

Erste Ergebnisse des DVGW-Leitprojektes „Roadmap Gas 2050“

– Teil 2: Untersuchungsergebnisse zur H₂-Verträglichkeit von Gasanwendungen

Gasbasierte Konzepte können im Rahmen der Energiewende eine sinnvolle Rolle einnehmen und damit ein wichtiger Teil des zukünftigen Energiesystems sein – auf diesen Kernsatz lassen sich die bislang gemachten Ergebnisse der DVGW-Innovationsforschung Gas inhaltlich verdichten. Mit dem DVGW-Leitprojekt „Roadmap Gas 2050“ (Förderkennzeichen: G 201824), dessen erste Phase vor Kurzem abgeschlossen wurde, soll nun ein ganzheitliches Konzept zur Umsetzung der gasbasierten Energiewende entstehen. Hierbei spielt der Energieträger Wasserstoff eine wichtige Rolle. Nachdem der erste Teil der Beitragsreihe die verschiedenen H₂-Bereitstellungsoptionen miteinander verglichen hat (vgl. Ausgabe 4/2021), stellt der vorliegende zweite Teil die Ergebnisse der Testreihen zur Wasserstofftoleranz von häuslichen Gasgeräten vor.

von: Dr. Frank Burmeister, Eren Tali, Dr. Anne Giese (alle: Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.), Philipp Pietsch (DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH) & Dr. Holger Dörr (DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie)

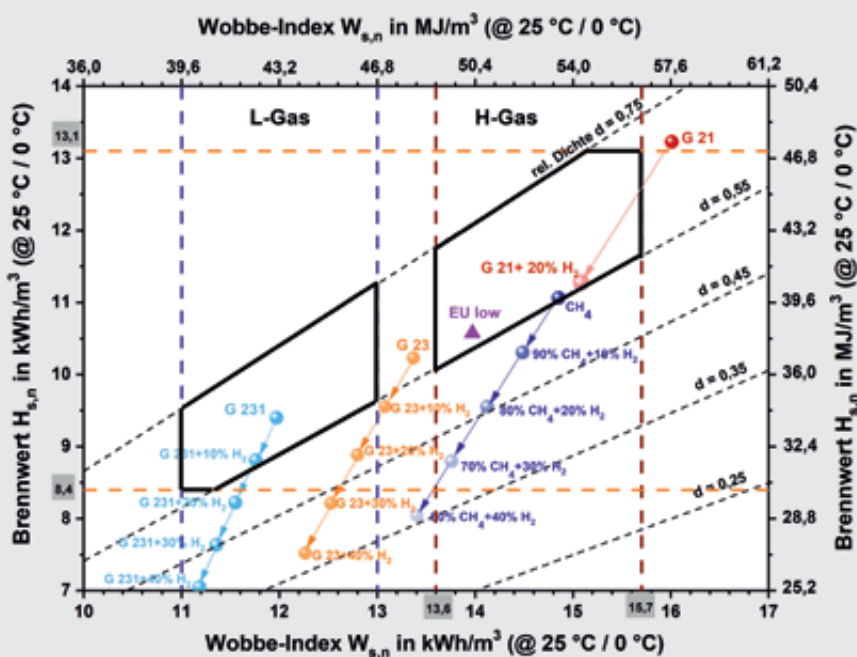
In der Diskussion über die Beimischung von Wasserstoff in Erdgas spielen Verbrennungsprozesse eine zentrale Rolle, da die Umwandlung in Wärme den wichtigsten Nutzungspfad für Erdgas darstellt – und dies über alle Endverbrauchssektoren hinweg. Während z. B. in der häuslichen Gasverwendung Erdgas zur Beheizung

von Gebäuden, aber auch zum Kochen verwendet wird, ist der Energieträger in der Industrie von zentraler Bedeutung für die Bereitstellung von Prozesswärme. In modernen und hocheffizienten Kraftwerken wird Erdgas zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt und im Verkehr dient es als Kraftstoff für (Nutz-) Fahrzeuge aller Art. Da alle genannten Gasanwendungstechnologien bislang für den Einsatz von Erdgas ausgelegt und optimiert sind, wirft die Beimischung von H₂ in Erdgas daher Fragen auf, wie Technologien in der Endanwendung auf die veränderten Eigenschaften des Erdgas-Wasserstoff-Gemisches reagieren.

Ziel der Laboruntersuchungen im Rahmen des DVGW-Leitprojektes „Roadmap Gas 2050“ ist es vor diesem Hintergrund, durch gestufte Zumischungen von Wasserstoff zu definierten Grundgasen die Zumischgrenzen unter Laborbedingungen für verschiedene Gerätekategorien und -segmente zu ermitteln. Dabei sollen repräsentativ Brenner- und Regelungstechnologien im Bestand abgebildet werden.

