

Brennstoffzellen-Heizgeräte für Ein- und Zweifamilienhäuser etablieren sich im Markt

Derzeit etablieren sich Brennstoffzellen-Heizgeräte für die Strom- und Wärmeversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern. Die steigenden Stückzahlen haben zu Synergieeffekten geführt, die es ermöglichen, den Bruttolistenpreis für solche Geräte deutlich zu senken. Diese Hocheffizienztechnologie ist damit ebenso selbstverständlich verfügbar wie Heizkessel und Wärmepumpen.



Dipl.-Ing. (FH)
Wolfgang Rogatty,
Viessmann Werke
GmbH & Co. KG,
Allendorf Eder

Energiekosteneinsparungen von bis zu 40 %

Brennstoffzellen-Heizgeräte bieten sowohl den Betreibern als auch der Umwelt eine Reihe von Vorteilen: Sie sind hocheffizient und der Strom wird dort erzeugt, wo er auch genutzt wird. Dadurch gibt es keine Übertra-

gungsverluste. Im Vergleich zu einem Gas-Brennwertkessel und dem üblichen Bezug von zentral erzeugtem Strom aus dem öffentlichen Netz sparen Betreiber deshalb bis zu 40 % der Energiekosten ein. Außerdem reduzieren sich die Emissionen des klimaschädlichen Kohlendioxids um rund die Hälfte. Ein weiteres Vorteil aus Betreibersicht ist auch der sehr geräuscharme Betrieb, da Brennstoffzellen keine beweglichen Teile benötigen – im Gegensatz zu Mikro-KWK-Systemen mit Verbrennungsmotor.

Darüber hinaus können Brennstoffzellen-Heizgeräte einen wichtigen Beitrag zum Gelingen der Energiewende beitragen. Zur Substitution von Kernkraftwerken und konventionellen Großkraftwerken wurden Windparks und Photovoltaikanlagen in großer Zahl errichtet. Schon heute kann an wind- und

sonnenreichen Tagen in Deutschland der gesamte Spitzenbedarf an Strom aus erneuerbaren Energien abgedeckt werden. Außer Acht gelassen wurde allerdings lange Zeit der entsprechende Ausbau der Netze zur Verteilung dieses Stroms. Auf der anderen Seite gibt es Zeiten, in denen die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht, aber trotzdem ein hoher Strombedarf vorhanden ist. Bei Engpässen in der volatilen Stromerzeugung können Brennstoffzellen-Heizgeräte und andere KWK-Systeme künftig zu virtuellen Kraftwerken zusammengeschlossen werden und so zur Stabilisierung der Netze sowie zur Deckung des Bedarfs beitragen.

Funktionsprinzip

Brennstoffzellen erzeugen in einem elektrochemischen Prozess (umgekehrte Elektrolyse) aus Wasserstoff und Luftsauerstoff Strom, Wärme und Wasser (siehe Abbildung 2). Diese Reaktion ist sehr effizient, da keine thermomechanischen Zwischenschritte wie bei der konventionellen Stromerzeugung erforderlich sind. Dabei produzieren sie ähnlich wie Batterien Gleichstrom bei niedriger Spannung, der durch einen Inverter in netzkonformen Wechselstrom (230 V, 50 Hz) umgewandelt wird. Die frei werdende Wärme wird für die Gebäudebeheizung und Trinkwassererwärmung genutzt.

In dem beschriebenen Grundmuster gleichen sich alle der üblichen Brennstoffzellen-Varianten. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen in den Elektrolyten, den verwendeten Energieträgern und den Betriebstemperaturen. So kommt beispielsweise bei dem als Serienprodukt verfügbaren Brennstoffzellen-Heizgerät Vitovalor 300-P eine Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzelle (Polymer-Elektrolyt-Membran) zum Einsatz, die von der japanischen Panasonic Corporation entwickelt wurde. Ihr Elektrolyt besteht aus einer gasdichten, protonendurchlässigen Kunststoffmembrane. Als Energieträger wird



Abbildung 1: Im Frühjahr 2014 wurde Vitovalor 300-P in den Markt eingeführt – das weltweit erste in Serie produzierte Brennstoffzellen-Heizgerät. Foto: Viessmann



