ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

# Wirtschaftliches Sanieren mit Brennstoffzelle

## Das Einfamilienhaus

www.asue.de

# Inhalt


1 | Vorwort 2

2 | Die Technik 4

3 | Das Beispielhaus 6

| Grundelemente der Sanierungsplanung

| Unterschiedliche Sanierungspfade

4 | Zusammenfassung 14

5 | Broschüren und Infos 15


# 1 | Vorwort

## Kurzfassung

Für die Eigentümer von älteren Einfamilienhäusern gibt es eine Reihe von technischen Möglichkeiten, den Energieverbrauch maßgeblich zu senken und den Wohnkomfort zu steigern. Vor allen baulichen Maßnahmen steht die Modernisierung der Heizungsanlage im Vordergrund.

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) hält zahlreiche Zuschuss- und Kreditprogramme bereit, mit denen Anreize für eine energetische Sanierung geschaffen werden. Hierzu zählen die Förderung von Einzelmaßnahmen oder auch umfassenden Sanierungsmaßnahmen. Das höchste Förderniveau wird erreicht, wenn das renovierte Objekt das Energieniveau eines KfW-55-Hauses erreicht.

Durch den Einbau einer Brennstoffzelle, die bei hohem Wirkungsgrad Strom und Wärme erzeugt, kann dieses Niveau und damit ein Maximum an Fördermitteln erreicht werden, wobei sich der finanzielle Aufwand bei Inanspruchnahme aktueller Förderprogramme in Grenzen hält. Neben Sanierungszuschüssen der KfW und großen Einsparungen von Heizenergie machen vermiedene Kosten des Stromeinkaufs und Zuschläge aus dem KWK-Gesetz Brennstoffzellen zusätzlich besonders attraktiv.

## Anreize zum Energiesparen auch im Altbau

Die Bundesregierung hat sich zur Erreichung der international vereinbarten Klimaziele ein ehrgeiziges Programm vorgenommen, mit dem der $CO_2$-Ausstoß bis zum Jahr 2020 um 40 % und bis zum Jahr 2030 um 55 % gegenüber dem Jahr 1990 gesenkt werden soll.

Der Wärmemarkt ist mit 40 % am Endenergieverbrauch und mit 30 % am $CO_2$-Ausstoß beteiligt. Durch die Verschärfung der Energieeinsparverordnung (EnEV) und mit Inkrafttreten des zu erwartenden Gebäudeenergiegesetzes (GEG) werden hohe Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden gestellt. Dies betrifft allerdings im Wesentlichen Neubauten.

Für den Gebäudebestand gibt es besondere Anreize durch Darlehen und Zuschüsse, die durch die KfW ausgezahlt werden. Dies können Einzelmaßnahmen zur Energieeinsparung, aber auch komplette Sanierungsmaßnahmen sein.

## Vom Klassiker der 30er-Jahre zum Effizienzhaus

Der Charme eines alten Wohngebäudes mit seinen reizvollen Stilelementen und seinem großzügigen Zuschnitt erscheint vielen Menschen erstrebens- und erhaltenswert.

Zum Erhalt des Gebäudewertes ist neben Schönheitsreparaturen und Pflege der Bausubstanz eine energetische Sanierung langfristig eine wichtige Entscheidung, die sich sogar kurzfristig auszahlt. Durch diese erhöht sich nicht nur maßgeblich der Komfort, sondern sie vermeidet feuchte Wände und Schimmelbildung und erzeugt eine gleichmäßige Wärme über die gesamte Wohnfläche.

Im Folgenden werden die wesentlichen Maßnahmen aufgeführt, darüber hinaus werden einzelne Optionen genannt, die erlauben, die Energieeffizienz noch weiter zu erhöhen. Hierzu gehört insbesondere eine elektronische Regelung.

Ein sogenannter Wohnhaus-Klassiker kann hinsichtlich Energieverbrauch, Betriebskosten und $CO_2$-Emissionen genauso zu einem Effizienzhaus werden wie ein entsprechend der EnEV und den KfW-Richtlinien realisierter Neubau.

## Ziel der Broschüre

Diese Broschüre soll als Leitfaden dienen und Anregungen geben, wie es möglich ist, bis zum Niveau eines Effizienzhaus-Standards KfW 55 zu sanieren und in den Genuss von einer interessanten Förderung zu kommen. Dabei ist zu beachten, dass jede Sanierung eines Wohn- oder gewerblichen Gebäudes des Bestands einen neu zu berechnenden Einzelfall darstellt und von einem Bauingenieur, Architekten oder Energieberater begleitet werden sollte.

Bauliche Maßnahmen zur Energieeinsparung sind die Fassadendämmung, Fenstertausch, Dämmung von Dach und Kellerdecke. Ebenso bietet die Verbesserung der Anlagentechnik in der Regel ein sehr hohes Einsparpotenzial, allein schon durch den Austausch der Heizungsanlage. Der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, einer Solarthermie- oder PV-Anlage, eines Warmwasserspeichers oder einer elektronischen Regelung sind interessante, zusätzliche Optionen.

# 2 Die Technik

## Gastechnik oder elektrische Wärmepumpe

Elektrische Wärmepumpen werden zunehmend eingesetzt, sind in ihrer Effizienz jedoch abhängig von der Wärmequelle (Umgebungsluft oder Erdwärme) und der erforderlichen Vorlauftemperatur des Heizungssystems.

Wärmepumpen, die die Erdwärme ausnutzen – sogenannte Sole/Wasser-Wärmepumpen – setzen das Abteufen einer oder mehrerer bis zu 100 Meter tiefen Geothermiebohrungen voraus. Nicht jeder Untergrund ist gleichermaßen geeignet. Wasser- und bergrechtliche Vorschriften können ebenfalls Grenzen setzen.

