

Technik-Check Wasserstoff-BHKW

Technologie und Innovation für
dezentrale, klimaneutrale Energiekonzepte

Die Energiewende verändert das Energiesystem. Zentrale Großkraftwerke werden zukünftig auch durch dezentrale, kleinere Energieanlagen unterstützt. Bis 2045 soll das Energiesystem klimaneutral, d. h. ohne verstärkenden Einfluss auf den Klimawandel, funktionieren. Gelingen soll dies durch den massiven Ausbau von Wind- und PV-Anlagen, abgesichert durch Speicher und Spitzenlastkraftwerke, so genannte Peaker.

In Zeiten, in denen nicht ausreichend Wind- und Solarenergie zur Verfügung steht, werden zuerst die heute schon existierenden und zum Teil umfangreich auszubauenden Wasserkraft-, Biogas-, Biomethan- und Stromspeicheranlagen zugeschaltet. Erst wenn das Erreichen von deren Leistungsgrenze droht, werden die Peaker zugeschaltet. Dieser Moment ist erreicht, wenn die Netzfrequenz von 50 Hz absehbar um mehr als 0,02 Hz unterschritten würde. Denn dann müssen instantan Kapazitäten aktiviert und zügig hochgefahren werden können, um das Stromnetz wieder zu stabilisieren.

Blockheizkraftwerke (BHKW) füllen diese Funktion der Stabilisierung optimal aus. Seit Jahrzehnten sind sie in Gebäuden, Stadtwerken und Industrieanlagen erfolgreich im Einsatz. Sie konnten mit ihren gasbasierten Antrieben vielerorts die emissionsintensive Kohle ersetzen und dabei mit ihren hohen Gesamtwirkungsgraden von über 90 % punkten. Allerdings werden diese BHKW meistens mit Erdgas, das bis 2045 aus dem System gestrichen werden soll, betrieben.

Diese Broschüre hat zum Ziel, die viel diskutierten Änderungen an BHKW, die zur Umstellung auf einen zukünftig klimaneutralen Betrieb mit Wasserstoff nötig werden, zu prüfen und darüber hinaus verständlich und nachvollziehbar zusammen zu stellen. Denn Wasserstoff wird in vielen wissenschaftlichen Studien noch weit vor Biogas/Biomethan eine zentrale Rolle im zukünftigen Energiesystem zugerechnet.



Energiewende

klimaneutral
dezentrale, kleinere Energieanlagen

Wind- und PV-Anlagen

Wasserstoff
Speicher

BHKW

Aufbau und Funktion eines BHKW

Ein BHKW wandelt die in einem Kraftstoff chemisch gebundene Energie in nutzbare elektrische und thermische Energie um. Weil diese Umwandlung immer gleichzeitig, also gekoppelt, erfolgt, wird der Prozess als Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet.

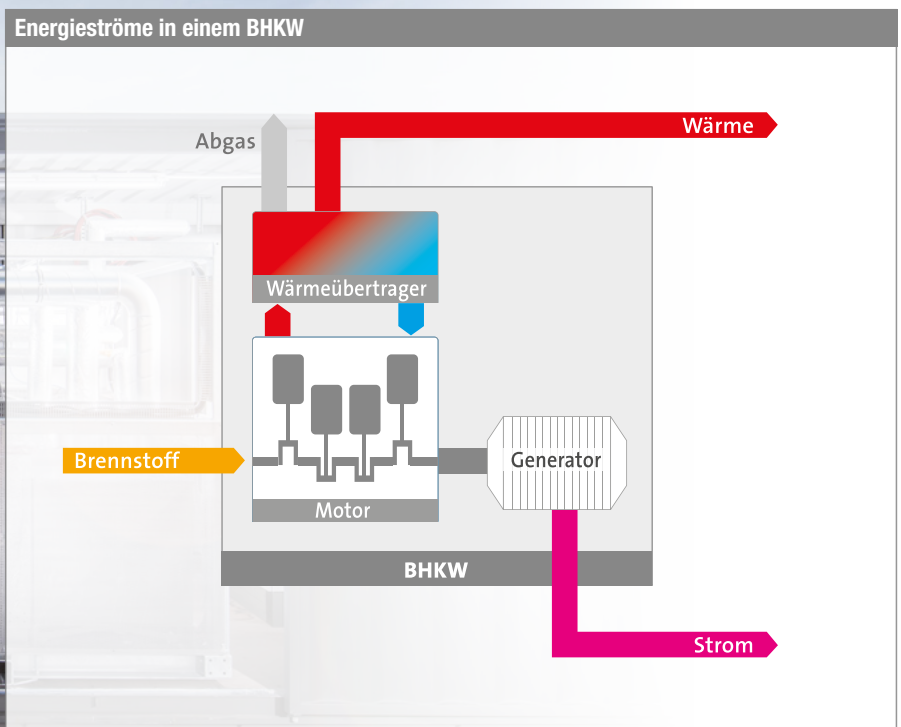
Gasmotorische BHKW bestehen im Kern stets aus vier Grundkomponenten:

- | [Verbrennungsmotor](#)
- | [Generator](#)
- | [Wärmeauskopplung/-übertragung](#)
- | [Steuerungselektronik](#)

Der Brennstoff wird im Verbrennungsmotor in flüssiger Form, z. B. als Diesel, Benzin oder LPG, oder in gasförmiger Form, z. B. als Erdgas, Biogas oder Wasserstoff, eingesetzt. Mit der Zündung findet eine Energieumwandlung statt, indem die chemische Energie des Brennstoffs in rund $\frac{1}{3}$ kinetische Energie (Bewegung von Kolben und Wellen) und $\frac{2}{3}$ thermische Energie (Wärme in Abgas und Kühlwasser) überführt wird.

