

E-Auto finanziert den Restbetrag

Monovalentes Heizen mit Mini-BHKW im Einfamilienhaus

Wer E-Auto sagt, verschenkt einiges, wenn er nicht auch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) sagt – vorausgesetzt, er hat die Möglichkeiten. Das meint ein Eigenheim-Eigentümer und BHKW-Betreiber in Stade an der Elbe. Er belegt: Die neuen KWK-Fördersätze und die preislichen Einsparungen durch BHKW-Strom für die E-Mobilität finanzieren die Wärme und Elektrizität für sein Einfamilienhaus beinahe vollständig.



Als Felix **Kruse** in Stade nahe Hamburg vor fünf Jahren die Heizung in seinem Neuerwerb auf Vordermann bringen wollte, standen Kosteneinsparung und Reduktion der CO₂-Emissionen im Vordergrund (Abb. 1). „Ein Argument für ein BHKW war für mich des Weiteren die Möglichkeit einer Notstromversorgung. Deshalb verwunderte mich bei den Beratungen, warum mir regelmäßig von KWK abgeraten wurde. Typisches Statement der Berater: zu wenig Wärmebedarf. Ein BHKW müsse mindestens 5.000 h/a laufen, maximal 30 Prozent des Wärmebedarfes erzeugen.

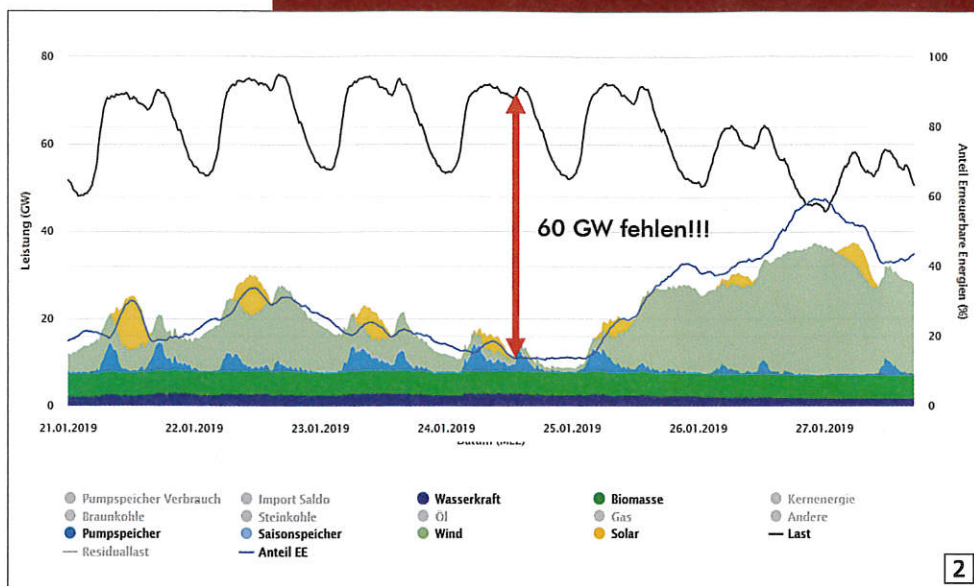
Ich habe dann meine eigene Rechnung aufgemacht. Demnach lohnt es sich schon wesentlich früher. Das macht nicht unbedingt Gewinn, aber es spart massiv.“

Der Ingenieur schaute sich auch das Angebot an Wind- und PV-Strom an. Er sah, je nach Monat, zwischen Angebot und Bedarf eine riesige Lücke, die wohl noch viele Jahre fossil geschlossen werden muss (Abb. 2). Der KWK kommt in dem Zusammenhang unter anderem die Rolle zu, als Regelenergielieferant einen wesentlichen Beitrag zur Netzstabilität zu leisten. Ein E-Auto hinzugerechnet, täte er deshalb mit einer ausschließlich hei-

zenden Wärmepumpe der Umwelt auch keinen größeren Gefallen als mit einem hocheffizienten monovalenten Strom- und Wärmeerzeuger, kam der promovierte Professor für Maschinenbau an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (**HAW Hamburg**) zu dem Ergebnis.

Da die Kostenseite ebenfalls dafür sprach, ließ er seine Hausinstallation von den KWK-Spezialisten der **Karl Meyer Energiesysteme GmbH**, Wischhafen, auf ein **EC Power**-Aggregat mit 6/13 kW (elektrisch/thermisch) umrüsten (Abb. 3). Das lässt sich, laut Datenblatt, elektrisch





1 Einfamilienhaus Kruse in Stade: Baujahr 1986, 168 m² Wohnfläche plus 70 m² beheizte Kellerräume. Fußbodenheizung Parterre, Radiatoren im 1. Stock und Keller. Um mit einer niedrigen Vorlauftemperatur von maximal 40 bis 42 °C fahren zu können, mussten zwei Heizkörper gegen leistungsstärkere ausgetauscht werden, davon ein aktiver Niedertemperatur-Heizkörper von Jaga.

