



ASUE

Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und
umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

„Brennstoffzellen im Wettbewerb zu anderen Technologien“

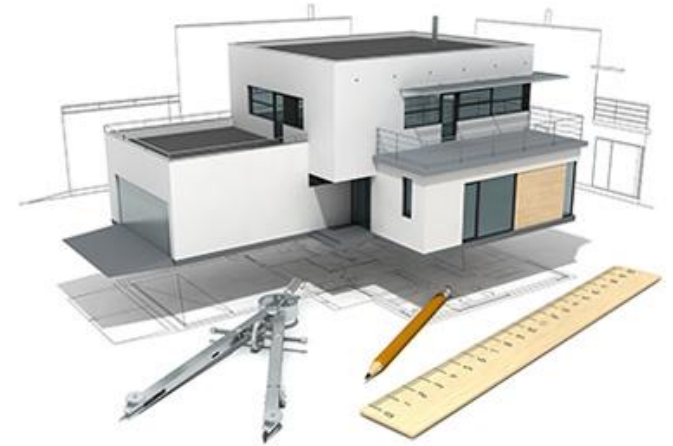
26. November 2019

gat|wat – Forum für neue Technologien im Wärmemarkt

Dipl. -Ing. Jürgen Stefan Kukuk

Gliederung:

1. Vorstellung der ASUE
2. Technik und Funktion einer Brennstoffzelle
3. Wettbewerber der Brennstoffzelle
4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen
5. Erfüllung der EnEV/ Gebäudeenergiegesetz/KfW





ASUE

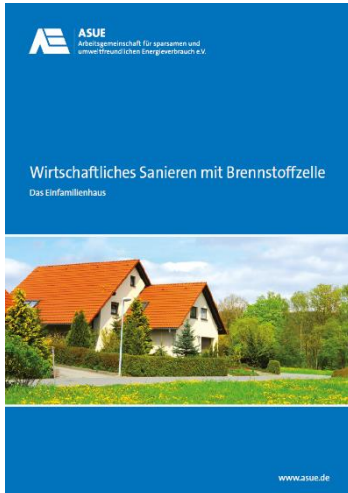
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.



- ✓ BHKW, Brennstoffzellen, Gaswärmepumpen, Gasturbinen, Gasbrennwertgeräte
- ✓ Broschüren und Fachinformationen
- ✓ Arbeitskreise und Netzwerke
- ✓ Newsletter und Presseinformationen
- ✓ Energiepolitik und Kommunikation

40
JAHRE
ASUE
TECHNIK
EFFIZIENZ
INNOVATION

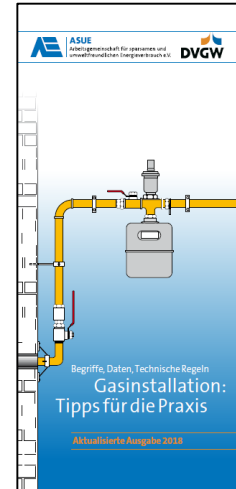
Wichtige Broschüren der ASUE



- ✓ Wirtschaftliches Sanieren mit Brennstoffzelle
- ✓ Biogas / Biomethan – erneuerbare Energie aus der Leitung
- ✓ Über die Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken in Hotels
- ✓ Das KWK-Gesetz 2017



Wichtige Broschüren der ASUE



- ✓ Brennstoffzellen für die Hausenergieversorgung
- ✓ Wirtschaftliches Sanieren mit Brennstoffzellen
- ✓ Gasinstallation – Tipps für die Praxis
- ✓ Leitfaden zur Anmeldung und steuerlichen Behandlung von kleinen BHKW



Der KWK-Anmeldeservice der ASUE

 **ASUE**
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und
umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Der ASUE KWK-Service
Wir vereinfachen Ihren BHKW-Betrieb:
Anmeldung, Förderanträge, Administration

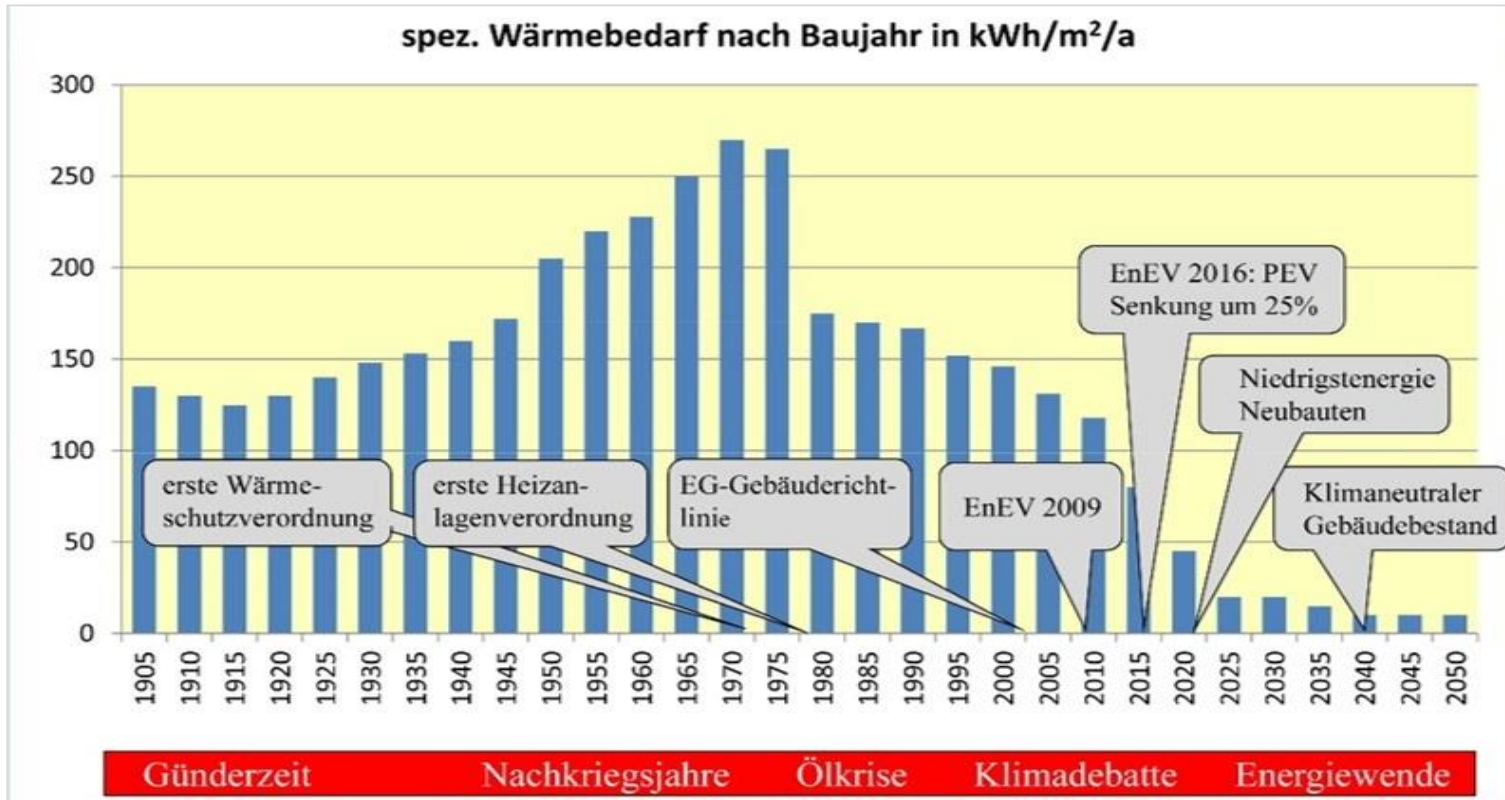
Energiewende zuhause erleben
Gebäudeeffizienz verbessern
Strom selbst erzeugen
Bürokratie vermeiden