Gasförmige Kraftstoffe haben gegenüber flüssigen und vor allem festen Kraftstoffen den grundlegenden Vorteil geringerer klimaschädlicher Emissionen, weil in ihnen der Wasserstoffanteil im Vergleich zum Kohlenstoff deutlich größer ist. Bei der Nutzung von reinem Wasserstoff laufen BHKW dann nahezu frei von klimaschädlichen Emissionen.

Dieser mindestens klimaneutrale Betrieb erfordert allerdings Anpassungen am BHKW. Denn die Brenneigenschaften von Wasserstoff unterscheiden sich so deutlich z. B. von Methan, dem Hauptbestandteil von Erdgas und Biogas, dass der neue Brennstoff nicht ohne weiteres eingesetzt werden kann.



Freier Wasserstoff ist in der Natur sehr selten. In der Erdatmosphäre kommt er nur in Spuren vor, die Vorkommen in der Erdkruste werden aktuell untersucht. In chemischer Verbindung mit anderen Elementen ist Wasserstoff auf der Erde jedoch weit verbreitet.

Wasserstoff ist das kleinste aller chemischen Elemente und gleichzeitig das leichteste Gas. Der Siedepunkt von Wasserstoff liegt bei -253 °C . Wasserstoff hat im Vergleich zu anderen Energieträgern die höchste massenspezifische, aber gleichzeitig auch die geringste volumenspezifische Energiedichte. Weitere Kriterien von Wasserstoff sind:

- | ungiftig und nicht ätzend oder reizend
- | umweltneutral, nicht wassergefährdend
- | geruchslos
- | geschmacksneutral
- | unsichtbar, verbrennt mit unsichtbarer Flamme
- | flüchtig, leichter als Luft
- | wirkt auf einige Materialien versprödhend
- | nicht korrosiv
- | nicht radioaktiv
- | nicht krebserregend

Stoffdaten Wasserstoff	
Siedetemperatur (T_S)	$-252,77\text{ °C} = 20,39\text{ K}$
Schmelztemperatur (T_{Sch})	$-258,60\text{ °C} = 14,40\text{ K}$
Flüssigdicthe (20,3 K; 1 bar)	70,79 g/l
Gasdicthe (20,3 K; 1 bar)	1,34 g/l
Gasdicthe (273,15 K; 1 bar)	0,0899 g/l
Molekular-Gewicht (M)	2,016 g/mol
Heizwert (H_i)	3 kWh/m ³ bzw. 10,8 MJ/m ³
Brennwert (H_b)	3,54 kWh/m ³ bzw. 12,57 MJ/m ³
Unterer Wobbe-Index	11,361 kWh/m ³ bzw. 40,898 MJ/m ³
Oberer Wobbe-Index	13,428 kWh/m ³ bzw. 48,340 MJ/m ³
Verdampfungswärme	445,4 kJ/kg
Spezifische Wärmekapazität	$c_p = 14,199\text{ J/kg/K}$ bzw. $c_v = 10,074\text{ J/kg/K}$
Zündgrenzen in Luft	untere 4,0 Vol.-% obere 75,0 Vol.-%
Detonationsgrenzen in Luft	untere 18,3 Vol.-% obere 59,0 Vol.-%
Selbstentzündungs-Temperatur	585 °C
Minimale Zündenergie in Luft	0,02 mJ
Max. Verbrennungstemperatur in Luft bei 29 % H ₂	2.318 °C
Max. Verbrennungstemperatur mit reinem Sauerstoff bei 29 % H ₂	> 3.000 °C
Max. Flammgeschwindigkeit	346 cm/s
Atomarer Wasserstoffgehalt in Wasser	11,2 Gew.-%

Wasserstoff vs. Erdgas

Der offensichtlichste Unterschied zwischen Wasserstoff und Erdgas ist die Abwesenheit von Kohlenstoff im Wasserstoff. Beim Einsatz von Erdgas wird dessen Kohlenstoff als Kohlenstoffdioxid (CO₂) frei, während beim Einsatz von Wasserstoff nur klimaneutraler Wasserdampf (H₂O) entsteht.

Bei einem detaillierten Blick wird aber deutlich, dass Wasserstoff über einige von Erdgas abweichende Eigenschaften verfügt, die teilweise Anpassungen an der Gerätetechnik erforderlich machen.