Im Rahmen eines Workshops wurde dazu zunächst mit Vertretern von Geräte- und Komponentenherstellern, Energieversorgern und Anwendern aus der Industrie eine Auswahl der zu

Abb. 1: Darstellung der Versuchsgase in Relation zu den in Europa verteilten Gasen



Quelle: GWI

Tabelle 1: Gaszusammensetzungen und -kennwerte der Referenz- und Dichtetestgase

Gaskennwerte DIN EN ISO 6976		Referenzbedingungen: (Verbrennung: 25 °C/ Volumen: 0 °C), p = 1.013,25 mbar										
		G 20	G 21	G 21+H ₂ (Grenze H-Gasbereich)	G 23	G 231	EU-low	Dichtetest Gas_1	Dichtetest Gas_2	Dichtetest Gas_3	Dichtetest Gas_4	
CH ₄	Vol.-%	100	87	69,6	92,5	85	95,6	87	81	69,5	91	
N ₂	Vol.-%				7,5	15	4,4			10		
H ₂	Vol.-%			20					10	10		
C ₂ H ₆	Vol.-%		13	10,4						10,5	3	
He	Vol.-%							13	9			
CO ₂	Vol.-%										6	
Berechnungsgrößen	Symbol											
molare Masse	M [kg/kmol]	16,043	19,69	16,155	16,941	17,839	16,57	14,478	13,557	18,783	18,563	
Realgasfaktor bei Normbed.	Zn [-]	0,998	0,996	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,997	0,9971	
Normdichte	ρn [kg/m³]	0,717	0,882	0,722	0,757	0,797	0,741	0,647	0,606	0,84	0,83058	
relative Dichte	d [-]	0,555	0,682	0,559	0,586	0,617	0,573	0,5	0,469	0,65	0,6424	
Brennwert (molar)	Hsm [kJ/mol]	890,63	1063,34	907,838	823,833	757,036	851,442	774,848	749,993	880,584	877,048	
Brennwert (Masse)	Hs [MJ/kg]	55,515	54,004	56,195	48,63	42,438	51,385	53,52	55,323	46,882	47,248	
Brennwert (Volumen)	Hsv [MJ/m³]	39,831	47,621	40,598	36,837	33,844	38,074	34,632	33,512	39,39	39,243	
Brennwert (Volumen)	Hsv [kWh/m³]	11,064	13,228	11,277	10,232	9,401	10,576	9,62	9,309	10,942	10,901	
Heizwert (molar)	Him [kJ/mol]	802,6	963,866	819,455	742,405	682,21	767,286	698,262	674,287	796,515	791,659	
Heizwert (Masse)	Hi [MJ/kg]	50,028	48,952	50,724	43,824	38,244	46,307	48,23	49,738	42,406	42,648	
Heizwert (Volumen)	Hiv [MJ/m³]	35,894	43,166	36,646	33,196	30,498	34,311	31,209	30,13	35,63	35,422	
Heizwert (Volumen)	Hiv [kWh/m³]	9,971	11,991	10,179	9,221	8,472	9,531	8,669	8,369	9,897	9,84	
Wobbe-Index	Ws [MJ/m³]	53,469	57,663	54,311	48,126	43,093	50,295	48,954	48,96	48,863	48,962	
Wobbe-Index	Ws [kWh/m³]	14,853	16,018	15,086	13,368	11,97	13,971	13,598	13,6	13,573	13,601	
min. Luftbedarf	L _{min} [m _{N,L} ³ /m _{N,G} ³]	9,524	11,381	9,581	8,81	8,095	9,105	8,317	7,98	9,357	9,381	

Quelle: GWI

untersuchenden Gasgeräte bestimmt und die zu berücksichtigenden Kriterien in einem umfangreichen Versuchsprogramm festgelegt, welches ausführlich in Deliverable 3.2 [2] des Vorhabens beschrieben ist.