Steuern
Planung
Mini-BHKW
Förderung
Anträge

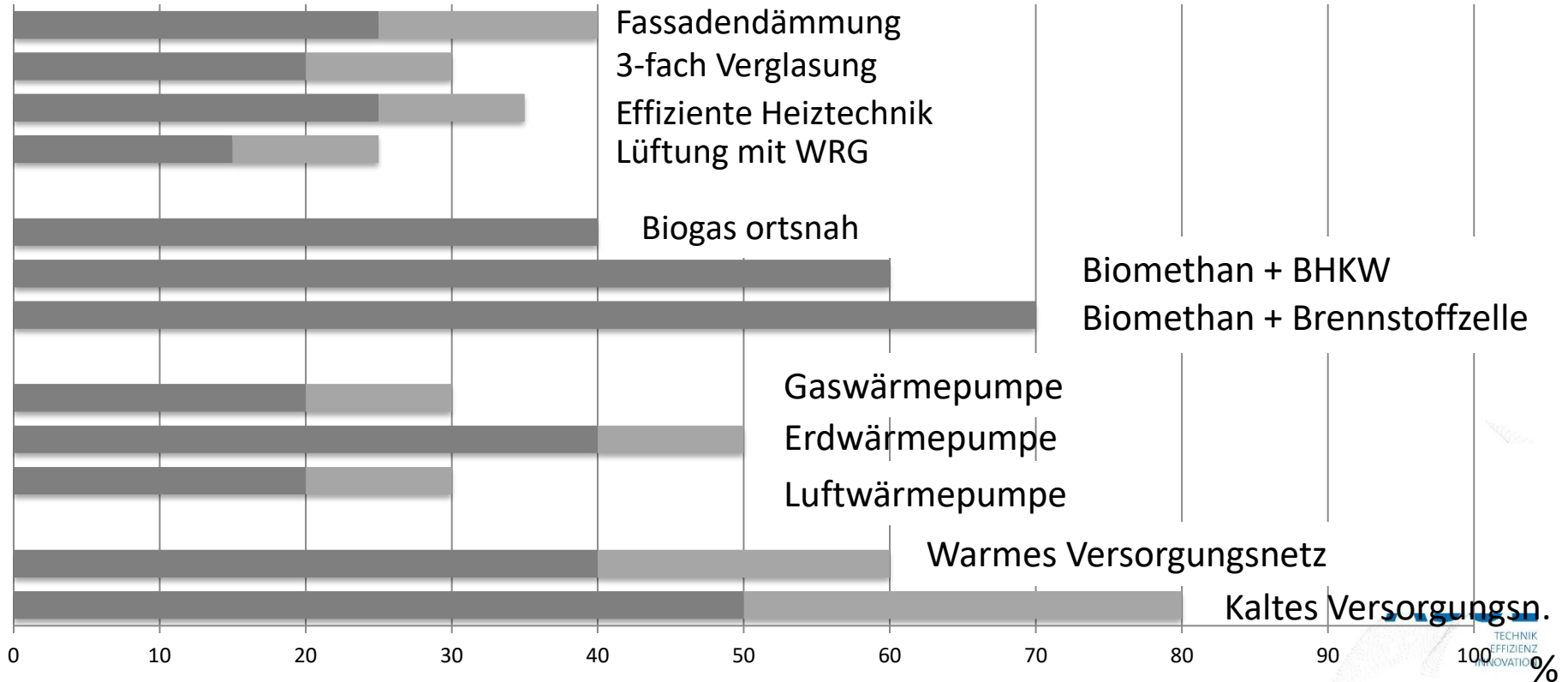
www.asue.de

- ✓ Startberatung
- ✓ Anmeldung nach dem KWK G
- ✓ Abstimmung mit dem Strom-Netzbetreiber
- ✓ KfW- und BAFA - Förderung
- ✓ Jahresmeldungen
- ✓ Hilfe bei Erschwernissen

