

Abschlussbericht

Weiterführendes Energieeinsparkonzept für die Liegenschaften des Studentenwerkes Oberfranken

Abschlussbericht

**Weiterführendes Energieeinsparkonzept für die Liegenschaften
des Studentenwerk Oberfranken**

Auftraggeber:

Studentenwerk Oberfranken
Universitätsstraße 30
95447 Bayreuth

Auftragnehmer:

Institut für Energietechnik IfE GmbH
an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23a
92224 Amberg

Förderung:

Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie

Bearbeitungszeitraum:

Juni 2018 bis Juni 2020

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung und Zielsetzung.....	1
2 Beschreibung der Liegenschaften des Energiebedarfs	3
2.1 Wohnanlage Eisberg in Amberg (Heiner-Fleischmann-Str. 1)	4
2.2 Wohnheim Am Postkeller in Weiden (Schirmitzer Weg 2a)	7
2.3 Internationale Wohnanlage in Bayreuth (Bussardweg 39 - 43).....	10
2.4 Wohnanlage Birken in Bayreuth (Frankengutstr. 2 - 6b).....	13
2.5 Wohnanlage Frankengut in Bayreuth (Frankengutstr. 12 - 18).....	16
2.6 Wohnanlage Am Kreuzstein in Bayreuth (Frankengutstr. 1 - 11).....	18
2.7 Wohnheim Haus Sachsen in Coburg (Thüringerstr. 4)	21
2.8 Wohnheim Haus Gotha 1 in Coburg (Thüringerstr. 4b)	23
2.9 Wohnheim Haus Gotha 2 in Coburg (Thüringerstr. 4c).....	25
2.10 Wohnheim Haus Coburg/Haus Vesteblick in Coburg (Thüringerstr. 4a)	27
2.11 Wohnanlage "Am Tappert" in Bayreuth (Dr. Klaus-Dieter-Wolff-Straße 5).....	31
2.12 Wohnheim "Campus Design" in Coburg (Am Hofbräuhaus 3a)	34
2.13 Wohnanlage "Am Eichelberg" in Hof (Albert-Einstein-Straße 2)	37
3 Liegenschaftsübergreifende Analyse des Energiebedarfs	40
3.1 Strombedarf	40
3.2 Erdgasbedarf	42
3.3 Gesamtenergiebedarf	44
3.4 Eigenerzeugungsanlagen (KWK u. PV)	45
4 Maßnahmen	49
4.1 Wärmeversorgung der Wohnheime „Frankengut“, „Kreuzstein“ und „Birken“	49
4.1.1 Energiebedarf der Liegenschaften	50
4.1.2 Technische Dimensionierung der Energieversorgungsvarianten	55

4.1.3	Rahmenbedingungen für die wirtschaftliche und ökologische Betrachtung.....	60
4.1.4	Rahmenbedingungen für den ökologischen Variantenvergleich	64
4.1.5	Ergebnisse des ökonomischen und ökologischen Variantenvergleichs	65
4.1.6	Zusammenfassung und Fazit	67
4.2	Optimierung spezifischer Erträge bei PV-Anlagen.....	69
4.3	Analyse Ist-Zustand Zählerinfrastruktur zur gezielten Nachrüstung.....	73
4.3.1	Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I und II	74
4.3.2	Wohnanlage Am Kreuzstein	78
4.3.3	Wohnanlage Am Tappert	81
4.3.4	Wohnanlage Am Postkeller	84
4.3.5	Wohnheim Campus Design.....	87
4.4	Optimierung BHKW-Steuerung	90
5	Zusammenfassung und Fazit.....	94

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftbild Wohnanlage Eisberg in Amberg [BayernAtlas DOP 80].....	4
Abbildung 2:Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	5
Abbildung 3: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	5
Abbildung 4: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung).....	6
Abbildung 5: Luftbild Wohnheim Am Postkeller in Weiden [BayernAtlas DOP 80]	7
Abbildung 6: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze); inkl. Stromeigennutzung.....	8
Abbildung 7: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	8
Abbildung 8: BHKW-Stromproduktion (Stromnutzung vor Ort plus Netzeinspeisung) 2018 u. 2019 und jährliche Vollbenutzungsstunden.....	9
Abbildung 9: Luftbild Internationale Wohnanlage in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80]	10
Abbildung 10: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	11
Abbildung 11: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	11
Abbildung 12: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)	12
Abbildung 13: Luftbild Wohnanlage Birken in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80].....	13
Abbildung 14: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	14
Abbildung 15: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	14
Abbildung 16: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)	15
Abbildung 17: Luftbild Wohnanlage Frankengut in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80].....	16

Abbildung 18: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	17
Abbildung 19: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	17
Abbildung 20: Luftbild Wohnanlage Am Kreuzstein in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80].....	18
Abbildung 21: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	19
Abbildung 22: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	19
Abbildung 23: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)	20
Abbildung 24: Luftbild Wohnheim Haus Sachsen in Coburg [BayernAtlas DOP 80]	21
Abbildung 25: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	22
Abbildung 26: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)	22
Abbildung 27: Luftbild Wohnheim Haus Gotha I in Coburg [BayernAtlas DOP 80].....	23
Abbildung 28: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	24
Abbildung 29: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)	24
Abbildung 30: Luftbild Wohnheim Haus Gotha II in Coburg [BayernAtlas DOP 80].....	25
Abbildung 31: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	26
Abbildung 32: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)	26
Abbildung 33: Luftbild Wohnheim Haus Coburg u. Vesteblick in Coburg [BayernAtlas DOP 80].....	27
Abbildung 34: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze); inkl. Stromeigennutzung.....	28
Abbildung 35: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	29

Abbildung 36: BHKW-Stromproduktion (Stromnutzung vor Ort plus Netzeinspeisung) 2018 u. 2019 und jährliche Vollbenutzungsstunden	29
Abbildung 37: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)	30
Abbildung 38: Luftbild Wohnanlage Am Tappert in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80]	31
Abbildung 39: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze); inkl. Stromeigennutzung	32
Abbildung 40: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	32
Abbildung 41: BHKW-Stromproduktion (Stromnutzung vor Ort plus Netzeinspeisung) 2018 u. 2019 und jährliche Vollbenutzungsstunden	33
Abbildung 42: Luftbild Wohnheim Campus Design in Coburg [BayernAtlas DOP 80]	34
Abbildung 43: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze); inkl. Stromeigennutzung	35
Abbildung 44: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	35
Abbildung 45: BHKW-Stromproduktion (Stromnutzung vor Ort plus Netzeinspeisung) 2018 u. 2019 und jährliche Vollbenutzungsstunden	36
Abbildung 46: Luftbild Wohnanlage Am Eichelberg in Hof [BayernAtlas DOP 80].....	37
Abbildung 47: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	38
Abbildung 48: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze).....	38
Abbildung 49: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)	39
Abbildung 50: Spezifischer Strombedarf der Liegenschaften im Vergleich	40
Abbildung 51: Spezifischer Erdgasbedarf der Liegenschaften im Vergleich.....	42
Abbildung 52: Spezifischer Strom- und Erdgasbedarf der Liegenschaften im Vergleich	44
Abbildung 53: Vollbenutzungsstunden (KWK-Anlagen) der Liegenschaften mit BHKW im Vergleich	45
Abbildung 54: Thermische Jahresdauerlinie Wohnheim Am Postkeller (links 2018; rechts 2019)	46

Abbildung 55: Thermische Jahresdauerlinie Wohnheim Haus Coburg (links 2018; rechts 2019)	46
Abbildung 56: Thermische Jahresdauerlinie Wohnanlage Am Tappert (links 2018; rechts 2019)	47
Abbildung 57: Thermische Jahresdauerlinie Wohnheim Campus Design (links 2018; rechts 2019)	47
Abbildung 58: Spezifische Stromerzeugung aus PV-Anlagen an Standorten mit PV-Anlagen	48
Abbildung 59: Übersicht der Wohnanlagen Birken, Frankengut, Am Kreuzstein in Bayreuth	49
Abbildung 60: Auszug Antrag auf Vorbescheid.....	51
Abbildung 61: Mögliche Trassenführung	53
Abbildung 62: Thermische Jahresdauerlinie – Neubau Frankengut.....	54
Abbildung 63: Thermische Jahresdauerlinie – Wärmeverbund: Neubau Frankengut, Bestand Birken und Am Kreuzstein	54
Abbildung 64: Thermische Jahresdauerlinie - Referenzvariante 1	55
Abbildung 65: Thermische Jahresdauerlinie - Referenzvariante 2	56
Abbildung 66: Thermische Jahresdauerlinie - Referenzvariante 3	56
Abbildung 67: Thermische Jahresdauerlinie - Wärmeverbundvariante 1	58
Abbildung 68: Thermische Jahresdauerlinie - Wärmeverbundvariante 2	59
Abbildung 69 Üblicher Preis KWK: Mittelwerte vergangener 8 Quartale [European Energy Exchange AG]	63
Abbildung 70: Investitionskosten der Wärmeversorgungsvarianten	65
Abbildung 71: Mittlere Jahreskosten der Wärmeversorgungsvarianten über den Betrachtungszeitraum.....	66
Abbildung 72: Mittlere Jahreskosten der Wärmeversorgungsvarianten innerhalb des KWK-Zeitraums	67
Abbildung 73: Spezifische Erträge von PV-Anlagen des Studentenwerks Oberfranken.....	70
Abbildung 74: Möglicher jährlicher Mehrerlös pro Anlage bei einem spezifischen Ertrag von 1.000 kWh/kWp.....	71
Abbildung 75: PV-Anlage „Am Kreuzstein“ vor Sanierung	72

Abbildung 76: PV-Anlage „Internationale Wohnanlage“ aktuell.....	72
Abbildung 77: PV-Anlage "Am Eichelberg" in Hof aktuell.....	72
Abbildung 78: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II.....	74
Abbildung 79: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II.....	75
Abbildung 80: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II.....	76
Abbildung 81: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II.....	76
Abbildung 82: Empfehlung zur Zählernachrüstung wärmeseitig	77
Abbildung 83: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Wohnanlage Am Kreuzstein.....	78
Abbildung 84: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Wohnanlage Am Kreuzstein.....	79
Abbildung 85: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Wohnanlage Am Kreuzstein.....	79
Abbildung 86: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Wohnanlage Am Kreuzstein.....	80
Abbildung 87: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Wohnanlage Am Tappert	81
Abbildung 88: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Wohnanlage Am Tappert	82
Abbildung 89: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Wohnanlage Am Tappert	82
Abbildung 90: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Wohnanlage Am Tappert	83
Abbildung 91: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Wohnanlage Am Postkeller.....	84
Abbildung 92: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Wohnanlage Am Postkeller.....	85
Abbildung 93: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Wohnanlage Am Postkeller.....	85
Abbildung 94: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Wohnanlage Am Postkeller.....	86
Abbildung 95: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Wohnheim Campus Design	87
Abbildung 96: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Wohnheim Campus Design	88
Abbildung 97: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Wohnheim Campus Design.....	88
Abbildung 98: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Wohnheim Campus Design.....	89
Abbildung 99: Thermische Jahresdauerlinie Wohnheim Haus Coburg (links 2018; rechts 2019)	90

Abbildung 100: Schema Wärmeverteilung im Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II	91
Abbildung 101: Thermische Jahresdauerlinie Wohnanlage Am Tappert (links 2018; rechts 2019)	92
Abbildung 102: Schema Wärmeverteilung in der Wohnanlage „Am Tappert“	93
Abbildung 103: Spezifischer Strombedarf der Liegenschaften im Vergleich	95
Abbildung 104: Spezifischer Erdgasbedarf der Liegenschaften im Vergleich.....	95
Abbildung 105: Spezifische Erträge von PV-Anlagen des Studentenwerks Oberfranken.....	96
Abbildung 106: Mittlere Jahreskosten der Wärmeversorgungsvarianten über den Betrachtungszeitraum.....	97

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich des spezifischen Energieverbrauchs (stromseitig) mit VDI 3807 Blatt 2	41
Tabelle 2: Vergleich des spezifischen Energieverbrauchs (wärmeseitig) mit VDI 3807 Blatt 2	43
Tabelle 3: Abschätzung Wärmebedarf Frankengut (Ersatzneubau), Birken, Am Kreuzstein	52
Tabelle 4: Deckungsanteile der Wärmeerzeuger am Wärmebedarf in den Referenzvarianten	57
Tabelle 5: Deckungsanteile der Wärmeerzeuger am Wärmebedarf in den Wärmeverbundvarianten	59
Tabelle 6: Rahmenbedingungen nach KWKG 2020 (Stand 30.06.2020)	62
Tabelle 7: Spezifische Erträge von PV-Anlagen des Studentenwerks Oberfranken.....	69
Tabelle 8: Reale bzw. Mögliche Vollbenutzungsstunden BHKW „Haus Coburg“.....	90
Tabelle 9: Reale bzw. Mögliche Vollbenutzungsstunden BHKW „Am Tappert“.....	92

Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EnergieStG	Energiesteuergesetz
fp	Primärenergiefaktor
kW _{el}	Elektrische Leistung
kWh _{el}	Elektrische Energie
kWh _{Hi}	Heizwert
kWh _{th}	Thermische Energie
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes
kW _{th}	Thermische Leistung
StromStG	Stromsteuergesetz
Tm	Meter Trassenverlauf
WMZ	Wärmemengenzähler

1 Einleitung und Zielsetzung

Bereits im Jahr 2016/2017 wurde ein Energiekonzept für den Gebäudebestand des Studentenwerks Oberfranken erarbeitet. Das Studentenwerk Oberfranken ist seit 1978 das zuständige Studentenwerk für die Hochschulen in Bayreuth, Coburg, Hof, Amberg, Weiden und Münchenberg. Mit rund 200 Mitarbeitenden werden für etwa 25.000 Studierende Leistungen in Bezug auf Mensaverpflegung, Bereitstellung von Wohnraum sowie z.B. Förderung, Kinderbetreuung und Beratung angeboten.

Bestandteile des ersten Energiekonzeptes waren die Erfassung und anschließende Bewertung des energetischen Ist-Zustandes sowie die Entwicklung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und Energieeffizienzsteigerung.

Im Rahmen des weiterführenden Energieeinsparkonzeptes wird die Entwicklung des Energieverbrauchs in den einzelnen Liegenschaften aufgegriffen und analysiert. Darauf aufbauend werden für die Liegenschaften weiterführende Einspar- und Effizienz-Maßnahmen identifiziert und hinsichtlich wirtschaftlicher und ökologischer Auswirkungen bewertet. Des Weiteren werden Energieversorgungsvarianten dimensioniert, an Standorten, an denen eine Erneuerung der bestehenden Versorgung ansteht. Folgende Liegenschaften des Studentenwerks Oberfranken sind Teil dieses weiterführenden Energieeinsparkonzeptes:

- Wohnanlage „Eisberg“ in Amberg (Heiner-Fleischmann-Str. 1)
- Wohnheim „Am Postkeller“ in Weiden (Schirmitzer Weg 2a)
- Internationale Wohnanlage in Bayreuth (Bussardweg 39 - 43)
- Wohnanlage „Birken“ in Bayreuth (Frankengutstr. 2 - 6b)
- Wohnanlage „Frankengut“ in Bayreuth (Frankengutstr. 12 - 18)
- Wohnanlage „Am Kreuzstein“ in Bayreuth (Frankengutstr. 1 - 11)
- Wohnheim „Haus Sachsen“ in Coburg (Thüringerstr. 4)
- Wohnheim „Haus Gotha 1“ in Coburg (Thüringerstr. 4b)
- Wohnheim „Haus Gotha 2“ in Coburg (Thüringerstr. 4c)
- Wohnheim „Haus Coburg“/„Haus Vesteblick“ in Coburg (Thüringerstr. 4a)
- Wohnanlage „Am Tappert“ in Bayreuth (Dr.-Klaus-Dieter-Wolff-Straße 5)
- Wohnheim „Campus Design“ in Coburg (Am Hofbräuhaus 3a)
- Wohnanlage „Am Eichelberg“ in Hof (Albert-Einstein-Straße 2)

In den folgenden Kapiteln werden die Liegenschaften kurz beschrieben sowie die Entwicklung deren Energiebedarfe dargestellt und Maßnahmen zur Energieeinsparung bzw. Effizienzsteigerung erläutert.

2 Beschreibung der Liegenschaften des Energiebedarfs

Im nachfolgenden Kapitel werden die vorab genannten Liegenschaften des Studentenwerks Oberfranken, die Teil dieses Energieeinsparkonzeptes sind, kurz beschrieben bzw. wird auf deren Energieverbrauch eingegangen. Für die Liegenschaften werden neben absoluten Verbräuchen spezifische Verbrauchskennwert für Strom und Erdgas aufgezeigt. Basis für die Berechnung ist hier die Anzahl an Wohnplätzen. Bezugsjahr sind die Jahre 2018 und 2019. Der Erdgasbedarf wird in diesem und in den folgenden Kapiteln in kWh_{HS} angegeben und ist nicht witterungsbereinigt.

Es sind Standorte mit KWK-Anlagen dabei (Am Tappert, Campus Design, Am Postkeller und Coburg), die verhältnismäßig mehr Erdgas benötigen als Standorte nur mit Erdgas-Heizkessel. Das liegt neben der Wärmeerzeugung an der zusätzlichen Stromproduktion. Dieser Mehrverbrauch an Erdgas für die Stromproduktion ist allerdings nicht im spezifischen Wert in der nachfolgenden Abbildung enthalten. Der Erdgasverbrauch wurde über den Einbezug des Wirkungsgrades auf den Anteil, der zur Wärmeversorgung benötigt wird und den Anteil, der zur Stromerzeugung benötigt wird, aufgeteilt. Der thermische Wirkungsgrad beträgt dabei vereinfacht und für alle vereinheitlicht in etwa 60 %, der elektrische Wirkungsgrad 30 %.

Kapitel 3 behandelt den Energiebedarf sowie die Stromerzeugung in eigenen Erzeugungsanlagen anschließend liegenschaftsübergreifend und vergleichend.

2.1 Wohnanlage Eisberg in Amberg (Heiner-Fleischmann-Str. 1)

Die Wohnanlage Eisberg wurde im Jahr 2006 errichtet und bietet Platz für 107 Studierende.



Abbildung 1: Luftbild Wohnanlage Eisberg in Amberg [BayernAtlas DOP 80]

Die Wärmeversorgung der Liegenschaft erfolgt über einen Erdgaskessel mit ca. 220 kW. Die Grundlastversorgung ist in der Vergangenheit über ein BHKW, das mit Pflanzenöl betrieben wurde, erfolgt. Dieses wurde allerdings stillgelegt. Die Liegenschaft verfügt außerdem über zwei PV-Anlagen zur Volleinspeisung. Abbildung 4 zeigt die insgesamt erzeugte und eingespeiste Strommenge der Jahre 2018 und 2019 sowie den spezifischen Ertrag der Anlage.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen den Strom- bzw. Erdgasverbrauch der Jahre 2018 und 2019. Auffällig ist, dass der Stromverbrauch im Jahr 2018 deutlich geringer ist als im Jahr 2019. Die Differenz beträgt über 50.000 kWh. Der Grund dafür ist nicht bekannt. Der Erdgasverbrauch wurde nicht witterungsbereinigt, eine gewisse Differenz ist deshalb hier zu erwarten. Der Jahresverbrauch schwankt allerdings nicht in gleichem Maße als der Stromverbrauch.

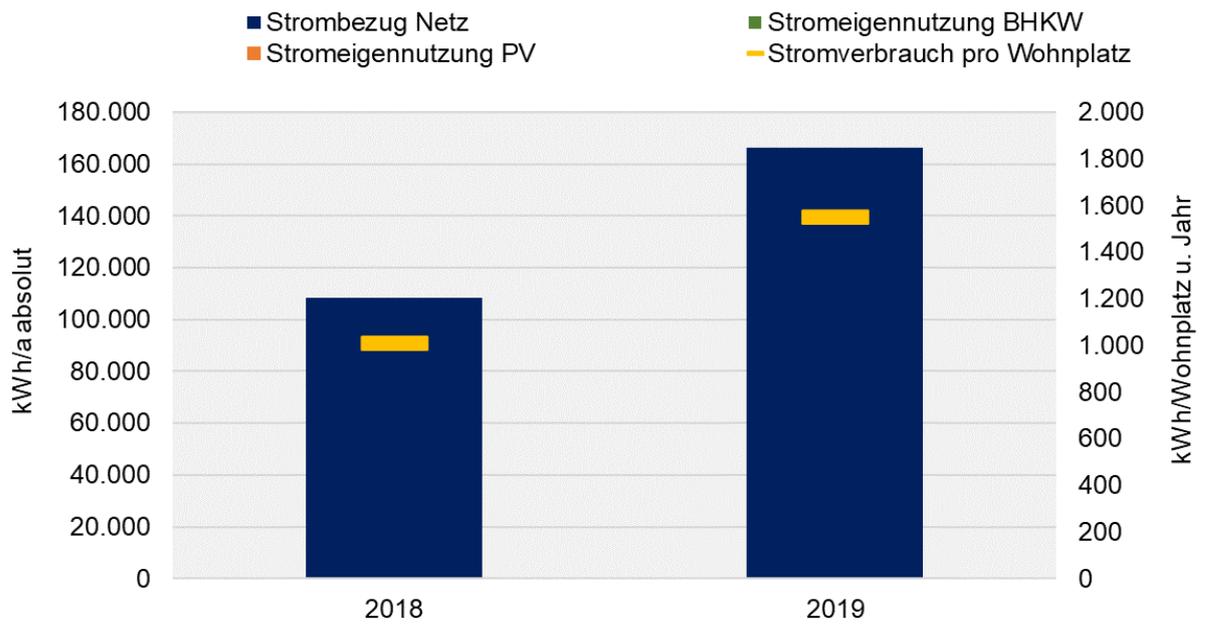


Abbildung 2: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

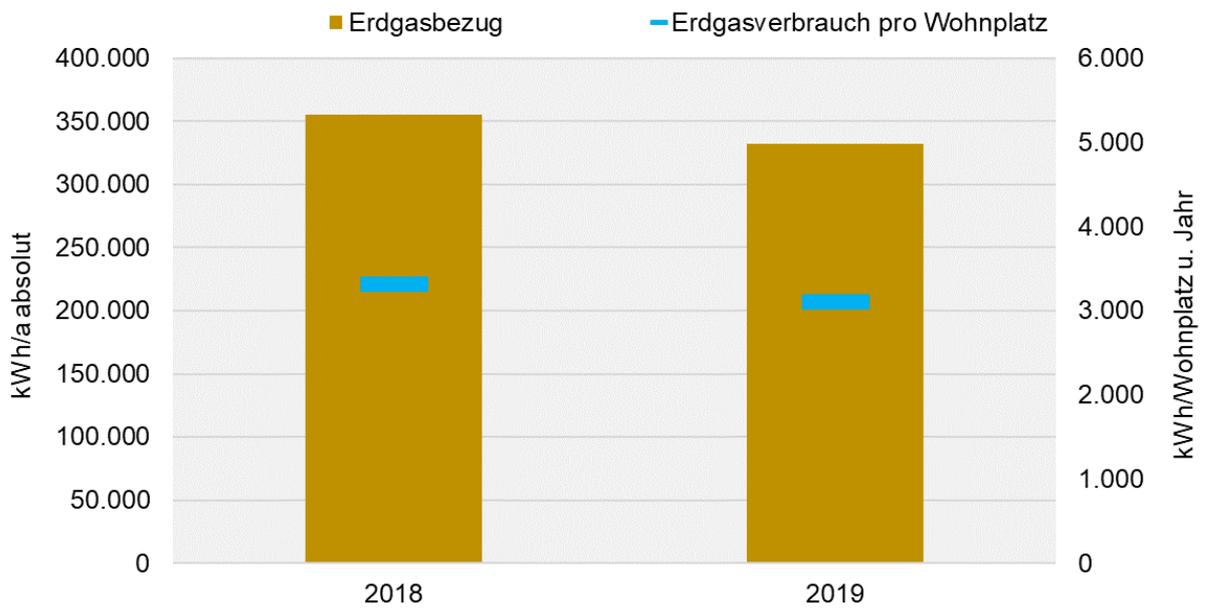


Abbildung 3: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

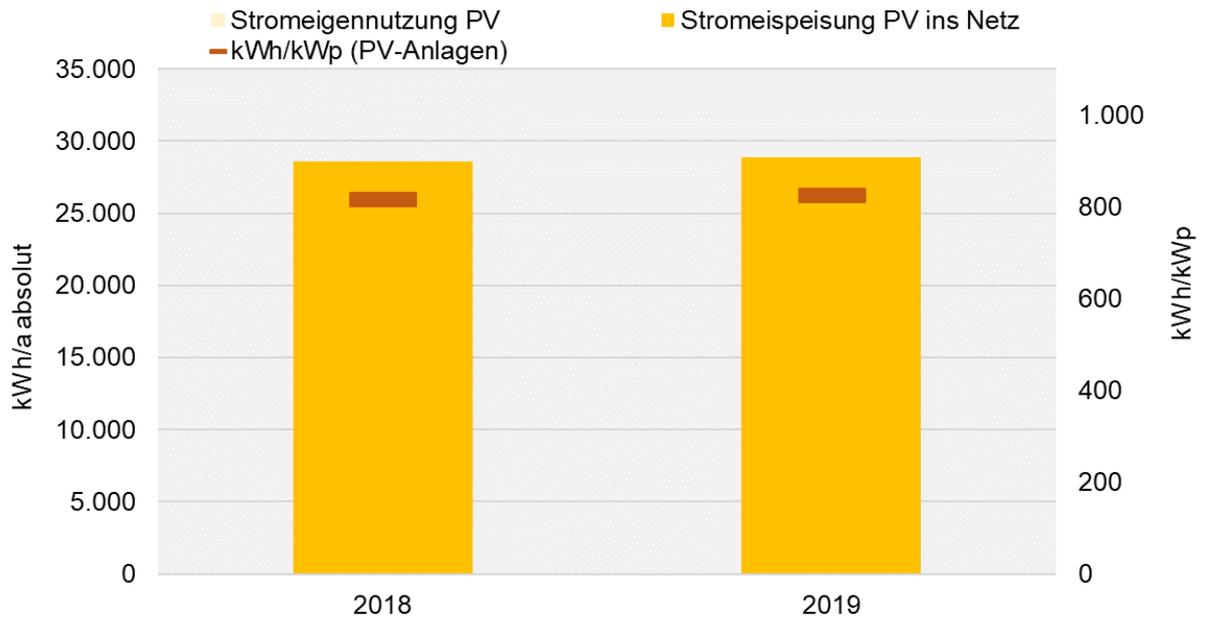


Abbildung 4: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)

2.2 Wohnheim Am Postkeller in Weiden (Schirmitzer Weg 2a)

Die Wohnanlage Am Postkeller wurde im Jahr 2014 errichtet und bietet Platz für 105 Studierende.



Abbildung 5: Luftbild Wohnheim Am Postkeller in Weiden [BayernAtlas DOP 80]

Wärmeseitig erfolgt die Grundlastabdeckung über ein BHKW mit $20 \text{ kW}_{\text{el}}$. Die Spitzenlastabdeckung übernimmt ein Erdgaskessel mit etwa $230 \text{ kW}_{\text{th}}$. Stromseitig liefert das BHKW einen deutlichen Beitrag zur Versorgung der Liegenschaft, wie die folgende Abbildung zeigt. Abbildung 8 lässt erkennen, dass etwa 50 % des erzeugten Stroms direkt in der Liegenschaft verbraucht wird. Abbildung 7 zeigt darüber hinaus den Erdgasbedarf der Liegenschaft, einerseits den Bedarf zur Wärmeversorgung, andererseits den Bedarf, der zur Stromproduktion im BHKW dient. Zur vereinfachten Umrechnung bzw. Ausweisung der Anteile wurden der thermische und elektrische Wirkungsgrad herangezogen, wie bereits zu Beginn von Kapitel 2 beschrieben. Die folgenden Abbildungen machen außerdem deutlich, dass das BHKW im Jahr 2019 eine längere Laufzeit als im Jahr 2018 aufgewiesen hat. Der Grund dafür ist die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen aus einem vorangehenden Energiekonzept. An dieser Stelle zeigen sich die Erfolge dessen.

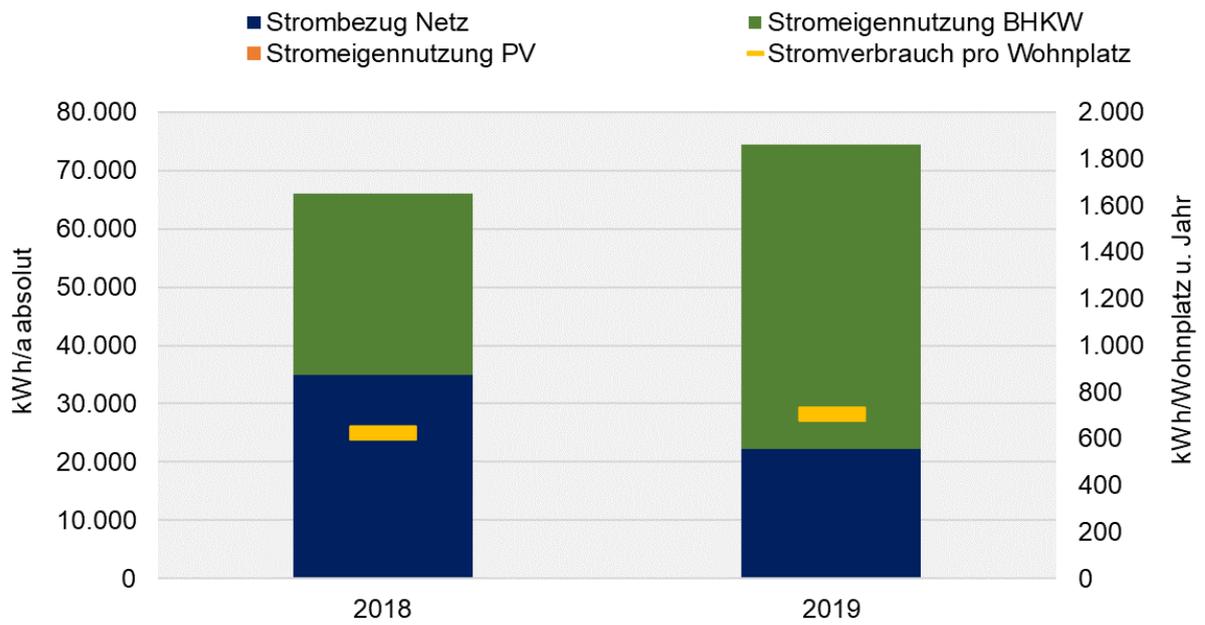


Abbildung 6: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze); inkl. Stromeigennutzung

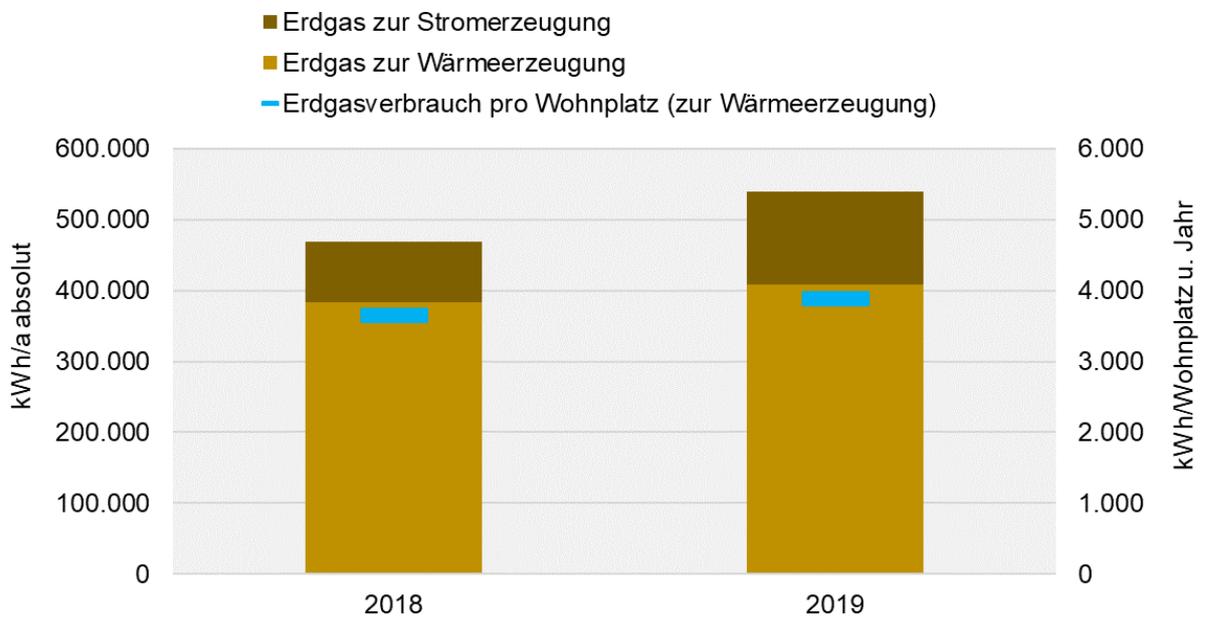


Abbildung 7: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

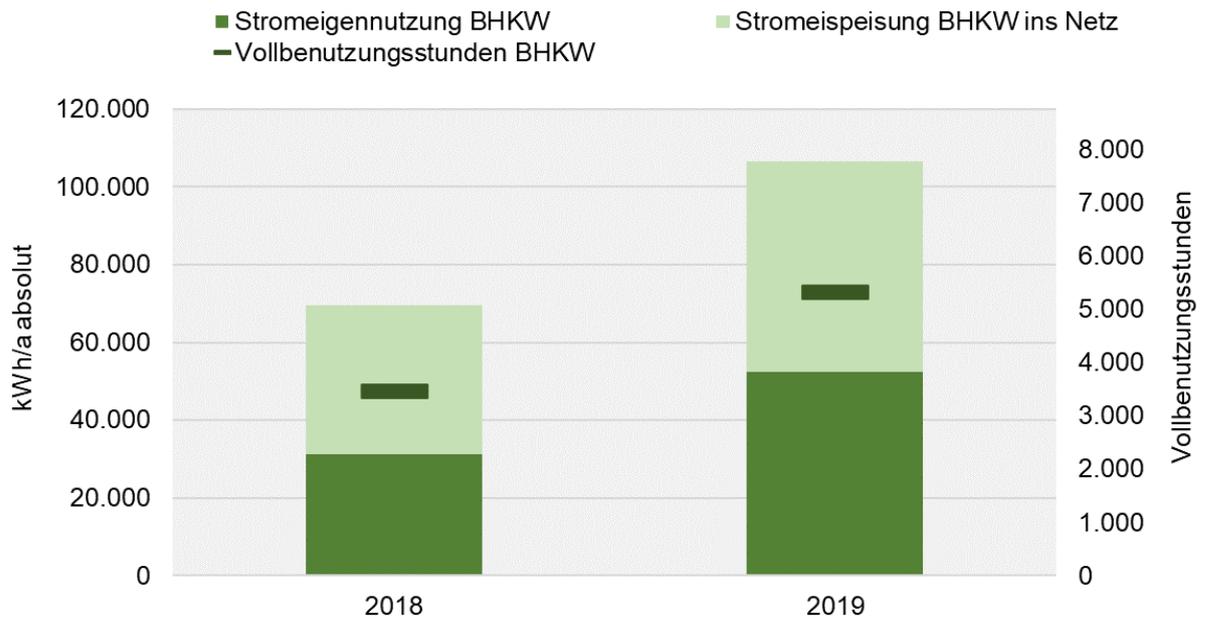


Abbildung 8: BHKW-Stromproduktion (Stromnutzung vor Ort plus Netzeinspeisung) 2018 u. 2019 und jährliche Vollbenutzungsstunden

2.3 Internationale Wohnanlage in Bayreuth (Bussardweg 39 - 43)

Die Internationale Wohnanlage in Bayreuth wurde bereits im Jahr 1977 errichtet und bietet Platz für 234 Studierende. Dies ist der viertgrößte Standort des Studentenwerks Oberfranken aus Sicht des Energieverbrauchs.

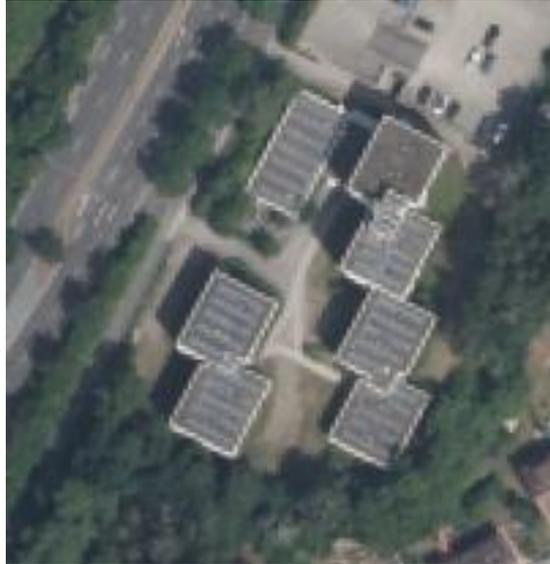


Abbildung 9: Luftbild Internationale Wohnanlage in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80]

Die Wärmeversorgung des Standorts erfolgt über zwei Erdgaskessel mit je ca. 200 kW_{th}. Die Liegenschaft verfügt außerdem über zwei PV-Anlagen zur Volleinspeisung. Abbildung 12 zeigt die insgesamt erzeugte und eingespeiste Strommenge der Jahre 2018 und 2019 sowie den spezifischen Ertrag der Anlage. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen den Strom- bzw. Erdgasverbrauch der Jahre 2018 und 2019. Im Jahr 2019 liegt der Verbrauch etwas höher als im Jahr 2018. Die Internationale Wohnanlage ist die einzige Wohnanlage des Studentenwerks Oberfranken, in der eigene Stromzähler für jede Wohneinheit vorhanden sind.