Versuchsgase

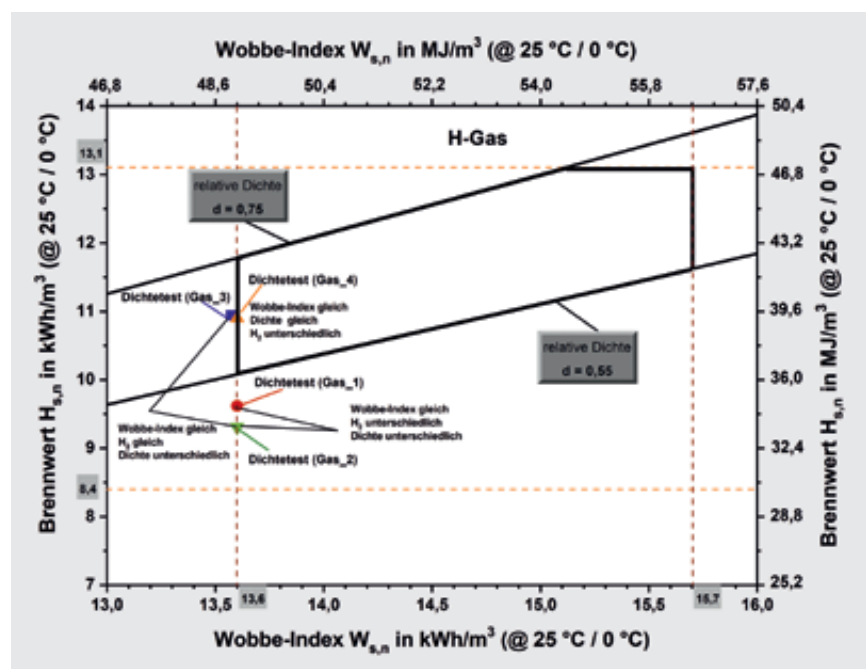
Die Testgase wurden so ausgewählt, dass der gesamte Bereich des Wobbe-Index der in Europa verteilten Gase abgedeckt wird. Die Untersuchung zur H₂-Verträglichkeit erfolgte mit den Prüfgasen G 20, G 23 und G 231 nach EN 437, zu denen jeweils 10 bis 40 Volumenprozent (Vol.-%) H₂ zugemischt wurde (Abb. 1). Das Gasgemisch aus G 20 + 20 % H₂ liefert bereits erste Indizien, ob eine relative Dichte von 0,45 zukünftig angesetzt werden könnte. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil bei einer Wasserstoff-Zumischung zu Gas aus Russland (ca. 98 Vol.-% Methan) die derzeitige Grenze der relativen Dichte von 0,55 schon bei kleinen Konzentrationen unterschritten wird. Eine Reduktion auf ca. 0,45 würde einen Anteil von etwa 20 Vol.-% gestatten.

Um die Notwendigkeit der bislang gültigen unteren Grenze der relativen Dichte von 0,55 des H-Gas-Bereichs im

DVGW-Arbeitsblatt G 260 beurteilen zu können, wurden insgesamt vier Dichtetest-Gase zusammengestellt, die eine isolierte Betrachtung der Effekte durch den Wasserstoffanteil, den Wobbe-Index und die relative Dichte ermöglichen. Das Referenzgas CH₄ liegt auf der unteren Dichtegrenze. Die Versuche zum „Dichte-Test“ wurden mit vier Wobbe-Index-gleichen Gasen durchgeführt (Abb. 2):

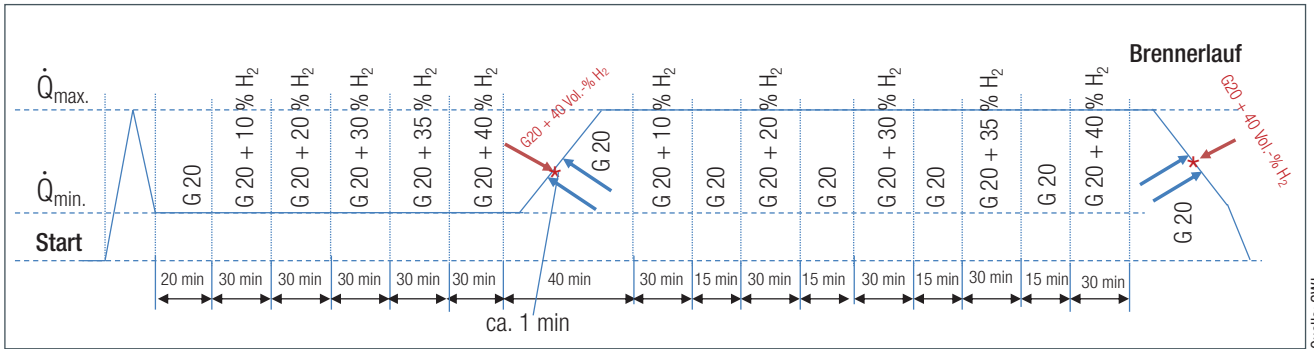
- zwei Testgase mit gleichem Wobbe-Index und gleichem H₂-Gehalt, aber unterschiedlicher Dichte und
- zwei Testgase mit gleichem Wobbe-Index und gleicher Dichte, aber unterschiedlichem H₂-Gehalt

Die Zusammensetzungen dieser „Dichtetest-Gase“ sowie der Referenzgase und deren Gaskennwerte sind in Tabelle 1 ersichtlich.



Quelle: GWI

Abb. 2: Einordnung der Gase für den „Dichtetest“



Quelle: GWI

Abb. 3: Schematische Darstellung eines Brennerlaufs mit Gaswechsel: G 20 + H₂ bei \dot{Q}_{min} und \dot{Q}_{max}

Die Bewertungskriterien fokussieren sich vor allem auf die Aspekte „Sicherheitskonzept“ bzw. „Betriebssicherheit der Gasverwendungstechniken bei Wasserstoffbeimischungen“. Funktions-, Leistungs- und Effizienzbetrachtungen ergänzen die Bewertung. Im Versuchsprogramm wurden folgende Untersuchungsparameter berücksichtigt:

- Zündfähigkeit
- Stabilitätsverhalten (Abhebe- bzw. Rückschlagneigung)
- instationäre Zustände: Start/Stop, Leistungsmodulation
- wechselnde H₂-Anteile
- Leistungs- und Effizienzänderungen (Wirkungs- und Nutzungsgrade)
- höherer Gasvolumenstrom durch den kleineren volumetrischen Brennwert des Wasserstoffes

- Emissionen NO_x, CO, C_xH_y, stationäre und instationäre Zustände

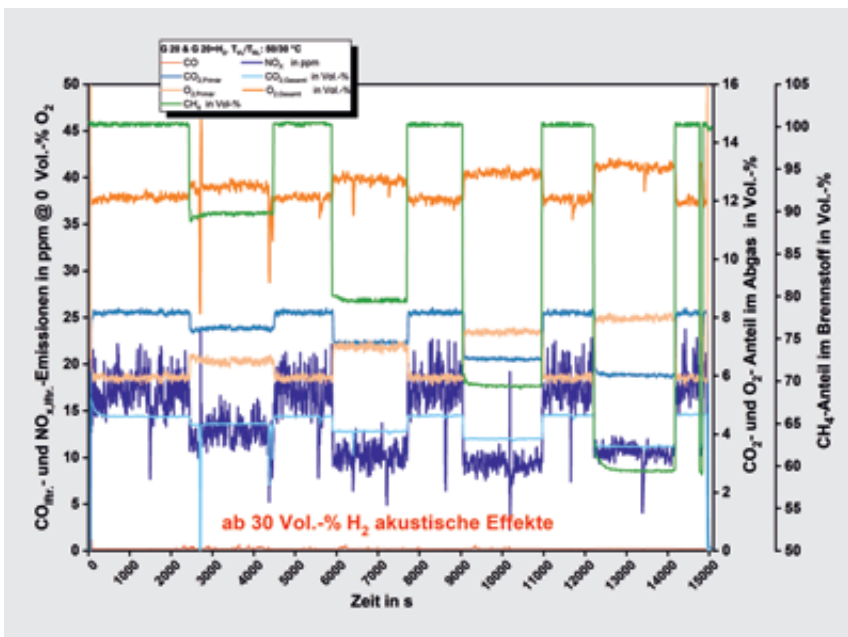
Neben den oben aufgeführten Aspekten sind weitere Parameter und Sicherheitsaspekte Teil der Untersuchungen. Hierzu wird auf die noch laufenden Tests, deren Ergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht werden, verwiesen.

Die ausgewählten Geräte wurden zunächst mit Werkseinstellung getestet. Der Start der Untersuchungen erfolgte mit dem Prüfgas G 20 als Referenz. Danach wurde eine Messung mit dem Grenzgas G 21 am oberen H-Gas-Bereich des DVGW-Arbeitsblattes G 260 durchgeführt und dann das Gemisch aus G 21 + 20 Vol.-% H₂ getestet, um die Funktionstüchtigkeit der Geräte an der

unteren Dichtegrenze zu untersuchen. Anschließend kamen die Referenzgase G 231, G 23 und EU-low sowie vier „Dichtetest-Gase“ zum Einsatz.

Die H₂-Verträglichkeit wurde durch Zumischung von Wasserstoff zu G 20 untersucht, indem der H₂-Gehalt jeweils um 10 bis 40 Vol.-% erhöht wurde. Die gleichen Messungen wurden mit dem Prüfgas G 231 mit H₂ (von 10 bis 40 Vol.-%) durchgeführt. Sollte ein Gerät mit G 231 + H₂ nicht funktionieren, wurde statt G 231 das Prüfgas G 23 angewendet. Sollte auch die Kombination aus G 23 + H₂ nicht funktionieren, kam das Gas EU-low mit den H₂-Zumischungen von 10 bis 40 Vol.-% zur Anwendung.

Die Zündfähigkeit wurde mit Start/Stop-Versuchen getestet. Grundsätzlich starteten die Tests mit einem Brenner-„Lauf“ im Kaltstart mit gekühlter Verbrennungsluft von minimaler auf maximale Leistung/Belastung mit den Vorlauf-/Rücklauf-temperatur-Paarungen von 80/60 °C sowie 50/30 °C. In den jeweiligen Zeitintervallen (Stationarität gewährleistet) fand ein Gaswechsel statt. **Abbildung 3** verdeutlicht einen entsprechenden Brennerlauf mit minimaler bis maximaler Belastung und einem schnellen Gaswechsel von G 20 mit H₂-Zumischung.