Wasserstoff kontinuierlich zugeführt, der in einem vorgelagerten Prozess aus Erdgas gewonnen wird. Dafür wird das Erdgas innerhalb des Gerätes zunächst entschwefelt und im anschließenden Reforming-Prozess in ein wasserstoffreiches Prozessgas (H_2 und CO_2) umgewandelt. Die Betriebstemperaturen der PEM-Brennstoffzelle liegen zwischen ca. 60 und 90 Grad Celsius. Kurze Anfahrzeiten und die hohe Zahl möglicher Start-Stopp-Zyklen machen sie besonders geeignet für die Kombination mit der Gebäudebeheizung. Sie ist für eine Lebensdauer von mindestens 15 Jahren ausgelegt. Die Brennstoffzelle des japanischen Herstellers bietet zudem den Vorteil, dass sie sich in Japan bereits bewährt hat. Dort wird sie seit 2008 vor allem zur effizienten Warmwasserbereitung genutzt, mittlerweile wurden dort über 80.000 Geräte installiert.

Modularer Geräteaufbau

Viessmann hat die Brennstoffzelle des Kooperationspartners in ein kompaktes Gesamtsystem integriert und damit für den Einsatz im europäischen Markt abgestimmt. Das Brennstoffzellen-Heizgerät besteht aus dem Brennstoffzellenmodul mit Gas-Aufbereitung und dem Spitzenlastmodul mit Gas-Brennwertkessel zur Deckung von Wärmebedarfs- spitzen, Heizwasser-Pufferspeicher, Trinkwasserspeicher und Systemregelung (siehe Abbildung 3). Beide Module sind komplett vormontiert und beanspruchen zusammen eine Aufstellfläche von lediglich 0,65 Quadratmetern.

Das Brennstoffzellenmodul hat eine konstante elektrische Leistung von 750 Watt. Es kann einmal pro Tag eingeschaltet werden und läuft dann, je nach Bedarf, bis zu 20 Stunden. Die übrigen vier Stunden werden zur Regeneration der Brennstoffzelle und zum automatischen Wiederanfahren genutzt. Im Tagesverlauf können so bis zu 15 Kilowattstunden Strom erzeugt werden. Damit kann der Grundbedarf eines Haushalts gedeckt werden. Aktuell nicht benötigter Strom wird entweder in das öffentliche Netz eingespeist oder in einem zusätzlichen Batteriespeicher bevorratet. Die thermische Leistung des Brennstoffzellenmoduls beträgt 1.000 Watt. Ein Kilowatt reicht allerdings nicht aus, um ein übliches Einfamilienhaus an kalten Tagen ausreichend mit Wärme zu versorgen. Bei höherem Wärmebedarf schaltet sich deshalb automatisch der Gas-Brennwertkessel im Spitzenlastmodul hinzu, der für die Gebäudebeheizung bis zu 19 Kilowatt leistet. Mit seiner Booster-Leistung von 30 kW kann er in kurzer Zeit warmes Wasser zum Baden und Duschen bereitstellen.

