

BlueGen, der Generator auf Brennstoffzellenbasis

Kurzfassung

1. Einleitung

Mit rund 30 % trägt der Sektor Haushalte einen großen Anteil am Gesamtenergieverbrauch in Deutschland. Im Zuge der geplanten Energiewende ist hier also eine der Stellschrauben für mehr Energieeffizienz und Energieeinsparung. Eine Möglichkeit, die Effizienz der Energiebereitstellung zu steigern, ist die dezentrale Energieerzeugung vor Ort. Dies ist mit kleinen Blockheizkraftwerken (BHKW), wie bspw. Brennstoffzellenheizgeräten (BZH) möglich. Brennstoffzellen (BZ) als Kernkomponente eines BZHs erzeugen durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) gleichzeitig Strom und Wärme. Durch dezentrale Energieerzeugung mit KWK können Leitungsverluste verringert und die Wärmenutzung optimiert werden, was eine hohe Effizienzsteigerung der konventionellen getrennten Wärme- und Stromerzeugung darstellt. Bisherige BZ-Module haben meist einen hohen thermischen Wirkungsgrad (bis zu 60%) und einen geringeren elektrischen Wirkungsgrad (ca. 30%). Die Wirtschaftlichkeit eines BZHs ist von den Betriebsstunden abhängig. Diese BZH sind besonderes geeignet, wenn der Verbraucher einen hohen, ganzjährigen Wärmebedarf hat. Je nach Anlagentyp wird die Fahrweise des Gerätes bspw. nach dem sommerlichen Wärmebedarf ausgelegt, um eine möglichst lange Laufzeit zu erlangen.

Seit kurzer Zeit ist ein neuartiges BZ-Modul mit einer elektrischen Leistung von 1,5 kW auf dem Markt: BlueGen. Dabei ist das Verhältnis von elektrischem und thermischem Wirkungsgrad umgekehrt zu den Vergleichsmodellen. Der australische Hersteller Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL) verspricht einen elektrischen Wirkungsgrad von bis zu 60 % (im Durchschnitt 50%) und einen thermischen Wirkungsgrad von 25%. „Angesichts von gerade einmal 610 Watt Wärmeleistung, die während der Produktion der 1.500 Watt Strom anfallen, kann eine solche Brennstoffzelle auch in gut gedämmten Einfamilienhäusern durchgängig – also bis zu 8.760 Stunden pro Jahr – im Betrieb sein. Notwendig hierfür ist lediglich ein täglicher Warmwasserbedarf von rund 400 Liter.“ (BHKW Infozentrum, 2011)

1.1 Ziel der Arbeit

Die MVV Energie AG, Mannheim (MVV) betreibt im Rahmen des Innovationsprojektes „Callux: Praxistest Brennstoffzelle fürs Eigenheim“ zwölf BZH bei Kunden direkt im Haus. Dabei wurden bereits viele Erfahrungen mit den Herstellern Baxi, Hexis und Vaillant gesammelt. In dieser Arbeit soll das BZ-Modul BlueGen genauer betrachtet werden, um Handlungsempfehlungen an die MVV geben zu können. Dazu soll das Gerät erst von der technischen Funktionsweise beleuchtet und seinen Konkurrenten gegenübergestellt werden. Mithilfe eines Simulationstools (EshSimulation) vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) zur Auslegung von KWK-Anlagen, werden Szenarien (Bsp.: BlueGen mit Zusatzheizgerät oder Gasbrennwertkessel mit externem Strombezug) in verschiedenen Gebäudetypen verglichen. Weiter soll berechnet werden, ob sich ein monetärer Vorteil gegenüber den anderen BZH für den Verbraucher ergibt. Schließlich soll abgeschätzt werden, welche wirtschaftlichen Auswirkungen der Betrieb eines BlueGen für das versorgende Energieversorgungsunternehmen (EVU) hat, das einen Mehrabsatz an Erdgas, aber auch einen Minderabsatz an Strom erwarten kann.