2 Unterdeckung: Stromverbrauch und erneuerbare Energien (in der Legende fett gedruckt) in der 4. Kalenderwoche 2019.

zwischen 2,5 und 6 kW modulieren, sodass es bei kleinster Last mit einem ausreichend großen Speicher bis in den Sommer hinein monovalent Dienst tun kann. „Die gleitende Fahrweise erweitert den Einsatzbereich und prädestiniert das »XRGI 6« auch für relativ kleine Objekte“, hebt Hauke **Leidecker**, Technischer Betriebsleiter der Karl Meyer Energiesysteme GmbH, diesen Punkt hervor. Die Bilanz nach mittlerweile fast drei Jahren Betrieb sieht noch besser aus als die Kalkulation. Die hat als Back-up und für eine eventuell erforderliche Spitzenlast einen E-Heizstab im Puffer vorgeschrieben. Der schaltete aber bisher nicht ein einziges Mal ein.

Was das KWK-Gesetz bestimmt

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit enthält das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) die entscheidende Bestimmung. Nach Absatz 3a in § 7 erhalten Betreiber von BHKW bis 50 kW elektrische Leistung sowohl für den selbstverbrauchten als

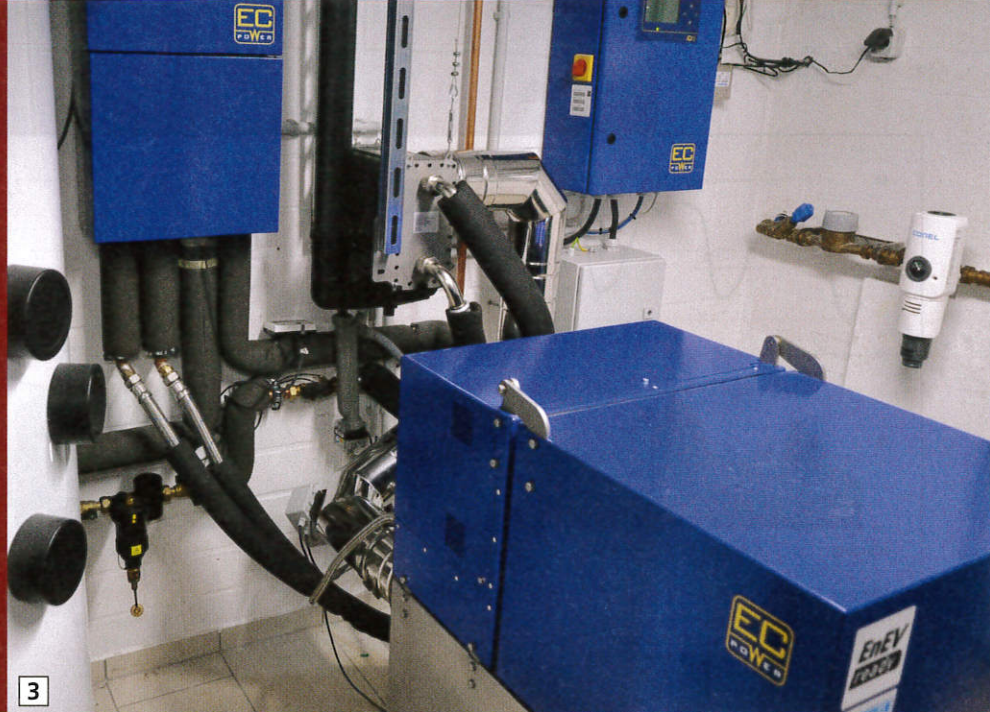
auch für den ins öffentliche Netz eingespeisten Strom einen Zuschlag. Der betrug bis zum vorigen Jahr 4 Cent je Kilowattstunde für jene Elektrizität, die Haus- und Haushaltstechnik im Eigenheim konsumierten, und 8 Cent pro kWh für die Abgabe an die Öffentlichkeit. Die seit Januar 2021 gültige Fassung des KWKG hat die Sätze verdoppelt, auf 8 und 16 Cent/kWh, allerdings in § 8 die Dauer der Zuschlagszahlung von ehemals 60.000 auf 30.000 Vollbenutzungsstunden halbiert. Darüber hinaus deckelt § 8 neuerdings die Vollbenutzungsstunden: „Ab dem Kalenderjahr 2021 wird der Zuschlag für bis zu 5.000 Vollbenutzungsstunden, ab dem Kalenderjahr 2023 für bis zu 4.000 Vollbenutzungsstunden und ab dem Kalenderjahr 2025 für bis zu 3.500 Vollbenutzungsstunden pro Kalenderjahr gezahlt“, heißt es in Absatz 4.