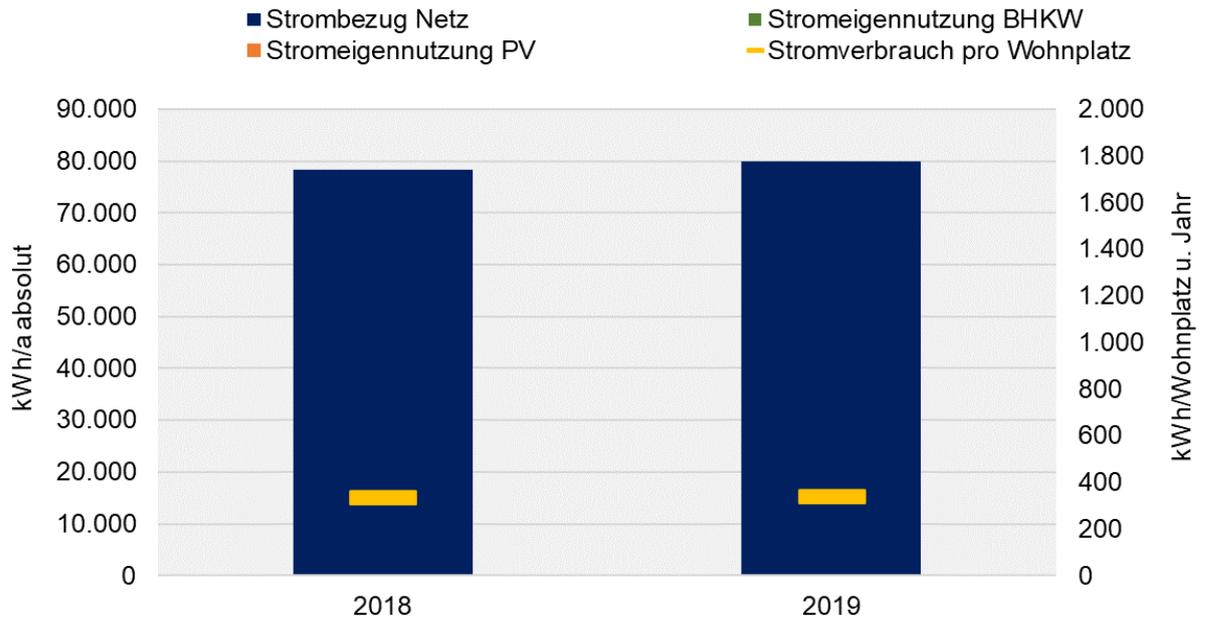


Abbildung 10: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

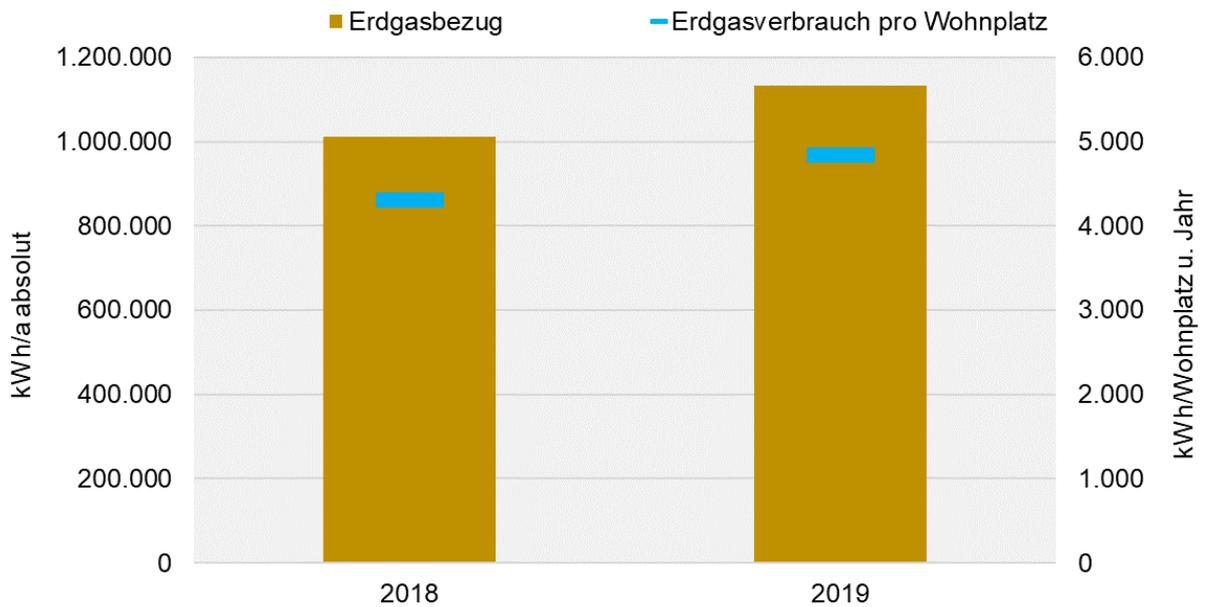


Abbildung 11: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

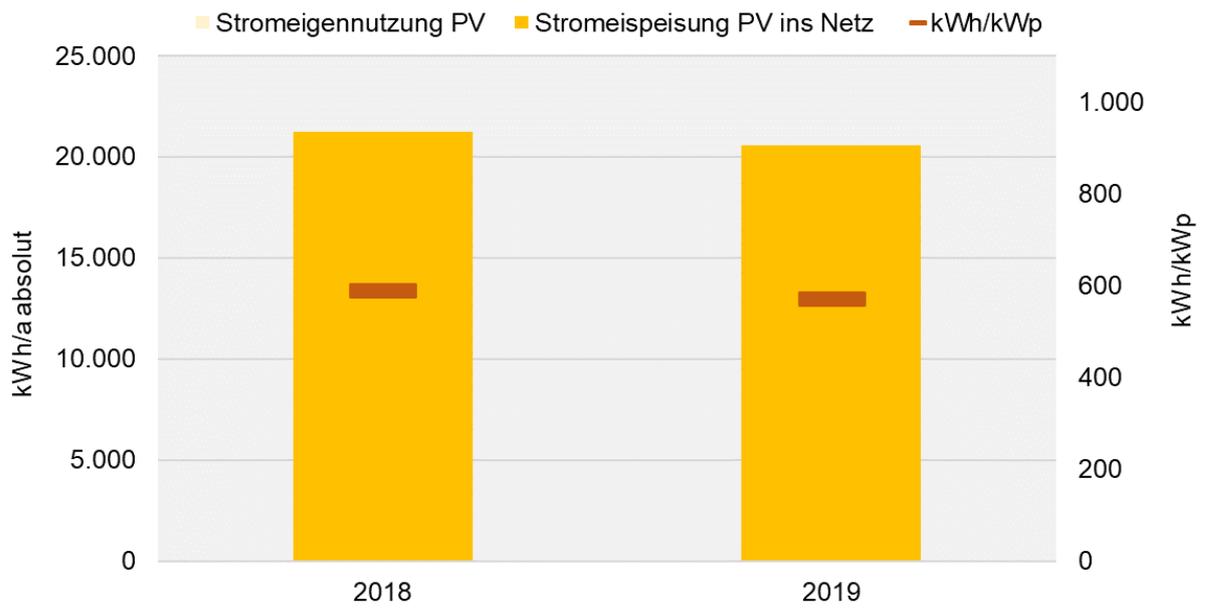


Abbildung 12: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)

2.4 Wohnanlage Birken in Bayreuth (Frankengutstr. 2 - 6b)

Die Wohnanlage Studentenhof Birken wurde im Jahr 1997 errichtet und bietet Platz für 352 Studierende. Aus energetischer Sicht ist dieser Standort der Drittgrößte des Studentenwerks Oberfranken.



Abbildung 13: Luftbild Wohnanlage Birken in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80]

Die Wohnanlage Birken wird über einen Erdgaskessel mit etwa 285 kW sowie einen mit etwa 270 kW versorgt. Die Liegenschaft verfügt außerdem über die größte und gleichzeitig älteste PV-Anlage aller Liegenschaften des SWO. Die Anlage aus dem Jahr 2001 dient zur Vollein- speisung. Abbildung 16 zeigt die insgesamt erzeugte und eingespeiste Strommenge der Jahre 2018 und 2019 sowie den spezifischen Ertrag der Anlage.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen den Strom- bzw. Erdgasverbrauch der Jahre 2018 und 2019, die von einem auf das andere Jahr auf etwa demselben Niveau liegen.

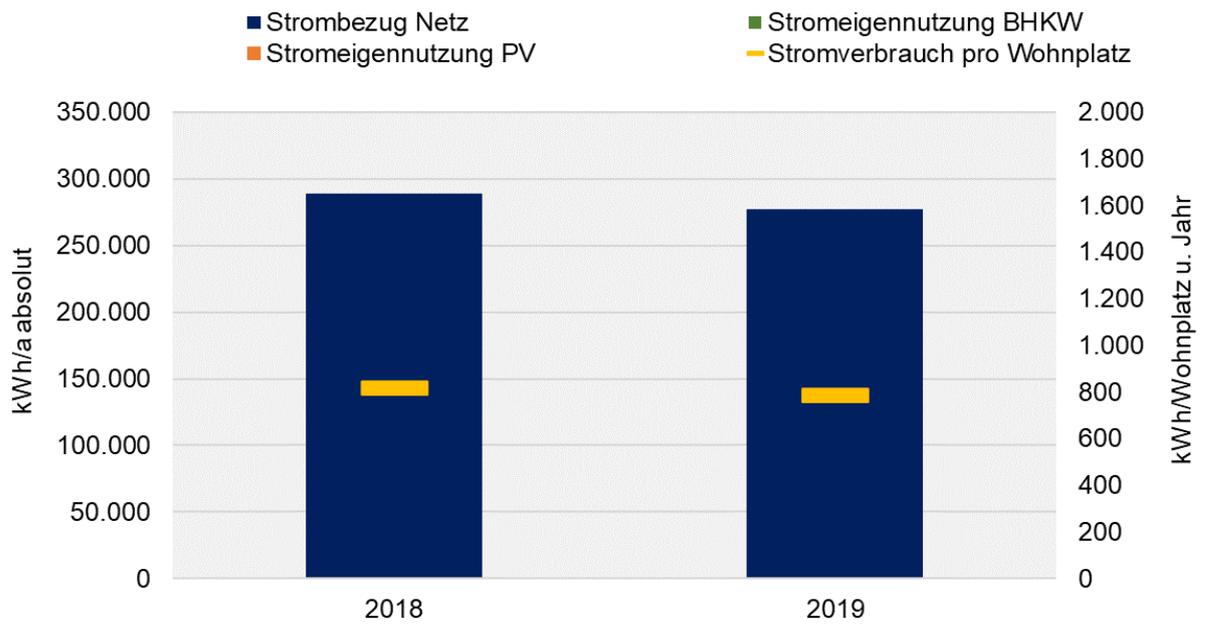


Abbildung 14: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

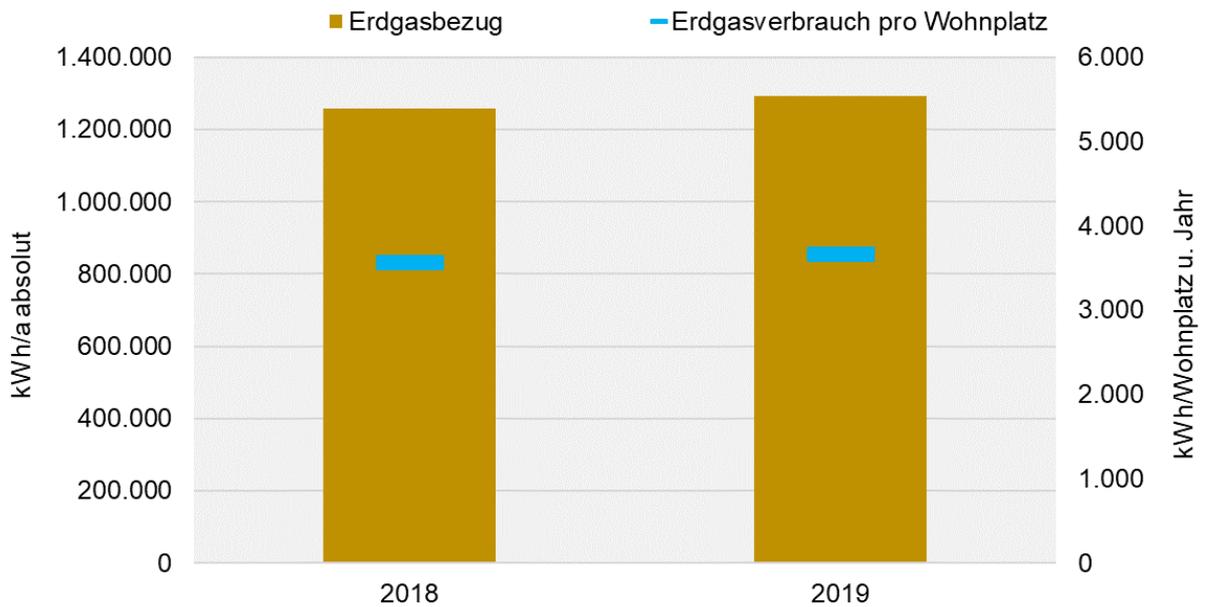


Abbildung 15: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

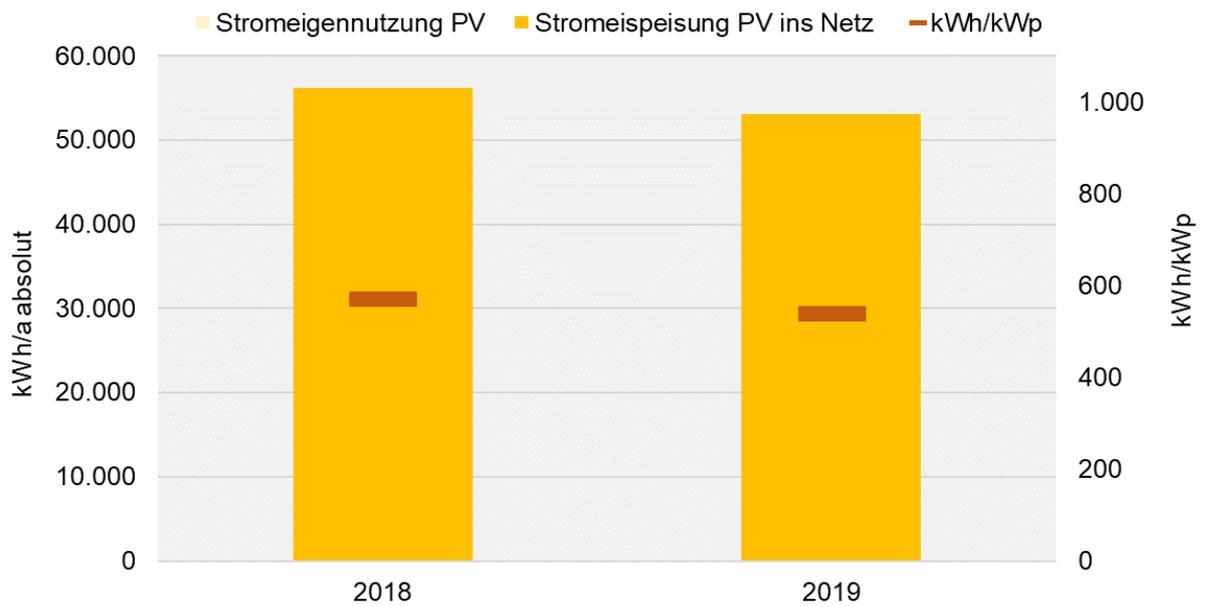


Abbildung 16: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)

2.5 Wohnanlage Frankengut in Bayreuth (Frankengutstr. 12 - 18)

Die Wohnanlage Frankengut wurde im Jahr 1986 errichtet und bietet Platz für 203 Studierende. Für diesen Standort befindet sich derzeit ein Ersatzneubau in Planung. Aus Sicht des Energieverbrauchs ist dieser Standort der Fünftgrößte des Studentenwerks Oberfranken.



Abbildung 17: Luftbild Wohnanlage Frankengut in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80]

Der Standort wird aktuell über einen Erdgaskessel mit ca. 500 kW versorgt. Es ist außerdem eine Solarthermie-Anlage auf dem Dach der Liegenschaft installiert, die allerdings außer Betrieb ist. Gründe hierfür sind laut SWO Probleme bei der heizungsseitigen Einbindung bzw. dem Zusammenspiel der Erzeuger. Die Wohnanlage Frankengut ist die einzige Liegenschaft des Studentenwerks Oberfranken, die über keine eigene Stromerzeugungsanlage (PV oder BHKW) verfügt.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen den Strom- bzw. Erdgasverbrauch der Jahre 2018 und 2019. Die Verbräuche liegen in beiden Jahren auf einem relativ gleichen Niveau.

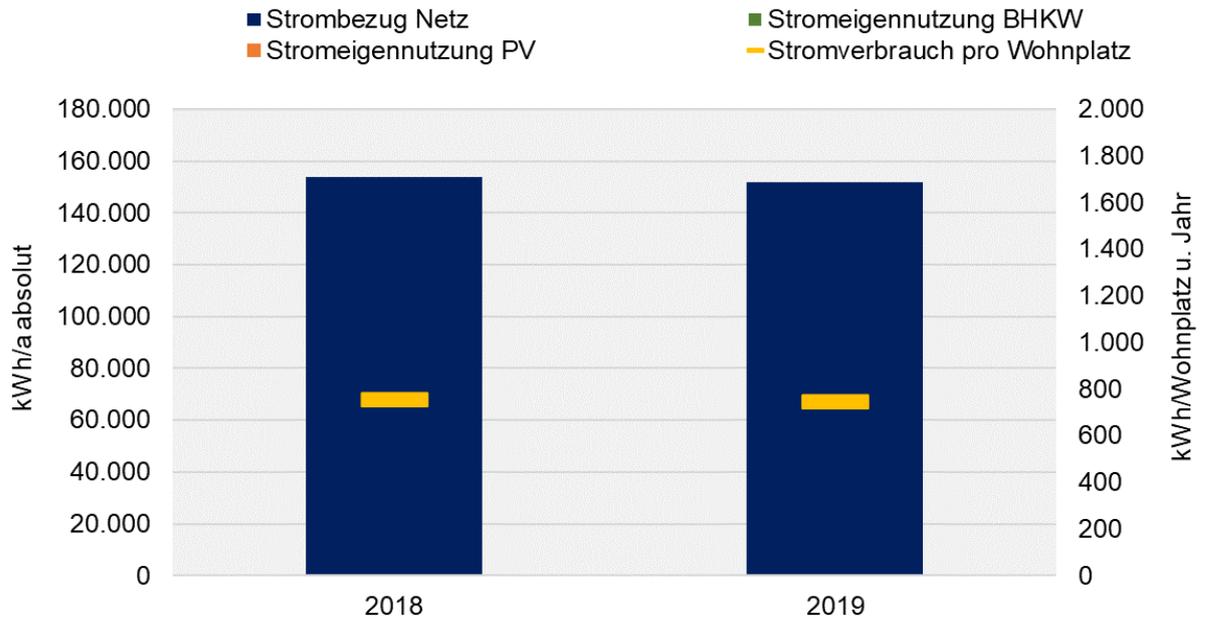


Abbildung 18: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

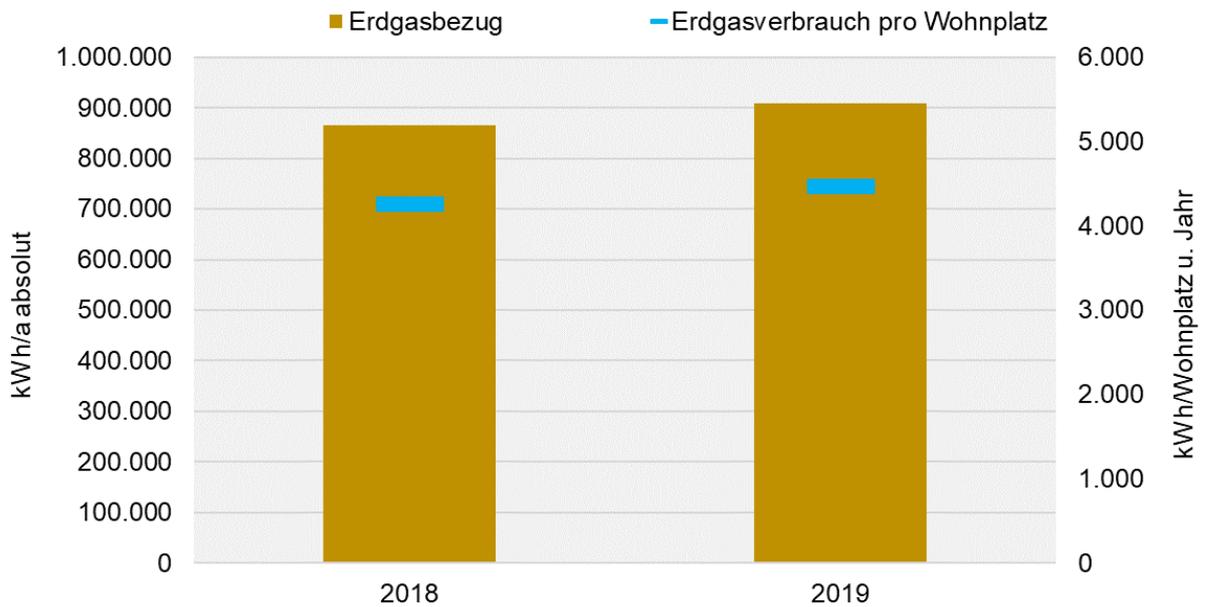


Abbildung 19: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

2.6 Wohnanlage Am Kreuzstein in Bayreuth (Frankengutstr. 1 - 11)

Die Wohnanlage Am Kreuzstein wurde im Jahr 1992 errichtet und bietet Platz für 290 Studierende. Aus energetischer Sicht ist dieser Standort nach dem Gebäudekomplex rund um das Haus Coburg der zweitgrößte Standort.



Abbildung 20: Luftbild Wohnanlage Am Kreuzstein in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80]

Die Wohnanlage Am Kreuzstein wird wärmeseitig über zwei Erdgaskessel mit je ca. 275 kW versorgt. Die Liegenschaft verfügt außerdem über drei PV-Anlagen zur Volleinspeisung. Abbildung 23 zeigt die insgesamt erzeugte und eingespeiste Strommenge der Jahre 2018 und 2019 sowie den spezifischen Ertrag der Anlage.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen den Strom- bzw. Erdgasverbrauch der Jahre 2018 und 2019. Der Stromverbrauch liegt in beiden Jahren auf etwa demselben Niveau, der Erdgasverbrauch in 2019 liegt etwas höher als in 2018.

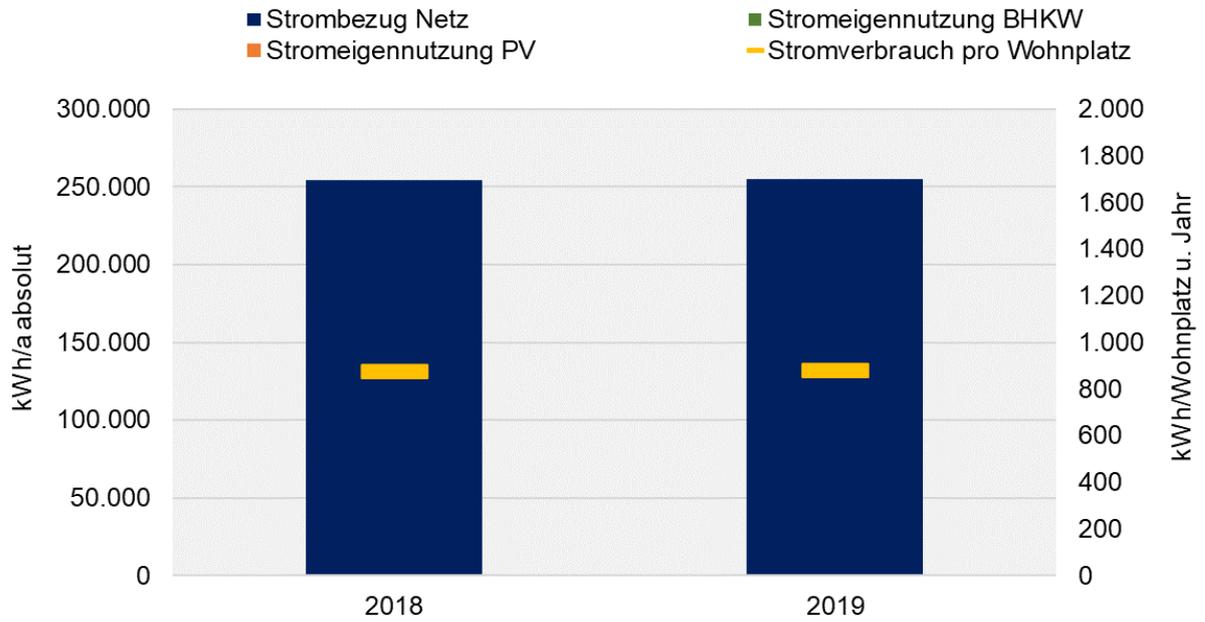


Abbildung 21: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

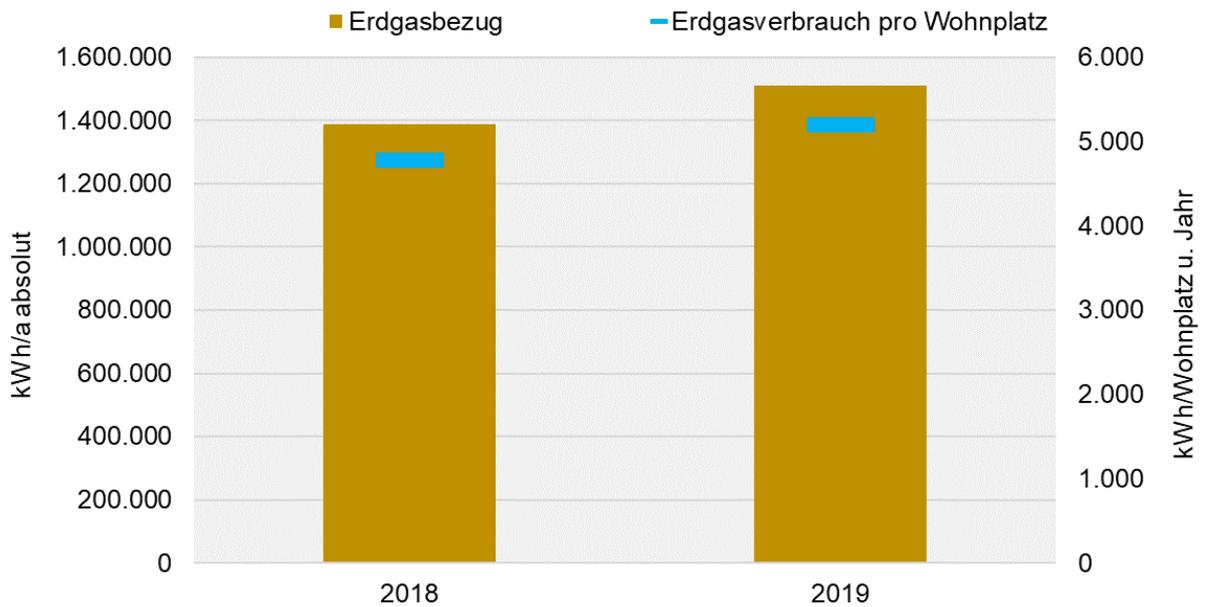


Abbildung 22: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

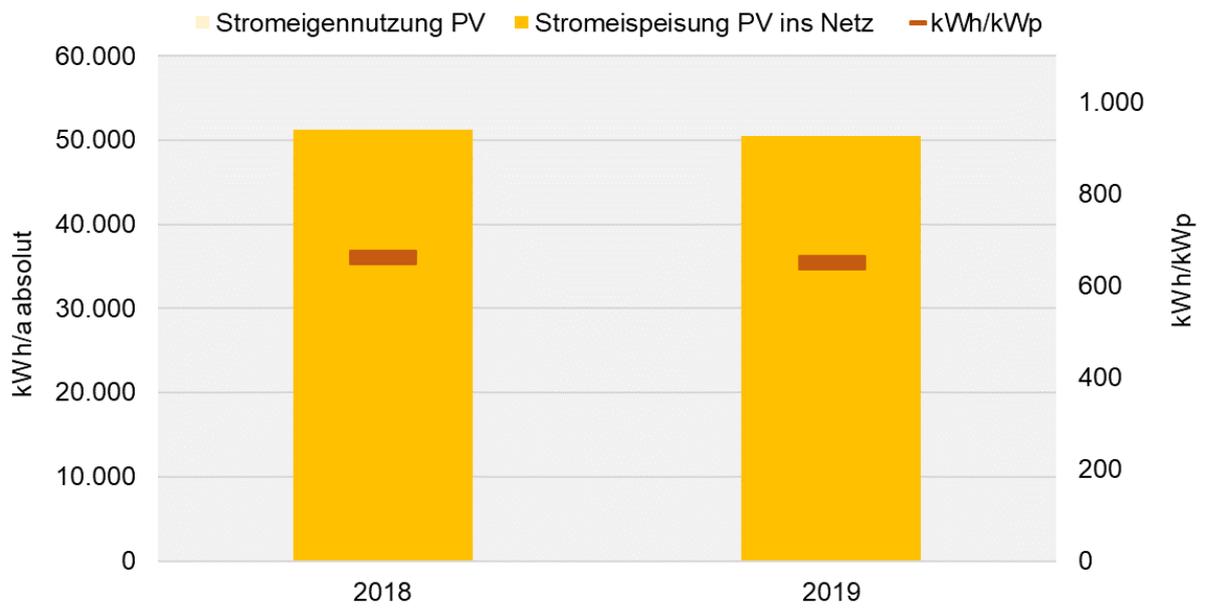


Abbildung 23: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)

2.7 Wohnheim Haus Sachsen in Coburg (Thüringerstr. 4)

Das Wohnheim Haus Sachsen in Coburg wurde im Jahr 1990 generalsaniert und bietet Platz für 93 Studierende.



Abbildung 24: Luftbild Wohnheim Haus Sachsen in Coburg [BayernAtlas DOP 80]

Haus Sachsen wird über eine Wärmeleitung, die aus der Heizzentrale des Haus Coburg gespeist wird, mit Wärme versorgt. Des Weiteren verfügt die Liegenschaft über eine PV-Anlage, die den erzeugten Strom zu 100 % ins Netz der öffentlichen Versorgung einspeist.

Abbildung 26 zeigt die insgesamt erzeugte und eingespeiste Strommenge der Jahre 2018 und 2019 sowie den spezifischen Ertrag der Anlage. Der jährliche Stromverbrauch der Liegenschaft ist in der nachfolgenden Abbildung erkennbar. Er liegt in den Jahren 2018 und 2019 etwa gleich hoch.

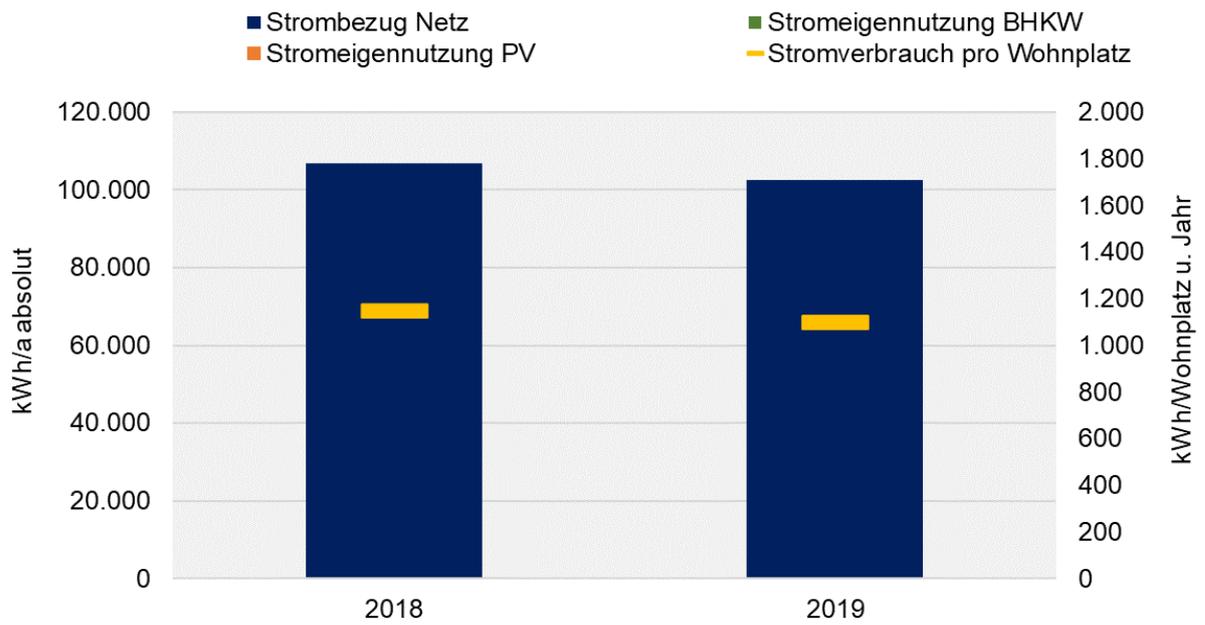


Abbildung 25: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

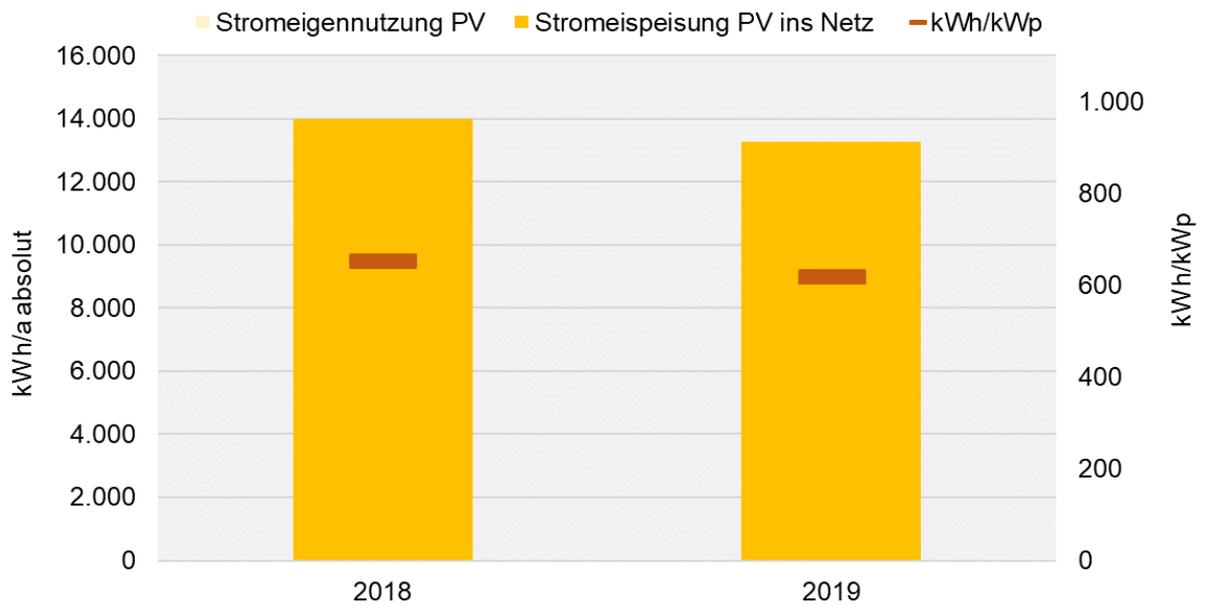


Abbildung 26: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)

2.8 Wohnheim Haus Gotha 1 in Coburg (Thüringerstr. 4b)

Das Wohnheim Haus Gotha I in Coburg wurde im Jahr 1980 errichtet und bietet Platz für 91 Studierende. Das Haus wurde im Jahr 2017 umfassend energetisch saniert.



Abbildung 27: Luftbild Wohnheim Haus Gotha I in Coburg [BayernAtlas DOP 80]

Haus Gotha I wird über eine Wärmeleitung, die aus der Heizzentrale des Haus Coburg gespeist wird, mit Wärme versorgt. Des Weiteren verfügt die Liegenschaft über eine PV-Anlage, die den erzeugten Strom zu 100 % ins Netz der öffentlichen Versorgung einspeist.

Abbildung 29 zeigt die insgesamt erzeugte und eingespeiste Strommenge der Jahre 2018 und 2019 sowie den spezifischen Ertrag der Anlage. Der jährliche Stromverbrauch der Liegenschaft ist in der nachfolgenden Abbildung erkennbar. Er liegt im Jahr 2018 deutlich niedriger als im Jahr 2019. Möglicherweise hängt die Differenz noch mit der energetischen Sanierungsmaßnahme aus dem Jahr 2017 zusammen. Das würde auch erklären, warum es in 2018 keine PV-Stromproduktion gegeben hat.