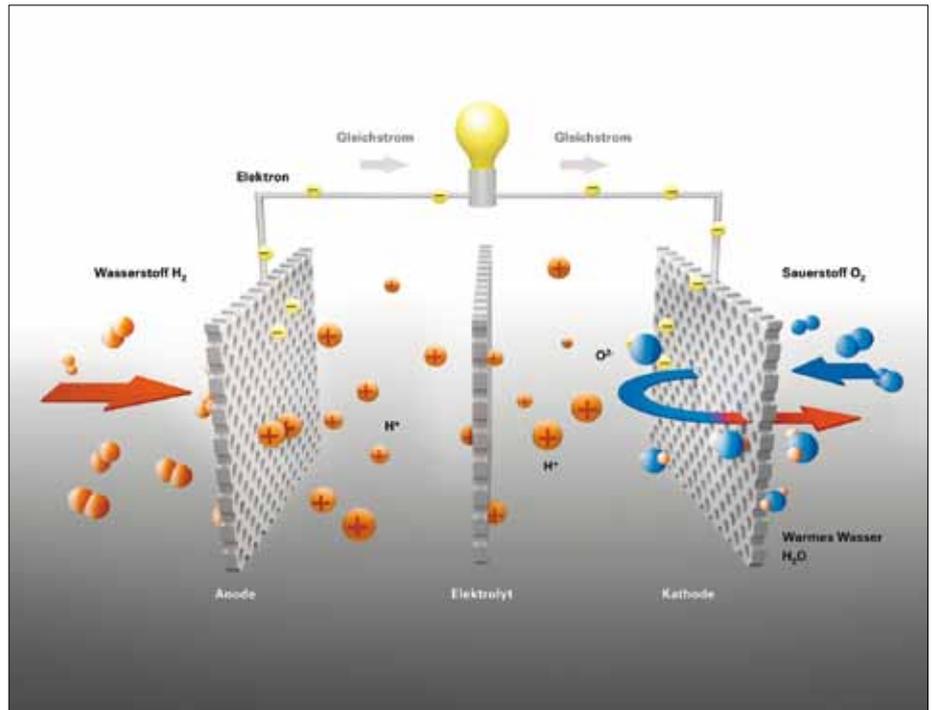


Abbildung 2: Funktionsprinzip der Brennstoffzelle: Wasserstoff verbindet sich mit Luftsauerstoff zu Wasser, dabei entstehen Strom und Wärme. Grafik: Viessmann



Vitovalor 300-P

- 1 Gas-Brennwertgerät zur Spitzenlastabdeckung
- 2 Warmwasserspeicher
- 3 Inox-Radial-Wärmetauscher aus Edelstahl Rostfrei
- 4 Hydraulikeinheit
- 5 Regelung für witterungsgeführten Betrieb
- 6 Heizwasser-Pufferspeicher
- 7 Heizwendel für Trinkwassererwärmung
- 8 Reformier
- 9 Stromzähler Kraft-Wärme-Kopplung
- 10 Brennstoffzellen-Stack
- 11 Inverter

Abbildung 3: Brennstoffzellen-Heizgerät im Schnitt: Brennstoffzellen- und Spitzenlastmodul beanspruchen zusammen eine Aufstellfläche von lediglich 0,65 Quadratmetern. Grafik: Viessmann