In welchem Maß schlagen die Zuschlagszahlungen zu Buche? Bezogen auf die reinen Energiekosten sagt eine Über-

schlagsrechnung schon einiges. Nehmen wir ein Einfamilienhaus mit rund 35.000 kWh für Warmwasser und Heizung und 4.000 kWh Strombedarf im Jahr. Gaspreis inklusive Mehrwertsteuer 6 ct/kWh, Strom 30 ct/kWh. Wirkungsgrad der Anlagen 90 Prozent, bezogen auf den Heizwert. Bei einer getrennten Versorgung mit Strom und Gas stehen gerundet $39.000 \times 0,06 \text{ €}$ plus $4.000 \times 0,30 \text{ €} = 3.500 \text{ €}$ auf der Rechnung. Die Alternative Mini-KWK liefert in der Regel ein Drittel Strom und zwei Drittel Wärme, das heißt, der thermische Wirkungsgrad bewegt sich bei 66 Prozent des Gesamtwirkungsgrads von den angenommenen 90 Prozent.

Die 35.000 kWh Bedarf vervielfachen sich damit zu 58.000 kWh Bezug (inklusive Strom als Abfallprodukt der Wärmeerzeugung – oder umgekehrt). Den Verbrauch mit 6 ct verrechnet, ergibt sich der gleiche Betrag von etwa 3.500 € für den Energieeinkauf wie für Variante 1, der Therme plus Netzstrom.

3 Modulierendes, monovalent betriebenes Mini-BHKW „XRG 6“ mit 2,5 bis 6 kW elektrisch und mit Brennwert-Wärmeübertrager bis 13 kW thermisch.



Eine Überschlagsrechnung

Nur gibt es für den ersten Fall jedoch von keiner Stelle eine Gutschrift. Das BHKW dagegen profitiert energie Kostenseitig erheblich von den Zuschüssen nach KWKG. Die 35.000 kWh thermisch bedeuten 17.500 kWh elektrisch. Für den Eigenverbrauch des Objekts von 4.000 kWh muss der kommunale Netzbetreiber $4.000 \times 8 \text{ Cent/kWh} = 320 \text{ €}$, plus $13.500 \times 16 \text{ Cent/kWh}$ für die Einspeisung =

zusammen 2.480 € bezahlen. Zu dieser Summe von 2.480 € addieren sich des Weiteren „Vermiedenes Netzentgelt“ für die 13.500 kWh sowie der Erlös des Stromverkaufs an den regionalen Versorger. Er, der Kommunale, bestimmt das Netzentgelt und die Leipziger Strombörse EEX den Abgabepreis. Als „üblicher Preis“ gilt der an der EEX erzielte durchschnittliche Baseload-Preis (KWK-Index) des jeweils vorangegangenen Quartals. Der kletterte in 2021 bis auf 7,4 ct/kWh (Juni), lag allerdings im Vergleichsmonat des Vorjahres bei nur 2,4 ct/kWh. Baseload plus Netzentgelt plus ersparte Energiesteuer von zusammen 6 ct/kWh dürften kalkulatorisch die Realität wiedergeben, ergo den Abzug von weiteren $13.500 \times 6 \text{ ct/kWh} = 810 \text{ €}$ von der Einkaufsrechnung. Unter dem Strich verbleiben damit für ein BHKW von maximal 13 kW thermisch $3.500 - 2.480 - 810 =$ rund 200 € Strom- und Heizkosten für die ersten 30.000 Betriebsstunden oder rund acht Jahre (bei jährlich 3.000 Vollbenutzungsstunden $\times$ 13 kW thermisch = 38.000 kWh Verbrauch). Den 3.500 € für konventionelle, ungekoppelte Energieerzeugung stehen also 200 € BHKW-Energie gegenüber.

Elektrizität aus, was sich in einer Vergleichsrechnung zugunsten des BHKW ausdrückt. In der Realität dürfte das nur mit einem Batteriespeicher machbar sein. Ohne Puffer lieferte die KWK 75 Prozent des Eigenbedarfs. 25 Prozent mussten zugekauft werden.

Strom als „Tiger“

Zweites Fazit: Im Fall eines E-Fahrzeugs im eigenen oder nachbarlichen Fuhrpark geht dagegen die 100-Prozent-Rechnung auf, wenn der BHKW-Betreiber in Anlehnung an eine frühere Sprit-Werbung der Aufforderung folgt: Pack den Strom („Tiger“) in den Tank. Die Einsparungen am Kraftstoff für das E-Mobil dürften dann die restlichen Strom- und Gaskosten für das Haus mehr als komplett tragen. Denn gelingt es organisatorisch dem Hauseigentümer, die 13.500 kWh in sein E-Vehikel zu schieben, gehen ihm zwar 16 plus 6 Cent/kWh, ergo 21 ct/kWh Einspeisung verloren. Die Wallbox in der eigenen Garage nimmt aber für öffentlichen Strom mindestens 29 bis 30 ct/kWh und an den Ladesäulen draußen verteuert sich das Nachtanken um weitere 3, 4 oder 5 Cent je Kilowattstunde. $13.500 \times 8 \text{ Cent/kWh}$ im Minimum Differenz bedeuten weitere ersparte 1.080 €, ergo die Restsumme von 200 € für den Haushaltstrom – plus einen beträchtlichen Überschuss.