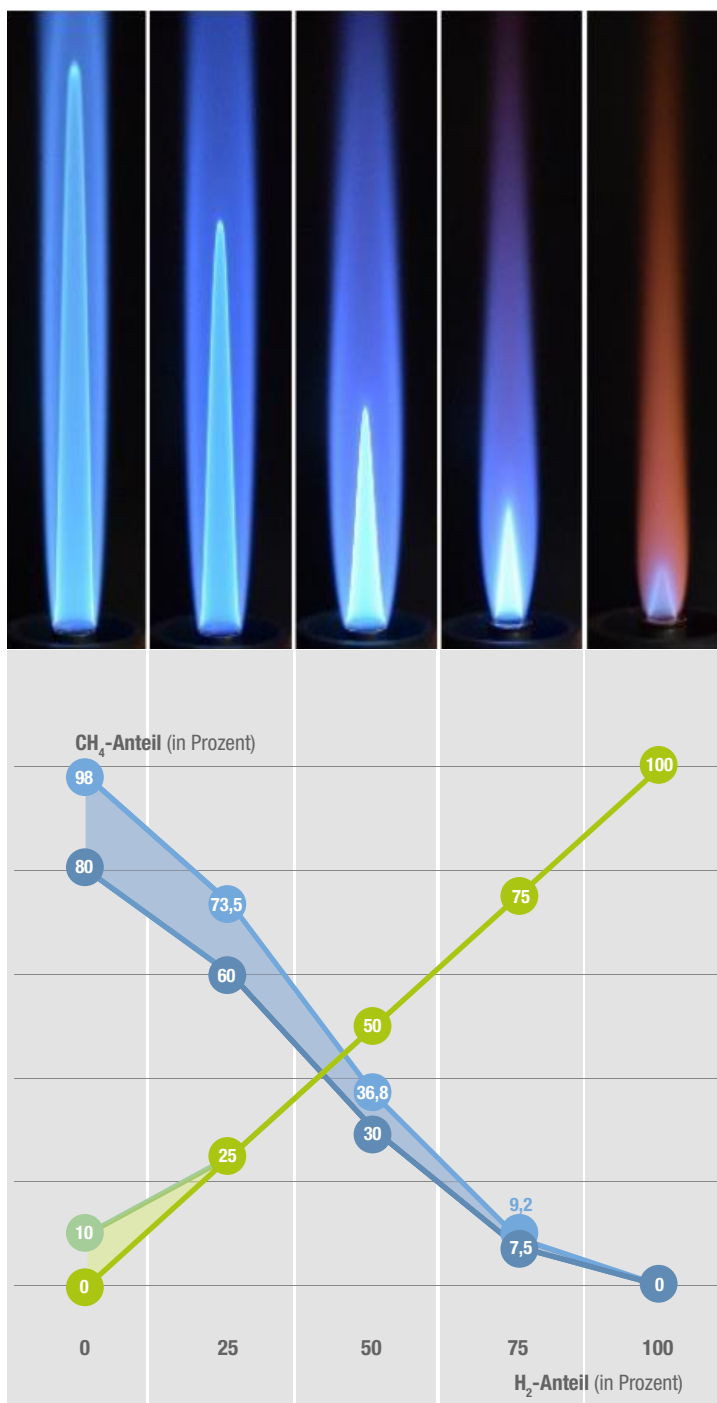
Beim Verbrennen ist z. B. die **laminare Verbrennungsgeschwindigkeit**¹ von Wasserstoff mit bis zu 209 cm/s um ca. 170 cm/s größer als die von Methan. Hierdurch entsteht die Gefahr eines Flammenrückschlags z. B. in Leitungen der Brennstoffzufuhr, weswegen z. B. Zündung und/oder Geometrie des Brennraums für eine optimale Verbrennung angepasst werden müssen.

Auch die **adiabate Flammentemperatur**² ist bei der Verbrennung von Wasserstoff mit mehr als 2.100 °C etwa 150 °C größer als bei Erdgas – Wasserstoff verbrennt heißer als Erdgas. Für eine lange Lebensdauer müssen daher einzelne Bauteile aus anderen Werkstoffen hergestellt werden.

Die **Zündgrenzen** von Wasserstoff in Mischung mit Luft umfassen mit 4 bis 75 % einen deutlich weiteren Bereich, als die 4 bis 17 % von Erdgas. Seine geringe (Norm-) Dichte von 0,09 kg/m³ ist die kleinste aller bekannten Elemente, was in einer hohen Flüchtigkeit resultiert. Damit ist die Bildung explosionsfähiger Gemische von Wasserstoff mit Luft im Fall einer Leckage trotz der weiten Zündgrenzen sehr unwahrscheinlich. Allerdings entstehen durch die geringe Dichte materialtechnische Herausforderungen, vor allem an Dichtungen und anderen Bauteilen mit Kontakt zum Brennstoff.

1) Die laminare Verbrennungsgeschwindigkeit ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer ebenen, stationären Flammenfront relativ zum unverbrannten Gasgemisch, wenn die Strömung laminar (also ohne Turbulenzen) ist.
2) Die adiabate Flammentemperatur ist die maximal mögliche Temperatur, die sich bei der vollständigen Verbrennung eines Brennstoff-Luft- oder Brennstoff-Sauerstoff-Gemisches einstellen kann, wenn keine Wärme an die Umgebung verloren geht (adiabat = ohne Wärmeübertragung).

Mischungsverhältnis Erdgas H mit 80 bis 98 % CH₄ und maximal 10 % H₂ (gemäß DVGW G260) mit Wasserstoff bei Flammenversuchen



