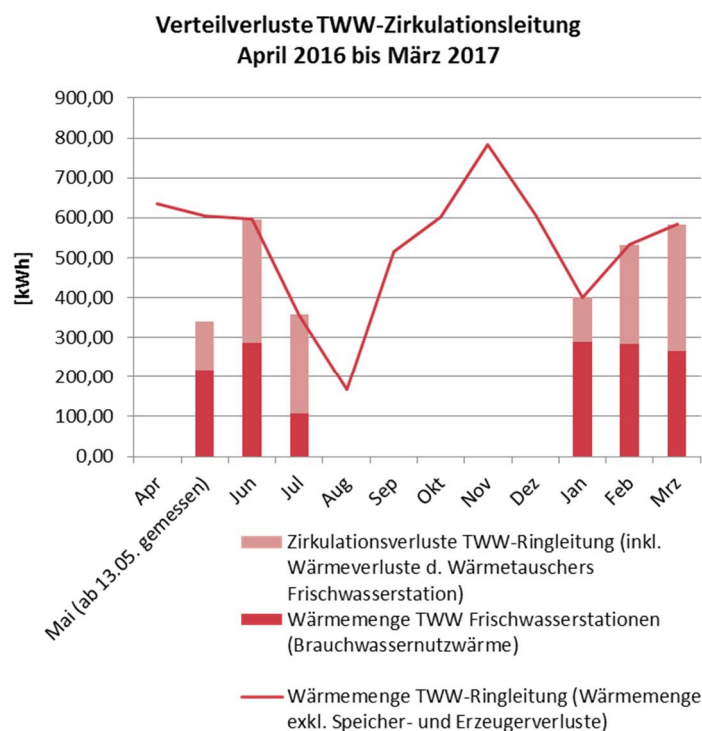


Abb. 33 Angabe der Verteilverluste der TWW-Zirkulationsleitung im Verhältnis zur Nutzenergie TWW und der Gesamtwärmeerzeugung (exkl. Speicher- und Erzeugerverluste), April 2016 – März 2017 (Nicht dargestellte Monate besaßen über den ganzen Monat hinweg Messwertausfälle einzelner Dienstleistungen, so dass ein Monatsvergleich nicht möglich ist), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Die Messung bzw. Berechnung der Nutzenergie für TWW, die für die Bestimmung der Verteilverluste erforderlich ist, wurde erst am 13.05.2016 aufgenommen. Aufgrund der Messwertausfälle der Durchflussmengenähler der Frischwasserstationen beläuft sich dieser Abgleich nur auf die Monate Juni und Juli 2016 sowie Januar bis März 2017. Im Monat Juni wird ein 50 % iger Verlust des TWW-Energiebedarfs (exkl. Speicher und Erzeugerverluste) deutlich. Im Monat Juli besitzen die Verteilverluste noch einen eindrücklicheren Anteil. Von 357 kWh/mon wurden letzten Endes nur 107 kWh/mon genutzt. 245 kWh/mon (~70 %) sind als Verluste zu verzeichnen gewesen.

Um die Zirkulationsverluste zu senken gab es zwei Möglichkeiten: 1. Die weitere Dämmung der Leitungen; 2. Die Senkung der Betriebsdauer. Da die Dämmung der Leitungen nachträglich nicht mehr so einfach realisierbar ist sollte die Betriebszeit optimiert werden. Als Betriebsoptimierung wurde das Abschalten der TWW-Ringleitung in den Nachtzeiten vorgeschlagen. Diese Optimierung wurde am 13.12.2016 umgesetzt: die WW-Zirkulationspumpe wurde über ein Relais auf die Control Regelung gelegt, so konnte der

bisherige 24h-Betrieb mittels eines Zeitprogramms auf eine nunmehrige Abschaltung zwischen 00:00 – 04.00 optimiert werden.

Die Gesamt-Abschaltung der Zirkulationspumpe soll nach Absprache mit der Internatsschule zumindest in den Frühjahr-/Sommer- und Herbst-Ferienzeiten umgesetzt werden; eine entsprechende Beauftragung obliegt dem LBIH-Gebäudemanagement.

In den Monaten Februar und März 2017 sind jedoch wieder ähnlich hohe Verteilverluste zu verzeichnen. Im zweiten Monitoringjahr kann dies weiter verifiziert werden.

Ein weiterer Optimierungsbedarf stellte der Betrieb des Heizstabs dar, der auch in den Sommermonaten (s. Abb. 25) betrieben wurde. Im normalen Betriebsverlauf ist die Nutzung des Heizstabs in den Sommermonaten nicht erforderlich, da die Wärme, die die Solarthermie direkt liefert und die Nutzung der Wärmepumpe ausreichend ist.

Der Hersteller CONSOLAR hat den Grund des Heizstabbetriebs analysiert. Demnach liegt das Nachheizen durch den Heizstab im Sommer daran, dass der Eisspeicher zu warm (z.B. > 30°C) und dadurch die Wärmepumpe für 24 h blockiert wird (zum Schutz der Wärmepumpe) (s. Abb. 30).



Abb. 34 Heizstab Laufzeit (04.09. - 07.09.2016), Quelle: CONSOLAR

Die Vermutung ist, dass der recht kleine Technik-Heizraum zu warm wird und den Eisspeicher aufwärmt. Um das zu verhindern, gäbe es 2 Möglichkeiten:

1. Den Heizraum runter zu kühlen, was aber sehr aufwendig ist.
2. Den Eisspeicher am Abend herunterkühlen, indem man die Verdampferpumpe manuell anschaltet. Eine Optimierung wurde hier noch nicht durchgeführt, da man den Winterbetrieb abwarten wollte. Somit ist ein Abgleich erst durch die Messung im zweiten Monitoringjahr möglich.

Die einzelnen Stromverbräuche der Wohneinheiten werden – wie in Kap.4.1 beschrieben – nur für die Schülerwohnungen (EG und OG) erfasst. Auf die separate Erfassung der einzelnen Verbraucher in diesen Wohneinheiten wird im folgenden Kapitel 6.2.2 eingegangen.

6.2.2 Stromverbrauch für den Hausbetrieb im 2. Monitoringjahr

Für das zweite Monitoringjahr wurden folgende Energieverbräuche für die einzelnen Dienstleistungen registriert:

- § ~6.910 kWh für Heizwärme- und Trinkwarmwasserbereitstellung über die Wärmepumpe inkl. Heizstab (47 % des Stromverbrauchs),
- § ~259 kWh für Hilfsenergie der Anlagentechnik für Trinkwarmwasser und Heizung (2 % des Stromverbrauchs). In diesem Wert sind aufgrund von Messwertausfällen die Monate September 2017 bis März 2018 nicht enthalten.
- § ~1.390 kWh für Hilfsenergie für Lüftung (9 % des Stromverbrauchs),
- § ~674 kWh für Beleuchtung (5 % des Stromverbrauchs),
- § ~50 kWh für das Kochen (E-Herd und Backofen) (0 % des Stromverbrauchs),
- § ~5403 kWh für Haushalt und Elektrogeräte (37% des Stromverbrauchs). In diesem Wert sind aufgrund von Messwertausfällen die Monate Apr, Nov und Dez 2016 nicht enthalten.
- § In Summe beträgt der Stromverbrauch für den Hausbetrieb damit 14.686 kWh (ohne projektspezifische Geräte).

**Prozentuale Anteile des Stromverbrauchs
(April 2017 - März 2018)**

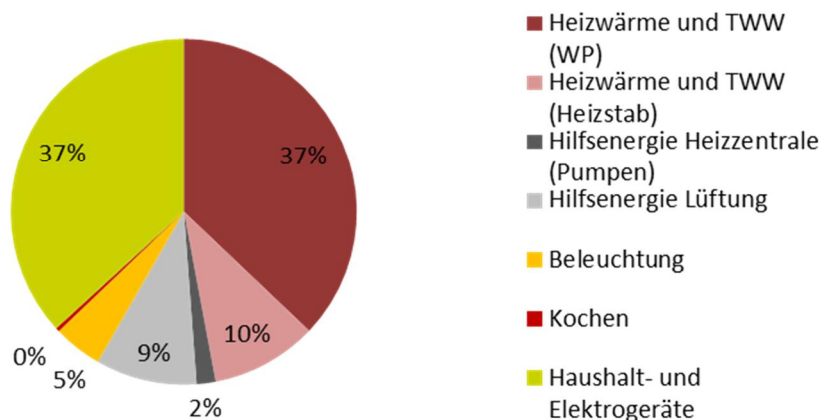


Abb. 35 prozentuale Anteile einzelner Dienstleistungen am Stromverbrauch (April 2017 - März 2018), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

In der folgenden monatsweisen Darstellung ist die Hilfsenergie der Anlagentechnik für Trinkwarmwasser und Heizung für die Monate September 2017 bis März 2018 nicht enthalten.

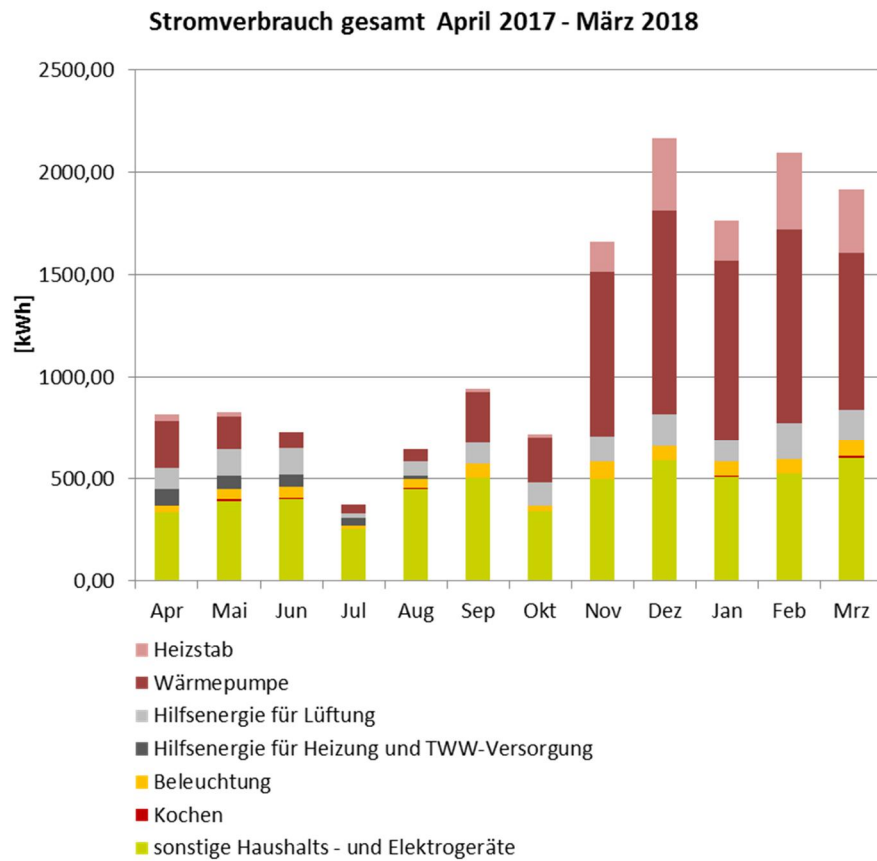


Abb. 36 Messung des Stromverbrauchs im Hausbetrieb von April 2017 – März 2018 (Aufgrund von Messwertausfällen enthalten die Monate Apr, Nov und Dez keinen Hilfsenergiebedarf der Heizzentrale sowie keinen HHS-Verbrauch),
Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

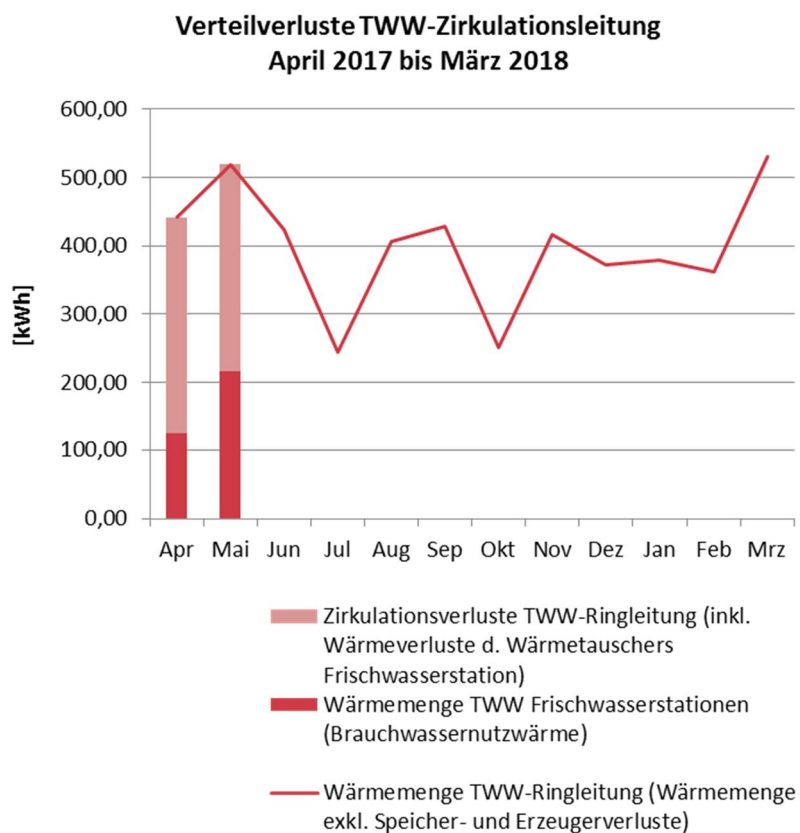


Abb. 37 Angabe der Verteilverluste der TWW-Zirkulationsleitung im Verhältnis zur Nutzenergie TWW und der Gesamtwärmeerzeugung (exkl. Speicher- und Erzeugerverluste), April 2017 – März 2018 (Nicht dargestellte Monate besaßen über den ganzen Monat hinweg Messwertausfälle einzelner Dienstleistungen, so dass ein Monatsvergleich nicht möglich ist), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

6.2.3 Stromverbrauch Einzelerfassung Schülerwohnungen EG und OG im 1. Monitoringjahr

Die geplante Einzelerfassung für die Schülerwohnungen konnte durch die defekten Zähler nicht in Gänze realisiert werden. Dies betraf sowohl die fehlende Erfassung des Kühlschranks sowie einzelne Steckdosen der Wohnungen zur Erfassung des sonstigen Haushalts- und Gerätestromverbrauchs. Damit ist für die einzelnen Wohnungen der Monats- als auch der Jahresverbrauch nur für die Beleuchtung und das Kochen darstellbar.

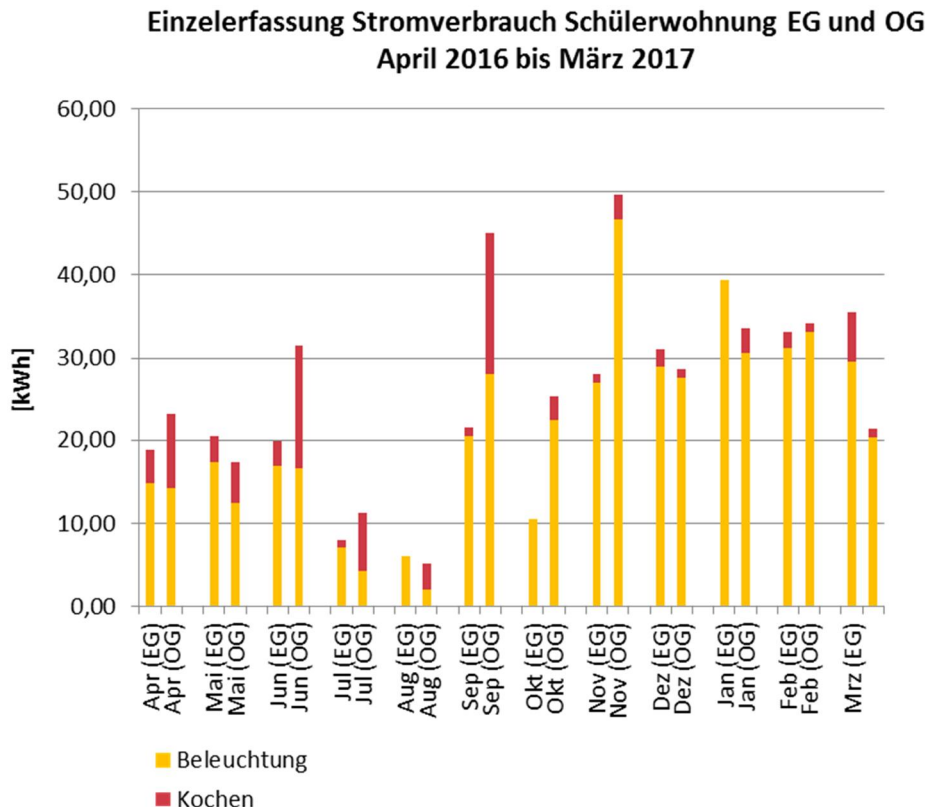


Abb. 38 Einzelerfassung Stromverbrauch Schülerwohnung EG und OG April 2016 bis März 2017, April 2016 – März 2017 (Aufgrund von Zählerausfällen ist die Darstellung auf den Stromverbrauch für Beleuchtung und Kochen (E-Herd + Backofen) beschränkt), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

In der oben aufgeführten Grafik wird der geringe Stromverbrauch über die Küchengeräte für das Kochen deutlich. Insgesamt haben beide Wohneinheiten 91 kWh/a an Strom für das Kochen verbraucht. In Bezug auf die Wohnfläche von 130 m² sind dies 0,7 kWh/(m²a) und damit sehr gering. Im Vergleich werden beim Effizienzhaus Plus für das Kochen 3 kWh/(m²a) in der Bilanz zum Ansatz gebracht. Der geringe Bedarf ist zum einen mit der geringeren Nutzungszeit gegenüber einer Wohnnutzung aufgrund von z.B. Ferienzeiten zu begründen, zum anderen besteht eine Mittags-Schulspeisung und es wird in den Schülerwohnungen weniger gekocht.

Ausnahmen bilden die Monate September und Oktober 2016 in der Schülerwohnung im OG, welche vollständig von Mädchen bewohnt wird. Nach Angabe der Bewohnerinnen wurde in diesen Monaten viel gebacken.

Für die Beleuchtung wurde 507,36 kWh/a verbraucht. In Bezug auf die Wohnfläche von 130 m² sind dies ~4 kWh/(m²a). In den Monaten Juli und August wird auch hier die Ferienzeit deutlich. In den Wintermonaten (November bis Februar) wurden ca. 50 % des Jahresstrombedarfs für Beleuchtung in den Schülerwohnungen verbraucht.

6.2.4 Stromverbrauch Einzelerfassung Schülerwohnungen EG und OG im 2. Monitoringjahr

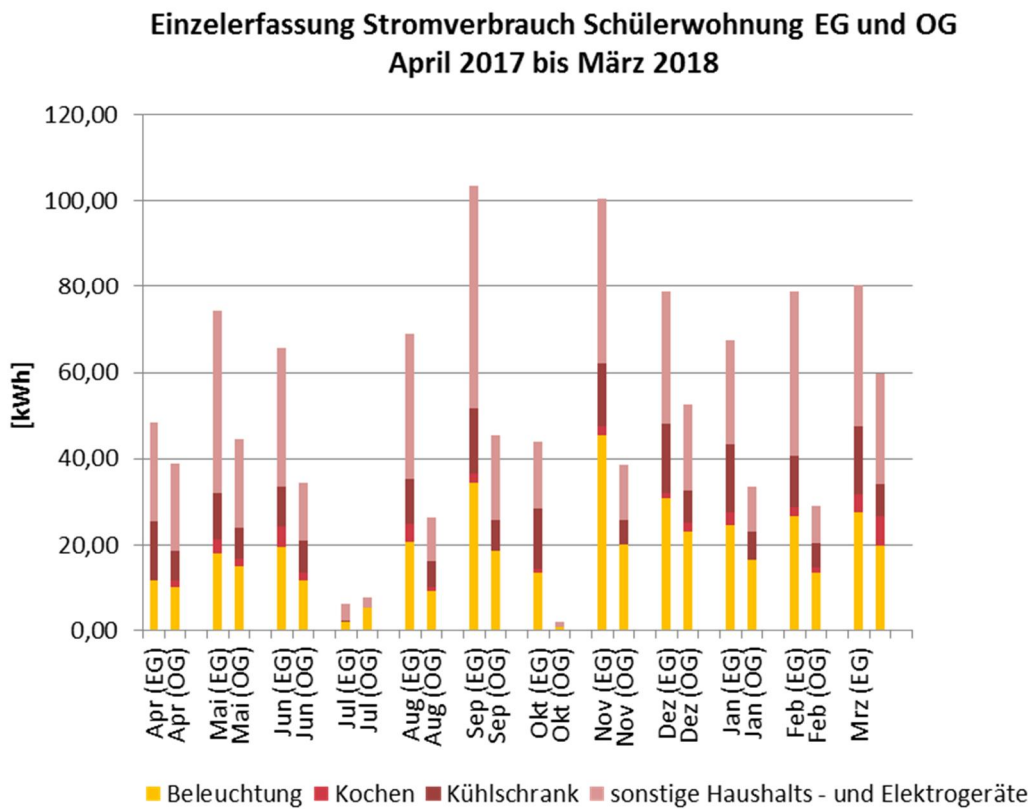


Abb. 25 Einzelerfassung Stromverbrauch Schülerwohnung EG und OG April 2017 bis März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

6.3 Gegenüberstellung von Energieverbrauch und Stromgewinnung

In der Gegenüberstellung des Energieverbrauchs mit der regenerativen Stromgewinnung zeigt sich am Jahresende des ersten Monitoringjahres endenergetisch ein Mehrertrag an regenerativem Strom und damit die Erfüllung der Plus-Energie-Bilanz (s. Abb.32).

Ergebnis im 1. Monitoringjahr:

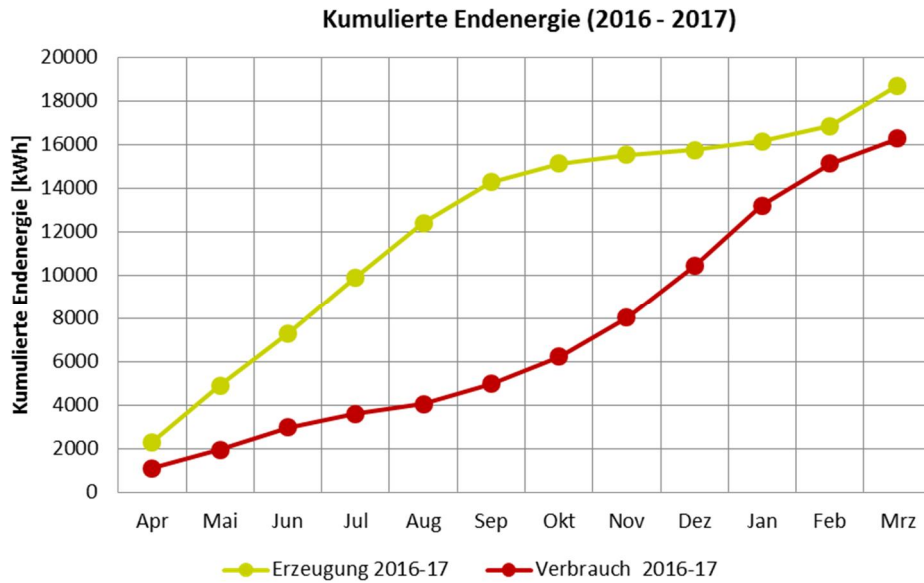


Abb. 40 Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung (Kumulierte Endenergie) von April 2016 bis März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Endenergetisch wurden von der Photovoltaik im Messzeitraum 18.713 kWh/a Strom erzeugt. Diesem stehen 16.287 kWh/a⁷ Stromverbrauch gegenüber. Damit entsteht ein endenergetisches Plus von 2.426 kWh/a.

Primärenergetisch wurde das Plus ebenfalls erfüllt (s. Abb. 33). Für die Berechnung wird der Netzstrombezug mit einem Primärenergiefaktor (f_p) von 2,4 (Bezug EnEV 2009) bewertet und die Netzeinspeisung des PV-Ertrags mit einem f_p von 2,8 gutgeschrieben. Damit kommt es zu einer größeren Differenz zwischen Ertrag und Verbrauch. So wurden am Jahresende 52.396 kWh/a erzeugt und 42.346 kWh/a verbraucht. Damit entsteht ein primärenergetisches Plus von 10.050 kWh/a.

⁷ Exkl. des projektspezifischen Verbrauchs von 98 kWh/a (gem. Messung)

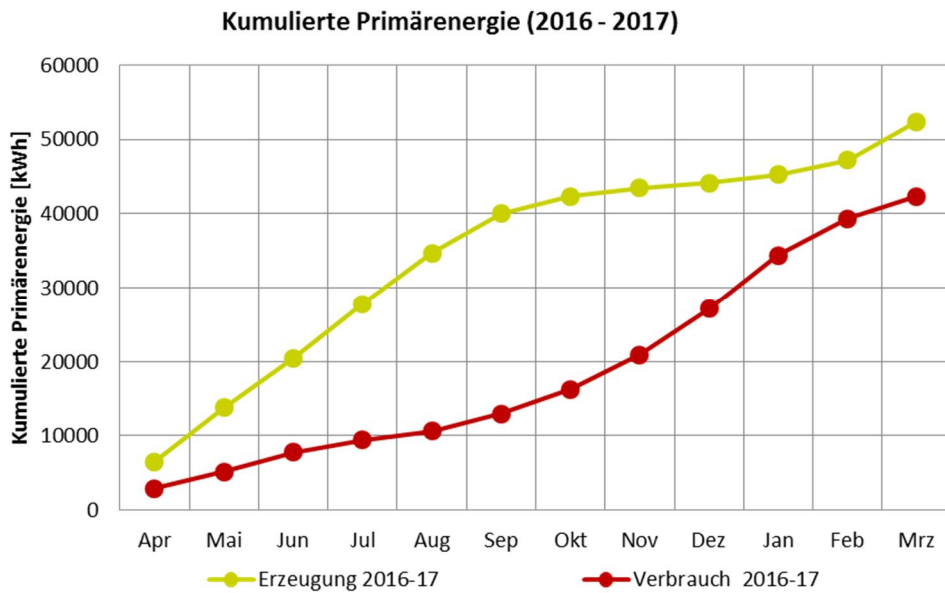


Abb. 41 Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung (Kumulierte Primärenergie) von April 2016 bis März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Ergebnis im 2. Monitoringjahr:

In der Gegenüberstellung des Energieverbrauchs mit der regenerativen Stromgewinnung zeigt sich am Jahresende des zweiten Monitoringjahres endenergetisch ein Mehrertrag an regenerativem Strom und damit die Erfüllung der Plus-Energie-Bilanz.

