



© Viessmann Climate Solutions SE

Wärmeerzeugung im Gebäudebestand mit erneuerbaren Energien

Brennstoffzellenheizung

Die Brennstoffzelle nutzt Wasserstoff oder Erdgas und wird mit einem Gas-Brennwertkessel kombiniert

Brennstoffzellen wandeln wasserstoffreiche Gase in Strom und Wärme um (siehe Abbildung 1). In der Regel ist der Brennstoffzelle eine Gasumwandlung vorangestellt, sodass ein Betrieb mit Erdgas aus dem öffentlichen Netz möglich ist. Einzelne Systeme erlauben auch die Nutzung von Flüssiggas. Damit die Brennstoffzelle ökonomisch und verschleißarm arbeitet, wird sie in der Regel zur Deckung der Grundlast eingesetzt. Als zweiter Wärmeerzeuger deckt meistens ein Brennwertkessel die darüber hinaus benötigte Leistung ab. Die Kombination der einzelnen Komponenten wird auch als vollständige Einheit auf dem Markt angeboten.

Funktionsweise

In Ein- und Zweifamilienhäusern kommen zwei Arten von Brennstoffzellen zum Einsatz: die Niedertemperatur-PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) und die Hochtemperatur-SOFC (Solid Oxide Fuel Cell). Die PEMFC benötigt einen vorgeschalteten Reformer, dort entstehen aus Methan (Erdgas) und Wasserdampf durch chemische Reaktionen Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff. Eine PEMFC besteht aus zwei Elektroden, die durch eine Elektrolytmembran voneinander getrennt sind. Wird der Anode Wasserstoff zugeführt, so entstehen positiv geladene Wasserstoffionen und Elektronen. Die Ionen wandern durch die Membran zur Kathode und die Elektronen fließen als Strom über einen Leiter, der die Elektroden verbindet.

An der Kathode reagieren Luft, Wasserstoffionen und Elektronen zu Wasser. Um die Leistung zu erhöhen, werden mehrere Brennstoffzellen zu einem Stack

Brennstoffzellenheizung

Aufbau

Eine Brennstoffzellenheizung für den Betrieb mit Erdgas besteht aus den folgenden Hauptbestandteilen:

- Gasanschluss
- Reformer (bei PEMFC)
- Brennstoffzellen-Stack
- Wärmespeicher
- Gas-Brennwertgerät zur Spitzenlastdeckung
- Abgassystem (feuchtebeständig)
- Zähler: Erzeugungszähler und Netzanschluss mit Zweizeig-Stromzähler

Brennstoffzellenheizungen können mit Erdgas oder (aufbereitetem) Biogas betrieben werden. Eine Zumischung von Wasserstoff ist systemabhängig möglich. Der reine Wasserstoffbetrieb ist aktuell nur bei einer getrennten Installation von Brennstoffzelle und Zusatzheizung möglich. PEMFC und SOFC sind dafür geeignet, die Wärme zur Gebäudebeheizung auf einem Temperaturniveau von bis zu 60 °C bereitzustellen. Die SOFC hat einen etwas höheren elektrischen Wirkungsgrad als die PEMFC, wobei der Gesamtwirkungsgrad für beide Systeme bei circa 90 Prozent liegt, abhängig von der Rücklauftemperatur des Heizkreises. Es ist zu beachten, dass die Leistung der Brennstoffzelle aufgrund von Degradation über die Lebensdauer sinkt.

Typische Brennstoffzellen für den Einsatz in Ein- oder Zweifamilienhäusern haben folgende Nennleistungen:

- | | |
|---------|--|
| ■ PEMFC | 1 kW _{th} , 0,7 kW _{el} |
| ■ SOFC | 0,85 kW _{th} , 0,5 – 1,5 kW _{el} |

Die erzeugte Wärme wird direkt an den Heizkreis übergeben oder in einem Puffer- bzw. Warmwasserspeicher gespeichert. Über die Einbindung eines zweiten Wärmeerzeugers wird die notwendige Leistung bereitgestellt.

Die Effizienz von Brennstoffzelle und Gas-Brennwertkessel steigt mit geringerer Rücklauftemperatur. Die Rücklauftemperatur muss bei PEMFC in der Regel unter 50 °C liegen. In Bestandsgebäuden ist das deutliche Absenken der Systemtemperaturen häufig nur mit einem (teilweisen) Heizflächenaustausch möglich. Es sind in jedem Fall eine Heizlastberechnung und ein hydraulischer Abgleich durchzuführen. Die Brennstoffzellenheizung wird wärmegeführt betrieben. Der erzeugte Strom wird selbst verbraucht oder in das Netz der allgemeinen Stromversorgung eingespeist. Moderne Regelungen können den Eigenverbrauch des erzeugten Stroms optimieren und beeinflussen die Laufzeit der

zusammengeschaltet. Bei dem Prozess der Stromerzeugung entsteht Wärme, die für die Gebäude- und Trinkwassererwärmung genutzt wird.