Quelle: GWI

Abb. 4: Heizkessel mit Injektorbrenner (Gerät 1): Gaswechsel G 20 und G 20 mit 10 bis 40 Vol.-% H₂; Verlauf der Emissionen; T_{VL}/T_{RL} 50/30 °C

Gasgeräte-Portfolio

Im Rahmen des Vorhabens wurden alle Gerätetypen auf Basis der Einteilung des europäischen GASQUAL-Projekts [1] für die Tests vorgesehen. Das Geräte-

Portfolio umfasst dabei ca. 20 Alt- und Neugeräte folgender Technologien bzw. Kategorien:

- vollvormischend
- teilvormischend
- Flächenbrenner/Matrixbrenner

Bisher wurden folgende Technologien und ein Gerät nach dem Stand der Technik getestet und ausgewertet:

- Gerät 1: atmosphärischer Heizkessel mit Injektor-Brenner, einstufig, Neugerät
- Gerät 2: atmosphärisches Gas-Wandheizgerät, Mehrfach-Injektor-Brenner, gebraucht
- Gerät 3: atmosphärisches Gas-Wandheizgerät, teilvormischender Brenner, gebraucht
- Gerät 4: Brennwertgerät, I2N-Gerät, gebraucht

Ergebnisse zur H₂-Verträglichkeit häuslicher Gasgeräte

Gasgerät 1

Der einstufige atmosphärische Heizkessel mit Injektor-Brenner zeigte bei der Untersuchung mit den Referenzgasen sowie mit den Dichtetestgasen eine gute Funktionstüchtigkeit.

Der Test des Brennverhaltens an der unteren Dichtegrenze des H-Gas-Bereichs des DVGW-Arbeitsblattes G 260 (d = 0,55) mit dem Referenzgas G 21 + 20 Vol.-% H₂ ergab keine Auffälligkeiten. Ebenso konnte mit dem Gasge-

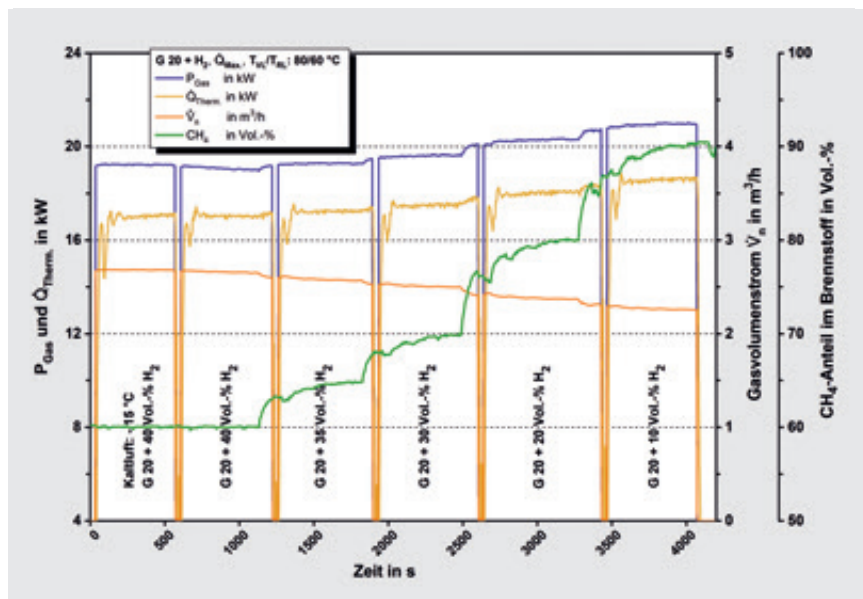


Abb. 5: Gerät 2 mit Mehrfach-Injektorbrenner: Start/Stop-Versuche mit G20 + H₂

misch G 20 + 20 Vol.-% H₂ die Funktionstüchtigkeit bei einer relativen Dichte von 0,45 nachgewiesen werden. Die Tests zur Funktionstüchtigkeit des Heizkessels zur Wasserstoff-Verträglichkeit mit 10 bis 40 Vol.-% H₂-Zumischung zu G 20 und zu G 23 verliefen unauffällig. Bei den Methan-H₂-Gemischen stieg der Gasvolumenstrom mit je 10 Vol.-% zunehmendem Wasserstoff-Anteil um ca. 4,5 Prozent an, die Leistung sank je 10 Vol.-% H₂ um ca. 3 Prozent. Die Zündfähigkeit mit wasserstoffhaltigen Gasen konnte mittels der Start/Stop-Versuche und schnellen Gaswechslern nachgewiesen werden. Ab einer H₂-Zumischung in Höhe von 30 Vol.-% zu G 20 traten akustische Effekte auf (Abb. 4). Mit akustischen Effekten sind hier thermo-akustische

Schwingungen gemeint, die sich in einer Geräuschbildung äußern und eine Komfort-Einschränkung darstellen.

Gasgerät 2

Das atmosphärische Gas-Wandheizgerät mit Mehrfach-Injektor-Brenner zeigte mit G 23 sowie bei den mit Dichtetestgasen durchgeführten Tests keine auffälligen Effekte. Die Messwerte des Gasgemisches G 20 + 20 Vol.-% H₂ mit einer relativen Dichte von 0,45 stellten die Funktionstüchtigkeit des Heizkessels an dieser Dichtegrenze fest.