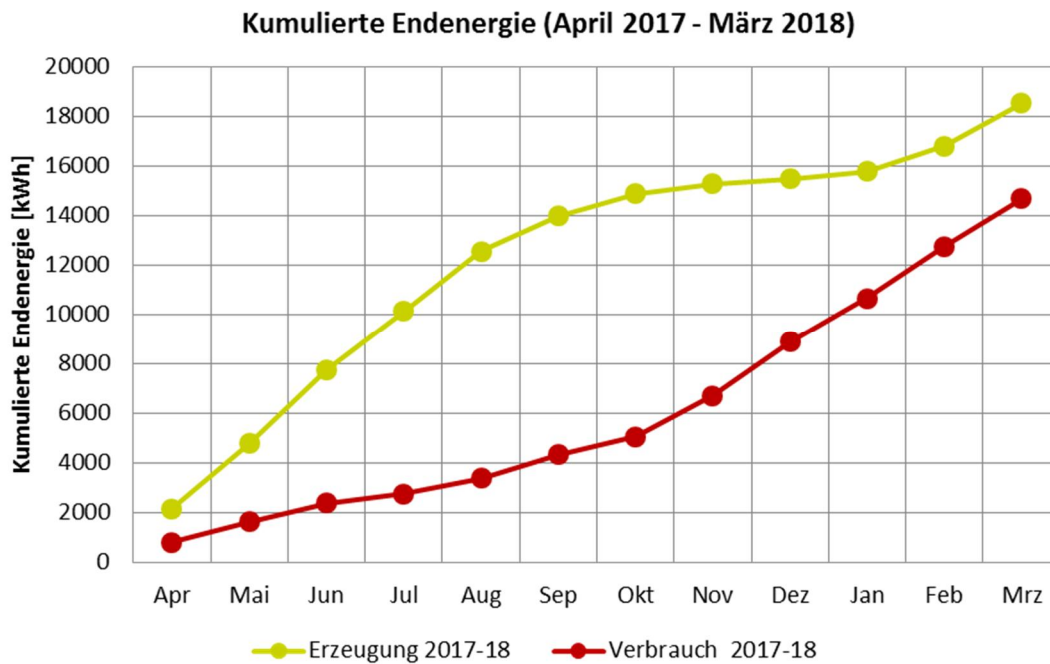


Abb. 42 Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung (Kumulierte Endenergie) von April 2017 bis März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Endenergetisch wurden von der Photovoltaik im Messzeitraum 18.525 kWh/a Strom erzeugt. Diesem stehen 14.677 kWh/a Stromverbrauch gegenüber. Damit entsteht ein endenergetisches Plus von 3.848 kWh/a.

Primärenergetisch wurde das Plus ebenfalls erfüllt. Für die Berechnung wird der Netzstrombezug mit einem Primärenergiefaktor (f_p) von 2,6 (Bezug EnEV 2009) bewertet und die Netzeinspeisung des PV-Ertrags mit einem f_p von 2,8 gutgeschrieben. Damit kommt es zu einer größeren Differenz zwischen Ertrag und Verbrauch. So wurden am Jahresende 51.878 kWh/a erzeugt und 38.160 kWh/a verbraucht. Damit entsteht ein primärenergetisches Plus von 13.718 kWh/a.

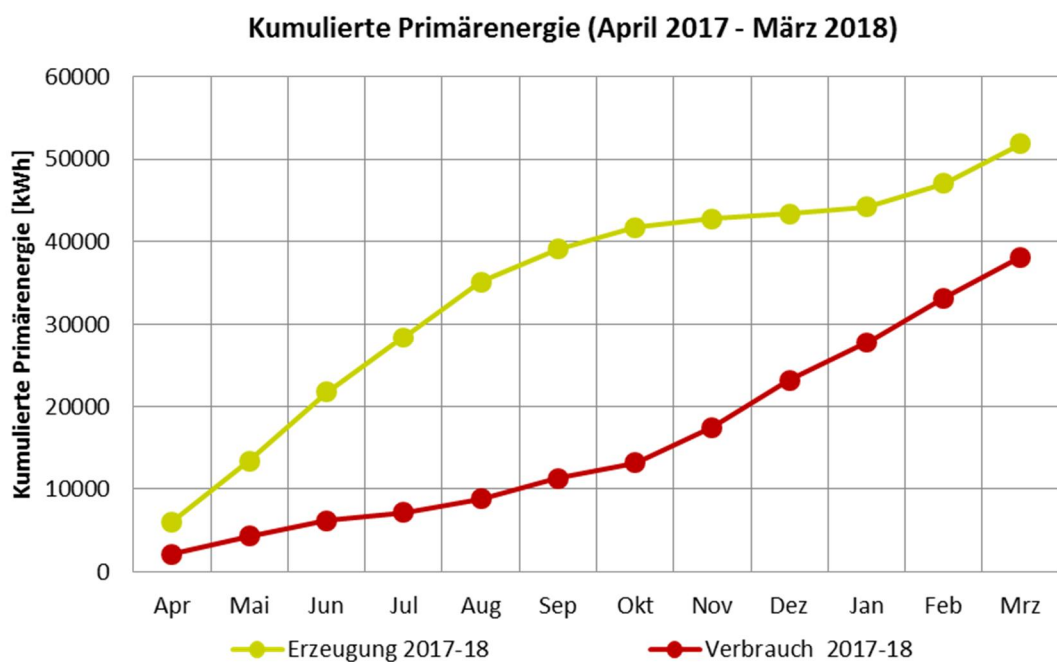


Abb. 43 Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung (Kumulierte Primärenergie) von April 2017 bis März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

6.4 Eigenstromnutzung

Wie in Kap. 4.1 beschrieben liegt kein realer Eigengebrauch des PV-Stroms in dem Gebäude vor. Daher beträgt die Netzeinspeisung bzw. der Netzstrombezug 100 %. Um eine Vergleichbarkeit mit den weiteren Monitoringprojekten herzustellen wird der Eigengebrauch jedoch theoretisch ermittelt. Die Ermittlung erfolgt über einen stundenweisen Abgleich der Messungen von PV-Ertrag und Stromverbrauch (s. dazu Kap. 4.1).

Ergebnis im 1. Monitoringjahr:

Aufgrund der Messwertausfälle in den Monaten April 2016 sowie Oktober 2016 bis Dezember 2016 wie auch im Februar und März 2017 kann für diese Monate kein Stundenabgleich erfolgen und daher kein Eigengebrauch ermittelt werden. In den folgenden Grafiken ist daher in einem helleren grün die reale PV-Netzeinspeisung dargestellt.

Für die vollständig stundenweise erfassten Monate Mai 2016 bis September 2016 konnte ein Eigengebrauch von ~7 bis ~21 % ermittelt werden. Aufgrund des hohen Stromertrags der Sommermonate und dem geringeren Stromverbrauch (lange Sommerferien, kaum Heizbetrieb, weniger Beleuchtungsstromverbrauch) fällt dieser nicht besonders hoch aus. Der Januar 2017 zeigt aufgrund des geringen PV-Ertrags gegenüber dem hohen Stromverbrauch im Winter einen theoretischen Eigengebrauch von ~76 %.

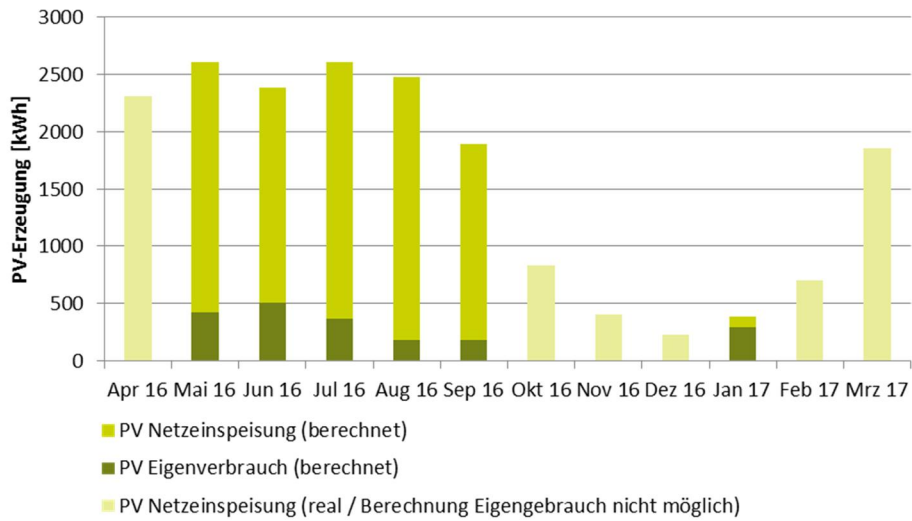
Eine Aussage zum Gesamteigengebrauch über das Jahr 2016 - 2017 kann aufgrund der Messwertausfälle nicht getroffen werden. Allein auf die Jahreswerte bezogen, würde der Abgleich eine genauso ungenaue Aussage liefern, wie die Bilanz. Damit ist ein Vergleich des Eigengebrauchswerts der Bilanz von 47 % mit dem ersten Monitoringjahr nicht möglich.

Ergebnis im 2. Monitoringjahr:

Aufgrund der Messwertausfälle in den Monaten April, Juni, Juli, August, September, Oktober, Dezember 2017 sowie Januar, Februar, März 2018 kann für diese Monate kein Stundenabgleich erfolgen und daher kein Eigengebrauch ermittelt werden. In den folgenden Grafiken ist daher in einem helleren grün die reale PV-Netzeinspeisung dargestellt.

Eine Aussage zum Gesamteigengebrauch über das Jahr 2017 - 2018 kann aufgrund der Messwertausfälle nicht getroffen werden. Allein auf die Jahreswerte bezogen, würde der Abgleich eine genauso ungenaue Aussage liefern, wie die Bilanz. Damit ist ein Vergleich des Eigengebrauchswerts der Bilanz von 47 % mit dem zweiten Monitoringjahr nicht möglich.

**Photovoltaik-Netzeinspeisung und -Eigengebrauch
(Apr 2016 - Mrz 2017)**



**Photovoltaik-Netzeinspeisung und -Eigengebrauch
(Apr 2016 - Mrz 2017)**

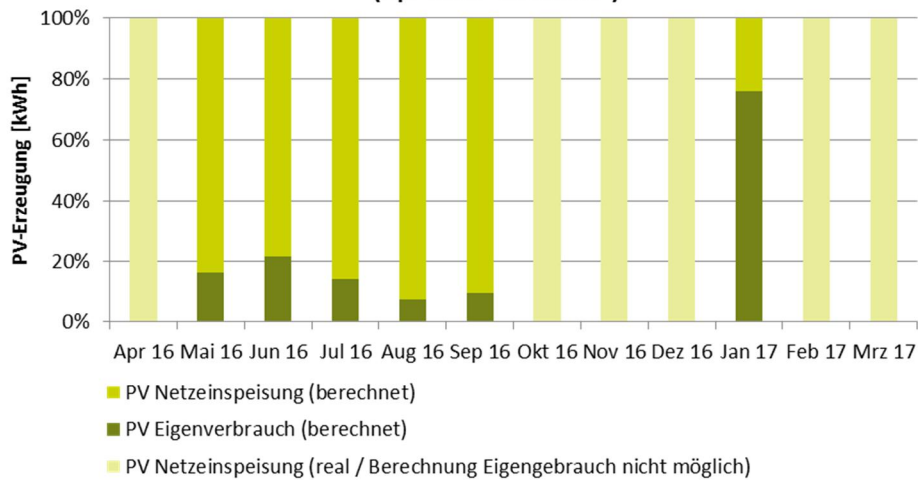
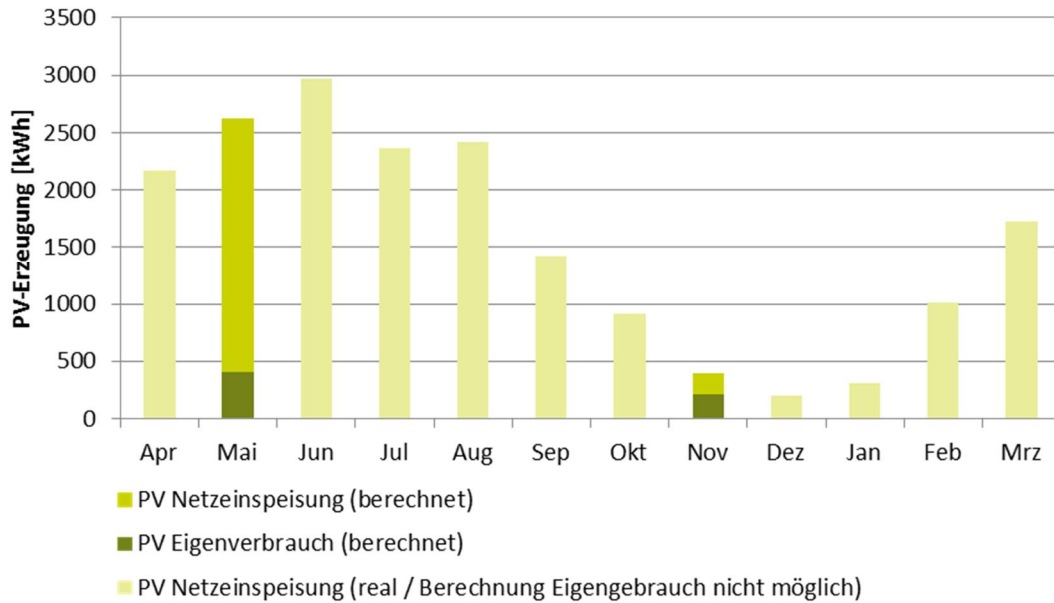


Abb. 44 Anteil des Eigengebrauchs am PV-Ertrag, absolut (oben) und prozentual (unten), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Photovoltaik-Netzeinspeisung und -Eigengebrauch (Apr 2017 - Mrz 2018)



Photovoltaik-Netzeinspeisung und -Eigengebrauch (Apr 2017 - Mrz 2018)

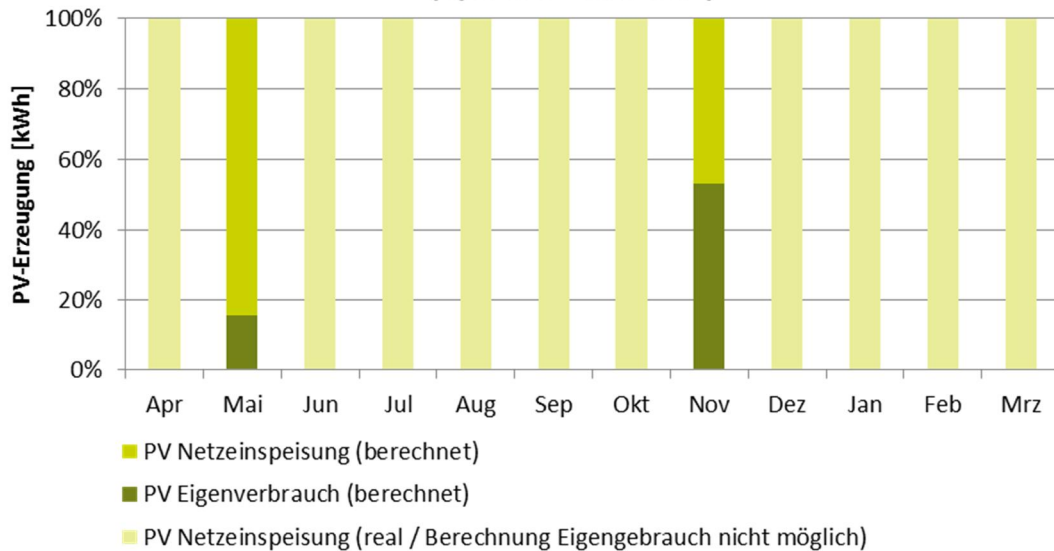


Abb. 45 Anteil des Eigengebrauchs am PV-Ertrag, absolut (oben) und prozentual (unten), April 2017 – März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

6.5 Anlagenperformance

6.5.1 Wärmeerzeuger

Die Wärmeerzeugung für Trinkwarmwasser und Heizwärme erfolgt über eine Sole/Wasser-Wärmepumpe, die über einen Heizstab unterstützt wird. Als Umweltwärme nutzt die Wärmepumpe die latente Wärme eines Eisspeichers, der durch einen Solarthermie-Hybridkollektor regeneriert wird.

In den Sommermonaten und z.T. in den Übergangszeiten dient die Solarthermieanlage bei entsprechenden Außentemperaturen zur direkten TWW-Erzeugung.

Aufgrund des gegebenen Wärmemengenzählerverbaus wird die direkte Einspeisung der solaren Wärme in den Pufferspeicher nicht erfasst (s. Kap. 4.1). So kann nicht bestimmt werden, wieviel regenerative Wärme über die Solarthermie dem Gebäude direkt zur Verfügung gestellt wird.

Im Folgenden wird sich daher auf die Betrachtung der Wärmepumpe inkl. Heizstab beschränkt.

Ergebnis im 1. Monitoringjahr:

Die folgende Grafik zeigt die Wärmebereitung für Trinkwarmwasser und Heizenergie. In den Wintermonaten wird ein deutlicher Anstieg des Heizwärmeverbrauchs deutlich. In den Sommermonaten dient die Wärmepumpenbetrieb ausschließlich der Trinkwarmwasserbereitung. Im Monat Juli und August lag aufgrund der Ferienzeit ein sehr geringer Trinkwarmwasserverbrauch sowie kein Heizwärmeverbrauch vor.

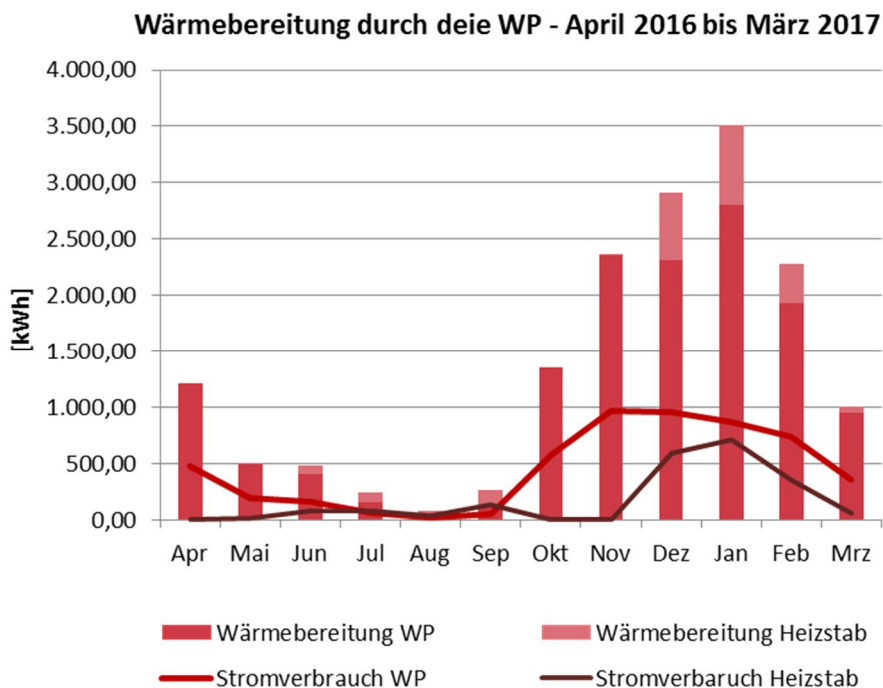


Abb. 46 Anteil der Wärmepumpe und des Heizstabs an der Wärmebereitung in Abgleich mit dem Stromverbrauch, April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Ungewöhnlich war der Heizstabbetrieb in den Sommermonaten, dessen Ursache bereits in Kap. 6.2.1 beschrieben wurde. Die Wintermonate Oktober und November wiesen hingegen keinen bzw. einen kaum merklichen Heizstabbetrieb auf. Dies lag an einer Änderung der Betriebsweise des Heizstabbetriebs am 25.08.2016 auf Sommerbetrieb (Parallelbetrieb AUS), um dem Heizstabbetrieb in den Sommermonaten entgegen zu wirken. Erst im Monat Dezember (02.12.2016) wurde jedoch die Anlage wieder manuell in den Winterbetrieb geschaltet (Parallelbetrieb EIN). Zuvor wurde das hohe Warmwasser-Temperaturniveau zu Lasten der Raumkonditionierung allein über die Wärmepumpe bereit. Das heißt, die Heizkörper lieferten in den Monaten Oktober und November keine ausreichende Wärmemenge.

Der Consolar-Wartungsvertragspartner Hr. Mahlau, Fa. IHM schreibt dazu:

„Wie bekannt hat die WW-Vorrangschaltung – die nicht von der Consolar Regelung zu ändern ist – für Probleme im täglichen Betrieb gesorgt. Die Anlage war mit der WW-Bereitung und den damit hohen Verlusten in den Ringleitungen überfordert und war 3-4 Std. im WW-Modus, d.h. hier ohne Heizungsmodus.“

Ich habe hier WW und Heizungsmodus als Priorität gleichgeschaltet. Es gibt nun den WW-Modus und den Heizbetrieb parallel, leider funktioniert dann die VL-Temperatur nicht mehr witterungsgeführt. Die VL-Temperatur schwankt sehr stark je nach Außentemperatur und nach Zuständen im Pufferspeicher. Ich empfehle hier eine Festtemperatursteuerung.“

Anmerkung: eine entsprechende Beauftragung der empfohlenen Festtemperatursteuerung obliegt dem LBIH-Gebäudemanagement.

Ergebnis im 2. Monitoringjahr:

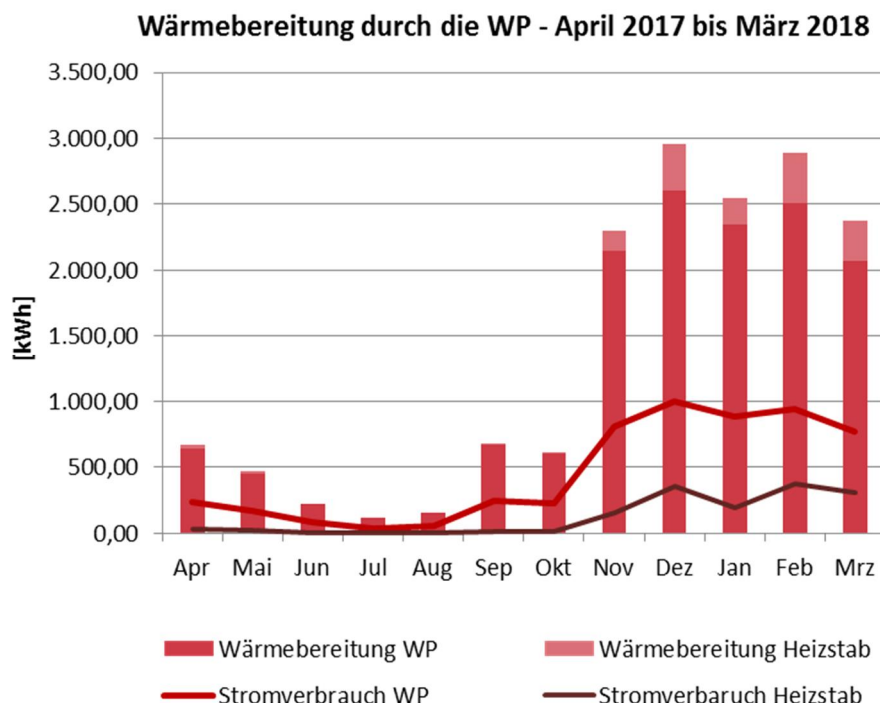


Abb. 47 Anteil der Wärmepumpe und des Heizstabs an der Wärmebereitung in Abgleich mit dem Stromverbrauch, April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

6.5.2 Wärmepumpe

Für die Beurteilung der Effizienz der Wärmepumpe wird im Folgenden die Jahresarbeitszahl (JAZ) aus den zur Verfügung stehenden Messwertangaben bestimmt.

Die Angabe zur Jahresarbeitszahl Erzeugerjahresarbeitszahl (EJAZ 1) (s. folgende Tabelle) berücksichtigt die von der WP bereitete Wärmemenge sowie den Stromverbrauch der Wärmepumpe. Die EJAZ 2 berücksichtigt zusätzlich den Heizstab. Die Wärmemenge des Heizstabs wird über dessen Strombedarf angerechnet.

Die Systemjahresarbeitszahl (SJAZ) berücksichtigt weiterhin den Hilfsenergiebedarf (Pumpenstrom der Umwälz- und Zirkulationspumpe) und bezieht sich auf die Wärmebereitstellung nach Speicherausgang und Heizkreisverteiler. Somit wird neben der Wärmebereitung durch die Wärmepumpe und den Heizstab auch der Hybridkollektor mitberücksichtigt. Die Speicherverluste sind damit ebenso enthalten.