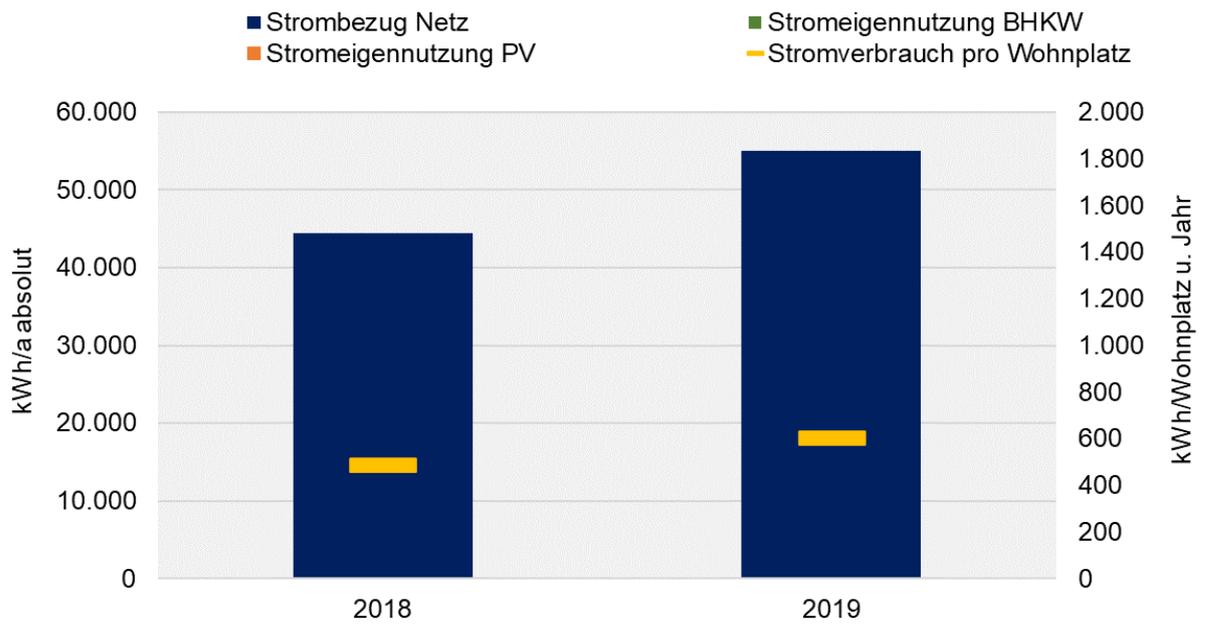


Abbildung 28: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

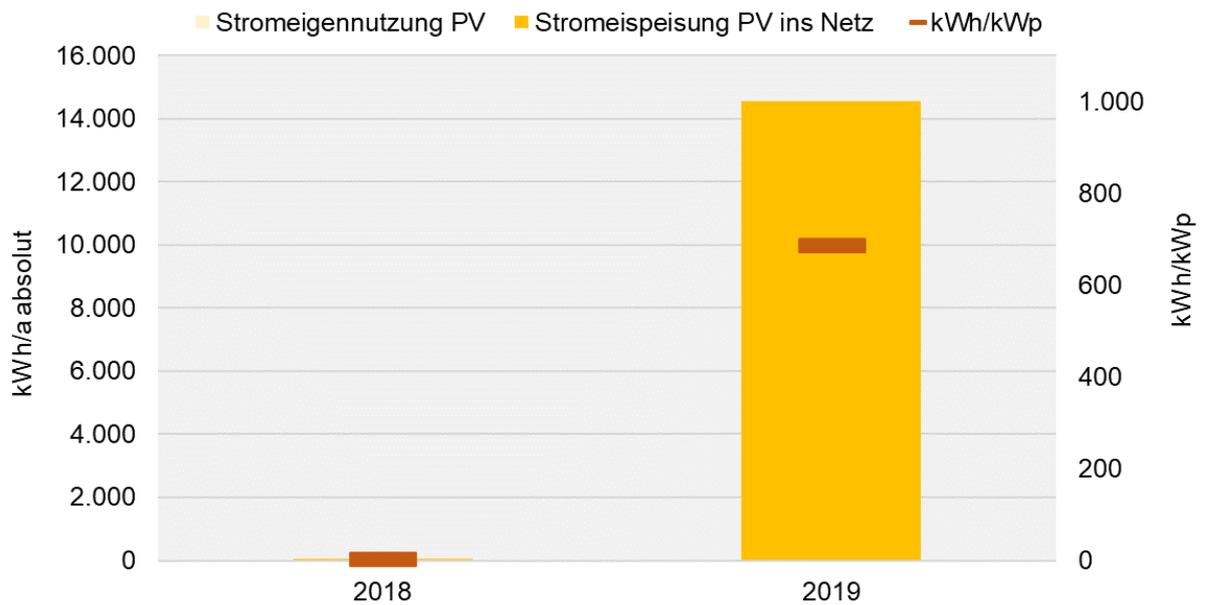


Abbildung 29: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)

2.9 Wohnheim Haus Gotha 2 in Coburg (Thüringerstr. 4c)

Das Wohnheim Haus Gotha II in Coburg wurde im Jahr 1993 errichtet und bietet Platz für 86 Studierende.



Abbildung 30: Luftbild Wohnheim Haus Gotha II in Coburg [BayernAtlas DOP 80]

Haus Gotha II wird über eine Wärmeleitung, die aus der Heizzentrale des Haus Coburg gespeist wird, mit Wärme versorgt. Des Weiteren verfügt die Liegenschaft über eine PV-Anlage, die den erzeugten Strom zu 100 % ins Netz der öffentlichen Versorgung einspeist.

Abbildung 32 zeigt die insgesamt erzeugte und eingespeiste Strommenge der Jahre 2018 und 2019 sowie den spezifischen Ertrag der Anlage. Der jährliche Stromverbrauch der Liegenschaft ist in der nachfolgenden Abbildung erkennbar. Er liegt in den Jahren 2018 und 2019 etwa gleich hoch. Wie in Haus Gotha I gibt es auch in Haus Gotha II keine Stromproduktion durch die PV-Anlage im Jahr 2018. Der Zähler der Anlage Gotha II befindet sich in Haus Gotha I. Möglicherweise ist auch hier die energetische Sanierung die Erklärung dafür.

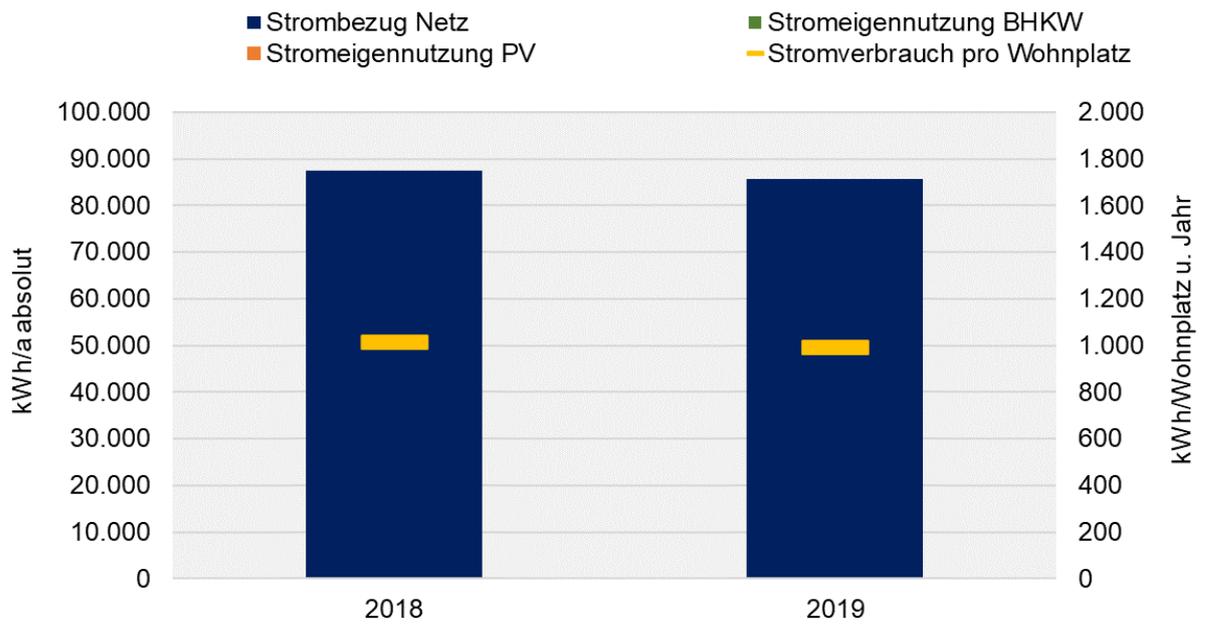


Abbildung 31: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

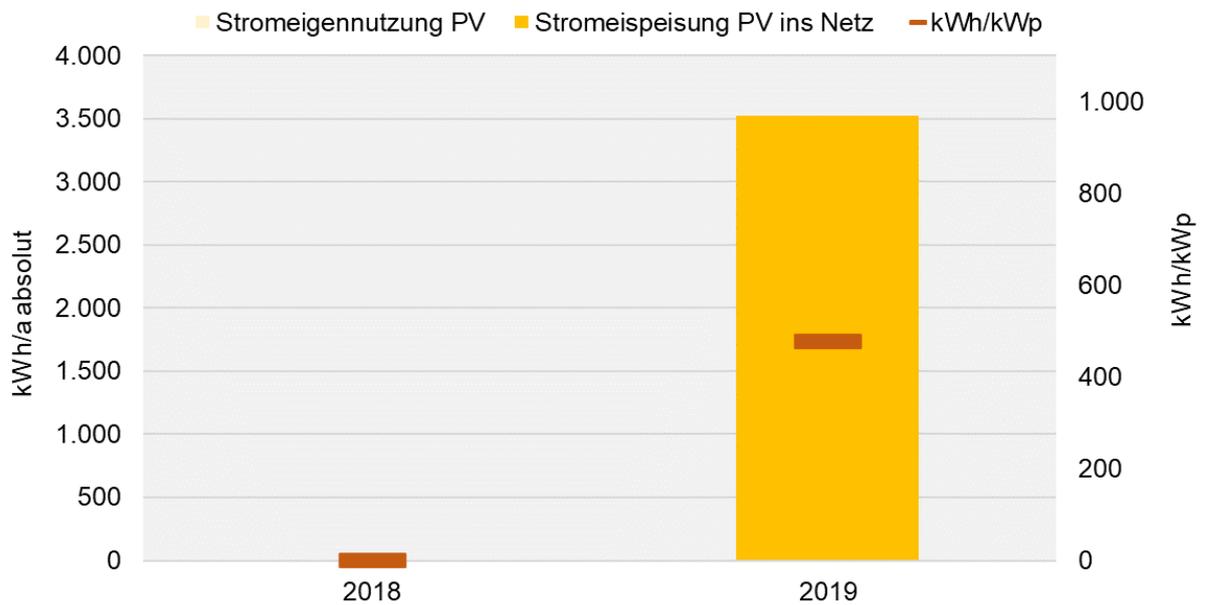


Abbildung 32: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)

2.10 Wohnheim Haus Coburg/Haus Vesteblick in Coburg (Thüringerstr. 4a)

Das Wohnheim Haus Coburg (auf der nachfolgenden Abbildung gelb markiert) wurde im Jahr 1996 generalsaniert und bietet Platz für 163 Studierende. Direkt daran grenzend liegt das Wohnheim Haus Vesteblick (auf der nachfolgenden Abbildung blau markiert), das im Jahr 2012 eröffnet wurde und 73 Wohnplätze hat.



Abbildung 33: Luftbild Wohnheim Haus Coburg u. Vesteblick in Coburg [BayernAtlas DOP 80]

Der Gebäudekomplex in Coburg ist aus energetischer Sicht der größte Standort des Studentenwerks Oberfranken. Über die Heizzentrale im Haus Coburg werden weitere Häuser über Wärmeleitungen mit Wärme versorgt (Vesteblick, Sachsen, Gotha I und Gotha II).

Zur Wärmeversorgung ist ein BHKW mit $50 \text{ kW}_{\text{el}}$ installiert. Stromseitig liefert das BHKW einen deutlichen Beitrag ($\sim 75 \%$) zur direkten Versorgung der Liegenschaft, wie die folgende Abbildung zeigt. Abbildung 36 lässt erkennen, dass etwa 65% des erzeugten Stroms direkt in der Liegenschaft verbraucht wird. Abbildung 35 zeigt darüber hinaus den Erdgasbedarf der Liegenschaft, einerseits den Bedarf zur Wärmeversorgung, andererseits den Bedarf, der zur Stromproduktion im BHKW dient. Zur vereinfachten Umrechnung bzw. Ausweisung der Anteile wurden der thermische und elektrische Wirkungsgrad herangezogen, wie bereits zu Beginn von Kapitel 2 beschrieben.

Neben dem BHKW sind zwei Erdgaskessel mit je 500 kW installiert, die den Spitzenlastbedarf abdecken können. In der Liegenschaft sind außerdem zwei PV-Anlagen zur Volleinspeisung installiert (Dach und Fassade). Abbildung 37 zeigt die insgesamt erzeugte und eingespeiste Strommenge der Jahre 2018 und 2019 sowie den spezifischen Ertrag der Anlage.

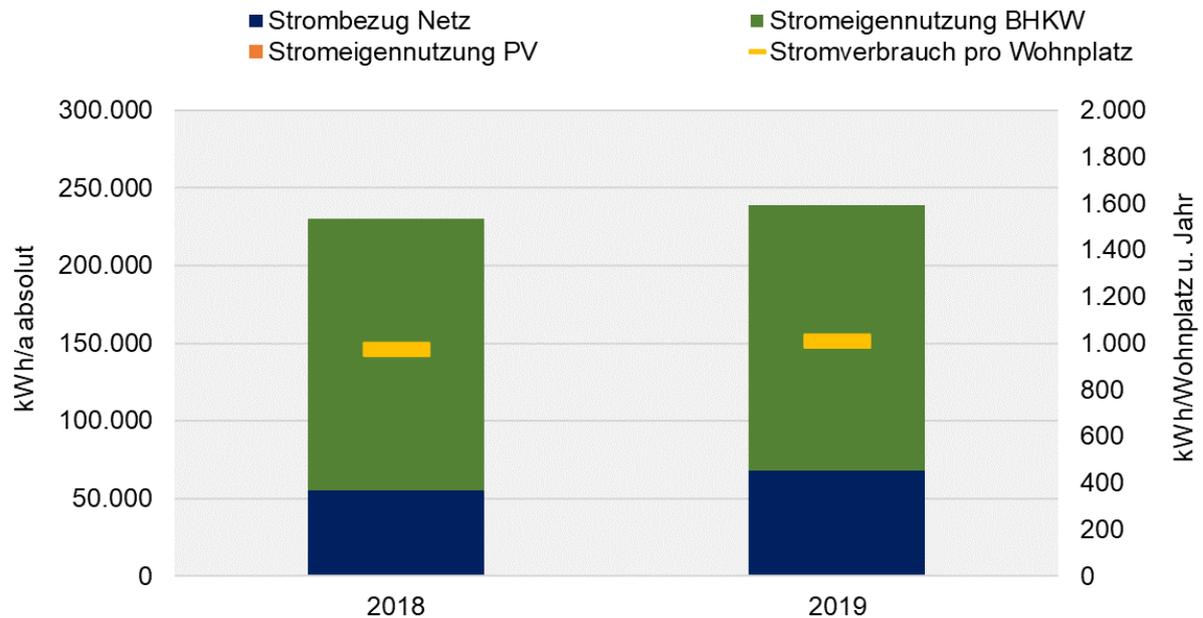


Abbildung 34: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze); inkl. Stromeigennutzung

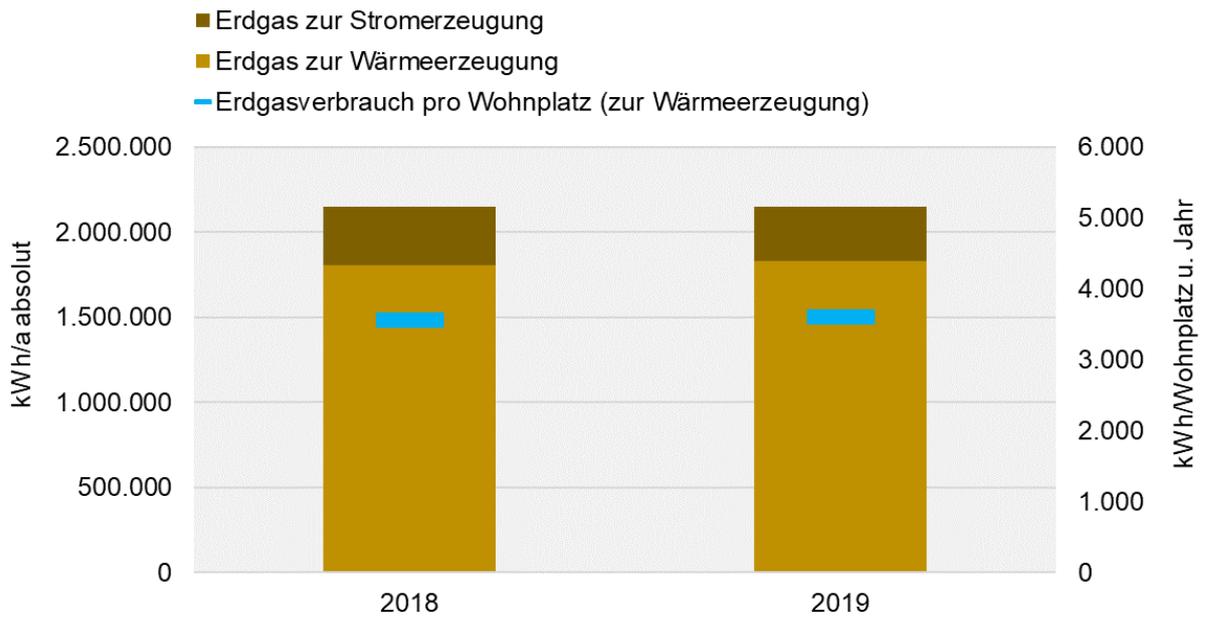


Abbildung 35: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

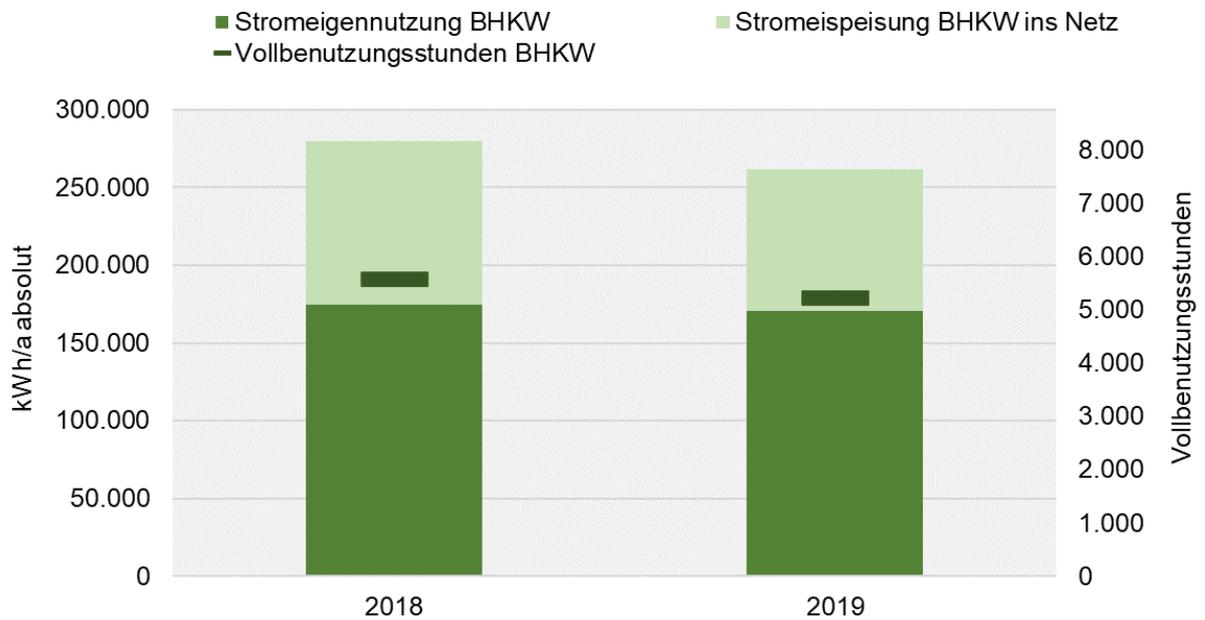


Abbildung 36: BHKW-Stromproduktion (Stromnutzung vor Ort plus Netzeinspeisung) 2018 u. 2019 und jährliche Vollbenutzungsstunden

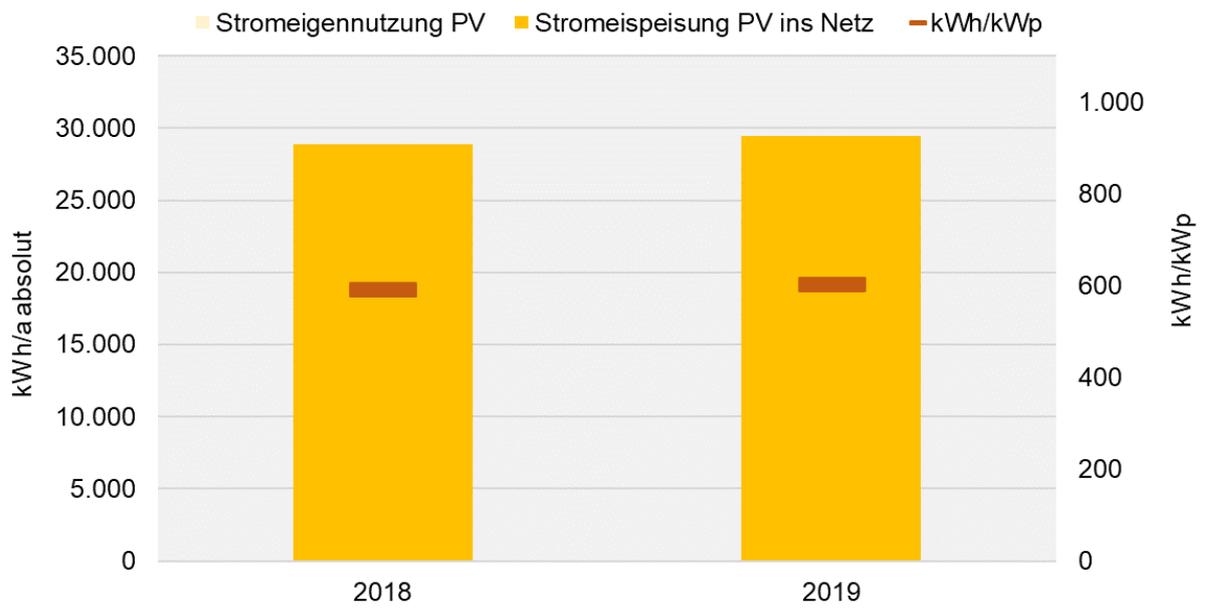


Abbildung 37: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)

2.11 Wohnanlage "Am Tappert" in Bayreuth (Dr. Klaus-Dieter-Wolff-Straße 5)

Die Wohnanlage Am Tappert ist einer der neueren Standorte und wurde im Jahr 2017 errichtet und bietet Platz für 244 Studierende.



Abbildung 38: Luftbild Wohnanlage Am Tappert in Bayreuth [BayernAtlas DOP 80]

In der Wohnanlage „Am Tappert“ ist ein BHKW zur Grundlastabdeckung mit $20 \text{ kW}_{\text{el}}$ installiert. Die Spitzenlastabdeckung übernehmen zwei Erdgaskessel. Stromseitig liefert das BHKW einen Beitrag zur Versorgung der Liegenschaft, wie die folgende Abbildung zeigt. Abbildung 41 lässt erkennen, dass nahezu 100 % des erzeugten Stroms direkt in der Liegenschaft verbraucht werden. Abbildung 40 zeigt darüber hinaus den Erdgasbedarf der Liegenschaft, einerseits den Bedarf zur Wärmeversorgung, andererseits den Bedarf, der zur Stromproduktion im BHKW dient. Zur vereinfachten Umrechnung bzw. Ausweisung der Anteile wurden der thermische und elektrische Wirkungsgrad herangezogen, wie bereits zu Beginn von Kapitel 2 beschrieben. Die folgenden Abbildungen machen außerdem deutlich, dass das BHKW im Jahr 2019 eine etwas längere Laufzeit als im Jahr 2018 aufgewiesen hat. Der Strombedarf ist in beiden Jahren auf demselben Niveau.

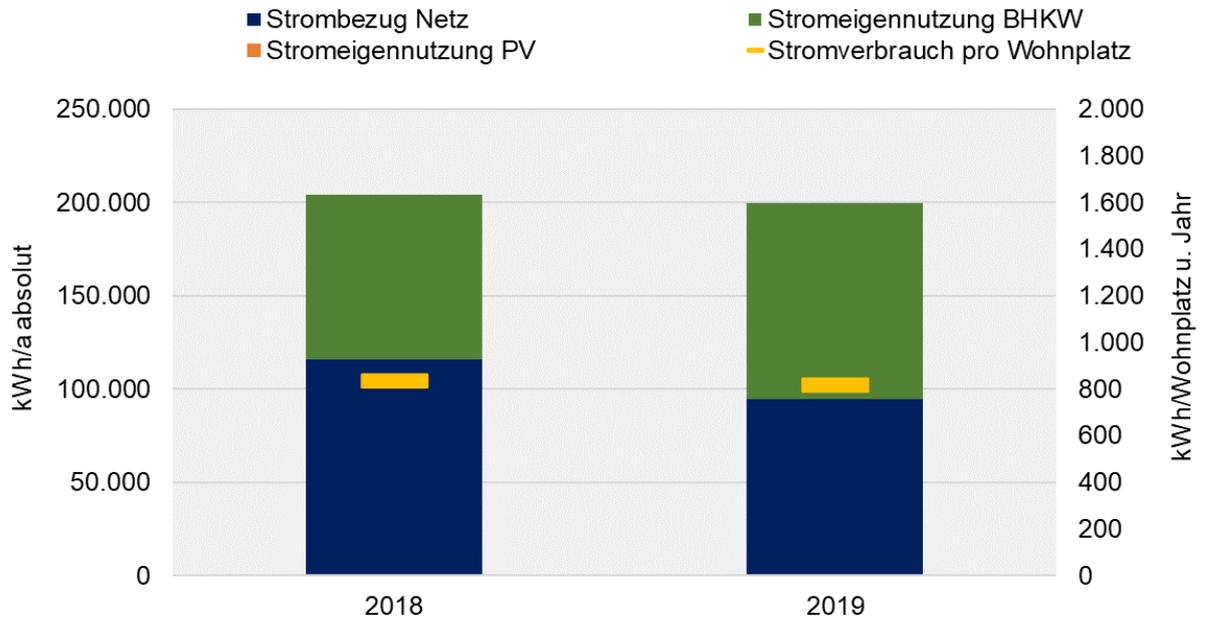


Abbildung 39: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze); inkl. Stromeigennutzung

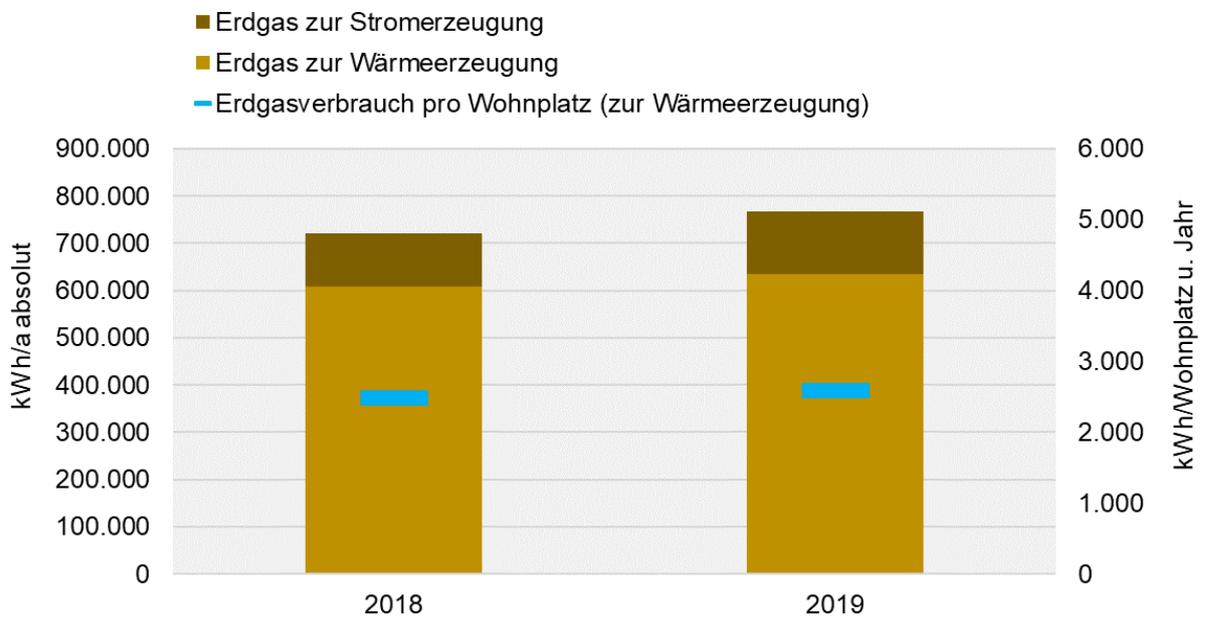


Abbildung 40: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

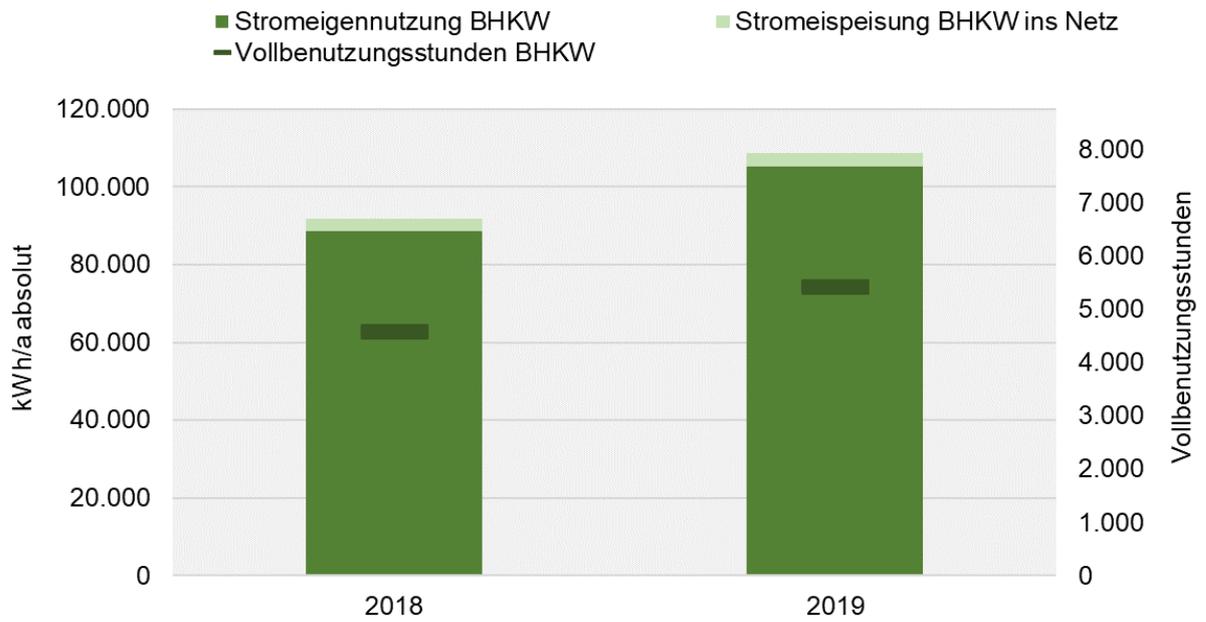


Abbildung 41: BHKW-Stromproduktion (Stromnutzung vor Ort plus Netzeinspeisung) 2018 u. 2019 und jährliche Vollbenutzungsstunden

2.12 Wohnheim "Campus Design" in Coburg (Am Hofbräuhaus 3a)

Das Wohnheim Campus Design in Coburg ist ebenfalls einer der neueren Standorte, wurde im Jahr 2015 errichtet und bietet Platz für 106 Studierende.



Abbildung 42: Luftbild Wohnheim Campus Design in Coburg [BayernAtlas DOP 80]

Im Wohnheim „Campus Design“ ist ein BHKW zur Grundlastabdeckung mit 20 kW_{el} installiert. Die Spitzenlastabdeckung übernimmt ein Erdgaskessel. Stromseitig liefert das BHKW einen Beitrag zur Versorgung der Liegenschaft von über 50 %, wie die folgende Abbildung zeigt. Abbildung 45 lässt erkennen, dass etwa 60 % des erzeugten Stroms direkt in der Liegenschaft verbraucht werden. Abbildung 44 zeigt darüber hinaus den Erdgasbedarf der Liegenschaft, einerseits den Bedarf zur Wärmeversorgung, andererseits den Bedarf, der zur Stromproduktion im BHKW dient. Zur vereinfachten Umrechnung bzw. Ausweisung der Anteile wurden der thermische und elektrische Wirkungsgrad herangezogen, wie bereits zu Beginn von Kapitel 2 beschrieben. Die folgenden Abbildungen machen außerdem deutlich, dass Strom- und Erdgasbedarf in beiden Jahren auf demselben Niveau lagen.

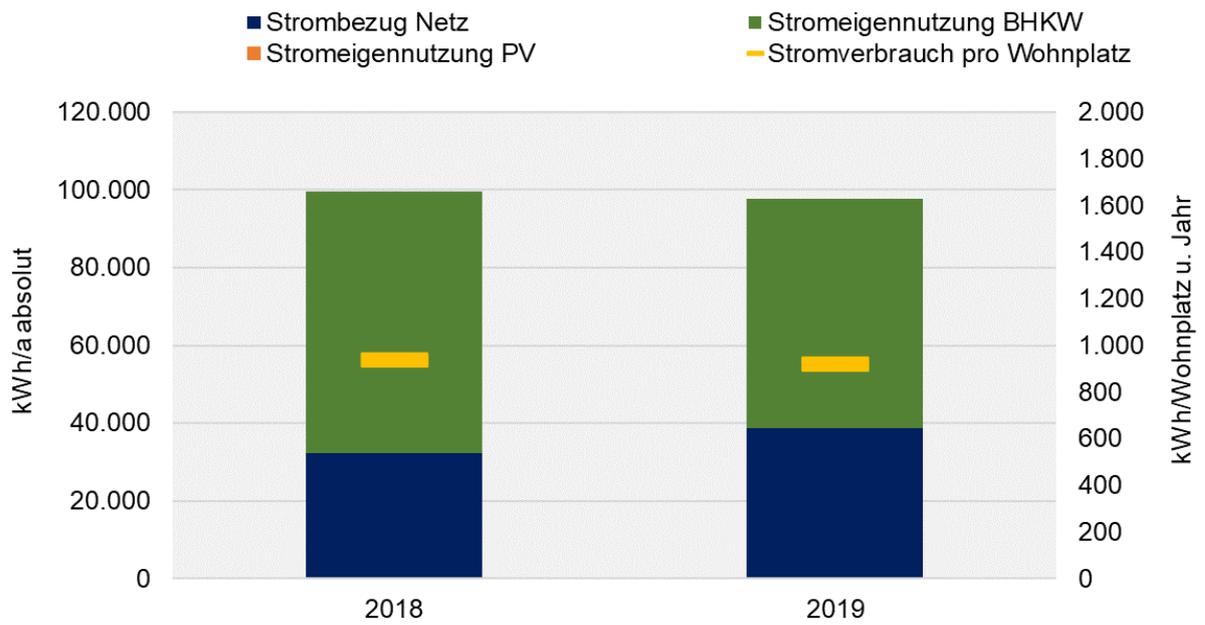


Abbildung 43: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze); inkl. Stromeigennutzung

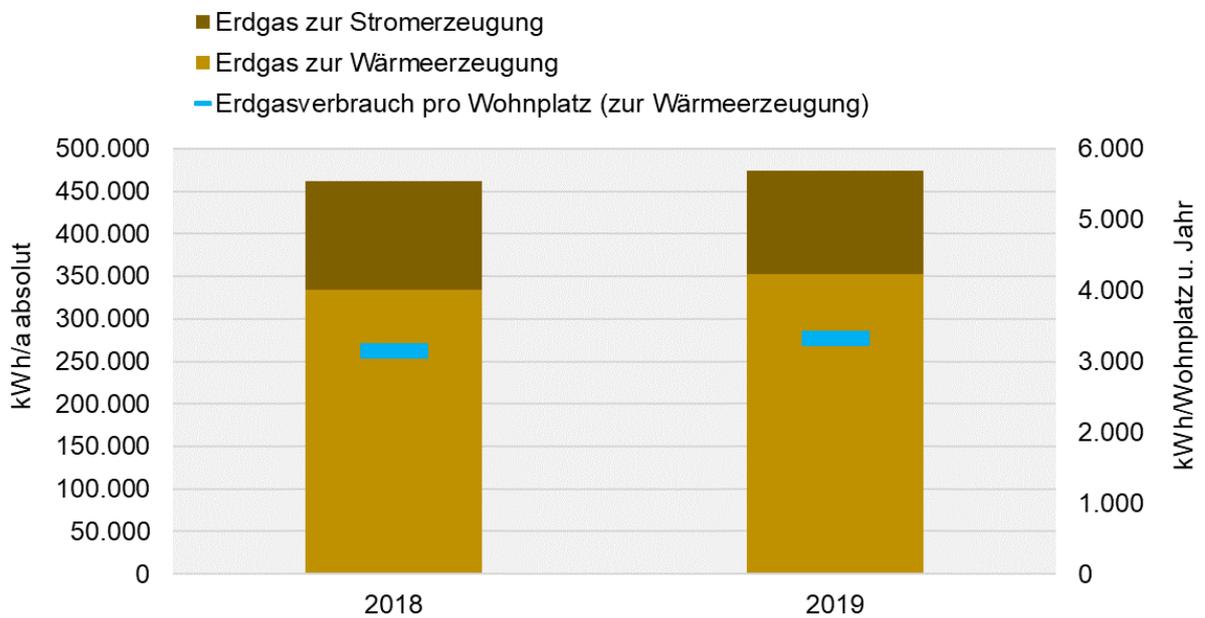


Abbildung 44: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

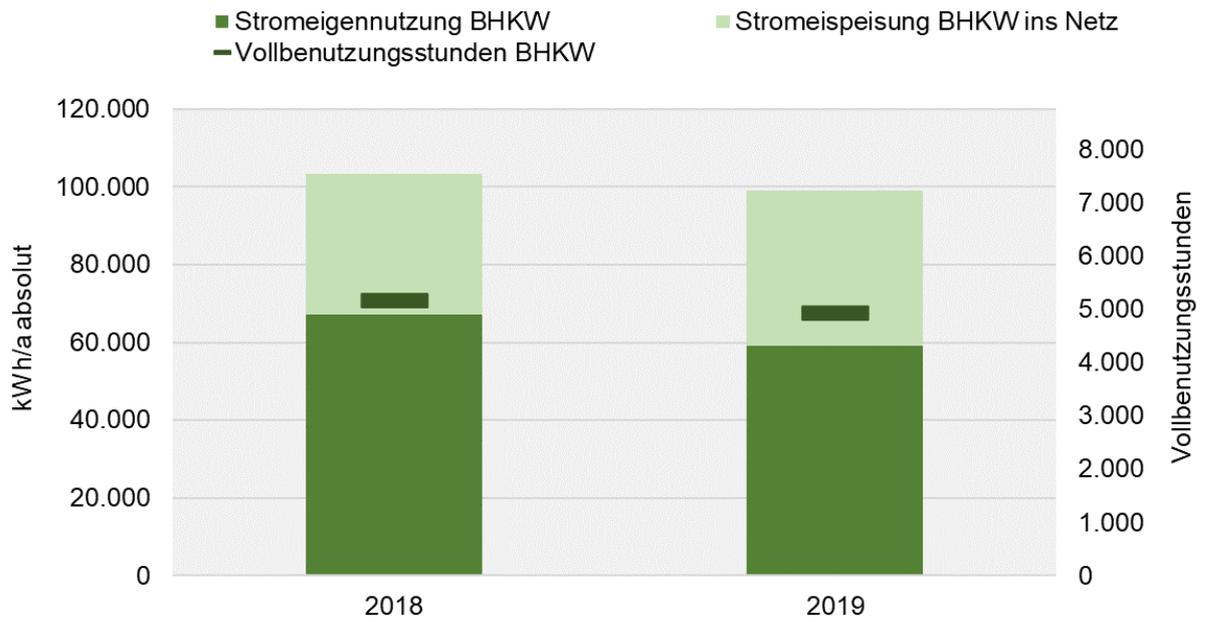


Abbildung 45: BHKW-Stromproduktion (Stromnutzung vor Ort plus Netzeinspeisung) 2018 u. 2019 und jährliche Vollbenutzungsstunden

2.13 Wohnanlage "Am Eichelberg" in Hof (Albert-Einstein-Straße 2)

Auch die Wohnanlage Am Eichelberg in Hof ist der aktuell neuste Standort des Studentenwerk Oberfranken und wurde im Jahr 2018 eröffnet. Das Wohnheim bietet Platz für 100 Studierende.