Die Funktionstüchtigkeit des Gas-Wandheizgerätes zur Wasserstoff-Verträglichkeit wurde mit Gasgemischen mit 10 bis 40 Vol.-% H₂-Zumischung zu den beiden Prüfgasen G 20

Die Mai-Ausgabe der bbr (5-2021) enthält ein Spezial zum Thema Bohrtechnik/Spezialtiefbau. Es sind Fachbeiträge u. a. zu folgenden Themen enthalten:

- Lebensdauerbestimmung von Wasserstoffpipelines
- Automatisierte Brunnenüberwachung
- Kampfmittelerkundung auf Helgoland

Kostenloses Probeheft unter info@wvgw.de

und G 23 nachgewiesen. Dabei traten keine akustischen Effekte auf. Bei den Methan-H₂-Gemischen stieg der Gasvolumenstrom bei Volllast mit zunehmendem Wasserstoff-Anteil von ca. 2,2 auf 2,7 m³/h an, gleichzeitig sank die Leistung bei 40 Vol.-% H₂ um ca. 12 Prozent (Abb. 5). Auch bei einer Ansaugtemperatur der Verbrennungsluft von -15 °C startete das Gerät einwandfrei. Die Leistungsdifferenz ist bei der Wasserstoffzumischung zu G 23 höher, bei ähnlichem Anstieg des Volumenstromes fällt die Kessel-Leistung durch Zumischung von 40 Vol.-% H₂ um 20 Prozent.

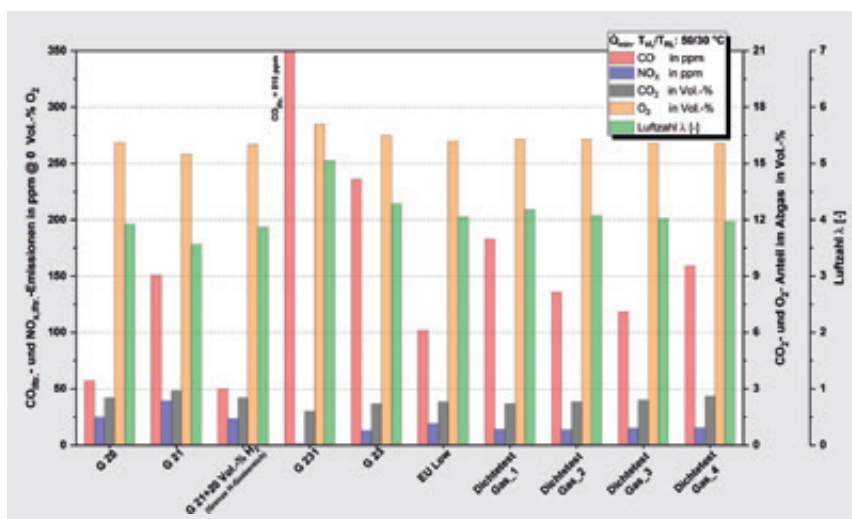


Abb. 6: Gerät 3: Emissionen und Luftzahl bei verschiedenen Referenz- und Dichtetestgasen, \dot{Q}_{min} ; T_{VL}/T_{RL} 50/30 °C

Die Start/Stop-Versuche bewiesen sowohl beim Kaltstart mit gekühlter Verbrennungsluft (-15 °C) als auch bei schnellen Gaswechseln von G 20 mit 40 Vol.-% H₂ auf G 20 mit 30 Vol.-% H₂ usw. eine gute Zündfähigkeit und keinen Flammenrückschlag. Auch mit den Referenzgasen G 23 und auch G 231 startete das Gas-Wandheizgerät problemlos bei der 40 Vol.-% H₂-Mischung und zeigte auch bei den weiteren schnellen Gaswechseln bei kleiner werdenden Wasserstoffzumischungen keine Probleme.

Gasgerät 3

Das Gasgerät 3, ein atmosphärisches Gas-Wandheizgerät mit teilvormischendem Injektor-Brenner, zeigte bei

der Untersuchung des Brennverhaltens an der unteren Dichtegrenze (d = 0,55) mit dem Referenzgas G 21 + 20 Vol.-% H₂ keine Unterschiede zu dem Referenzgas G 20, auch bei der Kombination G 20 + 20 Vol.-% H₂ mit einer relativen Dichte von 0,45 war das Heizgerät funktionsfähig. Die Untersuchungen der vier Dichtetest-Gase ergaben CO-Emissionen von 100 bis 150 Parts per million (ppm), im Vergleich zu den 50 ppm bei G 20. In **Abbildung 6** sind die bei den Referenz- und Dichtetestgasen gemessenen Emissionen sowie die Luftzahl dargestellt. Trotz der verschiedenen Gaszusammensetzungen ist bis auf das Gas G 231 der Einfluss auf die Luftzahl gering.