Ergebnis im 1. Monitoringjahr:

Messzeitraum April 2016 März 2017	JAZ (EJAZ = Erzeugerjahresarbeitszahl, SJAZ = Systemjahresarbeitszahl)
Bilanzraum	
1) Wärmepumpe (Wärmemenge am Erzeuger)	EJAZ 1: 2,61
2) Wärmepumpe inkl. Heizstab (Wärmemenge am Erzeuger)	EJAZ 2: 2,17
3) Wärmepumpe inkl. Heizstab, Hilfsenergiebedarf (Wärmemenge ab Pufferspeicher bzw. Heizkreis, Darüber indirekte Berücksichtigung der Wärmemengenabgabe des Hybridkollektors)	SJAZ: 1,82*

*Aufgrund von fehlenden Messwertangaben nur bedingt belastbar; im zweiten Monitoringjahr zu verifizieren.

Systemgrenzen der Bestimmung der Jahresarbeitszahl der WP

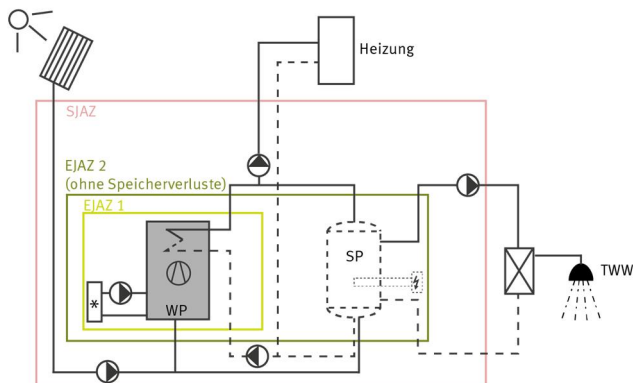


Abb. 48 Bilanzgrenzen der Berechnung der JAZ, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH, basierend auf www.jahresarbeitszahlen.info

Die Wärmepumpe allein weist eine Jahresarbeitszahl von 2,61 auf. In der EJAZ 2 von 2,17 zeigt sich, wie der Heizstabbetrieb die Effizienz der Wärmepumpe noch nach unten zieht. Dies stellt sich in folgender Tabelle vor allem in den Sommermonaten dar.

Die Angabe der JAZ wird in der Regel nach VDI 4650 für den Bilanzraum 2 (WP-Strom-inkl. Heizstab, exklusive der Speicherverluste) ermittelt, mit deren Anwendungen auch Nachweise für das EEWärmeG geführt werden. Das EEWärmeG fordert für Sole/Wasser-Wärmepumpen (bei Heizwärme- und TWW-Bereitung) eine JAZ von mindestens 3,8.⁸ Mit der JAZ des ersten Monitoringjahres befindet sich die Wärmepumpe deutlich darunter.

Die Systemjahresarbeitszahl (Bilanzraum 3) hat den Nachteil den zusätzlichen Strombedarf der Pumpen sowie die Speicherverluste mit zu berücksichtigen. Vorteilhaft ist jedoch der Wärmebeitrag des Hybridkollektors. Auch der Hersteller bezieht die solare Wärme in seinen Vergleichen mit ein. In der folgenden Tabelle zeigt sich jedoch eine geringe positive Wirkung des Kollektors und einen größeren Einfluss des zusätzlichen Stromverbrauchs. Insgesamt ergibt sich eine Systemjahresarbeitszahl von 1,82. Aufgrund von Messwertausfällen sind der Monat April und Mai nicht in der Berechnung des SJAZ enthalten. Zudem fehlen für die Monate November und Dezember der Hilfsstromverbrauch. Weiterhin stelle sich die Wärmemengenzählung des Hybridkollektors im Monat März mit 11 kWh im Vergleich zu der hohen Solarstrahlung in diesem Monat (vgl. Kap.5.1) als zu niedrig dar. Die Angabe der SJAZ ist damit nur bedingt belastbar. Im zweiten Monitoringjahr sollte die Ertragsangabe des Hybridkollektors daher nochmals verifiziert werden.

Jahresarbeitszahl der WP													
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Jahr
EJAZ 1: WP	2,56	2,52	2,55	2,47	2,43	2,48	2,37	2,44	2,41	3,24	2,62	2,69	2,61
EJAZ 2: WP inkl. Heizstab	2,56	2,41	2,06	1,64	1,46	1,42	2,37	2,43	1,87	2,23	2,10	2,47	2,17
SJAZ: WP inkl. Heizstab + Hilfsenergie + Hybridkollektor in Speicher + Speicherverluste	-	-	1,94	1,61	1,31	1,97	1,97	2,59	1,99	1,29	1,68	2,29	1,82*

Kein Hilfsstrom (Pumpen) enthalten

*Aufgrund von fehlenden Messwertangaben nur bedingt belastbar; im zweiten Monitoringjahr zu verifizieren.

⁸ EEWärmeG, Ausfertigungsdatum: 07.08.2008, S. 16

Ergebnis im 2. Monitoringjahr:

Aufgrund von Messwertausfällen kann die Systemjahresarbeitszahl nicht bestimmt werden.

Messzeitraum April 2016 März 2017	
Bilanzraum	JAZ (EJAZ = Erzeugerjahresarbeitszahl, SJAZ = Systemjahresarbeitszahl)
1) Wärmepumpe (Wärmemenge am Erzeuger)	EJAZ 1: 2,61
2) Wärmepumpe inkl. Heizstab (Wärmemenge am Erzeuger)	EJAZ 2: 2,17
3) Wärmepumpe inkl. Heizstab, Hilfsenergiebedarf (Wärmemenge ab Pufferspeicher bzw. Heizkreis, Darüber indirekte Berücksichtigung der Wärmemengenabgabe des Hybridkollektors)	SJAZ: -

Jahresarbeitszahl der WP													
	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Jahr
EJAZ 1: WP	2,72	2,70	2,76	2,80	2,74	2,67	2,69	2,67	2,60	2,66	2,66	2,69	2,66
EJAZ 2: WP inkl. Heizstab	2,53	2,49	2,76	2,80	2,74	2,58	2,58	2,41	2,18	2,36	2,19	2,21	2,31

6.5.3 Wärmerückgewinnung (WRG) über die Abluft

Der Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsanlage kann aufgrund fehlender Temperaturmessungen an der Lüftungsanlage nicht verifiziert werden.

Zur Darstellung der Zu- und Ablufttemperaturen hat man sich für die Abluft auf die Innenraumtemperatur und für die Zuluft auf die Außentemperatur in Verrechnung mit den vom Hersteller angegebenen WRG bezogen. Diese Berechnung lässt jedoch keine Aussage über den tatsächlichen WRG zu.

Die dezentralen Lüftungsanlagen besitzen keinen Bypass. Im Sommerbetrieb werden sie daher als reine Zu- oder Abluftanlagen betrieben. Der Betrieb mit WRG wird manuell eingeschaltet. Vom LBIH wurde dafür im Frühsommer 2015 eine Bedienanleitung für die Lüftungsanlage an die Schüler ausgegeben, um den sommerlichen Wärmeschutz nicht durch eine Fehlbedienung der Wärmerückgewinnungsfunktion zu gefährden.

Ergebnis im 1. Monitoringjahr:

Fehlbetrieb der Lüftungsanlage

Die Analyse der Raumtemperaturen der einzelnen Wohn- und Nichtwohneinheiten lässt z.T. auf eine Fehlbedienung bzw. auch festgestellte Fehlfunktion schließen. Im folgenden Kapitel wird darauf eingegangen.

Lüftungsbetrieb in den einzelnen Wohn- und Nichtwohneinheiten

	Gästewohnung EG		Gästewohnung OG		Schülerwohnung EG		Schülerwohnung OG		Raum der Stille		Lehrerzimmer	
	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb
Apr 16	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Mai 16	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Jun 16	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft
Jul 16	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft
Aug 16	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft
Sep 16	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft
Okt 16	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Nov 16	WRG	-	WRG	-	WRG	-	defekt	Abluft	WRG	-	WRG	-
Dez 16	WRG*	-	WRG*	-	WRG*	-	defekt	Abluft*	WRG *	-	WRG*	-
Jan 17	WRG		aus		WRG		WRG		WRG		aus	
Feb 17	WRG		WRG		WRG		WRG		WRG		WRG	
Mrz 17	WRG		WRG		WRG		WRG		WRG		WRG	

* Ab 22.12.16 bis 07.01.17. ist Lüftung wegen Ferien ausgeschaltet

Die aufgeführten Betriebsangaben beruhen weitestgehend auf der regelmäßigen Stichprobenkontrolle bei dem monatlich einmaligen Datenerfassungstermin des LBIH.

Ergebnis im 2. Monitoringjahr:

Lüftungsbetrieb in den einzelnen Wohn- und Nichtwohneinheiten

	Gästewohnung EG		Gästewohnung OG		Schülerwohnung EG		Schülerwohnung OG		Raum der Stille		Lehrerzimmer	
	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb	WRG aktiv	Zuluftbetrieb /Abluftbetrieb
Apr 17	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Mai 17	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Jun 17	WRG	-	Aus	-	WRG	-	-	Zuluft	WRG	.	-	Zuluft
Jul 17	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft
Aug 17	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Abluft	-	Zuluft	-	Zuluft	-	Zuluft
Sep 17	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	-	Zuluft
Okt 17	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Nov 17	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Dez 17	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Jan 18	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Feb 18	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-
Mrz 18	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-	WRG	-

Die aufgeführten Betriebsangaben beruhen weitestgehend auf der regelmäßigen Stichprobenkontrolle bei dem monatlich einmaligen Datenerfassungstermin des LBIH.

6.6 Innenraumtemperaturen und Behaglichkeit

6.6.1 Innenraumlufttemperatur und Raumluftfeuchte

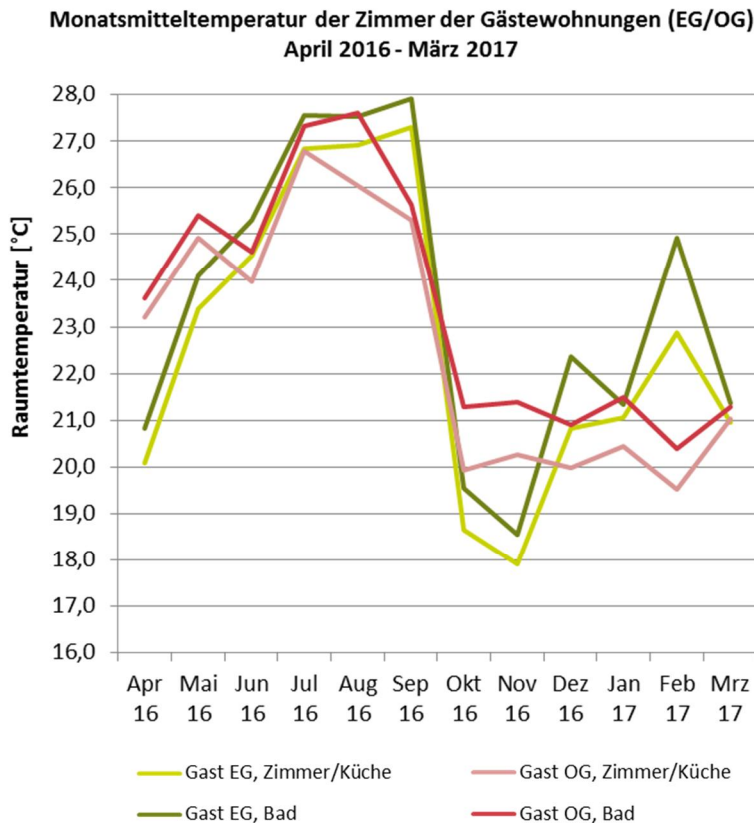


Abb. 49
Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Gästewohnungen (EG/OG),
April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

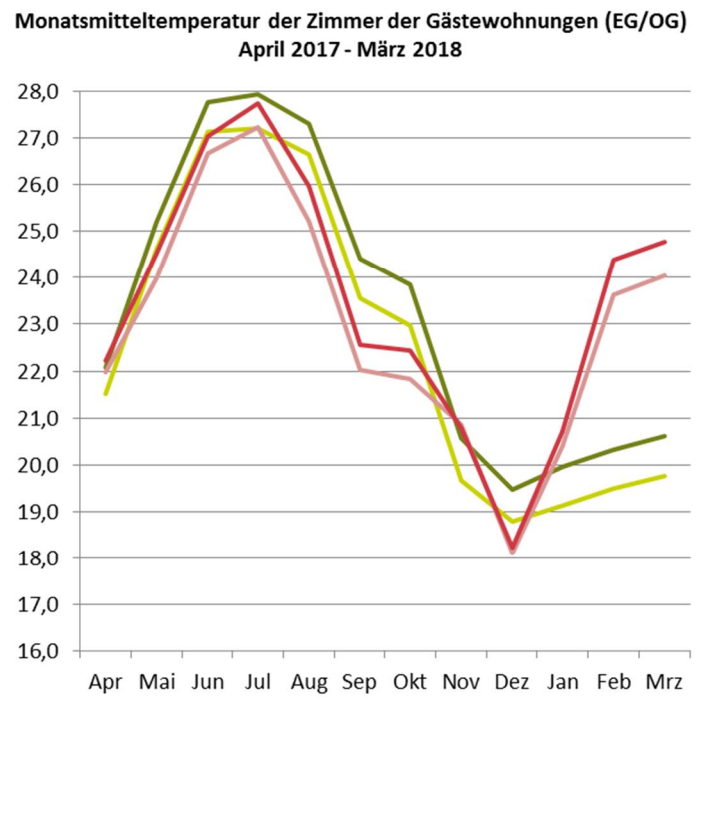


Abb. 50
Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Gästewohnungen (EG/OG),
April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Die Gästewohnungen zeigen im Monatsmittel eine nutzungsspezifisch höhere Volatilität als die Schülerwohnungen.

Die Gästewohnung EG wurde nur selten genutzt, was sich insbesondere an den eher geringen Innentemperaturen in den Heizperiode 2016 zeigt sowie durch das Verharren auf dem hohen Sommerwärmestau-Plateau im August/September 2016. Die punktuellen Ausschläge auf bis zu 25°C im Bad ab Dezember 2016 zeigt wiederum die sporadische Nutzung. Die Gästewohnung OG wurde hingegen nach den Sommerferien 2016 bis zu den Weihnachtsferien dauerhaft genutzt, was sich im Temperaturprofil durch ein aktives Entwärmen der Sommerferien-Stauhitzte sowie einem vglw. gleichmäßigen Heizprofil ausdrückt.

Im 2. Monitoringjahr zeigen beide Wohnungen ein vergleichsweise gleichlaufendes Temperaturprofil, bis die Gästewohnung OG im Januar 2018 wieder in regelmäßige Nutzungsphase geht.

Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (EG)
April 2016 - März 2017

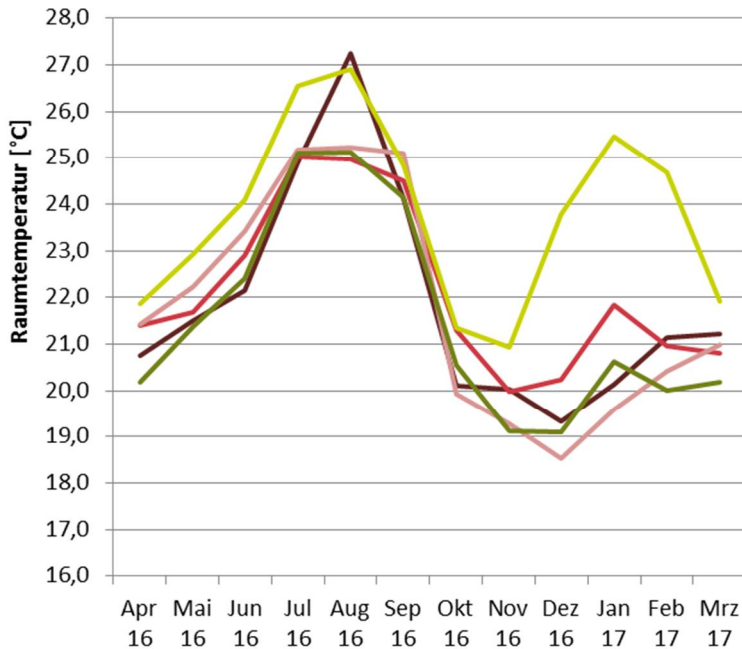


Abb. 51
Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (EG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (EG)
April 2017 - März 2018

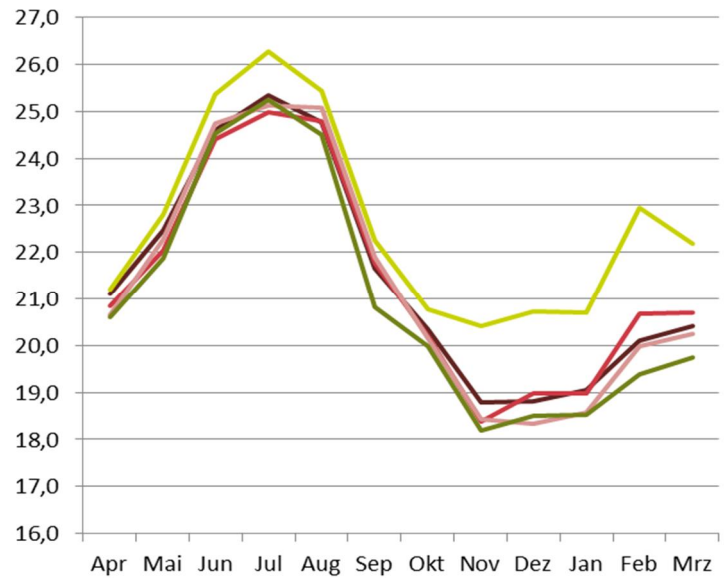


Abb. 52
Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (EG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

- Schüler EG, Zimmer Nord
- Schüler EG, Wohnbereich
- Schüler EG, Zimmer Süd
- Schüler EG, Bad
- Schüler EG, WC

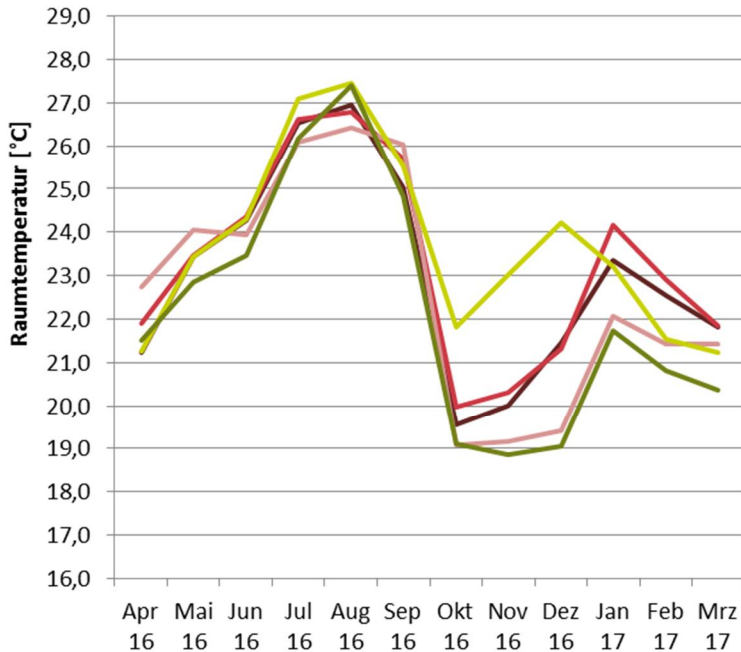
Die Schülerwohnung EG wird von 4 Schülern bewohnt, die bei den monatlichen Datenaufnahmebesuchen des LBIH auch auf Nachfragen zu keinem Zeitpunkt ein Unbehagen über die Temperaturen ausdrückten.

Aus Gesprächen und Beobachtungen vor Ort muss vermutet werden, dass der (zu) schnelle Anstieg der Raumlufitemperatur vom 01.06. – 30.06.16 auf 24-25°C bei Außentemperaturen von 15-20°C auf eine eher sporadische Nutzung des außenliegenden Sonnenschutzes zurückzuführen ist. Dies würde auch den stetigen Anstieg der Temperaturen in Zimmer Nord sowie dem gegenüberliegenden Bad erklären, während die anderen Räume während der Sommerferien von Mitte Juli bis Ende August sich eher statisch verhalten.

Für die Heizperiode ist anzumerken, dass sich die geringen Temperaturen in Zimmer Süd über eine dauerhafte Einstellung auf Stufe „0“ am Thermostatventil des Zimmerradiators erklärt, nachgewiesen über die Ablesung der Heizkostenverteiler. Die hydraulische Funktionstüchtigkeit der Heizung im Bereich der Wohnung EG wird zeigt sich am Temperaturprofil des Bades.

Im 2. Monitoringjahr zeigt die Wohnung ein homogenisiertes Temperaturverhalten bei einer – auf nutzerspezifischen Komfortwünschen beruhend – weiterhin eher geringtemperierten Heizperiode.

Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (OG)
April 2016 - März 2017



- Schüler EG, Zimmer Nord
- Schüler EG, Wohnbereich
- Schüler EG, Zimmer Süd
- Schüler EG, Bad
- Schüler EG, WC

Abb. 53
Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerinnenwohnung (OG),
April 2016 - März 2017,
Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (OG)
April 2017 - März 2018

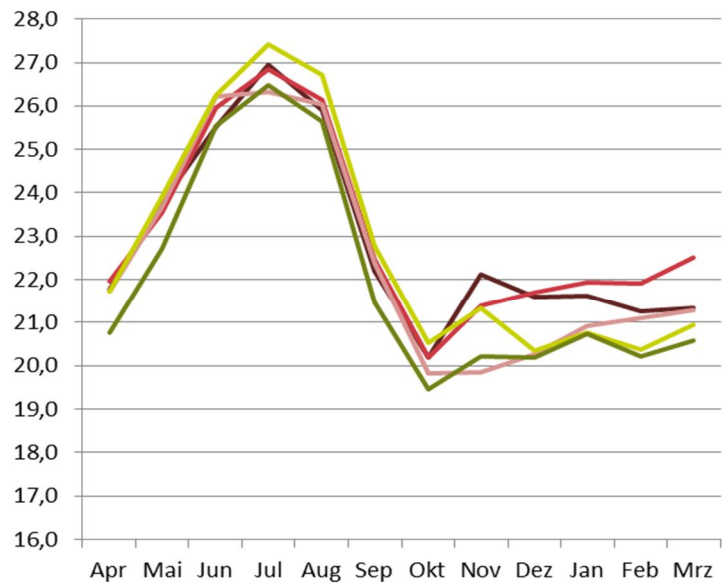


Abb. 54
Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerinnenwohnung (OG),
April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Die
4 Schülerinnen bewohnt.

Schülerinnenwohnung OG wird von

Zum Leidwesen der eher tw. eher kälteempfindlichen Schülerinnen in Zimmer Süd zeigte hier die Hydraulik der Heizung Schwächen, die durch den hydraulischen Abgleich im Dezember 2016 endlich behoben wurden.

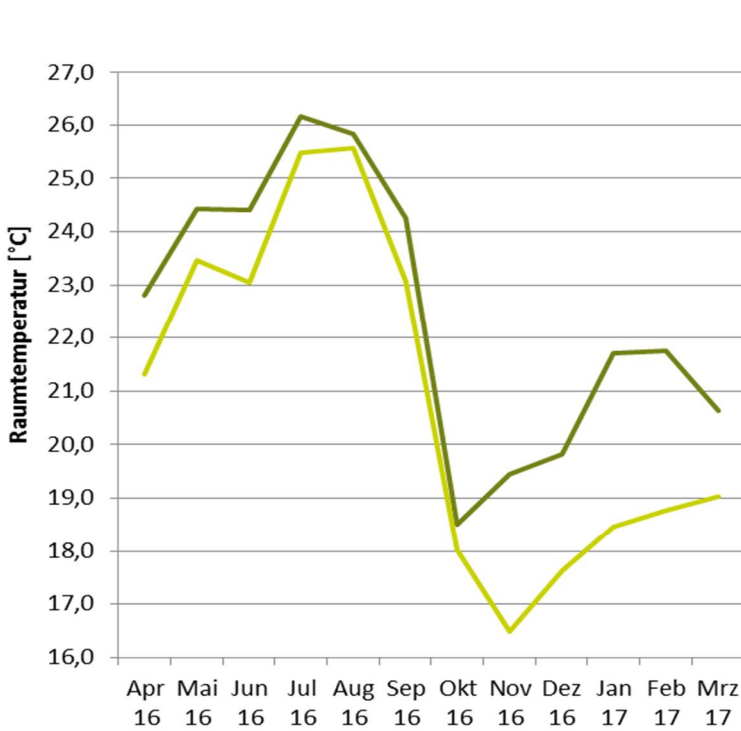
Festzustellen war eine (Fehl-)Nutzung der WRG-Funktion der Lüftungsanlage bei hochsommerlichen Temperaturen anstelle einer Aus-Schaltung der Anlage und Schließung der Fenster während den Schulzeiten bis in den Nachmittag. Den Monatsmitteltemperaturen ist dieses Vorkommnis nicht direkt zu entnehmen,

Im Zuge der Monatsbesuche des LBH ist am 02.12.16 aufgefallen, dass zusätzlich die Wärmerückgewinnungs-Funktion der Lüftungsanlage in der temperaturkritischen 4er-Wohnung im OG defekt war: Nach Betätigen der WRG-Folientaste schaltete die Anlage selbsttätig auf reine Abluffunktion um. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Anlage im November 2016 unbeabsichtigt in der Abluffunktion genutzt wurde, da sich die Anlage von selbst nach kurzer Zeit (ca. 30 Sekunden) von WRG auf Abluft umschaltet.

