

Auswirkungen eines schwankenden Wasserstoffanteils im Erdgas auf die Industrie

Integrierte Netze der Zukunft (3)

Gregor BERGER⁽¹⁾, Florian SCHILLING⁽¹⁾, Harald RAUPENSTRAUCH⁽¹⁾, Sascha GRIMM⁽²⁾

⁽¹⁾Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik (Montanuniversität Leoben), ⁽²⁾Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach

Motivation und zentrale Fragestellung

Für die Verwertung der negativen Residuallasten, die zukünftig durch die Einbindung von Erneuerbaren ins Stromnetz entstehen werden, eignet sich die Elektrolyse von Wasserstoff. Die Gasinfrastruktur in Österreich stellt einen möglichen Speicher dieser negativen Residuallasten dar. Wasserstoff kann methanisiert und eingespeist oder direkt dem Erdgas beigemengt werden. Wird Wasserstoff direkt ins Erdgas eingespeist, kann dies, aufgrund der Unterschiede in der saisonalen und der täglichen Verfügbarkeit von elektrischer Energie aus Erneuerbaren, zu Schwankungen des Wasserstoffanteils führen. Eine Wasserstoff-Erdgasmischung hat andere verbrennungstechnische Eigenschaften als reines Erdgas. Da Industriebrenner optimal auf die Verbrennung von Erdgas eingestellt sind, stellt sich die Frage, wie mit Schwankungen des Wasserstoffanteils im Erdgas umgegangen werden soll.

Methodische Vorgangsweise

Um Aussagen über die Auswirkungen einer Wasserstoffbeimengung zu Erdgas auf das Brennerverhalten treffen zu können, werden folgende vier verbrennungstechnische Eigenschaften untersucht:

- Sauerstoffbedarf
- Massenspezifische Reaktionsenthalpie
- Adiabate Verbrennungstemperatur
- Laminare Flammengeschwindigkeit

Die Änderungen dieser Eigenschaften, bei einer Beimengung von Wasserstoff zu Erdgas, werden mit dem GRI 3.0 Reaktionsmechanismus [1] und der dazugehörigen thermodynamischen Datenbank berechnet. Diese umfasst 53 Stoffe und 325 Reaktionen, welche zur detaillierten Abbildung der Methanverbrennung optimiert sind. Zur Lösung dieser komplexen Reaktionssysteme wird die Toolbox Cantera [2] verwendet. Mit dieser Toolbox können die erstellten Programme für die durchgeföhrten Berechnungen aufgerufen und ausgeführt werden.

Auf Basis dieser Ergebnisse werden Schwankungsbreiten des Wasserstoffanteils definiert, in denen sich die Änderungen der verbrennungstechnischen Eigenschaften in einem tolerierbaren Bereich bewegen. Des Weiteren werden Strategien entwickelt, wie mit größeren Schwankungen des Wasserstoffanteils umgegangen werden kann. Das umfasst eine Untersuchung, ob durch eine Beimengung von Inertgasen die massenspezifische Reaktionsenthalpie, die adiabate Verbrennungstemperatur und die laminare Flammengeschwindigkeit einer Wasserstoff-Erdgasmischung ohne Umbau der Brennereinheit gesenkt werden können. Zusätzlich wird untersucht, ob schon geeignete Mess- und Regelsysteme bestehen, die auf einen geminderten Sauerstoffbedarf durch eine variable Oxidationsmittelzufuhr reagieren können.

Die Zusammensetzung der untersuchten Gase wird in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Zusammensetzung der untersuchten Gase

	Anteil in Vol.-%					
	Erdgas [3]	Wasserstoff	Argon	Stickstoff	Kohlendioxid	Luft
CH ₄	97,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N ₂	0,87	0,00	0,00	100,00	0,00	79,00
CO ₂	0,11	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
H ₂	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00
C ₂ H ₆	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C ₃ H ₈	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ar	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Untersuchung des Sauerstoffbedarfs hat gezeigt, dass ab einem Anteil von 4% Wasserstoff im Erdgas in bestimmten Prozessen aus einer unterstöchiometrischen Atmosphäre eine überstöchiometrische wird. Mit der dynamischen Regelung auf Basis der Restsauerstoffmessung im Abgas und dem elektronischen Verbundregler gibt es bestehende Mess- und Regelsysteme zur automatischen Anpassung der Oxidationsmittelzufluhr an den Sauerstoffbedarf. Allerdings wird die Restsauerstoffmessung nicht als geeigneter Regelparameter angesehen und es sollte eine Bestimmung des Wasserstoffanteils im Erdgas über geeignete Verfahren erfolgen.