Abbildung 46: Luftbild Wohnanlage Am Eichelberg in Hof [BayernAtlas DOP 80]

Die Liegenschaft „Am Eichelberg“ wird über einen Erdgaskessel mit ca. 250 kW mit Wärme versorgt. Zusätzlich ist eine Solarthermieanlage installiert, die über 2 x 2.000 l Pufferspeicher in die Heiz- und Warmwasserbereitung eingebunden ist. Die Anlage besteht aus 27 Modulen (Flachkollektoren) zu je ca. 2,5 m² Brutto-Kollektorfläche, was insgesamt eine Fläche von etwa 67 m² ergibt. Allerdings ist kein Wärmemengenzähler für die Solarthermieanlage vorhanden, was die Ermittlung des Ertrags sowie die Beurteilung der Anlage hinsichtlich Soll-Erträgen nicht ermöglicht. Die Liegenschaft verfügt außerdem über eine PV-Anlage mit 8,3 kWp zur Volleinspeisung. Abbildung 49 zeigt die insgesamt erzeugte und eingespeiste Strommenge der Jahre 2018 und 2019 sowie den spezifischen Ertrag der Anlage.

Die Liegenschaft ist auf dem neusten Stand der Technik und weist neben Dreifachverglasung bei den Fenstern auch LED-Technik bei der Beleuchtung auf. Wo es sinnvoll ist, wurde hier auch mit Bewegungsmeldern gearbeitet.

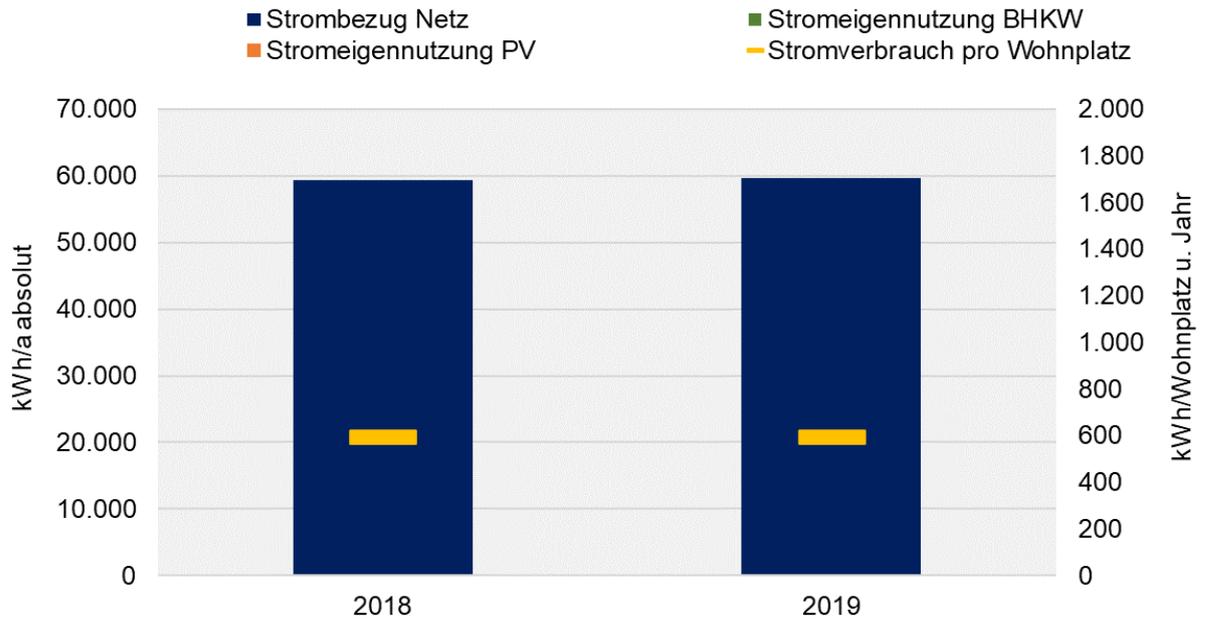


Abbildung 47: Stromverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

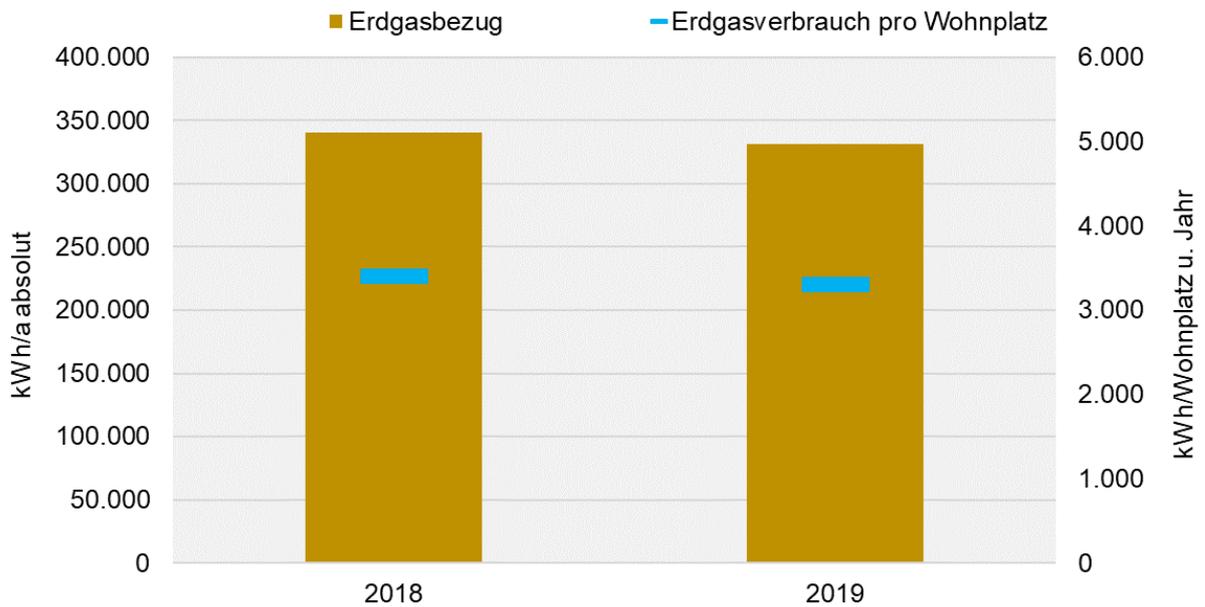


Abbildung 48: Erdgasverbrauch 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf vorhandene Wohnplätze)

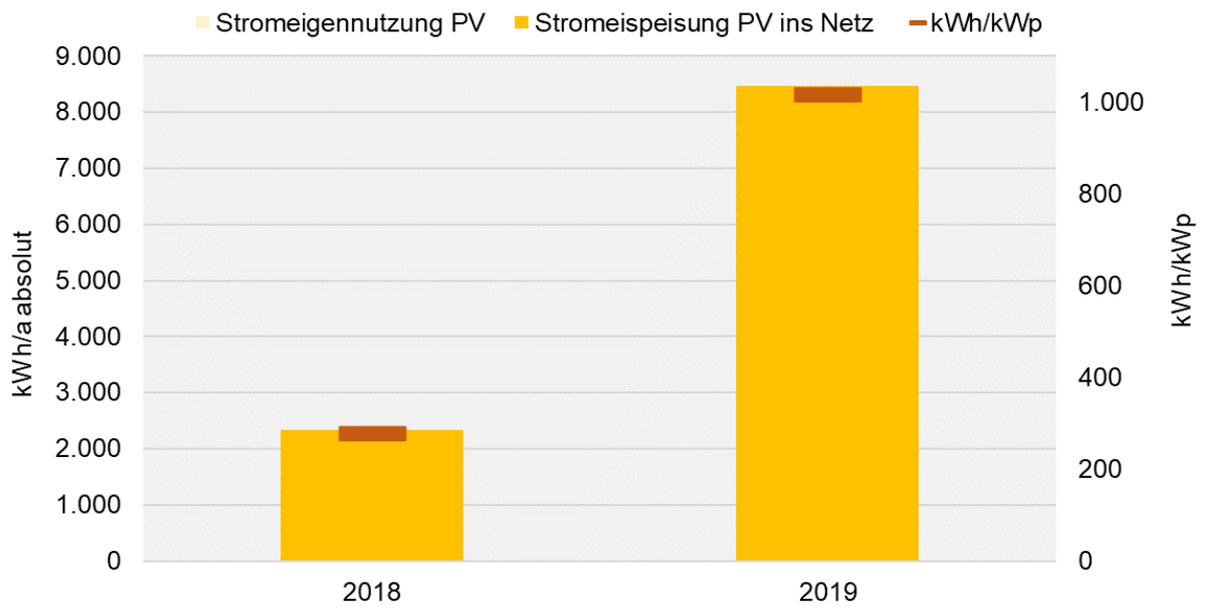


Abbildung 49: PV-Stromproduktion 2018 u. 2019 absolut und spezifisch (in Bezug auf die installierte Leistung)

3 Liegenschaftsübergreifende Analyse des Energiebedarfs

In den nachfolgenden Gliederungspunkten sind die Liegenschaften in den Abbildungen jeweils absteigend nach Baujahr sortiert, um einen möglichen Einfluss dessen auf den Energieverbrauch deutlich zu machen. Die Abbildungen zeigen jeweils den spezifischen Energiebedarf in Bezug auf die Anzahl der Wohnplätze je Haus. Für die Berechnung wurden die Verbrauchsdaten aus den Jahren 2018 und 2019 herangezogen und daraus wurde der Mittelwert gebildet.

3.1 Strombedarf

In der nachfolgenden Abbildung ist der spezifische Strombedarf der Liegenschaften in Bezug auf die verfügbaren Wohnplätze dargestellt. Hierbei ist neben dem Netzstrombezug auf die Nutzung von Strom aus eigenen Erzeugungsanlagen enthalten (PV und KWK).

Der Strombedarf steht nicht so sehr in Zusammenhang mit dem Baujahr wie beispielsweise der Wärmebedarf, was auch durch die Auswertung deutlich wird. Was allerdings Einfluss auf den Stromverbrauch hat, sind z.B. alte Heizungspumpen, konventionelle Beleuchtung und ältere, weniger effiziente Gebrauchsgeräte.

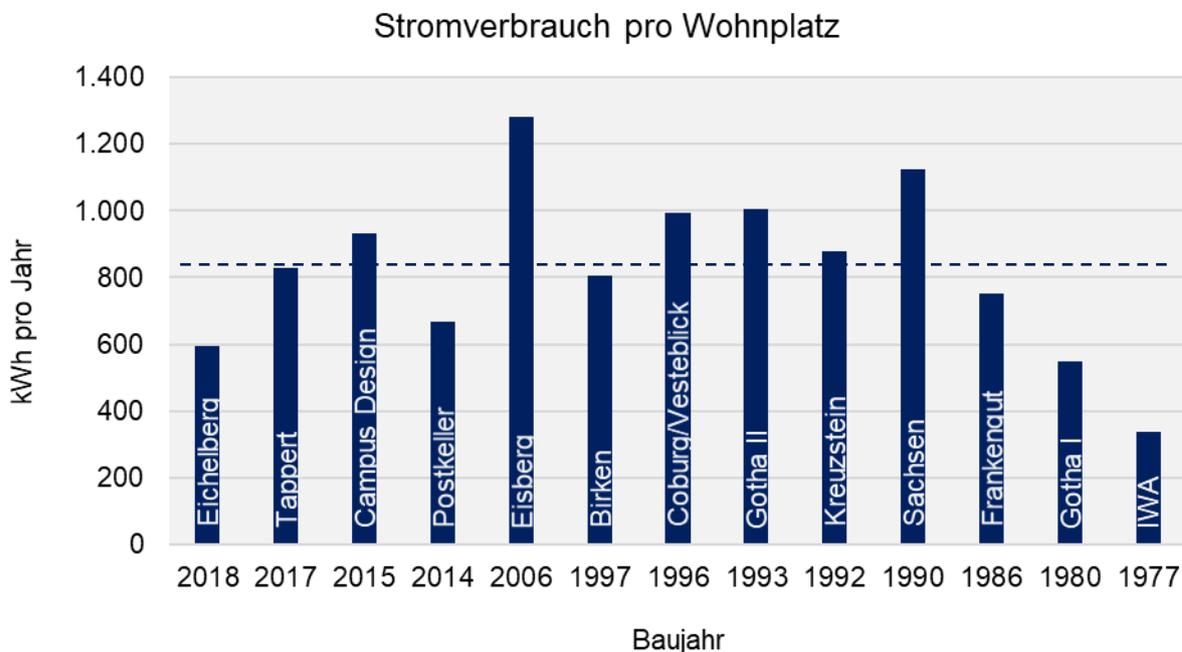


Abbildung 50: Spezifischer Strombedarf der Liegenschaften im Vergleich

Der Mittelwert des spezifischen Strombedarfs (gestrichelte Linie) liegt bei etwa 830 kWh/a*Wohnplatz, was in der Abbildung durch die gestrichelte Linie deutlich gemacht wird.

Zum Vergleich: Der Strombedarf eines Ein-Personen-Haushaltes im Mehrfamilienhaus (ohne elektrische Warmwasserbereitung) beträgt in etwa 1.500 kWh/a (Statista).

Die VDI 3807 gibt in Blatt 2 außerdem Anhaltswerte für den Heizenergieverbrauch von Studentenwohnheimen. Folgende Tabelle fasst die Werte kurz zusammen.

Tabelle 1: Vergleich des spezifischen Energieverbrauchs (stromseitig) mit VDI 3807 Blatt 2

	Richtwert	Mittelwert	Werte SWO
	kWh/Wohnheimplatz u. Jahr		
Studentenwohnheim mit EZ (GK+GB)	780	984	Min. 340
Studentenwohnheim mit WG-Wohnung	695	1.070	Max. 1.280
			Ø 830

EZ = Einzelzimmer

GK = Gemeinschaftsküche

GB = Gemeinschaftsbad

Es zeigt sich, dass die Wohnheime des Studentenwerks Oberfranken mit einem mittleren Strombedarf von 830 kWh/a sowohl bei den Studentenwohnheimen mit Einzelzimmer (GK+GB) als auch WG-Wohnung in einem normalen Bereich liegen.

Einen besonders hohen spezifischen Strombedarf weisen die Standorte Eisberg in Amberg und Haus Sachsen in Coburg auf. Bei der moderneren Wohnanlage Eisberg in Amberg ist der erhöhte spezifische Bedarf möglicherweise durch die im Gebäude befindliche Kita bzw. größere Lüftungsanlagen zu erklären. Einen besonders niedrigen Verbrauch die Internationale Wohnanlage in Bayreuth. Außerdem liegt der Strombedarf an den Standorten Gotha I, Am Postkeller und Eichelberg erkennbar unter dem Durchschnittswert. Ein Faktor, der in der Berechnung nicht einbezogen ist, ist die Auslastung des jeweiligen Wohnheims in den Jahren 2018 und 2019. Dadurch können die Werte niedriger ausfallen, als sie es beim Einbezug der Auslastung getan hätten. Möglicherweise ist dies der Grund, warum der spezifische Energiebedarf der IWA so weit unter dem Durchschnitt liegt. Die energetische Sanierung im Haus Gotha I im Jahr 2017 kann der Grund für einen geringen spezifischen Stromverbrauch aufgrund der Erneuerung alter Geräte, wie oben bereits beschrieben, sein. Beim neuesten Standort am Eichelberg ist der niedrige spezifische Strombedarf wahrscheinlich auf die moderne Technik, z.B. LED-Beleuchtung zu einem großen Teil mit Bewegungsmelder bzw. hocheffiziente Pumpen und auch Verbrauchsgeräte, wie z.B. Kühlschränke zurückzuführen.

3.2 Erdgasbedarf

In der nachfolgenden Abbildung ist der spezifische Erdgasbedarf der Liegenschaften in Bezug auf die verfügbaren Wohnplätze dargestellt. In die Berechnung wurde allerdings die Auslastung der Standorte nicht einbezogen.

Hier sind Standorte mit KWK-Anlagen dabei (Am Tappert, Campus Design, Am Postkeller und Coburg), die eigentlich verhältnismäßig mehr Erdgas benötigen als Standorte nur mit Erdgas-Heizkessel. Das liegt neben der Wärmeerzeugung an der zusätzlichen Stromproduktion. Dieser Mehrverbrauch an Erdgas für die Stromproduktion ist allerdings nicht im spezifischen Wert in der nachfolgenden Abbildung enthalten. Der Erdgasverbrauch wurde über den Einbezug des Wirkungsgrades auf den Anteil, der zur Wärmeversorgung benötigt wird und den Anteil, der zur Stromerzeugung benötigt wird, aufgeteilt. Der thermische Wirkungsgrad beträgt dabei vereinfacht und für alle vereinheitlicht in etwa 60 %, der elektrische Wirkungsgrad 30 %.

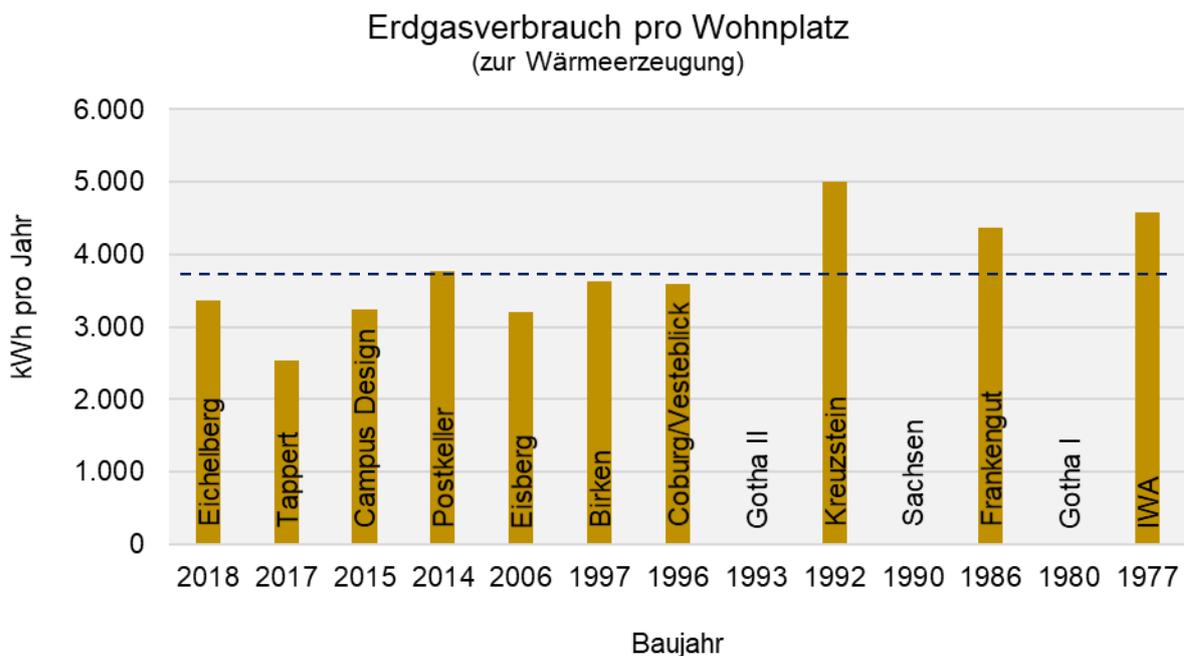


Abbildung 51: Spezifischer Erdgasbedarf der Liegenschaften im Vergleich

Der Mittelwert des spezifischen Erdgasbedarfs (gestrichelte Linie) beträgt etwa 3.730 kWh/a Wohnplatz. Die Ergebnisse in der Darstellung bestätigen, dass das Baualter einen stärkeren Einfluss auf den Wärmebedarf hat als auf den Strombedarf. Zudem ist der Wärmebedarf weniger abhängig von der Belegung der Wohnheime, wodurch sich der Fehler, der durch die Berechnung entsteht, in geringerem Ausmaß auf den spezifischen Wert auswirkt.

Die VDI 3807 gibt in Blatt 2 Anhaltswerte für den Heizenergieverbrauch von Studentenwohnheimen. Folgende Tabelle fasst die Werte kurz zusammen.

Tabelle 2: Vergleich des spezifischen Energieverbrauchs (wärmeseitig) mit VDI 3807 Blatt 2

	Richtwert (Heizenergie)	Mittelwert (Heizenergie)	Werte SWO (kWh _{HS})
	kWh/Wohnheimplatz u. Jahr		
Studentenwohnheim mit EZ (GK+GB)	3.574	4.311	Min. 2.545
Studentenwohnheim mit WG-Wohnung	1.620	1.763	Max. 5.000 Ø 3.730

EZ = Einzelzimmer

GK = Gemeinschaftsküche

GB = Gemeinschaftsbad

Es zeigt sich, dass die Wohnheime des Studentenwerks Oberfranken mit einem mittleren Erdgasbedarf von 3.730 kWh_{HS}/a (3.360 kWh_{HI}/a) bei den Studentenwohnheimen mit Einzelzimmer (GK+GB) in einem normalen bis guten Bereich liegen.

Der Erdgasbedarf liegt bei den Wohnanlagen Kreuzstein, Frankengut und IWA über den Durchschnittswert. Diese drei Liegenschaften gehören zu den ältesten Liegenschaften des Studentenwerks Oberfranken. Die drei Liegenschaften, die keinen Erdgasverbrauch aufweisen, werden über das Haus Coburg mit Wärme versorgt. Der spezifische Verbrauch liegt hier knapp unter dem Durchschnitt, obwohl die drei mitversorgten Häuser einige der ältesten sind. Haus Gotha I mit 17 % der Wohnplätze in diesem Verbund wurde allerdings 2017 energetisch saniert und Haus Vesteblick mit 14 % der Wohnplätze wurde erst im Jahr 2012 errichtet.

In der Wohnanlage „Am Eichelberg“ ist zusätzlich zum Erdgaskessel eine Solarthermieanlage installiert. D.h. ohne die Anlage wäre der spezifische Erdgasbedarf noch etwas höher. Der letztendliche Bedarf kann allerdings nicht abschließend beurteilt werden, da kein Wärmemengenzähler für die Solarthermieanlage vorhanden ist und der Ertrag der Anlage daher nicht ermittelt werden kann.

3.3 Gesamtenergiebedarf

Nachfolgende Abbildung fasst die beiden vorangehenden Abbildungen zusammen, indem hier der spezifische Gesamtenergiebedarf abgebildet wird. Beim Strombedarf ist auch der vor Ort selbst genutzte Strom aus Eigenerzeugungsanlagen enthalten. Der Erdgasbedarf wurde an Standorten mit BHKW um den Mehrbezug für die Stromproduktion vermindert, um eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Liegenschaften zu gewährleisten.

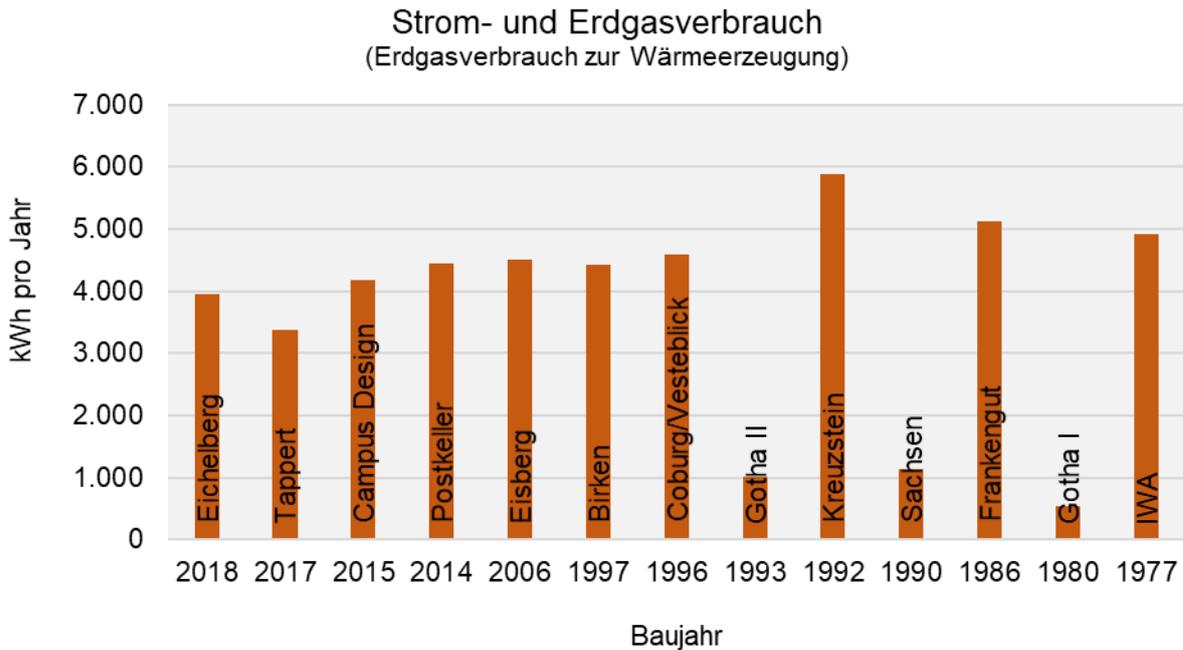


Abbildung 52: Spezifischer Strom- und Erdgasbedarf der Liegenschaften im Vergleich

Die Liegenschaft mit dem höchsten spezifischen Strombedarf ist die Wohnanlage Am Kreuzstein in Bayreuth. Tendenziell zeigt sich außerdem, dass die Liegenschaften älteren Baujahres einen höheren spezifischen Verbrauch aufweisen, als die neueren Häuser. Beim jüngsten Standort in Hof „Am Eichelberg“ könnte der spezifische Verbrauch durch den Einfluss der Bauphase (Baustrom, Estrichtrocknung etc.) noch nicht ganz die Realität widerspiegeln. Das Haus wurde im Jahr 2018 eröffnet und die herangezogenen Verbrauchswerte für die Darstellung sind aus den Jahren 2018 u. 2019.

3.4 Eigenerzeugungsanlagen (KWK u. PV)

Abbildung 53 zeigt die mittleren Vollbenutzungsstunden (2018 u. 2019) der KWK-Anlagen in den vier Liegenschaften. Diese wurde ermittelt aus dem Quotienten von jährlicher Stromerzeugung und elektrischer Nennleistung der Aggregate.

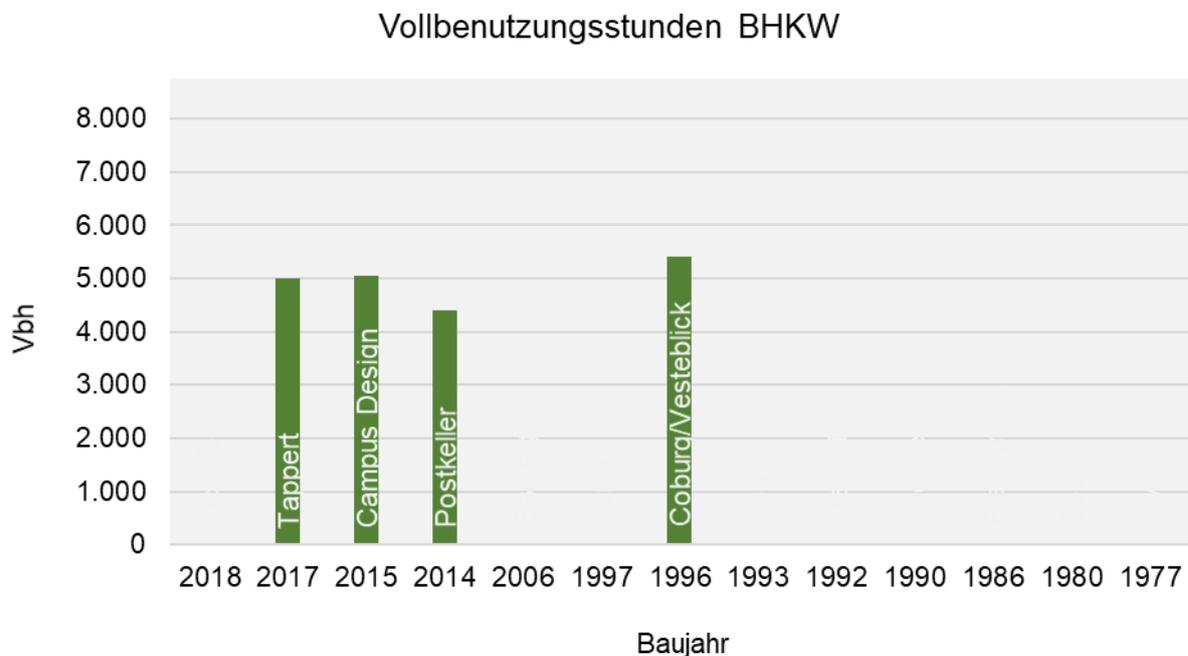


Abbildung 53: Vollbenutzungsstunden (KWK-Anlagen) der Liegenschaften mit BHKW im Vergleich

Die mittlere Zahl der Vollbenutzungsstunden an Standorten mit KWK-Anlagen beträgt 4.970 Stunden. Die Anzahl der Vollbenutzungsstunden kann maximal 8.760 Stunden betragen. Die Zahl, die bei den BHKWs erreicht wird, hängt einerseits von der Fahrweise (strom- oder wärmegeführt) ab, andererseits wird sie durch die thermische Lastanforderung des Standorts und die Modulationsfähigkeit des Aggregates bestimmt.

Nachfolgende Abbildungen zeigen die thermischen Jahresdauerlinien der Standorte mit KWK-Anlage. In diese Jahresdauerlinien wurde jeweils die KWK-Anlage zur Grundlastenerzeugung (blaue Linie) mit entsprechender Anzahl an Vollbenutzungsstunden gelegt. Dadurch ist erkennbar, wie lange die Anlagen jährlich wärmegeführt laufen können bzw. real laufen.

Es handelt sich hier um Werte der Jahre 2018 u. 2019. Der Wärmebedarf einer Liegenschaft wurde anhand eines Jahresnutzungsgrades von 90 % errechnet (Basis dessen ist wiederum der abgeschätzte Erdgasbedarf zur Wärmeerzeugung). Der Warmwasserbedarf wurde pauschal mit 20 % des Wärmebedarfs abgeschätzt. Dadurch ergibt sich eine gewisse Unschärfe.

Die Grafik zeigt, dass das BHKW am Standort „Am Postkeller“ vom Jahr 2018 auf 2019 deutlich an Laufzeit zugelegt hat. Der Betrieb im Jahr 2019 sieht anhand der Laufzeit sehr effizient und störungsarm aus. Der Grund für die Verbesserung von 2018 auf 2019 ist nicht bekannt. Jedoch sollte eine derartige Auswertung auch für das Jahr 2020 erfolgen, um feststellen zu können, ob der Betrieb so effizient fortgesetzt werden konnte und falls nicht, was der Grund dafür sein könnte.

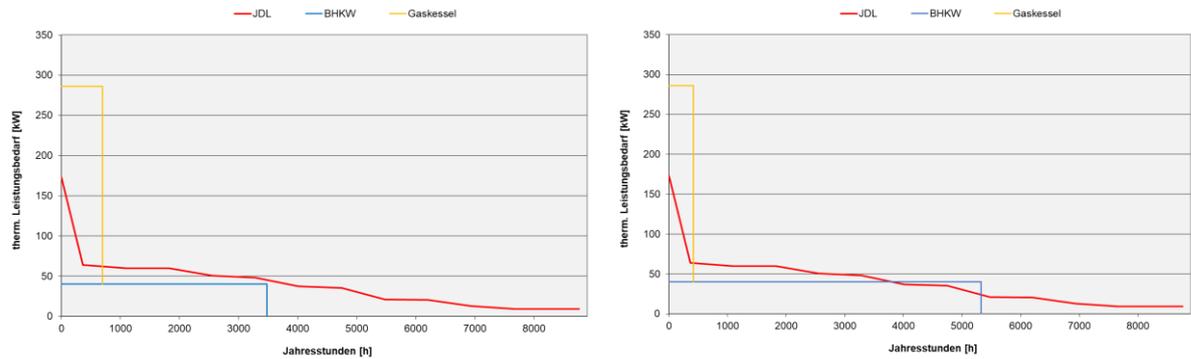


Abbildung 54: Thermische Jahresdauerlinie Wohnheim Am Postkeller (links 2018; rechts 2019)

Für das „Haus Coburg“ machen die beiden folgenden Darstellungen deutlich, dass in beiden Jahren theoretisch eine etwas längere Laufzeit möglich gewesen wäre.

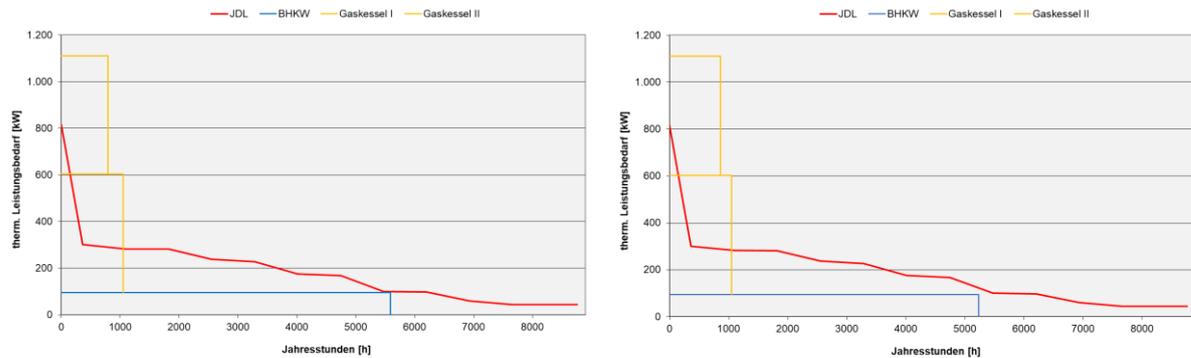


Abbildung 55: Thermische Jahresdauerlinie Wohnheim Haus Coburg (links 2018; rechts 2019)

Am Standort „Am Tappert“ hat sich die Laufzeit vom Jahr 2018 auf 2019 erhöht. In beiden Jahren hätte die Anlage, der thermischen Jahresdauerlinie nach zu urteilen, allerdings etwas länger laufen können.