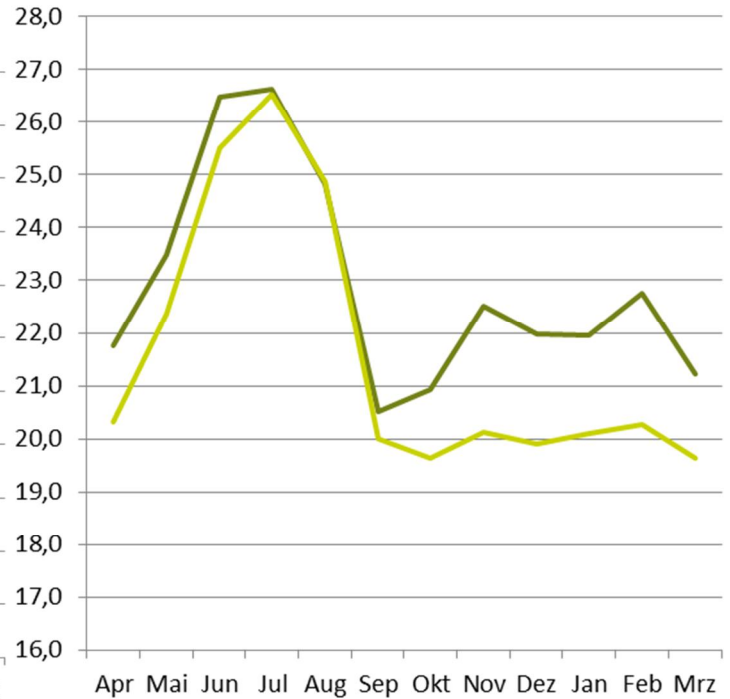
Am 06.01.17 wurde die WRG abschließend repariert.

Im 2. Monitoringjahr zeigt die Wohnung ein homogenisiertes Temperaturverhalten bei einer – auf nutzerspezifischen Komfortwünschen beruhend – nunmehr sehr behaglich temperierten Heizperiode.

Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Lehrerzimmers (OG)
April 2016 - März 2017



Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Lehrerzimmers (OG)
April 2017 - März 2018



- Lehrerzimmer, Besprechungsraum
- Lehrerzimmer, WC

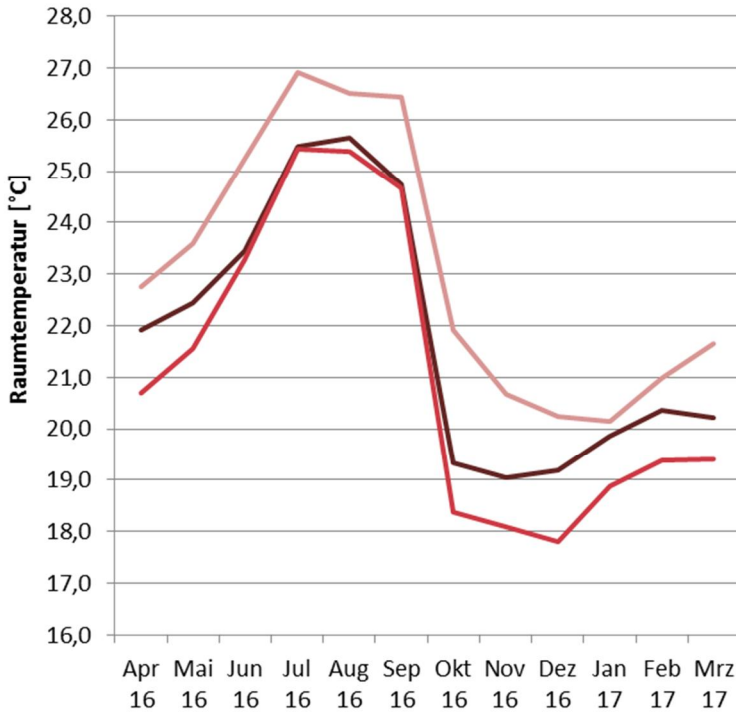
Abb. 265 Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Lehrerzimmers (OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft

Abb. 56 Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Lehrerzimmers (OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft

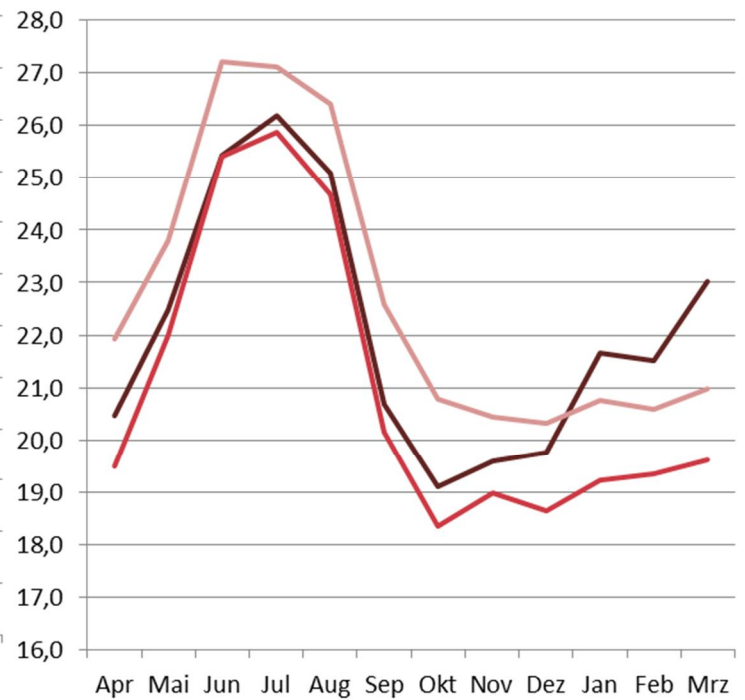
Auch das Lehrerzimmer zeigt nach dem hydraulischen Abgleich im Dezember 2016 bzw. nach den Weihnachtsferien ein behagliches Temperaturprofil.

Im 2. Monitoringjahr zeigt der Raum ein homogenisiertes, behagliches Temperaturverhalten.

Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Raum der Stille (EG)
April 2016 - März 2017



Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Raum der Stille (EG)
April 2017 - März 2018



- Raum der Stille, Vorraum
- Raum der Stille, Hauptraum
- Raum der Stille, WC

Abb. 277 Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Raum der Stille (EG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft

Abb. 58 Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Raum der Stille (EG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft

Auch der Raum der Stille zeigt nach dem hydraulischen Abgleich im Dezember 2016 bzw. nach den Weihnachtsferien ein behagliches Temperaturprofil.

Im 2. Monitoringjahr zeigt der Raum ein dem Vorjahr ähnliches Temperaturprofil.

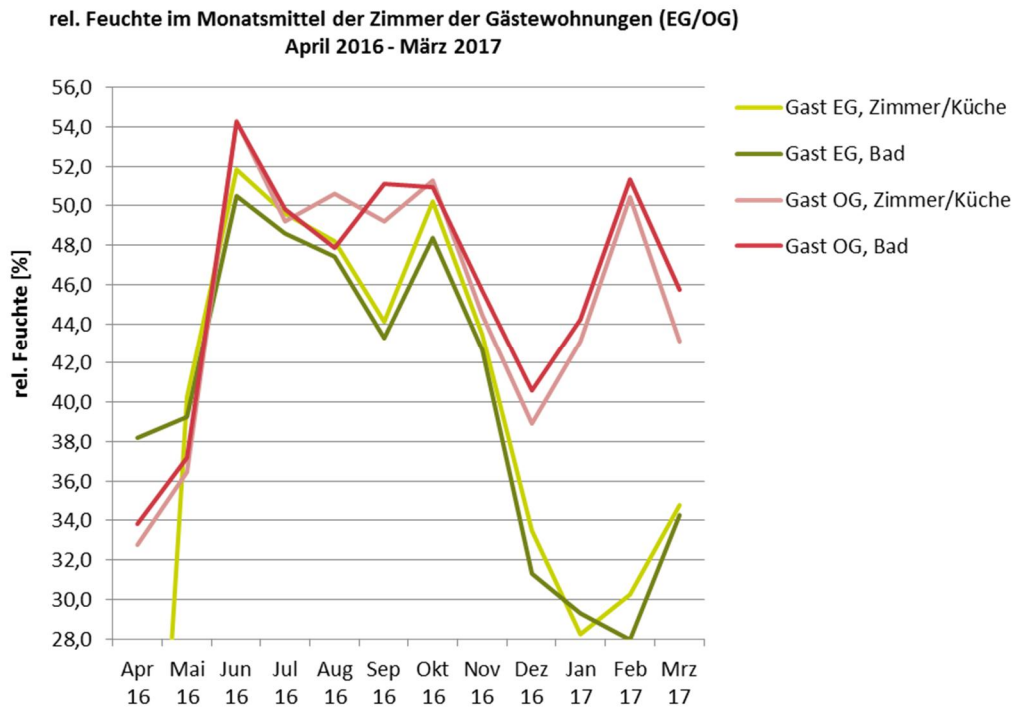


Abb. 59 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Gästewohnungen (EG/OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft

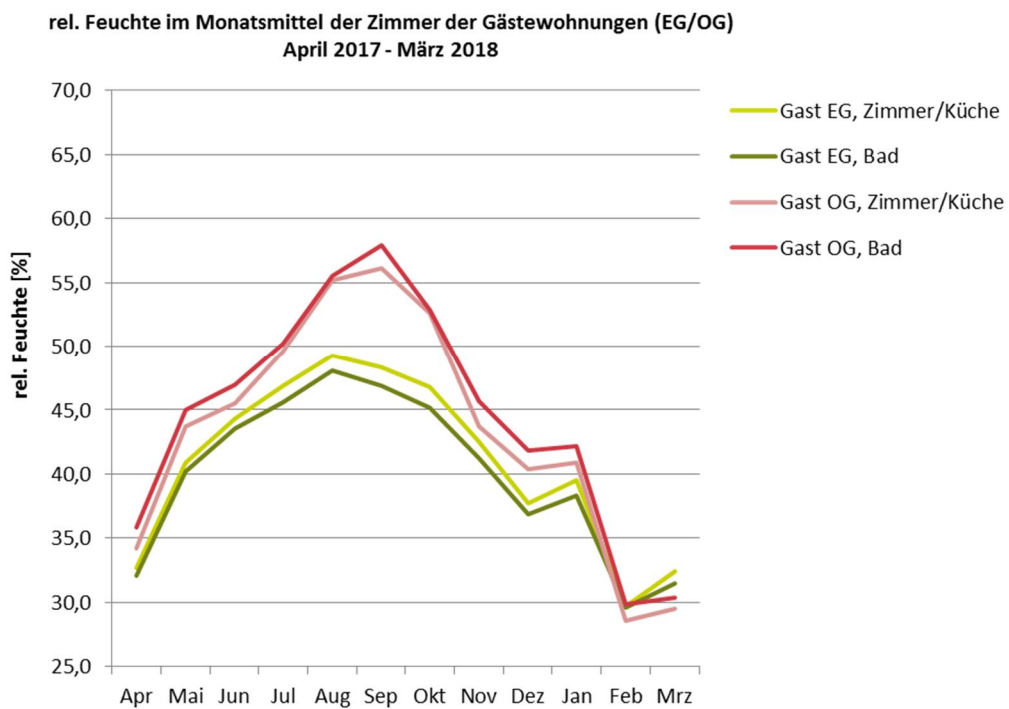


Abb. 60 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Gästewohnungen (EG/OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft

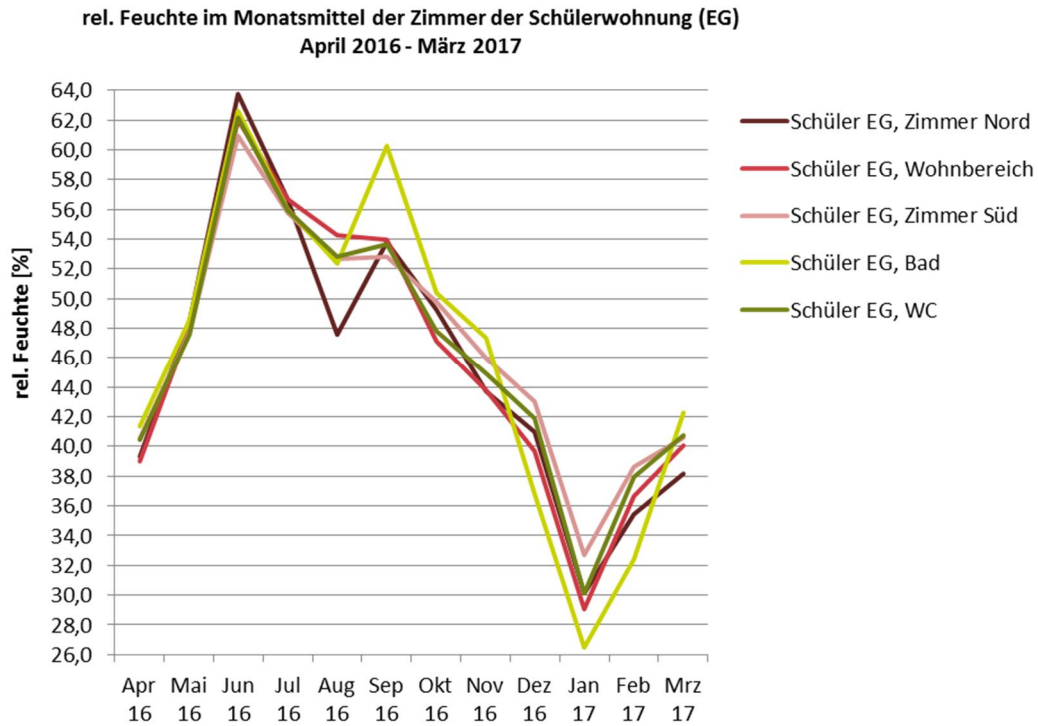


Abb. 61 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Schülerwohnung (EG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft

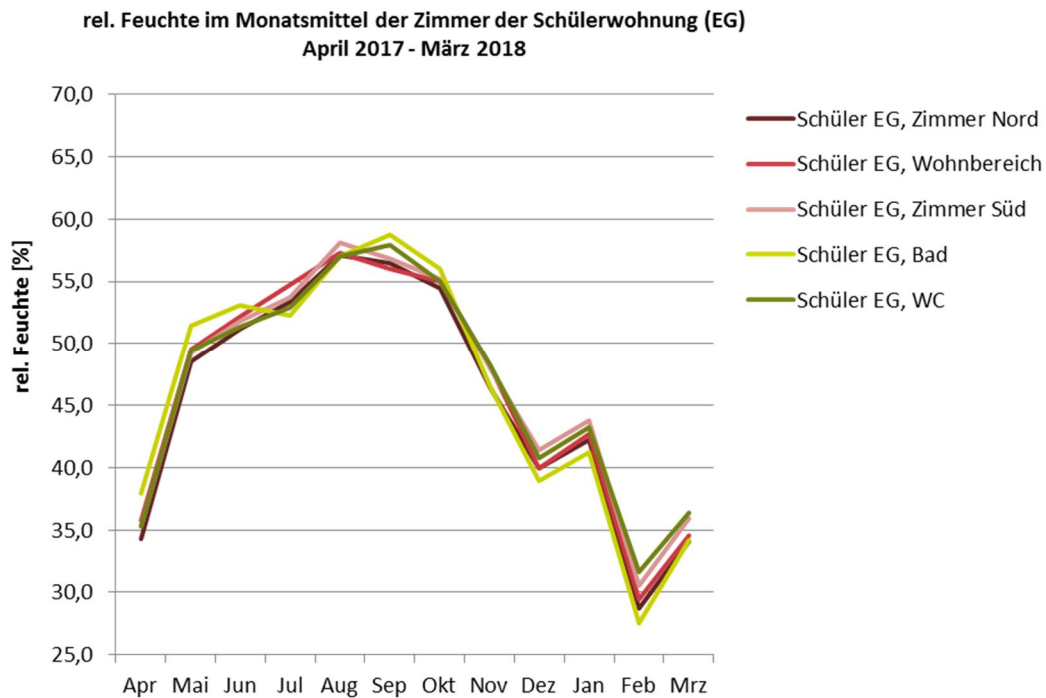


Abb. 62 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Schülerwohnung (EG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft

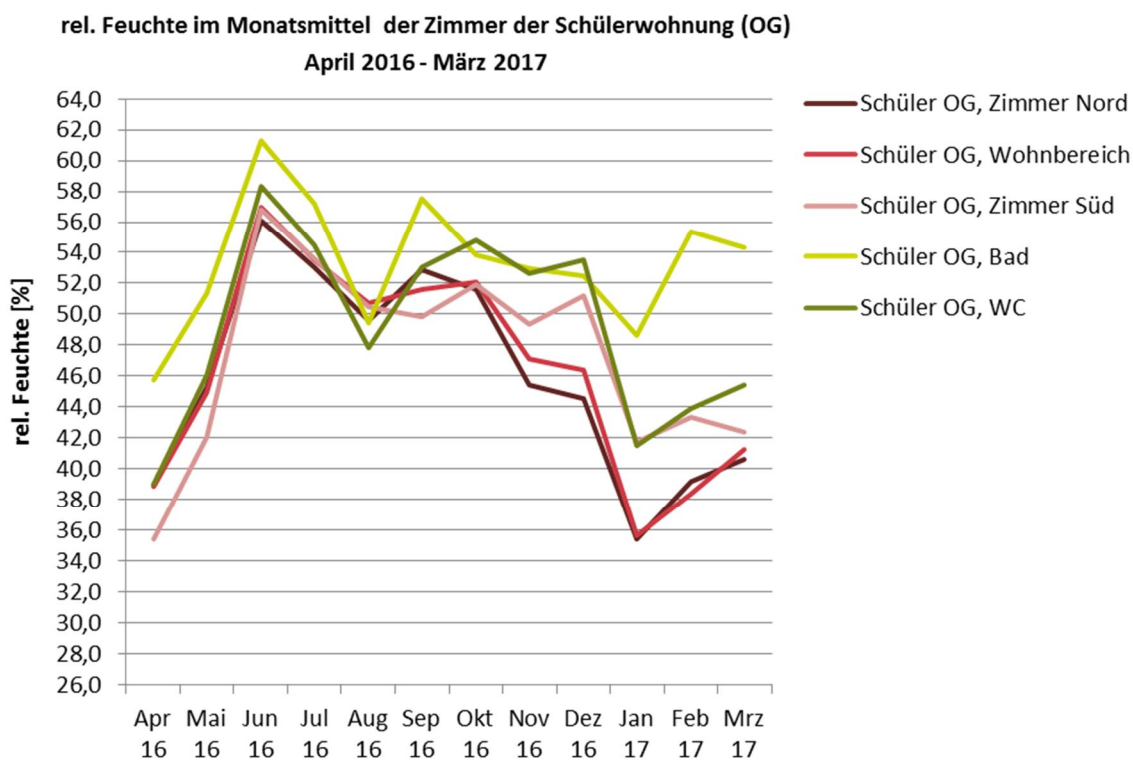


Abb. 63 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Schülerwohnung (OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft

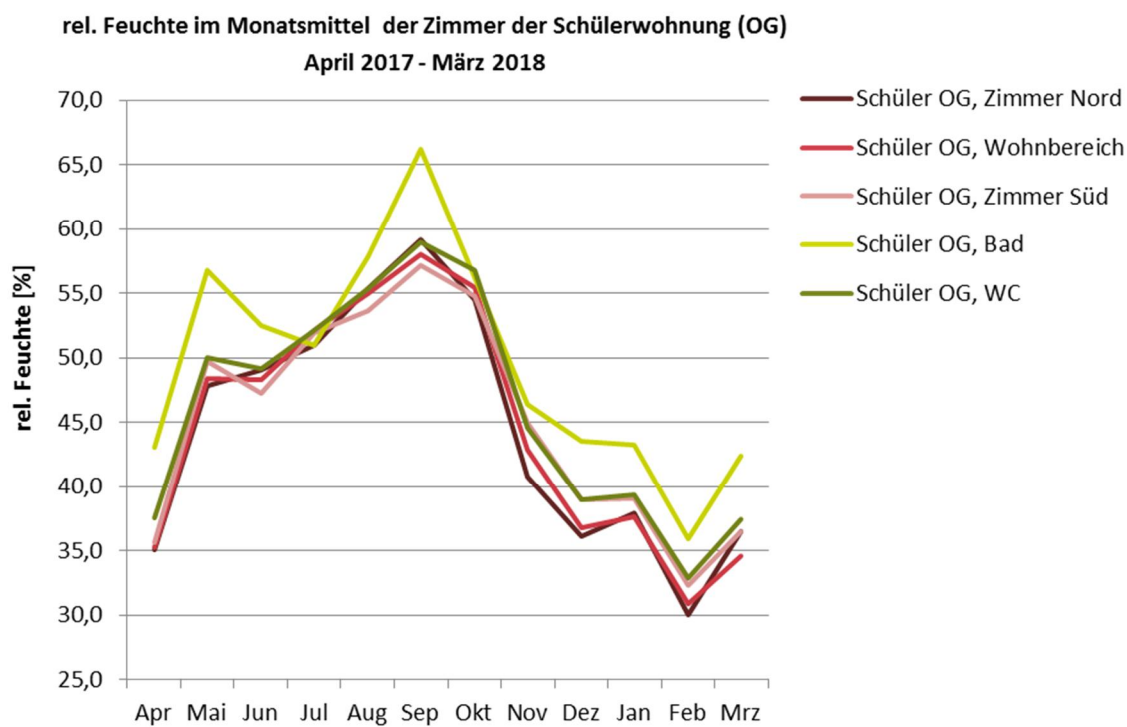


Abb. 64 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Schülerwohnung (OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft

rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Lehrerzimmers (OG)
April 2016 - März 2017

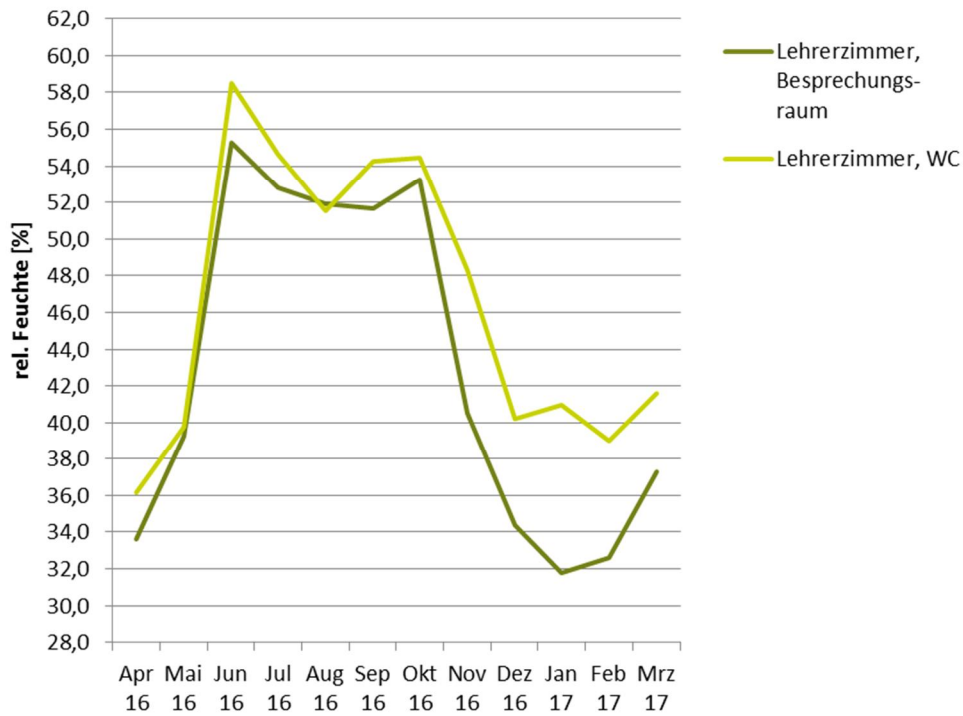


Abb. 6529 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Lehrerzimmers (OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft

rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Lehrerzimmers (OG)
April 2017 - März 2018

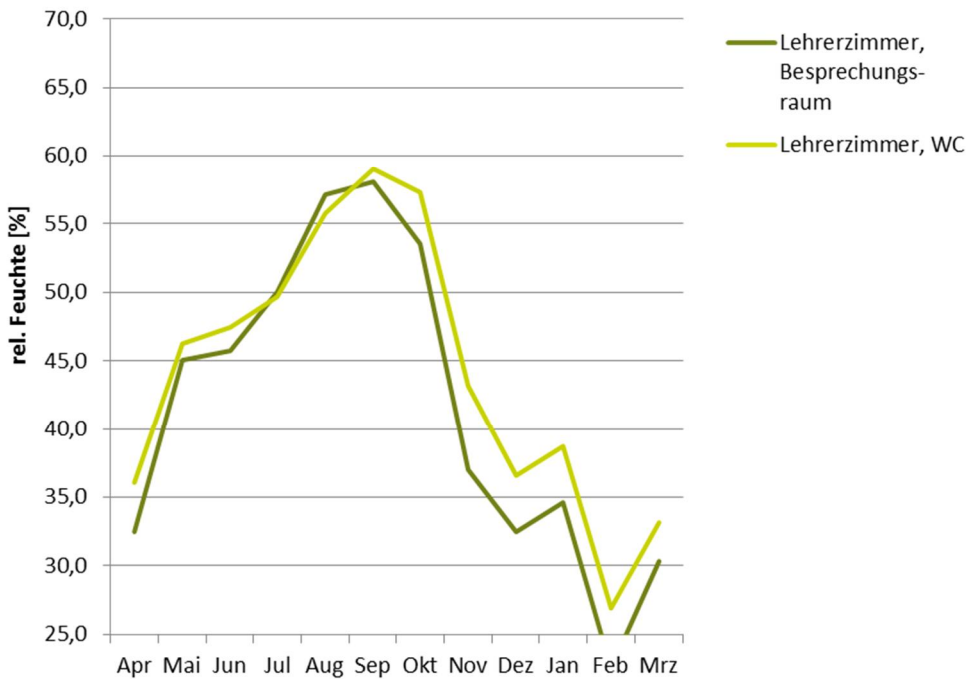


Abb. 66 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Lehrerzimmers (OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft

**rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Raum der Stille (EG)
April 2016 - März 2017**

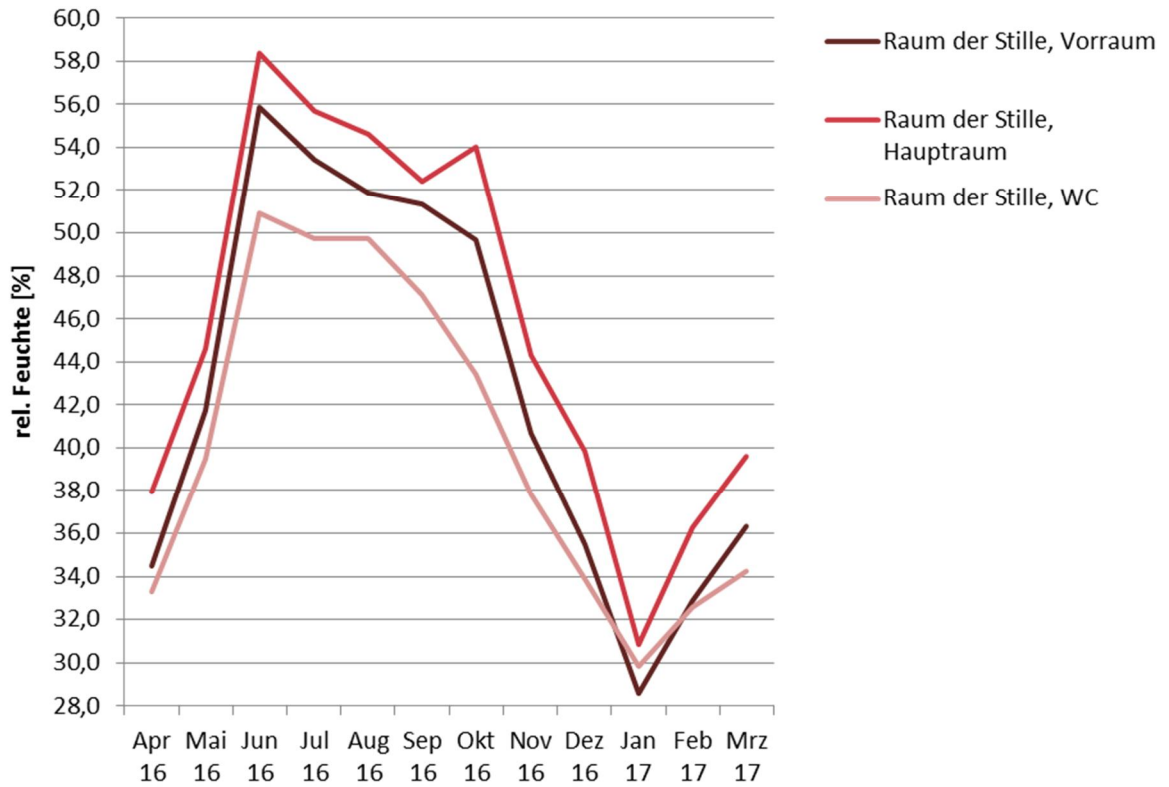


Abb. 6730 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Raum der Stille (EG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft

**rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Raum der Stille (EG)
April 2017 - März 2018**

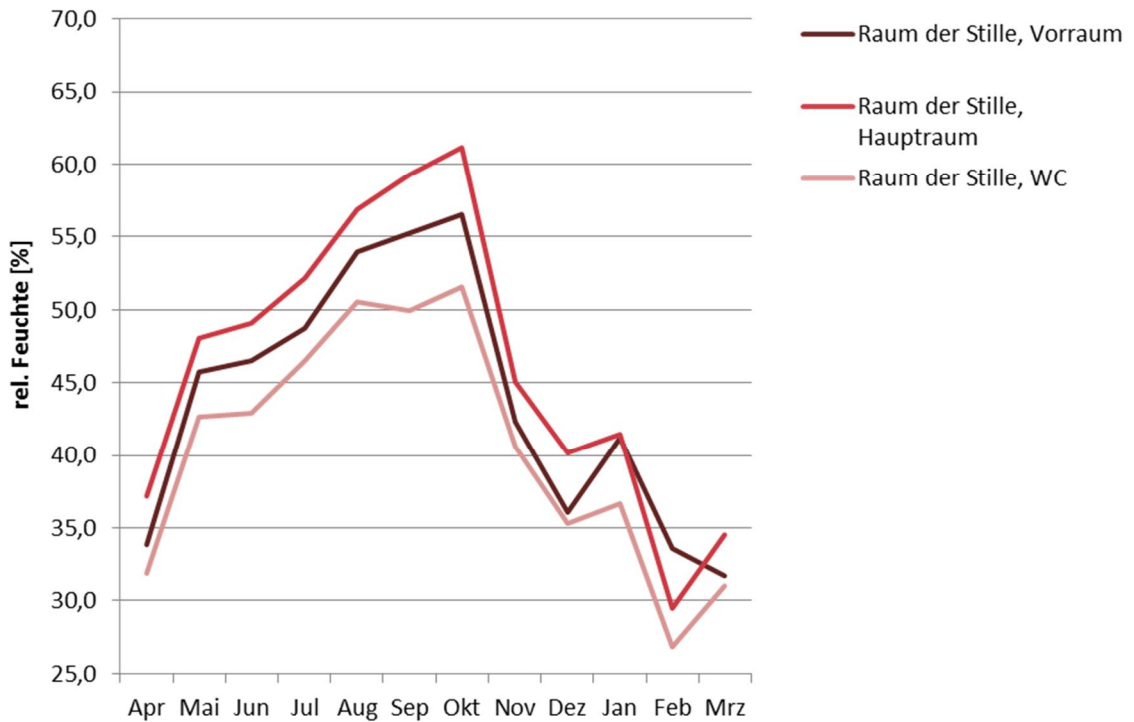


Abb. 68 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Raums der Stille (EG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft

7. Kosten / Wirtschaftlichkeit

Im folgenden Kapitel wird die Wirtschaftlichkeit des Effizienzhaus Plus-Standards gegenüber einem konventionellen EnEV-Standard betrachtet. Dafür werden die energetisch relevanten Investitionskosten der Kostengruppe 300 und 400 sowie die jährlichen Betriebskosten des Effizienzhaus Plus dem Referenzgebäude gemäß Bilanz nach EnEV 2009 gegenübergestellt.

Berechnungsgrundlagen des Referenzgebäudes

Entgegen der Vorgaben an ein Referenzgebäude gem. EnEV 2009 beinhalten die berechneten Herstellkosten in Variante 1, „Vergleichsvariante: EnEV 09“ im Bereich der Gebäudetechnik keine Wärmeversorgungsanlage als Kombination aus einem Gas-Brennwertkessel und einer Solarthermieanlage (Kombisystem mit Flachkollektoren) zur Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung, sondern einen zentralen Holzpellet-Wärmeerzeuger.

Die Hülle betreffend wurde für die Vergleichsvariante der Dämmstandard nach den Referenzwerten der EnEV 2009 gem. Anlage 1, Tabelle 1 gewählt.

7.1 Baukosten und laufende Kosten

Die Baukosten des Bauvorhabens im Effizienzhaus Plus-Standard belaufen sich auf genau 1.180.000 € (KG 300+400 DIN 276, brutto) bei 469 m² BGF (2.516 €/m² BGF (brutto), Bauzeit 03.2013 – 06.2014).

Die nachfolgende Tabelle (Abb. 69) benennt Quellen und Hintergrundinformationen zu Abbildung 70, „Eingabeblatt Variantenvergleich“:

Variante/ Energetische Einordnung:	Vergleichsvariante „EnEV 2009“	Effizienzhaus-plus IST-Zustand auf Basis des Messjahres 2016- 2017	Effizienzhaus-plus SOLL-Zustand auf Basis der Bilanz DIN 18.599 zzgl. Haushaltsstrom-Prognose
Qualität Gebäudehülle	EnEV 2009, Anlage 1, Tabelle 1	EnEV 2009, Anlage 2, Tabelle 2 -50% („halbierte U-Werte“ gem. Hessischem Energiezukunftsgesetz)	EnEV 2009, Anlage 2, Tabelle 2 -50% („halbierte U-Werte“ gem. Hessischem Energiezukunftsgesetz)
Primärenergiebedarf - ohne Berücksichtigung der PV-Netzstrom- Substitution- Nutzung -	15.168 kWh/a gem. EnEV- Berechn. pk-i, Stuttgart, 2011 + Haushaltsstrom: 10.145 kWh/a gem. Prognose dj, Ffm, 2014 (Abb. 71, Prognose, 5.636 kWh/a * 1,8) = 25.313 kWh/a	$(17.708 + 16.172)/2 = 16.940$ kWh/a Endenergie gem. EHplus-Messung (Abb. 71/72) 2016/2017 bzw. 2017/2018 (nicht witterungsberein.) *1,8 = 30.492 kWh/a PE-Verbrauch	12.615 kWh/a gem. DIN 18.599- Bilanz + HHS-Prognose, dj, Ffm, 2014, (Abb. 71) *1,8 = 22.707 kWh/a
PE-Bedarf/ Unterschreitung PE	versteht sich inclusive Haushaltsstrombedarf!	versteht sich inclusive Haushaltsstrombedarf!	versteht sich inclusive Haushaltsstrombedarf!
Herstellkosten:			
KG 200	Übernahme aus Kostenfeststellung	Kostenfeststellung	Kostenfeststellung
KG 300	Abzug aus Kostenfeststellung: -17.516 € Diese Minderkosten wurden 2011 bei Aufstellung der ES- Bau ggü. dem Standard „EnEV 2009 -50%“ an Hand von geminderten EP bei den Hüllflächen projektspezifisch ermittelt.	Kostenfeststellung	Kostenfeststellung
KG 400	Abzug aus Kostenfeststellung: -14.150 € Minderkosten durch Ausführung einer Holzpellet-Heizanlage wurden 2011 bei Aufstellung der ES-Bau ggü. der ausgeführten WP-Technik ermittelt. -15.000 € Minderkosten durch Entfall der WRG- Anlagen 2011 ermittelt. -37.391 € Minderkosten durch Entfall der 18,9kWp- PV-Anlage incl. Einbindung in die schulinterne USHV	Kostenfeststellung	Kostenfeststellung
KG 500	Übernahme aus Kostenfeststellung	Kostenfeststellung	Kostenfeststellung
KG 600	Übernahme aus Kostenfeststellung	Kostenfeststellung	Kostenfeststellung
KG 700	Minderung entsprechend der geringeren anrechenbaren Kosten (s.o.)	Kostenfeststellung	Kostenfeststellung

Variantenbezeichnung/ Energetische Einordnung:	Vergleichsvariante „EnEV 2009“	Effizienzhaus-plus IST-Zustand auf Basis des Messjahres 2016-2017	Effizienzhaus-plus SOLL-Zustand auf Basis der Bilanz gem. DIN 18.599 zzgl. Haushaltsstrom-Prognose
End-Energiebedarf			
Emissionsfaktor	gem. EMIS, ohne Vorkette	gem. EMIS, ohne Vorkette	gem. EMIS, ohne Vorkette
Wärmepreis	Einkaufspreis Land Hessen: 55€/MWh	Einkaufspreis Land Hessen: 164€/MWh	Einkaufspreis Land Hessen: 164€/MWh
Deckungsanteil	gem. EnEV-Berechnung pk-i, Stuttgart, 2011	(9.008 + 6.910)/2 = 7.959 kWh/a (Endenergie) gem. EHplus-Messung 2016/2017 bzw. 2017/2018 (Abb. 71/72)	gem. DIN 18.599-Bilanz, djg, Ffm, 2014, (Abb. 71)
Strombedarf: Hilfsenergien, Beleuchtung, Haushaltsstrom	gem. EnEV-Berechnung pk-i, Stuttgart, 2011 + Haushaltsstrom gem. Prognose djg, Ffm, 2014 (Abb. 71)	(8.700 + 7.726)/2 = 8.213 kWh/a (Endenergie) gem. EHplus-Messung 2016/2017 bzw. 2017/2018 (Abb. 71/72)	gem. DIN 18.599-Bilanz + HHS- Prognose, djg, Ffm, 2014, (Abb. 71)
Vergütung Eigenerzeugung	- / -	„Vergütung“ mit 164€/MWh bedeutet Substitution/Verdrängung von EVU-Netzstrom (-Kosten) durch schuleigene PV- Stromerzeugung „on site“ über 30 Jahre.	„Vergütung“ mit 164€/MWh bedeutet Substitution/Verdrängung von EVU-Netzstrom (-Kosten) durch schuleigene PV- Stromerzeugung „on site“ über 30 Jahre.
Vergütung Eigenerzeugung	- / -	Laufzeit = 0 bedeutet Substitution/Verdrängung von EVU- Netzstrom schuleigene PV- Stromerzeugung „on site“ <u>über 30</u> <u>Jahre.</u>	„Laufzeit = 0 bedeutet Substitution/Verdrängung von EVU- Netzstrom schuleigene PV- Stromerzeugung „on site“ <u>über 30</u> <u>Jahre.</u>
Menge Eigenerzeugung	- / -	(18.713 + 18.528)/2 = 18.621 kWh/a (Endenergie) gem. EHplus-Messung 2016/2017 bzw. 2017/2018 (Abb. 71/72)	gem. Bilanz, djg, Ffm, 2014, (Abb. 71)
Wartung/Betrieb/ Instandhaltung im ersten Jahr	Prognose auf Basis von Erfahrungswerten/Angeboten Pelletkessel incl. Schornsteinfeger	Prognose auf Basis von Erfahrungswerten/Angeboten, Wärmepumpe/Filtertausch WRG incl. Reinigung PV-Anlage alle 3 Jahre	Prognose auf Basis von Erfahrungswerten/Angeboten, Wärmepumpe/Filtertausch WRG incl. Reinigung PV-Anlage alle 3 Jahre

Abb. 69 Quellen und Hintergrundinformationen zu Abbildung 48, „Eingabeblatt
Variantenvergleich“, Quelle: LBIH, NL West

Projekt-Daten			
Baumaßnahme:	ISH-W10; Fortschreib. VarV ES-Bau v. 09.08.11 auf Basis Ko.feststellung & EH-Plus-Monitoring		
Projekt-Nummer:	A.0428.104304	Hier: gemittelte Messwerte aus 1.+2. Monitoring-Jahr zur Darstellung im Endbericht!	
Nutzung	Neubau sonstiges Gebäude		
Aufsteller (Eingabedaten)			
Bearbeiter	Tobias Vogel (Basis: EnEV-Berechnung pki, Stuttgart / EH-Monitoring 2016-2017)	Firma	LBIH, Niederlassung West
Tel	0611 135 183	Straße	Abraham-Lincoln-Straße 16-18
Fax	0611 135 200	PLZ Ort	65189 Wiesbaden
e-mail	tobias.vogel@lbih.hessen.de		
Bearbeitungsstand (Datum)	15.11.2018		
Unterschrift			
Gemeinsame Randbedingungen			
Finanzmathematische Ansätze		Preissteigerungssätze	
Zinssatz	1,00% p.a.	Wärme	5,00% p.a.
Betrachtungszeit	30 Jahre	Strom	5,00% p.a.
		Wasser	5,00% p.a.
		Wartung/ Betrieb	2,00% p.a.
Flächendaten / Anforderungswert nach EnEV			
Nettogrundfläche nach EnEV	331 m²	PE-Bedarf Referenzgebäude zulässig	39,79 MWh / a
Variantenspezifische Randbedingungen Blatt 1 von 1			
Variante	1	2	3
Variantebezeichnung	Vergleichsvar.: EnEV09	EHplus IST (Messung)	EHplus SOLL (Bilanz)
Energetische Einordnung	EnEV09+Pellet! (Bilanz)	Effizienzhaus plus	Effizienzhaus plus
Qualität Gebäudehülle	0%	50%	50%
Primärenergiebedarf	25,313	30,492	22,707
Nutzenergiebed. Wärme	nur informativ	nur informativ	nur informativ
Herstellkosten			
KG 200	36.750	36.750	36.750
KG 300	795.397	812.913	812.913
KG 400	300.546	367.087	367.087
KG 500	30.226	30.226	30.226
KG 600	63.918	63.918	63.918
KG 700	273.926	288.926	288.926
End-Energie / Wasserbedarf im ersten Jahr			
Wärmequelle 1	Holzpellets	Wärmepumpe-Strom	Wärmepumpe-Strom
Emissionfaktor WQ1	0,0	563,0	563,0
Wärmepreis 1	55,00	168,00	168,00
Deckungsanteil Quelle 1	24,600	7,959	3,856
Wärmequelle 2			
Emissionfaktor WQ2			
Wärmepreis 2			
Deckungsanteil Quelle 2			
Emissionfaktor Strom	563,0	563,0	563,0
Strompreis	164,00	164,00	164,00
Strombedarf	19,208	8,213	8,759
Vergütung Eigenerzeugung		164	164
Laufzeit feste Vergütung		0	0
Menge Eigenerzeugung		18,621	17,431
Wasserpreis			
Wassermenge			
Abwasserpreis			
Abwassermenge			
Wartung / Betrieb / Instandhaltung im ersten Jahr			
Wartung / Betrieb	1.000	1.100	1.100
Sonstige Kosten im ersten Jahr			
Sonstige Kosten	0	0	0

Abb. 70 „Eingabeblatt Variantenvergleich“ - Investitionskosten und Betriebsenergie (Preisstand Investition 2013-2014) des Internatsgebäudes Schloss Hansenberg im Effizienzhaus Plus-Standard im Vergleich zum Referenzgebäude nach EnEV 09, Quelle: LBIH NL West

8. Bewertung

8.1 Energieeffizienz des Modellgebäudes

8.1.1 Betrachtung des ersten Monitoringjahres

Die Gegenüberstellung der gemessenen und witterungsbereinigten⁹ Verbrauchswerte (s. folgende Tabelle) mit den vorherberechneten Bedarfswerten (gem. Kap. 3.5) zeigt eine Überschreitung des vorherberechneten Bedarfs um ca. 40 %.

Technik/ Dienstleistung	Messung (kWh)	Messung (kWh) (witterungs- bereinigt)	Bilanz (kWh)	Abweichung zur Bilanz [%]
WP inkl Heizstab (H + TWW)	7.470	9.008	3856	133,60%
Hilfsenergie (H + TWW)	1.038	1.038	1551	*1
Hilfsenergie Lüftung	1.295	1.295	578	124,05%
Beleuchtung	879	879	994,5	-11,61%
Haushaltsstrom	3.872	3.872	5.636	*1
aufgrund von Messwertausfälle in den Monaten Apr, Nov und Dez nicht eindeutig zu Hilfsenergie der Heizzentrale oder HHS zuweisbar	1.733	1.733		*1
Gesamtverbrauch	16.287	17.825	12.615	41,30%
Stromerzeugung	18.713	18.713	17.431	7,35%
Plus-Energie-Bilanz	-2.426	-888	-4.816	

Abb. 71 Vergleich der hausbezogenen Verbrauchs- und Ertragsmessungen des ersten Monitoringjahres (April 2016 bis März 2017) ohne und mit Witterungsbereinigung in Bezug auf das deutsche Standardklima (Würzburg, Witterungsfaktor 1,34) gegenüber den vorherberechneten Bedarfswerten (Endenergie),
Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

*1 Aufgrund von Messwertausfällen ist der Messwert nicht auf die Bilanz zu beziehen

Dies ist vor allem mit dem deutlich höheren Verbrauch für Trinkwarmwasser und Heizwärme zu begründen. So wurde für Heizwärme 9.008 kWh/a anstelle der vorherberechneten 3.856 kWh/a verbraucht. In Bezug auf die Energiebezugsfläche (331 m²) sind dies ~27 kWh/m²a. Davon sind ca. 18 kWh/m²a für Heizwärme und ~9 kWh/m²a für die Trinkwarmwasserbereitung aufgewandt worden. Im Vergleich dazu sollte ein Passivhaus nicht mehr als 15 kWh/m²a für Heizwärme (Nutzwärmebedarf) verbrauchen. Für die Trinkwarmwasserbereitung wurden ~7,4 MWh (Endenergiebedarf) bilanziert. Der erhöhte Verbrauch an Energie für die Trinkwarmwasserbereitung ist u.a. mit den hohen Zirkulationsverlusten, aber auch dem vermehrten Betrieb des Heizstabs zu begründen.

⁹ Witterungsbereinigt in Bezug auf das dt. Standardklima nach EnEV 2009 (Faktor 1,34)

Der höhere Heizwärmebedarf kann ebenfalls ggf. auf einen höheren Betrieb des Heizstabs zurückgeführt werden. Zudem wurde in den Schülerwohnungen z.T. deutlich über 20°C Raumtemperatur über die Heizkörper geheizt. Auf den Einfluss des Hybridkollektors an der Wärmebereitstellung lässt sich aufgrund der fehlenden Einzelmessung der direkten Wärmemengenlieferung des Kollektors an den Speicher nicht schließen.

Auch der Hilfsenergieverbrauch für die Lüftung liegt mit 1.295 kWh/a deutlich höher als der mit 578 kWh/a prognostizierte Bedarf (+127 %). Der Strombedarf für die Beleuchtung ist hingegen im Vergleich um 11,6 % geringer.

Über den Verbrauch des Pumpenstrombedarfs für Heizwärme und dem Haushaltsstromverbrauch kann im Vergleich zu den Bedarfsprognosen keine Aussage getroffen werden, da die Monate April, November und Dezember in der Verbrauchserfassung fehlen.

Die Erzeugung des PV-Stroms weist mit 18.713 kWh/a einen Mehrertrag von 7,4 % auf. Damit konnte trotz des hohen Verbrauchs immer noch ein Plus von ~1.005 kWh/a erzielt werden.

8.1.2 Betrachtung des zweiten Monitoringjahres

Die Gegenüberstellung der gemessenen Verbrauchswerte (s. folgende Tabelle) mit den vorherberechneten Bedarfswerten zeigt eine Überschreitung des vorherberechneten Bedarfs um ca. 17%, aufgrund von Messwertausfällen ist der Messwert jedoch nicht auf die Bilanz zu beziehen. Der Hilfsenergiebedarf für Heizung und Trinkwarmwasser wurde nur für die Monate Juni, Juli und August 2017 erfasst.

Eine Witterungsbereinigung war aufgrund fehlender Messwerte nicht möglich.

Technik/ Dienstleistung	Messung (kWh)	Messung (kWh) (witterungs- bereinigt)	Bilanz (kWh)	Abweichung zur Bilanz [%]
WP inkl Heizstab (H + TWW)	6.910		3856	79,20%
Hilfsenergie (H + TWW)	259		1551	*1
Hilfsenergie Lüftung	1.390		578	140,48%
Beleuchtung	674		994,5	-32,23%
Haushaltsstrom	5.453		5.636	-3,24%
Gesamtverbrauch *2	14.677		12.615	*1
Stromerzeugung	18.528		17.431	6,29%
Plus-Energie-Bilanz	-3.851		-4.816	

Abb. 72 Vergleich der hausbezogenen Verbrauchs- und Ertragsmessungen des ersten Monitoringjahres (April 2017 bis März 2018) gegenüber den vorherberechneten Bedarfswerten (Endenergie),
Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

*1 Aufgrund von Messwertausfällen ist der Messwert nicht auf die Bilanz zu beziehen

*2 Die Diskrepanz zwischen der Summe der Einzelwerte und dem Gesamtverbrauch (9 kWh; ca. 0,05%) kommt durch die Summierung manuell erfasster Monatswerte und automatisch erfasster Stundenwerte mit unterschiedlichen Erfassungszeitpunkten zustande.