Luft/Wasser-Wärmepumpen, die der Umgebungsluft Wärme entziehen, gehen durch ein andauerndes Lüftergeräusch mit hohen Schallemissionen einher, sind begrenzt hinsichtlich der erforderlichen Vorlauftemperaturen im Heizungssystem und werden ineffizient, je tiefer die Außentemperaturen sind. Bei Frosttemperaturen wird die Wärme fast nur noch elektrisch erzeugt, was zu einem sehr hohen Stromverbrauch führt.

Gasbasierte Heizungssysteme sind wirtschaftlich und haben einen sehr hohen thermischen Wirkungsgrad, bedürfen aber zur Erreichung der Vorgaben des KfW-55-Standards zusätzlicher Maßnahmen. In Kombination mit Kraft-Wärme-Kopplung, also als stromerzeugende Heizung, können entsprechende Vorteile erzielt werden, da der produzierte Strom – auch bei Eigenverbrauch – als Gutschrift in der Berechnung des Primärenergiebedarfs angerechnet wird.

Nach einer langen Entwicklungsphase sind Brennstoffzellen inzwischen seit mehreren Jahren praxiserprobt und haben zuletzt in Japan mit weit über 200.000 installierten Geräten eine starke Verbreitung gefunden. In der Regel werden sie in Kombination mit einem Gasbrennwertkessel in einer Geräteeinheit angeboten; es gibt jedoch auch Beistellgeräte, die sich mit einer bestehenden Gasbrennwerttherme und einem Warmwasserspeicher bzw. Pufferspeicher kombinieren lassen.

## Die Brennstoffzelle

### Was ist eine Brennstoffzelle?

Eine Brennstoffzelle erzeugt als sogenannte KWK-Anlage Strom und Wärme zugleich (Kraft-Wärme-Kopplung). Im Gegensatz zu den motorischen Blockheizkraftwerken (BHKW) arbeitet die Brennstoffzelle nahezu ohne bewegliche Teile in einem elektrochemischen Prozess. Dadurch funktioniert das Gerät geräuscharm und ohne Vibrationen; deshalb ist es ideal für die Aufstellung innerhalb eines Wohngebäudes.

Zwei verschiedene Typen von Brennstoffzellen haben sich im Markt etabliert, die sich hinsichtlich ihres elektrischen Wirkungsgrades und ihrer Gebrauchseigenschaften voneinander unterscheiden:

PEM „Proton Exchange Membrane Fuel Cell“ - Erdgas wird in einem Reformer zu Wasserstoff und Kohlendioxid gewandelt, wobei der Wasserstoff in einem Stapel aus Membranen bei Temperaturen zwischen 60 °C und 90 °C zu Wasserdampf oxidiert. Dabei bewegen sich die hierzu benötigten Elektroden über eine Leiterplatte und lassen einen elektrischen Strom fließen. Dieser Strom wird in dem eingebauten Wechselrichter an die Netzspannung im Haus angepasst. Der elektrische Wirkungsgrad liegt bei rund 35 %.

SOFC „Solid Oxide Fuel Cell“ - Erdgas wird in einen dichten Stapel von keramischen Zellen eingeleitet, wobei durch die katalytische Wirkung der Keramik bei hoher Temperatur von 600 °C bis 900 °C im Kern der Anlage Wasserstoff-Elektronen von den Sauerstoff-Elektronen getrennt werden. Die nutzbare Wärme liegt zwischen 80 °C und 100 °C, der Strom wird ebenfalls in einem Wechselrichter an die Netzspannung angepasst. Der elektrische Wirkungsgrad liegt bei bis zu 62 %.

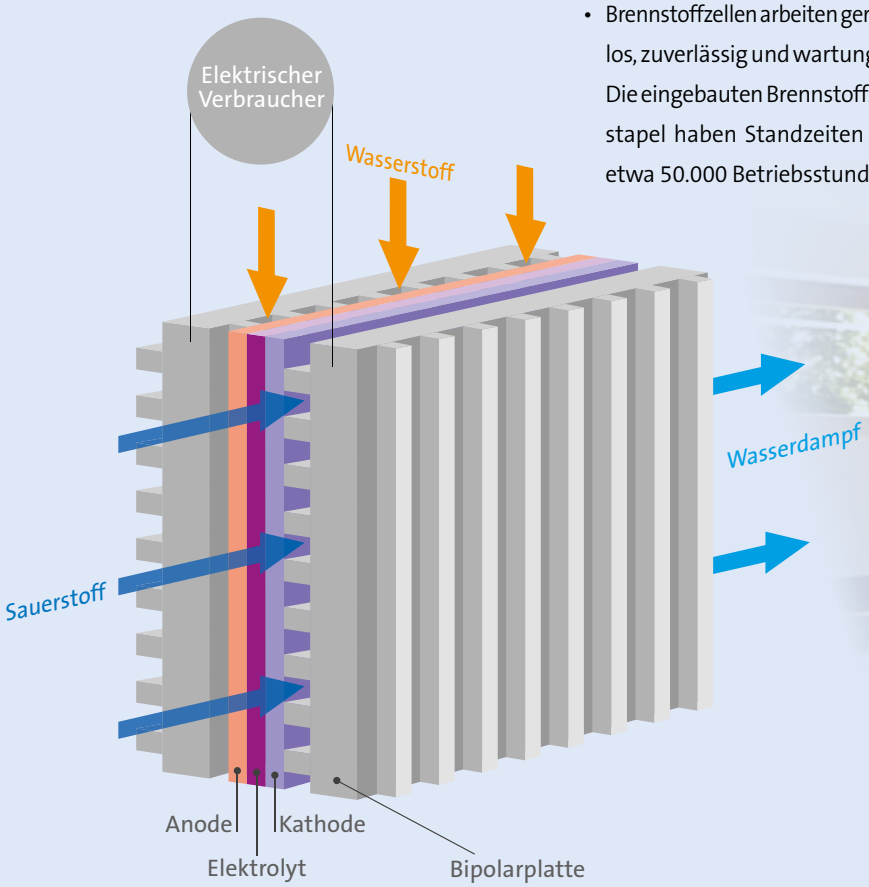
Inzwischen gibt es Brennstoffzellen in allen Größenordnungen. Die für den Gebrauch im Einfamilienhaus hergestellten Geräte haben eine elektrische Leistung zwischen 0,3 kW und 1,5 kW.