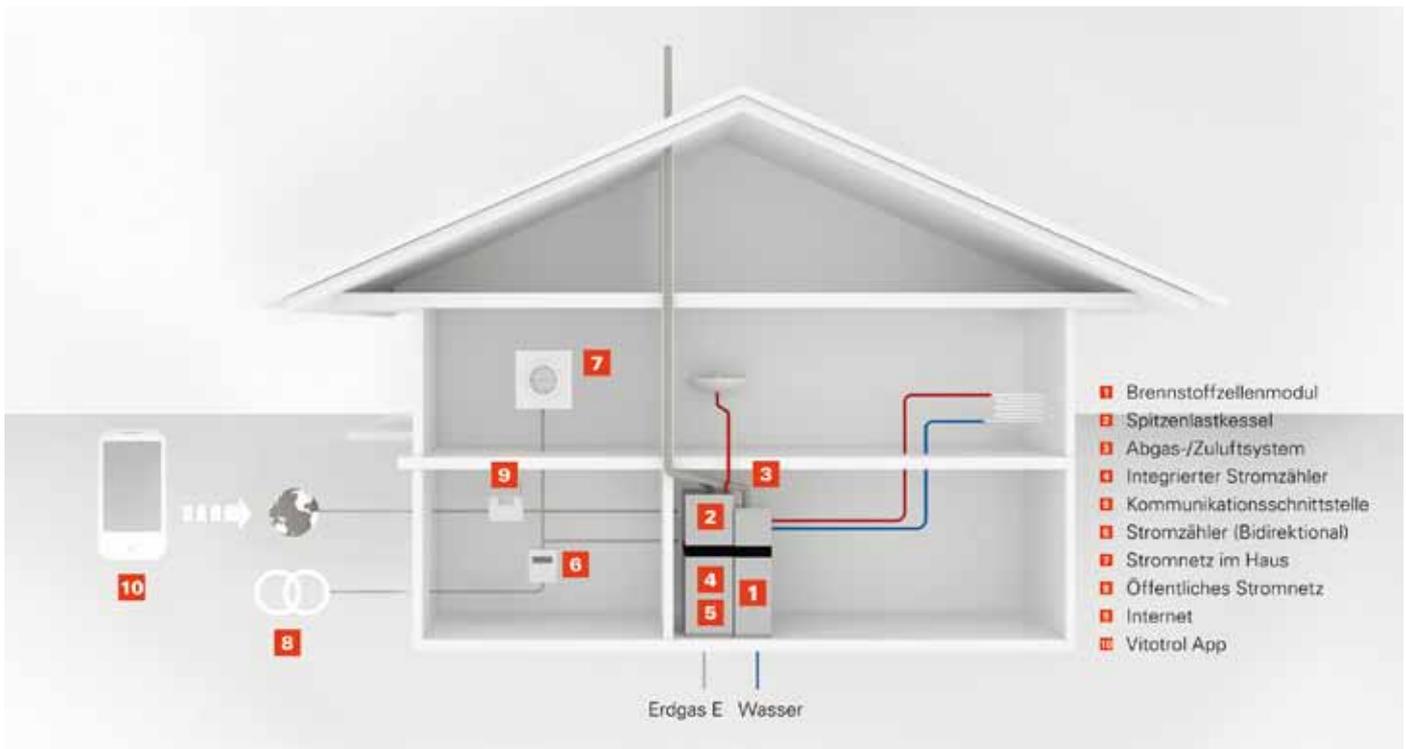


Abbildung 4: Vereinfachte Darstellung der Systemintegration

Grafik: Viessmann

Das Gesamtsystem aus Brennstoffzellen- und Spitzenlastmodul benötigt nur wenige Anschlüsse: Erdgas, Vor- und Rücklauf des Heizungssystems, Kaltwasserzulauf und Warmwasser sowie eine Abgasleitung (siehe Abbildung 4). Für die Brennstoffzelle ist kein zusätzlicher Wasseranschluss erforderlich.

Damit ist das Gerät so montagefreundlich wie ein übliches Gas-Brennwert-Kompaktgerät. Hinzu kommt lediglich für den Strom ein Anschluss an den bauseits zu stellenden saldierenden Zweirichtungszähler. Zähler für Netto-Strom, Gas und die erzeugte Wärmeenergie, die zur Abrechnung der staatlichen

Stromförderung bzw. der Energiesteuerrück-erstattung benötigt werden, sind serienmäßig in das Gerät integriert. Das erspart dem Anlagenbetreiber Zusatzkosten, die er sonst für die bauseitige Montage der Zähler aufwenden müsste. Der integrierte Netto-Wechselstromzähler erfasst die gesamte erzeugte elektrische Energie abzüglich des Eigenverbrauchs des Gerätes. Er ist für die Abrechnung nach DIN VDE AR-N 4105:2011-08 und Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) zugelassen.