8.2 Verbesserungspotenziale

In der Auswertung der Messwerte konnten für den Gebäudebetrieb folgende Verbesserungspotenziale identifiziert werden, wobei jegliche Beauftragung dem LBIH-Gebäudemanagement obliegt:

- § Reduktion bzw. Unterbindung des Betriebs des Heizstabs in den Sommermonaten
- § Reduktion der Verteilverluste der TWW-Zirkulationsleitung
- § Erstellung Betriebsanweisung für die Hausmeister bzgl. des An-/Abschaltens von Sommer/Winterbetrieb, d.h. Redundanzfunktion des Heizstabes im Pufferspeicher
- § WW-Modus und Heizungsbetrieb wurden für den Parallelbetrieb gleichgeschaltet. Systembedingt funktioniert die VL-Temperatur so nicht mehr witterungsgeführt und schwankt nun sehr stark je nach Außentemperatur und nach Zuständen im Pufferspeicher. Der Einbau einer Festtemperatursteuerung wird empfohlen
- § Abschluss eines Wartungsvertrages für die Wärmepumpe
- § Abschluss eines Wartungs- und Reinigungsvertrag für die PV-Dachanlage

In Bezug auf weitere Monitoringvorhaben kann folgende Verbesserung genannt werden:

- § Eine gemeinsame Konzeptentwicklung des Monitorings mit Fachplanern, ausführenden Gewerken und Auswertungsstelle (dies war aufgrund der wechselnden Firmen und dem Projektverlauf nicht möglich und führte im Auswertungszeitraum einige Probleme mit sich)
- § Wahl einer Monitoring-Konzeption mit so wenig IT-/Technik-Schnittstellen wie möglich sowie robusten (!) Datenübertragungswegen.
- § Eine „systematische Inbetriebnahme“ aller technischen Gewerke und Anlagenteile als Grundlage über mindestens 14 Monate für einen möglichst reibungsfreien Betrieb, d.h. Symbiose aus VOB-Gewährleistungsmangelverfolgung und Wartungsvertrags-Anwendung

Im ersten und zweiten Monitoringjahr wurden folgende Fehlfunktionen bzw. Mängel im Gebäudebetrieb identifiziert und behoben:

- § Identifizierung eines hohen Heizstabbetriebs während der Sommermonate
- § Identifizierung hoher Zirkulationsverluste der Trinkwarmwasser-Ringleitung von Speicher zu Frischwasserstationen
- § Optimierung der Heizkurve der Wärmepumpe sowie das Durchführen eines hydraulischen Abgleichs
- § Behebung eines Ausfalls der Heizung sowie der Wärmerückgewinnung des Lüftungsgeräts einer Schülerwohnung

8.3 Wirtschaftlichkeit

Muster 6 C

Variantenvergleich Hessisches Modell Ergebnisblatt

Version 2c vom 19.01.2015

Blatt 1 von 1

Projekt:	ISH-W10; Fortschreib. VarV ES-Bau v. 09.08.11 auf Basis Ko.feststellung & EH-Plus-Monitoring
Projekt-Nr:	A.0428.104304
Nutzung:	Neubau sonstiges Gebäude
Bearbeitungsstand:	15.11.2018
Aufgestellt von:	Tobias Vogel (Basis: EnEV-Berechnung pki, Stuttgart / EH-Monitoring 2016-2017)

Variante	1 Vergleichsvar.: EnEV09 EnEV09+Pellet! (Bilanz)		2 EHplus IST (Messung) Effizienzhaus plus		3 EHplus SOLL (Bilanz) Effizienzhaus plus	
	Investition €	Annuität €/a	Investition €	Annuität €/a	Investition €	Annuität €/a
0.1 Qualität Gebäudehülle	EnEV 2009 - 0 %		EnEV 2009 - 50 %		EnEV 2009 - 50 %	
0.2 Primärenergiebedarf	25,313 MWh/a		29,252 MWh/a		22,707 MWh/a	
0.3 Unterschreitung PE	36,384%		26,484%		42,933%	
1 Ausgewählte Herstellkosten						
1.a KG 200	36.750	1.424	36.750	1.424	36.750	1.424
1.b KG 300	795.397	30.820	812.913	31.499	812.913	31.499
1.c KG 400	300.546	11.646	367.087	14.224	367.087	14.224
1.d KG 500	30.226	1.171	30.226	1.171	30.226	1.171
1.e KG 600	63.918	2.477	63.918	2.477	63.918	2.477
1.f KG 700	273.926	10.614	288.926	11.195	288.926	11.195
Summen	1.500.763	58.152	1.599.820	61.990	1.599.820	61.990
Abweichung Kosten gegenüber Variante 1	0%		7%		7%	
Summen Barwert	1.500.763		1.599.820		1.599.820	
Summen Annuität		58.152		61.990		61.990
2 Ausgewählte Nutzungskosten	Barwerte für 30 Jahre	Nutzungskosten €/a	Barwerte für 30 Jahre	Nutzungskosten €/a	Barwerte für 30 Jahre	Nutzungskosten €/a
2.a 1 Wärme	75.382	2.996	74.498	2.961	36.093	1.435
2.a 2 Strom	175.510	6.976	74.807	2.974	80.034	3.181
2.a 3 Strom Einspeisung			-170.146	-6.763	-159.273	-6.331
2.a 4 Wasser + Abwasser						
2.a 5 Wartung / Instandhaltung /Betrieb	34.733	1.352	38.206	1.488	38.206	1.488
Summen	285.625	11.324	17.365	660	-4.940	-227
3 Sonstige Kosten						
4 Summen						
4.1 Herstellkosten	1.500.763	58.152	1.599.820	61.990	1.599.820	61.990
4.2 Nutzungskosten	285.625	11.324	17.365	660	-4.940	-227
4.3 Sonstige Kosten						
5 Wirtschaftlichkeits - Kenndaten						
5.1 Barwert gesamt	1.786.388		1.617.185		1.594.880	
5.2 Annuität gesamt		69.476		62.650		61.763
5.3 Rang (Barwert)	3		2		1	
6 CO ₂ Emissionen						
6.1 CO ₂ Emissionen [t/a]	10,814		-1,393		-2,711	
6.2 Emissionen [t/30a]	324,420		-41,790		-81,330	
6.3 Minderung 30 Jahre	0,000		366,210		405,750	
7 CO ₂ Vermeidungskosten						
7.1 Bezug Barwert	keine CO ₂ -Vermeidung		462,04 € / t Gutschrift		471,99 € / t Gutschrift	
7.2 Bezug Investition	keine CO ₂ -Vermeidung		270,49 € / t Kosten		244,13 € / t Kosten	

Abb. 73 „Ergebnisblatt Variantenvergleich“ – Darstellung der Wirtschaftlichkeit des Internatsgebäudes Schloss Hansenberg im Effizienzhaus Plus-Standard im Vergleich zum Referenzgebäude nach EnEV 09, Quelle: LBIH NL West

9. Quellenverzeichnis

Normen und Gesetze:

- [1] DIN V 18599:2007-02, „Energetische Bewertung von Gebäuden –Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung“
- [2] Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009

10. Abbildungsnachweis

- Abb. 1 Wohn- und Funktionsgebäude der Internatsschule Schloss Hansenberg, Süd-West-Ansicht, Quelle: DGJ Architektur GmbH..... 1
- Abb. 2 Nord-West-Ansicht Effizienzhaus Plus Geisenheim, Quelle: DGJ Architektur GmbH ... 8
- Abb. 3 Grundriss Erdgeschoss, o.M. (von links nach rechts: Gästewohnung, blau; Technikraum, weiß; Schülerwohnung, orange; Raum der Stille, weiß), Quelle: DGJ Architektur GmbH..... 9
- Abb. 5 Aufbau der Bauteile der Gebäudehülle und ihre U-Werte, Quelle: DGJ Architektur GmbH..... 10
- Abb. 6 Schema der Gebäudetechnik, Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik..... 13
- Abb. 7 Endenergiebedarf der einzelnen Dienstleistungen, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH auf Basis der DIN V 18599-Bilanz von DGJ Architektur GmbH..... 16
- Abb. 8 Jahresbilanz (oben) und Monatsbilanz Plus-Energie (Endenergie) des Effizienzhaus Plus in Geisenheim, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH, auf Basis der DIN V 18599-Bilanz von DGJ Architektur GmbH..... 17
- Abb. 9 Endenergiebedarf und Deckung des Effizienzhaus Plus nach Vorlage des Fraunhofer IBP, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH..... 18
- Abb. 10 Primärenergiebedarf der erforderlichen Energieträger und Primärenergiegutschrift nach Vorlage des Fraunhofer IBP, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH..... 18
- Abb. 11 Übersicht der Konzeption der Strom und Wärmemengenerfassung des Monitoringprojekts des „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH..... 21
- Abb. 12 Schema zu den verbauten Zählern im „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim, Quelle: Pfeil und Koch Ingenieurgesellschaft mbH, Fortschreibung: LBIH..... 213
- Abb. 13 Kombi-Sensor TEFE 1MV, Kombinationssensor zum Messen von Temperatur und relativer Feuchte (links), Pyranometer, Quelle: S3P-Engineering GmbH & Co. KG .. 24

Abb. 14 Messschema der WP-Einheit, Quelle: CONSOLAR, bearbeitet durch ina Planungsgesellschaft mbH.....	26
Abb. 15 exemplarische Darstellung des Heizkostenverteilers an einem Heizkörper einer Wohneinheit; Quelle: LBIH.....	27
Abb. 16 Frischwasserstation im Bad einer Wohneinheit mit Durchflussmengenzähler, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	28
Abb. 17 Datenlogger zur Messung der Temperatur und Raumlufffeuchte im Gemeinschaftswohnraum der Schülerwohnung im EG auf Höhe von 160 cm, Quelle: LBIH.....	29
Abb. 18 Datenlogger zur Messung der Temperatur und Raumlufffeuchte in Zimmer Süd (links) und Zimmer Nord (rechts) der Schülerwohnung im EG auf Höhe von 210 cm, Quelle: LBIH	29
Abb. 19 Datenübertragung im Monitoring des „Effizienzhaus Plus“ in Geisenheim, Internatsschule Schloss Hansenberg, Quelle: S3P-Engineering GmbH & Co. KG.....	31
Abb. 20 Life-Monitoring des CONSOLAR-Portals der Heizzentrale im “Effizienzhaus Plus” in Geisenheim, Quelle: consolar.remoteportal.de.....	31
Abb. 21 Grafikausgabe des Softwaretools für die Messwerverfassung des Monitorings des „Plus-Energiegebäudes“ in Geisenheim als stündlich gemessene Energiemengen, exemplarisch für Netzstrombezug und PV-Erzeugung im Monat Januar 2017, Quelle: Fa. Beibob Medienfreunde, http://ish-monitoring.beibob.de/reports/	32
Abb. 22 Grafikausgabe des Softwaretools für die Messwerverfassung des Monitorings des „Plus-Energiegebäudes“ in Geisenheim als kumulierte Energiemengen, exemplarisch für Netzstrombezug und PV-Erzeugung im Monat Januar 2017, Quelle: Fa. Beibob Medienfreunde, http://ish-monitoring.beibob.de/reports/	32
Abb. 23 Gegenüberstellung der mittleren Solarstrahlungsintensität nach DIN 4108-6 für die Referenzregion 8 (Geisenheim) und der Globalstrahlung nach Messung über die Wetterstation am Gebäude, April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	36
Abb. 24 Abgleich des gemessenen und prognostizierten PV-Ertrags (2016 -2017) mit den Messungen und dem historischen Mittel der Globalstrahlung am Gebäudestandort, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	37
Abb. 25 Gegenüberstellung der mittleren Solarstrahlungsintensität nach DIN 4108-6 für die Referenzregion 8 (Geisenheim) und der Globalstrahlung nach Messung über die	

Wetterstation am Gebäude, April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	38
Abb. 26 Abgleich des gemessenen und prognostizierten PV-Ertrags (2016 -2017) mit den Messungen und dem historischen Mittel der Globalstrahlung am Gebäudestandort, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	38
Abb. 27 Vergleich der 2016-2017 gemessenen Temperatur mit der Bilanz zugrunde liegenden Temperatur (Referenzklima nach EnEV 2009 (Standort Würzburg)), gem. DIN 18599- 1:2007, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	39
Abb. 28 Vergleich der 2017-2018 gemessenen Temperatur mit der Bilanz zugrunde liegenden Temperatur (Referenzklima nach EnEV 2009 (Standort Würzburg)), gem. DIN 18599- 1:2007, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	40
Abb. 29 Abgleich des gemessenen und prognostizierten PV-Ertrags (2016 -2017) mit der gemessenen und dem historischen Mittel der Globalstrahlung am Gebäudestandort, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	42
Abb. 30 Abgleich des gemessenen und prognostizierten PV-Ertrags (2016 -2017) mit der gemessenen und dem historischen Mittel der Globalstrahlung am Gebäudestandort, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	43
Abb. 31 prozentuale Anteile einzelner Dienstleistungen am Stromverbrauch (April 2016 - März 2017), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	45
Abb. 32 Messung des Stromverbrauchs im Hausbetrieb von April 2016 – März 2017 (Aufgrund von Messwertausfällen enthalten die Monate Apr, Nov und Dez keinen Hilfsenergiebedarf der Heizzentrale sowie keinen HHS-Verbrauch), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	46
Abb. 33 Angabe der Verteilverluste der TWW-Zirkulationsleitung im Verhältnis zur Nutzenergie TWW und der Gesamtwärmeerzeugung (exkl. Speicher- und Erzeugerverluste), April 2016 – März 2017 (Nicht dargestellte Monate besaßen über den ganzen Monat hinweg Messwertausfälle einzelner Dienstleistungen, so dass ein Monatsvergleich nicht möglich ist), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	47
Abb. 34 Heizstab Laufzeit (04.09. - 07.09.2016), Quelle: CONSOLAR.....	48
Abb. 35 prozentuale Anteile einzelner Dienstleistungen am Stromverbrauch (April 2017 - März 2018), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	49
Abb. 36 Messung des Stromverbrauchs im Hausbetrieb von April 2017 – März 2018 (Aufgrund von Messwertausfällen enthalten die Monate Apr, Nov und Dez keinen	

Hilfsenergiebedarf der Heizzentrale sowie keinen HHS-Verbrauch), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	50
Abb. 37 Angabe der Verteilverluste der TWW-Zirkulationsleitung im Verhältnis zur Nutzenergie TWW und der Gesamtwärmeerzeugung (exkl. Speicher- und Erzeugerverluste), April 2017 – März 2018 (Nicht dargestellte Monate besaßen über den ganzen Monat hinweg Messwertausfälle einzelner Dienstleistungen, so dass ein Monatsvergleich nicht möglich ist), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	51
Abb. 38 Einzelerfassung Stromverbrauch Schülerwohnung EG und OG April 2016 bis März 2017, April 2016 – März 2017 (Aufgrund von Zählerausfällen ist die Darstellung auf den Stromverbrauch für Beleuchtung und Kochen (E-Herd + Backofen) beschränkt), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	52
Abb. 39 Einzelerfassung Stromverbrauch Schülerwohnung EG und OG April 2017 bis März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	523
Abb. 40 Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung (Kumulierte Endenergie) von April 2016 bis März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	54
Abb. 41 Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung (Kumulierte Primärenergie) von April 2016 bis März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	55
Abb. 42 Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung (Kumulierte Endenergie) von April 2017 bis März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	55
Abb. 43 Entwicklung von Verbrauch und Erzeugung (Kumulierte Primärenergie) von April 2017 bis März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	56
Abb. 44 Anteil des Eigengebrauchs am PV-Ertrag, absolut (oben) und prozentual (unten), von April 2016 bis März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	58
Abb. 45 Anteil des Eigengebrauchs am PV-Ertrag, absolut (oben) und prozentual (unten), von April 2017 bis März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	59
Abb. 46 Anteil der Wärmepumpe und des Heizstabs an der Wärmebereitung in Abgleich mit dem Stromverbrauch, von April 2016 bis März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	60
Abb. 47 Anteil der Wärmepumpe und des Heizstabs an der Wärmebereitung in Abgleich mit dem Stromverbrauch, von April 2017 bis März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	61
Abb. 48 Bilanzgrenzen der Berechnung der JAZ, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH, basierend auf www.jahresarbeitszahlen.info	63

Abb. 49 Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Gästewohnungen (EG/OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	67
Abb. 50 Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Gästewohnungen (EG/OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	67
Abb. 51 Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (EG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft	68
Abb. 52 Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (EG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft	68
Abb. 53 Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft	69
Abb. 54 Monatsmitteltemperatur der Zimmer der Schülerwohnung (OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft	69
Abb. 55 Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Lehrerzimmers (OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft	70
Abb. 56 Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Lehrerzimmers (OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft	70
Abb. 57 Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Raum der Stille (EG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft	71
Abb. 58 Monatsmitteltemperatur der Zimmer des Raum der Stille (EG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft	71
Abb. 59 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Gästewohnungen (EG/OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft	72
Abb. 60 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Gästewohnungen (EG/OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft	72
Abb. 61 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Schülerwohnung (EG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft	73
Abb. 62 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Schülerwohnung (EG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft	73
Abb. 63 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Schülerwohnung (OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft	74

Abb. 64 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer der Schülerwohnung (OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft	74
Abb. 65 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Lehrerzimmers (OG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft	75
Abb. 66 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Lehrerzimmers (OG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft	75
Abb. 67 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Raum der Stille (EG), April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft	76
Abb. 68 rel. Feuchte im Monatsmittel der Zimmer des Raum der Stille (EG), April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft	76
Abb. 69 Quellen und Hintergrundinformationen zu Abbildung 48, „Eingabeblatt Variantenvergleich“, Quelle: LBIH NL West.....	79
Abb. 70 „Eingabeblatt Variantenvergleich“ - Investitionskosten und Betriebsenergie (Preisstand Investition 2013-2014) des Internatsgebäudes Schloss Hansenberg im Effizienzhaus Plus-Standard im Vergleich zum Referenzgebäude nach EnEV 09, Quelle: LBIH NL West	80
Abb. 71 Vergleich der hausbezogenen Verbrauchs- und Ertragsmessungen des ersten Monitoringjahres (April 2016 bis März 2017) ohne und mit Witterungsbereinigung in Bezug auf das deutsche Standardklima (Würzburg, Witterungsfaktor 1,34) gegenüber den vorherberechneten Bedarfswerten(Endenergie), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	81
Abb. 72 Vergleich der hausbezogenen Verbrauchs- und Ertragsmessungen des zweiten Monitoringjahres (April 2017 bis März 2018) ohne Witterungsbereinigung gegenüber den vorherberechneten Bedarfswerten (Endenergie), Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	82
Abb. 73 „Ergebnisblatt Variantenvergleich“ – Darstellung der Wirtschaftlichkeit des Internatsgebäudes Schloss Hansenberg im Effizienzhaus Plus-Standard im Vergleich zum Referenzgebäude nach EnEV 09, Quelle: LBIH NL West	84
Abb. 74 Stromverbrauch für Heizung und Trinkwarmwasser, Lüftung und Projektspezifisch (Trockengerät), gem. Messwerterfassung von April 2016 – März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	93
Abb. 75 Stromverbrauch für Bezug und Hausverbrauch, gem. Messwerterfassung von April 2016 -März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	94

Abb. 76 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den Gästewohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	95
Abb. 77 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den Schülerwohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	96
Abb. 78 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen des Raums der Stille (EG) und des Lehrerzimmers (OG), gem. Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	97
Abb. 79 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte in den Gästewohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	98
Abb. 80 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte in den Schülerwohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	99
Abb. 81 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte des Raums der Stille (EG) und des Lehrerzimmers (OG), gem. Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	100
Abb. 82 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Seite 1, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	101
Abb. 83 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Seite 2, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	102
Abb. 84 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Seite 3, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	103
Abb. 85 Stromverbrauch für Bezug und Hausverbrauch, gem. Messwerterfassung von April 2017 -März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	104
Abb. 86 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den Gästewohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2017-März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	105
Abb. 87 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den Schülerwohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2017-März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH	106

Abb. 88 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen des Raums der Stille (EG) und des Lehrerzimmers (OG), gem. Messwerterfassung von April 2017-März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	107
Abb. 89 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte in den Gästewohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	108
Abb. 90 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte in den Schülerwohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	109
Abb. 91 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte des Raums der Stille (EG) und des Lehrerzimmers (OG), gem. Messwerterfassung von April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	110
Abb. 92 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwerterfassung von April 2017 - März 2018, Seite 1, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	111
Abb. 93 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwerterfassung von April 2017 - März 2018, Seite 2, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	112
Abb. 94 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwerterfassung von April 2017 - März 2018, Seite 3, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH.....	113

11. ANLAGE 1: 1. Monitoringjahr

In der folgenden Anlage sind Tabellen mit den monatlichen Messwerten gemäß der Berichtsvorlage des Fraunhofer IBP aufgeführt. Darin enthalten sind die Messungen der monatlichen Stromverbräuche, der Strombezug, die Erzeugung, der Holz- und Gasverbrauch sowie die gemessenen Temperaturen und rel. Feuchte des Jahres April 2016 – März 2017.

Ferner ist die monatliche Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP enthalten.

11.1.1 Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Heizung, Trinkwarmwasser, Lüftung und Projektspezifisch

(April 2016 - März 2017)

Monat	Heizung + TWW (inkl. Hilfsenergie) + Lüftung		Projektspezifisch
	Heizung + TWW	Lüftung	Trockengerät
	[kwh]	[kwh]	[kwh]
Apr 16	-	110,00	0,00
Mai 16	306,98	99,00	27,30
Jun 16	326,06	207,00	48,90
Jul 16	226,31	65,00	21,80
Aug 16	130,07	22,00	0,00
Sep 16	194,30	150,00	0,00
Okt 16	-	123,00	0,00
Nov 16	-	95,00	0,00
Dez 16	-	102,00	0,00
Jan 17	229,95	87,00	0,00
Feb 17	1247,30	105,00	0,00
Mrz 17	503,37	130,00	0,00
Summe	3164,34	1295,00	98,00

Abb. 74 Stromverbrauch für Heizung und Trinkwarmwasser, Lüftung und Projektspezifisch (Trockengerät), gem. Messwerterfassung von April 2016 – März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Bezug und Hausverbrauch (April 2016 - März 2017)

Monat	Bezug		Photovoltaik				Hausverbrauch						Sonstiges projektspezifisch (Trockengeräte)	Summe Hausverbrauch
	Netzbezug [kWh]	PV-Ertrag [kWh]	PV-Einspeisung (real) [kWh]	PV-Einspeisung (fiktiv/berechnet) [kWh]	PV-Eigenverbrauch (fiktiv/berechnet)* [kWh]	Heizung + TWW [kWh]	Hilfsenergie Lüftung [kWh]	Hilfsenergie (Regelung, Pumpen für TWW + H-Verteilung) [kWh]	Hilfsenergie Beleuchtung [kWh]	Kochen** [kWh]	sonstige Haushalts- und Elektrogeräte [kWh]	[kWh]		
Apr 16	1.131,00	2.314,00	2.314,00	-	-	-	110,00	-	45,00	13,00	-	0,00	168,00	
Mai 16	868,00	2.607,00	2.607,00	2.187,65	419,35	209,98	99,00	97,00	43,00	8,00	383,72	27,30	868,00	
Jun 16	1.061,00	2.387,00	2.387,00	1.879,45	507,55	235,61	207,00	90,45	55,00	18,00	406,04	48,90	1.061,00	
Juli 16	661,00	2.608,00	2.608,00	2.238,90	369,10	145,99	65,00	80,32	27,00	8,00	312,89	21,80	661,00	
Aug 16	452,00	2.484,00	2.484,00	2.303,00	181,00	55,38	22,00	74,69	23,00	3,00	273,93	0,00	452,00	
Sep 16	915,00	1.898,00	1.898,00	1.717,00	181,00	121,50	150,00	72,80	91,00	19,00	393,20	0,00	847,50	
Okt 16	1.253,00	831,00	831,00				123,00	136,20	54,00	5,00	362,80	0,00	681,00	
Nov 16	1.806,00	404,00	404,00				95,00		125,00	8,00		0,00	228,00	
Dez 16	2.392,00	230,00	230,00				102,00		93,00	7,00		0,00	202,00	
Jan 17	2.782,00	389,00	389,00	93,00	296,00		87,00	229,95	136,00	10,00	749,05	0,00	1.212,00	
Feb 17	1.919,00	704,00	704,00			1087,81	105,00	159,49	105,00	7,00	454,70	0,00	1.919,00	
Mrz 17	1.145,00	1.857,00	1.857,00			406,01	130,00	97,36	82,00	11,00	418,63	0,00	1.145,00	
Summe	16.385,00	18.713,00	18.713,00	10.419,00	1.954,00	2.262,28	1.295,00	1.038,26	879,00	117,00	3.754,96	98,00	9.444,50	

* ohne sonstigen Stromverbrauch

**E-Herd + Backofen

(rot) Unvollständig aufgrund von Messwertausfällen!

Abb. 75 Stromverbrauch für Bezug und Hausverbrauch, gem. Messwerterfassung von April 2016 -März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Zusammenstellung der Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den verschiedenen Räumen der einzelnen Wohn- und Nichtwohneinheiten (April 2016 - März 2017)

Gästewohnungen

Monat	Gästewohnung EG		Gästewohnung OG	
	Zimmer/ Küche	Bad	Zimmer/ Küche	Bad
	°C	°C	°C	°C
Apr 16	20,1	20,8	23,2	23,6
Mai 16	23,4	24,1	24,9	25,4
Jun 16	24,5	25,3	24,0	24,6
Jul 16	26,9	27,6	26,8	27,3
Aug 16	26,9	27,5	26,1	27,6
Sep 16	27,3	27,9	25,3	25,6
Okt 16	18,6	19,5	19,9	21,3
Nov 16	17,9	18,6	20,3	21,4
Dez 16	20,8	22,4	20,0	20,9
Jan 17	21,0	21,3	20,4	21,5
Feb 17	22,9	24,9	19,5	20,4
Mrz 17	20,9	21,4	21,0	21,3
Mittelwert Heizperiode*	20,4	21,4	20,2	21,1

*Heizperiode Oktober 2016 bis März 2017

pauschale Bewertung: > 24°C zu hohe Temp. ; < 19°C zu niedrige Temp.

Abb. 76 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den Gästewohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Schülerwohnungen

Monat	Schülerwohnung EG					Schülerwohnung OG				
	Zimmer Nord °C	Wohnbereich °C	Zimmer Süd °C	Bad °C	WC °C	Zimmer Nord °C	Wohnbereich °C	Zimmer Süd °C	Bad °C	WC °C
Apr 16	20,8	21,4	21,4	21,9	20,2	21,2	21,9	22,8	21,3	21,5
Mai 16	21,5	21,7	22,2	22,9	21,4	23,4	23,5	24,0	23,4	22,8
Jun 16	22,1	22,9	23,4	24,1	22,4	24,3	24,4	23,9	24,3	23,5
Jul 16	24,9	25,0	25,2	26,5	25,1	26,5	26,6	26,1	27,1	26,2
Aug 16	27,2	25,0	25,2	26,9	25,1	27,0	26,8	26,4	27,5	27,4
Sep 16	24,1	24,5	25,1	24,8	24,2	25,0	25,7	26,0	25,5	24,8
Okt 16	20,1	21,3	19,9	21,3	20,5	19,5	20,0	19,1	21,8	19,1
Nov 16	20,0	20,0	19,3	20,9	19,1	20,0	20,3	19,2	23,0	18,9
Dez 16	19,3	20,2	18,5	23,8	19,1	21,5	21,3	19,4	24,2	19,0
Jan 17	20,1	21,8	19,6	25,4	20,6	23,3	24,2	22,1	23,2	21,7
Feb 17	21,1	21,0	20,4	24,7	20,0	22,5	22,9	21,4	21,5	20,8
März 17	21,2	20,8	21,0	21,9	20,2	21,8	21,9	21,4	21,2	20,4
Mittelwert Heizperiode*	20,3	20,8	19,8	23,0	19,9	21,5	21,7	20,4	22,5	20,0

*Heizperiode Oktober 2016 bis März 2017

pauschale Bewertung: > 24°C zu hohe Temp. ; < 19°C zu niedrige Temp.