Die Tests zur Funktionstüchtigkeit des Gas-Wandheizgerätes zur Wasserstoff-Verträglichkeit von 10 bis 40 Vol.-% H₂-Zumischung zu G 20 verliefen positiv. Das Gemisch aus G 23 + 40 Vol.-% H₂ ergab bei Mindestlast und der niedrigen Vorlauftemperatur CO-Emissionen von maximal 250 ppm. Bei den Methan-H₂-Gemischen stieg der Gasvolumenstrom bei Volllast mit zunehmendem Wasserstoff-Anteil von ca. 2,3 auf 2,8 m³/h an, die Leistung sank bei 40 Vol.-% H₂ um ca. 12 Prozent. Die Wasserstoffzumischungen bewirkten keine akustischen Effekte. Sämtliche Start/Stop-Versuche ergaben gute Zündfähigkeiten ohne Flammenrückschlag.

Tabelle 2: Ergebniszusammenstellung der Geräte 1 bis 4																	
		Gerät 1				Gerät 2				Gerät 3				Gerät 4			
Dichtegrenze d = 0,55	G 21 + 20 Vol.-% H ₂	unauffällig				nur bei 50/30 °C: CO = 170 ppm, bei G 21: 1.900 ppm				unauffällig				unauffällig			
relative Dichte d = 0,45	G 20 + 20 Vol.-% H ₂	unauffällig				unauffällig				unauffällig				unauffällig			
Referenzgase		G 231	G 23	EU-low	Dichte-gase	G 231	G 23	EU-low	Dichte-gase	G 231	G 23	EU-low	Dichte-gase	G 231	G 23	EU-low	Dichte-gase
Akustik		unauffällig				unauffällig				unauffällig				unauffällig			
Luftzahl		um ca. 10 % höher				0,2	12,0 %		±0	um ca. 10 % höher				max. um 3 % niedriger			
Wirkungsgrad	Δ zu G 20		-1,5 %	±0	-2 %	-0,0	-1,0 %		Gas 3: 4 %		±0	0,5 %	-2,5 %	3 %	3 %	3 %	±1 %
H ₂ -Verträglichkeit Zumischung zu bis Vol.-% H ₂		G 20		G 23		G 20		G 23		G 20		G 23		G 20		G 231	
		20 %	40 %	20 %	40 %	20 %	40 %	20 %	40 %	20 %	40 %	20 %	40 %	20 %	40 %	20 %	40 %
Leistungsabfall	ca.	-6 %	-12 %	-15 %	-21 %	-6 %	-12 %	-15 %	-20 %	-6 %	-12 %	-15 %	-21 %	-5 %	-11 %	-3 %	-13 %
Luftzahl	Anstieg um ca.	6 %	13 %	16 %	25 %	8 %	15 %	17 %	27 %	8,0 %	20,0 %	20 %	30 %	7,5 %	14 %	7 %	15 %
Wirkungsgrad	Δ zu G 20	±0	1,5 %	±0	±0	±0	0,5 %	±0	±0	±0,5 %	±0	<0,5 %	±0	±0	1,5 %	1 %	1,5 %
Akustik		ab 30 Vol.-% H ₂															
Start/Stop mit 40 Vol.-% H ₂																	

Quelle: GWI

Quelle: GWI

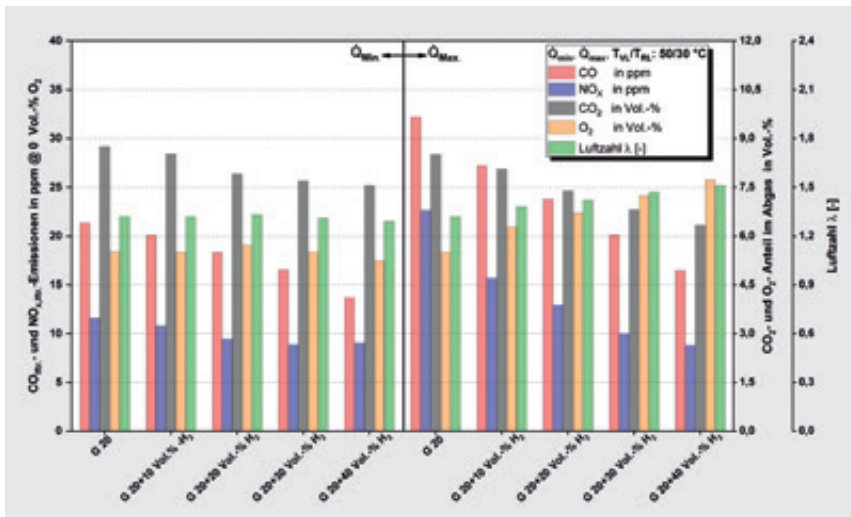


Abb. 7: Gerät 4: Gaswechsel G 20 und G 20 mit 10–40 Vol.-% H₂; Emissionen und Luftzahl; \dot{Q}_{min} und \dot{Q}_{max} ; T_{VL}/T_{RL} 50/30 °C

Quelle: GWI

Gasgerät 4

Das raumluftunabhängige, verbrennungsgeregelte Gas-Brennwertgerät ist bei allen Referenz- und Dichtetestgasen funktionstüchtig. Es zeigte im Rahmen der Untersuchungen keinen Anstieg der CO-Emissionen und auch keinen signifikanten Einfluss auf die Luftzahl. Die Prüfung des Brennverhaltens an der unteren Dichtegrenze ($d = 0,55$) mit dem Referenzgas G 21 + 20 Vol.-% H₂ ergab keine Unterschiede zu dem Referenzgas G 20 und auch bei dem Gasgemisch G 20 + 20 Vol.-% H₂ mit einer relativen Dichte von 0,45 war das Brennwertgerät funktionsfähig. Die Leistungsminderung lag für diesen Fall bei ca. 4 Prozent.