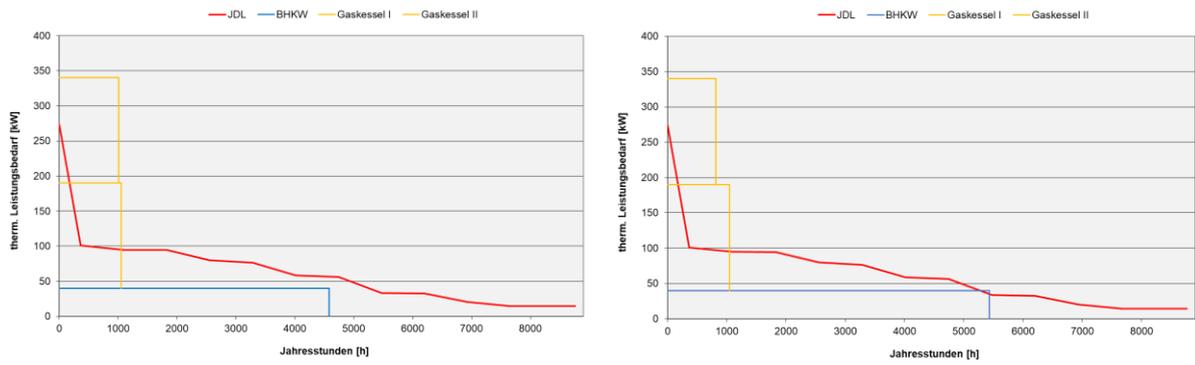


Abbildung 56: Thermische Jahresdauerlinie Wohnanlage Am Tappert (links 2018; rechts 2019)

Das BHKW am Standort „Campus Design“ läuft den beiden nachstehenden Abbildungen zufolge sehr effizient und scheinbar störungsarm. Werden in den folgenden Jahren Vollbenutzungsstunden in dieser Größenordnung von 5.000 erreicht und findet gleichzeitig keine Veränderung beim Wärmebedarf statt, so scheint die Fahrweise des BHKW sehr zufriedenstellend.

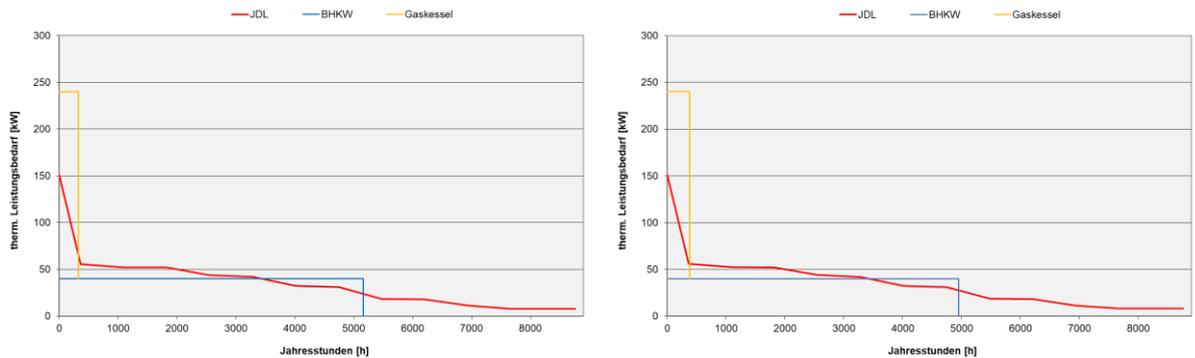


Abbildung 57: Thermische Jahresdauerlinie Wohnheim Campus Design (links 2018; rechts 2019)

In Kapitel 4.4 wird nochmals kurz auf die Optimierung der BHKW-Laufzeiten eingegangen.

Nachfolgende Abbildung zeigt den mittleren, spezifischen, jährlichen Ertrag aus Photovoltaikanlagen verschiedener Liegenschaften. Dabei wurden, falls vorhanden, mehrere Photovoltaikanlagen in einer Liegenschaft zusammengefasst. Eine Einzelaufstellung befindet sich in Kapitel 4.2.

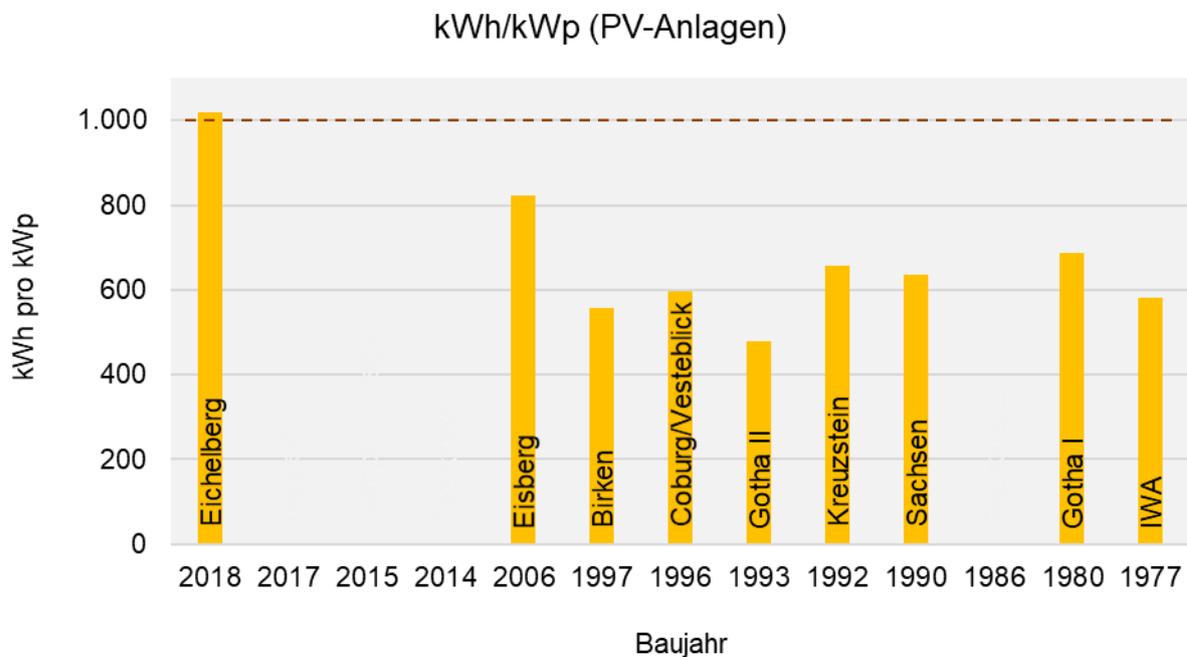


Abbildung 58: Spezifische Stromerzeugung aus PV-Anlagen an Standorten mit PV-Anlagen

Alle Anlagen speisen zu 100 % ins Netz der öffentlichen Versorgung ein. Die gestrichelte Linie bei 1.000 kWh/kWp zeigt einen Zielwert, der in Deutschland bei guten Anlagen erreicht werden sollte. Der einzige Standort, an dem der Wert erreicht wird, ist die Wohnanlage Am Eichelberg in Hof. Diese wurde erst im Jahr 2018 mit Errichtung des Wohnheims in Betrieb genommen. Die restlichen Anlagen an acht weiteren Standorten erreichen Werte zwischen ca. 500 und 800 kWh/kWp (im Mittel bei 630 kWh/kWp) und weisen damit deutliches Optimierungspotential auf. Unter den Anlagen sind zwar auch einige wenige Fassadenanlagen, d.h. 90° Neigungswinkel, deren spezifischer Ertrag niedriger ausfällt, aber dies ist dennoch keine Erklärung für die insgesamt schlechte Ausbeute.

4 Maßnahmen

Im nachfolgenden Kapitel werden die Ergebnisse dargestellt und analysiert. Hierbei wird zunächst anhand der in die Ergebnisse für die Vergleichsvarianten erzeugt und diese mit der Referenzvariante verglichen.

4.1 Wärmeversorgung der Wohnheime „Frankengut“, „Kreuzstein“ und „Birken“

Im Rahmen des Energieeinsparkonzeptes wurde eine gemeinsame Wärmeversorgung der drei Wohnanlagen (Birken = blau), (Frankengut = orange) und (Kreuzstein = gelb) auf technische und wirtschaftliche Machbarkeit hin untersucht. Hintergrund dessen ist, dass die Wohnanlage Frankengut einem Ersatzneubau weichen soll. Die Wärmeerzeuger der beiden anderen Liegenschaften sind bereits aus den Jahren 1991 bzw. 1993 und 2004. Daher ist auch hier eine Erneuerung anstehend. Aufgrund der räumlichen Nähe bietet es sich an, eine Verbundlösung auf ökologische und ökonomische Sinnhaftigkeit zu prüfen.



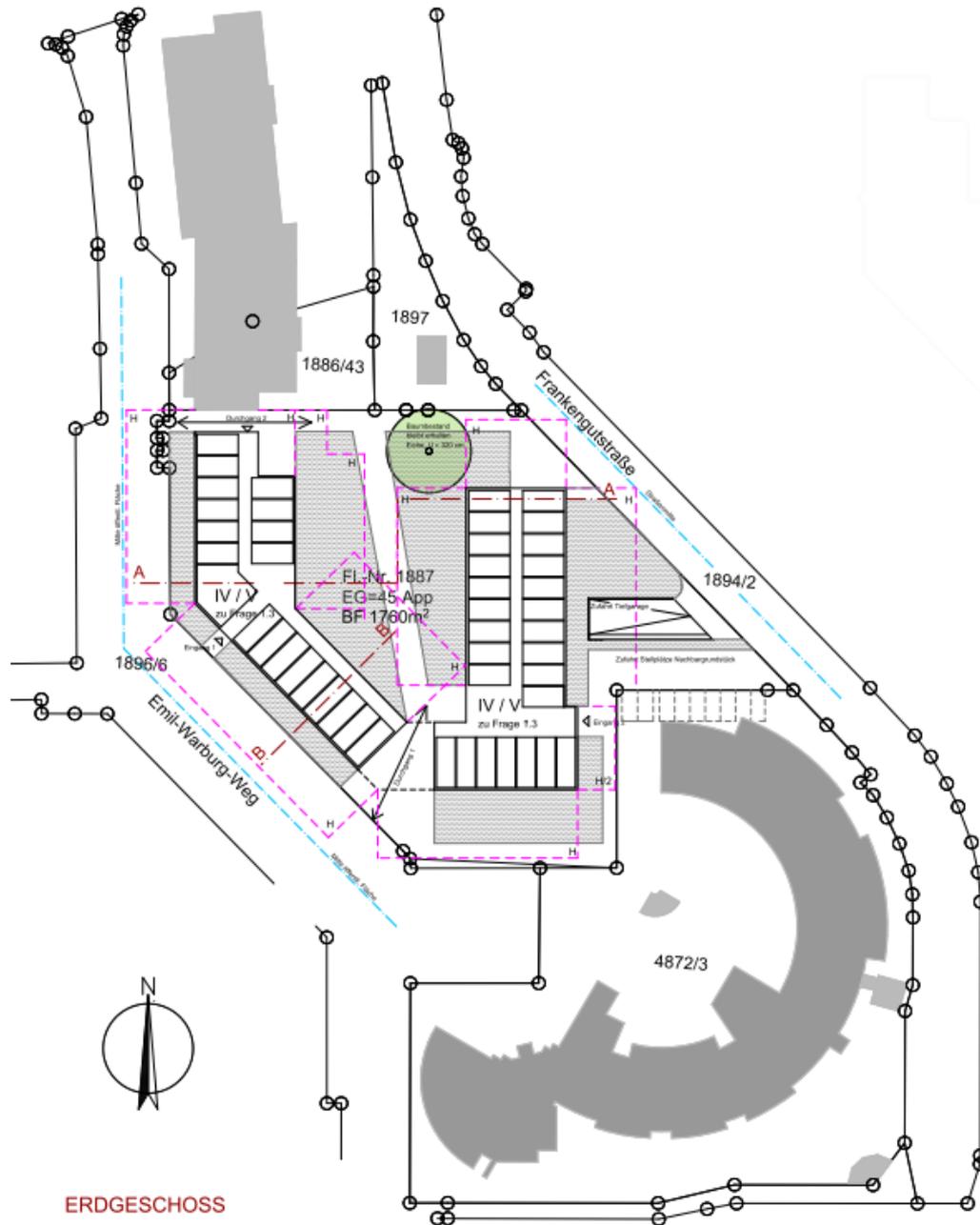
Abbildung 59: Übersicht der Wohnanlagen Birken, Frankengut, Am Kreuzstein in Bayreuth

Dazu wird in einem ersten Schritt der Energiebedarf der drei Liegenschaften aufgrund von Verbrauchsdaten ermittelt bzw. für den künftigen Neubau anhand von Plandaten abgeschätzt. Darauf folgen die Dimensionierung und Bewertung sinnvoller Energieversorgungsvarianten. Diese werden zur ökonomischen und ökologischen Bewertung mit verschiedenen Referenzvarianten verglichen. In einer Referenzvariante wird jeweils ein neues, rechtskonformes Heizsystem nur für das Haus Frankengut (Ersatzneubau) und eine Erneuerung des Ist-Zustandes in den beiden Häusern Birken und Am Kreuzstein gerechnet. Die Möglichkeiten bei der Wärmeversorgung werden teilweise durch die Anforderungen aus EnEV und EEWärmeG eingegrenzt. In den Wärmeverbundvarianten wird vorausgesetzt, dass sich die Heizzentrale im neuen Haus Frankengut befindet und von dort aus Wärmeleitungen zu den Wohnanlagen Birken und Am Kreuzstein gelegt werden.

Basierend auf den jeweils entwickelten Energieversorgungsvarianten wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Ermittlung der ökonomisch günstigsten Variante durchgeführt. Dabei werden im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode, in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067, die Jahresgesamtkosten ermittelt. Je Versorgungsvariante werden die jährlichen Gesamtkosten berechnet und dargestellt. Die Jahresgesamtkosten geben den aufsummierten, jährlichen Betrag von Kapitalkosten, Instandhaltungs- und Wartungskosten, Verbrauchskosten, sonstigen Kosten und ggf. Einnahmen durch Stromproduktion an.

4.1.1 Energiebedarf der Liegenschaften

Die Abschätzung des Energiebedarfs für den Neubau „Frankengut“ erfolgt auf Basis von Plandaten, die der beiden anderen Liegenschaften auf Basis von realen Verbrauchsdaten. Nachfolgende Abbildung zeigt einen Planentwurf des Ersatzneubaus.



ERDGESCHOSS

GRUNDSTÜCK 4716 m ² BEBAUUNGSPLAN MI GRZ = 0,4 -> max. 1886 m ² GFZ = 1,4 -> max. 6602 m ²	
NEUBAU Mit Dachgeschoss KEIN Vollgeschoss ca. 250 WE BF 1760 m ² GF 7040 m ² GRZ = 0,37 GFZ = 1,49	NEUBAU Mit Dachgeschoss als Vollgeschoss ca. 250 WE BF 1760 m ² GF 8800m ² GRZ = 0,37 GFZ = 1,87

Abbildung 60: Auszug Antrag auf Vorbescheid

Der Wärmebedarf wurde anhand von spezifischen Werten für Wohnheime (in Bezug auf die Fläche bzw. Wohneinheiten) aus der VDI 3807 bzw. auf Basis von realen spezifischen Wärmebedarfen der neueren Häuser des Studentenwerks Oberfranken abgeschätzt. Der Mittelwert von 675.000 kWh/a, der sich aus den oben genannten unterschiedlichen Schätzungen ergeben hat, wurde anschließend zur weiteren Berechnung für die Wohnanlage Frankentut herangezogen.

Für die beiden Standorte Birken und Am Kreuzstein wurde jeweils der Wärmebedarf der Jahre 2016 zugrunde gelegt, der über einen angesetzten Jahresnutzungsgrad von 85 % errechnet wurde. Der Grund dafür, dass das Jahr 2016 als Datengrundlage herangezogen wurde ist, dass die Erneuerung der Wärmeversorgung bereits zu Projektbeginn im Jahr 2018 berechnet wurde und die Datengrundlage aus abrechnungstechnischen Gründen für das Jahr 2016 zu diesem Zeitpunkt vollständig vorlag. Der Wärmebedarf der Wohnanlage Birken wurde auf dieser Basis mit 970.000 kWh/a angesetzt, der von Kreuzstein mit 1.072.000 kWh/a. Für den Warmwasseranteil wurde für alle drei Häuser jeweils ein pauschaler Ansatz von 20 % gewählt. Somit ergibt sich folgender Raumwärme und Warmwasserbedarf.

Tabelle 3: Abschätzung Wärmebedarf Frankengut (Ersatzneubau), Birken, Am Kreuzstein

	Raumwärmebedarf kWh/a	Warmwasserbedarf kWh/a	Gesamtwärmebedarf kWh/a
Frankengut (Ersatzneubau)	540.000	135.000	675.000
Birken	776.000	194.000	970.000
Am Kreuzstein	858.000	214.000	1.072.000
Gesamt	2.174.000	543.000	2.717.000

Um den gesamten Wärmebedarf zu ermitteln, der durch die Wärmeerzeuger bereitgestellt werden muss, müssen außerdem die Wärmeverluste der Wärmetrasse vom Standort Frankengut zu den beiden Wärmeabnehmern Birken und Kreuzstein berechnet werden. Nachfolgende Abbildung zeigt die beiden Wärmetrassen schematisch.



Abbildung 61: Mögliche Trassenführung

Die Anschlussleistung erfordert jeweils eine Rohrdimension von ca. DN 80. Der Leitungsabschnitt zur Wohnanlage Birken beträgt ca. 245 m, der zur Wohnanlage Am Kreuzstein ca. 280 m. Daraus ergibt sich eine gesamte Trassenlänge von etwa 525 m. Die Wärmeverluste, die durch den ganzjährigen Betrieb des Wärmenetzes dadurch entstehen, betragen in etwa 109.000 kWh.

Der gesamte Wärmeerzeugungsbedarf liegt demnach bei 2.826.000 kWh/a. Aus den Bedarfen für Raumwärme, Warmwasser und Netzverlusten kann die thermische Jahresdauerlinie gebildet werden. Abbildung 62 zeigt die thermische Jahresdauerlinie allein für den Ersatzneubau Frankengut, die zur Auslegung der Referenzvarianten (neue Wärmeversorgung Frankengut, Erneuerung Ist-Zustand Birken und Kreuzstein) herangezogen wird.

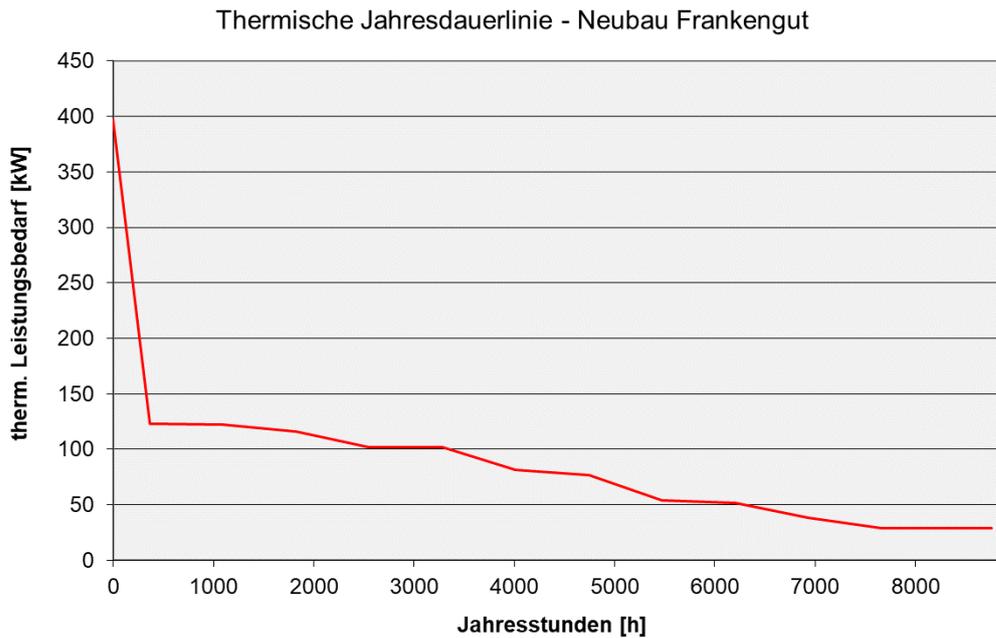


Abbildung 62: Thermische Jahresdauerlinie – Neubau Frankengut

Abbildung 63 zeigt die thermische Jahresdauerlinie aller drei Häuser zusammen, inkl. der Netzverluste. Diese wird zur Dimensionierung der Wärmeverbundvarianten herangezogen.

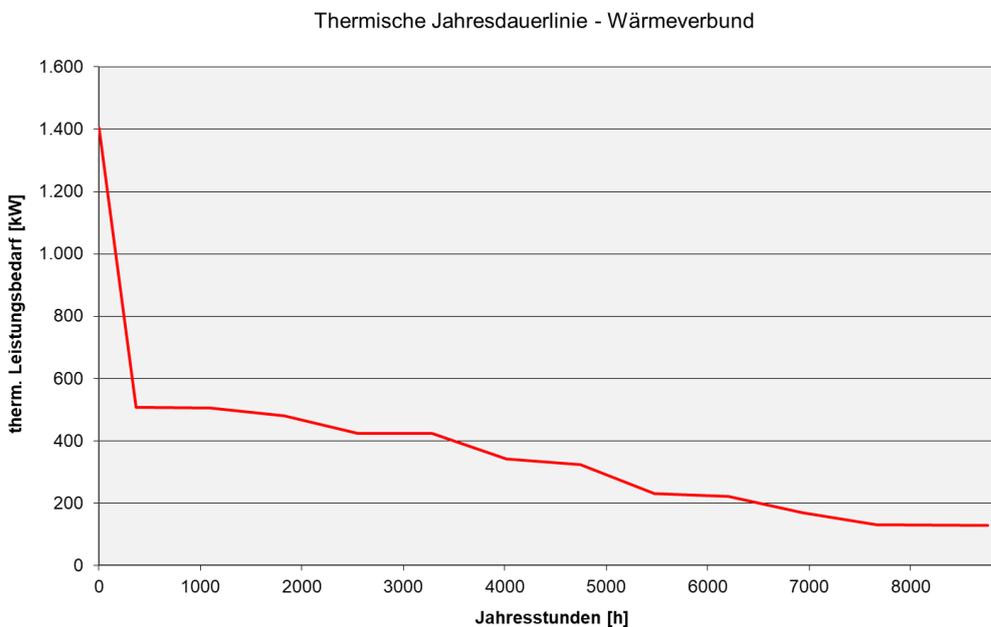


Abbildung 63: Thermische Jahresdauerlinie – Wärmeverbund: Neubau Frankengut, Bestand Birken und Am Kreuzstein

4.1.2 Technische Dimensionierung der Energieversorgungsvarianten

Referenz: Neubau Frankengut + Erneuerung Ist-Zustand (Birken und Am Kreuzstein)

Nachfolgend werden sinnvolle und gemäß EEWärmeG umsetzbare Varianten zur Wärmeversorgung des Neubaus Frankengut dimensioniert. In den beiden anderen Häusern wird jeweils der Ist-Zustand ersetzt.

Aktuelle Wärmeerzeuger Birken: 285 u. 270 kW_{th}

Aktuelle Wärmeerzeuger Am Kreuzstein: 2 x 275 kW_{th}

Mögliche Wärmeerzeugungsvarianten im Neubau Frankengut:

1. Pelletkessel 150 kW_{th} + Gaskessel 400 kW_{th}
2. Solarthermie 200 m² + Gaskessel 400 kW_{th}
3. 1 x BHKW 50 kW_{el} + Gaskessel 400 kW_{th}

Nachfolgend ist jeweils die thermische Jahresdauerlinien dargestellt, in denen Grund- und Spitzenlastezeuger aller drei Energieversorgungsvarianten für den Neubau Frankengut schematisch eingezeichnet sind. Anhand dessen können die jeweiligen Laufzeiten/Vollbenutzungsstunden abgelesen werden.

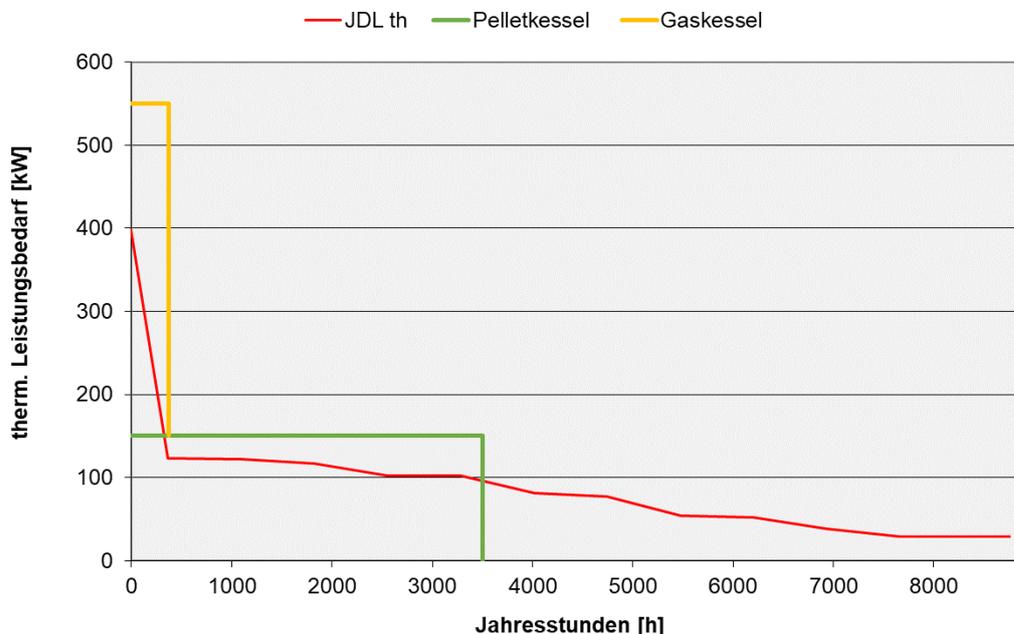


Abbildung 64: Thermische Jahresdauerlinie - Referenzvariante 1

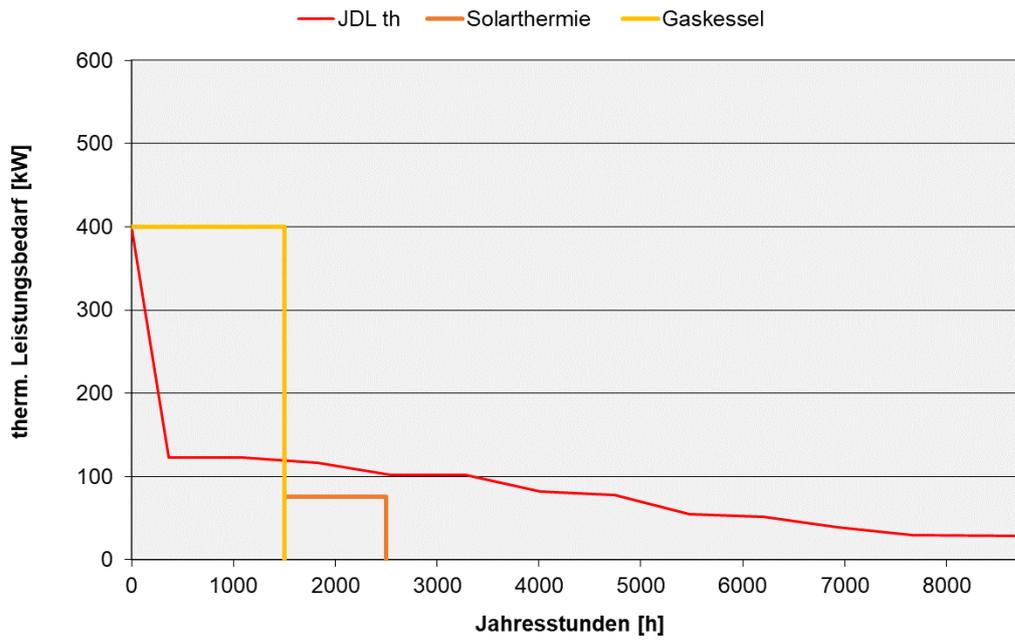


Abbildung 65: Thermische Jahresdauerlinie - Referenzvariante 2

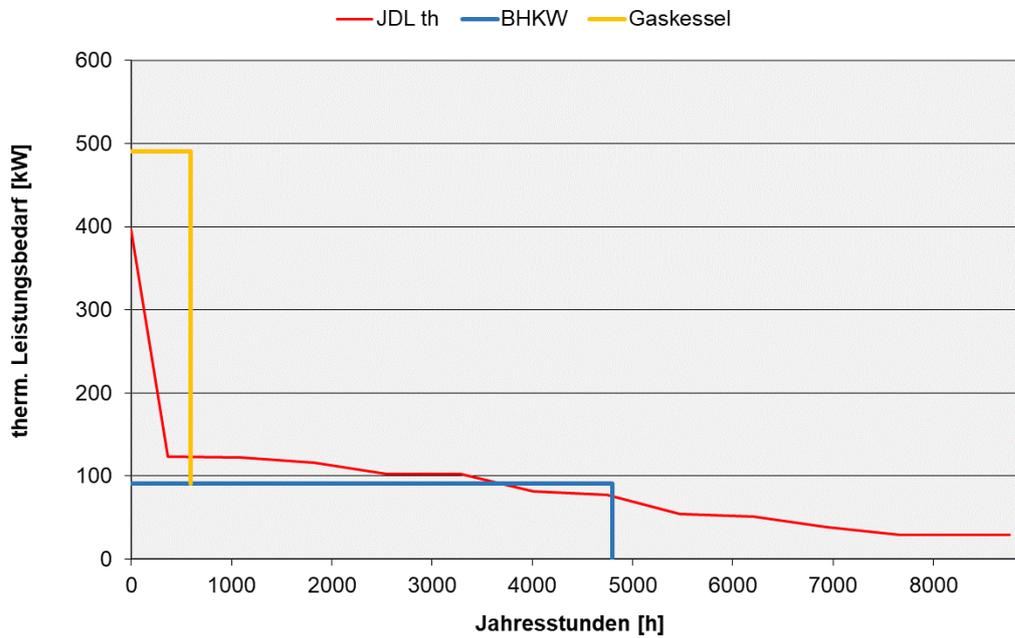


Abbildung 66: Thermische Jahresdauerlinie - Referenzvariante 3

Tabelle 4: Deckungsanteile der Wärmeerzeuger am Wärmebedarf in den Referenzvarianten

	Referenz 1	Referenz 2	Referenz 3
Gesamtwärmebedarf	675.000 kWh/a		
	Deckungsanteile am Wärmebedarf		
BHKW	-	-	65 %
Pelletkessel	78 %	-	-
Solarthermie	-	11 %	-
Gaskessel	22 %	89 %	35 %

Wärmeverbund: Neubau Frankengut + Wärmeversorgung von Birken und Am Kreuzstein

Nachfolgend werden sinnvolle und gemäß EEWärmeG umsetzbare Varianten zur Wärmeversorgung des Verbundes dimensioniert und dargestellt. Die beiden Häuser Birken und Am Kreuzstein werden dabei vom Neubau Frankengut aus mit Wärme über eine Wärmetrasse versorgt.

Mögliche Wärmeerzeugungsvarianten in der Verbundlösung

1. 2 x BHKW 50 kW_{el} + Gaskessel 1.400 kW_{th}
2. 1 x BHKW 260 kW_{el} + Gaskessel 1.400 kW_{th}

Nachfolgend ist jeweils die thermische Jahresdauerlinien dargestellt, in denen Grund- und Spitzenlastezeuger aller zwei Energieversorgungsvarianten für den Wärmeverbund schematisch eingezeichnet sind. Anhand dessen können die jeweiligen Laufzeiten/Vollbenutzungsstunden abgelesen werden.

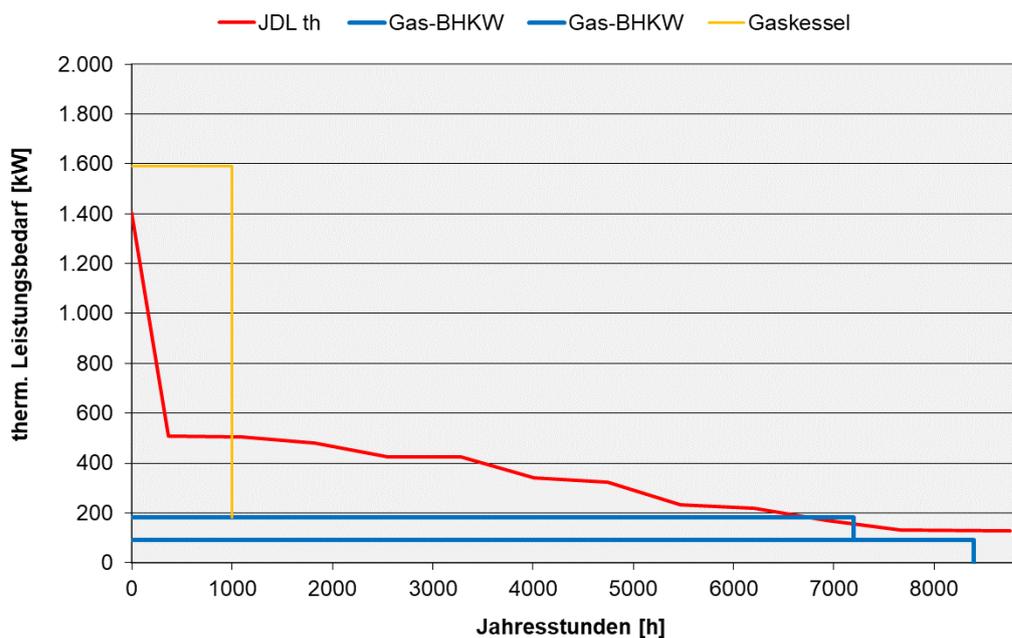


Abbildung 67: Thermische Jahresdauerlinie - Wärmeverbundvariante 1

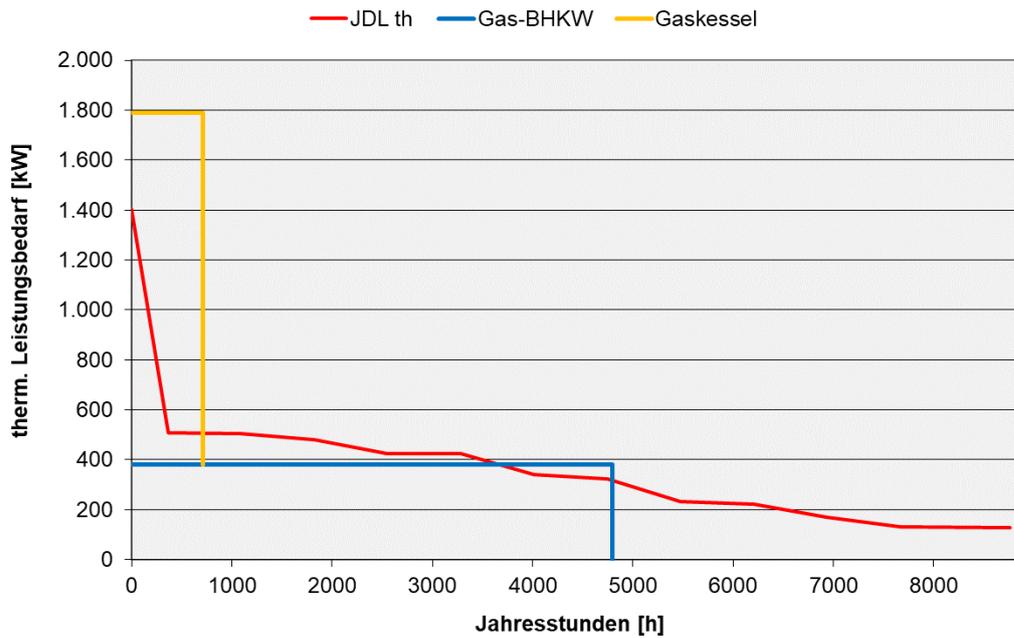


Abbildung 68: Thermische Jahresdauerlinie - Wärmeverbundvariante 2

Tabelle 5: Deckungsanteile der Wärmeerzeuger am Wärmebedarf in den Wärmeverbundvarianten

	Wärmeverbundvariante 1	Wärmeverbundvariante 2
Gesamtwärmebedarf	2.826.000 kWh/a	
	Deckungsanteile am Wärmebedarf	
BHKW I	27 %	64 %
BHKW II	23 %	-
Gaskessel	50 %	36 %

Im Folgenden werden zunächst die Rahmenbedingungen der Berechnungen kurz dargestellt, bevor die Ergebnisse der ökologischen und ökonomischen Gegenüberstellung der dimensionierten Varianten erläutert werden.