Quelle: Universität Duisburg-Essen

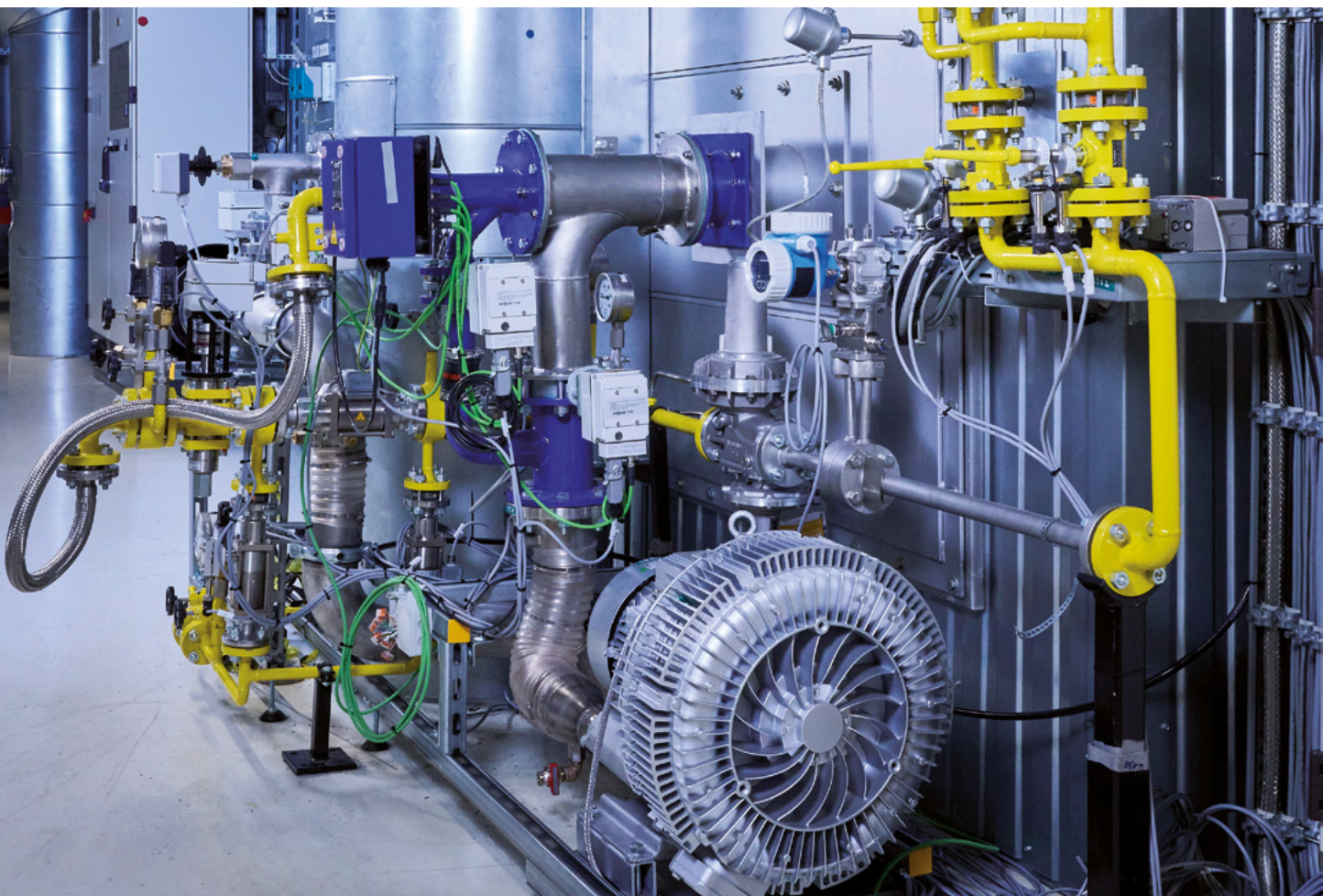
Wasserstoff-BHKW: Die technischen Anpassungen

Bei der Auslegung der Komponenten des BHKW sind eine hohe Leistungsdichte und die Effizienz des Verbrennungsmotors zentrale Eigenschaften. Denn dadurch wird ein hoher Umwandlungsgrad in die höherwertige, elektrische Energie gewährleistet. Weitere wichtige Eigenschaften sind die Ausfallsicherheit und eine hohe Dauerhaltbarkeit, um einen fehlerfreien Betrieb und lange Wartungsintervalle zu ermöglichen.

Es gibt zwei grundsätzliche Herangehensweisen bei der Umstellung auf Wasserstoff: Die **Umrüstung** eines bestehenden Motors oder der **Neuentwurf**.

Für die Umrüstung spricht der im Vergleich zur Neuanschaffung reduzierte finanzielle und zeitliche Aufwand. Man nimmt allerdings in Kauf, dass der eigentliche Motor auf einen anderen Brennstoff optimiert wurde, so dass der elektrische Wirkungsgrad um bis zu 10 % sinken kann. Der Grund dafür liegt in der geringen Dichte von Wasserstoff, welcher bei der für Erdgas üblichen, außerhalb des Motors durchgeführten Mischung des Brennstoffs mit Luft die für die Verbrennung benötigte Ansaugluft verdrängt.

Einen Mittelweg zwischen Umrüstung und Neuentwurf stellt ein mechanischer Eingriff ist das Motorgehäuse dar, bei dem H₂-geeignete Injektoren in neu erstellten Bohrungen montiert werden. Dagegen kann ein technischer Neuentwurf mit all seinen Bauteilen von vornherein vollständig auf Wasserstoff ausgelegt werden und damit die höchsten Wirkungsgrade erreichen.



Für die Marktakzeptanz ist es bei allen drei Herangehensweisen wichtig, dass sich die grundlegenden Leistungs-, Kosten- und Wartungscharakteristiken nicht zu sehr von den Eigenschaften klassischer BHKWs unterscheiden. Dazu zählen die maximale elektrische und thermische Leistung, der Gesamtwirkungsgrad, der Platzbedarf, die Kosten pro kW, die Betriebskosten und weitere Faktoren wie Dauerhaltbarkeit, Betriebssicherheit und Laufruhe.

Auch beim BHKW-Betrieb mit Wasserstoff müssen Bestandteile des Abgases überwacht werden. Denn neben Wasserdampf entstehen bei der Verbrennung im BHKW auch **Stickoxide** aus dem mit der Brennluft hinzugeführten Stickstoff. Durch eine an Wasserstoff **angepasste Brennstoffzufuhr**, z. B. einer Direkteinblasung, einer externen Aufladung oder einer geänderten Abgasnachbehandlung, lässt sich die Bildung von NO_x auf ein Minimum senken. Darüber hinaus erreichen Wasserstoff-BHKW dieselben Spitzenleistungen und sogar höhere Leistungsdichten, wie ein vergleichbares Erdgas-BHKW.

Zusätzlich zu den Änderungen innerhalb des Gasmotors muss auf die Wasserstoffverträglichkeit der restlichen **Peripherie** geachtet werden. Durch die geringe Dichte des Wasserstoffes kann es zu Wasserstoffdiffusion und zu Versprödung der eingesetzten Werkstoffe kommen. Dies wird durch die Nutzung wasserstoffverträglicher Werkstoffe, z. B. CrNi-Stähle (Edelstahl), für die medienberührten Bauteile vermieden. Des Weiteren muss eine durch zertifizierte Prüfstellen erteilte H_2 -Zulassung für die einzelnen Komponenten (z. B. Stahl-Flex-Schläuche, Injektoren oder Ventile) vorliegen.