Die dabei entstehende Wärme liegt zwischen 0,7 kW und 1,5 kW, diese kann sowohl für die Hausheizung als auch zur Trinkwassererwärmung genutzt werden und wird in der Regel in einem Warmwasserspeicher bevorratet.

Viele Brennstoffzellen werden vom Hersteller gleich als Kombinationsgerät geliefert und verfügen ebenfalls über einen integrierten Spitzenlastkessel, so dass beim Kunden alle Elemente in einem Gehäuse zusammengefasst sind.

**Der Einsatz von Brennstoffzellen bietet viele Vorteile:**

- Der erzeugte Strom kann zum größten Teil selbst verbraucht werden, dadurch kann der Bezug der elektrischen Energie aus dem Netz verringert werden.
- Der Betrieb kleiner Erzeugungsanlagen ist von der EEG-Umlage befreit, solange dieser Strom selbst verbraucht wird und nicht innerhalb des Hauses an weitere Bewohner veräußert wird (bis maximal 10.000 kWh/a).
- Brennstoffzellen arbeiten geräuschlos, zuverlässig und wartungsarm. Die eingebauten Brennstoffzellenstapel haben Standzeiten bis zu etwa 50.000 Betriebsstunden.
- Der erzeugte Strom wird dem Primärenergiebedarf bei der Berechnung nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) mit einem Faktor von 2,8 gutgeschrieben. Dadurch reduziert sich der ermittelte Endenergiebedarf.
- Der Erwerb und Einbau einer Brennstoffzelle wird in einem besonderen Förderprogramm der KfW (433) mit bis zu 40 % gefördert, dies gilt auch für Dienstleistungsunternehmen (z.B. Stadtwerke oder Contracting-Unternehmen), die in einem Wohn- oder Geschäftshaus eine Brennstoffzelle als schlüsselfertigen Service betreiben.
- Manche Versorgungsunternehmen fördern den Einbau einer Brennstoffzelle mit einem besonderen Zuschuss. Dieser ist regional unterschiedlich und sollte frühzeitig erfragt werden.



# 3 Das Beispielhaus

**Ausgangssituation**

**EFH Baujahr 1928 · 1 Wohneinheit**

| | |
|---|---|
| Beheizte Wohnfläche | 161 $m^2$ |
| Beheiztes Volumen | 671 $m^3$ |
| Hüllfläche | 388.9 $m^2$ |
| Heizlast | 21 kW |
| NT-Gaskessel | |
| Heizwärmebedarf | 193 $kWh/m^{2*}a$ |
| Anlagenaufwandszahl | 1,53 |
| Primärenergiebedarf | 315 $kWh/m^{2*}a$ |
| Endenergiebedarf | 282 $kWh/m^{2*}a$ |
| $CO_2$-Emissionen | 71 $kg/m^{2*}a$ |
| Jährlicher Brennstoffbedarf | 45.400 kWh |

## Grundelemente der Sanierungsplanung

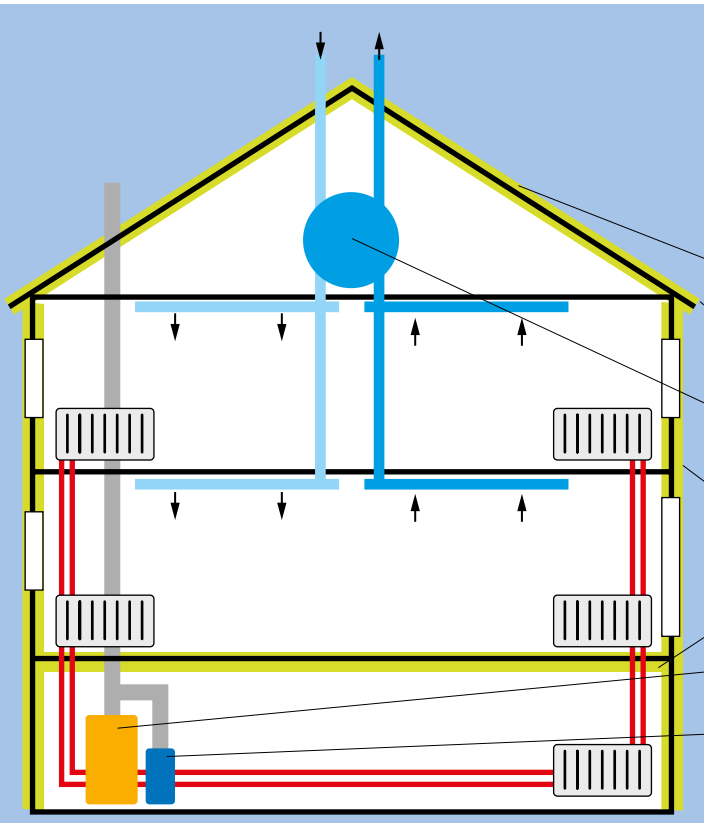
Sollten die Investitionen zunächst in eine neue Heizungsanlage mit Brennstoffzelle fließen oder zuerst in die Dämmung der Fassade?

Sicher ist es günstig, alle Arbeiten im Rahmen einer einzigen Umbauaktion vorzunehmen. Möglicherweise ergeben sich aber andere Sachzwänge, dann kommt es mitunter auf eine geschickte Auswahl und Priorisierung an.

Der Einbau von Niedertemperatur-Heizkörpern, die mit geringeren Vorlauftemperaturen auskommen (Fußbodenheizung oder Flächenheizkörper), ist allem voran oder gemeinsam mit dem Heizungstausch vorzusehen. Der Wärmeerzeuger kann entsprechend niedriger eingestellt und daher wesentlich wirtschaftlicher betrieben werden. Bei niedrigen Temperaturen werden die Brennwerteigenschaften des Brennstoffs am besten dadurch ausgenutzt, dass der entstehende Wasserdampf bei der Verbrennung im Kessel zusätzlich zur Wärmeerzeugung genutzt wird.