Erstes Fazit: Was den Gasbezug angeht, spart der Betreiber eines BHKW dieser Größe auf Basis der angesetzten Zahlen etwa 3.000 € pro Jahr im Vergleich mit der Standardversorgung Wärme aus der Therme und Strom aus der öffentlichen Steckdose. Das Beispiel geht allerdings von einer Deckung von 100 Prozent des Haushaltstroms durch die BHKW-

Das heißt, heizen, kochen, waschen zum Nulltarif – wenn die Investitionen nicht wären. Wie sieht die Praxis aus? Für Prof. Dr.-Ing. Felix Kruse hatte der be-



„Wir denken an eine Mini-Quartierslösung,“

so Felix Kruse.



Die großen Treiber

Die spezifische BHKW-Kompetenz steuerten die Spezialisten des EC-Power-Premiumpartners, Karl Meyer Energiesysteme, bei. Die Domäne des Unternehmens sind Blockheizkraftwerke, Stromspeicher und PV-Anlagen. Die Mutter der GmbH, die Karl Meyer AG, startete vor mehr als 30 Jahren mit nachhaltiger Versorgungstechnik. Aus dem Erfahrungsschatz mit einer modernen und umweltschonenden Heizungstechnologie entwickelte sich der eigenständige Geschäftsbereich Karl Meyer Energiesysteme GmbH. Als Partner von EC Power deckt das Unternehmen ein Gebiet unter anderem vom Landkreis Cuxhaven über die Landkreise Stade und Harburg und der Region Lüneburg und Hamburg bis hoch in den Norden in die Landkreise Nordfriesland, Rendsburg-Eckernförde und Schleswig-Flensburg ab. Die Karl Meyer Energiesysteme GmbH hat in diesen Bezirken ein eigenes Netzwerk aus Kooperationspartnern aufgebaut.

Eine Broschüre des Anlagenbauers gab dem Dozenten den Anstoß zu seiner Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) – na ja, den dritten Anstoß. Der erste bestand in der überraschend hohen Nachzahlung für Strom und Gas des 2016

gekauften Hauses. „Eigentlich sollte es laut Energieausweis ein energiesparendes Gebäude sein, aber die Vorbesitzer waren zwei Rentner. Die hielten immer nur wenige Räume auf Temperatur. Das schönte natürlich die Bilanz. Als wir dann mit unseren Kindern einzogen und die Räume durchwärmten, kam die Wahrheit zutage. Was tun? Ein Bekannter aus der Führungsetage der Karl Meyer AG betreibt ein BHKW. Er brachte mich dem Thema näher. Ich habe mich hingesetzt und sowohl mit den Kosten als auch mit dem Klimawandel im Blick kalkuliert.“

Es lohnt sich

Energieexperte Kruse stellte eine CO₂-Bilanz auf. Die großen Treiber sind Heizung, Auto und Strom. Die Mobilität musste folglich mit in ein Konzept. Wir haben dann – Meyer Energiesysteme und ich – Varianten durchgerechnet. Es kam das wind- und sonne-unabhängige und gleitend fahrende BHKW »XRGI 6« heraus“.

Der Renovierer dachte gleich einen Schritt weiter: „Unser Aggregat mit 6 kW elektrisch und 12 bis 13 kW thermisch kann und soll im Prinzip mehrere Häuser und Autos versorgen. Deshalb mussten wir eine Firma gründen. Wir speisen ja

schriebene Ansatz keine undurchsichtige Variable, sodass er sich in seinem eigenen Haus zur Ausführung entschloss. „Die Klimaschutz-Gleise sind doch eindeutig in diese Richtung gestellt. Es kann nur noch besser werden.“ Das **BAFA** zahlt und zahlte einen Investitionszuschuss und die Stadt Stade beteiligte sich mit einem speziellen Förderprogramm ebenfalls an der Umrüstung auf KWK. Aus eigener Tasche verblieben für den Bauherrn etwa 17.000 bis 18.000 € exklusive Mehrwertsteuer. Ganz genau kann er seine reinen BHKW-Ausgaben nicht beziffern, da in dem Bestandsgebäude ohnehin elektro- und installationstechnische Sanierungsmaßnahmen anstanden.