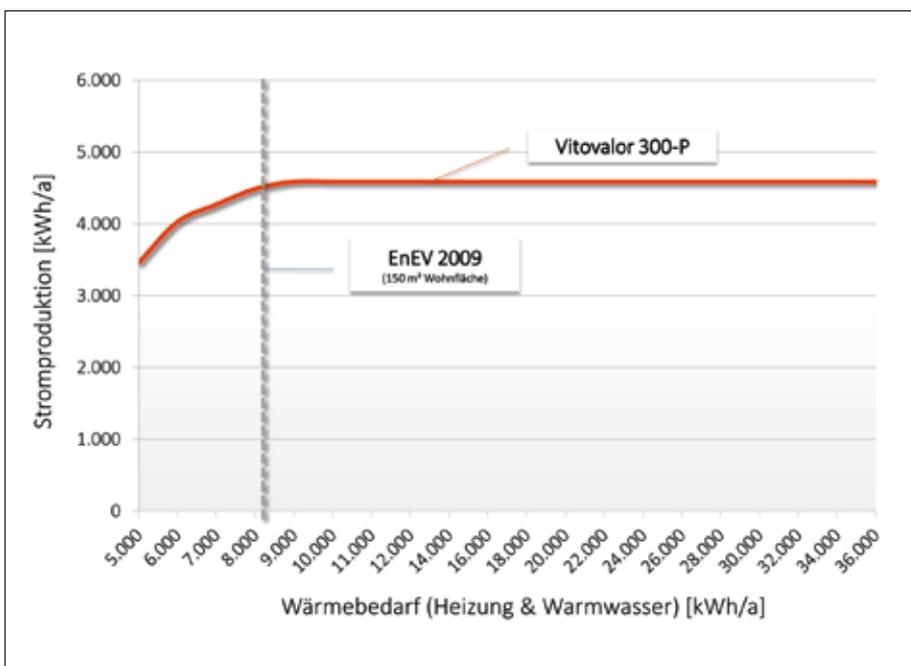


Abbildung 5: Stromproduktion über den Wärmebedarf betrachtet: Das Objekt sollte einen Strombedarf von mindestens 3.000 kWh/a und einen Wärmebedarf von mehr als 8.000 kWh/a haben. Grafik: Viessmann

Voraussetzungen für den Einsatz

Bevorzugtes Einsatzfeld für das Brennstoffzellen-Heizgerät sind energetisch modernisierte Bestandsgebäude und Neubauten mit einem Strombedarf von mindestens 3.000 Kilowattstunden pro Jahr und einem Wärmebedarf von mehr als 8.000 Kilowattstunden jährlich (siehe Abbildung 5).

Betriebsweise

Üblicherweise werden Mikro-KWK-Systeme wärmegeführt betrieben. Das heißt, Leistungsabgabe und Betriebsdauer richten sich nach dem aktuellen Wärmebedarf des Hauses. Ist der Wärmebedarf gedeckt, schalten sich die Geräte ab. Mit einem Heizwasser-Pufferspeicher kann die Laufzeit des KWK-Systems verlängert werden. Durch die dann längere Stromproduktion wird die Wirtschaftlichkeit der Geräte deutlich erhöht.

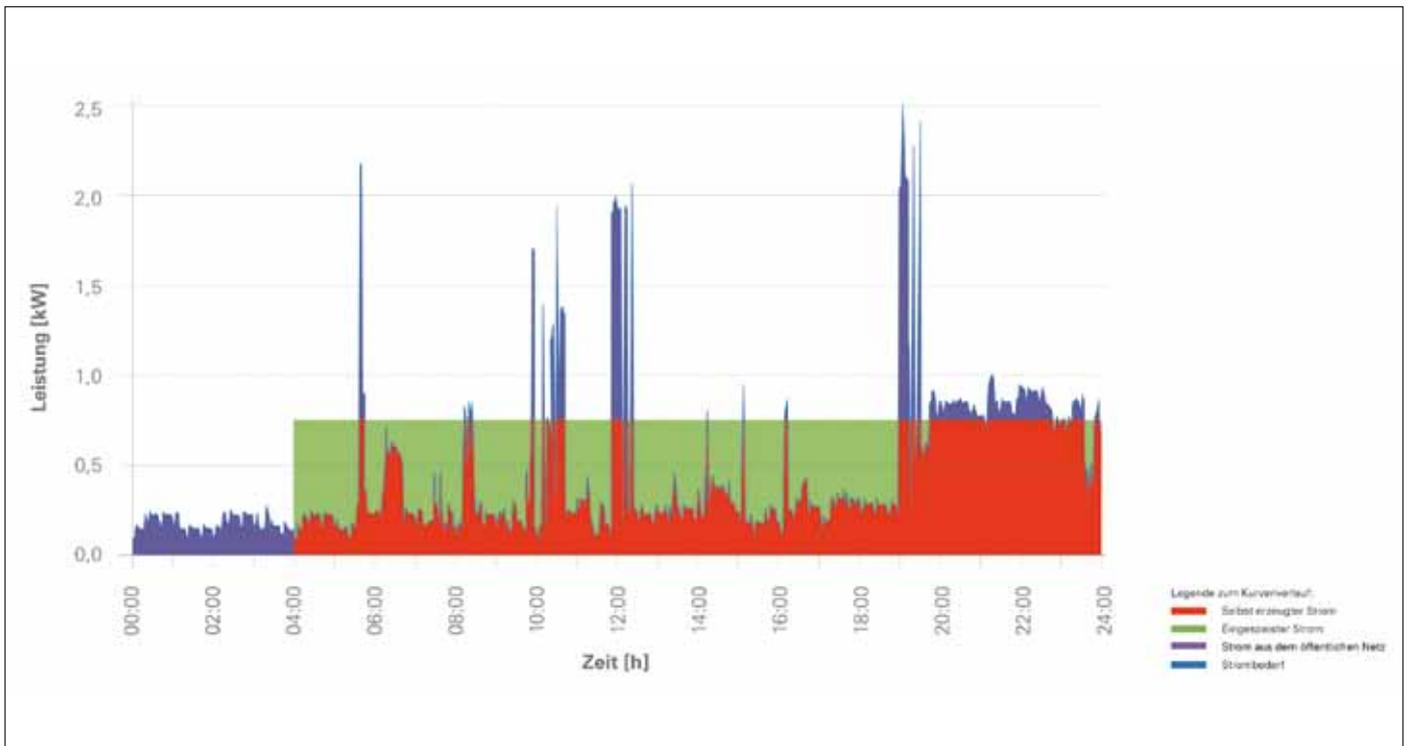


Abbildung 6: Lastgang für ein Einfamilienhaus

Grafik: Viessmann

Auch das Brennstoffzellen-Heizgerät arbeitet wärmegeführt. Es ist aber zusätzlich für eine stromoptimierte Betriebsweise ausgerüstet. Dazu ist in die Systemregelung ein Energiemanager integriert. Dabei handelt es sich um ein intelligentes System, das die Eigenverbrauchsrate (Verhältnis von selbst genutztem zu selbst erzeugtem Strom) optimiert. Ist der Energiemanager aktiviert, erfasst er im Tagesverlauf den tatsächlich im Haushalt benötigten Strom und erstellt daraus eine Lastganganalyse bzw. ein Stromlastprofil. Unter Berücksichtigung der Temperaturen im integrierten Heizwasser-Pufferspeicher ermittelt er dann den passenden Einschaltzeitpunkt für eine maximale Eigenverbrauchsrate. Der Energiemanager ist selbstlernend und braucht daher nicht konfiguriert werden.

Einen typischen Lastgang für ein Einfamilienhaus (160 Quadratmeter Wohnfläche, Wärmebedarf 10.000 kWh/a, Strombedarf 4.000 kWh/a) an einem durchschnittlichen Wochentag während der Übergangszeit zeigt die Abbildung 6. Das Diagramm basiert auf der VDI Richtlinie 4655 „Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen“. Der Kurvenverlauf zeigt, dass über den Tag verteilt der Strombedarf nur selten über die Leistung der Brennstoffzelle hinausgeht. Der dann zusätzlich benötigte Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Der Energiema-



Abbildung 7: Der Vitovolt Stromspeicher ermöglicht es, den Eigenverbrauchsanteil auf bis zu 100 Prozent zu steigern. Foto: Viessmann



Abbildung 8: Einfache Fernüberwachung und Fernbedien­ung per App für den Anlagenbetreiber
Foto: Viessmann

nager würde, wie bei diesem Beispiel, den Einschaltzeitpunkt auf etwa 4 Uhr morgens legen, um bei 20 Stunden Laufzeit der Brennstoffzelle auch einen relevanten Anteil zur Deckung des erhöhten Strombedarfs zwischen 19 und 24 Uhr beitragen zu können. Der Eigenverbrauchsanteil wird in diesem Fall auf annähernd 56% maximiert. Bis zu 65% sind möglich, wenn der Anlagenbetreiber seinen Stromverbrauch so ausrichtet, dass elektrische Verbraucher wie zum Beispiel Waschmaschine und Bügeleisen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander betrieben werden.

Mit einem Stromspeicher kann der Eigenverbrauchsanteil auf bis zu 100% gesteigert und der Bezug von Netzstrom noch weiter reduziert werden. Dafür sind Speicher lieferbar (siehe Abbildung 7), die über Lithium-Ionen-Zellen neuester Technologie verfügen und damit eine Entladetiefe von 90% erlauben. Bei einer Speicherkapazität von bis zu 5,5 Kilowattstunden stehen 4,95 Kilowattstunden nutzbarer elektrischer Energie zur Verfügung. Ausgelegt auf mindestens 5.000 Ladezyklen ist für die Dauer von bis zu 20 Jahren ein problemloser Speicherbetrieb gewährleistet.