Brennstoffzelle. Die Wirtschaftlichkeit des Systems verbessert sich, je mehr des produzierten Stroms im Haus direkt verbraucht wird.

Sollte mehr Strom erzeugt werden als benötigt wird, kann er ins Stromnetz eingespeist und vergütet werden. Häufig ist ein Zähleraustausch erforderlich. Ein moderner digitaler Zähler stellt sicher, dass Verbrauch und Einspeisung korrekt ermittelt werden.

Brennstoffzellenheizungen werden im Gebäudeinneren aufgestellt und benötigen neben der Gasversorgung ein Abgassystem mit Kondensatablauf. Die benötigte Aufstellfläche variiert je nach System und liegt bei circa 1 und 2 m².

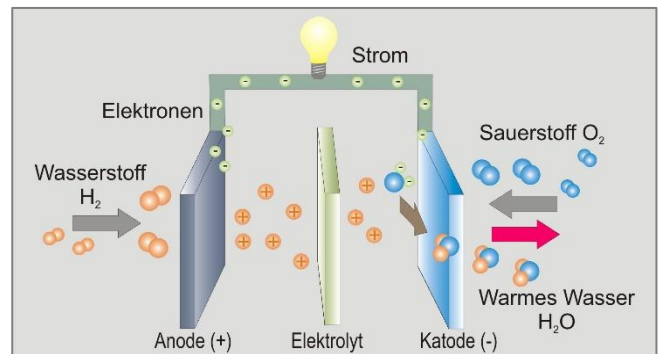


Abbildung 1: Funktionsprinzip PEM-Brennstoffzelle

Betrieb und Kombinationsmöglichkeiten

Die Wirtschaftlichkeit der Brennstoffzelle ist aufgrund der relativ hohen Investitions- und der geringeren Betriebskosten bei langen Laufzeiten gegeben. Daher ist sie eher für Gebäude, die einen kontinuierlichen Grundbedarf an Wärme und Strom haben (mehrere Bewohnerinnen und Bewohner und/oder mittlerer bis schlechter Wärmeschutz), geeignet.

Die Wartung der Brennstoffzelle muss entsprechend den jeweiligen Herstellerangaben etwa alle fünf bis sechs Jahre erfolgen. Nach etwa zehn Jahren, abhängig von den tatsächlichen Betriebsstunden, ist in der Regel ein Austausch des Brennstoffzellen-Stacks notwendig. Das Gas-Brennwertgerät erfordert eine jährliche Wartung. Hersteller bieten teilweise Vollwartungsverträge für das Gesamtsystem an, die auch eine Leistungsgarantie beinhalten.

Eine Brennstoffzellenheizung kann auch mit einer Wärmepumpe kombiniert werden. Die Brennstoffzelle deckt dann die Grundlast des Wärmebedarfs und die Wärmepumpe ist individuell angepasst auszulegen. Der mit der Brennstoffzelle erzeugte Strom wird dann zum Betrieb der Wärmepumpe verwendet.

Brennstoffzellenheizung

Umweltwirkung

Wird die Brennstoffzellenheizung mit Erdgas betrieben, entstehen Treibhausgase bei der Umwandlung in Wasserstoff und bei der Verbrennung. Zusätzlich emittieren bei der Verarbeitung und beim Transport klimawirksame Stoffe wie Kohlenstoffdioxid und Methan.

Der Einsatz von Biogas, Biomethan oder Wasserstoff reduziert die Treibhausgasemissionen bilanziell. Nach dem Gebäude Modernisierungsgesetz (GModG) gelten für Brennstoffe folgende Emissionsfaktoren (Bezug Heizwert) von:

■ Erdgas	0,24
kg CO ₂ -Äq./kWh	
■ Flüssiggas	0,27
g CO ₂ -Äq./kWh	
■ Biogas	0,14
kg CO ₂ -Äq./kWh	
■ Biogas, gebäudenah erzeugt	0,075
kg CO ₂ -Äq./kWh	
■ Biogenes Flüssiggas	0,18
kg CO ₂ -Äq./kWh	

Ab Inkrafttreten des Artikel 2 des GModG am 01.01.2027 gelten folgende Emissionsfaktoren für Biogas, für Biogas gebäudenah erzeugt, für Biomethan, für Biogenes Flüssiggas und für Wasserstoff:

■ Biogas	0,08
kg CO ₂ -Äq./kWh	
■ Biogas, gebäudenah erzeugt	0,07
kg CO ₂ -Äq./kWh	
■ Biomethan	0,08
kg CO ₂ -Äq./kWh	
■ Biogenes Flüssiggas	0,08
kg CO ₂ -Äq./kWh	
■ Wasserstoff	0,08
kg CO ₂ -Äq./kWh	

Effizienz und Erfüllung der Vorgabe zum Betrieb mit erneuerbarer Energie

Seit dem 29.7.2026 müssen neu eingebaute oder aufgestellte Heizungsanlagen im Regelfall die § 42 bis § 46 Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) erfüllen. Für den Einbau und Betrieb einer Brennstoffzellenheizung gibt es verschiedene Optionen:

- Anteiliger Betrieb mit einem zunehmenden Anteil CO₂-neutraler Gase
- Anteiliger Betrieb mit einem zunehmenden Anteil bestimmter Wasserstoffarten
- Kombination mit einem oder mehreren Wärmeerzeugern, die die Vorgaben zu nach den §§ 42-46 erfüllen – Berechnung teilweise notwendig ab 2034
- Kombination mit Solarthermie (abhängig von Aperturfläche, Nutzfläche und Anzahl der Wohnungen)
- Kombination mit einer Wärmepumpe
- Kombination mit einer Biomasseanlage
- Kombination mit einer raumlufttechnischen Anlage mit Wärmerückgewinnungsgrad von mindestens 73 Prozent

Der notwendige Anteil an CO₂-neutralen Brennstoffen ergibt sich bei einer Brennstoffzellenheizung (nach GModG) in Abhängigkeit von der Biotreppe oder den Ersatzmaßnahmen.



Abbildung 2: Brennstoffzellenheizung

Brennstoffzellenheizung

Wirtschaftlichkeit und Förderung

Brennstoffzellenheizungen ($\eta_{el} \geq 0,32$ und $\eta_{ges} \geq 0,82$), die vollständig mit grünem oder blauem Wasserstoff nach § 3 Absatz 1 GEG und/oder Biomethan betrieben werden sind im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) – Zuschuss: Anlagen zur Wärmeerzeugung förderfähig. Die Förderrichtlinie wurde am 21.07.2026 überarbeitet (weitere Informationen siehe Hintergrund-Factsheet).

- Grüner Wasserstoff (Produktion aus Wasser mittels Elektrolyse, Strom aus erneuerbaren Energien)
- Blauer Wasserstoff (Produktion aus Erdgas mit Speicherung/Bindung von Kohlenstoffdioxid)



Abbildung 3: Brennstoffzelle

Für die Brennstoffzelle ist eine Vollwartung über mindestens zehn Jahre zu vereinbaren, die dem Käufer einen elektrischen Wirkungsgrad von mindestens $\eta_{el} \geq 0,26$ sowie die Reparatur und Wiederinbetriebnahme im Fall von Störungen zusichert. Die Grundförderung beträgt zurzeit 30 Prozent. Zusätzliche Förderkomponenten, abhängig vom Ambitionsniveau und der persönlichen Situation, sind im Hintergrund Factsheet übersichtlich dargestellt. Die Obergrenze einer Förderung liegt ab dem 21.07.2026 bei 46 Prozent, selbstnutzende Eigentümer können bis zu 80 Prozent Förderung erhalten.

Energiesteuergesetz (EnergieStG) und KWK-Gesetz (KWKG)

Wird keine Investitionskostenförderung in Anspruch genommen, können folgende Zuschüsse gewährt werden:

- Eine teilweise Erstattung der Energiesteuer für Brennstoffzellenheizungen und alle anderen hocheffizienten KWK-Anlagen ist in § 53a Abs. 4 Energiesteuergesetz EnergieStG, zuletzt geändert 2026, verankert und vom eingesetzten Brennstoff abhängig. Beim Einsatz von Erdgas beträgt sie nach EnergieStG 0,442 ct/kWh
 - Ein Zuschlag für KWK-Strom ist in § 7 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz KWKG, zuletzt geändert 2025, geregelt (maximal 30.000 VBH) bei Einspeisung 16 ct/kWh bei Eigenverbrauch 8 ct/kWh Strom
 - Für eingespeisten Strom wird ausgezahlt: Quartalsbasierter KWK-Index (z.B. ca. 9,5 ct/kWh)
- Der Stromeigenverbrauch ist, unabhängig von der Förderung nach StromStG, von der Stromsteuer und dem Netzentgelt befreit und reduziert die Kosten für den Strombezug.

Brennstoffzellenheizung	
Energieverbrauch (Gas)	
geringer Verbrauch	wenig geeignet
hoher Verbrauch	34.200 kWh/a
Energiekosten	
geringer Verbrauch	wenig geeignet
hoher Verbrauch	6.500 €/a
Vergütung und eingesparte Strombezugskosten	– 2.100 €/a
Investitionskosten	
Brennstoffzelle und Kessel inkl. Abgassystem und Speicher	37.000 €
Zusatzkosten Heizflächenaustausch	6.000 €
Instandsetzungsaufwand	1,5 % der Investitionskosten
Wartungskosten / sonstige jährliche Kosten	in Abhängigkeit vom Wartungsumfang individuell verschieden
Lebensdauer (Gesamtsystem, inkl. einmaliger Austausch Brennstoffzellen-Stack innerhalb der Lebensdauer)	18 Jahre



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

Kontakt:
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Arne Höllen
Seniorexperte, Klimaneutrale Gebäude
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 30 66 777-641
E-Mail: arne.hoellen@dena.de
E-Mail: info@dena.de / info@gebaeudeforum.de
Internet: www.dena.de / www.gebaeudeforum.de
Alle Rechte sind vorbehalten.
Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.