Abb. 77 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den Schülerwohnungen (EG und OG), gem. Messwertfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Raum der Stille (EG) und Lehrerzimmer (OG)

Monat	Raum der Stille EG			Lehrerzimmer OG	
	Vorraum	Hauptraum	WC	Besprechungsraum	WC
	°C	°C	°C	°C	°C
Apr 16	21,9	20,7	22,8	22,8	21,3
Mai 16	22,4	21,6	23,6	24,4	23,5
Jun 16	23,5	23,3	25,2	24,4	23,0
Jul 16	25,5	25,4	26,9	26,2	25,5
Aug 16	25,6	25,4	26,5	25,8	25,6
Sep 16	24,7	24,7	26,4	24,3	23,1
Okt 16	19,3	18,4	21,9	18,5	18,0
Nov 16	19,0	18,1	20,7	19,5	16,5
Dez 16	19,2	17,8	20,2	19,8	17,6
Jan 17	19,9	18,9	20,1	21,7	18,5
Feb 17	20,4	19,4	21,0	21,7	18,8
Mrz 17	20,2	19,4	21,7	20,6	19,0
Mittelwert Heizperiode*	19,7	18,7	20,9	20,3	18,1

* Heizperiode Oktober 2016 bis März 2017

pauschale Bewertung: > 24°C zu hohe Temp. ; < 19°C zu niedrige Temp.

Abb. 78 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen des Raums der Stille (EG) und des Lehrerzimmers (OG), gem. Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

11.1.2 Zusammenstellung der gemessenen mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten in den verschiedenen Räumen der einzelnen Wohn- und Nichtwohneinheiten

(April 2016 - März 2017)

Gästewohnungen

Monat	Gästewohnung EG		Gästewohnung OG	
	Zimmer/ Küche	Bad	Zimmer/ Küche	Bad
	%	%	%	%
Apr 16	-	38,2	32,8	33,8
Mai 16	40,3	39,2	36,4	37,2
Jun 16	51,8	50,5	54,3	54,3
Jul 16	49,6	48,6	49,2	49,8
Aug 16	48,2	47,5	50,6	47,9
Sep 16	44,1	43,3	49,2	51,1
Okt 16	50,2	48,4	51,3	50,9
Nov 16	43,5	42,7	44,5	45,7
Dez 16	33,5	31,3	38,9	40,6
Jan 17	28,2	29,3	43,1	44,3
Feb 17	30,3	28,0	50,5	51,3
Mrz 17	34,8	34,3	43,1	45,8
Mittelwert der Heizperiode*	36,7	35,7	45,2	46,4
Mittelwert Sommer + Übergangszeit**	46,8	44,5	45,4	45,7

* Heizperiode Oktober 2016 bis März 2017

** Sommer- und Übergangszeit April 2016 bis September 2016

Abb. 79 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte in den Gästewohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2016 - März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Schülerwohnungen

Monat	Schülerwohnung EG					Schülerwohnung OG				
	Zimmer Nord	Wohnbereich	Zimmer Süd	Bad	WC	Zimmer Nord	Wohnbereich	Zimmer Süd	Bad	WC
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Apr 16	39,3	39,0	40,5	41,4	40,5	39,0	38,9	35,4	45,7	39,0
Mai 16	48,5	48,0	47,8	48,6	47,6	45,3	45,0	42,1	51,4	46,1
Jun 16	63,8	62,0	60,9	62,6	62,1	56,1	57,0	56,8	61,3	58,4
Juli 16	56,7	56,7	55,8	56,0	55,9	53,0	53,5	53,6	57,2	54,5
Aug 16	47,5	54,2	52,7	52,4	52,8	49,6	50,7	50,5	49,4	47,9
Sep 16	53,8	54,0	52,8	60,2	53,6	52,9	51,6	49,9	57,6	53,0
Okt 16	49,2	47,1	49,8	50,4	47,8	51,6	52,1	51,9	53,8	54,8
Nov 16	43,7	43,8	46,0	47,3	44,9	45,4	47,1	49,4	52,9	52,6
Dez 16	41,0	39,7	43,0	36,8	41,9	44,5	46,4	51,2	52,5	53,5
Jan 17	30,1	29,1	32,7	26,5	30,1	35,4	35,7	41,8	48,6	41,5
Feb 17	35,4	36,7	38,6	32,4	38,0	39,2	38,4	43,4	55,4	43,9
März 17	38,2	40,1	40,6	42,3	40,8	40,7	41,2	42,4	54,3	45,4
Mittelwert der Heizperiode*	39,6	39,4	41,8	39,3	40,6	42,8	43,5	46,7	52,9	48,6
Mittelwert Sommer + Übergangszeit**	51,6	52,3	51,8	53,5	52,1	49,3	49,4	48,0	53,8	49,8

* Heizperiode Oktober 2016 bis März 2017

** Sommer- und Übergangszeit April 2016 bis September 2016

Abb. 80 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte in den Schülerwohnungen (EG und OG), gem. Messwertfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Raum der Stille (EG) und Lehrerzimmer (OG)

Monat	Raum der Stille EG			Lehrerzimmer OG	
	Vorraum	Hauptraum	WC	Besprechungsraum	WC
	%	%	%	%	%
Apr 16	34,5	37,9	33,3	33,6	36,1
Mai 16	41,7	44,6	39,5	39,3	39,8
Jun 16	55,9	58,4	50,9	55,3	58,5
Jul 16	53,4	55,7	49,7	52,8	54,6
Aug 16	51,9	54,6	49,7	51,9	51,6
Sep 16	51,3	52,4	47,1	51,6	54,3
Okt 16	49,7	54,0	43,4	53,2	54,4
Nov 16	40,7	44,3	37,8	40,5	48,3
Dez 16	35,5	39,9	33,9	34,4	40,2
Jan 17	28,6	30,9	29,9	31,8	41,0
Feb 17	32,9	36,3	32,6	32,6	39,0
März 17	36,3	39,6	34,2	37,3	41,6
Mittelwert der Heizperiode*	37,3	40,8	35,3	38,3	44,1
Mittelwert Sommer + Übergangszeit**	48,1	50,6	45,0	47,4	49,1

*Heizperiode Oktober 2016 bis März 2017

** Sommer- und Übergangszeit April 2016 bis September 2016

Abb. 81 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte des Raums der Stille (EG) und des Lehrerzimmers (OG), gem. Messwerterfassung von April 2016-März 2017, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

11.1.3 Zusammenstellung der Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP
(April 2016 - März 2017) (Seite 1)

Verbrauch/Produktion Strom und Wärme	Monatsbilanzen 2016												Monatsbilanzen 2017				
	Monat	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Ok	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Jahr			
DAS GESAMTGEBAUDE																	
Öffentliches Stromnetz																	
Versorgung aus dem Netz (real = 100%) (inkl. sonstiger Stromverbrauch)	[kWh]	1.131,00	865,00	1.081,00	861,00	452,00	915,00	1.253,00	1.806,00	2.392,00	2.782,00	1.919,00	1.145,00	16.385,00			
Stromverbrauch gesamt (Gebäude) (ohne sonstigen Stromverbrauch)	[kWh]	1.131,00	840,70	1.012,10	639,20	452,00	915,00	1.253,00	1.806,00	2.392,00	2.782,00	1.919,00	1.145,00	16.387,00			
Versorgung aus dem Netz (fiktiv) (ohne sonstigen Stromverbrauch)	[kWh]	1.131,00	421,35	504,55	270,10	734,00	271,00	734,00	1.806,00	2.392,00	2.782,00	1.919,00	1.145,00	16.387,00			
Rückspesung in das Netz (fiktiv)	[kWh]		2.187,65	1.860,45	2.059,90	2.303,00	1.717,00				93,00			10.220,00			
Photovoltaik																	
PV-Produktion gesamt	[kWh]	2.314,00	2.607,00	2.387,00	2.608,00	2.484,00	1.899,00	831,00	404,00	230,00	399,00	704,00	1.857,00	18.713,00			
PV-Eigenverbrauch (fiktiv) (ohne sonstigen Stromverbrauch)	[kWh]		419,35	507,55	365,10	191,00	181,00				295,00			1.954,00			
PV-Rückspesung (fiktiv)	[kWh]		2.187,65	1.879,45	2.238,90	2.303,00	1.717,00				93,00			10.419,00			
Stromverbrauch																	
Stromverbrauch gesamt (inkl. sonstiger Stromverbrauch)	[kWh]	1.131,00	868,00	1.091,00	861,00	452,00	915,00	1.253,00	1.806,00	2.392,00	2.782,00	1.919,00	1.145,00	16.385,00			
Stromverbrauch gesamt (Gebäude) (ohne sonstigen Stromverbrauch)	[kWh]	1.131,00	840,70	1.012,10	639,20	452,00	915,00	1.253,00	1.806,00	2.392,00	2.782,00	1.919,00	1.145,00	16.387,00			
sonstiger Stromverbrauch (z.B. Baustrom, Lüfter)	[kWh]	-	27,30	48,90	21,80	-	-	-	-	-	-	-	-	98,00			
Wärmeerzeuger Thermische Solaranlage (Hybridkollektor)																	
Stromverbrauch (Ventilator Pumpen)	[kWh]	nicht separat erfasst, in "Hilfsenergie Anlagentechnik enthalten"															
Wärmeerzeugung gas	[kWh]	389,00	407,14	289,00	401,71	700,21	725,00	118,00	24,00	21,00	4,00	64,10	11,10	3.152,26			
Wärmemenge an Eisspeicher	[kWh]	Nicht separat messbar, da die WM vom Kollektor an den Eisspeicher nicht erfasst wird.															
Wärmemenge an Kombispeicher	[kWh]	Nicht separat messbar, da die WM vom Kollektor an den Kombispeicher nicht erfasst wird.															
Wärmeerzeuger el. Wärmepumpe inkl. Heizstab																	
Stromverbrauch WP	[kWh]	471,00	194,98	160,81	63,48	17,88	54,00	572,00	867,00	960,00	865,00	735,31	353,51	5.414,78			
Wärmeerzeugung WP	[kWh]	1.207,00	491,21	499,83	157,08	43,39	134,00	1.357,00	2.360,00	2.315,00	2.803,00	1.929,15	952,27	14.158,70			
Stromverbrauch Heizstab (aus Betriebsstunden + Heizleistung 7,5 kW berec)	[kWh]	0,00	15,00	75,00	82,50	37,50	135,00	0,00	7,50	592,50	705,00	352,50	52,50	2.055,00			
Wärmeerzeugung Heizstab (berechnet)	[kWh]	0,00	15,00	75,00	82,50	37,50	135,00	0,00	7,50	592,50	705,00	352,50	52,50	2.055,00			
Stromverbrauch ges. (WP inkl. Heizstab)	[kWh]	471,00	209,98	235,61	146,98	55,38	189,00	572,00	874,50	1.552,50	1.570,00	1.087,81	406,01	7.469,78			
Wärmeerzeugung ges. (WP inkl. Heizstab)	[kWh]	1.207,00	506,21	494,62	239,58	80,88	289,00	1.357,00	2.367,50	2.907,50	3.508,00	2.281,66	1.004,77	16.213,70			
Kombispeicher (Heizen + TWW)																	
Wärme Speicherreingang WP	[kWh]			371,94	Auflage und unpassierbar. Werte bei Verrechnung und keiner vorliegenden Messung, wird dieser Wert nicht mehr mitgeführt.												
Wärme Speicherreingang Hybridkollektor	[kWh]	Nicht separat messbar, da die WM vom Kollektor an den Kombispeicher nicht erfasst wird.															
Wärme Speicherreingang gas	[kWh]	Nicht separat messbar, da die WM vom Kollektor an den Kombispeicher nicht erfasst wird.															
Wärme Speicherreingang TWW	[kWh]	636,00	804,00	596,00	357,00	168,00	814,00	603,00	785,00	607,00	401,00	532,00	6,385,00				
Wärme Speicherreingang Heizen	[kWh]			0,00	Auflage und unpassierbar. Werte bei Verrechnung und keiner vorliegenden Messung, wird dieser Wert nicht mehr mitgeführt.												
Wärme Speicherreingang gas	[kWh]			596,00	Auflage und unpassierbar. Werte bei Verrechnung und keiner vorliegenden Messung, wird dieser Wert nicht mehr mitgeführt.												

Abb. 82 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwertfassung von April 2016-März 2017,
Seite 1, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

(April 2016 - März 2017) (Seite 2)

Verbrauch/Produktion Strom und Wärme	Monat	Monatsbilanzen 2016							Monatsbilanzen 2017					Jahr
		Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Ok	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	
DAS GESAMTGEBÄUDE														
Wärmemenge für Heizen	[kWh]			36,86	7,23	1,80	2,00	769,00	1.744,00	2.484,00	1.919,00	1.568,38	567,74	9.110,01
Wärmemenge Heizten (Wärmemenge exkl. Speicher- und Erzeugerverluste)	[kWh]			586,00	357,00	188,00	54,00	603,00	783,00	607,00	401,00	552,00	584,00	6.385,00
Wärmemenge TWW-Ringleitung (Wärmemenge exkl. Speicher- und Erzeugerverluste)	[kWh]	636,00	216,07	285,24	107,02	1,22	kein Wert				280,13	283,21	266,93	1.449,52
Wärmemenge TWW-Frischwasserstationen (Brauchwassernutzwärme)	[kWh]		122,93	310,76	248,98	191,32	kein Wert				110,87	248,79	317,07	1.511,72
Zirkulationsverluste TWW-Ringleitung (inkl. Wärmeverluste d. Wärmetaus)	[kWh]													
Nutzenergie TGA und Haushalt	[kWh]	46,00	43,00	55,00	27,00	23,00	91,00	54,00	125,00	93,00	136,00	105,00	82,00	879,00
Beleuchtung	[kWh]	13,00	8,00	18,00	8,00	3,00	19,00	5,00	8,00	7,00	10,00	7,00	11,00	117,00
Kochen	[kWh]			406,04	312,89	273,93	383,20	362,80			749,06	454,70	418,63	3.754,96
Haushalts- + Elektrogeräte (ohne sonstigem Stromverbrauch)	[kWh]		27,30	48,90	21,80									98,00
sonstiger Stromverbrauch (z. B. Baustrom, Lüftfilter)	[kWh]													
Hilfsenergie	[kWh]	196,00	297,45	146,32	96,68	222,80	259,20	259,20	95,00	102,00	87,00	105,00	130,00	1.295
Hilfsenergie Anlagentechnik ges. (Lüftungsgeräte inkl. Heizregister/Frostsch)	[kWh]	110,00	99,00	207,00	65,00	22,00	150,00	123,00	95,00	102,00	87,00	105,00	130,00	1.295
Ventilator/Lüftung, inkl. Entfroster	[kWh]		97,00	90,45	80,32	74,68	72,80	136,20			229,95	159,49	97,36	1.038,26
Pumpen, Regelung Wärmetechnik inkl. Hybridekollektor	[kWh]													
Lüftungsanlagen														
Temperatur Zuluft (berechn.) - Gaslewohng EG (Monatsmittel)	[°C]	16,86	22,28	18,04	20,45	19,80	21,38							20,92
Temperatur Abluft - Gaslewohng EG (Monatsmittel)	[°C]	20,82	24,11					19,55	18,56	22,36	21,35	24,92	21,37	21,63
Temperatur Zuluft (berechn.) - Gaslewohng OG (Monatsmittel)	[°C]	18,88	23,35	18,04	20,45	19,80	21,38							17,31
Temperatur Abluft - Gaslewohng OG (Monatsmittel)	[°C]	28,60	25,42					21,28	21,38	20,90	21,49	20,40	21,28	21,97
Temperatur Zuluft (berechn.) - Schülerwohng EG (Monatsmittel)	[°C]	17,93	21,48	18,04	20,45	19,80	21,38							21,14
Temperatur Abluft - Schülerwohng EG (Monatsmittel)	[°C]	21,87	22,93					21,34	20,92	23,77	25,45	24,68	21,92	19,99
Temperatur Zuluft (berechn.) - Schülerwohng OG (Monatsmittel)	[°C]	17,43	21,88	18,04	20,45	19,80	21,38							22,86
Temperatur Abluft - Schülerwohng OG (Monatsmittel)	[°C]	21,28	23,43					21,82	23,02	24,21	23,21	18,52	19,10	19,58
Temperatur Zuluft (berechn.) - Raum der Stille EG (Monatsmittel)	[°C]	20,71	22,81	18,04	20,45	19,80	21,38							21,53
Temperatur Abluft - Raum der Stille EG (Monatsmittel)	[°C]	22,76	23,60					21,91	20,68	20,24	20,14	20,97	21,64	20,41
Temperatur Zuluft (berechn.) - Lehrsimm OG (Monatsmittel)	[°C]	19,39	22,69	18,04	20,45	19,80	21,38							17,51
Temperatur Abluft - Lehrsimm OG (Monatsmittel)	[°C]	21,31	23,46					18,02	16,49	17,63	18,46	18,76	19,02	19,15

Abb. 83 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwertfassung von April 2016-März 2017, Seite 2, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

(April 2016 - März 2017) (Seite 3)

Verbrauch/Produktion Strom und Wärme	Monatsbilanzen 2016												Monatsbilanzen 2017			Jahr
	Monat	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz			
ENZELMESSUNGEN DER SCHÜLERWOHNUNGEN																
Schülerwohnung EG- Wärmeverbrauch	[KWh]															
Wärmemenge TWW/Frischwasserstation (Brauchwassernutzwärme)	[KWh]		85,98	117,60	39,47	6,92	120,85				94,81	117,19	118,82	701,51		
Wärmemenge Heizen (Wärmemenge exkl. Speicher- und Erzeugerverluste)	[KWh]										386,87	323,74	654,49	2129,76		
Schülerwohnung EG- Nutzenergie TGA und Haushalt (monatli. Ablesung)	[KWh]															
Beleuchtung	[KWh]	14,80	17,40	16,90	7,00	6,00	20,50	10,40	27,00	29,00	31,20	29,50	249,10			
Kochen	[KWh]	4,00	3,00	3,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	2,00	0,00	2,00	6,00			
Kühlschrank	[KWh]	5,50	unplausibel	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	16,40		
sonst. Haushalts- + Elektrogeräte (ohne sonstigem Stromverbrauch)	[KWh]	28,90	29,50	30,40	19,70	26,40	49,40	22,10	33,50	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	21,90		
sonstiger Stromverbrauch (z.B. Baustrom, Lüftung)	[KWh]		27,30	48,90	21,80									287,30		
Schülerwohnung OG- Wärmeverbrauch	[KWh]													98,00		
Wärmemenge TWW/Frischwasserstation (Brauchwassernutzwärme)	[KWh]		121,67	146,89	59,00	6,10	112,71				92,37	106,61	86,26	731,62		
Wärmemenge Heizen (Wärmemenge exkl. Speicher- und Erzeugerverluste)	[KWh]										691,96	804,09	598,13	3062,09		
Schülerwohnung OG- Nutzenergie TGA und Haushalt (aus Stundenwerten)																
Beleuchtung	[KWh]	14,20	12,40	16,52	4,18	2,04	28,10	22,40	46,70	27,60	30,63	33,19	20,30	258,26		
Kochen	[KWh]	9,00	5,00	15,00	7,00	3,00	17,00	3,00	3,00	1,00	3,00	1,00	1,00	68,00		
Kühlschrank	[KWh]	9,10	8,67	6,97	2,62	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	Zähler defekt	7,50		
sonst. Haushalts- + Elektrogeräte (ohne sonstigem Stromverbrauch)	[KWh]	10,60	kein Wert	kein Wert	kein Wert	kein Wert	kein Wert	kein Wert	kein Wert	kein Wert	kein Wert	kein Wert	kein Wert	21,30		
sonstiger Stromverbrauch (z.B. Baustrom, Lüftung)	[KWh]													31,90		

Die rot markierten Bereiche sind aufgrund von Technikproblemen für den betroffenen Monat nicht erfasst bzw. nicht für weitere Auswertungen zu verwenden. (Soll zukünftig behoben werden)

Verrechnung unplausibel aufgrund fehlender Eingangswerte: Möglicher Erhalt der Werte wird geprüft

Hier noch nicht alle Zähler/Verbraucher erfasst; Wert ist daher noch nicht korrekt

Messung erst ab dem 13.05.16, 15:00 Uhr, Bezug auf 339 kWh in diesem Zeitraum gelieferte Wärmemenge aus TWW-Ringleitung -> 63 % Nutzwarme Ow und 36 %

Aufgrund von Wasserschaden erfolgte Bautrocknung mit 14,4 kWh enthalten, inkl. Einsatz einer aktiven Luftfiltration (HEPA-Filter) mit 12,9 kWh. (In "Stromverbrauch ges." beinhaltet; aus "Stromverbrauch Gebäude") herausgerechnet; In Einzelverbrauch "Haushalt+ Elektrogeräte" herausgerechnet

Aufgrund von Wasserschaden (Schimmelgefahr) Einsatz einer aktiven Luftfiltration (HEPA-Filter) mit 48,9 kWh. (In "Stromverbrauch ges." beinhaltet; aus "Stromverbrauch Gebäude") herausgerechnet; In Einzelverbrauch "Haushalt+ Elektrogeräte" herausgerechnet

Aufgrund von Wasserschaden (Schimmelgefahr) Einsatz einer aktiven Luftfiltration (HEPA-Filter) mit 21,8 kWh. (In "Stromverbrauch ges." beinhaltet; aus "Stromverbrauch Gebäude") herausgerechnet; In Einzelverbrauch "Haushalt+ Elektrogeräte" herausgerechnet

Da die WRG der Lüftung keinen Bypass besitzt, wird die Lüftungsanlage in den Sommermonaten gem. Angabe des LBH (Hr. Vogel) im Zulufbetrieb betrieben.

Zur Zeit (Stand 15.08.2016) ist noch zu klären, ob hier die Gesamtwärmemenge des Hybridkessels oder ausschließlich dessen Speichererfüllung erfasst wird. Dies betrifft auch die Werte der vorherigen Monate. Klärung soll am 19.08. bei einer Vor-Ort-Besuchung erfolgen.

Aufgrund von einmündigen Übertragungsaustausch am Ende des Monats werden für die orange eingefärbten Zeilen die manuellen Ablesungen als Monatswerte herangezogen. Die Stundenweise Messungen aus dem Registerblatt "Stundenwerte Sept. 2016" sind hierfür nicht heranzuziehen.

Nachtrag der Ableswerte des Stromverbrauchs des Heizstabs (berechnet über Betriebszeit x installierte Leistung von 7,5 kW) am 21.03.2017; Darüber Berechnung der Wärmemenge des Heizstabs sowie des HHS-Verbrauchs im Gesamtgebäude; Dadurch haben sich auch Änderungen von Verbrauchangaben im Monat Sept. ergeben (MIT BITTE UMBERÜBERSICHTIGUNG)

Nachtrag der Wärmemenge für Heizen am 22.03.2017, rückwirkend für die markierten Monate (ACHTUNG: in den Stundenwerttabellen sind die einzelnen Wärmemengen der Heizkörper nicht nachgetragen)

Korrektur des Werts am 30.03.2017; BITTE UM BERÜCKSICHTIGUNG!

In den grün markierten Jahreswerten sind einzelne Monate nicht erfasst

Abb. 84 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwertfassung von April 2016-März 2017, Seite 3, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

12. ANLAGE 2: 2. Monitoringjahr

In der folgenden Anlage sind Tabellen mit den monatlichen Messwerten gemäß der Berichtsvorlage des Fraunhofer IBP aufgeführt. Darin enthalten sind die Messungen der monatlichen Stromverbräuche, der Strombezug, die Erzeugung, der Holz- und Gasverbrauch sowie die gemessenen Temperaturen und rel. Feuchte des Jahres April 2016 – März 2017.

Ferner ist die monatliche Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP enthalten.