CO ₂ -Betrachtung [Alle Angaben in kg CO ₂ -Äquiv.]		
Herkömmlich (Getrennter Wärme + Strom Bezug + Auto)		
Heizung	8177.16	(0.22 kg/kWh)
Strom (eigen)	1624.76	(0.470 kg/kWh)
Strom (einsp.)	4985.81	(0.470 kg/kWh)
Auto	3245.00	(2.95 kg/l Benzin)
Summe	18032.73	
BHKW + Elektroauto		
Gasverbrauch	14064.72	(0.22 kg/kWh)
Ökofaktor	1	
Einsparung [kg]	3968.01	
Einsparung [%]	22%	

Mit 100 % Erdgas

CO ₂ -Betrachtung [Alle Angaben in kg CO ₂ -Äquiv.]		
Herkömmlich (Getrennter Wärme + Strom Bezug + Auto)		
Heizung	8177.16	(0.22 kg/kWh)
Strom (eigen)	1624.76	(0.470 kg/kWh)
Strom (einsp.)	4985.81	(0.470 kg/kWh)
Auto	3245.00	(2.95 kg/l Benzin)
Summe	18032.73	
BHKW + Elektroauto		
Gasverbrauch	9845.30	(0.22 kg/kWh)
Ökofaktor	0.7	
Einsparung [kg]	8187.43	
Einsparung [%]	45%	

Mit 30 % Biogas und 70 % Erdgas

5

Strom ein. Steuerlich müssen Sie da einiges an Arbeit investieren. Das bekommt man aber, mit Unterstützung durch den Steuerberater, hin. Die Arbeitsgemeinschaft **ASUE** hat einen informativen »Leitfaden zur Anmeldung und steuerlichen Behandlung von kleinen Blockheizkraftwerken« erstellt, den habe ich von vorne bis hinten akribisch durchgelesen und eine Einnahmen/Überschussrechnung über die nächsten fünf Jahre gemacht, mit Umsatzsteuererklärung, mit Förderungen und anderem Zugehörigem. Wie gesagt, das Ergebnis war: Es lohnt

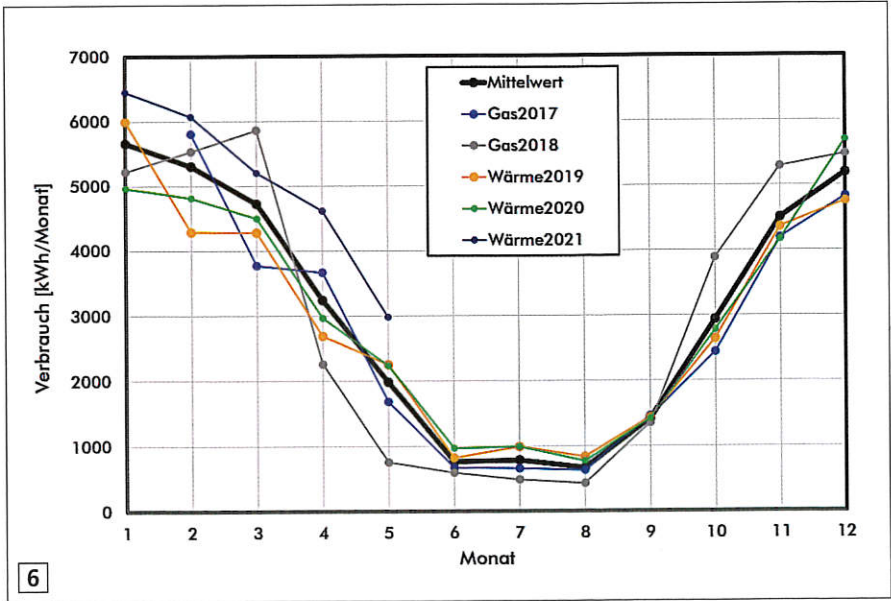
sich. Das »XRGi« ist jetzt seit etwa zweieinhalb Jahren in Betrieb, es hat seine Pflicht übererfüllt."

Den fossilen Einsatz (Erdgas) schiebt Felix Kruse als Gegenargument zur KWK nicht beiseite (Abb. 4 und 5). „Die Technik reduziert aber bereits die Emissionen, weil sie den Brennstoff doppelt nutzt. Wir haben das einmal durchgerechnet. Bei 100 Prozent Erdgas betragen die Einsparungen 22 Prozent gegenüber konventioneller Wärme- und Stromversorgung. Die Motoren lassen ferner zu,

Biogas beizumischen. Das macht die Technik noch nachhaltiger.“ Aus den Abbildungen 6 und 7 für das Haus Kruse gehen BHKW-Leistung und -Verbrauch über die Außentemperatur beziehungsweise über das Jahr erfasst hervor. Die rote Linie bei gut 13 kW in Abb. 7 markiert die volle thermische Leistung des BHKWs.