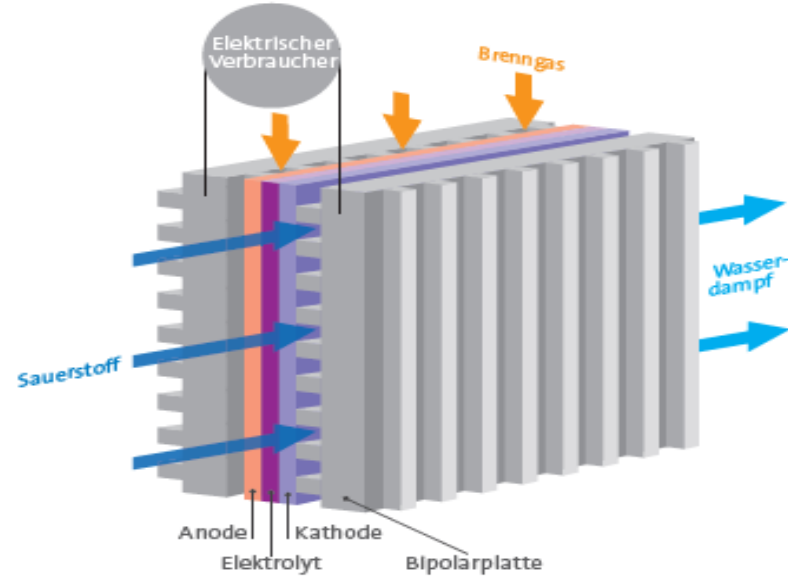
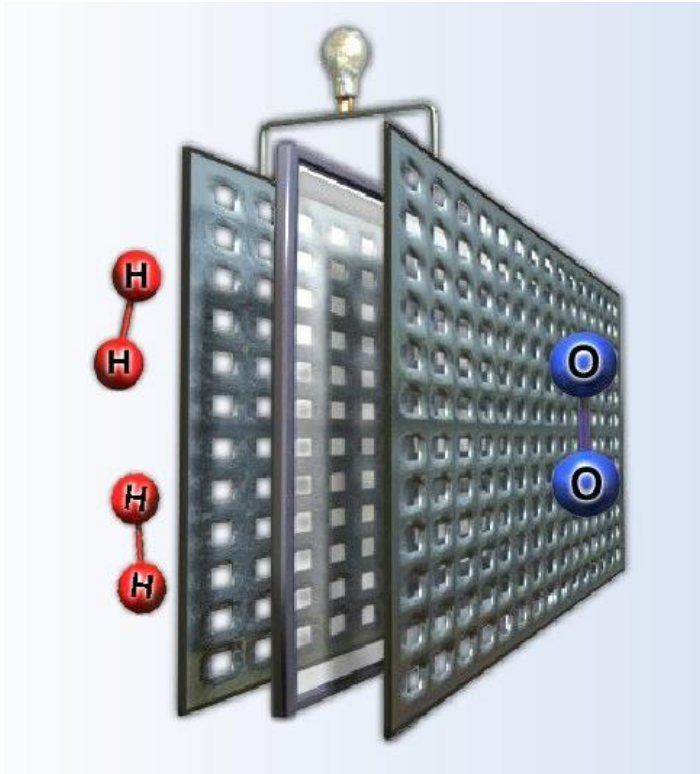
Auf dem Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand gibt es Nachholbedarf!



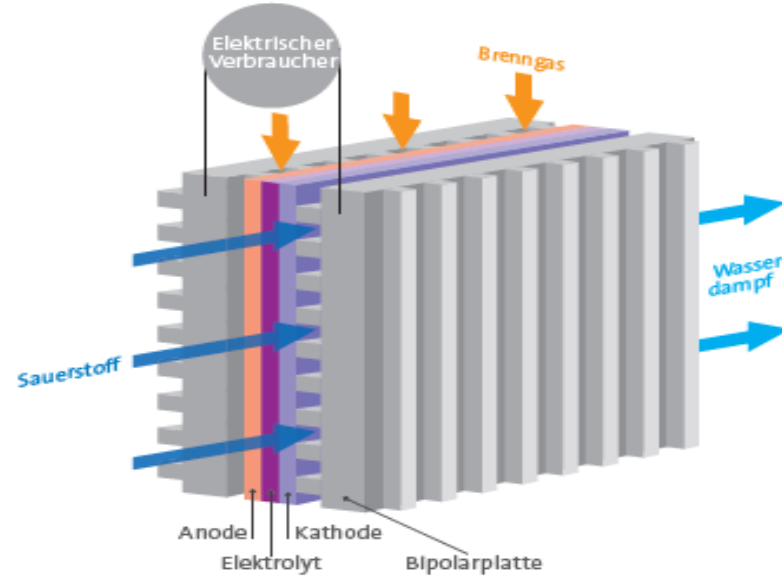
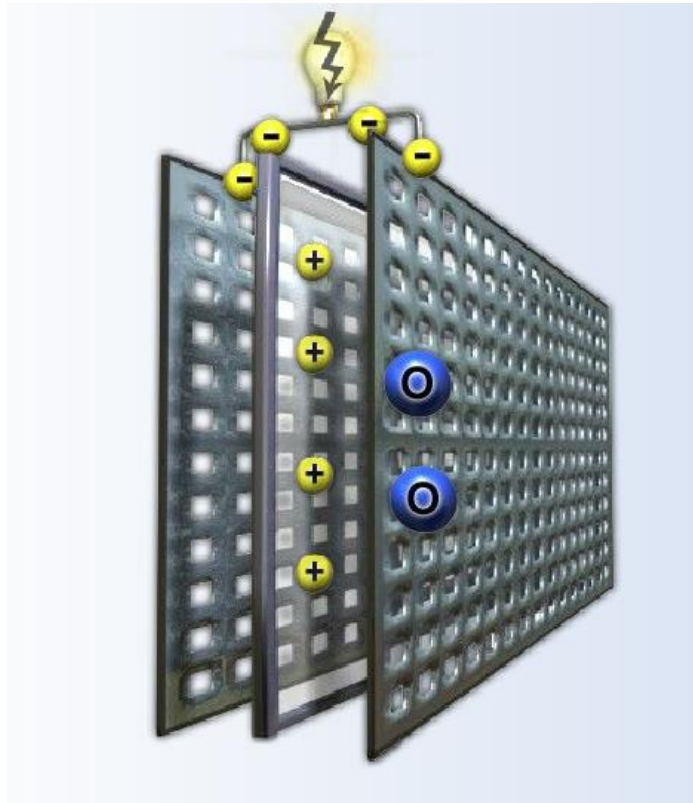
Einsparung von Primärenergie durch Maßnahmen