2. Grundlagen

2.1 Modularer Aufbau von BZH

Der grundlegende Aufbau von BZH ist in Abb.1 dargestellt. Erdgas, für das ein flächendeckendes Versorgungssystem besteht, kann als Brennstoff dienen. Das Erdgas wird in der BZ zu Wasserstoff reformiert. Zusammen mit Luftsauerstoff produziert das Gerät in einem KWK - Prozess gleichzeitig Strom und Wärme. Zur Spitzenlastabdeckung des Wärmebedarfs dient ein Zusatzheizgerät. Um das BZH auf Betriebstemperatur aufzuheizen, wird Strom aus dem Netz bezogen. Der vom BZH erzeugte Strom kann im Haushalt verbraucht werden. Überschüssiger Strom wird in das Netz eingespeist und vergütet. Zur Speicherung der anfallenden Wärme für den Gebrauch als Warmwasser oder zur Raumheizung dient ein Pufferspeicher. Meist dient der Keller als Aufstellungsort. (IBZ, 2012)

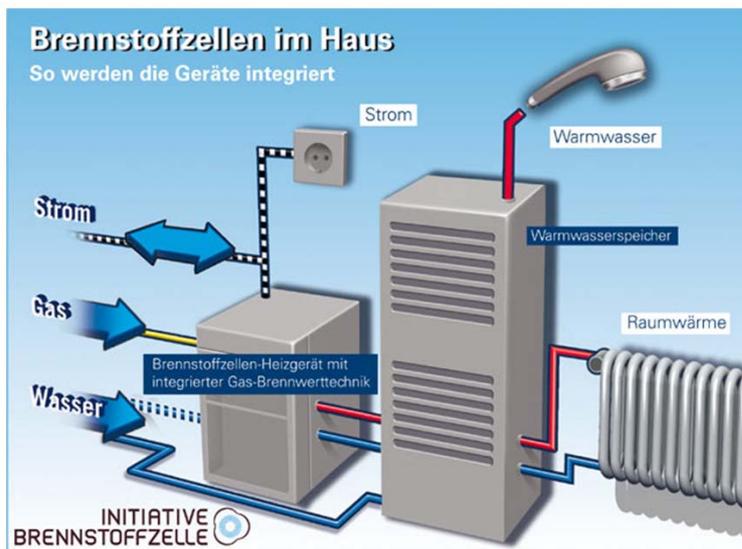


Abb. 1: Integration von BZH im Haus (Quelle: IBZ, 2012)

2.2 Funktionsweise von BlueGen

In BlueGen ist eine Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC – engl. Solid Oxid Fuel Cell) verbaut, die bei hohen Temperaturen (650°C - 1000°C) betrieben wird. Strom und Wärme wird in der BZ durch eine elektrochemische Reaktion erzeugt. Diese läuft zwischen einer Anode, einem Elektrolyten und einer Kathode ab (Abb.2). An der Anode wird Methan zugeführt, an der Kathode Luft. Bevor Methan an der Anodenseite zugeführt werden kann, muss es entschwefelt werden. Anschließend wird es an der Anodenseite durch die hohen Temperaturen in der Brennstoffzelle unter Dampfzufuhr intern zu Wasserstoff reformiert. An der Kathodenseite wird die Luft ebenfalls erwärmt. Die Sauerstoffionen gehen von der Kathode, den keramischen Elektrolyt passierend, auf die wasserstoffreiche Anodenseite, wo sie mit dem Wasserstoff reagieren. Diese Reaktion erzeugt Strom und bildet Wasserdampf und Kohlendioxid (Abgas). Durch elektrischen Spannungsaufbau zwischen Anode und Kathode wird ein Stromfluss über einen äußeren Stromkreis ermöglicht: die Elektronen fließen zurück zur Kathode. Da eine BZ nur ca. ein Volt Spannung liefert, werden die BZ zu einem Stapel (engl. Stack) in Reihe geschaltet. Mit einem Wärmetauscher kann die im Abgas enthaltene Energie genutzt werden. (CFCL, 2012)