Zur Theorie die Praxis

Wie sieht also die Praxis aus? Die erfassten Daten von 2020/21 mit 37.000 kWh Wärmebedarf und 4.200 kWh Strom setzte Felix Kruse in eine vergleichende Hochrechnung „Konventionell versus BHKW“ für das gesamte Jahr 2021 ein. Der Vollkostenvergleich bezieht sich auf 15 Jahre. Er berücksichtigt sämtliche Einnahmen und Ausgaben: Anschaffung, Energiekosten, Wartung, Schornsteinfeger, Reparaturrücklagen, Strombezug, AfA usw., inklusive einen neuen Motor für das EC-Power-Aggregat (Abb. 8). Bei einem CO₂-Preis von 25 €/t erwirtschaftet das BHKW jährlich knapp 2.000 €. Da es fossiles Gas in Strom und Wärme verwandelt, reduziert sich der Ertrag bei 60 € für die Tonne Kohlenstoffdioxid um etwa 100 € (Abb. 9). Unter dem Strich wird sich das Plus für eine Kraft-Wärme-Kopplung ab Jahrgang 2021 der Übersichtsrechnung nähern, da in den eingesetzten Zahlen noch 4 und 8 Cent/kWh KWK-Vergütung stecken, nicht die seit Januar 2021 gültigen Zuschläge von 8 und

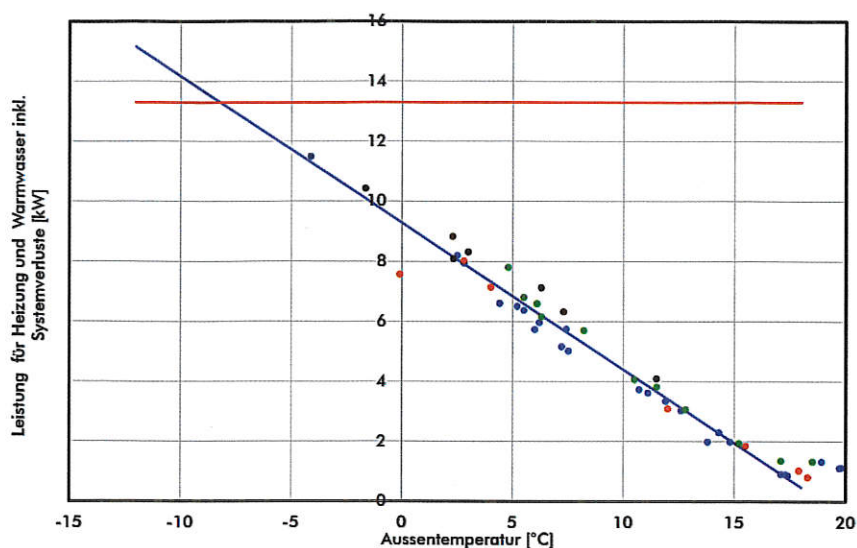


6

5 „Konventionell versus BHKW“:
CO₂-Betrachtung für 37.000 kWhth
und 4.200 kWhel plus 12.000 km
E-Auto (Stand: 2019).

6 Gas- und Wärmeverbrauch
der letzten vier Jahre.

7 Leistung Heizung und Warmwasser:
Die thermische Nennleistung von 13 kW
des „XRG1 6“ ist erst bei Außentempera-
turen von -8 °C erforderlich. Oberhalb von
15 °C soll es zukünftig abschalten, Strom
und Wärme wird dann eine 2-kW-PVT-
Kollektoranlage bereitstellen.



7

16 Cent/kWh. Felix Kruse profitiert von der Umstellung im KWKG nicht, da für die Höhe der Vergütung der Zeitpunkt des Einbaus maßgeblich ist.

Noch überzeugender dürfte sich die Bilanz nach Abschluss einer Ergänzungsmaßnahme verbessern. KWK arbeitet gegenläufig zu einer PV-Anlage und in den Monaten um die Jahresmitte mangels Wärmesenke in niedrigster Teillast, folglich mit niedrigstem Stromangebot. Eine PVT-Kollektoranlage als Ergänzung liefert demgegenüber zu den Schwach-

lastzeiten des BHKWs ein Maximum an Energie. „Also sollten wir uns in den Schwachlastwochen den Gasverbrauch und die CO₂-Emissionen ersparen. Das ist auch unser nächster Schritt. Die Grafiken (Abb. 6 und 7) erklären, dass es eindeutig Sinn macht, PV-Anlagen und Blockheizkraftwerke mit dem richtigen Schlüssel zu kombinieren. 2 kW-peak genügen in unserem Fall. Die reichen im Hochsommer, dank voller Leistung, selbst für das Auto. Und außerhalb der Hochsaison unterstützen sie die KWK.“

Redox-Flow-Stromspeicher noch am Anfang

Der PVT-Kollektor soll eigentlich eine Redox-Flow-Speicherbatterie („RFB“) be-laden. Diese Spezies baut auf eine Vanadium-basierte Flüssigkeit auf, läuft des-halb auch unter der Bezeichnung „VRF“-Batteriespeicher (Vanadium-Redox-Flow). Die Technologie kommt ohne den Einsatz seltener Rohstoffe und Konfliktmateriali-en für Mensch und Natur aus, die die alternativen Lithium-Ionen-Batterien mit Kobalt aus dem Kongo und Mangan aus