Bei der Wartung eines Wasserstoff-BHKWs ist durch den hohen **Wasseranteil** im Abgas auf eine verstärkte Oxidation der Zündkerzen und einen erhöhten Wasseranteil im Motoröl zu achten. Darauf abgestimmt werden ungefähr den Erdgas-BHKWs entsprechende Wartungsintervalle nach Herstellerangaben in regelmäßigen Abständen durchgeführt.

Die beschriebenen Änderungsanforderungen münden in bauliche und betriebliche Anpassungen, die im Weiteren bauteilspezifisch beschrieben wird.



Bauteiländerungen für den Wasserstoffbetrieb

Wie oben beschrieben, sind für den Betrieb mit Wasserstoff Änderungen am BHKW und vor allem an den Motorkomponenten erforderlich. In diesem Kapitel legen wir die Wasserstoff-Anpassungen an spezifischen Komponenten dar.

Kraftstoffinfrastruktur: In der Regel wird die Gemischbildung stationärer Gasmotoren durch einen Venturi-Gasmischer realisiert. Hier wird der angesaugten Luftmenge immer eine entsprechende Gasmenge beigemischt. Die Leistungsregelung erfolgt wie bei Otto-Motoren üblich über eine Drosselklappe. Insbesondere im Teillastbereich ergeben sich dadurch Wirkungsgradverluste. Die weiten Zündgrenzen von Wasserstoff erlauben es dagegen, die angesaugte Luftmenge konstant zu halten und die Last über die Einblasmenge einzustellen (Qualitätsregelung*, vgl. Dieselmotor).

* Bei der Quantitätsregelung, die beim Ottomotor genutzt wird, wird die Menge des angesaugten Luft-Kraftstoff-Gemisches geregelt. Die Qualitätsregelung regelt hingegen die eingespritzte Kraftstoffmenge bei konstanter Luftmenge und wird beim Dieselmotor eingesetzt.

Die Beimischung des Wasserstoffs erfolgt nun über Injektoren, welche zur äußeren oder inneren Gemischbildung eingesetzt werden können. Die äußere Gemischbildung – z. B. Port Fuel Injection (PFI), Multi Point Injection (MPI) – stellt eine einfache und kostengünstige Variante dar. Durch die niedrigen Einblasdrücke ergibt sich zusätzlich eine effiziente Ausnutzung vorgelagerter Infrastruktur, wie Speicher und Pipelines. Im Vergleich zur inneren Gemischbildung liegt der Nachteil in einem etwas niedrigeren Wirkungsgrad und einer leicht reduzierten Leistungsdichte.



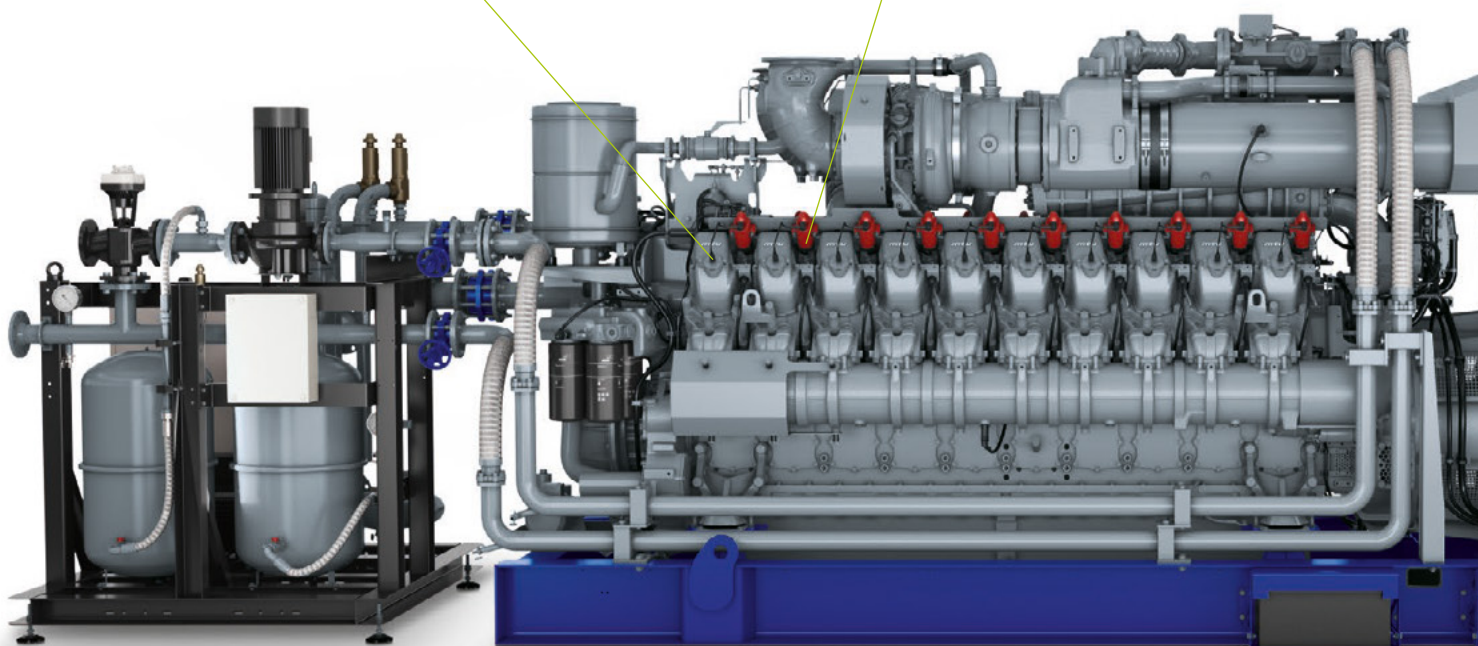
Zündanlage: Die weiten Zündgrenzen, die niedrige erforderliche Zündenergie und die hohe Verbrennungstemperatur von Wasserstoff erfordern möglichst kalte Zündkerzen*. Dadurch soll die Neigung zu Frühzündungen und Vorentflammungen vermindert werden. Weitere Änderungsmöglichkeiten sind das Verkleinern des Elektrodenabstandes oder angepasste Zündspulen.