12.1.1 Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Heizung, Trinkwarmwasser, Lüftung und Projektspezifisch

(April 2017 - März 2018)

Monat	Heizung + TWW (inkl. Hilfsenergie) + Lüftung		Projektspezifisch
	Heizung + TWW	Lüftung	Trockengerät
	[kwh]	[kwh]	[kwh]
Apr 16	342,36	108,00	0,00
Mai 16	253,74	128,00	0,00
Jun 16	139,40	132,00	0,00
Jul 16	79,20	22,00	0,00
Aug 16	73,40	72,00	0,00
Sep 16	264,00	101,00	0,00
Okt 16	238,00	113,00	0,00
Nov 16	954,00	125,00	0,00
Dez 16	1352,50	153,00	0,00
Jan 17	1078,00	104,00	0,00
Feb 17	1319,00	180,00	0,00
Mrz 17	1075,50	152,00	0,00
Summe	7169,10	1390,00	0,00

(rot) Unvollständig aufgrund von Messwertausfällen: Hilfsenergie fehlt

Abb. 85 Stromverbrauch für Heizung und Trinkwarmwasser, Lüftung und Projektspezifisch (Trockengerät), gem. Messwernerfassung von April 2017 – März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Zusammenstellung des Stromverbrauchs für Bezug und Hausverbrauch (April 2017 - März 2018)

Monat	Bezug		Photovoltaik				Hausverbrauch					Sonstiges projekt-spezifisch (Trockengerät)	Summe Hausverbrauch
	Netz-bezug	PV-Ertrag	PV-Einspeisung (real)	PV-Einspeisung (fiktiv/berechnet)	PV-Eigenverbrauch (fiktiv/berechnet)*	Heizung + TWW	Hilfsenergie Lüftung	Hilfsenergie (Regelung, Pumpen für TWW + H-Verteilung)	Beleuchtung	Kochen**	sonstige Haushalts- und Elektrogeräte		
	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]	[kwh]
Apr 17	820,00	2.173,00	2.173,00			263,60	108,00	78,76	34,00	2,00	333,64	0,00	820,00
Mai 17	832,00	2.625,00	2.625,00	2.217,00	408,00	188,52	128,00	65,22	51,00	7,00	392,26	0,00	832,00
Jun 17	734,00	2.968,00	2.968,00			80,00	132,00	59,40	53,00	9,00	400,60	0,00	734,00
Juli 17	372,00	2.367,00	2.367,00			40,00	22,00	39,20	18,00	0,00	252,80	0,00	372,00
Aug 17	646,00	2.419,00	2.419,00			57,00	72,00	16,40	44,00	5,00	451,60	0,00	646,00
Sep 17	943,00	1.422,00	1.422,00			264,00	101,00		71,00	4,00	503,00	0,00	943,00
Okt 17	722,00	919,00	919,00			238,00	113,00		28,00	1,00	342,00	0,00	722,00
Nov 17	1.656,00	395,00	395,00	185,00	210,00	954,00	125,00		85,00	2,00	499,00	0,00	1.656,00
Dez 17	2.170,00	197,00	197,00			1.352,50	153,00		72,00	3,00	589,50	0,00	2.170,00
Jan 18	1.767,00	304,00	304,00			1.078,00	104,00		70,00	3,00	512,00	0,00	1.767,00
Feb 18	2.097,00	1.011,00	1.011,00			1.319,00	180,00		70,00	3,00	525,00	0,00	2.097,00
März 18	1.918,00	1.728,00	1.728,00			1.075,50	152,00		78,00	11,00	601,50	0,00	1.918,00
Summe	14.677,00	18.528,00	18.528,00	2.402,00	618,00	6.910,12	1.390,00	258,98	674,00	50,00	5.402,90	0,00	14.686,00

* ohne sonstigen Stromverbrauch

**E-Herd + Backofen

(rot) Unvollständig aufgrund von Messwertausfällen!

Abb. 86 Stromverbrauch für Bezug und Hausverbrauch, gem. Messwertfassung von April 2017 -März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Zusammenstellung der Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den verschiedenen Räumen der einzelnen Wohn- und Nichtwohneinheiten (April 2017 - März 2018)

Gästewohnungen

Monat	Gästewohnung EG		Gästewohnung OG	
	Gast EG, Zimmer/ Küche	Gast EG, Bad	Gast OG, Zimmer/ Küche	Gast OG, Bad
	°C	°C	°C	°C
Apr	21,5	22,1	22,0	22,2
Mai	24,6	25,2	24,0	24,5
Jun	27,2	27,8	26,7	27,0
Jul	27,2	27,9	27,2	27,8
Aug	26,7	27,3	25,2	26,0
Sep	23,6	24,4	22,0	22,6
Okt	23,0	23,8	21,8	22,4
Nov	19,7	20,6	20,8	20,8
Dez	18,8	19,5	18,1	18,2
Jan	19,1	20,0	20,4	20,7
Feb	19,5	20,3	23,6	24,4
Mrz	19,8	20,6	24,0	24,8
Mittelwert Heizperiode*	20,0	20,8	21,5	21,9

*Heizperiode Oktober 2017 bis März 2018

pauschale Bewertung: > 24°C zu hohe Temp. ; < 19°C zu niedrige Temp.

Abb. 87 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den Gästewohnungen (EG und OG), gem. Messwernerfassung von April 2017-März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Schülerwohnungen

Monat	Schülerwohnung EG					Schülerwohnung OG				
	Schüler EG, Zimmer Nord °C	Schüler EG, Wohnbereich °C	Schüler EG, Zimmer Süd °C	Schüler EG, Bad °C	Schüler EG, WC °C	Schüler OG, Zimmer Nord °C	Schüler OG, Wohnbereich °C	Schüler OG, Zimmer Süd °C	Schüler OG, Bad °C	Schüler OG, WC °C
Apr	21,1	20,9	20,6	21,2	20,6	21,8	22,0	21,7	21,7	20,8
Mai	22,5	22,0	22,3	22,8	21,9	23,8	23,6	23,7	23,9	22,7
Jun	24,6	24,4	24,7	25,4	24,5	25,5	26,0	26,2	26,2	25,5
Juli	25,4	25,0	25,1	26,3	25,2	26,9	26,9	26,3	27,4	26,5
Aug	24,8	24,8	25,1	25,4	24,5	25,9	26,1	26,0	26,7	25,6
Sep	21,6	21,8	21,9	22,2	20,8	22,2	22,5	22,4	22,8	21,5
Okt	20,3	20,2	20,1	20,8	20,0	20,2	20,2	19,8	20,5	19,5
Nov	18,8	18,4	18,4	20,4	18,2	22,1	21,4	19,8	21,3	20,2
Dez	18,8	19,0	18,3	20,7	18,5	21,6	21,7	20,3	20,3	20,2
Jan	19,0	19,0	18,6	20,7	18,5	21,6	21,9	20,9	20,8	20,7
Feb	20,1	20,7	20,0	23,0	19,4	21,2	21,9	21,1	20,4	20,2
Mrz	20,4	20,7	20,2	22,2	19,7	21,3	22,5	21,3	21,0	20,6
Mittelwert Heizperiode*	19,6	19,7	19,3	21,3	19,0	21,4	21,6	20,5	20,7	20,2

* Heizperiode Oktober 2017 bis März 2018

pauschale Bewertung: > 24°C zu hohe Temp. ; < 19°C zu niedrige Temp.

Abb. 88 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen in den Schülerwohnungen (EG und OG), gem. Messwertfassung von April 2017-März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Raum der Stille (EG) und Lehrerzimmer (OG)

Monat	Raum der Stille EG			Lehrerzimmer OG	
	Raum der Stille, Vorraum	Raum der Stille, Hauptraum	Raum der Stille, WC	Lehrerzimmer, Besprechungsraum	Lehrerzimmer, WC
	°C	°C	°C	°C	°C
Apr	20,5	19,5	21,9	21,8	20,3
Mai	22,5	22,0	23,8	23,5	22,4
Jun	25,4	25,4	27,2	26,5	25,5
Juli	26,2	25,9	27,1	26,6	26,5
Aug	25,1	24,7	26,4	24,8	24,9
Sep	20,7	20,2	22,6	20,5	20,0
Okt	19,1	18,3	20,8	20,9	19,6
Nov	19,6	19,0	20,4	22,5	20,1
Dez	19,8	18,6	20,3	22,0	19,9
Jan	21,7	19,2	20,8	22,0	20,1
Feb	21,5	19,4	20,6	22,8	20,3
Mrz	23,0	19,6	21,0	21,2	19,6
Mittelwert Heizperiode*	20,8	19,0	20,6	21,9	19,9

*Heizperiode Oktober 2017 bis März 2018

pauschale Bewertung: > 24°C zu hohe Temp. ; < 19°C zu niedrige Temp.

Abb. 31 Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen des Raums der Stille (EG) und des Lehrerzimmers (OG), gem. Messwerverfassung von April 2017-März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

12.1.2 Zusammenstellung der gemessenen mittleren monatlichen relativen Raumlufffeuchten in den verschiedenen Räumen der einzelnen Wohn- und Nichtwohneinheiten

(April 2017 - März 2018)

Gästewohnungen

Monat	Gästewohnung EG		Gästewohnung OG	
	Gast EG, Zimmer/ Küche	Gast EG, Bad	Gast OG, Zimmer/ Küche	Gast OG, Bad
	%	%	%	%
Apr	32,6	32,1	34,2	35,9
Mai	40,9	40,2	43,7	45,0
Jun	44,3	43,5	45,5	47,0
Jul	46,8	45,6	49,6	50,2
Aug	49,3	48,1	55,2	55,5
Sep	48,4	46,8	56,1	57,9
Okt	46,8	45,2	52,6	52,9
Nov	42,5	41,2	43,7	45,7
Dez	37,7	36,9	40,3	41,8
Jan	39,5	38,4	40,9	42,1
Feb	29,7	29,6	28,5	29,9
Mrz	32,4	31,5	29,5	30,4
Mittelwert der Heizperiode*	38,1	37,1	39,3	40,5
Mittelwert Sommer + Übergangszeit**	43,7	42,7	47,4	48,6

* Heizperiode Oktober 2017 bis März 2018

** Sommer- und Übergangszeit April 2017 bis September 2017

Abb. 32 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte in den Gästewohnungen (EG und OG), gem. Messwerterfassung von April 2017 - März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Schülerwohnungen

Monat	Schülerwohnung EG					Schülerwohnung OG				
	Schüler EG, Zimmer Nord %	Schüler EG, Wohnbereich %	Schüler EG, Zimmer Süd %	Schüler EG, Bad %	Schüler EG, WC %	Schüler OG, Zimmer Nord %	Schüler OG, Wohnbereich %	Schüler OG, Zimmer Süd %	Schüler OG, Bad %	Schüler OG, WC %
Apr	34,3	35,8	35,2	38,0	35,3	35,0	35,3	35,6	43,0	37,5
Mai	48,5	49,6	49,3	51,5	49,4	47,8	48,3	49,7	56,8	50,1
Jun	51,1	52,1	51,8	53,1	51,3	49,1	48,3	47,2	52,5	49,1
Juli	53,4	54,7	53,7	52,3	52,9	51,0	52,1	51,9	50,9	52,1
Aug	57,1	57,3	58,1	57,0	57,0	55,4	55,0	53,6	57,8	55,4
Sep	56,4	56,0	56,8	58,8	57,9	59,2	58,0	57,2	66,2	59,0
Okt	54,4	55,0	55,1	56,0	55,0	54,5	55,4	54,8	56,2	56,8
Nov	46,4	48,2	48,0	46,5	48,3	40,8	42,9	45,0	46,4	44,6
Dez	40,0	39,9	41,4	38,9	40,8	36,1	36,8	39,0	43,6	39,0
Jan	42,2	42,6	43,7	41,2	43,3	37,9	37,6	39,0	43,2	39,3
Feb	28,7	29,4	30,5	27,6	31,6	30,0	30,8	32,3	35,9	32,8
März	34,1	34,5	36,0	34,2	36,4	36,5	34,6	36,4	42,4	37,5
Mittelwert der Heizperiode*	41,0	41,6	42,5	40,7	42,6	39,3	39,7	41,1	44,6	41,7
Mittelwert Sommer + Übergangs- zeit**	50,1	50,9	50,8	51,8	50,6	49,6	49,5	49,2	54,5	50,5

* Heizperiode Oktober 2017 bis März 2018

** Sommer- und Übergangszeit April 2017 bis September 2017

Abb. 91 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte in den Schülerwohnungen (EG und OG), gem. Messwertfassung von April 2017-März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

Raum der Stille (EG) und Lehrerzimmer (OG)

Monat	Raum der Stille EG			Lehrerzimmer OG	
	Raum der Stille, Vorraum	Raum der Stille, Hauptraum	Raum der Stille, WC	Lehrerzimmer, Besprechungsraum	Lehrerzimmer, WC
	%	%	%	%	%
Apr	33,8	37,2	31,9	32,5	36,1
Mai	45,7	48,1	42,7	45,0	46,2
Jun	46,6	49,1	42,9	45,8	47,5
Jul	48,7	52,2	46,6	50,1	49,7
Aug	54,0	56,9	50,5	57,1	55,8
Sep	55,3	59,3	50,0	58,1	59,0
Okt	56,5	61,2	51,6	53,5	57,3
Nov	42,3	45,0	40,6	37,0	43,2
Dez	36,1	40,2	35,3	32,5	36,6
Jan	41,2	41,5	36,7	34,7	38,7
Feb	33,6	29,5	26,9	22,5	26,9
Mrz	31,7	34,5	31,0	30,3	33,1
Mittelwert der Heizperiode*	40,2	42,0	37,0	35,1	39,3
Mittelwert Sommer + Übergangszeit**	47,3	50,5	44,1	48,1	49,0

*Heizperiode Oktober 2017 bis März 2018

** Sommer- und Übergangszeit April 2017 bis September 2017

Abb. 92 Gemessene mittlere monatliche relative Luftfeuchte des Raums der Stille (EG) und des Lehrerzimmers (OG), gem. Messwerterfassung von April 2017-März 2018, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

12.1.3 Zusammenstellung der Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP (April 2017 - März 2018) (Seite 1)

Verbrauch/Produktion Strom und Wärme	Monat	Monatsbilanzen 2017												Monatsbilanzen 2018					Jahr							
		Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug		Sep	Oktober	November	Dezember			
DAS GESAMTGEBAUDE																										
Öffentliches Stromnetz	[kWh]	820,00	832,00	734,00	372,00	646,00	943,00	722,00	1.656,00	2.170,00	1.767,00	2.097,00	1.918,00	1.467,00												
Verorgung aus dem Netz (real = 100%) (inkl. sonstiger Stromverbrauch)	[kWh]	820,00	832,00	734,00	372,00	646,00	943,00	722,00	1.656,00	2.170,00	1.767,00	2.097,00	1.918,00	1.467,00												
Stromverbrauch gesamt (Gebäude) (ohne sonstigen Stromverbrauch)	[kWh]	820,00	832,00	734,00	372,00	646,00	943,00	722,00	1.656,00	2.170,00	1.767,00	2.097,00	1.918,00	1.467,00												
Verlegung aus dem Netz (fiktiv) (ohne sonstigen Stromverbrauch)	[kWh]	424,00	2.217,00						185,00					1870,00												
Rückspeisung in das Netz (fiktiv)	[kWh]	2.217,00												1870,00												
Photovoltaik																										
PV-Produktion gesamt	[kWh]	2173,00	2.625,00	2.968,00	2.367,00	2.419,00	1.422,00	919,00	395,00	197,00	304,00	1.011,00	1.728,00	18528,00												
PV-Eigenverbrauch (fiktiv) (ohne sonstigen Stromverbrauch)	[kWh]		408,00						210,00					618,00												
PV-Rückspeisung (fiktiv)	[kWh]		2.217,00						185,00					2402,00												
Stromverbrauch																										
Stromverbrauch gesamt (inkl. sonstiger Stromverbrauch)	[kWh]	820,00	832,00	734,00	372,00	646,00	943,00	722,00	1.656,00	2.170,00	1.767,00	2.097,00	1.918,00	1.467,00												
Stromverbrauch gesamt (Gebäude) (ohne sonstigen Stromverbrauch)	[kWh]	820,00	832,00	734,00	372,00	646,00	943,00	722,00	1.656,00	2.170,00	1.767,00	2.097,00	1.918,00	1.467,00												
sonstiger Stromverbrauch (z.B. Bausstrom, Luftfilter)	[kWh]																									
Wärmeerzeugung Thermische Solaranlage (Hybridkollektor)																										
Stromverbrauch (Ventilator-Pumpen)	[kWh]																									
Wärmeerzeugung ges.	[kWh]																									
Wärmemenge an Wasserspeicher	[kWh]																									
Wärmemenge an Kombispeicher	[kWh]																									
Wärmeerzeugung el. Wärmepumpe inkl. Heizstab	[kWh]																									
Stromverbrauch WP	[kWh]	233,60	166,02	80,00	40,00	57,00	249,00	223,00	804,00	1.000,00	883,00	944,00	768,00	5.447,62												
Wärmeerzeugung WP	[kWh]	636,05	447,51	221,00	112,00	156,00	665,00	600,00	2.148,00	2.600,00	2.348,00	2.512,00	2.068,00	14.513,56												
Stromverbrauch Heizstab (aus Betriebsstunden + Heizleistung 7,5 kW berechnet)	[kWh]	30,00	22,50	0,00	0,00	0,00	15,00	15,00	150,00	352,50	195,00	375,00	307,50	1.462,50												
Wärmeerzeugung Heizstab (berechnet)	[kWh]	30,00	22,50	0,00	0,00	0,00	15,00	15,00	150,00	352,50	195,00	375,00	307,50	1.462,50												
Stromverbrauch ges. WP (inkl. Heizstab)	[kWh]	263,60	188,52	80,00	40,00	57,00	264,00	238,00	954,00	1.352,50	1.078,00	1.319,00	1.075,50	6.910,12												
Wärmeerzeugung ges. WP (inkl. Heizstab)	[kWh]	666,05	470,01	221,00	112,00	156,00	680,00	615,00	2.298,00	2.952,50	2.543,00	2.887,00	2.375,50	15.976,06												
Kombispeicher (Heizen + TWW)																										
Wärme Speichereingang WP	[kWh]																									
Wärme Speichereingang Hybridkollektor	[kWh]																									
Wärme Speichereingang ges.	[kWh]																									
Wärme Speicherausgang TWW	[kWh]	442,00	519,00	423,00	245,00	406,00	429,00	251,00	416,00	373,00	379,00	362,00	530,00	4.775,00												
Wärme Speicherausgang Heizen	[kWh]																									
Wärme Speicherausgang ges.	[kWh]																									

Abb. 33 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwertfassung von April 2017-März 2018,
Seite 1, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

(April 2017 - März 2018) (Seite 2)

Verbrauch/Produktion Strom und Wärme	Monatsbilanzen 2017												Monatsbilanzen 2018			Jahr
	Monat	Apr	May	Jun	Juli	Aug	Sep	Ok	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz			
DAS GESAMTGEBAUDE		390,10	140,65	2,00	2,00	2,00	291,00	313,00	1.783,00	2.388,00	2.007,00	2.401,00	1.770,00	11467,75		
Wärmemenge für Heizen	[kWh]	442,00	519,00	423,00	245,00	406,00	429,00	251,00	416,00	373,00	379,00	362,00	530,00	4775,00		
Wärmemenge TWW-Ringleitung (Wärmemenge inkl. Speicher- und Erzeugene Wärme)	[kWh]	123,70	216,48						170,49					510,67		
Wärmemenge TWW-Frischwasserstationen (Brauchwassernutzwärme)	[kWh]	318,30	302,52											620,82		
Zirkulationsverluste TWW-Ringleitung inkl. Wärmeverluste d. Wärmetauschers	[kWh]															
Nutzenergie TGA und Haushalt	[kWh]	34,00	51,00	18,00	53,00	44,00	71,00	28,00	85,00	72,00	70,00	70,00	78,00	674,00		
Beleuchtung	[kWh]	2,00	7,00	9,00	0,00	5,00	4,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	11,00	50,00		
Kochen	[kWh]															
Haushalts- + Elektrogeräte (ohne sonstigen Stromverbrauch)	[kWh]	333,64	392,26	400,60	252,80	461,60	503,00	342,00	499,00	589,50	512,00	525,00	601,50	5402,90		
sonstiger Stromverbrauch (z.B. Baustrom, Luftfilter)	[kWh]													0,00		
Hilfsenergie	[kWh]															
Hilfsenergie Anlagentechnik ges. (Luftungsgeräte inkl. Heizregister (Frost)	[kWh]	186,76	193,22	191,40	61,20	88,40	101,00	113,00	125,00	153,00	104,00	180,00	152,00	720,98		
Ventilator Lüftung, inkl. Entroster	[kWh]	108,00	128,00	132,00	22,00	72,00	101,00	113,00	125,00	153,00	104,00	180,00	152,00	1390		
Pumpen, Regelung Wärmetechnik inkl. Hydraulikkolktor	[kWh]	78,76	65,22	59,40	39,20	16,40								298,98		
Luftungsanlagen	[°C]	19,54	15,90													
Temperatur Zuluft (berechn.) - Gastewohnung EG (Monatsmittel)	[°C]	22,08	27,78						21,48	17,56	17,02	16,20	17,39	17,87		
Temperatur Abluft (berechn.) - Gastewohnung EG (Monatsmittel)	[°C]	19,63	15,90						23,84	20,56	19,48	20,33	20,41	22,12		
Temperatur Zuluft (berechn.) - Gastewohnung OG (Monatsmittel)	[°C]	22,23							20,38	17,75	17,63	19,45	20,72	18,78		
Temperatur Abluft (berechn.) - Gastewohnung OG (Monatsmittel)	[°C]	19,06	15,90						22,56	22,44	20,78	18,23	20,71	22,01		
Temperatur Zuluft (berechn.) - Schülerwohnung EG (Monatsmittel)	[°C]	21,21	25,36						19,21	17,74	17,92	18,77	19,00	18,23		
Temperatur Abluft (berechn.) - Schülerwohnung EG (Monatsmittel)	[°C]	19,50	15,90						20,78	20,40	20,72	20,69	22,95	21,84		
Temperatur Zuluft (berechn.) - Schülerwohnung OG (Monatsmittel)	[°C]	21,72							19,03	18,50	17,97	16,64	18,00	17,93		
Temperatur Abluft (berechn.) - Schülerwohnung OG (Monatsmittel)	[°C]	20,79	15,90						20,52	21,34	20,33	20,76	20,36	21,09		
Temperatur Zuluft (berechn.) - Raum der Stille EG (Monatsmittel)	[°C]	21,92							20,02	19,10	19,37	18,72	19,50	19,08		
Temperatur Abluft (berechn.) - Raum der Stille EG (Monatsmittel)	[°C]	19,33	15,90						22,58	20,78	20,44	20,76	20,60	21,73		
Temperatur Zuluft (berechn.) - Lehrerzimmer OG (Monatsmittel)	[°C]	20,33							18,97	18,81	18,76	18,43	18,29	18,35		
Temperatur Abluft (berechn.) - Lehrerzimmer OG (Monatsmittel)	[°C]								20,00	19,63	20,12	20,28	19,45	20,00		

Abb. 94 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwertfassung von April 2017-März 2018, Seite 2, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH

(April 2017 - März 2018) (Seite 3)

Verbrauch/Produktion Strom und Wärme	Monat	Monatsbilanzen 2017												Monatsbilanzen 2018				Jahr
		Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März					
INZELMESSUNGEN DER SCHÜLERWOHNUNGEN																		
Schülerwohnung EG- Wärmeverbrauch	[kWh]	39,47	72,43	0,00	0,00	0,00	0,00	50,33	87,49	337,11	358,00	337,08	288,20	199,39	1920,20			
Wärmemenge TWW Frischwasserstation (Brauchwassernutzwärme)	[kWh]	11,60	18,10	19,30	1,90	20,70	34,30	13,40	45,50	30,90	24,60	26,60	27,60	274,50				
Wärmemenge Heizen (Wärmemenge exkl. Speicher- und Erzeugerverluste)	[kWh]	0,00	3,00	5,00	0,00	4,00	2,00	1,00	2,00	1,00	3,00	2,00	4,00	27,00				
Schülerwohnung EG- Nutzenergie TGA und Haushalt (monatl. Ablesung)	[kWh]	13,90	10,90	9,10	0,10	10,40	15,40	14,00	14,50	16,20	15,80	11,90	15,90	148,10				
Beleuchtung	[kWh]	22,80	42,40	32,30	4,10	33,90	51,70	15,50	38,60	30,70	24,00	38,20	32,70	366,90				
sonst. Haushalts- + Elektrogeräte (ohne sonstigem Stromverbrauch)	[kWh]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00				
Schülerwohnung OG- Wärmeverbrauch	[kWh]	65,11	118,00	0,00	0,00	0,00	0,00	151,00	74,87	1,128,22	809,74	738,57	591,02	257,98	4675,33			
Wärmemenge TWW Frischwasserstation (Brauchwassernutzwärme)	[kWh]	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00				
Wärmemenge Heizen (Wärmemenge exkl. Speicher- und Erzeugerverluste)	[kWh]	9,80	14,90	11,60	5,10	8,90	15,50	0,80	20,09	23,10	16,60	13,60	19,70	162,09				
Schülerwohnung OG- Nutzenergie TGA und Haushalt (aus Stundenwerten)	[kWh]	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00				
Beleuchtung	[kWh]	6,80	7,00	7,40	6,60	6,40	7,20	0,00	5,50	7,50	6,40	5,80	7,50	67,50				
Kühlschrank	[kWh]	20,30	20,50	13,50	2,30	10,00	19,80	1,10	13,00	19,90	10,40	8,60	25,50	164,90				
sonst. Haushalts- + Elektrogeräte (ohne sonstigem Stromverbrauch)	[kWh]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00				
sonstiger Stromverbrauch (z.B. Baustrom, Luftfilter)	[kWh]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00				

ANMERKUNGEN ZU DER MESSWERTERFASSUNG

Die Werte der rot markierten Bereiche sind aufgrund von Technikproblemen für den betroffenen Monat nicht erfasst bzw. nicht für weitere Auswertungen zu verwenden.															
Die Werte der orange markierten Bereiche sind für den betroffenen Monat unplausibel und daher nicht für weitere Auswertungen zu verwenden.															
Da die WRG der Lüftung keinen Bypass besitzt, wird die Lüftungsanlage in den blau markierten Monaten laut Angabe des LBH (Hr. Vogt) im Zuluftbetrieb betrieben.															
Für die lila markierten Zellen sind im betroffenen Monat keine Stundenwerte vorhanden, es wurde auf die manuell erfassten Monatswerte (monatliche Ablesung durch das LBH) zurückgegriffen.															
In den grün markierten Jahreswerten sind einzelne Monate nicht erfasst und daher nicht für weitere Auswertungen zu verwenden.															

Abb. 34 Datenübermittlung an das Fraunhofer IBP, Messwertfassung von April 2017-März 2018, Seite 3, Quelle: ina Planungsgesellschaft mbH