Komfortable Fernbedienung

Neben der Bedienung über die Systemregelung lässt sich das Brennstoffzellen-Heizgerät via Smartphone, iPad Touch oder Tablet jederzeit auch aus der Ferne überwachen,

bedienen und parametrieren. Die dazu erforderliche Internet-Schnittstelle ist serienmäßig in das Gerät integriert. So kann die Verbindung zu einem bauseits installierten DSL-Router sofort, ohne Zusatzkomponenten und den sonst damit verbundenen Kosten erfolgen. Da die Internet-Datenübertragung eine permanente Verbindung herstellt („always online“), ist der Zugriff auf die Anlage besonders schnell. Die verschlüsselte Übertragung gewährleistet stets höchste Sicherheit für Daten und Anlage.

Die Internet-Verbindung ermöglicht dem Anlagenbetreiber mittels einer App Statusabfragen von Stromerzeugung und -verbrauch, von Temperaturen im Heizungssystem sowie in den Speichern (siehe Abbildung 8). Der Betreiber kann Sollwerte, Betriebs- und Zeitprogramme einstellen bzw. auswählen. Außerdem lassen sich zusätzliche Geräte überwachen, die an die Schnittstelle angeschlossen wurden. Auf Wunsch können automatisch Meldungen per E-Mail oder SMS gesendet werden, beispielsweise Störungen an einen mit dem Service beauftragten Fachbetrieb.

Eine weitergehende Anlagenüberwachung und -steuerung durch den Fachmann ermöglicht das Servicepaket „Aufschaltung Leitwarte“. Damit lassen sich die einzelnen Regelungsparameter einrichten und verändern. Durch einen Datenlogger können Trendverläufe aufgezeichnet und durch die Einbindung von M-BUS Wärmemengenzäh-

lern Energieverbräuche ermittelt werden. Über einen LON-BUS besteht darüber hinaus die Möglichkeit, das Brennstoffzellen-Heizgerät in übergeordnete Gebäudeleitsysteme einzubinden.

Zusammenfassung

Nach umfassenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurde im Frühjahr 2014 mit Vitovalor 300-P das erste serienmäßig hergestellte Brennstoffzellen-Heizgerät in den Markt eingeführt. Das Mikro-KWK-System zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme ist mit einer elektrischen Leistung von 750 Watt und einer thermischen Gesamtleistung von 20 Kilowatt für den Einsatz in Ein- und Zweifamilienhäusern konzipiert. Mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 37% und einem Gesamtwirkungsgrad von 90% ist es hocheffizient. Im Vergleich zum allgemein üblichen Bezug von Strom aus dem öffentlichen Netz und der Wärmeerzeugung mittels eines herkömmlichen Gas-Brennwertgeräts sparen Betreiber eines Brennstoffzellen-Heizgerätes bis zu 40% der Energiekosten ein. Außerdem ist der CO₂-Ausstoß um gut die Hälfte niedriger. Dezentral betriebene Brennstoffzellen-Heizgeräte können dadurch einen wichtigen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten. Bei Engpässen in der volatilen Stromerzeugung können sie zukünftig zu virtuellen Kraftwerken zusammengeschlossen werden und so zur Deckung des Strombedarfs beitragen. Da sie Strom dort erzeugen, wo er auch genutzt wird, helfen sie außerdem, die Stromnetze zu entlasten. ◀

Die Hotspots für die technische Gebäudeausrüstung

ISH

Weltleitmesse
Erlebnisswelt Bad
Gebäude-, Energie-, Klimatechnik
Erneuerbare Energien

Frankfurt am Main
14.–18. 3. 2017

light+building

Weltleitmesse für Licht und Gebäudetechnik

Frankfurt am Main
13.–18. 3. 2016

ISH und Light + Building sind die bedeutendsten Leistungsschauen für effiziente Gebäude- und Energietechnik in Verbindung mit erneuerbaren Energien. Nutzen Sie diese jährlich wechselnden Branchen-Highlights, um sich über die Innovationen und Trends in der technischen Gebäudeausrüstung zu informieren.

www.ish.messefrankfurt.com
www.light-building.com