* Der Wärmewert einer Zündkerze gibt an, wie viel Wärme die Kerze aus dem Brennraum aufnimmt und abführt und muss an die Motorleistung angepasst sein. Er sorgt dafür, dass die Zündkerze schnell ihre Mindesttemperatur erreicht, um Ablagerungen zu verbrennen und zur Vermeidung von Glühzündungen gleichzeitig nicht überhitzt. „Kalte“ Zündkerzen leiten mehr Wärme ab und passen zu leistungsstarken sowie Wasserstoff-Motoren, während „heiße“ Kerzen für weniger belastete Motoren geeignet sind.



Zylinderkopf: Die geringe Methanzahl von Wasserstoff ($MZ = 0$) kann zu einer erhöhten Klopfneigung* führen, welcher mit einer verringerten Kompression entgegengewirkt werden kann. Je nach Konzept werden auch zusätzliche Bohrungen z. B. für direkteinblasende Injektoren benötigt.

* Die Klopfneigung beschreibt, wie leicht ein Motor zu unkontrollierter Selbstentzündung während des Verdichtungsakts vor der eigentlichen Zündung neigt, abhängig von Brennraumform, Ventilstellung, Verdichtung und Kraftstoff.



Bei der inneren Gemischbildung (DI) wird der Wasserstoff während des Kompressionstaktes direkt und unter hohem Druck von bis zu 150 bar in den Zylinder eingeblasen. Es ergeben sich höhere Wirkungsgrade und entsprechende Leistungsdichten. Durch die hohen Einblasedrucke müssen allerdings die kraftstoffführenden Komponenten den Anforderungen entsprechend ausgeführt werden, was zu höheren Kosten der Gesamtanlage führt. Des Weiteren muss innerhalb eines vor dem Motor installierten Pufferspeichers für Wasserstoff ein Mindestdruck eingehalten werden, um die korrekte Kraftstoffeinblasung zu gewährleisten.

Zusammengefasst werden im Wasserstoff-BHKW der CH_4 -Gas-mischer und die Drosselklappe gegen Wasserstoffinjektoren ausgetauscht. Je nach Einblaskonzept müssen alle kraftstoffführenden Komponenten (Schläuche, Ventile, Kugelhähne etc.) auf die entsprechenden Betriebsdrücke ausgelegt werden und für die Verwendung mit Wasserstoff zugelassen sein, z.B. bei der Nutzung von Stahl-Flex-Schläuchen.



Luftzufuhr: Durch die Nutzung von Magermotorkonzepten* oder eine äußere Gemischbildung, z. B. bei PFI-Injektoren, befindet sich im Vergleich zu Erdgas anteilig mehr Luft im Wasserstoff-Luft-Gemisch. Möglichkeiten, diesen Luftbedarf zu decken, sind vergrößerte Einlasskanäle und Ventile, eine Erhöhung des Hubraums (größere Kolben und Bohrung der Zylinder) oder eine Anpassung der Motoraufladung.

* Unter Magermotorkonzepten versteht man Strategien bei Ottomotoren, mit Luftüberschuss ($\lambda > 1$) zu arbeiten. Ziele sind ein höherer Wirkungsgrad und ein geringerer Kraftstoffverbrauch, weil mehr Luft als für die vollständige Verbrennung nötig angesaugt wird. Dadurch gibt es weniger Pumpverluste und geringere Verbrennungstemperaturen.



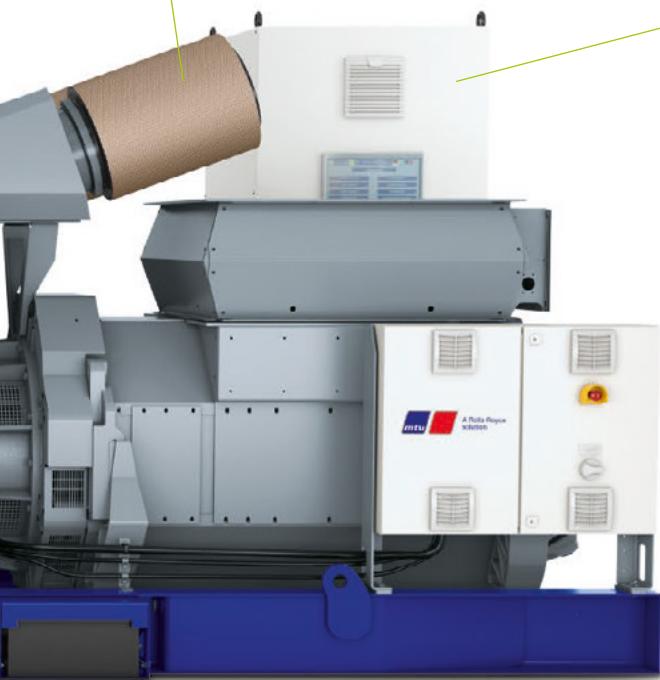
Motorsteuergerät: Übliche Erdgas-BHKW werden häufig mit relativ kompakten speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) oder einfachen Soll-Ist-Abgleichen betrieben. Für eine effiziente Anwendung von Wasserstoff sind diese Schaltungen aber zu langsam und ungeeignet. Daher werden immer mehr Wasserstoff-BHKW mit elektronischen Regeleinheiten (Electronic Control Unit – ECU) ausgerüstet, womit das Einpflegen neuer Betriebsstrategien, einer Lambdaregelung, auf Wasserstoff angepasster Zündzeitpunkte oder die Festlegung der H_2 -Einblasefenster möglich wird.