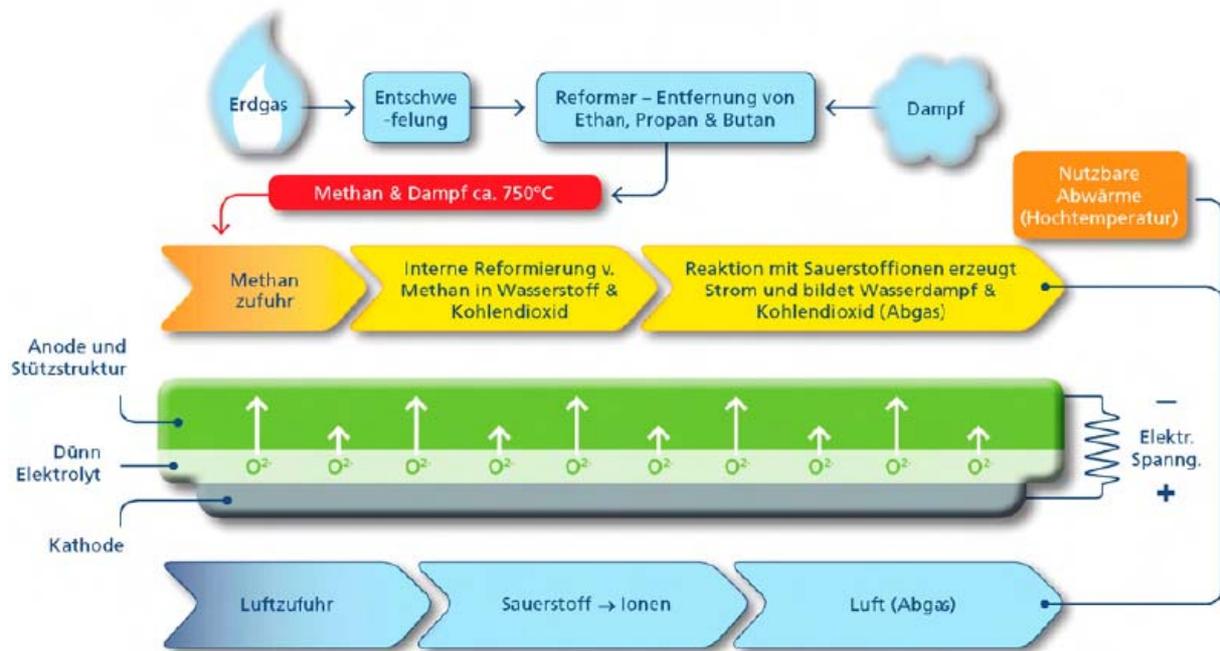


Abb.2: Vorgang in der Brennstoffzelle (Quelle: CFCL)

2.3 Technologievergleich

Eine detaillierte Übersicht über verschiedene Anlagenhersteller von BZH gibt Tab. 1.

Tab. 1: Vergleich von BZH (Quelle: IBZ, eigene Darstellung)

Unternehmen	Hexis	Baxi	Vaillant	Elcore	CFCL
Anlage	Galileo 1000 N	Gamma 1.0	Vaillant SOFC	Elcore 2400	BlueGen
BZ-Typ	SOFC	PEM (NT)	SOFC	PEM (HT)	SOFC
el. Leistung (kW)	1	1	1	0,3	1,5
th. Leistung (kW)	2	1,8	2	0,6	0,6
elektrischer WG	> 30%	32%	30 bis 34 %	33%	bis zu 60%
gesamt WG	>90%	91%	80-90%	98%	bis zu 86%
Gewicht	170 kg	200 kg	150 kg	60 kg	200 kg

2.4 Vergütung

Durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) wird in Deutschland die hocheffiziente Stromerzeugung durch einen KWK-Prozess gefördert. Betreiber einer Mini-KWK Anlage, wie bspw. BZH, bekommen für den ins Netz eingespeisten und für den im Haus verbrauchten Strom des BZH einen KWK-Bonus in Höhe von 5,41 cent/kWh¹. Zusätzlich werden für den eingespeisten Strom vermiedene Netznutzungsentgelte (NNE) ausbezahlt. Die Höhe ist abhängig vom Versorgungsgebiet. Im deutschen Durchschnitt sind es 1,55 cent/kWh, in Mannheim 4,37 cent/kWh². Zusätzlich erhält der Betreiber den aktuellen Preis an der Leipziger Strombörse (im Durchschnitt 2009 – 2011: 4,48 cent/kWh³). Bisher bestand beim Einsatz von Erdgas in KWK-Geräten die Möglichkeit die erhobene Erdgassteuer zurück erstattet zu bekommen. Diese Regelung ist aktuell ausgesetzt. In Expertenkreisen wird mit einer Wiedereinführung gerechnet. In vorliegender Arbeit sind die Ergebnisse mit Energiesteuerrückerstattung berechnet. Die Energiesteuer beträgt 0,55 cent/kWh.

¹ Quelle: AGFW

² Quelle: 24-7 Netze

³ Quelle: Epexspot

2.5 Markt

CFCL fertigt BlueGen seit 2009 in einer Produktionsstätte in Heinsberg (Nordrhein-Westfalen). BlueGen ist bei der Firma Sanevo erhältlich. Eine Komplettinstallation von BlueGen kostet aktuell rund 40.000 € (brutto). Der Kunde hat die Möglichkeit einen Vollwartungsvertrag (für 1.400 €/a) über 10 Jahre abzuschließen. Bei diesem Service werden degradierte Stacks ausgetauscht und die Anlagenleistung gewährleistet. So kann der Kunde bei einer Investitionsentscheidung mit einer sicheren Laufzeit rechnen. (Sanevo,2012)

3. Material & Methoden: EshSimulation

„EshSimulation“ (Esh = Energy supply for homes) ist ein Tool des Vereins deutscher Ingenieure (VDI) für den direkten Vergleich von Heizgeräten in verschiedenen Gebäudetypen. Es basiert auf der Richtlinie 4656 zu Mikro-KWK (VDI, 2011).