Die H₂-Zumischung in Höhe von 10 bis 40 Vol.-% zu den beiden Prüfgasen G 20 (Abb. 7) und G 231 zeigte keine Auffälligkeiten. Diese Messungen wurden auch mit gekühlter Verbrennungsluft (ca. -12 °C) wiederholt. Die Luftzahl stieg jeweils von 1,4 bei 10 Vol.-% H₂-Zumischung auf 1,6 bei 40 Vol.-% Wasserstoff-Anteil an. Die Emissionen blieben unauffällig, sowohl für die Vor-/Rücklauf-Temperaturpaarung von 50/30 °C als auch für die Paarung 80/60 °C. Auch zeigten die Wasserstoff-zumischungen keine akustischen Effekte. Ein vergleichender Versuch mit G 20 + 40 Vol.-% H₂ bei einem 8 m langen Abgasrohr ergab keine Unterschiede zu den Standard-Messwerten bei 1 m Abgasrohrlänge. Bei den Methan-H₂-Gemischen stieg der Gasvolumen-

strom bei Vollast mit zunehmendem Wasserstoff-Anteil um 28 Prozent, die Leistung sank bei 40 Vol.-% H₂ um ca. 11 Prozent.

Die Zündfähigkeit mit wasserstoffhaltigen Gasen wurde mithilfe von Start/Stop-Versuchen getestet, indem während kurzer Stopps ein Gaswechsel von G 20, G 231, G 23 und EU-low mit 10 Vol.-% H₂ auf G 20 mit 20 Vol.-% H₂ usw. bis zu einem Wasserstoffanteil von 40 Vol.-% durchgeführt wurden. Sämtliche Start/Stop-Versuche verliefen erfolgreich und ohne Flammrückschlag. Eine Übersicht der Ergebnisse der getesteten Gasgeräte gibt Tabelle 2 wieder.

Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Temperaturpaarung T_{VL}/T_{RL} von 50/30 °C und auf die Mindestlast. Bei dem einstufigen Gerät 1 beziehen sich die Werte auf die maximale Belastung.

Fazit

Die bisherigen Untersuchungen liefern Indizien dafür, dass eine Zumischung von bis zu 20 Vol.-% Wasserstoff bei den bisher getesteten Geräte-Typen der häuslichen Gasanwendung keine funktionalen Einschränkungen zeigen. Gleiche Schlussfolgerungen lassen sich für ein mögliches Absenken der Dichtegrenze treffen. Erst ab 30 Prozent H₂-Zumischung stellten sich bei einem Geräte-Typ akustische Effekte ein.

Weitere Versuche mit insgesamt bis zu 20 Anwendungen – angelehnt an die „Gasqual“-Einteilung [1] – sind bei den beteiligten Instituten in Arbeit. Hierzu zählen auch Brenner aus der Industrie- und Koch- bzw. Grill-Anwendung. Auch hier werden die Auswahl und die einzelnen Ergebnisse an die Hersteller gespiegelt.

Die bisherigen Ergebnisse mit den getesteten Anwendungen weisen auf eine „H₂-Readiness“ von 20 Vol.-% hin. Anwendungen für 100 Vol.-% H₂ sind Neuentwicklungen und befinden sich derzeit in der Entwicklung. ■

Literatur

- [1] Standardization in the field of gas qualities-Mandate CE M400 Phase 1. Final-Report, CEN BT WG 197 No 310, 2012.
- [2] Roadmap Gas 2050: Bewertungskriterien und Versuchsprogramm zur H₂-Verträglichkeit von Gasanwendungen, Deliverable 3.2, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.

Die Autoren

Dr. Frank Burmeister ist Abteilungsleiter der Abteilung Brennstoff- und Gerätetechnik und der Prüfstelle am Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

Eren Tali ist Projektleiter CFD am Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

Dr. Anne Giese ist Abteilungsleiterin Industrie- und Feuerungstechnik am Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

Philipp Pietsch ist Projektleiter bei der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH.

Dr. Holger Dörr ist Projektleiter an der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Kontakt:

Dr. Frank Burmeister
Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.
Hafenstr. 101
45356 Essen
Tel.: 0201 3618-245
E-Mail: burmeister@gwi-essen.de
Internet: www.gwi-essen.de