4.1.3 Rahmenbedingungen für die wirtschaftliche und ökologische Betrachtung

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gelten folgende Grundannahmen:

- Alle Preise sind Nettopreise
- In Bezug auf die CO₂-Bepreisung fossiler Brennstoffe, die durch das BEHG gefordert wird, wurde für Erdgas mit einem Wert von 60 €/t gerechnet (bei spezifischen CO₂-Emissionen von 202 g/kWh; dieser Wert wurde noch nicht gesetzlich festgelegt)
- Beim Strompreis wurde der Preis der Liegenschaft Frankengut aus der Vergangenheit herangezogen
- Der kalkulatorische Zinssatz beträgt konstant 1,5 % über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren
- 100 % Fremdfinanzierung
- Strom aus fossil befeuerten BHKW (Erdgas) wird nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz vergütet (Stand KWKG 2020; 30.06.2020)
- Um von den größtmöglichen Vergütungssätzen für Stromeinspeisung und Stromeigenutzung zu profitieren, wurde die Inbetriebnahme von je maximal 50 kW_{el} im Abstand von mindestens einem Kalenderjahr vorausgesetzt.
- Es wird die Annahme getroffen, dass das BHKW erst im Jahr 2025 in Betrieb geht und die jährlich förderfähigen Vollbenutzungsstunden bei maximal 3.500 liegen.
- Der Zuschlag für den produzierten KWK- Strom wird für 30.000 Vollbenutzungsstunden gezahlt und gemittelt über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren betrachtet
- Die Ergebnisdarstellung beinhaltet zusätzlich auch den bloßen KWK-Zeitraum
- Die Energiesteuerrückerstattung für Erdgas, das in hocheffizienten BHKW eingesetzt wird, wird über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gemittelt
- Die Eigenstromnutzungsquote des in den KWK-Anlagen erzeugten Stroms wird mit 0% angesetzt
- Die Brennstoffkosten bleiben über den Betrachtungszeitraum konstant
- Bei den Wärmeverbundvarianten sind Kosten für eine Erweiterung des Erdgasanschlusses in der Wohnanlage Frankengut enthalten

Folgende Kosten bzw. Erlöse werden berücksichtigt:

- Kapitalkosten (Investitionskosten auf Basis durchschnittlicher Nettomarktpreise für die einzelnen Komponenten sowie pauschale Kostenansätze für technische Installation, Planung und Unvorhergesehenes)
- Betriebsgebundene Kosten (Wartung, Instandhaltung, Bedienung)
- Verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoffe, Hilfsstrom)
- Sonstige Kosten (z.B. Versicherung, Verwaltung)
- Einnahmen durch Stromeinspeisung ins öffentliche Netz (KWKG u. üblicher Preis) und Energiesteuerrückerstattung

Die Investitionskosten sind nicht als konkrete Angebotspreise, sondern lediglich als durchschnittliche Marktpreise zu verstehen und können in der tatsächlichen Umsetzung nach oben oder unten abweichen. Aus den Investitionskosten werden die jährlichen kapitalgebundenen Kosten nach der Annuitätenmethode gebildet (Abschreibungszeitraum BHKW 10 Jahre; Abschreibung der restlichen Investitionsgüter im Betrachtungszeitraum von 20 Jahren).

Die betriebsgebundenen Kosten beinhalten die Kosten für die Bedienung der technischen Anlagen sowie die Kosten für Wartung und Instandhaltung der einzelnen Anlagen und Komponenten. Bei den Blockheizkraftwerken werden die Wartungs- und Instandhaltungskosten als spezifische Kosten anhand der erzeugten elektrischen Energie in Cent/kWh_{el} angesetzt. In diesen Kosten sind alle Wartungs- und Reparaturarbeiten, Ersatzteile und Betriebsstoffe, die für die BHKW-Anlage benötigt werden, enthalten. Dies entspricht in der Praxis einem Vollwartungsvertrag, welcher mit dem Hersteller geschlossen werden kann. Diese Kosten werden über Näherungsgleichungen ermittelt. Die Gleichungen wurden von der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (ASUE) ermittelt. Für die verbleibenden Energieerzeuger werden ebenfalls Instandhaltungs-, Wartungs- und Bedienungskosten in Anlehnung an die VDI 2067 Blatt 1 berechnet.

Die verbrauchsgebundenen Kosten entsprechen den jährlichen Brennstoffkosten für den Betrieb der Wärmeversorgung sowie der Kosten für Hilfsenergie.

Sonstige Kosten für z.B. Versicherung werden als Prozentsatz der betreffenden Investitionskosten angesetzt.

Einnahmen ergeben sich bei fossil befeuerten BHKW aus der Zuschlagszahlung nach dem KWKG-Gesetz, der Stromeinspeisung ins öffentliche Netz und der Steuerrückerstattung.

Die Zuschlagszahlung wird durch das KWK-Gesetz geregelt. Das KWKG regelt die Vergütung von Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung, z.B. bei gasmotorischen Blockheizkraftwerken mit fossilen Brennstoffen. Dabei gelten für die hier betrachteten Blockheizkraftwerke folgende Rahmenbedingungen (siehe u.a. Tabelle 6).

Tabelle 6: Rahmenbedingungen nach KWKG 2020 (Stand 30.06.2020)

	nicht in das Netz der allg. Versorgung eingespeister Strom				in das Netz der allg. Versorgung eingespeister Strom	Dauer der Zuschlagszahlung
	§7 Abs. 2 Nr. 1	§7 Abs. 2 Nr. 2	§7 Abs. 2 Nr. 3	§7 Abs. 3		
obere 2 Zeilen: Sonderregeln für Anlagen ≤ 50 kW darunter: Anteil an der elektrischen KWK-Nettleistung	Eigenversorgung ohne Lieferung an Dritte	Objektversorgung wenn volle EEG-Umlage nachweislich abgeführt wird	stromkostenintensive Industrie	wenn VO erlassen: Branche nach EEG 2014 Anlage 4 (VO bisher nicht erlassen)	gilt nicht, wenn §61e-f oder §104 Abs. 4 EEG zur Anwendung kommen	§8 Abs. 1 neue Anlagen (ohne Modernisierung) 2020: unbegrenzt 2021: max. 5.000 2022: max. 5.000 2023: max. 4.000 2024: max. 4.000 2025 ff: max. 3.500 VBh/Jahr
	ct/kWh _{el}	ct/kWh _{el}	ct/kWh _{el}	max. ct/kWh _{el}	ct/kWh _{el}	insgesamt max.
≤ 2 kW	Sonderregelung §9: einmalige Zahlung 4 ct/kWh für insgesamt 60.000 VBh als Wahloption					einmalig
P _{KWK,netto} ≤ 50 kW ^{k)}	8,0	8,0	8,0	8,0	16,0	30.000 Vbh
wenn P _{KWK,netto} > 50 kW:						
≤ 50 kW	4,0	4,0	5,41	wird in der Verordnung nach §33 Abs. Nr. 1 festgelegt	8,0	30.000 Vbh
> 50 bis ≤ 100 kW	3,0	3,0	4,0		6,0	30.000 Vbh
> 100 bis ≤ 250 kW	0,0	2,0			5,0	30.000 Vbh
> 250 bis ≤ 1.000 kW	0,0	1,5	2,4		4,4	30.000 Vbh
> 1.000 bis ≤ 2.000 kW	0,0	1,5			30.000 Vbh	Ausschreibung^{l)}
> 2.000 kW bis ≤ 50 MW	0,0	1,0	1,8			30.000 Vbh
> 50 MW	0,0	1,0	1,8		3,1 / 3,6 ^{a)}	30.000 Vbh
wenn Anlage im TEHG	0,3	0,3	0,3	0,3 ^{l)}	zusätzlich	

^{k)} Die Gesamtfördersumme bleibt durch Verdopplung der Fördersätze bei Halbierung der Förderdauer rechnerisch gegenüber bisher unverändert.

^{l)} schon seit 2017: max. 3.500 VBh/Jahr

^{m)} gilt nicht für Ausschreibungsanlagen

^{a)} gilt ab 01.01.2023

In den betrachteten Varianten wird von einer 100 %-igen Stromeinspeisung des produzierten Stroms in das öffentliche Netz ausgegangen. In diesem Fall wird der Strom zusätzlich zum Zuschlag nach KWKG nach dem sogenannten „üblichen Preis“ vergütet. Dieser Preis gilt als Richtpreis, der bezahlt werden muss, wenn sich der Energieversorger und der KWK-Anlagenbetreiber auf keine andere Vergütung einigen können. Der Mittelwert des üblichen Preises, der im Rahmen dieses Konzepts herangezogen wird, liegt bei ca. 3,8 ct/kWh_{el}. Dafür wurden die Quartalswerte vergangener acht Quartale herangezogen und gemittelt, wie Abbildung 69 zeigt.

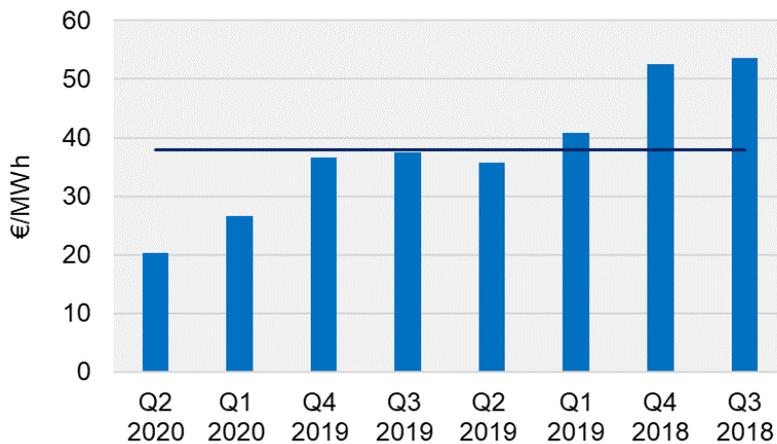


Abbildung 69 Üblicher Preis KWK: Mittelwerte vergangener 8 Quartale [European Energy Exchange AG]

Bei der Steuerrückerstattung nach § 53a Energiesteuergesetz wird die Energiesteuer bei Brennstoffen, die zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden, vollständig zurückerstattet. Voraussetzung hierfür ist, dass es sich um eine hocheffiziente und noch nicht vollständig abgeschriebene Anlage (Abschreibung nach Abnutzung; AFA) handelt. Sind diese beiden letzten Kriterien nicht erfüllt, kann eine teilweise Steuererstattung beantragt werden. Die Steuerrückerstattung für die ersten 10 Betriebsjahre (bzw. nach 10 Betriebsjahren) für Strom aus der gekoppelten, hocheffizienten Erzeugung von Strom und Wärme bei Erdgas beträgt 0,55 ct/kWh_{Hs} (bzw. 0,442 ct/kWh_{Hs}).

Hinweis: Da sowohl die Energiesteuerrückerstattung als auch der KWK-Zuschlag nicht über den gesamten Betrachtungszeitraum konstant sind, werden die Einnahmen bzw. Einsparungen nach aktuellem Stand vereinfachend, gleichmäßig auf den gesamten Betrachtungszeitraum (20 Jahre) umgelegt. Dies hat zur Folge, dass die ermittelten, mittleren Jahresgesamtkosten gegenüber der Realität in den ersten Jahren etwas zu niedrig dargestellt werden, während sie in den letzten Jahren zu hoch dargestellt sind.

4.1.4 Rahmenbedingungen für den ökologischen Variantenvergleich

CO₂-Bilanz

Je nach Art des Energieträgers, welcher zur Wärme- bzw. auch Stromversorgung eingesetzt wird, entsteht je verbrauchter Kilowattstunde eine gewisse Menge an CO₂. Die jährliche Menge an CO₂ kann mit Hilfe von CO₂-Äquivalenten berechnet werden:

- Erdgas 244 g/kWh
- Strom 558 g/kWh
- Pellets 18 g/kWh
- Fernwärme 317 g/kWh

Primärenergiefaktor:

Eine weitere wichtige Kenngröße zur Beurteilung der Wärmeversorgung ist der Primärenergiefaktor. Dieser dient zur Berechnung des zulässigen Jahresprimärenergiebedarfs von Gebäuden und gibt das Verhältnis von eingesetzter Primärenergie zu abgegebener Endenergie an. Der Jahresprimärenergiebedarf wird durch Dämmung der Gebäudehülle sowie durch Anlagentechnik und darin eingesetzter Primärenergie beeinflusst. Ein möglichst niedriger Primärenergiefaktor kommt dem Gebäudeeigentümer u.a. bei Sanierungen zugute, da gegebenenfalls niedrigere Anforderungen hinsichtlich der Gebäudedämmung notwendig sind, was Kosten spart. Gleichzeitig kann beim Neubau bzw. der Sanierung durch einen niedrigen Primärenergiefaktor relativ einfach ein bestimmter KfW-Standard erreicht werden, der wiederum Fördermöglichkeiten eröffnet.

4.1.5 Ergebnisse des ökonomischen und ökologischen Variantenvergleichs

Die ökologischen Bewertungsfaktoren fließen gleich in die Abbildungen der ökonomischen Ergebnisse ein. Für die Gegenüberstellung der ökologischen Aspekte in den einzelnen Varianten werden zwei Zahlen zur Bewertung herangezogen. Einerseits der CO₂-Ausstoß in Tonnen pro Jahr, der durch die Wärmeversorgungsvariante verursacht wird. Andererseits der Primärenergiefaktor, der sich für das System aus dem Verhältnis der eingesetzten Primärenergie zur daraus resultierenden Endenergie ergibt. Bei diesem Faktor handelt es sich um eine einheitenlose Größe.

Investitionskosten

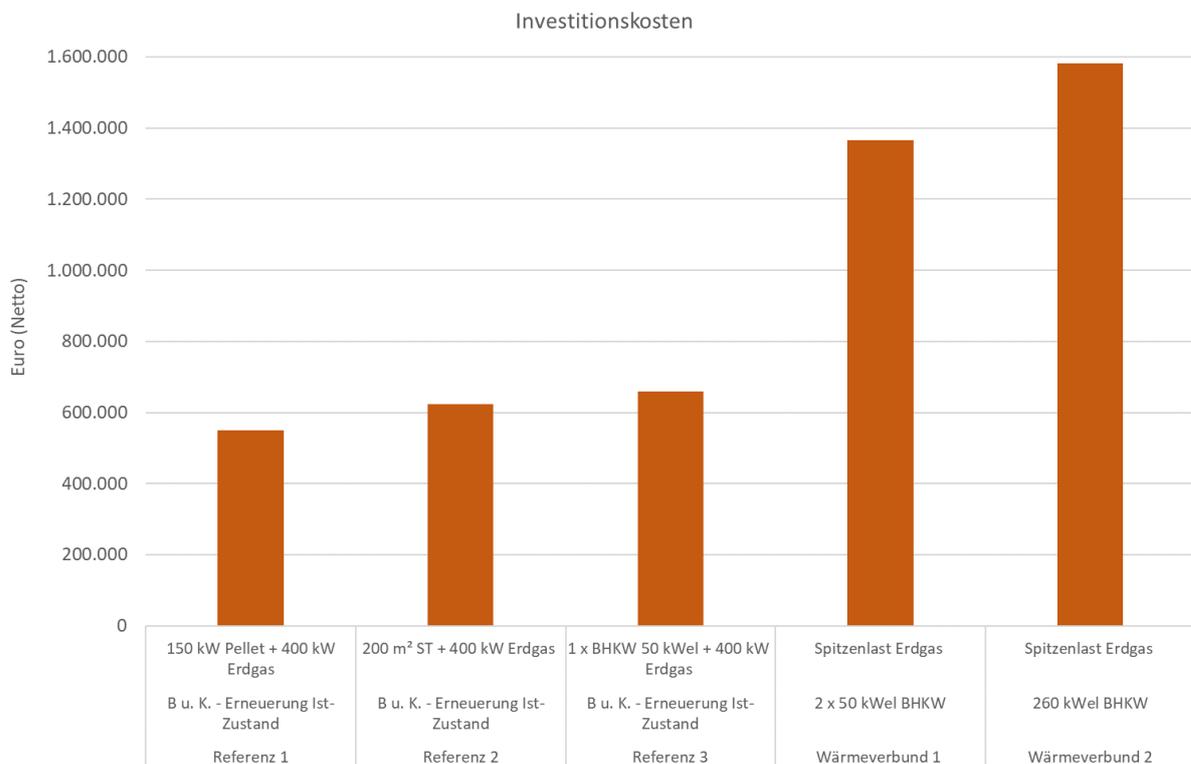


Abbildung 70: Investitionskosten der Wärmeversorgungsvarianten

Die Investitionskosten in den Wärmeverbundvarianten fallen u.a. wegen folgender Kostenbestandteile höher aus als die der Referenzvarianten. Wärmenetz und Hausübergabestationen, Erdgasanschluss, Mehrkosten für einen größeren Heizraum, höhere Kosten für technische Installation und Projektabwicklung, da prozentualer Ansatz, höhere Kosten für elektrische Einbindung und Druckhaltung.

Mittlere Jahresgesamtkosten der Wärmeversorgung im Betrachtungszeitraum

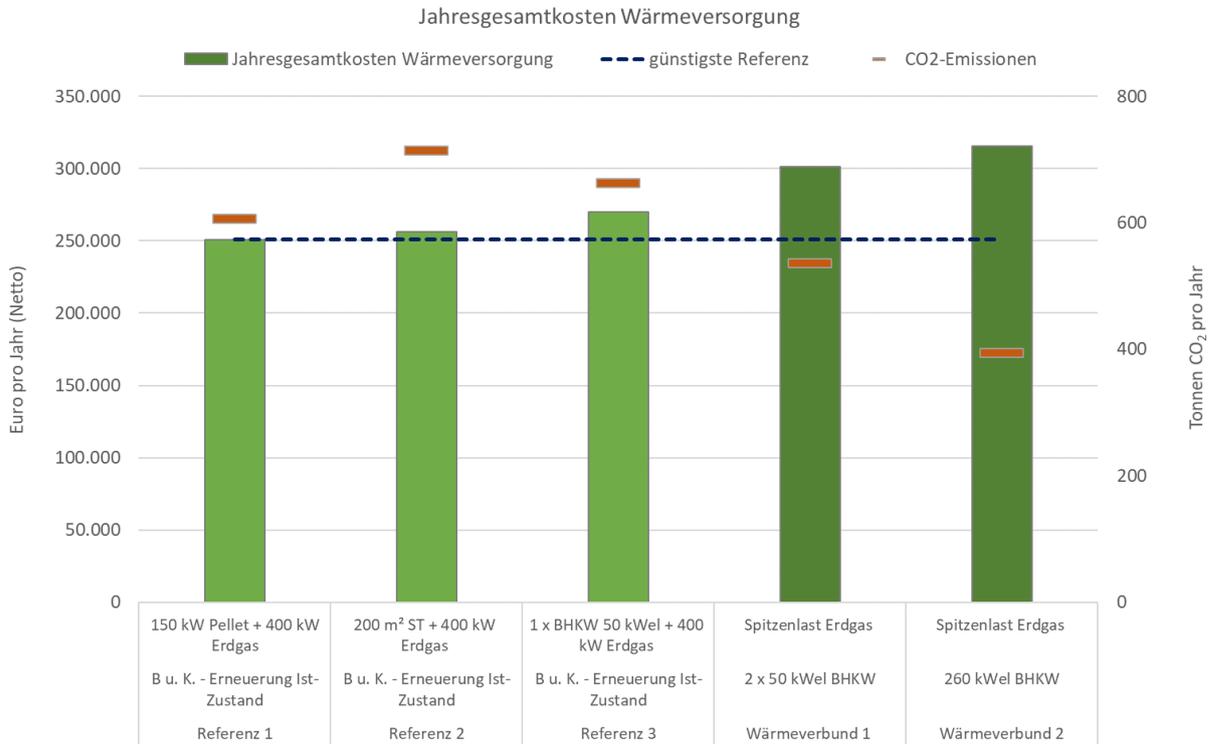


Abbildung 71: Mittlere Jahreskosten der Wärmeversorgungsvarianten über den Betrachtungszeitraum

Die Variante mit Pelletkessel ist die günstigste Referenzvariante mit mittleren Jahreskosten von etwa 251.000 € über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Die Variante mit Solarthermieanlage liegt bei etwa 256.000 € und die Variante mit BHKW bei etwa 270.000 €. Die beiden Wärmeverbundvarianten liegen über 300.000 € pro Jahr, weisen aber bezüglich der jährlichen CO₂-Emissionen die geringsten Werte auf und wären somit aus rein ökologischer Sicht zu bevorzugen.

Mittlere Jahresgesamtkosten der Wärmeversorgung im KWK-Zeitraum

Da die Laufzeit der KWK-Anlagen in allen drei Varianten mit KWK-Anlagen > 3.500 Stunden pro Jahr und die Zuschlagsdauer jeweils maximal 30.000 Vbh beträgt, liegt der KWK-Zeitraum auch in allen drei Varianten bei etwas über 8,5 Jahren.

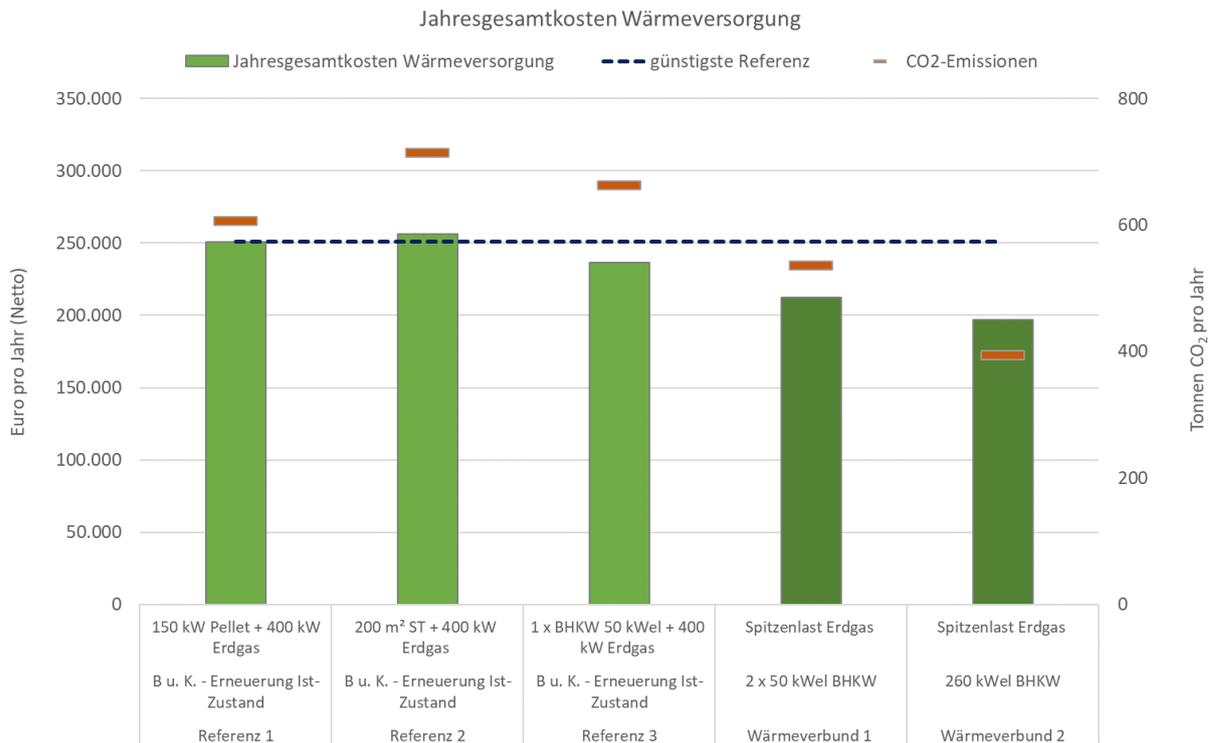


Abbildung 72: Mittlere Jahreskosten der Wärmeversorgungsvarianten innerhalb des KWK-Zeitraums

4.1.6 Zusammenfassung und Fazit

Die BHKW-Varianten weisen im Vergleich zu den Referenzvarianten nur innerhalb des Zeitraums, in dem der KWK-Zuschlag gewährt wird, geringere Jahreskosten auf. Nach dem KWK-Zeitraum ist kein wirtschaftlich vorteilhafter Betrieb der KWK-Anlagen möglich. Ein Grund dafür ist u.a., dass aufgrund der nicht vorhandenen Personenidentität zwischen Betreiber der Stromerzeugungsanlage und Letztverbraucher des Stroms keine Stromeigennutzung mit reduziertem EEG-Umlagesatz stattfindet. Die Wirtschaftlichkeit ist außerdem abhängig von Verlängerung des KWKG. Des Weiteren wäre eine Stilllegung des BHKW nach dem KWK-Zeitraum z.B. problematisch aufgrund der zu erfüllenden Anforderungen aus dem EEWärmeG. Aus rein ökologischen Gesichtspunkten sind die beiden Wärmeverbundvarianten zu bevorzugen.

Für die Wärmeversorgung des Neubaus Frankengut sowie der Bestands-Liegenschaften Kreuzstein und Birken zeigen sich die Referenzvarianten über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren als wirtschaftlich günstiger als die Wärmeverbundvarianten.

Die beiden Varianten mit Solarthermieanlage bzw. Pelletkessel weisen mit Gesamtkosten von jeweils etwas über 250.000 € pro Jahr die günstige Wirtschaftlichkeit auf. Bei der Entscheidung für eine der Varianten sind folgende Punkte zu beachten: Sind geeignete Dachflächen für eine Solarthermieanlage mit 200 m³ Kollektorfläche vorhanden bzw. ist genügend Platz für einen Pelletkessel und ein entsprechendes Pelletlager (notwendige Größe abhängig von geplantem Bestellzyklus bzw. umgekehrt) vorhanden. In diesem Zuge sollte auch der Platzbedarf für die Anlieferung der Pellets geprüft werden.

Eine weitere denkbare Möglichkeit der Wärmeversorgung, die allerdings in diesem Konzept nicht näher betrachtet wurde, wäre beispielsweise eine Wärmelieferung an alle drei Standorte über die Stadtwerke Bayreuth.

Vor dem Hintergrund ökologischer Aspekte sowie der Klimaziele für Deutschland und die Welt kann die Zielsetzung für eine neu zu errichtende Energieversorgung nicht die Installation eines Gaskessels sein. Die Bepreisung fossiler Brennstoffe in Anhängigkeit der damit zusammenhängenden CO₂-Emissionen zeigt, dass der Einsatz dieser Brennstoffe künftig nicht mehr gewollt ist. Darüber hinaus ist eine realistische Prognose von Preisen für die nächsten 20 Jahre nicht möglich.

Nahezu alle Liegenschaften des Studentenwerks Oberfranken werden auf Basis von Erdgas versorgt und an einem von zwei Standorten, an denen es zusätzlich eine Solarthermieanlage (Frankengut und Eichelberg) gibt, ist diese außer Betrieb gesetzt (Frankengut). Daher ist es sinnvoll bei den künftigen Projekten beispielsweise auf eine Biomasseversorgung oder Fernwärmeversorgung mit gutem Primärenergiefaktor bzw. andere regenerative Energieträger zu setzen.

4.2 Optimierung spezifischer Erträge bei PV-Anlagen

Wie die Analyse des Energieverbrauchs bereits gezeigt hat, gibt es zahlreiche Standorte beim Studentenwerk Oberfranken, an denen PV-Anlagen installiert sind. Alle Anlagen speisen derzeit voll ins Netz der öffentlichen Versorgung ein. Die Auswertung der spezifischen Erträge der einzelnen Anlagen zeigt Optimierungspotential (vgl. Abbildung 58). Folgende Anlagen sind installiert:

Tabelle 7: Spezifische Erträge von PV-Anlagen des Studentenwerks Oberfranken

Standort	kWp	lbn	kWh/kWp (Mittelwert 2018 u. 2019)
Eichelberg	8,32	2018	1.018 (nur 2019)
Eisberg	3,7	06.06.2006	687
	31,3	12.05.2006	838
Birken	98,4	18.12.2001	556
Coburg/Vesteblick	17,5	07.02.2007	469
	31,38	10.04.2006	668
Gotha II	7,36	10.04.2006	478 (nur 2019)
Kreuzstein	33,2	17.05.2004	588
	30,2	17.05.2004	575
	14	17.05.2004	998
Sachsen	5	07.02.2007	670
	16,38	10.04.2006	627
Gotha I	21,16	18.12.2002	687 (nur 2019)
Internationale Wohnanlage	36	2003	581

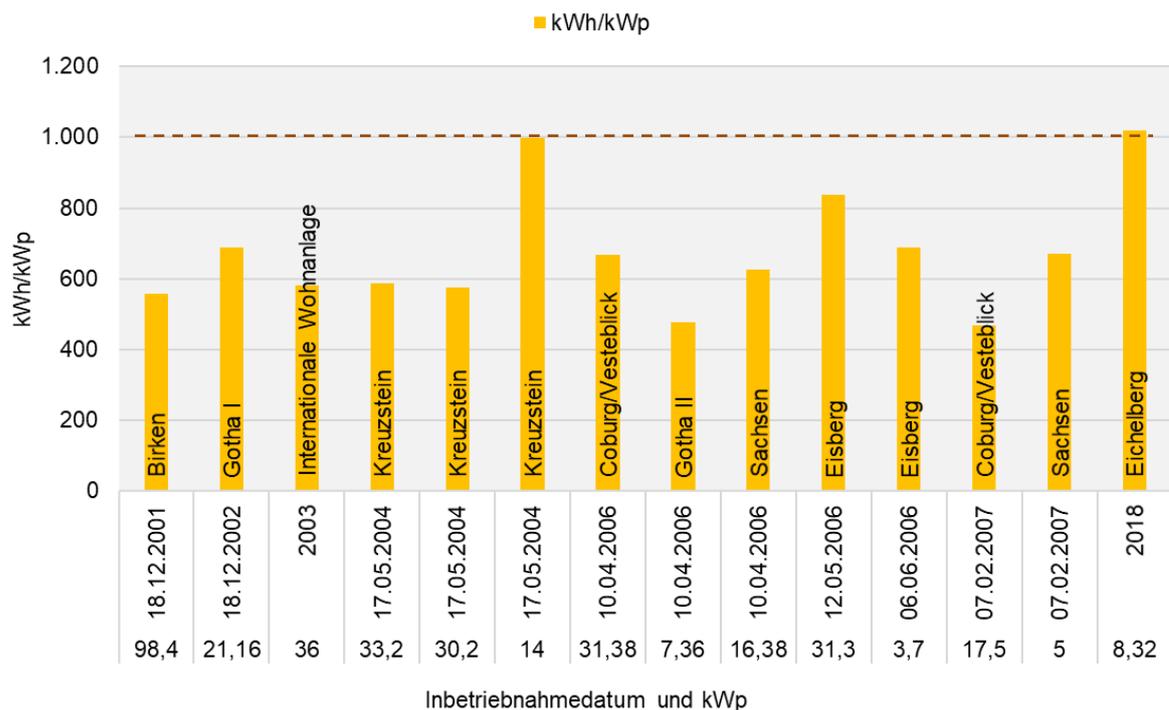


Abbildung 73: Spezifische Erträge von PV-Anlagen des Studentenwerks Oberfranken

Die 14 kWp Anlage „Am Kreuzstein“ wurde im Zuge eines vergangenen Energiekonzeptes durch einen Dienstleister saniert. Der Erfolg dieser Maßnahme ist an der obigen Abbildung deutlich zu sehen. Diese Anlage ist neben der neuen Anlage „Am Eichelberg“ die einzige Anlage mit einem spezifischen Ertrag von 1.000 kWh/kWp. Der spezifische Ertrag der kleinen Anlage „Am Kreuzstein“ lag vor der Sanierungsmaßnahme bei nur etwa 250 kWh/kWp.

Da es sich bei allen Anlagen um Volleinspeiser handelt und das Inbetriebnahmedatum fast ausschließlich zwischen 2001 und 2007 liegt, bekommen die Anlagen für die Netzeinspeisung eine sehr hohe Vergütung von etwa 50 ct/kWh. Sofern jede Anlage einen spezifischen Ertrag von 1.000 kWh/kWp erzielen würde, könnten jährlich rund 65.000 € mehr Erlöst werden durch die Einspeisung von Strom ins öffentliche Netz. Hochgerechnet auf den Zeitraum, für den die einzelnen Anlagen laut Inbetriebnahmedatum noch die EEG-Einspeisevergütung erhalten (insgesamt für 20 Jahre), könnten die oben genannten Anlagen in Summe noch rund 160.000 € mehr Erlösen.

Nachfolgende Abbildung relativiert den Handlungsbedarf unter Beachtung der Restlaufzeit der einzelnen Anlagen, des spezifischen Ertrages und dessen, dass Fassadenanlagen, aufgrund der Neigung, von Natur aus einen geringeren spezifischen Ertrag aufweisen.

Abgesehen von den Anlagen, die über diese Kriterien von einer Überholung ausgeschlossen wurden, zeigt Abbildung 74 den möglichen jährlichen Mehrertrag in Euro pro kWp bei einem spezifischen Ertrag von 1.000 kWh/kWp.

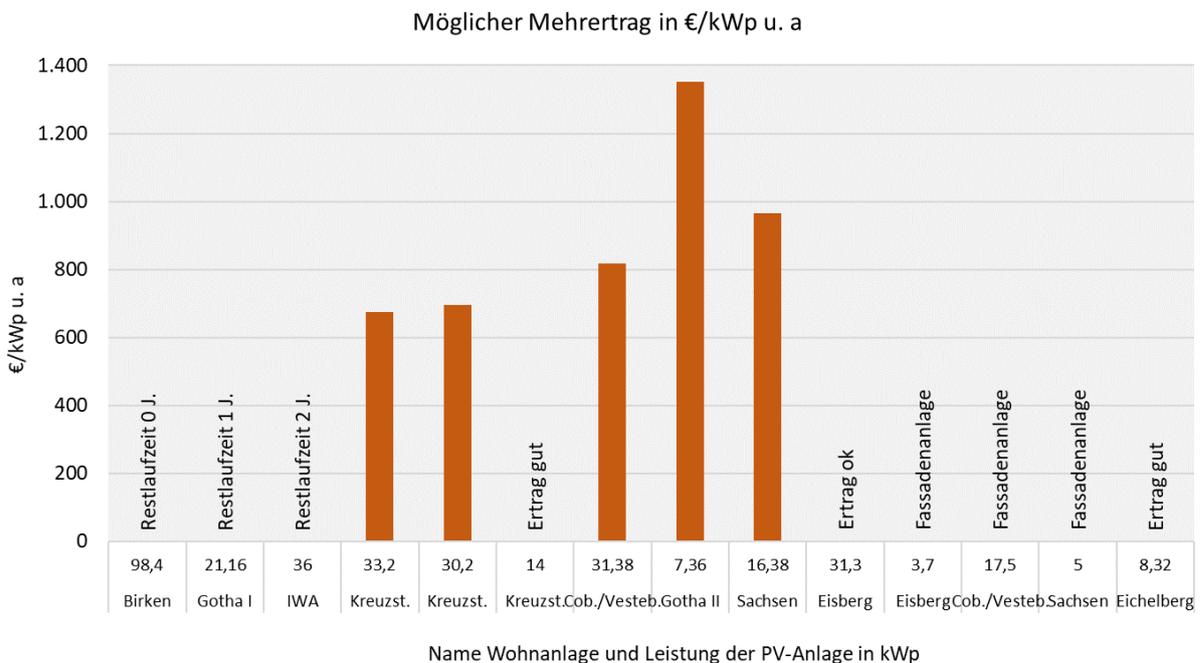


Abbildung 74: Möglicher jährlicher Mehrerlös pro Anlage bei einem spezifischen Ertrag von 1.000 kWh/kWp

Ein notwendiger Schritt, um diesen Mehrerlös generieren zu können, ist die Wiederherstellung der spezifischen Sollleistung von etwa 1.000 kWh/kWp. Der Minderertrag kann unterschiedliche Ursachen haben und muss bei jeder Anlage separat untersucht und beurteilt werden. Gründe können Defekte an den Modulen oder Wechselrichtern bzw. auch Steckverbindungen sein, Delamination, Verschmutzungen, Verschattungen etc. Ist die Ursache festgestellt und liegen Kosten/Angebote zur Sanierung der einzelnen Anlagen vor, so kann beurteilt werden, ob sich die Reparatur finanziell im Einzelfall noch lohnt.

Hierbei ist der Unterschied zwischen „Repowering“ und einer reinen Modulersetzung zu beachten, um den ursprünglichen Vergütungsanspruch der Anlage bei einem Tausch von Modulen nicht zu verlieren. Für eine Modulersetzung, ohne dass der Vergütungsanspruch verloren geht, zählen folgende Ersetzungsgründe: Technischer Defekt, Beschädigung oder Diebstahl. Genauer dazu ist bei der Clearingstelle EEG unter dem Stichwort „PV-Austauschregel“ zu finden und muss geprüft werden, falls ein Modultausch durchgeführt wird. Im schlimmsten Fall zahlt der Netzbetreiber die ursprüngliche Vergütung nicht.

Folgende beide Abbildungen zeigen die PV-Anlage am Kreuzstein vor der Sanierung bzw. den aktuellen Zustand der PV-Anlage der Internationalen Wohnanlage in Bayreuth. Abbildung 77 zeigt die PV-Anlage in Hof „Am Eichelberg“, die im Jahr 2018 in Betrieb gegangen ist und einen sehr guten spezifischen Ertrag aufweist. Der optische Unterschied der ertragreichen und weniger ertragreichen Module ist auf den Abbildungen deutlich zu erkennen.



Abbildung 75: PV-Anlage „Am Kreuzstein“ vor Sanierung



Abbildung 76: PV-Anlage „Internationale Wohnanlage“ aktuell



Abbildung 77: PV-Anlage "Am Eichelberg" in Hof aktuell

4.3 Analyse Ist-Zustand Zählerinfrastruktur zur gezielten Nachrüstung

Für den größten Liegenschaftskomplex (Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I und II) bzw. die größte einzelne Liegenschaft (Am Kreuzstein) sowie die Liegenschaften mit BHKW (Am Tappert, Am Postkeller, Campus Design) wurde der Ist-Zustand bezüglich der Zählerstruktur vor Ort untersucht, um analysieren zu können, wo ein weiterer Ausbau der Zählerinfrastruktur Sinn macht.