Die restlichen verbrennungstechnischen Eigenschaften erlauben höhere Anteile an Wasserstoff bzw. höhere Schwankungen des Wasserstoffanteils im Erdgas, wie in Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2: Mögliche Wasserstoffanteile für ausgewählte verbrennungstechnische Eigenschaften

	Wasserstoffanteil in Vol.-%
Massenspezifische Reaktionsenthalpie	65
Adiabate Verbrennungstemperatur	70
Laminare Flammengeschwindigkeit	10
Sauerstoffbedarf	4

Für den Fall, dass die angegebenen Wasserstoffanteile überschritten werden, werden die notwendigen Anteile an Argon, Kohlendioxid, Stickstoff und Abgas in einem Wasserstoff-Inertgas-Erdgasgemisch berechnet, um die genannten Eigenschaften auf dem Niveau bzw. innerhalb einer vertretbaren Toleranz von reinem Erdgas zu halten. Es zeigt sich, dass dies bei der laminaren Flammengeschwindigkeit hohe Inertgasanteile erfordert. Die geringsten notwendigen Anteile weist hier Kohlendioxid auf, wie in Abbildung 1 dargestellt.

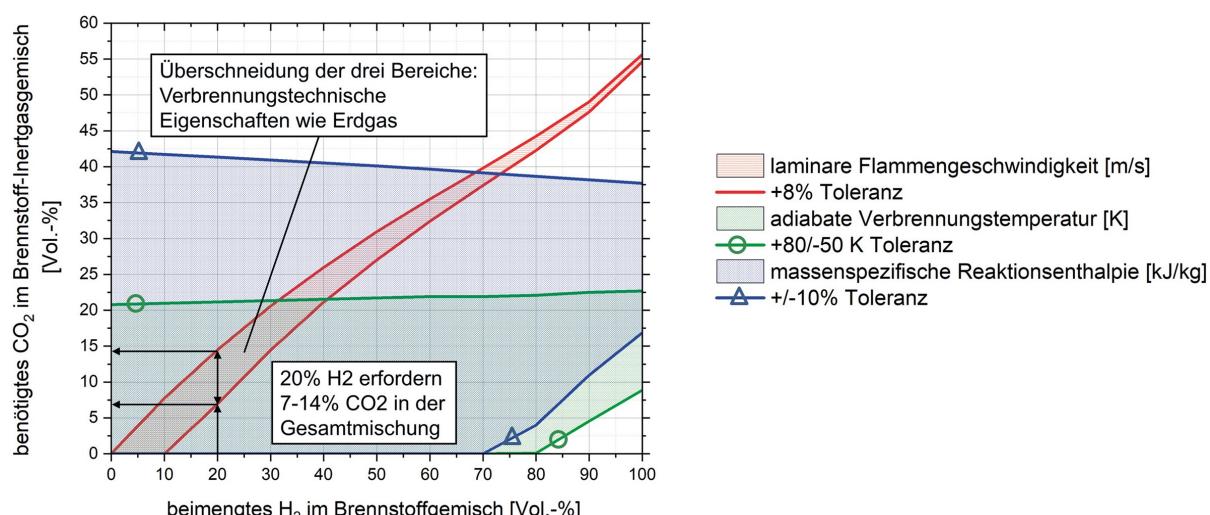


Abbildung 1: Benötigter Volumenanteilsbereich von CO₂ für alle verbrennungstechnischen Eigenschaften bei einer Luftzahl von 1,0

Die Einstellung der verbrennungstechnischen Eigenschaften von Wasserstoff-Erdgasgemischen auf das Niveau von reinem Erdgas über Inertgase ist aufgrund der hohen erforderlichen Inertgasanteile voraussichtlich nicht flächendeckend realisierbar. Allerdings kann es als Übergangslösung angesehen werden, bis Industriebrenner durch zusätzliche Regeleinrichtungen mit einem variablen Wasserstoffanteil im Erdgas umgehen können. Des Weiteren kann dieses Vorgehen auch bei Netzabschnitten des Verteilnetzes, in denen mit erhöhter Wasserstoffeinspeisung zu rechnen ist, eingesetzt werden.

Literatur

- [1] GRI-Mech releases, Online verfügbar unter <http://combustion.berkeley.edu/gri-mech/releases.html>, abgerufen am 20. Oktober 2020.
- [2] Cantera 2.3.0, Online verfügbar unter <https://cantera.github.io/docs/sphinx/html/about.html>, abgerufen am 20. Oktober 2020.
- [3] Voestalpine, Interner Bericht, Durchschnittliche Erdgaszusammensetzung am Standort Linz, 2019.