Kosten Anschaffung inkl. Einbau [EUR]	5500.00	
Förderung [EUR]	0.00	
Nutzungsdauer [a]	15.00	
Verwaltung [EUR]	0.00	
Gasverbrauch [kWh]	37000.00	
Stromverbrauch [kWh]	360.00	für Gebläse, Steuerung, etc.
Grundgebühren Gas [EUR/a]	133.80	
Grundgebühren Strom [EUR/a]	97.00	davon anteilig 10 %
Gaspreis exkl. CO ₂ -Preis [ct/kWh]	5.01	Stade Gas online
Strompreis [ct/kWh]	28.56	Stade Strom online
Wartung [EUR/a]	145.00	inkl. Wartungs-Kit
Reparaturrücklagen [EUR/a]	100.00	z. B. Ersatz Wärmetauscher
Schornsteinfeger [EUR/a]	55.00	Mittelwert
CO ₂ -Steuer [EUR/Tonne CO ₂ -Äquiv.]	25.00	
Jahresproduktion [kWh _{el} /a]	0.00	
Jahresproduktion [kWh _{th} /a]	33300.00	Wirkungsgrad 90 % real.
Strom/Wärme [-]	0.00	

Abschreibung [ct/kWh]	1.10110	12 %
Wartung, Rep. + Schornsteinfeger [ct/kWh]	0.90090	10 %
Grundgebühren [ct/kWh]	0.43093	5 %
Gasverbrauch [ct/kWh]	5.56667	62 %
Stromverbrauch	0.30876	3 %
CO ₂ -Steuer	0.60000	7 %
Verwaltung	0.00000	0 %
Summe inkl. AfA und CO ₂ -Preis [ct/kWh]	8.91	
Summe [ct/kWh]	7.81	
Kosten Wärme inkl. AfA [EUR/a]	2,966.48 €	
Kosten Wärme [EUR/a]	2,599.82 €	

8

25 EUR/t CO ₂ -Preis				
Vergleich-Energiekosten (Vollkosten, brutto)	Strom [kWh/a]	Wärme [kWh/a]		
	4.200	3.7000		
	Gastherme	BHKW		
Kosten Wärme [EUR]	3.296,70 €	3.433,30 €		
Kosten Strom-Bezug inkl. Grundgeb. [EUR]	1.286,82 €	359,86 €		
Kosten Strom-Selbstverbrauch [EUR]	0	453,09 €		
Summen:	4.583,52 €	4.246,25 €	Einsparung:	
Differenz:		337,27 €		7,4 %
zzgl. Einnahmen BHKW (netto)		1.611,90 €		
Vorteil BHKW vs. Gastherme		1.949,17 €		

60 EUR/t CO ₂ -Preis				
Vergleich-Energiekosten (Vollkosten, brutto)	Strom [kWh/a]	Wärme [kWh/a]		
	4.200	3.7000		
	Gastherme	BHKW		
Kosten Wärme [EUR]	3.607,50 €	3.799,27 €		
Kosten Strom-Bezug inkl. Grundgeb. [EUR]	1.286,82 €	359,86 €		
Kosten Strom-Selbstverbrauch [EUR]	0	501,00 €		
Summen:	4.894,32 €	4.660,13 €	Einsparung:	
Differenz:		234,19 €		4,8 %
zzgl. Einnahmen BHKW (netto)		1.611,90 €		
Vorteil BHKW vs. Gastherme		1.846,09 €		

9

Gabun und Südafrika enthalten. Das als Speichermedium genutzte Vanadium wird als Nebenprodukt bei der Eisenproduktion gewonnen. Allerdings ist die „VRF“-Konstruktion mit zwei getrennten Kammern, in denen die beiden speichernden Elektrolyte zirkulieren und zwischen denen der Elektronenaustausch über eine Membran stattfindet, aufwendig. In der Vergangenheit blieb deshalb dieses Prinzip Großbatterien vorbehalten. Mittlerweile haben einige Unternehmen, wie **Volterion** (www.volterion.com) und **Voltstorage** (www.voltstorage.com), das Verfahren miniaturisiert. Vermutlich überzeugt die Ausführung die Hersteller indes doch noch nicht ausreichend und sie verfeinern. Jedenfalls wartet Felix Kruse seit zwei Jahren auf die Auslieferung seiner Bestellung.

Eine Redox-Flow-Batterie sollte es aber schon sein, weil deren Lebensdauer an keiner Zyklenzahl (Be- und Entladung) gebunden ist. Die Zyklenfestigkeit macht sie Smart-Grid-fähig, sollten Smart-Grids in den nächsten Jahren zum Stand der Technik gehören. Im Unterschied dazu haben es weder Blei- noch Lithium-Ionen-Batterien gerne, dass sie der zuständige Netzbetreiber, je nach Belastung seiner Kabel, im schnellen Rhythmus ansteuert. In den Aussagen zu den zumutbaren Zyklenzah-

len sind sich die Veröffentlichungen allerdings nicht einig. Das Spektrum reicht von gerade mal 1.000 bis 5.000 Be- und Entladungen bis zum Nutzungsende. Wobei in solchen Angaben sowohl der Ladehub als auch ein akzeptierter Kapazitätsverlust hineinspielen.