Hintergrund dessen ist einerseits ein besseres Kontroll- und Abrechnungsinstrument über die Energieflüsse zu erlangen, insbesondere auch für diverse Meldungen von Energiedaten an z.B. Netzbetreiber. Andererseits ein besseres Verständnis über die größeren Energieflüsse/-verbraucher in den einzelnen Liegenschaften zu erlangen, um daraus Einsparpotentiale und Effizienzmaßnahmen ableiten zu können.

Die Verteilung wurde jeweils hinsichtlich Strom-, Erdgas und Wärme untersucht. Die Daten und Zusammenhänge wurden graphisch aufbereitet und sind nachfolgend dargestellt. Des Weiteren zeigt eine Übersicht anhand des Luftbildes wo sich die Zähler in der Liegenschaft befinden.

4.3.1 Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I und II

Das Haus Coburg mit den umliegenden Häusern ist aus Sicht des Energieverbrauchs der größte Komplex des Studentenwerks Oberfranken. Nachfolgend wird ein Überblick über die Strom-, Erdgas- und Wärmeverteilung am Standort gegeben. Die Aufbereitung der Daten macht es einfacher, auch den Überblick über die verschiedenen Stromerzeugungsanlagen am Standort zu erhalten.

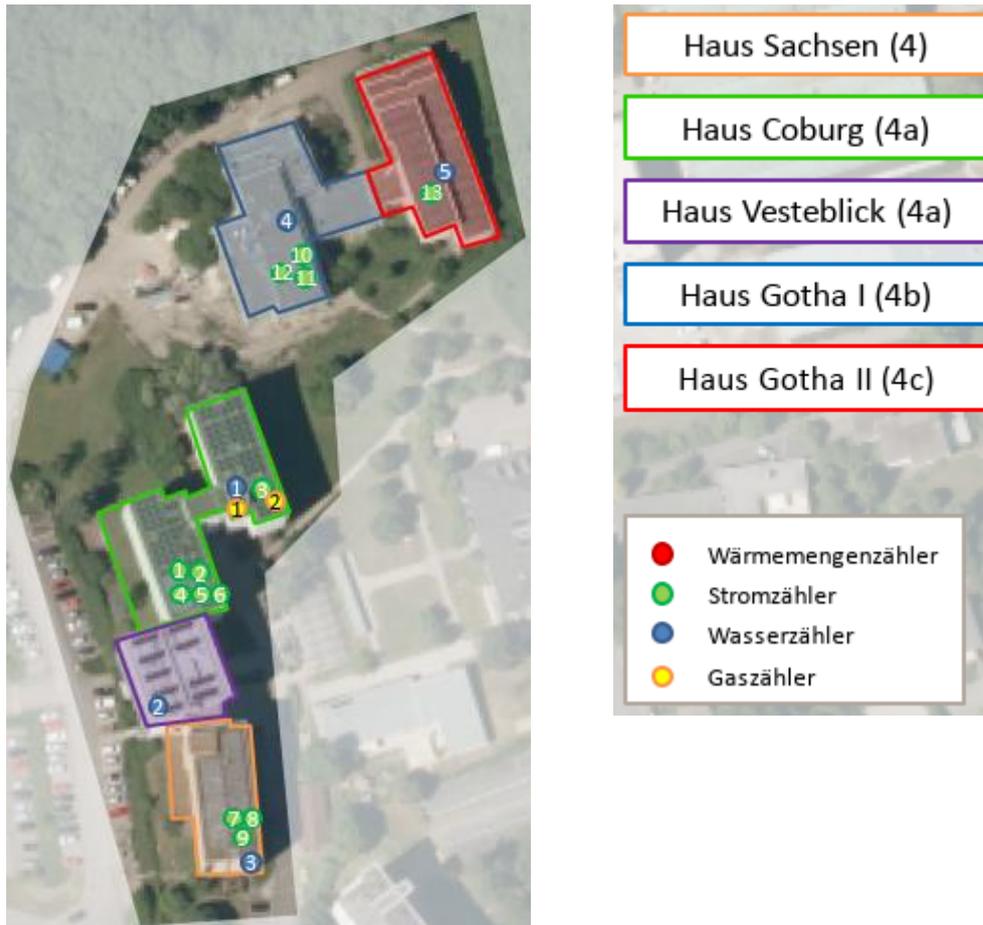


Abbildung 78: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II

Folgende Abbildung zeigt die Stromverteilung in den Liegenschaften am Standort Coburg. Haus Coburg und Vesteblick haben einen gemeinsamen Netzanschluss. Jedes Haus verfügt allerdings über einen eigenen Zähler.

Die restlichen Häuser verfügen jeweils über einen separaten Netzanschluss. Eine weitere Besonderheit ist allerdings, dass die PV-Anlage auf dem Dach von Gotha II über den Netzanschluss von Gotha I gezählt wird.

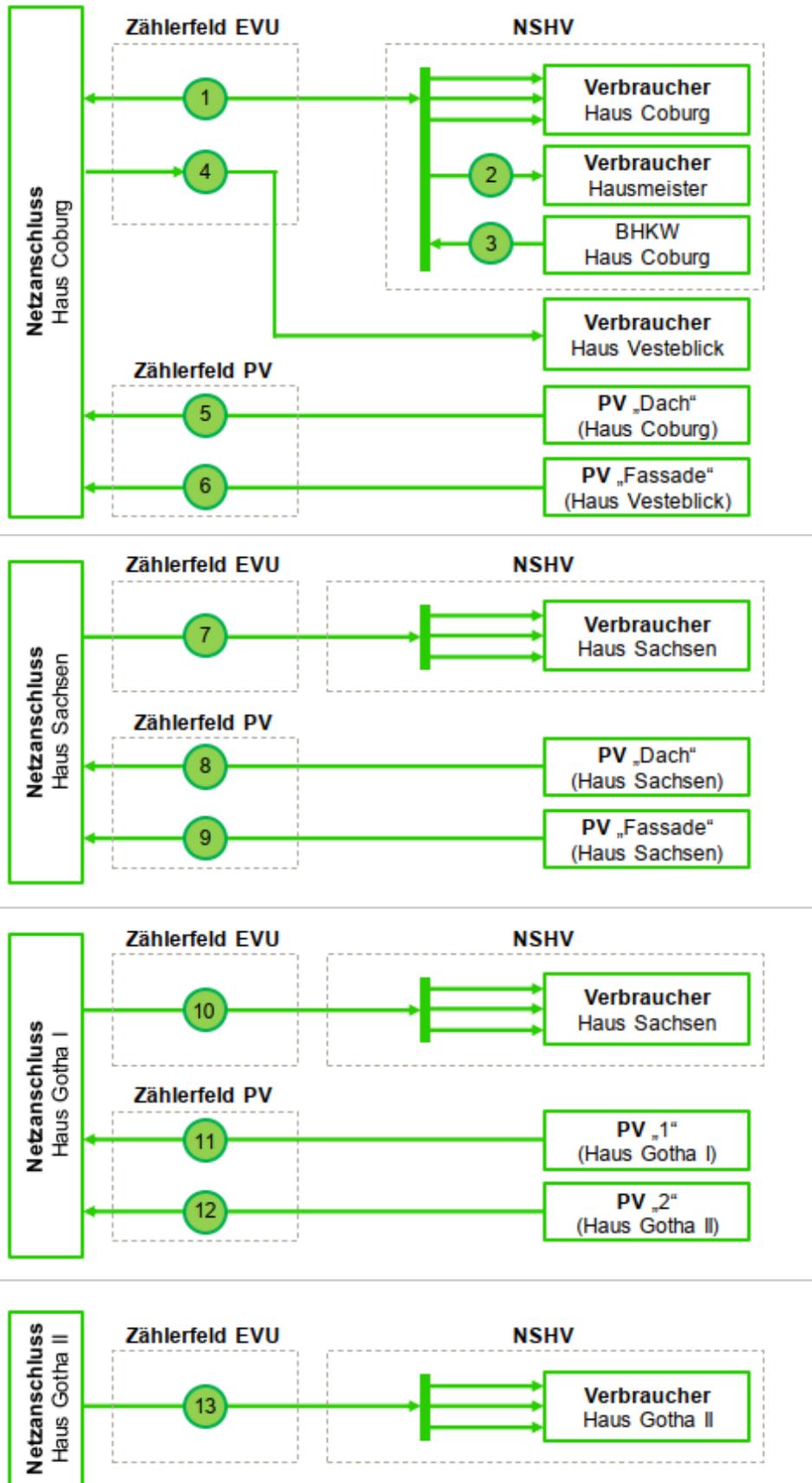


Abbildung 79: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II

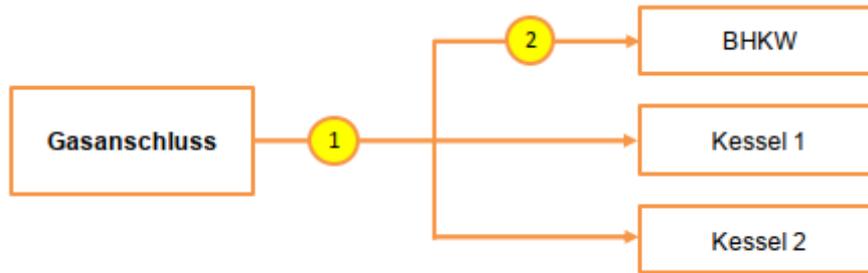


Abbildung 80: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II

Über den Erdgasanschluss werden BHKW und Gaskessel versorgt. Das BHKW verfügt über einen eigenen Gaszähler, der zur Beantragung der Energiesteuerrückerstattung unabdingbar ist.

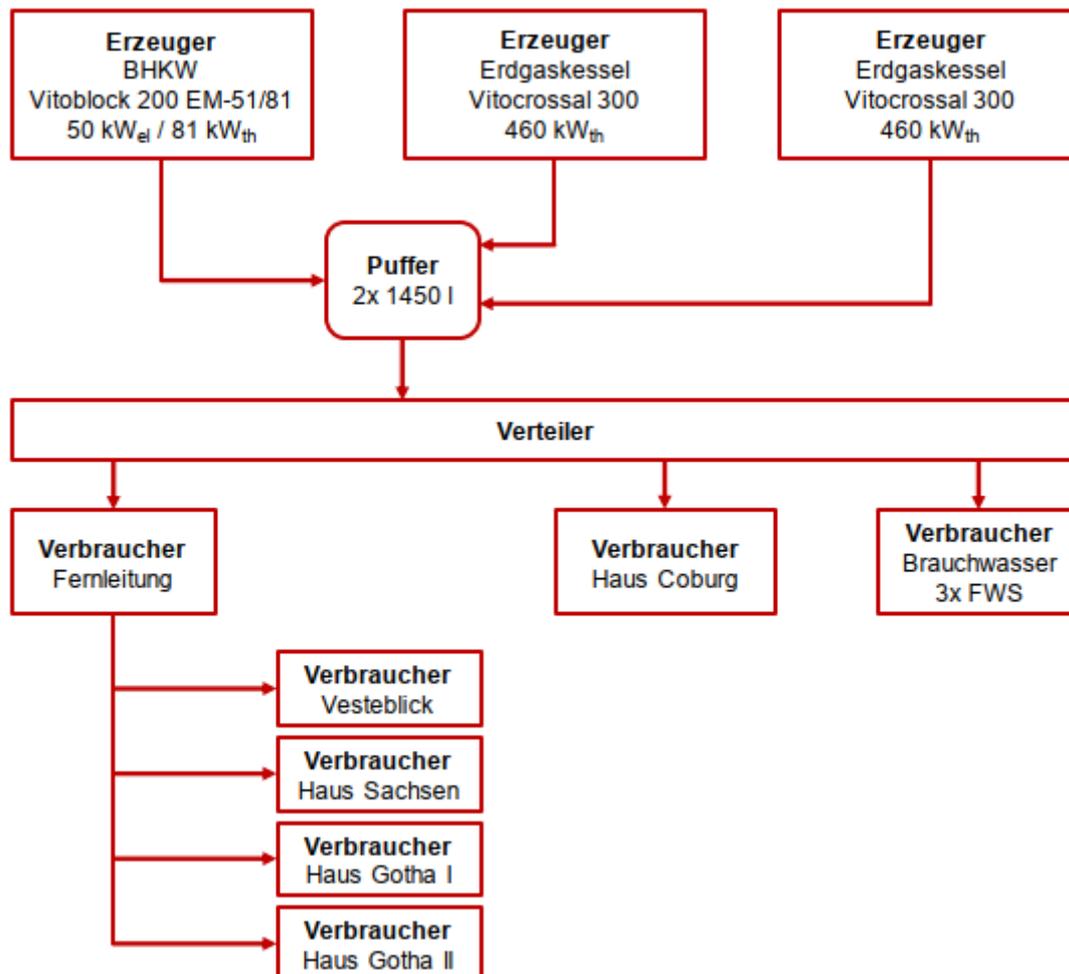


Abbildung 81: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II

Die Heizzentrale befindet sich im Haus Coburg. Die weiteren Häuser Vesteblick, Sachsen, Gotha I und II werden jeweils über Fernleitungen mit Wärme versorgt. Die Warmwasserversorgung erfolgt über Frischwasserstationen direkt in jedem Haus (siehe Abbildung 82). Da keine Wärmemengenzähler (WMZ) zur Abrechnung verbaut sind, wird hier eine Nachrüstung von WMZ an sieben Stellen empfohlen. Neben dem Vorteil einer genaueren Abrechnung des Wärmebedarfs der einzelnen Häuser, die aus verschiedenen Baujahren stammen und unterschiedliche Sanierungsgrade aufweisen, ermöglicht die Zählung der Wärmemengen es außerdem, die Wärmeverluste im System zu erfassen, zu verifizieren und ggf. zu optimieren.

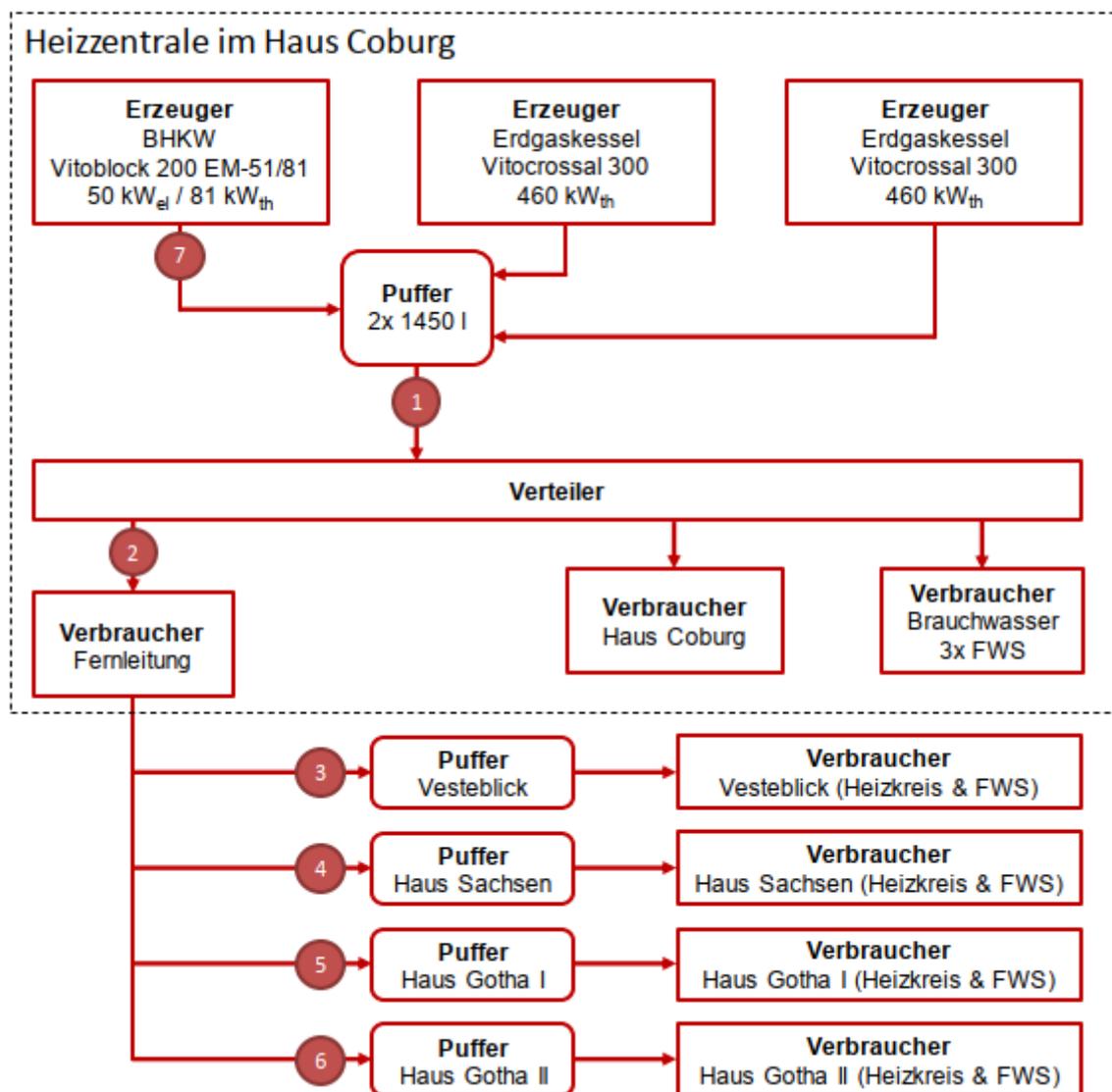


Abbildung 82: Empfehlung zur Zählernachrüstung wärmeseitig

4.3.2 Wohnanlage Am Kreuzstein

Nachfolgend sind die Häuser der Wohnanlage „Am Kreuzstein“ dargestellt.

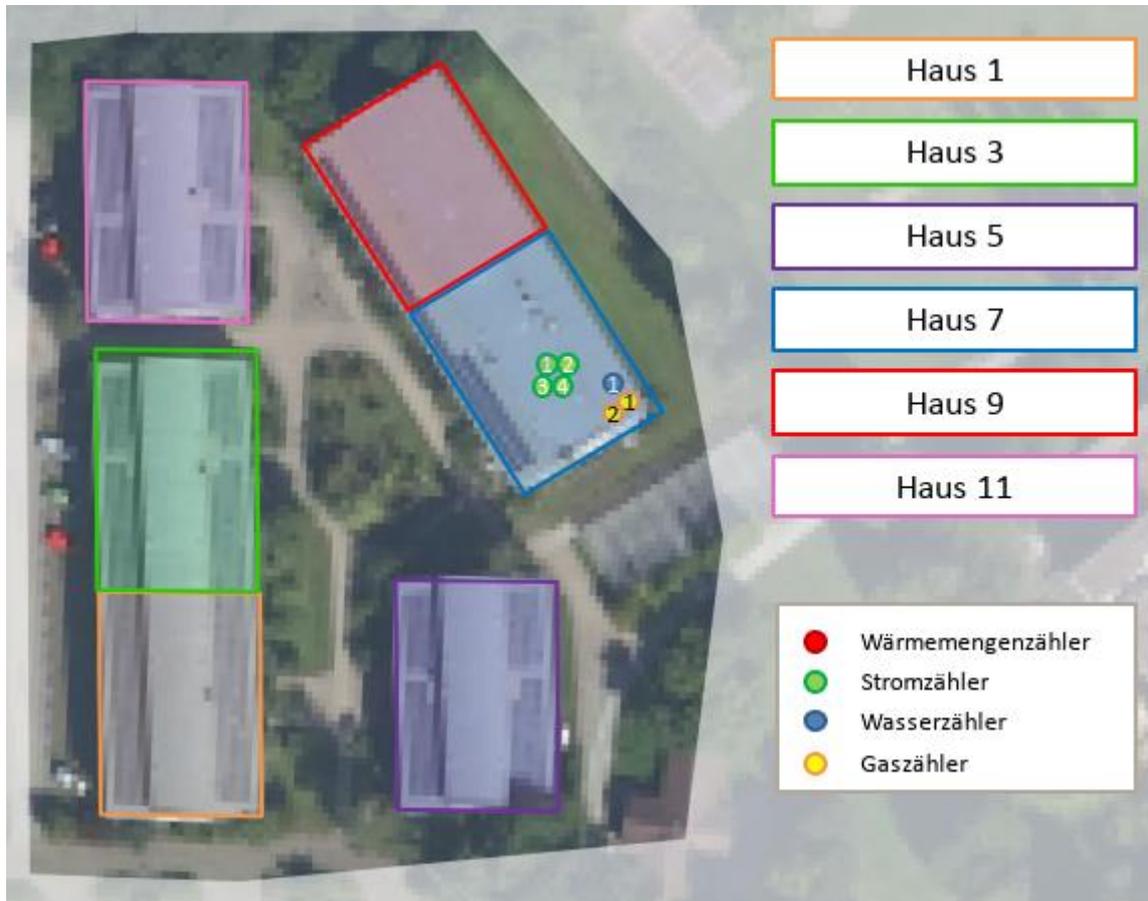


Abbildung 83: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Wohnanlage Am Kreuzstein

Die Liegenschaft, die aus mehreren Häusern besteht, verfügt stromseitig über einen Netzananschluss. Für die drei PV-Anlagen sind drei Zähler vorhanden. Der Gasverbrauch für die Erdgaskessel wird über einen Zähler erfasst. Ein zweiter Zähler in der Gasleitung erfasst allenfalls Verluste über eine Abblasleitung. In der Wärmeverteilung sind keine WMZ installiert. Diese sind hier auch nicht zwingend erforderlich.

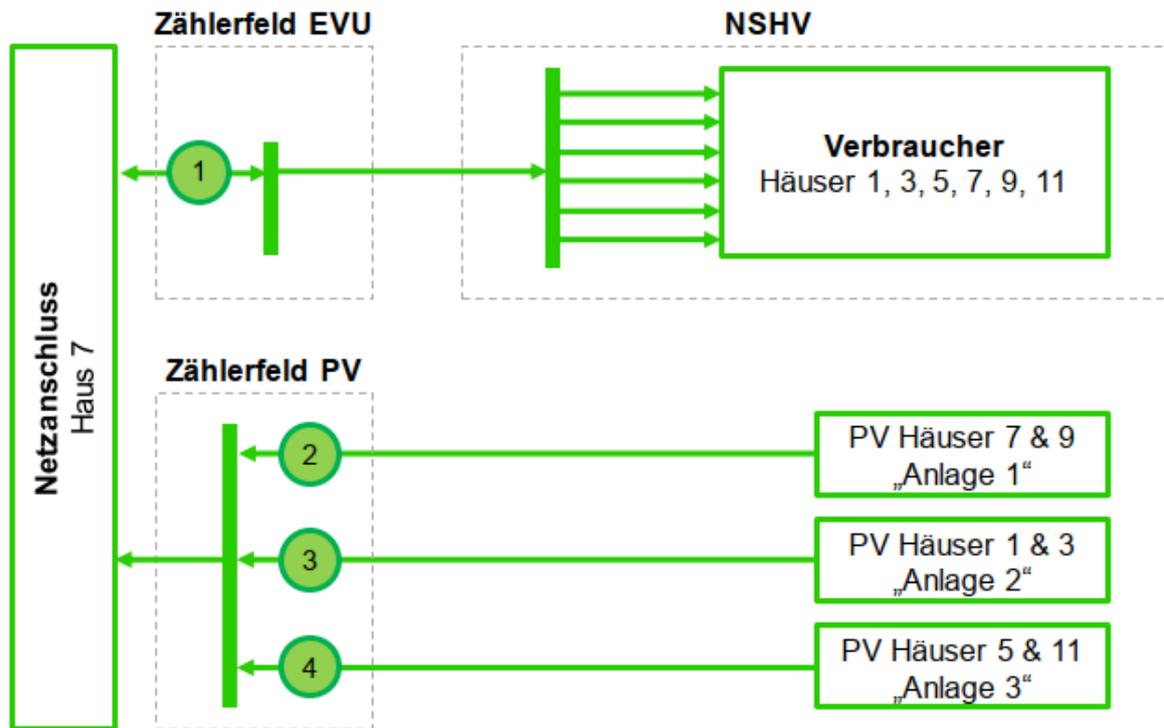


Abbildung 84: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Wohnanlage Am Kreuzstein

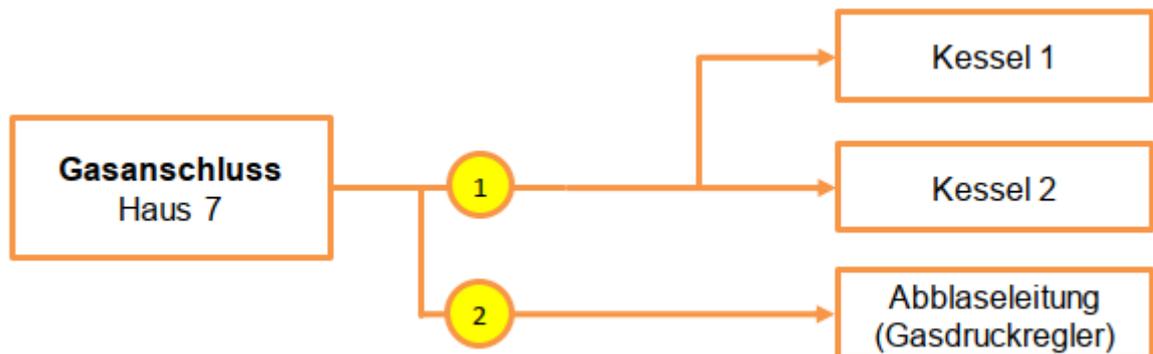


Abbildung 85: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Wohnanlage Am Kreuzstein

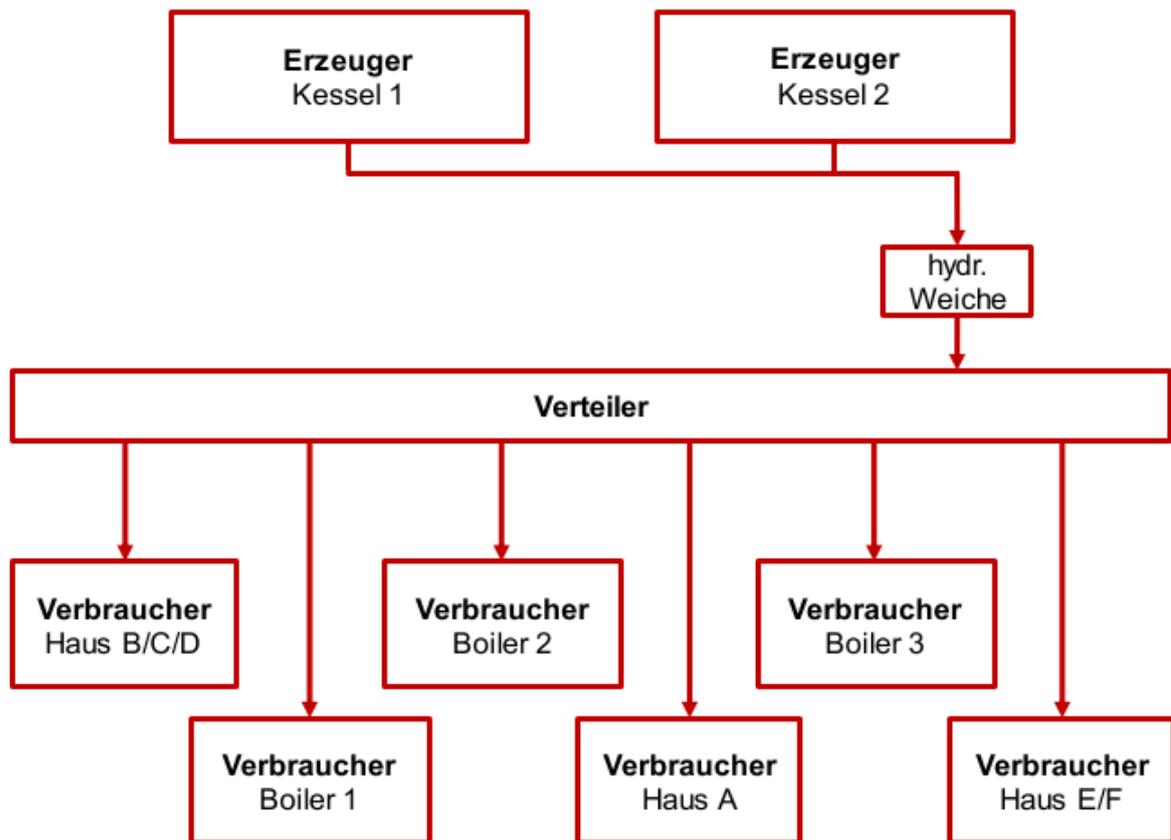


Abbildung 86: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Wohnanlage Am Kreuzstein

4.3.3 Wohnanlage Am Tappert



Abbildung 87: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Wohnanlage Am Tappert

Die Wohnanlage „Am Tappert“ besteht aus einem Gebäude. Die Zählerinfrastruktur ist hier deshalb überschaubar. Strom- und Erdgasseitig gibt es einen Netzanschluss. Erdgasbezug und Stromproduktion des BHKW werden jeweils über eigene Unterzähler erfasst. In der Wärmeverteilung sind keine Zähler vorhanden. Diese sind hier auch nicht zwingend erforderlich.

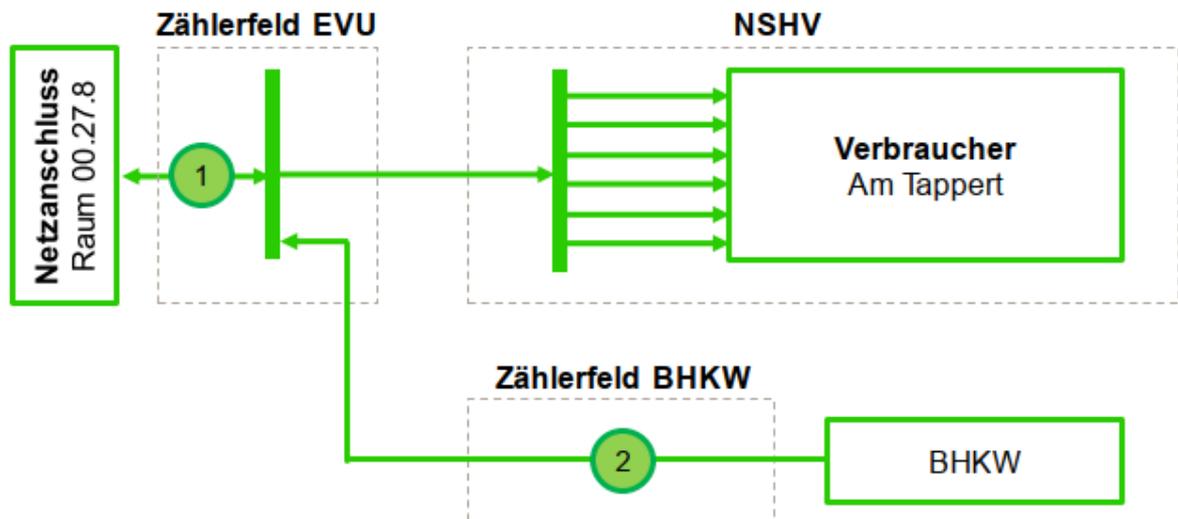


Abbildung 88: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Wohnanlage Am Tappert

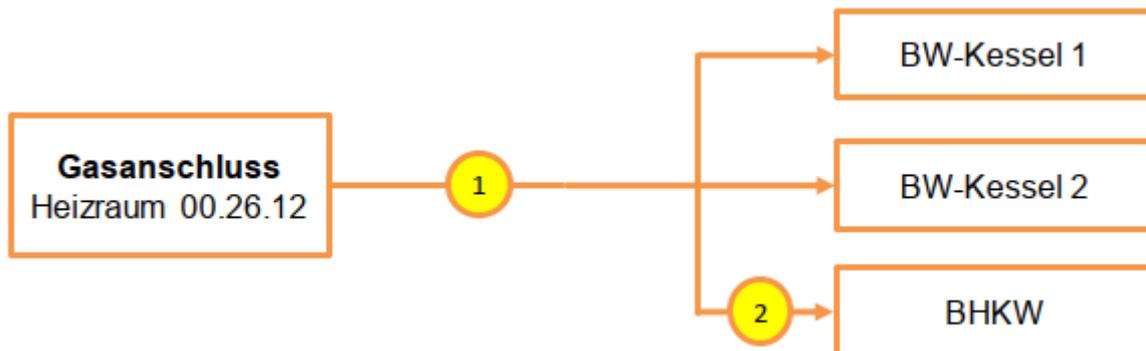


Abbildung 89: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Wohnanlage Am Tappert

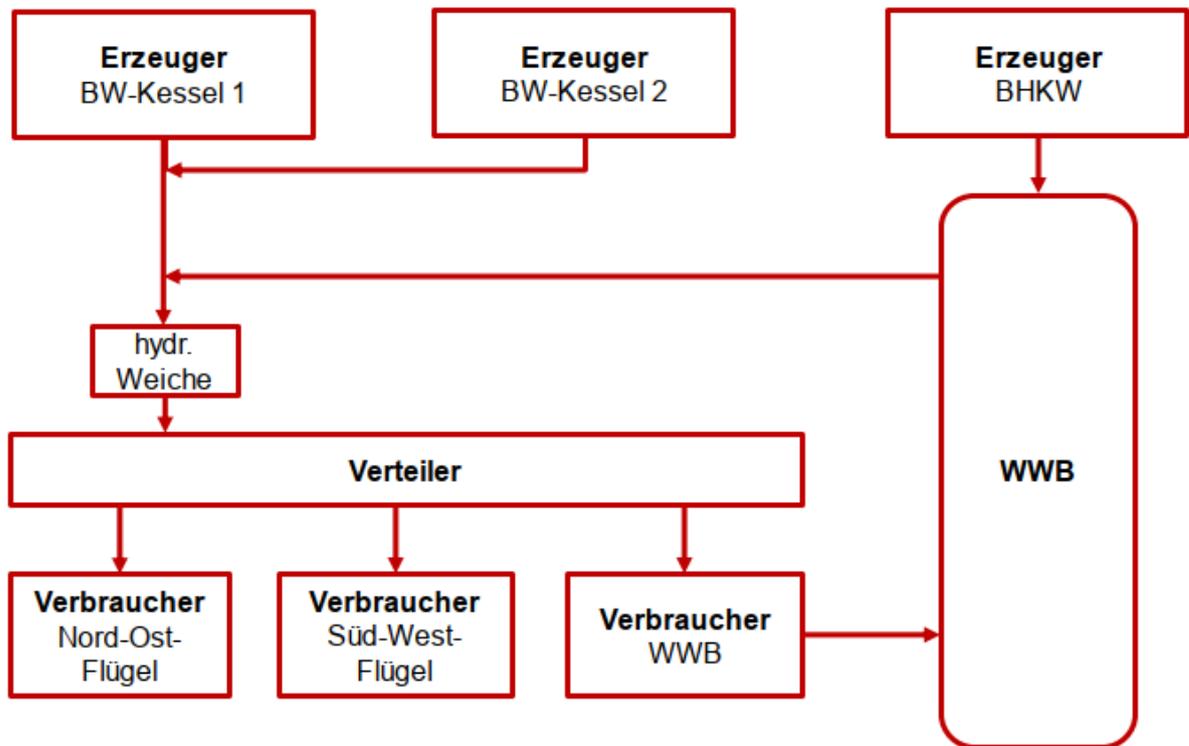


Abbildung 90: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Wohnanlage Am Tappert

4.3.4 Wohnanlage Am Postkeller

Die Wohnanlage „Am Postkeller“ besteht aus vier Häusern. Strom- und Erdgasseitig gibt es einen Netzanschluss. Erdgasbezug und Stromproduktion des BHKW werden jeweils über eigene Unterzähler erfasst. Eine Besonderheit hier, die allerdings nicht zwingend erforderlich ist, ist die Messung des BHKW-Stroms an zwei Stellen in der Verteilung. Auch die erzeugte Wärmemenge durch die KWK-Anlage wird hier durch einen Wärmemengenzähler erfasst. Diese Messstelle ist nicht zwingend erforderlich, aber sehr hilfreich, um die Effizienz des BHKW bewerten zu können. Auch an den anderen beiden Standorten mit BHKW („Am Tapert“ und „Haus Coburg“) würde sich diese Messtelle empfehlen.