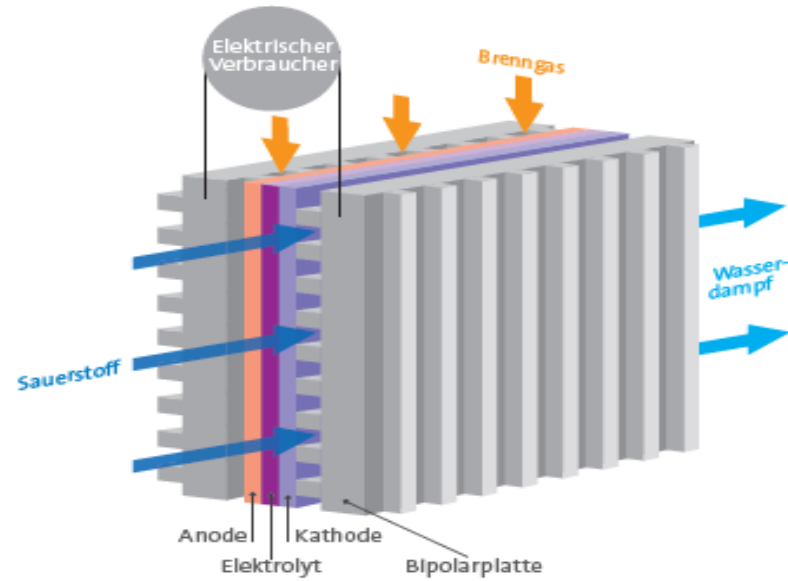
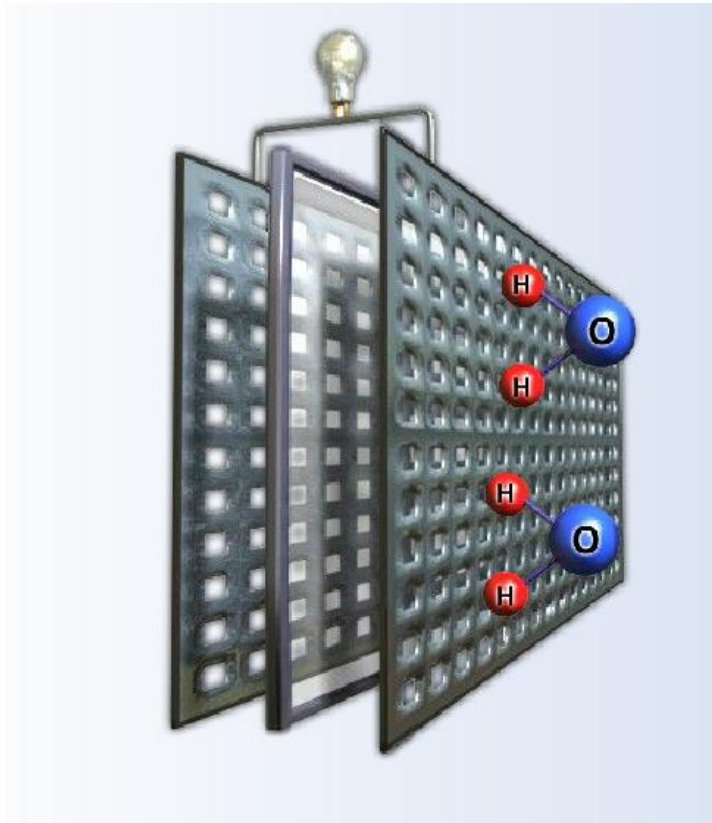
Chemischer Prozess in einer PEM-Brennstoffzelle



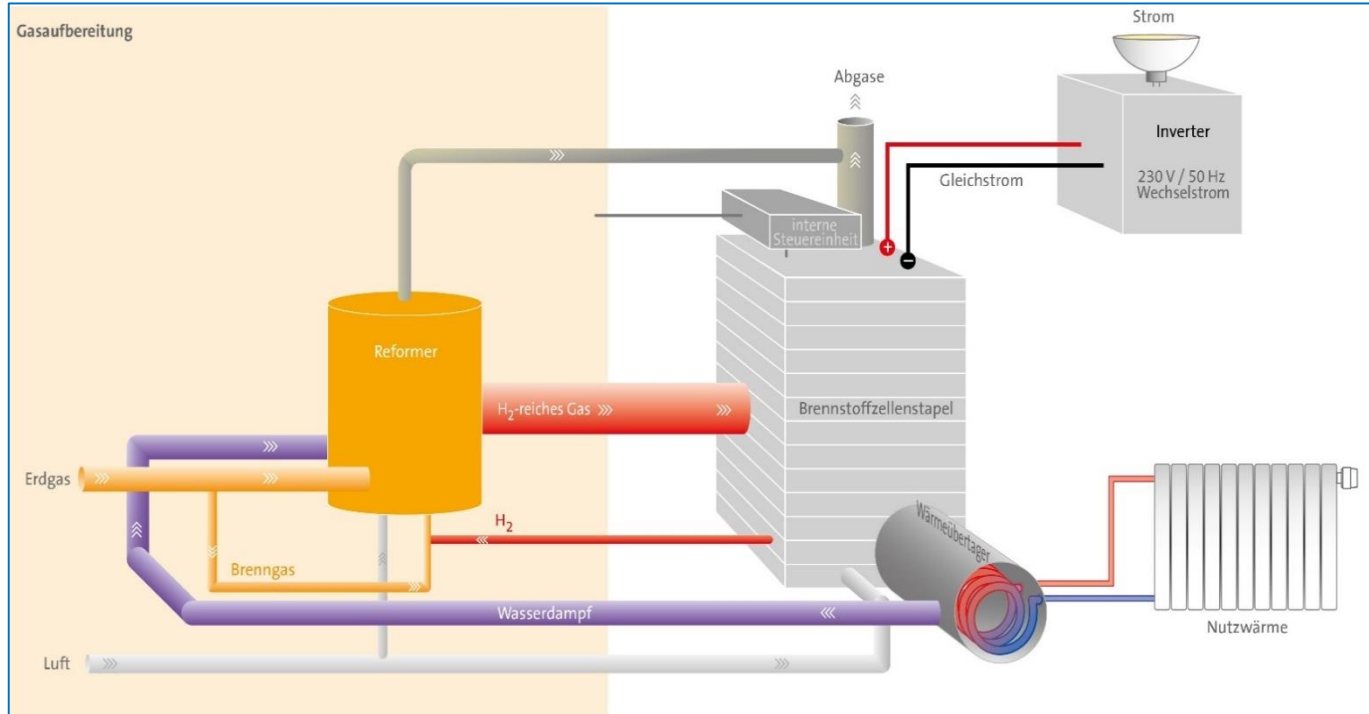
Chemischer Prozess in einer PEM-Brennstoffzelle



Chemischer Prozess in einer PEM-Brennstoffzelle



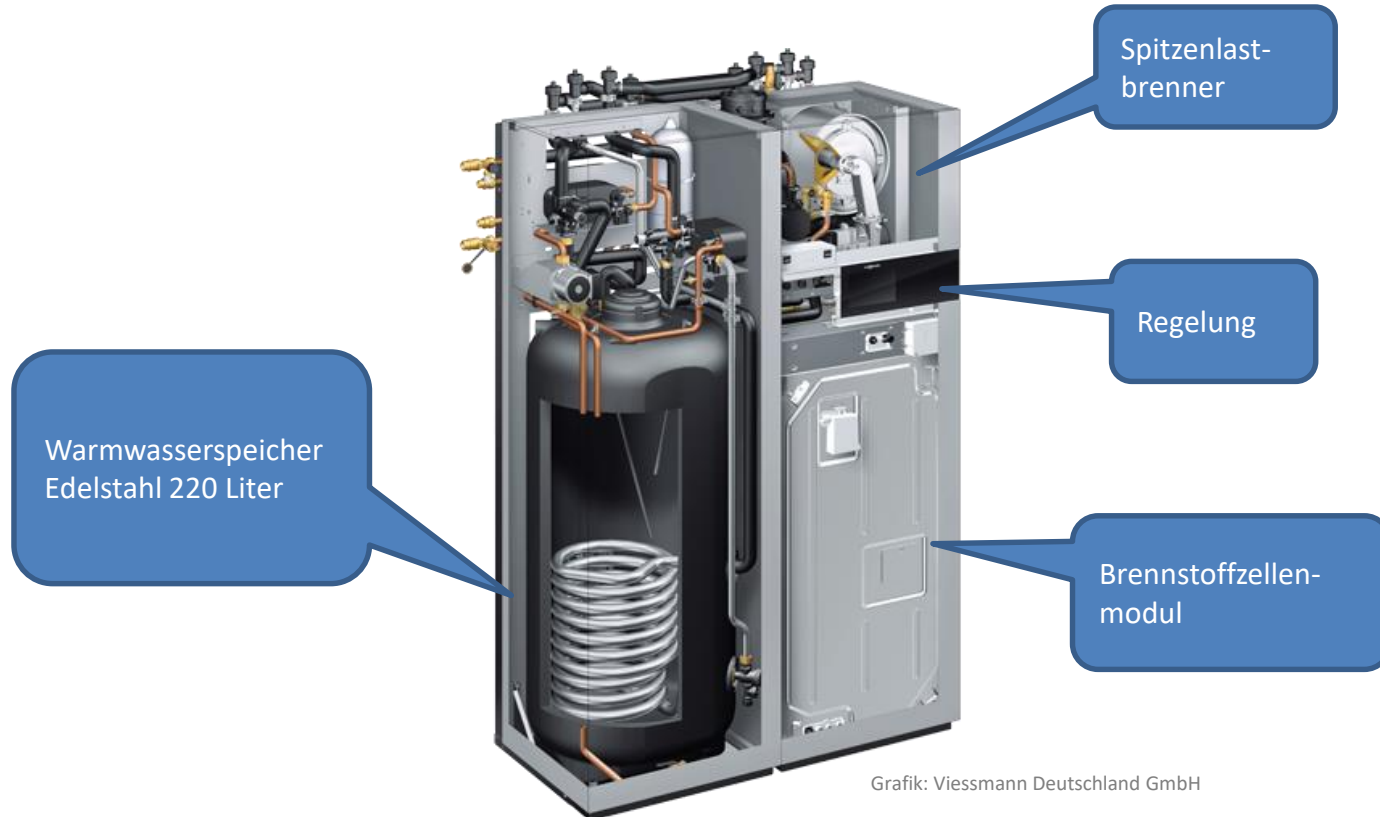
Funktionsprinzip einer Brennstoffzellenheizung



Grafik: ASUE e. V.





Mit integriertem Spitzenlastgerät übernimmt die Brennstoffzelle die gesamte Wärmeversorgung



Grafik: Viessmann Deutschland GmbH

Inzwischen gibt es 7 Anbieter von Brennstoffzellen, zum teil aber mit gleichem BZ-Stack

					
Buderus BlueGen BG-0	SenerTec Dachs 0.8	SOLIDpower BlueGen BG-15	Viessmann Vitolator PT2	Remeha eLecta 300	Freudenberg NEX 2400 Plus

+ Sunfire Home 750



	Buderus BlueGen BG-0	SenerTec Dachs 0.8	SOLIDpower BlueGen BG-15	Viessmann Vitolator PT2	Remeha eLecta 300	Freudenberg NEX 2400 Energiesysteme
Anlage	Brennstoffzellen-Einzelgerät	Brennstoffzelle mit integriertem Brennwertgerät und Warmwasserspeicher	Brennstoffzellen-Einzelgerät	Brennstoffzelle mit integriertem Brennwertgerät und Warmwasserspeicher	Brennstoffzelle mit Zusatzheizgerät und Speichersystem (erhältlich ab Sommer 2019)	Brennstoffzelle mit Zusatzheizgerät und Warmwasserspeicher
Typ Brennstoffzelle	SOFC	PEMFC	SOFC	PEMFC	PEMFC	PEMFC
Maße nur Grundgerät ohne Speichermodule (T x B x H)	660 x 600 x 1.100 mm	1.070 x 1.500 x 1.850 mm	800 x 550 x 1.200 mm	600 x 600 x 1.800 mm	1.070 x 1.500 x 1.850 mm	550 x 600 x 950 mm
Elektrische Leistung	1.500 W	750 W	500-1.500 W	750 W	750 W	205-325 W
Thermische Leistung	600 W	1.100 W	bis zu 850 W	1.100 W	1.100 W	440-740 W
Elektrischer Wirkungsgrad	60 %	37 %	55 %	37 %	37 %	34 %
Thermischer Wirkungsgrad	25 %	55 %	33 %	55 %	55 %	71 %
Gesamtwirkungsgrad	85 %	92 %	88 %	92 %	92 %	105 %
Pufferspeicher Heizungswasser	extern	300 l	extern	220 l	300 l	ab 560 l
KfW-Festbetrag	5.700 €	5.700 €	5.700 €	5.700 €	5.700 €	5.700 €
Leistungsabhängiger Zusatzbetrag	6.750 €	3.600 €	6.750 €	3.600 €	3.600 €	1.800 €
Pauschaler KWK-Zuschlag	1.800 €	1.800 €	1.800 €	1.800 €	1.800 €	1.800 €
Gesamtförderung	14.250 €	11.100 €	14.250 €	11.100 €	11.100 €	9.300 €



SUNFIRE-HOME 750	
Elektrische Nennleistung	max. 750 W (230 V _{AC})
Elektrische Kapazität pro Tag	18 kWh / Tag
Elektrische Kapazität pro Jahr	6.570 kWh / Jahr
Jahreszeitbedingte Effizienz gemäß Ökodesign-Richtlinie	125% (A++)
Thermische Leistung	max. 1.250 W
Thermische Kapazität pro Jahr	10.950 kWh / Jahr
Gaszufuhr	LPG / Propan oder Erdgas
Gewicht	150 kg
Abmessungen	670 x 670 x 1.150 mm
Wasser- / Schmierstoffverbrauch	keiner
Geräuschemissionen	<45 dB(A) @ 1 m Abstand

Panasonic stellt die Brennstoffzelle für reine H₂-Anwendung und hohem Wirkungsgrad vor



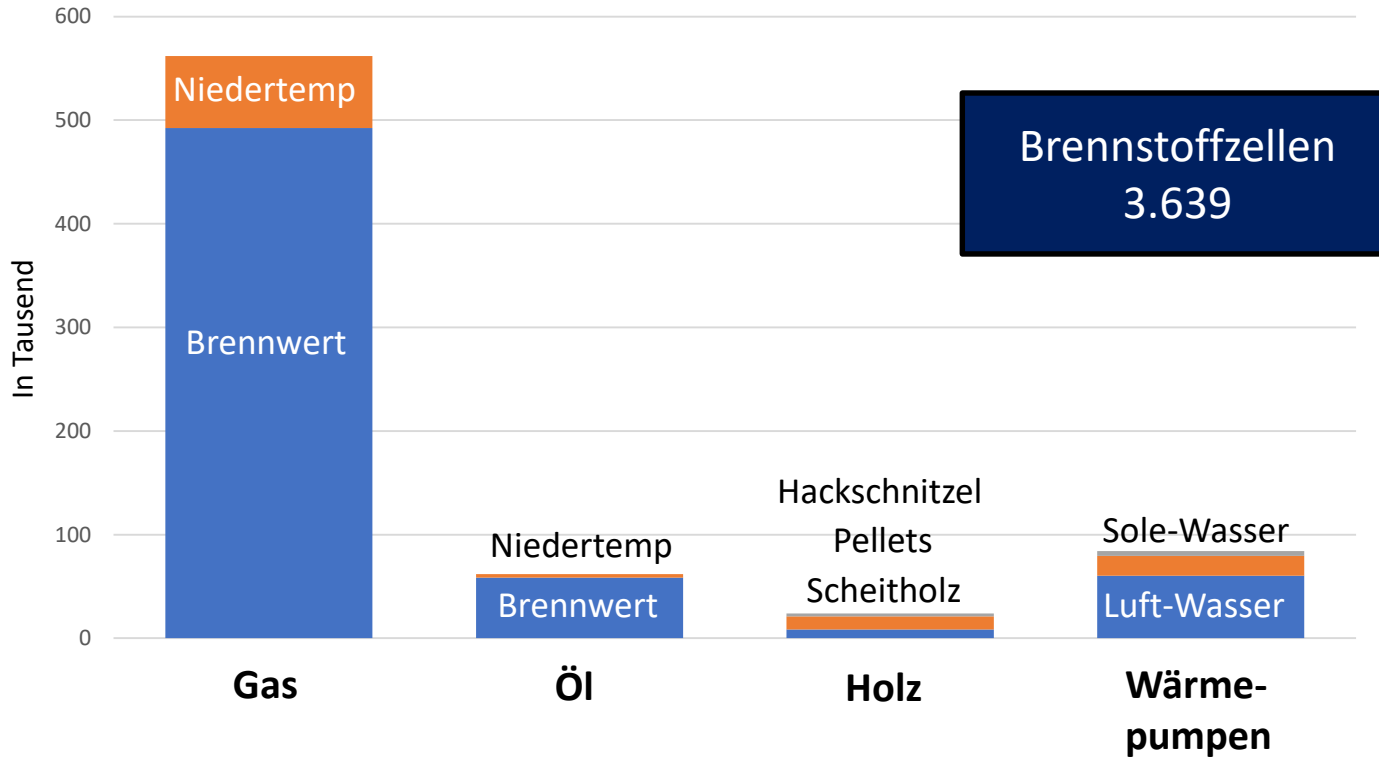
700 W_{el}

5 kW_{el}, η_{el} 57 %

Quelle: Panasonic Stand IFA 2019 in Berlin



Verbreitung der anderen Heizgeräte in 2018



Quelle BDH



Eine Sanierung mit Brennstoffzelle kann die Betriebskosten senken, eine Geldanlage ist sie allerdings nicht...

Einfamilienhaus Altbau		
Jährliche Kosten (brutto)	Brennstoffzelle	Ist-Zustand (Gas-Bestandsgerät)
Jahreswärmebedarf ($A_N=250 \text{ m}^2$)	23.000 kWh/a	23.000 kWh/a
Gaseinsatz (H_s)	33.100 kWh	31.900 kWh
Brennstoffkosten	1.700 €/a	1.600 €/a
Wartung	300 €/a	200 €/a
Vergütung Strom	-1.155 €/a	-
Energiesteuererstattung	-70 €/a	-
Summe jährliche Kosten	775 €/a	1.850 €/a
Differenz	1075 €/a	-
Investitionskosten (brutto)		
Brennstoffzelle + Installation	30.000 €	-
Förderung KfW 433 + KWK-Gesetz	-11.100 €	-
Summe	18.900 €	-
ROI (statisch)	17, 6 Jahre	-



Der Einsatz einer Brennstoffzelle mit hohem Wirkungsgrad verbessert die Wirtschaftlichkeit

Einfamilienhaus Altbau		
Jährliche Kosten (brutto)	Brennstoffzelle (Vitovalor)	Brennstoffzelle (BlueGEN)
Jahreswärmebedarf ($A_N=250 \text{ m}^2$)	23.000 kWh/a	23.000 kWh/a
Gaseinsatz (H_2)	33.100 kWh	43.700 kWh
Brennstoffkosten	1.700 €/a	2.200 €/a
Wartung	300 €/a	600 €
Vergütung Strom	-1.155€/a	-2.300 €/a
Energiesteuererstattung	-70 €/a	-90 €/a
Summe jährliche Kosten	1075 €/a	590 €/a
Investitionskosten (brutto)		
Brennstoffzelle + Installation	30.000 €	32.000
Förderung KfW 433 + KWK-Gesetz	-11.100 €	-13.170
Summe	18.900 €	18.830
ROI (statisch)	17,9 Jahre	13 Jahre



Kostenvergleich im Einfamilienhaus Bestand

Einfamilienhaus Altbau		
Jährliche Kosten (brutto)	Brennstoffzelle	Sanierung mit Gasbrennwertgerät
Jahreswärmebedarf ($A_N=250 \text{ m}^2$)	23.000 kWh/a	23.000 kWh/a
Gaseinsatz (H_s)	33.100 kWh	26.000 kWh
Brennstoffkosten	1.700 €/a	1.300 €/a
Wartung	300 €/a	250 €
Vergütung Strom	-1.155€/a	-
Energiesteuererstattung	-70 €/a	-
Summe jährliche Kosten	775 €/a	1.600 €/a
Differenz	825 €/a	-
Investitionskosten (brutto)		
Brennstoffzelle + Installation	30.000 €	8.000 €
Förderung KfW 433 + KWK-Gesetz	-11.100 €	-
Summe	18.900 €	8.000 €
ROI (statisch)	13,2 Jahre	-



Kostenvergleich im Einfamilienhaus Neubau

Einfamilienhaus Neubau, EnEV -Erfüllung		
Jährliche Kosten (brutto)	Brennstoffzelle	Gasbrennwertgerät + ST + KWL
Jahreswärmebedarf ($A_N=250 \text{ m}^2$)	12.800 kWh/a	12.800 kWh/a
Gaseinsatz (H_s)	21.800 kWh	14.500 kWh
Brennstoffkosten	1.100 €/a	720 €/a
Wartung	300 €/a	250 €
Vergütung Strom	-1.000 €/a	-
Energiesteuererstattung	-70 €/a	-
Summe jährliche Kosten	775 €/a	970 €/a
Differenz	460 €/a	-
Investitionskosten (brutto)		
Brennstoffzelle + Installation	30.000 €	5.000 €
Förderung KfW 433 + KWK-Gesetz	-11.100 €	-
Summe + Effizienzmaßnahmen	18.900 €	18.000 €
ROI (statisch)	2 Jahre	



Der Vergleich mit einer elektrischen Wärmepumpe sieht besser aus!

Einfamilienhaus Altbau				
Jährliche Kosten (brutto)	Brennstoffzelle	Sole-Wasser-Wärmepumpe mit zwei Geothermiebohrungen JAZ = 4,0	Luft-Wasser-Wärmepumpe JAZ = 3,5	Luft-Wasser-Wärmepumpe JAZ = 3,0
Investment	25.000 €	36.000 €	17.000 €	14.000 €
Einbau	5.000 €	5.000 €	2.000 €	2.000 €
Schornsteinsanierung	900 €	-	-	-
Heizkörpertausch	-	3.000 €	3.000 €	3.000 €
Förderung	-11.100 €	-6.750 €	-4.500 €	
Annuität (15 Jahre, 3 % Zinsen)	1.659 €	3.100 €	1.466 €	1.543 €
Wartung	300 €	150 €	150 €	150 €
Gaseinsatz	1.700 €	-	-	-
Stromkosten	-	1.050 €	1.400 €	1.600 €
Stromerlös	1.000 €	-	-	-
Jahreskosten	2.659 €	4.300 €	3.016 €	3.493 €



Gliederung:

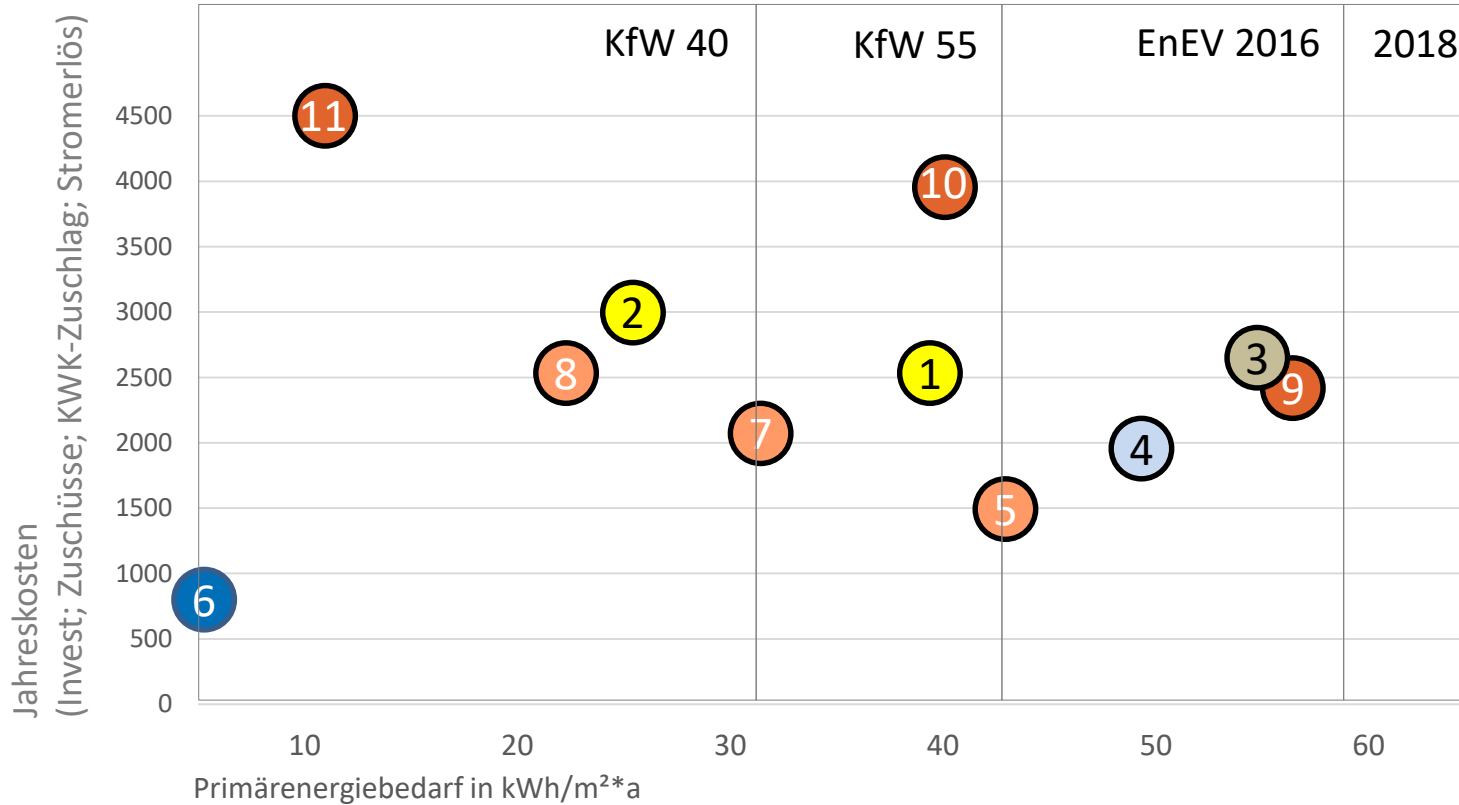
1. Vorstellung der ASUE
2. Technik und Funktion einer Brennstoffzelle
3. Wettbewerber der Brennstoffzelle
4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen
5. **Erfüllung der EnEV/ Gebäudeenergiegesetz/KfW**



	Anlagenkonfiguration	PEB	€/a
1	GBWT/ PV / Akku / Abluft-TW Wärmepumpe/ Abluftanlage	39,23	2.501
2	GBWT/ PV/ Akku/ Außenluft-TW Wärmepumpe/ KWL-WRG	26,48	2.935
3	Gasbrennwert-Hybridgerät/ Warmwasserspeicher/ Abluftanlage	55,41	2.613
4	Gas-WP Boostheat/ Warmwasserspeicher/ Abluftanlage	48,78	2.029
5	Brennstoffzelle (0,75 kW) / GBW/ Warmw.speicher/ Abluftanl.	43,70	1.491
6	BZ (1,5 kW) /Warmwasserspeicher/Abluftanlage	0,0	869
7	BZ (0,75 kW) / GBWT/ PV / TrinkwasserWP/ Abluftanl. S/W	32,14	2.113
8	BZ (0,75 kW) / GBWT/PV-Anlage/Akku/TW-WP/Abluftanlage, S/W	22,66	2.579
9	Luft Wasser Wärmepumpe /Abluftanlage	56,15	2.373
10	Sole Wasser Wärmepumpe / Abluftanlage	40,29	3.862
11	Sole Wasser Wärmepumpe / PV / Akku / Abluftanlage	11,72	4.477



Übersichtsschema der Vergleichsvarianten



- 11 Gasbrennwert
- 3 Hybrid
- 4 Gaswärmepumpe
- 8 Brennstoffzelle 0,75
- 6 Brennstoffzelle 1,5
- 9 Luft/Wasser WP
- 5 Sole/Wasser WP



Bewertung:

- Trotz aller Aufwendungen in die Dämmung und Wärmerückgewinnung eines NZEB = Niedrigst Energie Hauses besteht weiter Energiebedarf für hygienischen Luftaustausch, Warmwasser und elektrischer Energie.
- Als erneuerbare Energien können im wesentlichen Biomethan, Photovoltaik und Geothermie herangezogen werden.
- Hocheffiziente Brennstoffzellen-Lösungen führen durch den zusätzlichen Stromertrag zu guten wirtschaftlichen Ergebnissen
- Sie entsprechen hinsichtlich Ihrer Investition den elektrischen Wärmepumpen, bieten aber einen zusätzlichen Stromertrag
- Sie erfüllen ohne Zusatzaufwand die KfW 55, mit PV auch die KfW 40.
- Sie unterliegen der Bagatellgrenze für EEG-Abgabe, Stromsteuer und sind von der Energiesteuer befreit.

TECHNIK
EFFIZIENZ
INNOVATION

Zu weiteren Fragen stehe ich gerne zur Verfügung

Kontakt Daten: Jürgen Kukuk, kukuk@asue.de, 030/221 913 490



ASUE

Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und
umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

www.asue.de

kukuk@asue.de