



Herzlich Willkommen

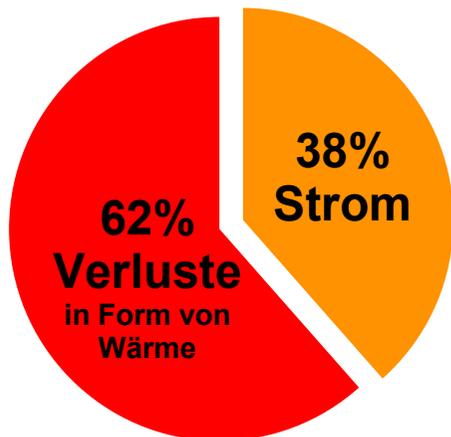
Brennstoffzelle

Eine echte Alternative

Referent
Dipl. Ing. (FH)
Sven Glunkler
Niederlassung Freiburg

Effizienz von KWK-Anlagen

Herkömmliche Stromproduktion



Gesamteffizienz: 38%

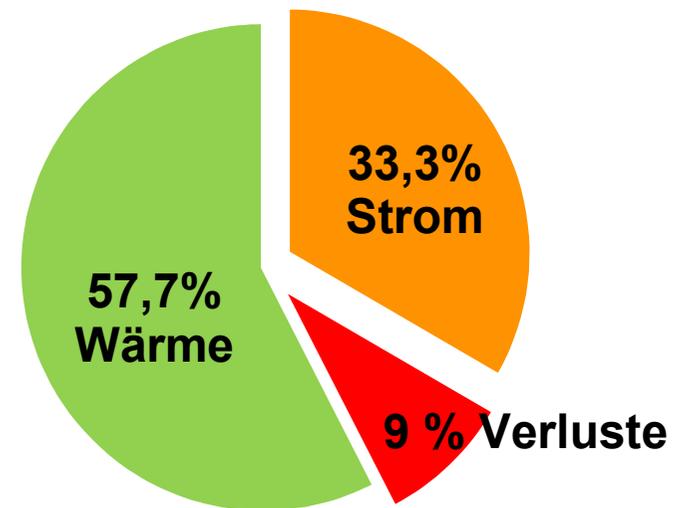
Viessmann Vitovalor 300-P



Leistung:

- 0,75 kW_{el}
- 20 kW_{therm}

ideal für 1-2 Familienhäuser



Gesamteffizienz: 91%

Erfahrungen im EFH+ Einlieger

1 Jahr Betrieb

- 5 Personen
- 2012 modernisiertes Gebäude (Baujahr 1981)
- 270 m²
- Wärmebedarf 14.000 kWh/a, (7 kW)
- Strombedarf: 4.000 kWh/a
- Vorher Vitola (Öl-NT)
- Fußbodenheizung, Radiatoren
- 2 Wohneinheiten



	Jan 14	Feb 14	Mrz 14	Apr 14	Mai 14	Jun 14	Jul 14	Aug 14	Sep 14	Okt 14	Nov 14	Dez 14	
Strom/ kWh erzeugt	461	423	443	384	326	170	82	267	334	418	315	451	Σ 4.000
Strom Ø/ kWh/d erzeugt	14,9	15,1	14,3	12,8	10,5	5,7	2,6	8,6	11,1	13,5	10,5	14,6	
Laufzeit Ø h/ d	19,8	20,2	19,1	17,1	14,0	7,5	3,5	11,5	14,9	18,0	14,0	19,4	Σ 5.400
Strombedarf/ kWh	321	273	288	248	291	263	252	235	265	648	478	672	Σ 4.000
Bedarfsdeckung	65%	67%	66%	54%	44%	26%	12%	45%	52%	61 %	48 %	65 %	Ø 50%

Ertrag 4.000 kWh/a =

860 €/a

2.000 kWh Eigenstrom

500 € (25 Cent/ kWh)

2.000 kWh Eigenstrom

80 € KWKG (4 Cent/ kWh)

2.000 kWh Einspeisung

ca. 160 € KWKG (8 Cent/ kWh)

2.000 kWh Einspeisung

ca. 60 € EEX (3 Cent/ kWh)

11.600 kWh Gas

ca. 60 € MineralÖlSt. (0,0055 Cent/ kWh)

} 2.400 € altern. 1.800 € KWKG einmalig

Technische Daten



Produktmerkmale

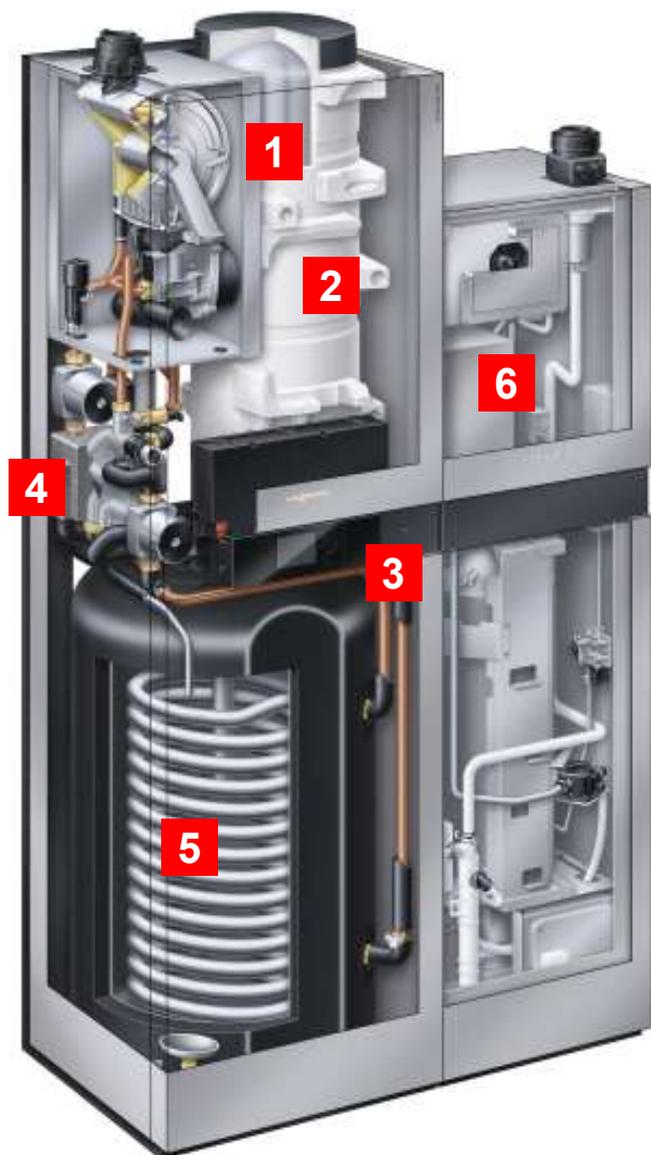
- Brennstoffzellenmodul:
 - Elektr. Wirkungsgrad 37% (Hi)
 - Gesamt-Wirkungsgrad 90 % (Hi)
 - Elektrische Leistung 750 W
 - Thermische Leistung 1 kW
- Betriebsstunden/ 10a 60.000
- Starts/d 1 (max. 4.000)
- Integrierte Systemtrennung (Plattenwärmetauscher)
- Spitzenlastkesselmodul:
 - Leistung Heizung 19 kW
 - (ab 2018 auch 26 kW)
 - Leistung WWB 30 kW
 - Gesamtwirkungsgrad 109 % (Hi)

weitere Daten



- hoher Deckungsgrad EFH bis ca. 50 % des Strombedarfs, mit Akku + ca. 20%
- lange Lebensdauer Stack 12a, Gerät 20a
- Komplettes Heizsystem
- Rücklauftemperatur < 50 °C
- E und LL- Gas
- tägliche Laufzeit max. 22 h

Geräteaufbau bis 2018 (C3TB)

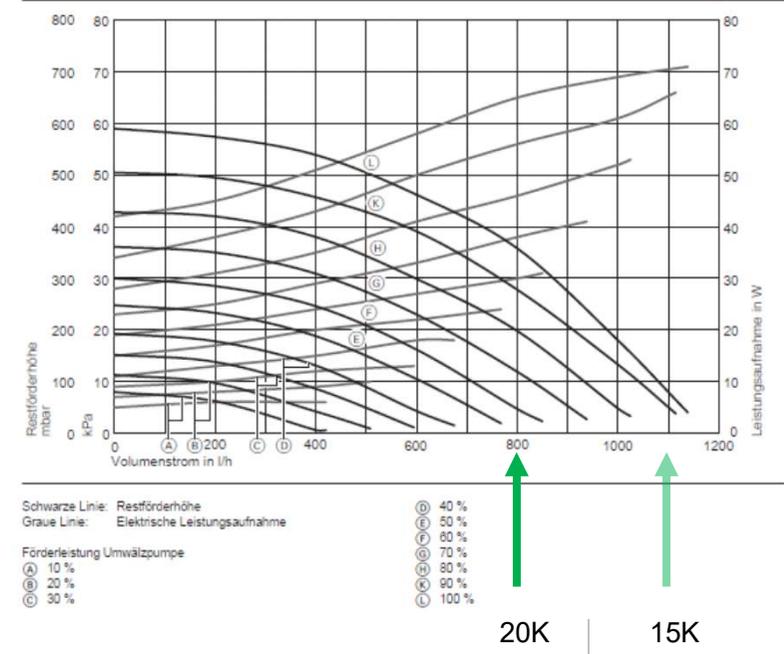
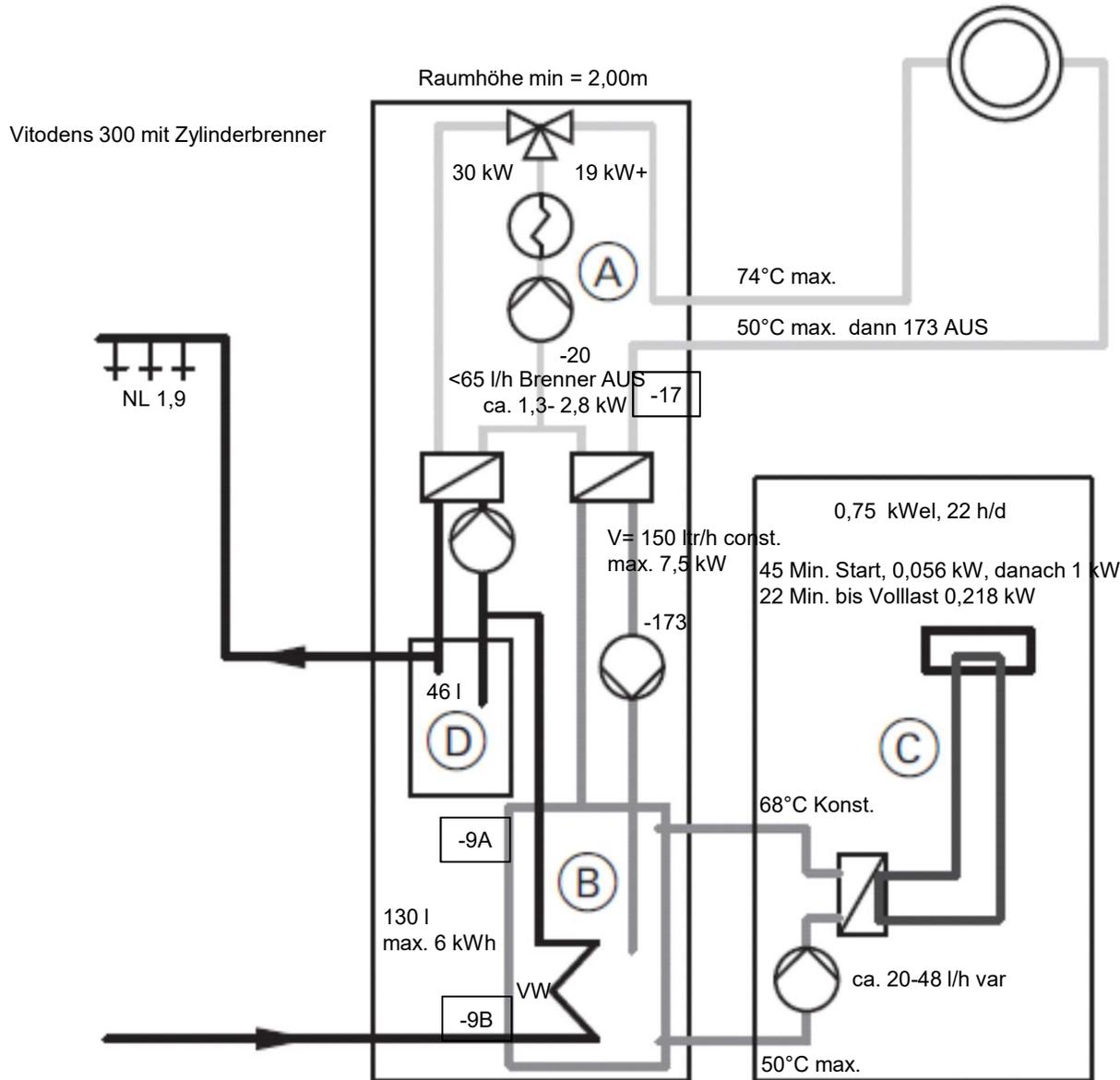


VIESSMANN

Panasonic
ideas for life

1	Spitzenlastkessel	
2	Trinkwasserspeicher (46 l)	
3	Energiemanager	
4	Integrierte Hydraulik	
5	Puffer-Speicher (130 l)	
		Brennstoffzellen-Einheit 6
7	Abgas-Kaskade	

Vitovvalor intern bis 2018 (C3TB)



Kriterium Pumpe 20 intern Vitodens
20 Drehzahl Cod E7- E6 (10-70%) ohne ext. HK- Pumpe
20 Drehzahl 60% konstant mit ext. HK- Pumpe

Kriterium Pumpe 173 Entladung Puffer intern
(20 AN) + (17 < 50°C) + (9A- 17 > 3K) => 173 AN
(20 AUS) o. (17 > 53°C) o. (9A- 17 < 1K) => 173 AUS

Geräteaufbau ab 2018 (PT2)



- 1 Spitzenlastmodul / Zusatzwärmeerzeuger
- 2 μ KWK-Modul
- 3 Geräteregler / HMI
- 4 Trinkwasserspeicher / Speichertower
- 5 Hydraulik

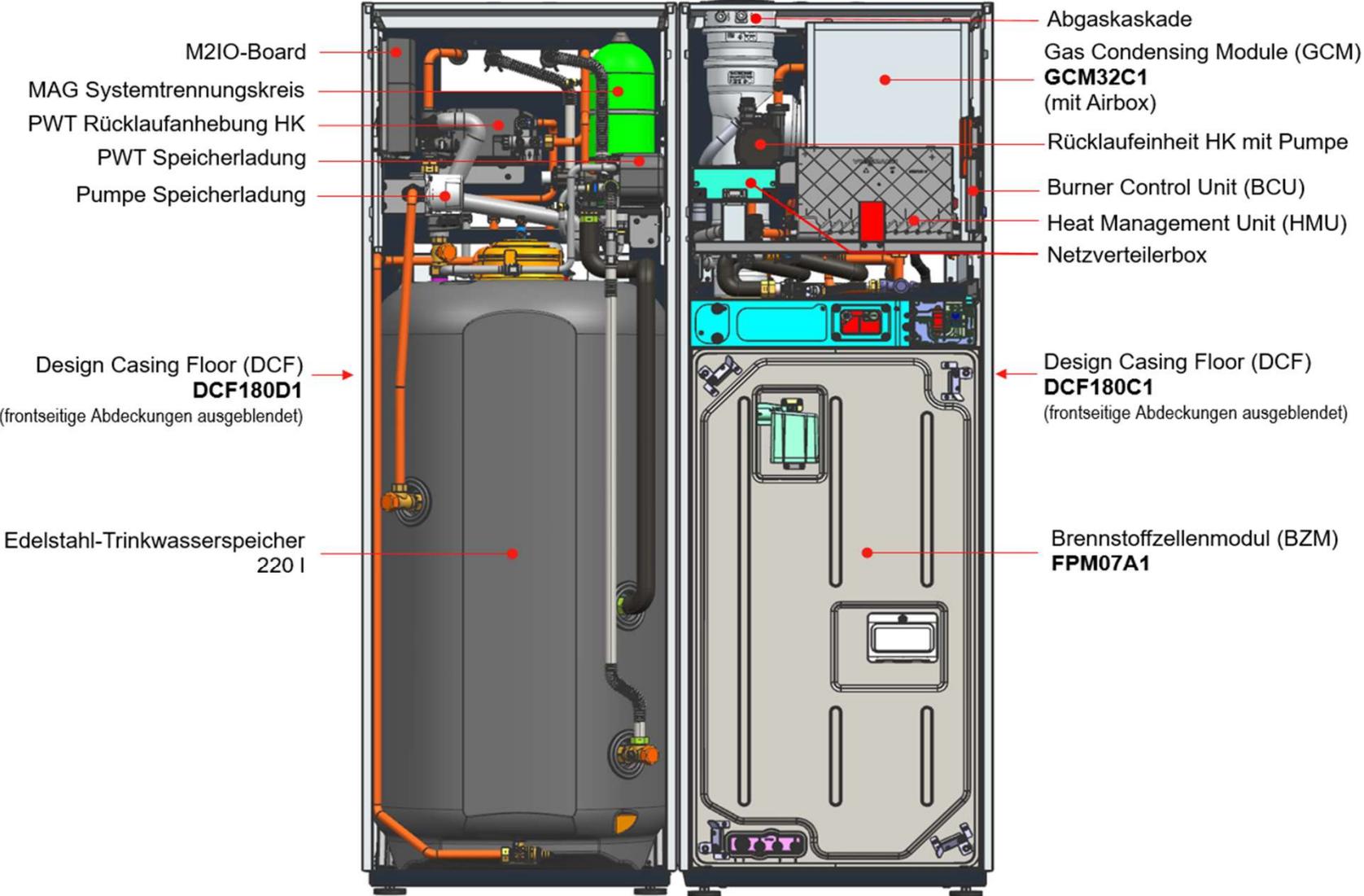
Änderungen:

- 220 Liter TW Speicher mit 30 l / min Zapfvolumen
- TW Volumenerweiterung nicht möglich
- Höherer WW Bedarf möglich mit Durchlauferhitzer (08/2018)
- Kein Pufferspeicher mehr nötig
- Brennstoffzelle jetzt 1,1 kWth

- **Neue Leistungen: 11,19, 25 & 32 kW**
- **längerer Wartungsintervall von 5 Jahren**
- **längere Laufzeit 24 – 45 Std.**
- **längere Lebensdauer 80.000 h / 12 Jahre (max.20a)**
- **neues 7 Zoll Farb Touch Display**
- **Raumhöhe min = 2,03m (2,00m)**

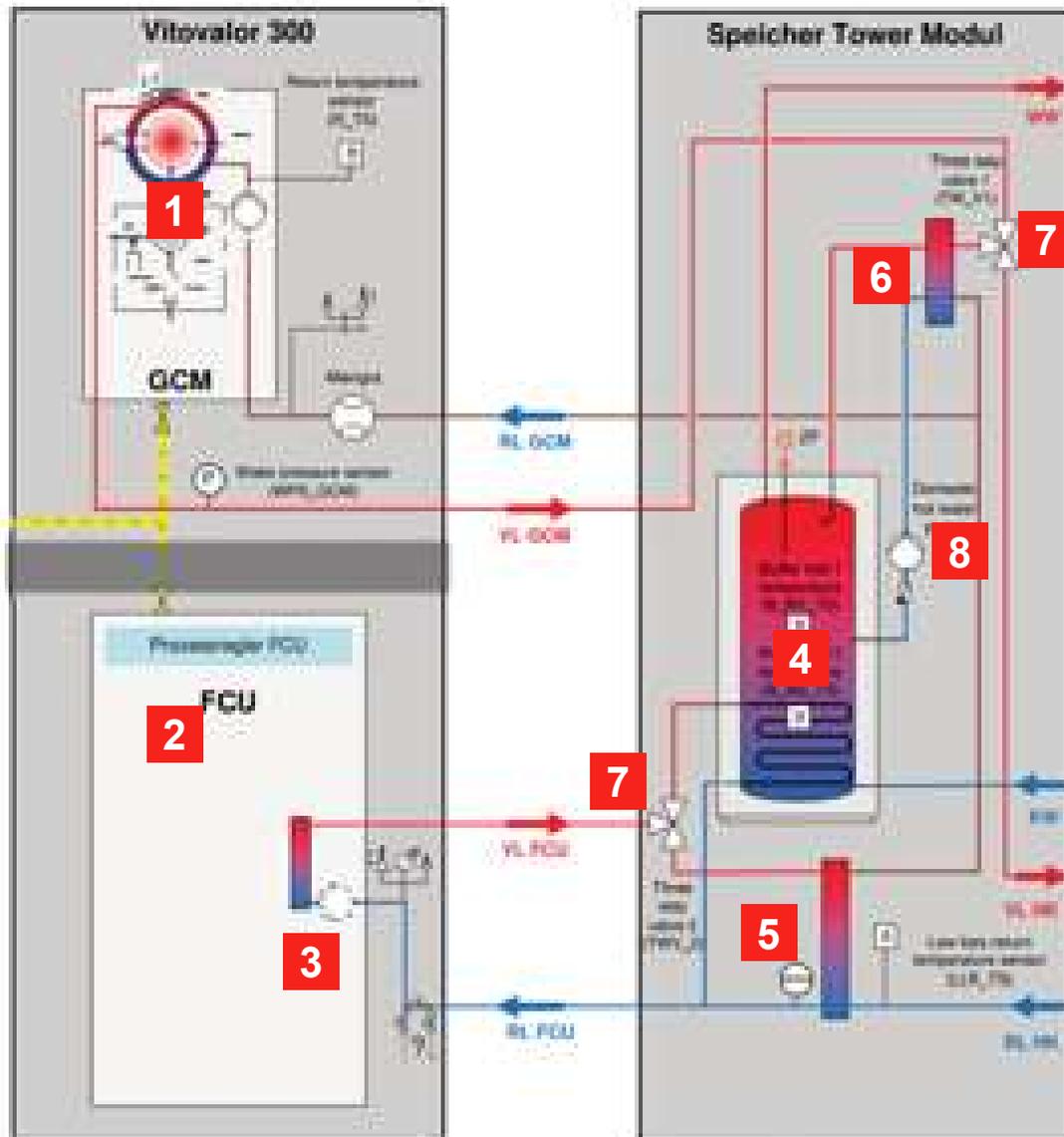
Geräteaufbau 2018 (PT2) Schnitt

Speichertower + Komplettgerät



Vitovvalor PT2

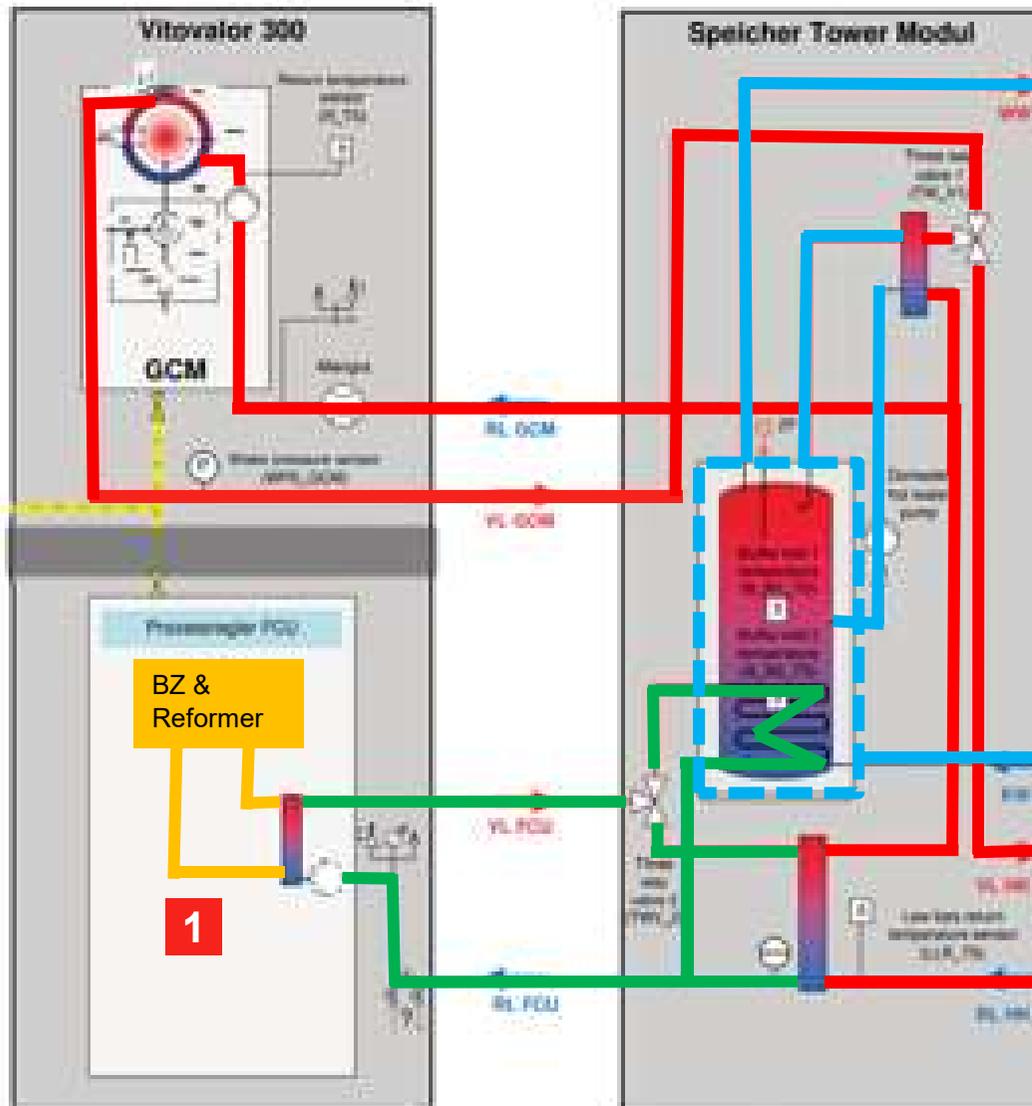
Hydraulischer Aufbau Speichertower



- 1** Spitzenlastgerät
- 2** Brennstoffzellenmodul
- 3** Wärmetauscher BZ
- 4** Trinkwasserspeicher 220 Liter
- 5** Wärmetauscher HK
- 6** Wärmetauscher TWW
- 7** Umschaltventil
- 8** Speicherladepumpe

Vitovator PT2

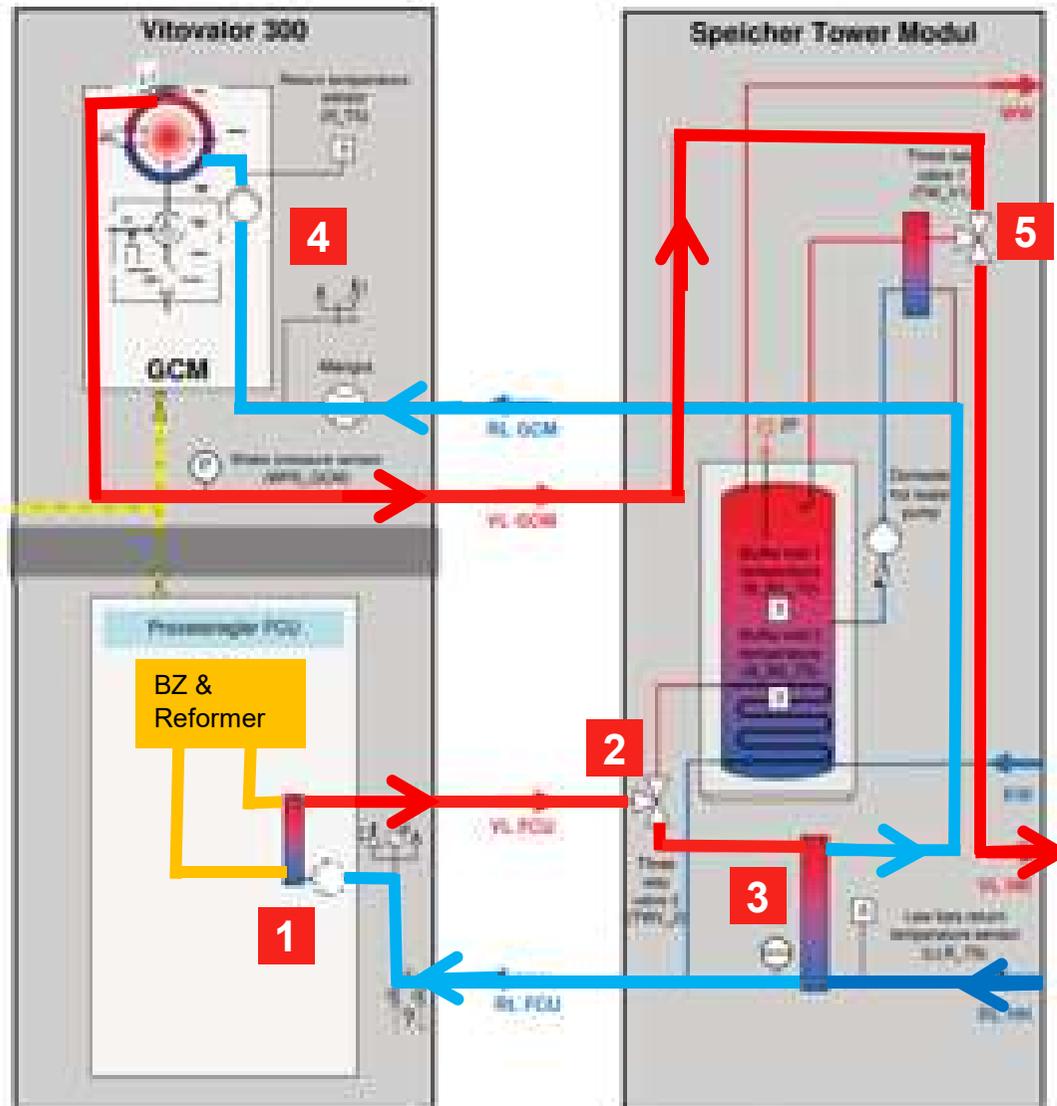
Hydraulischer Kreisläufe



- Brennstoffzellenkreislauf (DI-Wasser)
 - Heizkreis (Wasser nach VDI 2035)
 - Trinkwasserkreislauf
 - Interner Kreislauf
- 1** Die Brennstoffzelle benötigt Wasser mit geringer elektrischer Leitfähigkeit → deionisiertes Wasser

Vitovator PT2

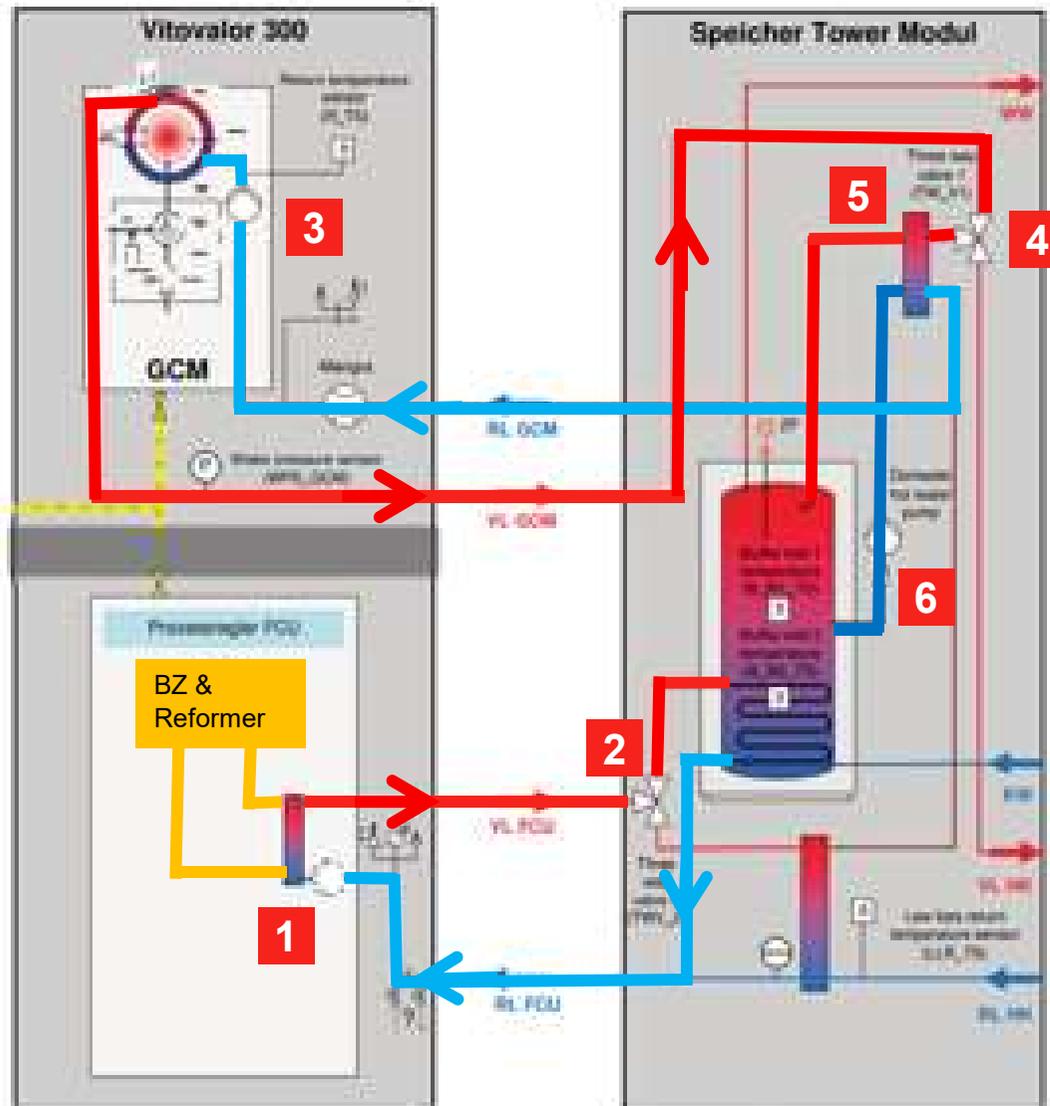
Hydraulischer Aufbau – Funktion Versorgung der Heizkreise



- 1 Brennstoffzellenstack gibt Wärme über internen PWT ab
- 2 Umschaltventil auf Stellung Heizkreis
- 3 Rücklaufwasser der Anlage wird über PWT vorgewärmt
- 4 Vorgewärmtes Heizungswasser wird im GWG auf gewünschte Temperatur angehoben
- 5 Umschaltventil auf Stellung Heizkreis

Vitovvalor PT2

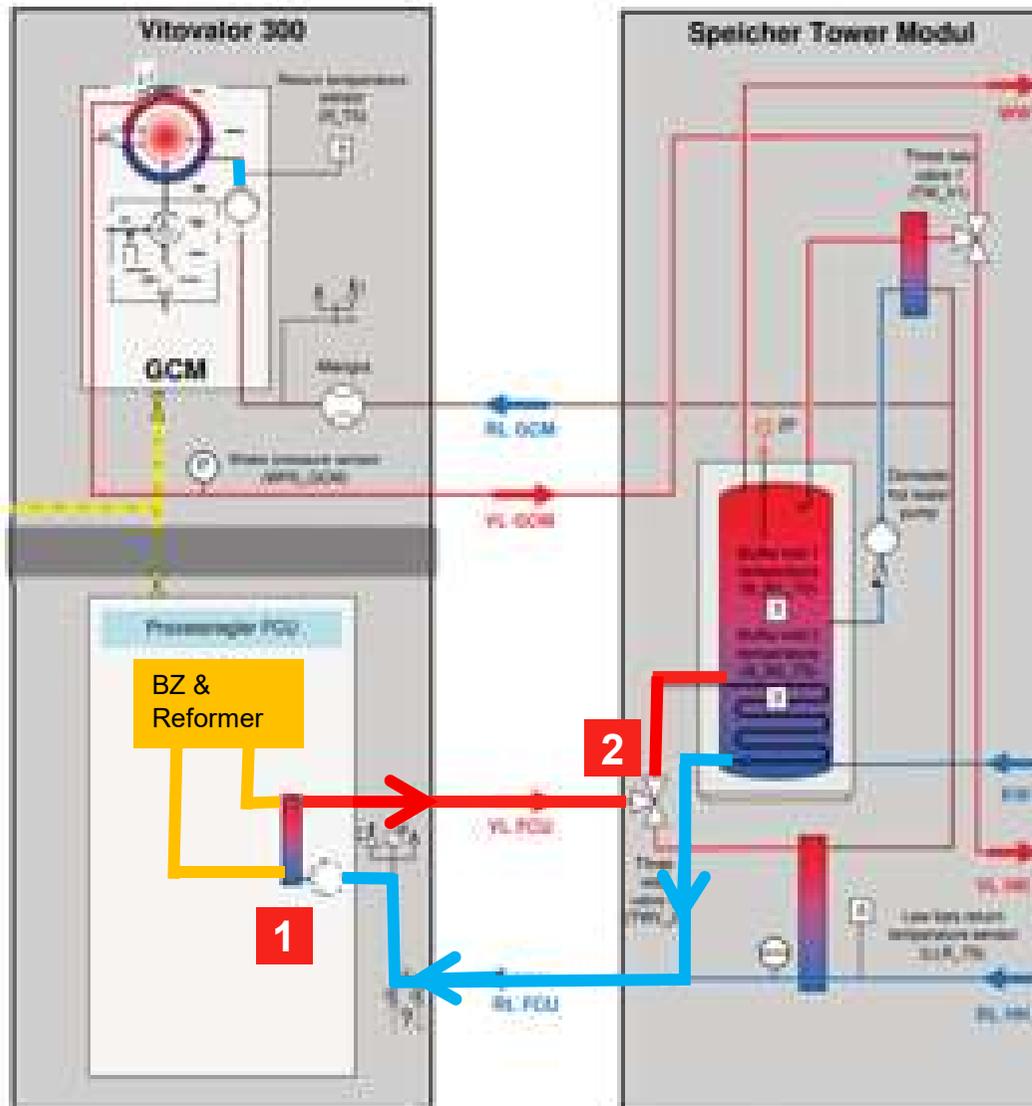
Hydraulischer Aufbau – Funktion Trinkwasserbereitung



- 1** Brennstoffzellenstack gibt Wärme über internen PWT ab
- 2** Umschaltventil auf Stellung WW
- 3** GWG fährt auf eingestellten WW Sollwert
- 4** Umschaltventil auf Stellung WW
- 5** PWT überträgt Wärme auf Trinkwasser
- 6** SLP

Vitovator PT2

Hydraulischer Aufbau – Funktion Speicherladung (0 Abnahme Heizkreis)



- 1 Brennstoffzellenstack gibt Wärme über internen PWT ab
- 2 Umschaltventil auf Stellung WW

Beistellgerät ab 2019 (Vitovalor PA2)

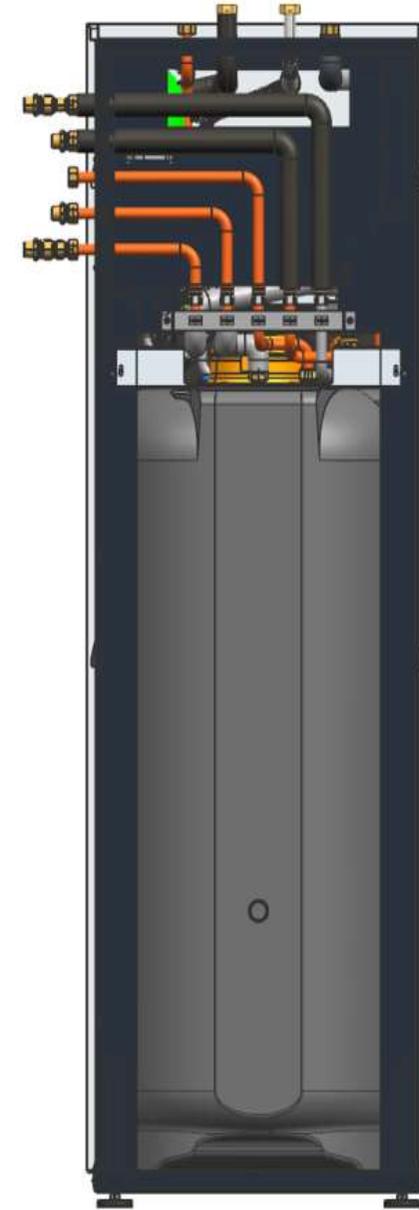


Beistellgerät

Typ PA2

1,1 kW therm / 750 W

Heizkreis VL
Warmwasser
Zirkulation
Kaltwasser
Heizkreis VL



Vitovator PA2

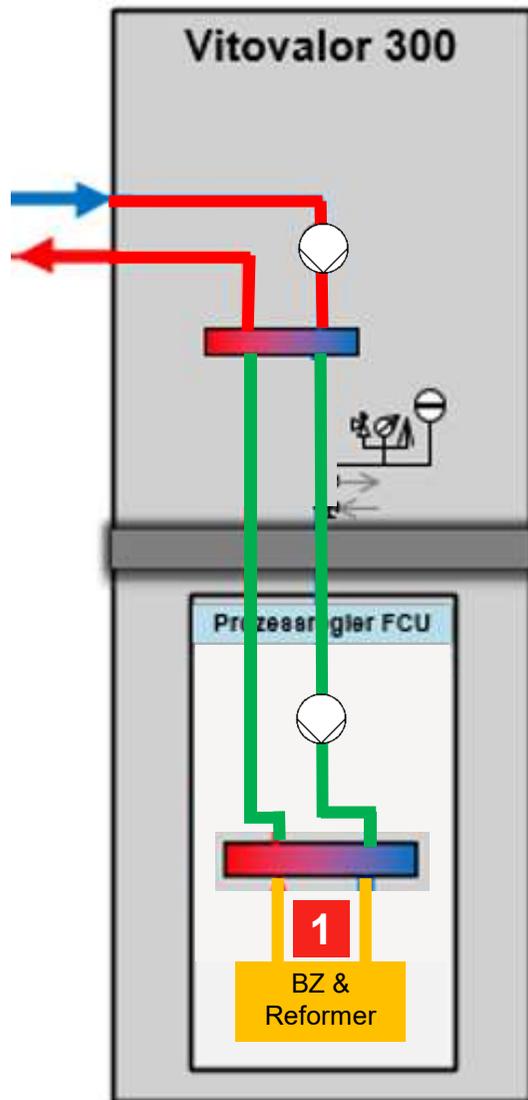
Technische Daten



- 1 Abgasanschluss
- 2 Ausdehnungsgefäß interner Kreislauf
- 3 Hauptschalter mit Energiezähler
- 4 Regelung (HMU)
- 5 Pumpe Pufferspeicher
- 6 Plattenwärmetauscher Systemtrennung
- 7 Brennstoffzellenstack
- 8 Reformer
- 9 Wechselrichter

Vitovator PA2

Hydraulischer Aufbau

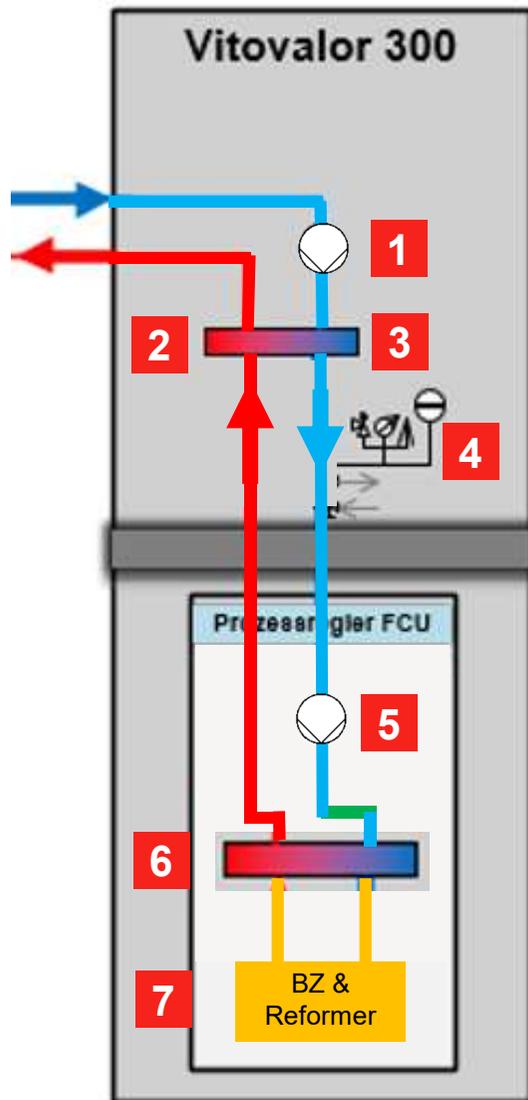


- Brennstoffzellenkreislauf (DI-Wasser)
- Heizkreis (Wasser nach VDI 2035)
- Interner Kreislauf

1 Die Brennstoffzelle benötigt Wasser mit geringer elektrischer Leitfähigkeit
→ deionisiertes Wasser

Vitovator PA2

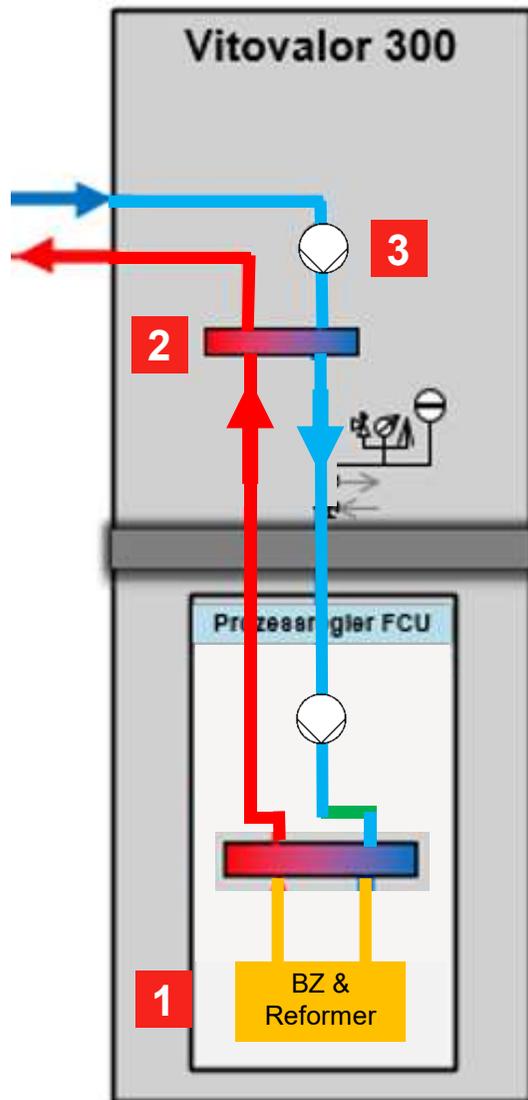
Hydraulischer Aufbau



- 1 Pumpe Pufferkreislauf
- 2 Wärmetauscher Pufferkreislauf
- 3 Wärmetauscher Systemkreislauf
- 4 Sicherheitsgruppe Systemkreislauf
- 5 Pumpe Systemkreislauf
- 6 Wärmetauscher Brennstoffzellenstack
- 7 Brennstoffzellenstack

Vitovator PA2

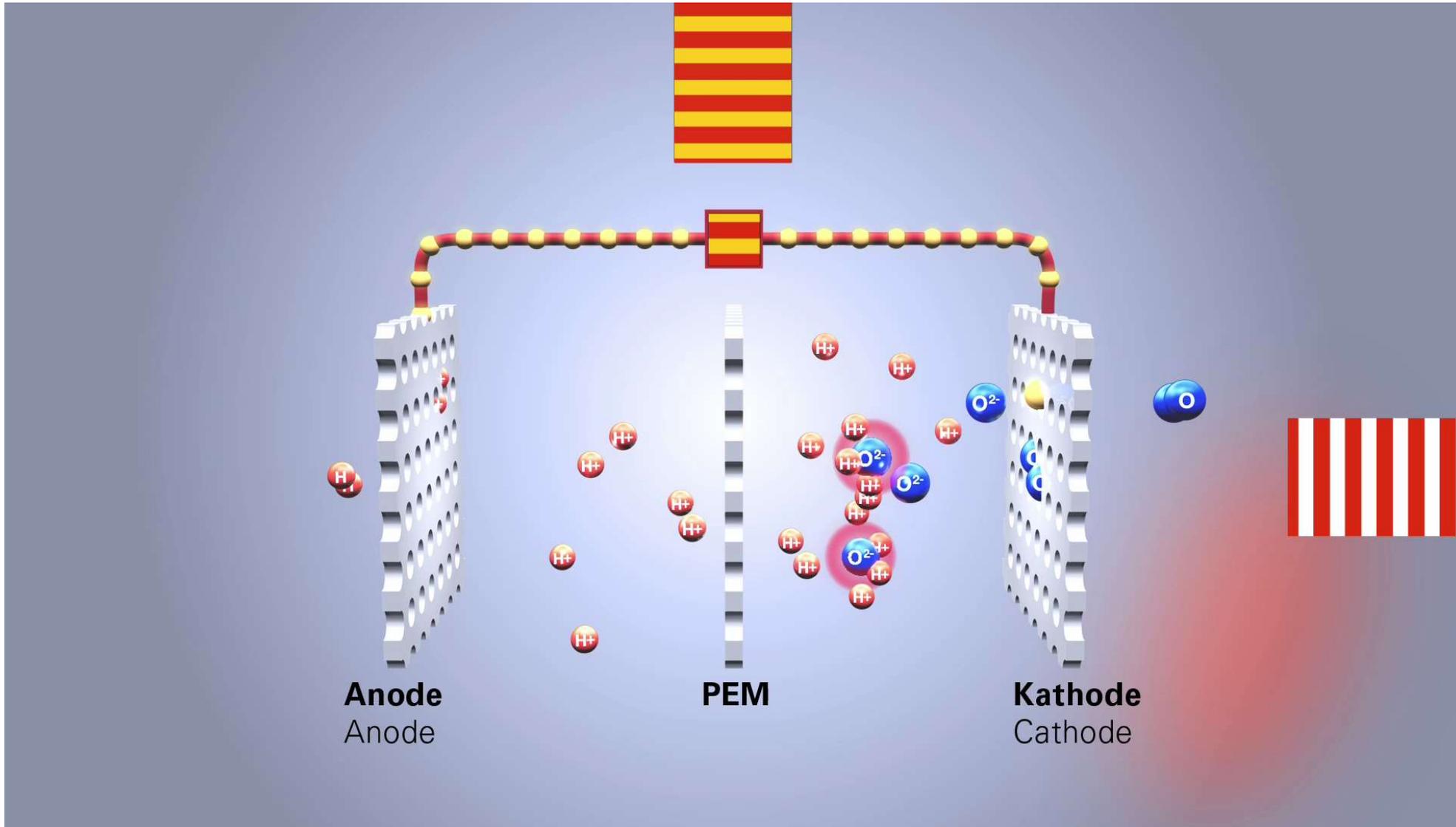
Hydraulischer Aufbau



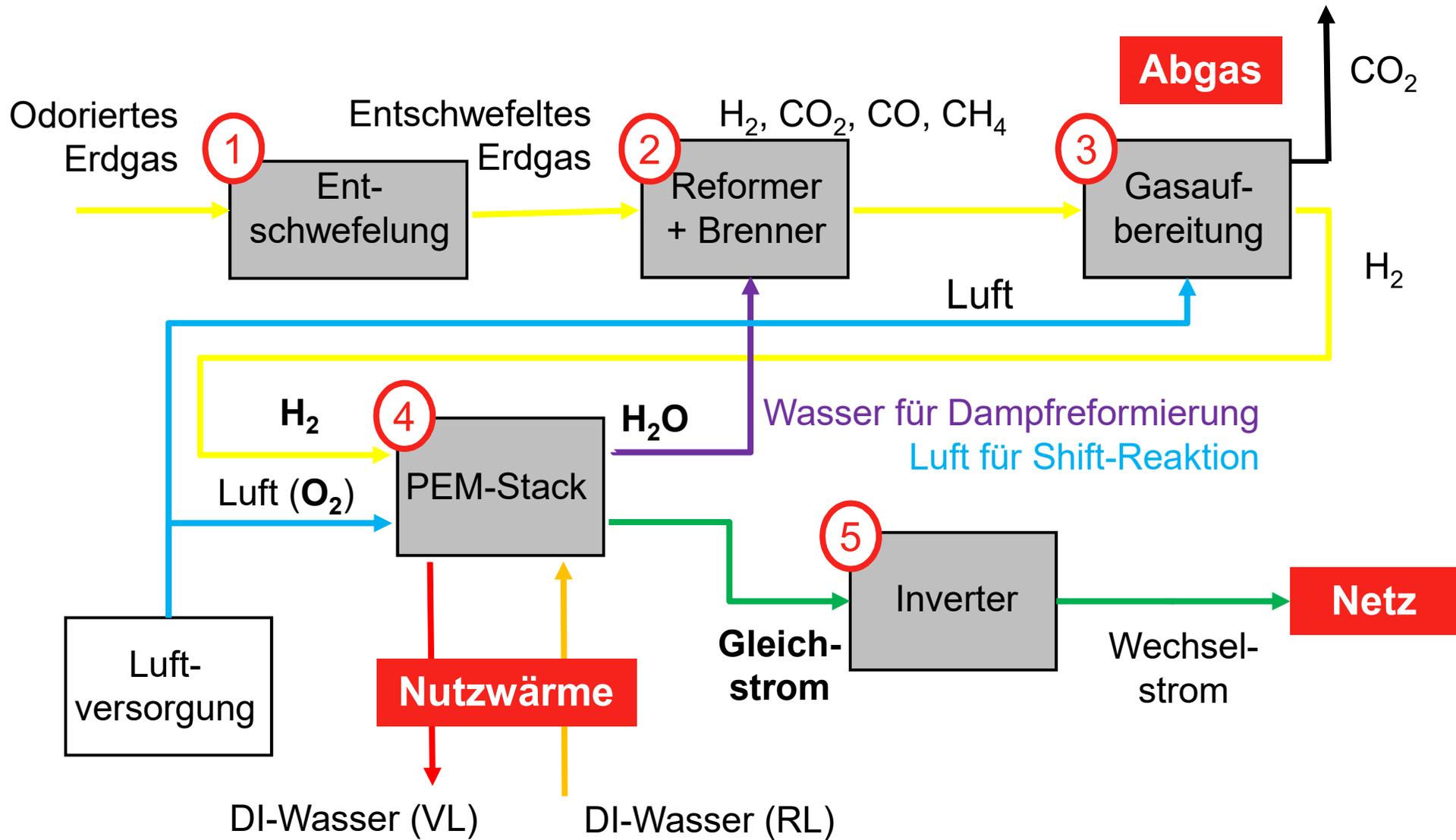
- 1** Brennstoffzellenstack gibt Wärme über internen PWT ab
- 2** Wärme wird über internen Kreislauf an den Wärmetauscher Systemkreis übertragen
- 3** Interne Pumpe versorgt den Pufferkreislauf mit Wärme

Prinzip PEM- Brennstoffzelle

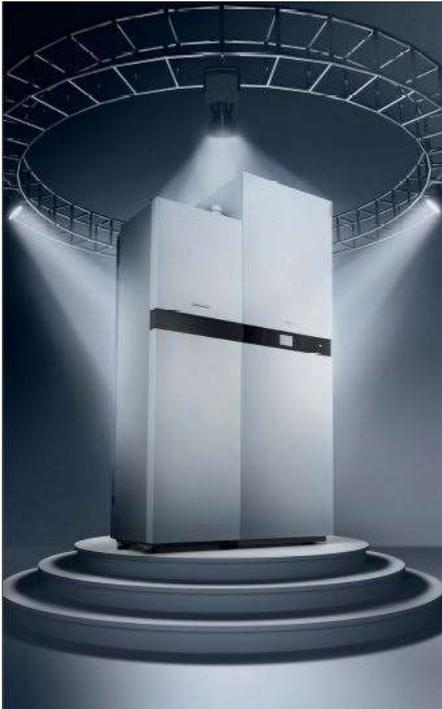
Darstellung der Vorgänge in einem Stack: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$



Funktion PEM, Ablaufschema Brennstoffzellenmodul

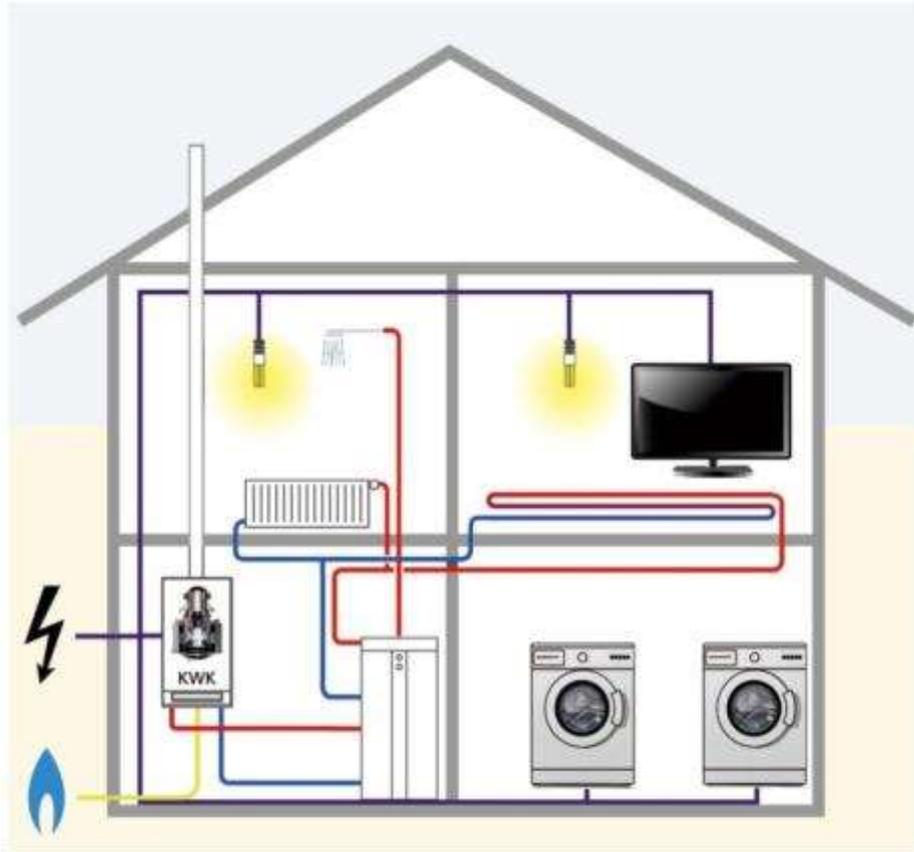


weitere Informationen



- Erstes Brennstoffzellen-Heizgerät als Gesamtsystem
- Bewährtes Brennstoffzellenmodul
(seit 2009 über 52.000 Panasonic Anlagen in Japan, Stand 01/2015)
- Integrierte Zähler
- Einfache Einbringung und kurze Montagezeiten
- Bis zu 36% Primärenergieeinsparung/ Bsp. EFH 22%
- Bis zu 50% weniger CO₂-Emissionen/ Bsp. EFH 40%
- Abruf der Daten Tablet-PC/ Smartphone
- Nutzung von hohen Fördermitteln

Warum Brennstoffzelle?



- zukunftsweisendes Heizsystem
- Primärenergie-Einsparung
- CO₂-Einsparung, Klimaschutz
- Erfüllung E(E)WärmeG
- Reduzierung Stromkosten

Förderung

KfW 433 (auch 2020)

- | | |
|--|---|
| - Grundförderung | 5.700 € |
| - Zusatzförderung | 3.600 € (450 €/ 100 W _{el}) |
| | ----- |
| | 9.300 € |
|
 | |
| - max. Anteil förderfähiger Kosten
(Brennstoffzelle, Spitzenlast, Wartung 10a, Experte) | 40% (Invest für max. Förderung= 23.250 €)
brutto |
| - KWKG bleibt unberührt | |
| - keine Kumulierung mit andere Förderprogrammen | |

KWKG

- | | |
|---|---------|
| - Einmal Förderung Strom
(oder 8/4 Cent/ kWh Einspeisung/ Selbstnutzung) | 1.800 € |
|---|---------|

Kosten

- Invest, inkl. MWSt	27.000 € (Beistellgerät, Puffer 26.000 €)
- Förderung	- <u>9.300 €</u>
	17.700 € (Beistellgerät, Puffer 16.700 €)
- Gas Mehrverbrauch rel.	ca. 13%
- Gas Mehrverbrauch	ca. - 100 €
- Ertrag	<u>ca. 800 €</u>
	700 €
- Wartung 1a, 5a, 10a	500 €/a (inkl. 10a Garantie)
- abz. sowieso Wartung Gaswandgerät	- <u>150 €/a</u>
	350 €/a (Anteil BZ)
- Vorteil gesamt	350 €/a (Wartung Viessmann)

Wartungsmaterialkosten (5a)

- DI- Wasser 5ltr	6 €
- DI- Wasser Patrone	388 €
- Luftfilter	263 €
- Luftfilter B	65 €
- CO Sensor	565 €
- Brenngas Sensor	<u>140 €</u>
	1.427 €
- Alternativ Paket 5a Wartung	575 €
- Wartung 2,5 h (5a)	150 €
- Wartung 10a (2x5a)	150 €/a (durch Heizungsbauer)

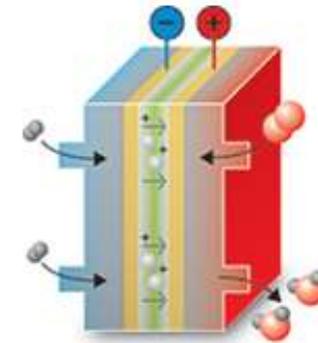
EEWärmeG

2018 PT2		1,1 kWth					Wärme ges. kWh/a	Anteil Wärme %	Anteil RES %	Hinweis
Basis 25 W/m ²	Heizlast	WE	WW Last	Heizleistung	Wärmeertrag BZ					
m ²	kW	St.	kWØ	kW	kWh/a					
100	2,5	1,0	0,9	3,4	4698	6785	69%	20%	PT2	
125	3,1	1,2	1,1	4,2	5114	8543	63%	19%	PT2	
138	3,4	1,3	1,2	4,6	5323	9422	61%	18%	PT2	
150	3,8	1,5	1,3	5,1	5531	10301	58%	17%	PT2	
200	5,0	1,9	1,7	6,7	6364	13816	46%	14%	PT2+ Bio10	
300	7,5	2,8	2,5	10,0	8030	20848	39%	11%	PT2+ Bio10	
400	10,0	4,2	2,5	12,5	8030	28392	28%	8%	PT2+ Bio10	
500	12,5	5,6	2,8	15,3	8030	35936	22%	7%	PT2+ Bio10	
600	15,0	7,0	3,5	18,5	8030	43480	18%	5%	PA2+ Vitodens+ Bio10	
700	17,5	8,3	4,1	21,6	8030	50894	16%	5%	PA2+ Vitodens+ Bio10	
800	20,0	9,5	4,7	24,7	8030	58215	14%	4%	PA2+ Vitodens+ Bio10+ x	

EWärmeG

2018 PT2		1,1 kWth					Soll EWärmeG kWh/a	Anteil RES %	Hinweis
Basis 70 W/m ²	Heizlast	WE	WW Last	Heizleistung	Stromertrag BZ				
m ²	kW	St.	kWØ	kW	kWh/a				
100	7,0	1,0	0,9	7,9	3.953	1.500	40%	PT2	
200	14,0	1,9	1,7	15,7	4.714	3.000	24%	PT2	
300	21,0	2,8	2,5	23,5	5.475	4.500	18%	PT2	
400	28,0	4,2	3,8	31,8	5.475	6.000	14%	PA2+ Vitodens+ Bio10	
500	35,0	5,6	5,0	40,0	5.475	7.500	11%	PA2+ Vitodens+ Bio10	
600	42,0	7,0	6,3	48,3	5.475	9.000	9%	PA2+ Vitodens+ Bio10	
700	49,0	8,3	7,4	56,4	5.475	10.500	8%	PA2+ Vitodens+ Bio10	
800	56,0	9,5	8,5	64,5	5.475	12.000	7%	PA2+ Vitodens+ Bio10	
900	63,0	10,6	9,6	72,6	5.475	13.500	6%	PA2+ Vitodens+ Bio10	
1000	70,0	11,8	10,6	80,6	5.475	15.000	5%	PA2+ Vitodens+ Bio10	

Gesamtüberblick über Mikro-KWK Technologien



	Verbrennungsmotor	Stirlingmotor	Brennstoffzelle
Gesamtwirkungsgrad:	< 90 %	> 95 %	> 90 %
Elektrischer Wirkungsgrad:	< 30 %	< 20 %	> 30 %
Teillastverhalten:	Mittel	Gut	Gut
Stand der Technologie:	Bewährt	Serienproduktion	Serienproduktion
Wartungsaufwand:	Hoch	Niedrig	Mittel

Typen von Brennstoffzellen

Brennstoffzellentyp	Betriebstemperatur	Einsatzgebiet
Festoxid-BZ (SOFC)	750 – 1000°C	Dezentrale Strom- und Wärmeezeugung, Kraftwerke (KWK)
Schmelzkarbonat-BZ (MCFC)	550 – 650°C	Kraftwerke (KWK)
Phosphorsäure-BZ (PAFC)	180 – 220°C	Kraftwerke (KWK)
Direktmethanol-BZ (DMFC)	20 – 130°C	Portable Anwendungen, Fahrzeuge
Alkalische Brennstoffzelle (AFC)	20 – 100°C	Raumfahrt, Militär
Polymerelektrolytmembran-BZ (PEMFC)	(NT-PEM) 0 – 90°C (HT-PEM) 120 – 180°C	Mobile Anwendungen, dezentr. Strom- und Wärmeezeugung

Zunehmende Betriebstemperatur

PEM + SOFC Brennstoffzellentypen werden hauptsächlich im Mikro KWK-Bereich eingesetzt

PEM vs SOFC

Gegenüberstellung der stationären Brennstoffzellentypen

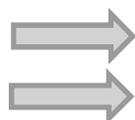
Der Stack (Brennstoffzellenstapel) ist das Herzstück des Brennstoffzellenheizgeräts Vitovalor 300-P



Brennstoffzellenmodul – hier als Schnittbild mit Blick auf den Brennstoffzellenstapel im Innern

PEMFC vs. SOFC

	PEMFC	SOFC
Energieträger	H ₂ (direkt oder aus Reformierung)	H ₂ (direkt oder aus Reformierung)
Betriebstemperatur	60–90 °C	700–1000 °C
Reformierung notwendig	ja	nein
Gasreinigung	ja	nein
Wirkungsgrade	30–40 %	< 40 %
Start-Stopp-Zyklen	keine Einschränkung	stark begrenzt (10/Jahr)
Anlaufzeit	< 1 h	mehrere Stunden bzw. Tage
Dynamisches Verhalten	schnelle Lastwechsel möglich	mäßig bis schlecht



Hexis

Galileo 1000 N

- Produktmerkmale
 - 1 kW elektrisch, 1,8 kW thermisch
 - SOFC Brennstoffzelle
 - Elektrischer Wirkungsgrade 35 %, Gesamtwirkungsgrad 95 %
 - Kompaktgerät inkl. 20 kW Spitzenlast
 - Preis ca. 22.000 € ohne Puffer und ohne WWB (ab 2018 Vitovalor 300-S)
 - ab 2013 im regional begrenzten Markt verfügbar
- auch bei L-Gas-Gebiet
- auch Rücklauftemperaturen > 40 °C
- Kundenzielgruppe
 - „großes“ Einfamilienhaus



Übersicht Mikro KWK



Vitovalor 300-P
Brennstoffzelle



Hexis Gallileo
Brennstoffzelle



Vitotwin
Stirlingmotor



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