Abbildung 91: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Wohnanlage Am Postkeller

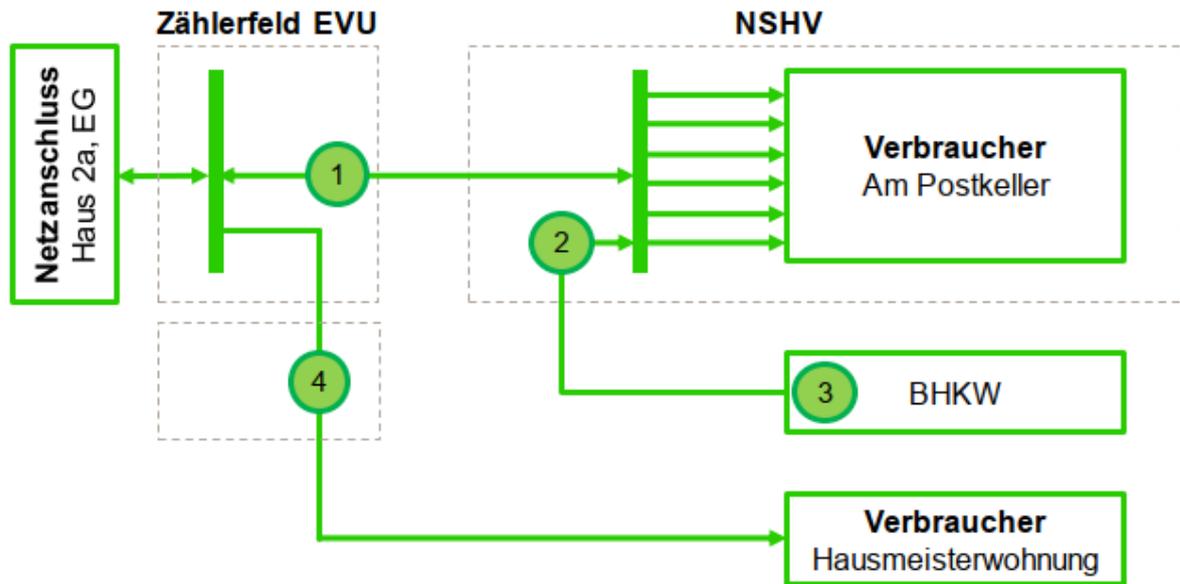


Abbildung 92: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Wohnanlage Am Postkeller

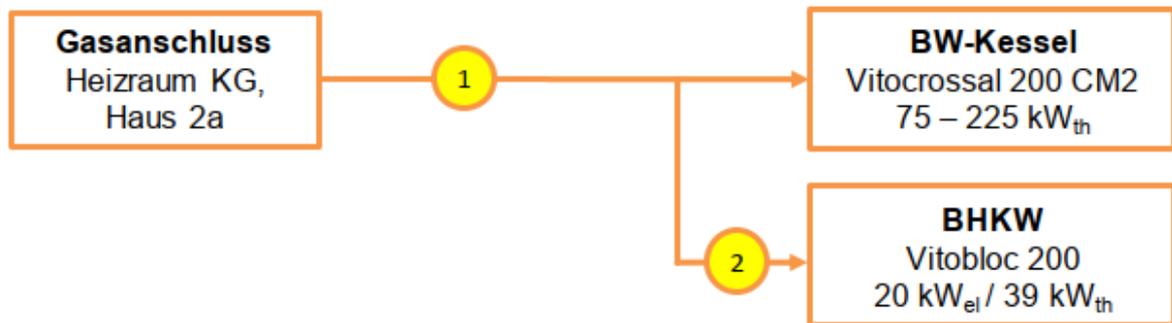


Abbildung 93: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Wohnanlage Am Postkeller

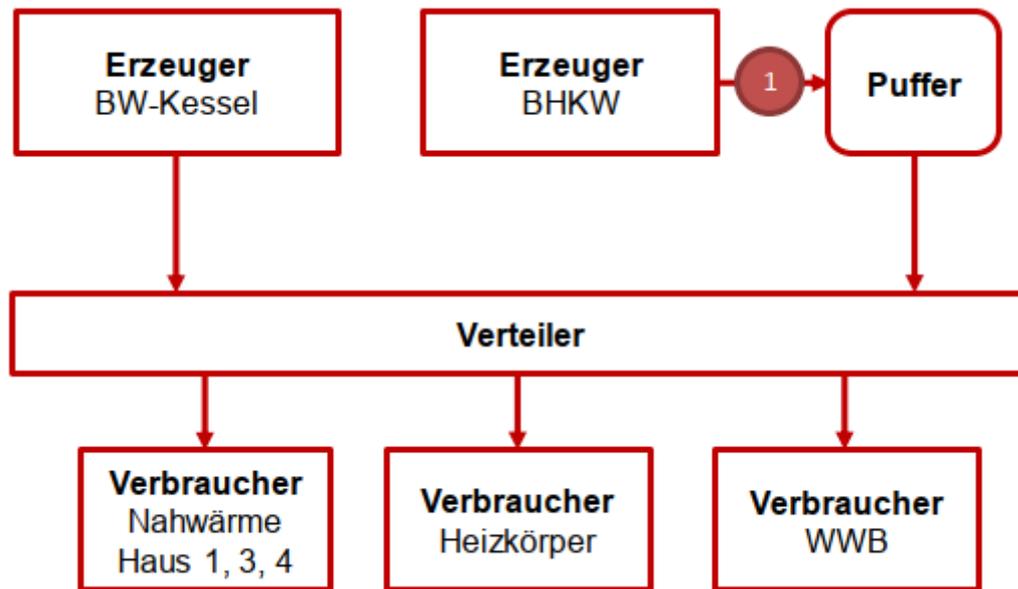


Abbildung 94: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Wohnanlage Am Postkeller

4.3.5 Wohnheim Campus Design

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über das Wohnheim „Campus Design“. Strom- und Erdgasseitig gibt es einen Netzanschlusspunkt. Erdgasbezug und Stromproduktion des BHKW werden jeweils über eigene Unterzähler erfasst. Wie bei der Wohnanlage „Am Postkeller“ wird auch hier die erzeugte Wärmemenge durch die KWK-Anlage durch einen Wärmemengenzähler erfasst. Diese Messstelle ist nicht zwingend erforderlich, aber sehr hilfreich, um die Effizienz des BHKW bewerten zu können. Auch an den anderen beiden Standorten mit BHKW („Am Tappert“ und „Haus Coburg“) würde sich diese Messtelle empfehlen.



Abbildung 95: Überblick vorhandene Zählerinfrastruktur Wohnheim Campus Design

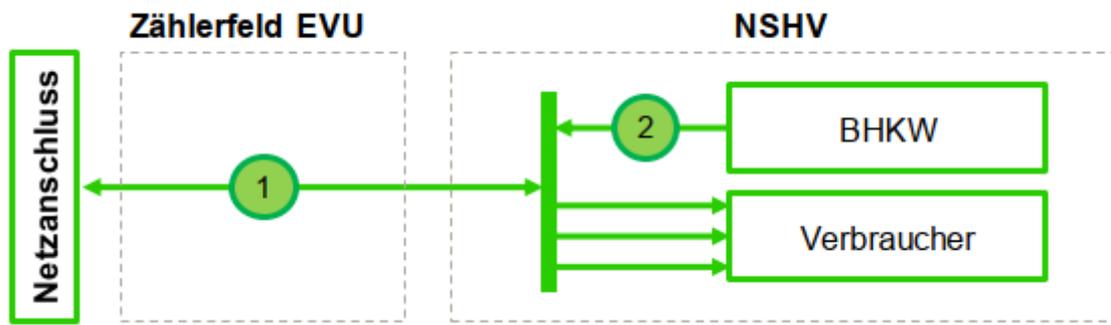


Abbildung 96: Vorhandene Zählerinfrastruktur stromseitig Wohnheim Campus Design

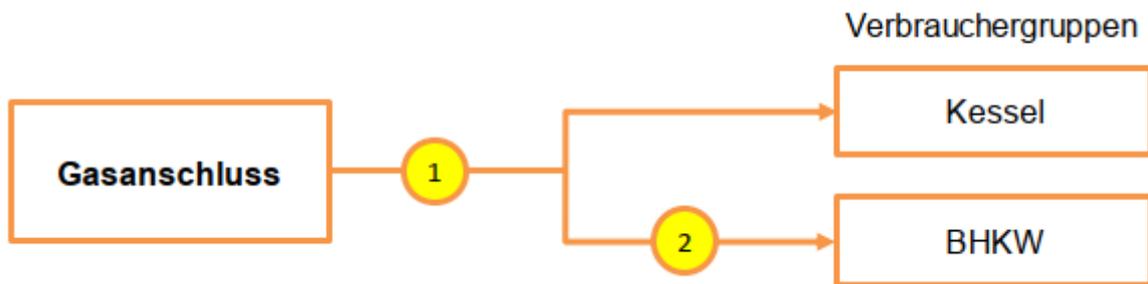


Abbildung 97: Vorhandene Zählerinfrastruktur erdgasseitig Wohnheim Campus Design

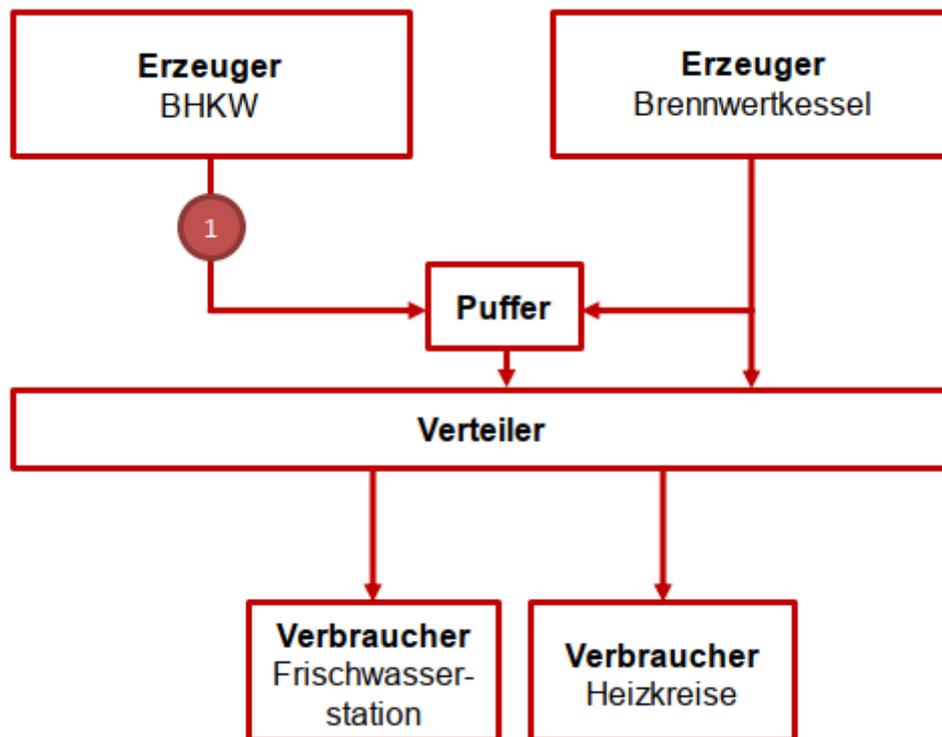


Abbildung 98: Vorhandene Zählerinfrastruktur wärmeseitig Wohnheim Campus Design

4.4 Optimierung BHKW-Steuerung

Wie bereits in Kapitel 3.4 angedeutet, gibt es bei einigen KWK-Anlagen noch Potential längerer Laufzeiten pro Jahr. Die Vermutung ergibt sich anhand der thermischen Jahresdauerlinien, die in dem Kapitel bereits dargestellt sind. Letzte Optimierungspotentiale BHKW-seitig können bei den folgenden beiden Liegenschaften möglich sein: Haus Coburg und Am Tappert

Tabelle 8 sowie Abbildung 103 (blaue Fläche) zeigen die realen, im Vergleich zu den auf Basis von Erfahrungswerten theoretisch möglichen, Vollbenutzungsstunden des BHKW in „Haus Coburg“. Durch eine längere BHKW-Laufzeit würde die Laufzeit der Gaskessel reduziert und gleichzeitig mehr Strom in der hocheffizienten Anlage erzeugt.

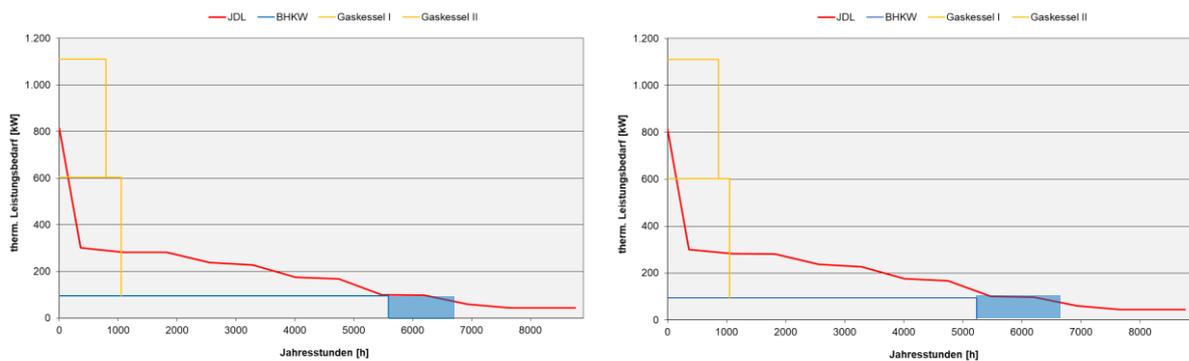


Abbildung 99: Thermische Jahresdauerlinie Wohnheim Haus Coburg (links 2018; rechts 2019)

Tabelle 8: Reale bzw. Mögliche Vollbenutzungsstunden BHKW „Haus Coburg“

	Vbh Real	Vbh Möglich	Differenz	Potentielle Strommehrerzeugung
2018	5.595	6.700	1.105	~ 55.300 kWh/a
2019	5.235	6.700	1.465	~ 73.300 kWh/a

Um eine Laufzeitoptimierung zu erreichen, kann u.a. die wärmeseitige Einbindung der BHKW geprüft werden bzw. auch die Einstellungen in der Steuerung. Nachfolgende Abbildung zeigt die wärmeseitige Einbindung schematisch. Möglicherweise wäre es hier vorteilhaft, wenn die beiden Kessel direkt den Verteiler speisen würden und nicht der Puffer zwischengeschaltet wäre. Ein aufwändiger Umbau in der Verteilung rechtfertigt aber wahrscheinlich nicht die etwas höhere Laufzeit. Die Puffergröße ist in Bezug auf die Leistung des BHKW eher klein gewählt. Speisen gleichzeitig noch die beiden Erdgaskessel die Puffer, so ist es möglich, dass dem BHKW zusätzlich Puffervolumen durch die Kessel weggenommen wird.

Deshalb könnte hier die Steuerung der einzelnen Erzeuger in Bezug auf die Pufferspeisung überprüft und ggf. optimiert werden, sodass dem BHKW möglichst viel Puffervolumen zur Verfügung steht und dadurch Taktungen vermieden werden können bzw. längere Laufzeiten am Stück erreicht werden können.

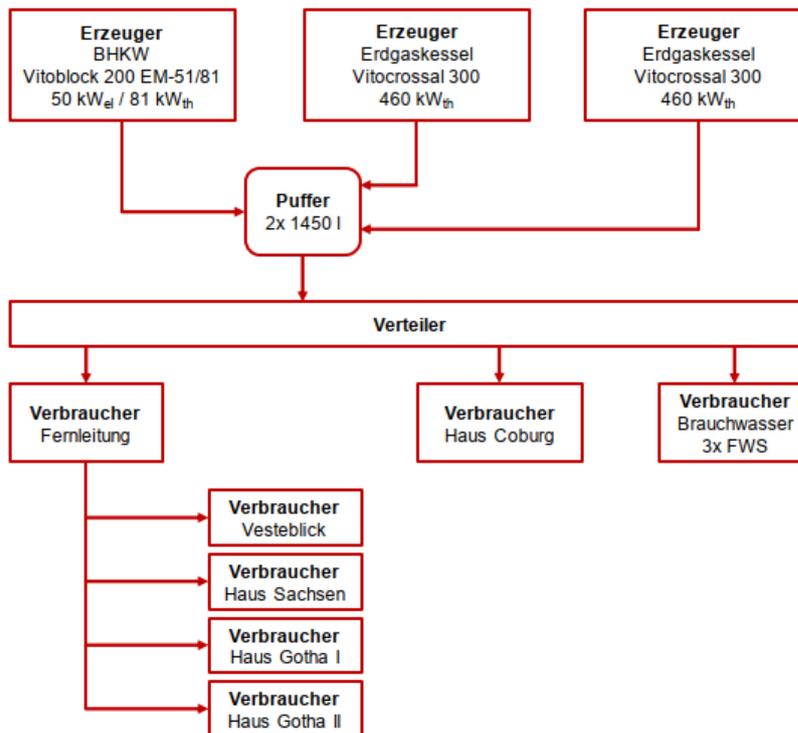


Abbildung 100: Schema Wärmeverteilung im Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I, II

Tabelle 9 sowie Abbildung 101 (blaue Fläche) zeigen die realen, im Vergleich zu den auf Basis von Erfahrungswerten theoretisch möglichen, Vollbenutzungsstunden des BHKW in der Wohnanlage „Am Tappert“. Durch eine längere BHKW-Laufzeit würde die Laufzeit der Gaskessel reduziert und gleichzeitig mehr Strom in der hocheffizienten Anlage erzeugt.

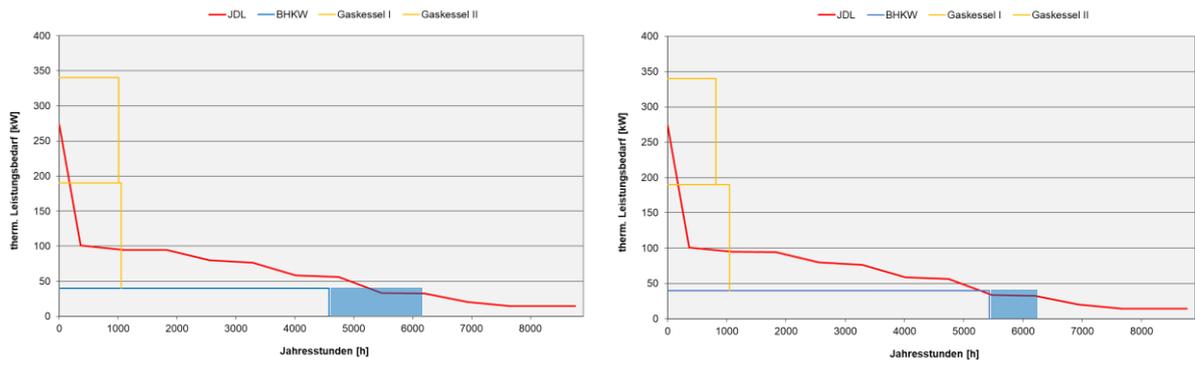


Abbildung 101: Thermische Jahresdauerlinie Wohnanlage Am Tappert (links 2018; rechts 2019)

Tabelle 9: Reale bzw. Mögliche Vollbenutzungsstunden BHKW „Am Tappert“

	Vbh Real	Vbh Möglich	Differenz	Potentielle Strommehrerzeugung
2018	4.585	6.200	1.615	~ 32.300 kWh/a
2019	5.430	6.200	770	~ 15.400 kWh/a

Um eine Laufzeitoptimierung zu erreichen, kann u.a. die wärmeseitige Einbindung der BHKW geprüft werden bzw. auch die Einstellungen in der Steuerung. Nachfolgende Abbildung zeigt die wärmeseitige Einbindung schematisch.

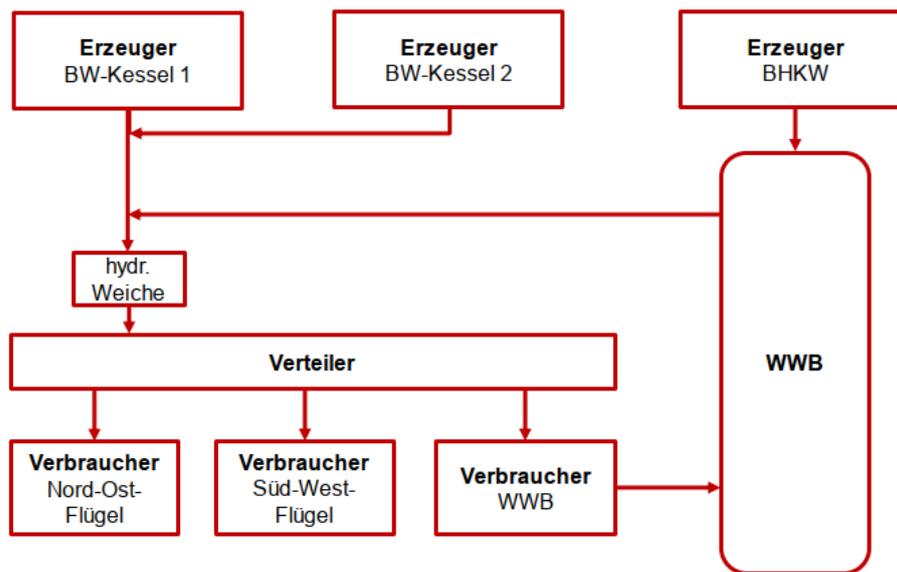


Abbildung 102: Schema Wärmeverteilung in der Wohnanlage „Am Tappert“

Sofern eine Veränderung der Regelungsparameter mit wenig Aufwand durchgeführt werden kann, um eine Laufzeitoptimierung zu erreichen, sollte dies umgesetzt werden. Generell sollte auch auf eine schnelle Behebung von Störungen durch die Wartungsfirmen geachtet werden bzw. eingefordert werden.

5 Zusammenfassung und Fazit

Folgende Liegenschaften sind Wohnheime des Studentenwerks Oberfranken und Teil des weiterführenden Energieeinsparkonzeptes:

- Wohnanlage „Eisberg“ in Amberg (Heiner-Fleischmann-Str. 1)
- Wohnheim „Am Postkeller“ in Weiden (Schirmitzer Weg 2a)
- Internationale Wohnanlage in Bayreuth (Bussardweg 39 - 43)
- Wohnanlage „Birken“ in Bayreuth (Frankengutstr. 2 - 6b)
- Wohnanlage „Frankengut“ in Bayreuth (Frankengutstr. 12 - 18)
- Wohnanlage „Am Kreuzstein“ in Bayreuth (Frankengutstr. 1 - 11)
- Wohnheim „Haus Sachsen“ in Coburg (Thüringerstr. 4)
- Wohnheim „Haus Gotha 1“ in Coburg (Thüringerstr. 4b)
- Wohnheim „Haus Gotha 2“ in Coburg (Thüringerstr. 4c)
- Wohnheim „Haus Coburg“/„Haus Vesteblick“ in Coburg (Thüringerstr. 4a)
- Wohnanlage „Am Tappert“ in Bayreuth (Dr.-Klaus-Dieter-Wolff-Straße 5)
- Wohnheim „Campus Design“ in Coburg (Am Hofbräuhaus 3a)
- Wohnanlage „Am Eichelberg“ in Hof (Albert-Einstein-Straße 2)

Im Rahmen des Energieeinsparkonzeptes für die genannten Liegenschaften hat sich gezeigt, dass sich der spezifische Strom- und Heizenergiebedarf in einem vergleichbaren Rahmen bewegt wie in der VDI 3807 Blatt 2 ausgewiesen. Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die spezifischen Verbrauchswerte der Liegenschaften in Bezug auf Strom und Erdgas. Die gestrichelte Linie in den Diagrammen zeigt dabei jeweils den Mittelwert aller betrachteten Liegenschaften des SWO.

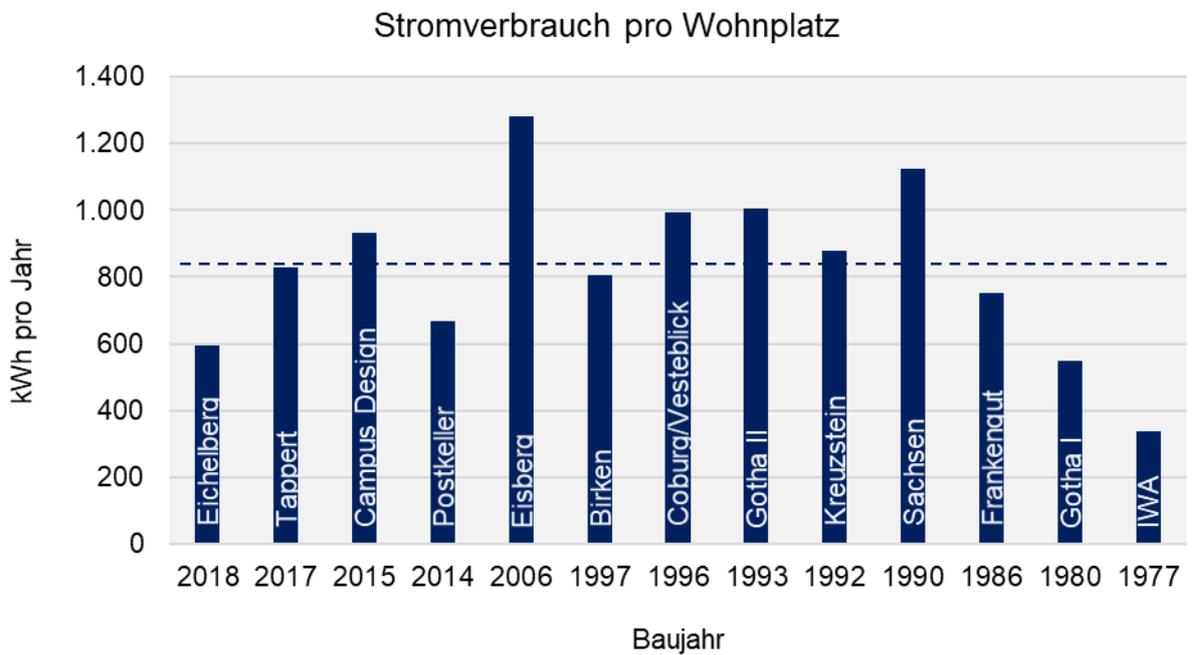


Abbildung 103: Spezifischer Strombedarf der Liegenschaften im Vergleich

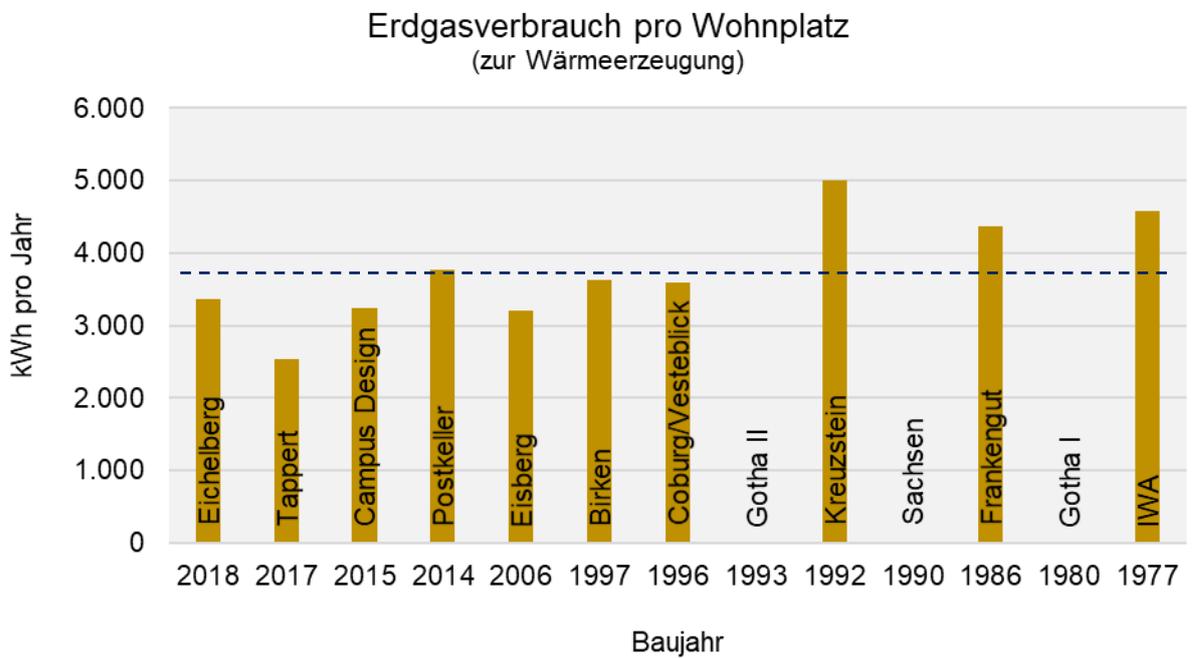


Abbildung 104: Spezifischer Erdgasbedarf der Liegenschaften im Vergleich

In diesem Zuge wurden auch die spezifischen Erträge der Photovoltaikanlagen ermittelt (siehe Kapitel 4.2). Das Studentenwerk Oberfranken hat in sehr vielen Liegenschaften PV-Anlagen installiert. Derzeit sind alle Anlagen Volleinspeiser und erhalten für die eingespeiste Strommenge eine EEG-Vergütung für 20 Jahre ab Inbetriebnahme. Folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse dessen.

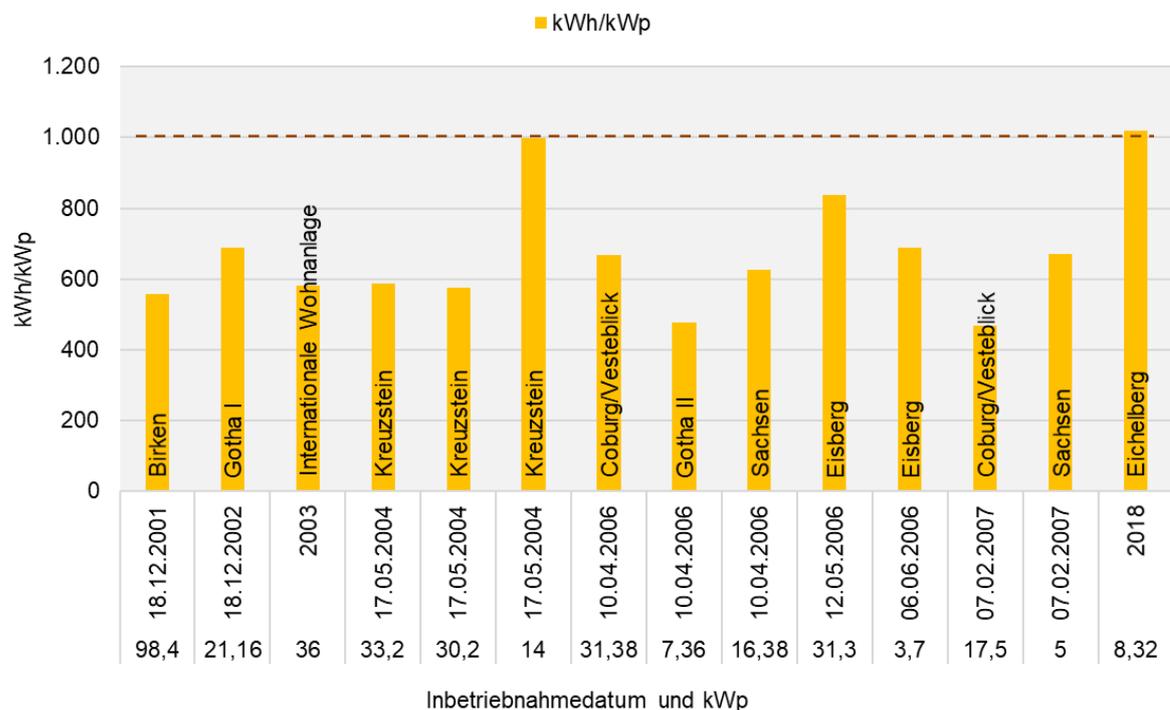


Abbildung 105: Spezifische Erträge von PV-Anlagen des Studentenwerks Oberfranken

Sofern jede Anlage einen spezifischen Ertrag von 1.000 kWh/kWp erzielen würde, könnten jährlich rund 65.000 € mehr Erlös durch die Einspeisung von Strom ins öffentliche Netz (bei einer angenommenen durchschnittlichen EEG-Vergütung von 50 ct/kWh). Hochgerechnet auf den Zeitraum, für den die einzelnen Anlagen laut Inbetriebnahmedatum noch die EEG-Einspeisevergütung erhalten (insgesamt für 20 Jahre), könnten die oben genannten Anlagen in Summe noch rund 160.000 € mehr Erlös generieren. Ein notwendiger Schritt, um diesen Mehrerlös generieren zu können, ist die Wiederherstellung der spezifischen Sollleistung von etwa 1.000 kWh/kWp. Aus einem vorangegangenen Energiekonzept hat sich diese Maßnahme bei der 14 kWp Anlage „Am Kreuzstein“ als gelungen herausgestellt.

Wie durch Abbildung 104 deutlich wird, werden alle untersuchten Liegenschaften in irgendeiner Form durch den Energieträger Erdgas mit Wärme versorgt. An einigen Standorten geschieht dies bereits durch hocheffiziente KWK, anstelle eines reinen Erdgaskessels, was unter ökologischen Aspekten positiv zu bewerten ist.

V.a. hinsichtlich der Wärmeversorgung von Neubauten sollte daher geprüft werden, welche Art der Versorgung aus ökologischen und ökonomischen Gründen und unter den jeweiligen Standortvoraussetzungen fokussiert werden sollte. Für den in Planung befindlichen Ersatzneubau der Wohnanlage „Frankengut“ wurde genau dies untersucht. In die Betrachtungen wurden die beiden in der Nähe gelegenen Standorte „Birken“ und „Am Kreuzstein“ mit einbezogen, in denen künftig ohnehin eine Heizungserneuerung ansteht. Es wurden drei sogenannte Referenzvarianten für die Wärmeversorgung des Ersatzneubaus erarbeitet, in denen der Ist-Zustand in „Birken“ und „Am Kreuzstein“ jeweils erneuert wird. Diese Varianten wurden zwei Wärmeverbundvarianten gegenübergestellt, in denen die Wärmeversorgung der beiden Bestandsgebäude über Wärmeleitungen, ausgehend von einer Heizzentrale im Ersatzneubau, erfolgt. Die Ergebnisse in einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren sehen wie folgt aus.

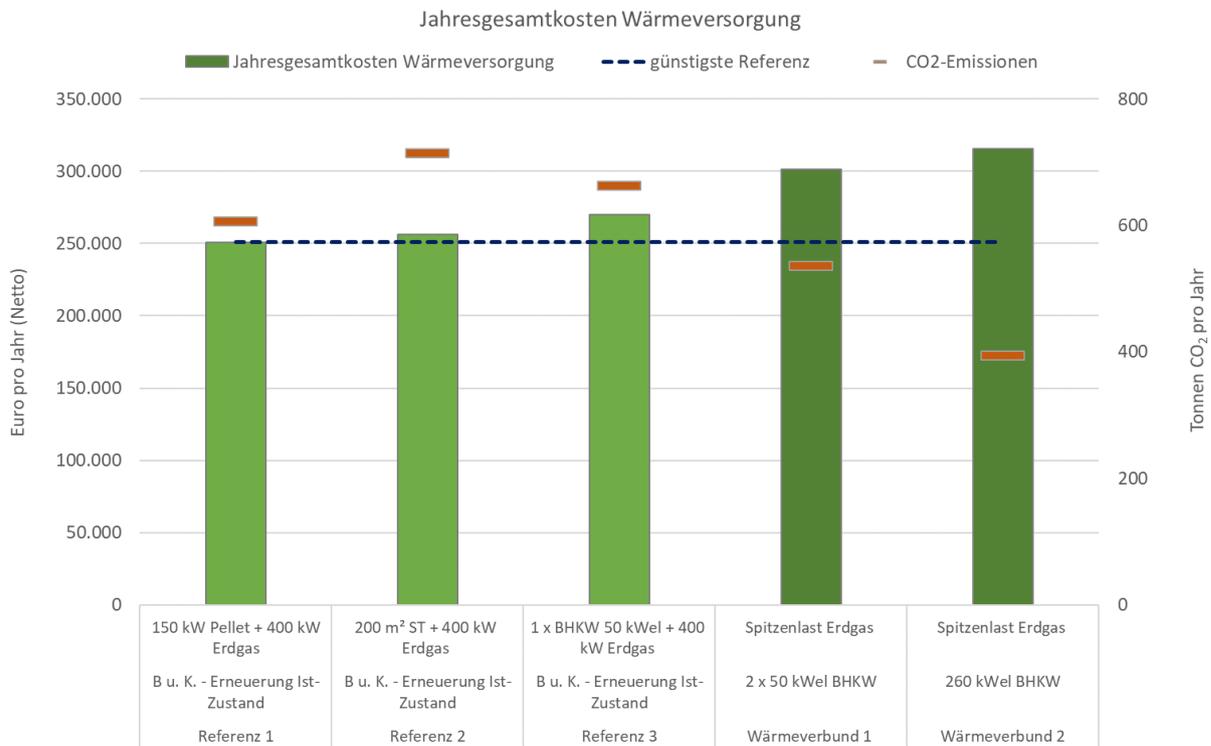


Abbildung 106: Mittlere Jahreskosten der Wärmeversorgungsvarianten über den Betrachtungszeitraum

Für die Wärmeversorgung des Neubaus Frankengut sowie der Bestands-Liegenschaften Kreuzstein und Birken zeigen sich die Referenzvarianten über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren als wirtschaftlich günstiger als die Wärmeverbundvarianten. Die beiden Varianten mit Solarthermieanlage bzw. Pelletkessel weisen mit Gesamtkosten von jeweils etwas über 250.000 € pro Jahr die günstige Wirtschaftlichkeit auf.

Eine weitere denkbare Möglichkeit der Wärmeversorgung, die allerdings in diesem Konzept nicht näher betrachtet wurde, wäre beispielsweise eine Wärmelieferung an alle drei Standorte über die Stadtwerke Bayreuth.

Um entsprechende Betrachtungen durchführen zu können ist eine verlässliche Datengrundlage zum Energieverbrauch der bestehenden Liegenschaften bzw. eine Abschätzung des künftigen Bedarfs von Neubauten unabdingbar. Aus diesem Grund wurde für die in Bezug auf den Energieverbrauch größeren Standorte bzw. auch Standorte mit BHKW eine Analyse des Ist-Zustandes der Zählerinfrastruktur durchgeführt. Für den größten Liegenschaftskomplex (Haus Coburg, Vesteblick, Sachsen, Gotha I und II) des Studentenwerks Oberfranken wird deshalb auf Basis der Untersuchungen folgendes empfohlen. Da keine Wärmemengenzähler (WMZ) zur Abrechnung verbaut sind, wird hier eine Nachrüstung von WMZ an sieben Stellen empfohlen. Neben den Vorteil einer genaueren Abrechnung des Wärmebedarfs der einzelnen Häuser, die aus verschiedenen Baujahren stammen und unterschiedliche Sanierungsgrade aufweisen, ermöglicht die Zählung der Wärmemengen es außerdem, die Wärmeverluste im System zu erfassen, zu verifizieren und ggf. zu optimieren.