Eine häufig vertretene Meinung empfiehlt die Durchführung einer Fassadendämmung als erste Sanierungsmaßnahme mit der Begründung, dass sich anschließend die Heizlast verringere und demnach eine kleinere Heizung gewählt werden könne. Dies ist beim Einsatz von moderner Gasbrennwerttechnik nicht mehr zutreffend. Brennwertgeräte können heute ihre Leistung über weite Bereiche modulieren, ohne ihren hohen Wirkungsgrad einzubüßen. Zur Warmwasserbereitung wird der Heizung ohnehin eine größere Leistung abverlangt. Gegenüber alten Niedertemperatursystemen sparen Sie bis zu 40 % Heizenergie ein, so dass dieser Investition eine direkte Einsparung gegenübersteht.

Die Berechnungen wurden mit dem Berechnungstool „Energieberater 18599 3D der Firma Hottgenroth durchgeführt. Das Tool bietet die energetische Planung und Bewertung von Wohn- und Nichtwohngebäuden, die Bilanzierung nach DIN 4108-6 und DIN 4701-10/12 oder nach DIN V 18599, sowie Bedarfsausweise Neubau und Bestand.



**Kosten der Einzelmaßnahmen**

| | |
|---|---|
| Aufbau einer Solarthermieanlage | 7.950 Euro |
| Dachdämmung einschließlich Dachfenster | 36.630 Euro |
| Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung | 6.200 Euro |
| Außenwanddämmung einschließlich Dreifachverglasung | 30.500 Euro |
| Dämmung der Kellerdecke | 5.200 Euro |
| Neueinbau einer Brennwerttherme | 6.150 Euro |
| Alternativ: Einbau einer Brennstoffzelle (Viessmann) mit Einbau und 10-jährigem Vollwartungsvertrag (nach Abzug der Förderung nach KfW 433) | 25.700 Euro |

Der Einbau einer Brennstoffzelle sollte gemeinsam mit der Heizung geplant werden. Viele Hersteller bieten Kombinationsgeräte an, in denen neben der Brennstoffzelle ein Gasbrenner zur Spitzenerzeugung und ein Warmwasserspeicher in einem Gerät kombiniert sind. Andererseits gibt es auch Beistellgeräte, um die die konventionelle Technik erweitert werden kann. Der Einbau eines Wärmespeichers muss hier zusätzlich eingeplant werden.

Arbeiten zur Dämmung der Kellerdecke und die Dämmung des Daches, soweit hier keine weiteren Erneuerungen anstehen, können in der Regel unabhängig vorgenommen werden. Ihr Aufwand bezogen auf den Nutzen macht diese Maßnahme zu jeder Zeit sinnvoll.

In unserem Beispielhaus ist eine Dämmung der Fassade vorgesehen. Sie ist – neben Wärmeschutzverglasung und -türen – ein wirksames Mittel zur Reduzierung des Transmissionswärmeverlustes. Üblich ist es, die Fassade von außen zu dämmen. Diese Maßnahme kann grundsätzlich jederzeit durchgeführt werden, sollte aber mit dem Einbau neuer Fenster baulich abgestimmt werden. Es gibt verschiedene Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS), die dafür geeignet sind.

Für die Gewährung eines Zuschusses für ein KfW-Effizienzhaus 55 muss die Außenwanddämmung mindestens 18 cm betragen, dabei kann von einem Wärmedurchgangswert (u-Wert) von 0,23 W/m²K ausgegangen werden. Bei weniger weitreichenden Zuschussprogrammen der KfW kommt man gegebenenfalls auch mit einer geringeren Dämmstärke aus.*

* Am häufigsten werden Mineralfaserdämmstoffe, Hartschaumdämmplatten aus Polystyrol oder Polyurethan sowie Schilfrohr- und Korkdämmstoffplatten verbaut. Diese WDVS eignen sich für alle Oberflächen von Beton über Ziegel- oder Kalksandstein bis hin zu Mischmauerwerk.

Beim Austausch der Fenster – zu empfehlen ist heute eine Dreifachverglasung mit einem niedrigen u-Wert von 0,9 W/m²K – müssen zwei Dinge in die Planung mit einbezogen werden: Sollte die Fassade im Anschluss mit einem Wärmeverbundsystem versehen werden, dann sollten die Fenster bereits entsprechend der Dicke der Dämmung weiter nach außen eingebaut werden, um gegenüber der späteren Fassade nicht zu weit zurückzustehen. Moderne Fenster sind dicht schließend und tragen nicht mehr zum Luftaustausch bei. Deshalb sollte ebenfalls über den Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftung nachgedacht werden.

Eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung realisiert in allen Räumen des Hauses den erforderlichen Luftwechsel auch ohne Fensteröffnung. Lüftungswärmeverluste, die in der Regel rund 30 % ausmachen, können dadurch vermieden werden. Luftfeuchtigkeit, Gerüchen und der Gefahr der Schimmelbildung wird damit wirkungsvoll begegnet. Die Lüftungskanäle und Wärmeübertrager können kompakt verbaut werden. Die zurechenbare Energieeinsparung liegt bei rund 20 bis 30 % des ursprünglichen Energiebedarfs.

**WICHTIG:** Sollte im Sinne dieser Broschüre die Sanierung bis zu einem KfW-55-Niveau angestrebt werden und somit das Sanierungsvorhaben als Gesamtmaßnahme gefördert werden, müssen alle Arbeiten bereits vor der Antragstellung eines KfW-Zuschusses geplant und von einem Energieberater begleitet werden. Der Auftrag zur Durchführung der Arbeiten oder eine Bestellung von Material darf hingegen nicht vor Antragsbestätigung erfolgen, da andernfalls der Förderanspruch verwirkt wird.

## Was bedeuten:

**Heizwärmebedarf:** die Wärmemenge, die benötigt wird, um das Haus oder die Wohnung auf Wunschtemperatur zu halten und die Wärmeverluste durch Wände, Fenster und Lüftung auszugleichen.

**Endenergiebedarf:** die Wärmemenge, die die Heizanlage benötigt; diese schließt die Abgasverluste, Abstrahlung und Verluste in den Rohrleitungen mit ein. Je effizienter die Heizung arbeitet, desto enger liegen Heizwärme- und Endenergiebedarf beieinander.

**Primärenergiebedarf:** die Energiemenge, die aufgewendet werden muss, um die Heizenergie bereitzustellen. Bei Öl und Gas werden dabei Verluste durch Gewinnung, Transport und Verarbeitung einbezogen, bei Strom die Verluste durch die Stromerzeugung im Kraftwerk. Erneuerbare Energien werden dabei mit null bewertet.

**Primärenergiefaktor:** das Verhältnis der eingesetzten, nicht erneuerbaren Primärenergie über die gesamte Versorgungskette zur resultierenden Endenergie.

Auswirkung einer Brennstoffzelle auf den Primärenergiebedarf Brennstoffzellen – wie andere KWK-Anlagen auch – erbringen durch ihre Stromproduktion, unabhängig davon, ob diese dem Selbstverbrauch oder der Netzeinspeisung dient, eine Gutschrift, die bei der primärenergetischen Bewertung des Hauses berücksichtigt wird. Nach derzeitiger Regelung (EnEV 2014, DIN V 18599) wird der durch die Brennstoffzelle erzeugte Strom mit einem Primärenergiefaktor (PEF) von 2,8 berechnet. Erdgas hat einen Primärenergiefaktor von 1,1. Hieraus wäre abzuleiten, dass der durch die Sanierung des Hauses reduzierte Energieverbrauch für die Effizienzberechnung nach EnEV nochmals um rund 40 – 60 % reduziert wird.

Für die in der Herstellerübersicht gezeigten Brennstoffzellen ergeben sich aufgrund ihrer unterschiedlichen elektrischen Wirkungsgrade unterschiedliche Primärenergiefaktoren:

## Übersicht über die im Markt verfügbaren Brennstoffzellen

| | Auslegung | | Brennstoff-zelle | Puffer-speicher | Brennwert-kessel | Brutto-preis* | Förderung | www. | Primärenergie-faktoren |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $kW_{el}$ | $kW_{th}$ | | | | | | | |
| Senertec – Dax Innogen | 0,7 | 0,95 max. 21,8 | NT-PEM | ja | ja | 31.890 € | 8.850 € | derdachs.de | 0,57 |
| SOLIDpower – Bluegen | 1,5 | 0,61 | SOFC | nein | nein | 29.750 € | 12.450 € | solidpower.com | 0** |
| Viessmann Vitovalor 300-P | 0,75 | 1 max. 19 | PEM | ja | ja | 23.600 € | 9.300 € | viessmann.com | 0,59 |
| Freudenberg NEX 2400 | 0,305 | 0,7 max. 21 | HT-PEM | ja | auch ohne lieferbar | 10.750 € | 7.500 € | fuelcell.fst.com | 0,79 |

* Die Preise beruhen auf Herstellerangaben und beinhalten nicht die Kosten für den Einbau (ca. 6.000 Euro) und einen zehnjährigen Vollwartungsvertrag, die zusätzlich förderfähig sind.

** Durch elektrischen Wirkungsgrad von > 60% ergibt sich ein PEF zu 0

## Das Beispielhaus: Berechnung

Die nachfolgenden Berechnungen wurden hinsichtlich der wirtschaftlichen Parameter Investitionen, Förderung, Stromgutschrift sowie der primärenergetischen Berechnung nach DIN V 18599 **beispielhaft für eine Brennstoffzelle mit einer elektrischen Leistung von 0,75 kW gerechnet**. Eine differenzierte Betrachtung in Bezug auf den einzelnen Brennstoffzellentyp ist im Kasten links beschrieben.

Die maximale Förderung beträgt 40 % der förderfähigen Kosten, dieses sind neben den Kosten für das Gerät – auch mit Spitzenkessel – die Kosten für den Einbau, einen zehnjährigen Vollwartungsvertrag sowie die Kosten für einen Energieberater. Maximal werden jedoch die in der Tabelle oben (Übersicht über die im Markt verfügbaren Brennstoffzellen) genannten Beträge ausgezahlt.

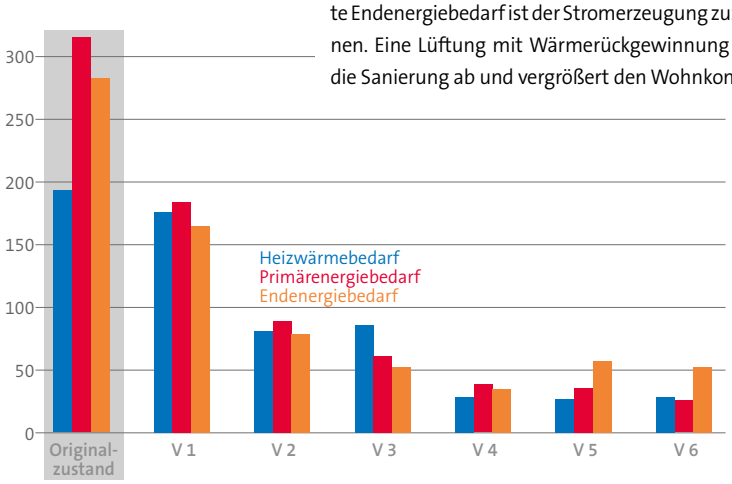
## Unterschiedliche Sanierungspfade mit und ohne Brennstoffzelle

| | 1<br>Die Sparvariante | 2<br>Der Wintermantel für das Haus |
|---|---|---|
| **Neueinbau einer Gasbrennwerttherme** | ● | ● |
| **Aufbau einer Solarthermieanlage** | ● | ● |
| **Dämmung der Kellerdecke** | ● | ● |
| **Einbau neuer Fenster, Dreifachverglasung** | | ● |
| **Außenwanddämmung** | | ● |
| **Dachdämmung und Wärmeschutz-Dachfenster** | | |
| **Neueinbau einer kombinierten Brennstoffzelle mit Gasbrennwerttherme** | | |
| **Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung** | | |
| **Kosten** | 19.300 € | 49.800 € |
| **Primärenergiebedarf** (kWh/m²/a) | 184 | 88 |
| **Endenergiebedarf** (kWh/m²/a) | 165 | 78 |
| **KfW-Programm** | Einzelmaßnahmen nach 430 oder 151 | KfW Denkmal |

## Vergleich der Sanierungspfade

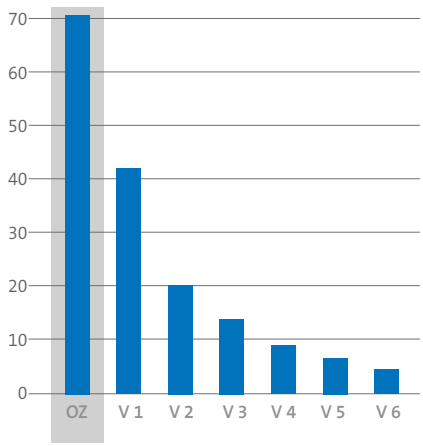
### Energiebedarf in kWh/m²/a

Gegenüber dem nicht sanierten Originalzustand kann durch den Einbau sowohl einer modernen Gasbrennwerttherme als auch einer Solarthermieanlage der Primärenergiebedarf wesentlich gesenkt werden. Eine Fassadendämmung, eine Dämmung der Kellerdecke, eine aufwändige Dachdämmung und ein Einbau neuer Fenster senken im Wesentlichen den Heizwärmebedarf. Bezüglich des Endenergiebedarfs sind beide Maßnahmen etwa gleich in der Auswirkung. Durch den Einbau der Brennstoffzelle sinkt abermals der Primärenergiebedarf, dabei wurde aber auf den Einbau einer Solarthermieanlage wegen der kontinuierlichen Wärmeerzeugung der Brennstoffzelle verzichtet. Der vergrößerte Endenergiebedarf ist der Stromerzeugung zuzurechnen. Eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung rundet die Sanierung ab und vergrößert den Wohnkomfort.




### $CO_2$-Emissionen /a

Der Einbau einer Gasbrennwerttherme und die Fassadendämmung führen zu den wesentlichen $CO_2$-Einsparungen. Die eingesparte $CO_2$-Entstehung in Kraftwerken durch die Stromerzeugung in der Brennstoffzelle wurde ebenfalls eingerechnet; diese kann mit zusätzlich 5,6 t/a in Ansatz gebracht werden.

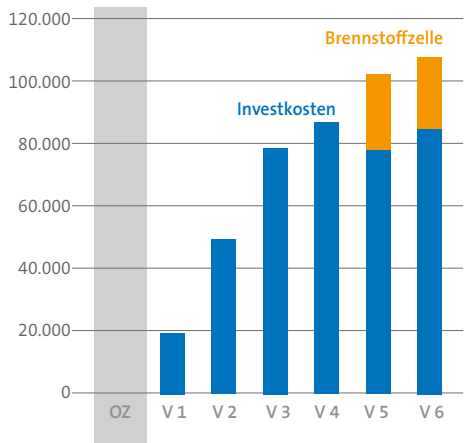


| 3<br>Ohne Solarthermie, aber mit Dachdämmung | 4<br>Oder doch beides? | 5<br>Mit Hightech zum Energiesparhaus | 6<br>Mit Hightech zum Energiesparhaus, mit Wohnraumlüftung und Wärmerückgewinnung |
|---|---|---|---|
| ● | ● | | |
| | ● | | |
| ● | ● | ● | ● |
| ● | ● | ● | ● |
| ● | ● | ● | ● |
| ● | ● | ● | ● |
| | | ● | ● |
| | | | ● |
| 78.480 € | 86.430 € | 104.180 € * | 110.380 € * |
| 60 | 39 | 35 | 24 |
| 52 | 34 | 56 | 52 |
| KfW 100 | KfW 70 | KfW 55 | KfW 55 |

* nach Abzug der Investitionsförderung aus dem KfW 433, Brennstoffzellen-Förderung

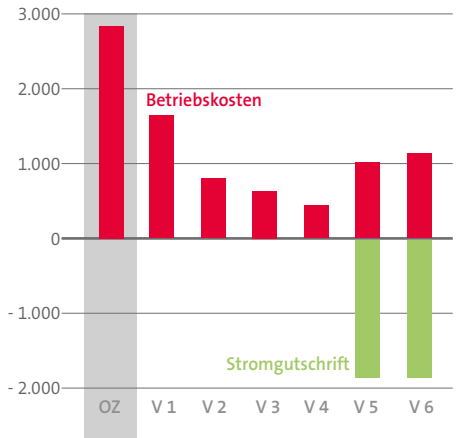
## Kostenvergleich

Die Investitionen werden am meisten beeinflusst durch die Fassadendämmung, die Dachdämmung und den Einbau der Dreifachverglasung. Die Kosten der Heizungsanlage sowie die hohen Mehrkosten der Brennstoffzelle tragen zur Energieeinsparung und Effizienzverbesserung des Hauses bei, zugleich steht ihr ein jährlich hoher Ertrag durch die Stromgutschrift gegenüber. Bei den Investitionen in die Brennstoffzelle sind die Kosten für den Einbau sowie einen Vollwartungsvertrag bereits berücksichtigt.




## Betriebskosten und Stromgutschrift

Die Betriebskosten sinken insbesondere durch die Energieeinsparungen beim Einbau der Gasbrennwerttherme und die Dämmmaßnahmen an Fassade und Dach. Durch den Einbau der Brennstoffzelle erhöhen sich zunächst die Betriebskosten durch den Gasbezug zur Stromproduktion, dafür werden aber Stromgutschriften durch den vermiedenen Strombezug und durch die Stromeinspeisung erzielt. So kann auch ein effizient saniertes Gebäude sinnvoll als Wärmesenke genutzt werden.



## Stromeinspeisung und Stromeigenverbrauch

Eine Brennstoffzelle ist ein Stromerzeuger, der bei hohem elektrischem Wirkungsgrad günstigenfalls ohne Abschaltung betrieben werden kann. Zumeist wird nicht die gesamte Strommenge selbst verbraucht, sondern ein Teil des Stroms wird in das öffentliche Netz eingespeist. Die ASUE hält für die Anmeldung beim Netzbetreiber, Fragen zum KWK-Zuschlag und zu steuerlichen Aspekten detaillierte Broschüren bereit.

Ausführliche Infos zu Kosten und Erlösen von BHKWs
www.asue.de
>Blockheizkraftwerke
>Broschüren

Erfahrungsgemäß kann von einem Anteil von etwa 50 bis 70 % Eigenverbrauch ausgegangen werden. Entsprechende Annahmen wurden hinsichtlich der Stromgutschrift getroffen. Insgesamt können hieraus vermiedene Strombezugskosten und ein Stromerlös von rund 1.750 EUR errechnet werden.

Die Wärme aus der Brennstoffzelle fällt während des Betriebs im ganzen Jahr an und kann auch außerhalb der Heizsaison zur Trinkwassererwärmung verwendet werden.

Die gesamte erzeugte Strommenge wird in der Berechnung der Gebäudeeffizienz als Stromgutschrift unter der Maßgabe berücksichtigt, als wäre fossile Energie (beispielsweise in einem Kohlekraftwerk) eingespart worden.

## Zuschüsse, Förderungen und KWK-Zuschlag

Die KfW fördert die energetische Sanierung von Wohngebäuden, deren Bauantrag vor dem 1. Februar 2002 gestellt wurde. Dabei werden Eigentümer von Ein- oder Zweifamilienhäusern mit maximal zwei Wohneinheiten gefördert. Für alle Zuschüsse gibt es eine Zuschuss- und eine Darlehensvariante, zu letzterer ebenfalls attraktive Tilgungszuschüsse.

KfW-Einzelmaßnahmen Wird kein KfW-Effizienzhaus-Standard angestrebt, fördert die KfW eine große Zahl von Einzelmaßnahmen. Um förderfähig zu sein, müssen diese Einzelmaßnahmen bestimmte technische Mindestanforderungen erfüllen. Auch miteinander abgestimmte Maßnahmenpakete werden besonders gefördert.

KfW-Denkmal Ebenfalls die Sanierung von Baudenkmälern oder Gebäuden mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz ist förderfähig.

Förderprogramme,
wenn ein KfW-Effizienzhaus-Standard erreicht wird

KfW 115 15 % der förderfähigen Kosten und bis zu maximal 15.000 Euro je Wohneinheit

KfW 100 17,5 % der förderfähigen Kosten und bis zu maximal 17.500 Euro je Wohneinheit

KfW 85 20 % der förderfähigen Kosten und bis zu maximal 20.000 Euro je Wohneinheit

KfW 70 25 % der förderfähigen Kosten und bis zu maximal 25.000 Euro je Wohneinheit

KfW 55 30 % der förderfähigen Kosten und bis zu maximal 30.000 Euro je Wohneinheit

KfW 431 Zuschuss zur Baubegleitung

KfW 433 Zuschuss Brennstoffzelle – Der Zuschuss für eine Brennstoffzelle beträgt zwischen 7.050 und 28.200 Euro. Dabei richtet sich der Zuschuss nach der elektrischen Leistung der Brennstoffzelle. Förderfähig sind ebenfalls die fest vereinbarten Kosten für den Vollwartungsvertrag über zehn Jahre und die Kosten für die Leistungen eines Experten für Energieeffizienz.

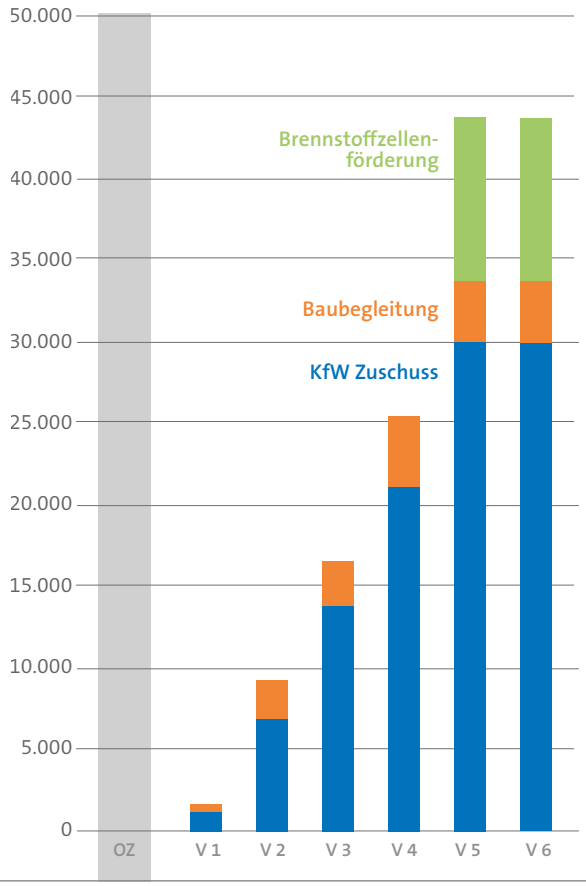
Der maximale Förderbetrag errechnet sich durch eine Grundförderung von 5.700 EUR und eine leistungsabhängige Förderung von 450 EUR je angefangene 100 W elektrische Leistung.

Dieser Zuschuss ist kombinierbar mit den weiteren Zuschüssen nach dem KfW-Programm sowie mit den Zuschlägen nach dem KWK-Gesetz, nicht jedoch mit dem Mini-KWK-Impulsprogramm der BAFA.

In unseren Berechnungen zum Variantenvergleich haben wir die Förderung der Brennstoffzelle bereits eingerechnet.

## Zuschüsse der KfW

Die Maßnahmen der Variante 1 werden von der KfW als Einzelmaßnahmen mit 10 % bezuschusst. In Variante 2 ist eine Förderung nach KfW Effizienzhaus Denkmal mit 15 % möglich. Mit steigender Energieeffizienz wächst der anteilige Zuschussbetrag bis auf 30 %. Durch den Einbau einer Brennstoffzelle wird die höchstmögliche Effizienzklasse KfW 55 mit überschaubaren Mitteln erreicht. Der Einbau einer Lüftungsanlage rundet letztlich die Kosten der Sanierung auf rund 100.000 Euro ab, womit der höchstmögliche Förderbetrag von 30.000 Euro in Anspruch genommen werden kann.



# 4 Zusammenfassung und Gesamtbewertung

Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme ist durch die verlustarme Verwendung der Energie eine hocheffiziente Technik.

Brennstoffzellen haben ihre Zuverlässigkeit durch umfangreiche Feldtests bewiesen und sind in Japan durch eine sehr großzügige Förderung bereits wesentlich stärker verbreitet als in Europa.

Brennstoffzellen haben kaum bewegliche Teile, sie sind deshalb wartungsarm und nahezu geräuschlos.

Durch die Anrechnung des in einer Brennstoffzelle erzeugten Stroms kann ein besonders niedriger Primärenergiebedarf erreicht werden.

Den höheren Investitionskosten stehen beim Eigenverbrauch des erzeugten Stroms maßgebliche Stromgutschriften gegenüber.

Durch die insgesamt aufgezeigten Effizienzmaßnahmen im Rahmen einer umfänglichen Sanierung wird nicht nur Heizenergie eingespart, sondern maßgeblich der Wohnkomfort verbessert.

Durch den Einbau einer Komfortlüftung werden Zugluft, Feuchtigkeit und Wärmebrücken nahezu ausgeschlossen, das Raumklima wird fühlbar angenehmer.

Der Staat hilft über die Kreditanstalt für Wiederaufbau mit Krediten zu günstigen Konditionen oder auch direkten Zuschüssen, sowohl für eine umfangreiche Sanierung als auch für den Kauf und Montage einer Brennstoffzelle.

Beide Zuschüsse können getrennt voneinander in Anspruch genommen werden.

Das Erreichen des Wärmeschutzniveaus KfW 55 ist ein ambitioniertes Vorhaben in einem Bestandsbau, welches sich mit vertretbarem Aufwand nur durch eine Brennstoffzelle erreichen lässt.

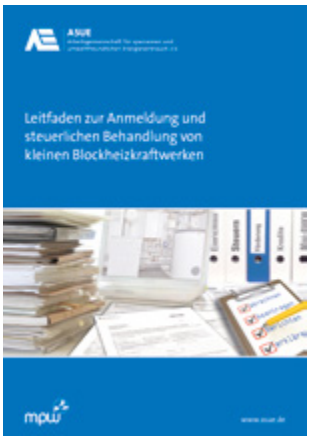
Neben den Zuschüssen der KfW profitiert der Bauherr durch den Einsatz einer Brennstoffzelle von wesentlich niedrigeren Energiekosten, hohen Einsparungen im Strombezug und einem Zuschlag nach dem KWK-Gesetz.

Die ehemaligen Brennstoffkosten des Hauses im Ausgangszustand von ca. 2.800 EUR pro Jahr reduzieren und verwandeln sich durch hohe Einsparungen beim Strombezug zu einer Über-Kompensation der Heizkosten.

Somit können mehrere wichtige Ziele erreicht werden: das ansprechende Wohnen in einem stilvollen Eigenheim mit dem Charme der 30er-Jahre, der Werterhalt des Hauses, hohe Einsparungen an Energie und Treibhausgasen in Kombination mit den Effizienzwerten und der Wirtschaftlichkeit eines Niedrigenergiehauses.

# 5 Broschüren und Infos

Brennstoffzellen für die Hausenergieversorgung
Bestellnummer 309619




Leitfaden zur Anmeldung und steuerlichen Behandlung von kleinen Blockheizkraftwerken
Bestellnummer 309887

Factsheet Brennstoffzellen
Bestellnummer 05 05 16 fs

$CO_2$-Vermeidung
Bestellnummer 07 01 16

Strom erzeugende Heizung im Ein- und Zweifamilienhaus
Online-PDF

Alte Heizung - was nun?
Bestellnummer 09 01 16 a

Hydraulischer Abgleich
Bestellnummer 310035

KWK-Gesetz 2017
Bestellnummer 309860

EnEV 2016 – Erdgas-Technologien sind zukunftsfähig
Bestellnummer 09 07 16 PDF

Fotonachweis
Karin Jähne - stock.adobe.com (1); Evgen - stock.adobe.com (2); Viessmann Werke (5); ArTo - stock.adobe.com (6); contrast-werkstatt - stock.adobe.com (8); Alterfalter - stock.adobe.com (12)

**Herausgeber**
ASUE Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e.V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

Telefon 0 30 / 22 19 1349-0
info@asue.de
www.asue.de

**Bearbeitung**
Leon Hagemann
Jürgen Stefan Kukuk
ASUE-Arbeitskreis Innovative Energieanwendung

**Grafik**
Kristina Weddeling, Essen

**Bezug**
Verlag wvgw Wirtschafts- und
Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH
Josef-Wirmer-Straße 3
53123 Bonn
Telefon 0228/9191-40
info@wvgw.de
www.wvgw.de

**Wirtschaftliches Sanieren mit Brennstoffzelle**
Das Einfamilienhaus

Gedruckte Broschüre
Artikelnummer: 310183

Download-PDF
Artikelnummer: 510183

Stand: Januar 2018

**Hinweis**

Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr
für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben.

Überreicht durch:

FSC
www.fsc.org
MIX
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
FSC® C106855

Klimaneutral gedruckt
mit First Climate | ID 2018-702312