4. Ergebnisse

In Tab. 2 ist die Kostengliederung für BlueGen in Häusern mit einem unterschiedlich hohen Stromverbrauch dargestellt. Im Vergleich dazu die Kosten der Alternative: Gasbrennwertkessel und Strombezug aus dem Netz. Die Tabelle zeigt, dass BlueGen in einem Haus mit niedrigem Stromverbrauch sogar mit einem Gewinn betrieben werden kann. Da viel Energie ins Netz eingespeist wird. Wird der Strompreis, der für die gleiche Menge Energie bezahlt werden müsste, dem Eigenverbrauch gegenübergestellt, ist das Einsparungspotential bei einem höheren Stromverbrauch größer. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass BlueGen sowohl in Häusern mit einem geringen Strombedarf als auch mit einem hohen Strombedarf wirtschaftlich betrieben werden kann.

Tab. 2: BlueGen in Häuser mit unterschiedlichem Strombedarf (Quelle: EshSimulation, eigene Darstellung)

Haustyp / Strombedarf Einheit	EFH (4.000 kWh)		EFH (6.500 kWh)		2 FH (10.000 kWh)	
	kWh	€/a	kWh	€/a	kWh	€/a
Gasinput (=Erzeugungskosten)	21.681	- 1.091	21.681	- 1.091	21.681	- 1.091
Wärmeproduktion	4.336		4.336		4.336	
Stromproduktion	10.841		10.841		10.841	
Netzbezug	100	- 20	700	- 139	3.800	- 754
Netzeinspeisung (=Einkünfte)	6.941	990	5.041	719	4.641	662
Eigengenutzt (=Einkünfte)	3.900	211	5.800	314	6.200	335
Erdgas- Steuererstattung	21.681	119	21.681	119	21.681	119
Energiekosten mit BlueGen		210		- 78		- 728
Alternative: Gasbrennwertkessel + Stromnetzbezug						
Wärmebedarf	4.336	- 226	4.336	- 226	4.336	- 226
Strombedarf	4.000	- 793	6.500	- 1.289	10.000	- 1.983
Energiekosten		- 1.019		- 1.515		- 2.209

Folgende Abb. 3 gibt Auskunft über die Kosten für Strom und Gas, die beim Betrieb von verschiedenen BZH und Gasbrennwertkessel in einem Einfamilienhaus (EFH) anfallen. BlueGen hat mit etwa 100 € Differenz die geringsten Energiekosten. Die Gasbrennwert-

Methode schneidet am schlechtesten ab. Dies zeigt die wirtschaftlichen Vorteile von Kraft-Wärmegekoppelten Anlagen.

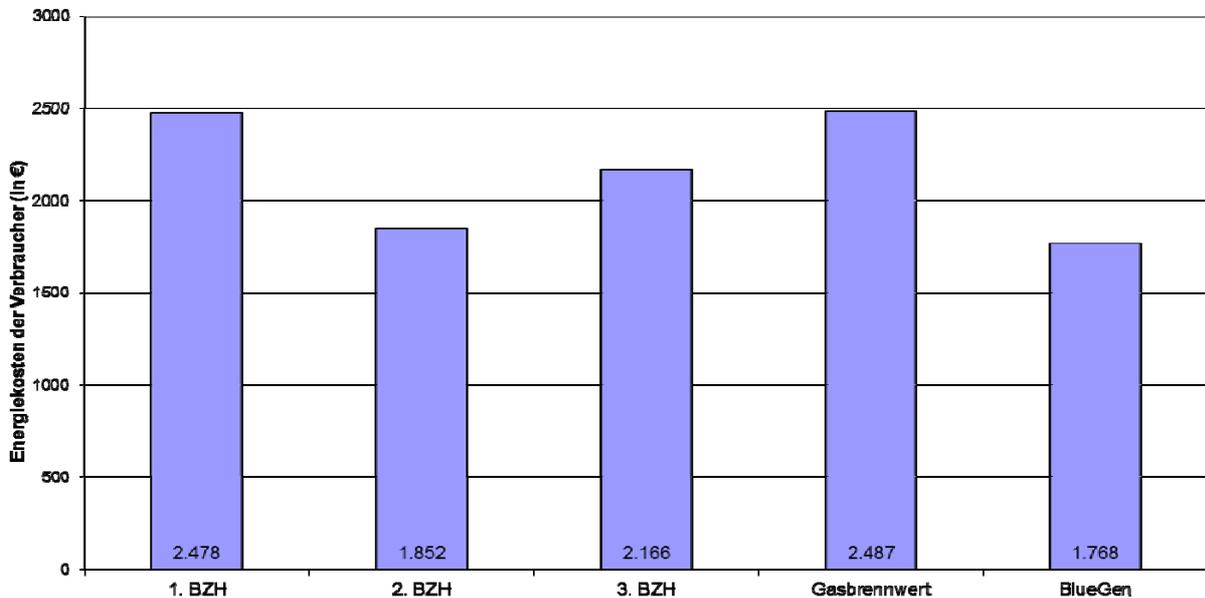


Abb. 3: Energiekosten verschiedener BZH in einem EFH, gebaut nach der 2. WSchV (1982), bei einer Betriebssimulation über ein Jahr, Stromverbrauch 4.000: kWh, Gasverbrauch: 20.904 kWh (Quelle: Berechnung mit EshSimulation, eigene Darstellung)

Analog ist in Abb. 4 die Veränderung des Gas- und Stromverkaufs für ein EVU bei unterschiedlichem Geräteinsatz in einem Einfamilienhaus zu sehen. Bei den BZH steigt jeweils der Gasbezug im Vergleich zu Gasbrennwert an. Dank der gleichzeitigen Erzeugung von Strom wird bei den BZH nur noch weniger als die Hälfte vom ursprünglichen Stromverbrauch benötigt. Bei dem Gerät BlueGen sogar weniger als ein Viertel.

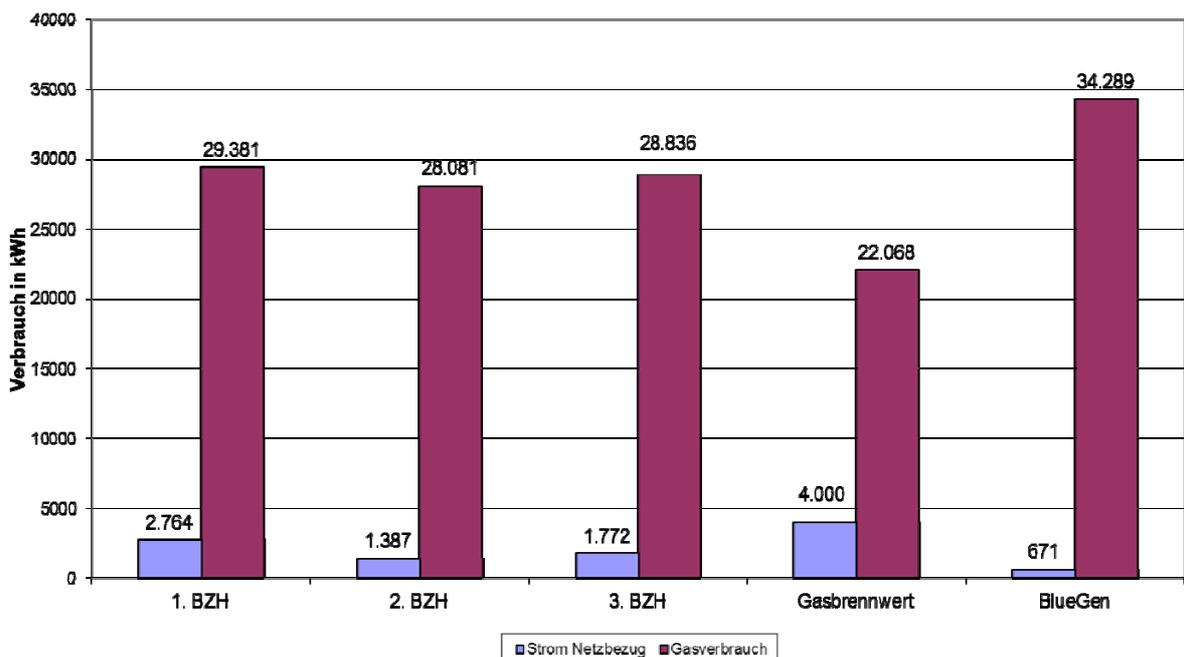


Abb. 2: Strom- und Gasverkauf bei Nutzung unterschiedlicher Geräte in einem EFH (2.WSchV 1982), Stromverbrauch: 4.000 kWh, Gasverbrauch: 20.904 kWh (Quelle: EshSimulation, eigene Darstellung)