Abgasnachbehandlung: Für Anwendungen mit einer Leistungsklasse von $< 200 \text{ kW}$ werden Erdgas-BHKW üblicherweise bei einem Verbrennungsluftverhältnis von $\lambda = 1$ betrieben, wodurch 3-Wege-Katalysatoren verwendet werden können. Dabei werden Kohlenstoffmonoxid, Stickoxide und unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) in Kohlenstoffdioxid, Stickstoff und Wasser umgewandelt. Bei einem Wasserstoffmotor entfällt dagegen die Notwendigkeit, Kohlenmonoxid und HC umzuwandeln.

Durch die hohen Verbrennungstemperaturen von Wasserstoff und den Luftüberschuss bei Magermotorkonzepten kommt es aber unter bestimmten Bedingungen ($\lambda < 2,2$ bzw. $t > 2.100 \text{ K}$) zu hohen Stickoxidemissionen. Um dennoch eine Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte zu gewährleisten, müssen entweder die Spitzenleistung gesenkt oder spezielle SCR-Katalysatorsysteme* verwendet werden. Ein aus dem Automobilbereich bekanntes System ist beispielsweise das Einbringen von Harnstoff u. a. als AdBlue bekannt. Neben dem SCR-Katalysator werden dafür zusätzlich ein Harnstofftank, eine Pumpe und eine angepasste Steuergerätesoftware benötigt.

* SCR-Systeme sind eine Technik zur selektiven Reduktion von NO_x in Abgasen mittels Harnstofflösung, wodurch umweltschädliche Stickoxide in harmloses N_2 und H_2O umgewandelt werden.











© MTU

Das Marktangebot für vollständig wasserstofffähige Kleinkraftwerke bis 50 kW elektrischer Leistung ist noch klein und wird nur langsam ausgebaut. Kommerziell angebotene H₂-BHKW dieser Leistungsgröße liefern

die Hersteller SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH, RMB/Energie GmbH oder Wolf Power Systems. Bei Anwendungen über 50 kW kommen weitere Hersteller, wie die 2G Energy AG oder Jenbacher, hinzu.

Eine Übersicht ist in der abschließenden Marktübersicht zu finden. Zudem können per Scan des QR-Codes Datenblätter mit weiteren Informationen zu den jeweiligen H₂-BHKW auf den Seiten der Hersteller heruntergeladen werden.

100%-H₂-fähige BHKW's

Anbieter	Typ	Leistung [kW]			Wirkungsgrad [%]			Maße (LxBxH) [m]	Datenblätter und Infos
		elektrisch	thermisch	Gesamt	elektrisch	thermisch	Gesamt		
2G Energy AG	agenitor 404c H2	115	129	244	37,7	42,3	80	4,55 x 1,31 x 2,3	 www.2-g.com
	agenitor 406 H2	170	183	353	39	41,9	80,9		
	agenitor 408 H2	240	250	490	40,2	41,9	82,1		
	agenitor 412 H2	360	371	731	40,5	41,7	82,2		
	agenitor 416	600	581	1.181	41,1	39,8	80,9		
	avus 1000plus / agenitor 420	750	747	1.497	41,2	41	82,2		
INNIO Jenbacher GmbH & Co OG	Type 4 J412 (KWK-Modul, 50Hz) ¹⁾	749 - 934	750 - 1.114	1.499 - 2.048	bis zu 43,5	bis zu 50,3	bis zu 93,8	6 x 1,8 x 2,2	 www.jenbacher.com
	Type 4 J416 (KWK-Modul, 50Hz) ¹⁾	999 - 1.248	993 - 1.482	1.992 - 2.730	bis zu 43,7	bis zu 50,4	bis zu 94,1	6,7 x 1,8 x 2,2	
	Type 4 J420 (KWK-Modul, 50Hz) ¹⁾	1.411 - 1562	1.422 - 1.906	2.833 - 3.468	bis zu 44	bis zu 50,5	bis zu 94,5	6,7 x 2,3 x 2,5	
mtu Rolls-Royce Power Systems AG	mtu 12V4000 L641) ²⁾ (Erdgas-Variante / Umrüstung nötig) Pilotprojekt	1.523	1.507	3.030	44,3	40,8	85,1	5 x 2 x 2,3	 www.mtu-solutions.com
RMB/ENERGIE GmbH	neo Tower 2.0 - 30.0 BW ¹⁾	2 - 30	3,8 - 63,1	5,8 - 93,1	27,8 - 33,5	72,3 - 70,5	100,1 - 104	1,1 x 0,6 x 1,1 - 1,8 x 0,76 x 1,4	 www.rmbenergie.com
	neo Tower 50.0 BW ¹⁾	50	100	150	35	69,9	104,9	2,5 x 0,8 x 1,97	
	neo Tower 71.0 BW ¹⁾	71	139	210	35,3	69,2	104,5	2,98 x 0,8 x 1,95	
SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH	Dachs 2.9 ¹⁾	2,85	7	9,6	29,8	72,9	102,7	1,07 x 0,7 x 1,27	 www.senertec.de
	Dachs 5.5 ¹⁾	5,5	14,8	19,5	28,4	75,9	104,2	1,07 x 0,7 x 1,27	
Sokratherm GmbH	GG 50 - 710 ¹⁾	50 - 710	84 - 779	145 - 1.673				2,2 x 0,9 x 1,8 - 4,1 x 1,7 x 2,5	 www.sokratherm.de
	HG 320	321	412	733	39,1	50,1	89,2	3,7 x 1,5 x 2,55	
Tuxhorn Blockheizkraftwerke GmbH	W50 CSW	50	76	126	37	55	92	2,7 x 0,8 x 1,96	 www.tuxhorn-blockheizkraftwerke.de
	W100 SE	85	132	217	36	56	92	2,7 x 0,8 x 1,95	
Wolf Power Systems GmbH	WTK 50 H2GO H08	50							 www.wolf-ps.de
	in Entwicklung	250-350							