Kostensenkung durch Sammelbezug

Hochschulprofessor Kruse wäre kein Wissenschaftler, wenn er nicht darüber nachdenken würde, wie man den Energie- und CO₂-Reduktionspfad wie auch den Tarif-Reduktionspfad noch weiter gehen kann. Die Lösung für die Erdgas-Bezugskosten offerierte sein Gasanbieter, die **Stadwerke Stade GmbH**, schon von sich aus, indem er für eine Abnahme von jährlich 250.000 kWh aufwärts den Industriegastarif einräumt. Die Preisschnittstelle 250.000 kWh gilt für beinahe sämtliche Gasversorger bundesweit. Also bündelte der Stader mit weiteren Kunden den Bedarf zu einem gemeinschaftlichen Einkauf. Der „Gewinn“ beträgt rund 30 Prozent oder 1,5 ct/kWh, zuzüglich CO₂-Preis. Dieser Punkt, die Organisation einer Großbestellung, erhält für die Neubauplanung mehr und mehr Bedeutung. „KfW 40“- und „KfW 55“-Häuser kommen mit einem Minimum an Wärme aus. Die Tarife belohnen das nicht. Im Gegenteil, die Staf-

felung nach den Jahres-Kilowattstunden berührt zwar nicht den Klimaschutz, wohl aber konträr die Haushaltskasse.

Wo verbirgt sich noch technisches Optimierungspotential? Nach dem Verlauf der Produktionskosten pro Monat zu urteilen, sollte das „XRGI“ im Haus Kruse in den Sommermonaten tunlichst stillstehen, wenn es denn Ersatz für die Brauchwarmwasserbereitung gäbe. Wie schon beschrieben, mangelt es zurzeit noch daran. Eine PVT-Anlage kommt aber demnächst aufs Dach. Die dürfte sich neben den Energiekosten – steigend wegen der CO₂-Gebühr – auch in den Wartungskosten für die KWK bemerkbar machen. Einfach deshalb, weil ein Standard-Wartungsvertrag den Service nach x Laufstunden vorsieht, nicht dagegen auf Volllaststunden aufbaut. Jeder Start zählt, gleichgültig ob 2,5 oder 6 kW elektrische Leistung abgerufen werden. Das erhöht die Wartungskosten pro Kilowattstunde. Das Wartungsintervall für das „XRGI 6“ von EC Power beträgt 10.000 Betriebsstunden oder zwei Jahre.

In Kombination mit Wärmepumpe noch wirtschaftlicher

Die Erfahrung im eigenen Haus brachte den Eigentümer auf eine weitere Idee. Der

8 Vollkosten: Gas-Kessel/-Therme.

9 Vollkostenvergleich: Gas-Therme gegen BHKW. (Abbildungen: F. Kruse)

Wärmespeicher von 850 l und der separate Trinkwasserspeicher erlauben ihm, das BHKW bei Strombedarf zu starten und die eventuell im Moment nicht benötigte Wärme einzulagern. Das hat aber seine Grenzen, vor allem platzmäßige. Der umgekehrte Fall, Wärmebedarf ja, Strombedarf nein, stößt eigentlich nicht gegen ein Limit, nur verschenkt ein BHKW-Betreiber mit der Netzeinspeisung anstelle des Eigenverbrauchs Geld. Also schaute sich Felix Kruse bei den Nachbarn um. Welche Haustechnik steht dort? Können wir uns zu einer kostenreduzierenden Mini-Quartierslösung zusammentun? Sein Vis-à-vis mit einer in die Jahre gekommenen Erd-

gasheizung, aber einer 6-kW-PV-Anlage auf dem Dach und zwei E-Autos inklusive intelligenter Wallbox zeigt großes Interesse. „Wir haben ein EC-Power-BHKW, der Nachbar PV mit Speicher, wir haben E-Autos – alles, nebenbei gesagt, aus Meyer-Hand, denn zur AG gehört auch ein Autohaus – und einen betagten Erdgaskessel. Den, so sieht unser Plan aus, wollen wir durch eine Wärmepumpe ersetzen.“ Die Stadtwerke ließen sich mit ins Boot holen, „die brauchen wir, denn wir müssen unter der Straße durch. Die Wärmepumpe betreiben wir im Sommer mit PV-Strom. Dann ist sie klimaneutral. Wir werden sie so dimensionieren, dass das

BHKW auf eine maximal mögliche Stundenzahl kommt. Das fährt dann kostenoptimal, da unserer Vergütung noch der Alttarif ohne Begrenzung der jährlichen Vollbenutzungsstunden zugrunde liegt. Im Prinzip besteht ja Zeitgleichheit. Wenn wir Wärme benötigen, wird das Haus nebenan ebenfalls heizen wollen, jedoch mit Strom. Den erhält es zukünftig aus unserem »XRG« wesentlich preiswerter.“ ■

[Bernd Genath]

Weitere Informationen unter:

<https://karl-meyer-energie.de>
www.ecpower.de