1) 100 % H₂-fähig nach Umrüstung - Die elektrische und thermische Leistung können im 100%H₂ Betrieb geringer ausfallen als hier angegeben (, da Erdgas-Referenzmodell)
 2) Erdgas Version. Pilotprojekt ist ein Typ dieser Reihe, aber umgerüstet

Mit Wasserstoff betriebene BHKW sind Teil der Energiezukunft. Seit Beginn des Hypes um das Neue Gas haben die Hersteller ihre Aggregate zunächst auf Beimischungen von mindestens 20 Vol.-% Wasserstoff getestet und ihr Angebote beinahe vollständig mit dem Label „H2ready“ gekennzeichnet. Der Betrieb mit 100 % Wasserstoff stellt an den BHKW-Betrieb aber gewisse Aufgaben, die je nach Motorengröße und auch Hersteller unterschiedlich gelöst wurden. Die Anpassungen reichen dabei von adaptierter Steuerung und geänderter Gasmischung bis hin zur kompletten Neukonstruktion des Motors.

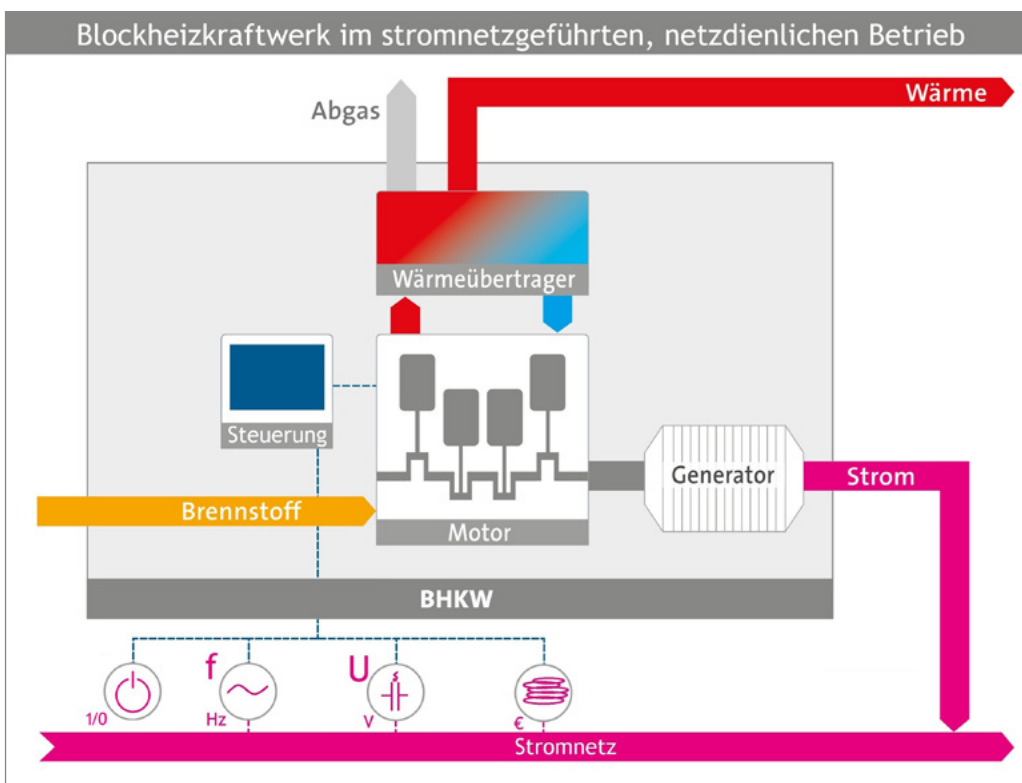
Unter dem Strich bleibt festzuhalten, dass die Marktverfügbarkeit der Wasserstoff-BHKW gesichert ist und auch die Auswahl stetig größer wird.

Bis der tatsächliche Betrieb mit Wasserstoff allerdings beginnt, werden die BHKW weiterhin mit Erdgas oder auch Biomethan betrieben. Aus diesem Grund sind bereits einzelne BHKW am Markt, die brennstoffflexibel, d. h. mit einer Umschaltoption

Wasserstoff/Methan ausgestattet sind. Diese willkommene Übergangslösung deckt die Wartezeit bis zum erfolgreichen Wasserstoffhochlauf ab.

Unterdessen mausern sich die BHKW vom über möglichst lange Zeit betriebene Wärmeerzeuger zum netzdienlich eingesetzten Stromerzeuger. Dabei werden Netzzustände (Spannung, Frequenz), Preissignale und auch Anforderungen höherer Netzleitstellen genutzt und durch intelligente Regelungen in den BHKW-Betrieb eingebunden. Damit die währenddessen immer auch frei werdende Wärme nicht verloren geht, werden zukünftige BHKW stark zunehmend mit Wärmespeichern ausgerüstet, sofern keine direkte Wärmeanwendung möglich ist.

Auf die hier beschriebene Weise integrieren sich BHKW aller Größen erfolgreich in das zukünftige, von Flexibilität geprägte Energiesystem. Dabei sind BHKW mit überschaubarem Aufwand auf verschiedene Brenngase anpassbar – vom fossilen Erdgas über erneuerbares Biomethan bis hin zum CO₂-freien nutzbaren Wasserstoff.



Herausgeber
ASUE im DVGW e. V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin
Telefon 0 30 / 22 19 1349-0
info@asue.de
www.asue.de

Bearbeitung
ASUE Arbeitskreis BHKW/Brennstoffzellen
Thomas Wencker
Dr. Stefanie Schwarz

Grafik
Kristina Weddeling, Essen

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

Stand: Januar 2026

Überreicht durch: