

# REDUKTION DER FORMALDEHYD- UND METHANEMISSIONEN VON BIOGAS-BHKW MITTELS WASSERSTOFFZUGABE

Florian RAU<sup>1</sup>, Andreas HERRMANN<sup>1</sup>, Hartmut KRAUSE<sup>1</sup>

## Einleitung

Biogasanlagen tragen in einem erheblichen Maß zur Reduzierung der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei, indem die Anteile an regenerativen Energiequellen sowohl im Wärme- als auch im Strommarkt vergrößert werden. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Reduktion der in Deutschland ca. 9.000 installierten Biogasanlagen beträgt ca. 21 Mio. Tonnen pro Jahr [1]. Dem offensichtlichen Nutzen dieser Anlagen stehen für deren Weiterbetrieb einige Hürden im Weg. Denn derzeit werden die Grenzwerte für Emissionen aus Biogas-BHKW (Blockheizkraftwerk) durch die Novellierung der TA Luft massiv verschärft. Als neue Herausforderung gilt es die Halbierung der erlaubten Formaldehyd-Emissionen (20 mg/m<sup>3</sup>) für 2020 sowie die erstmalige Limitierung der organischen Bestandteile zu bewältigen. Diese beiden Bestandteile im Abgas sind ein Indiz für eine unvollständige Verbrennung im Verbrennungsmotor des BHKW. In Abbildung 1 ist der aktuelle Stand der Formaldehyd-Emissionen für eine Vielzahl von Anlagen dargestellt. Bereits zum jetzigen Zeitpunkt sind überhöhte Emissionen vorhanden, sodass die Problematik bereits auf viele Bestandsanlagen zum jetzigen Zeitpunkt zutrifft.

Als Möglichkeit der Reduktion kann eine Abgasnachbehandlung erfolgen, entweder mit einem Oxidationskatalysator oder einer thermischen Nachverbrennung. Allerdings ist eine Reduktion durch innermotorische Optimierungen des Motors zu bevorzugen, um die Abgasnachbehandlung zu minimieren.

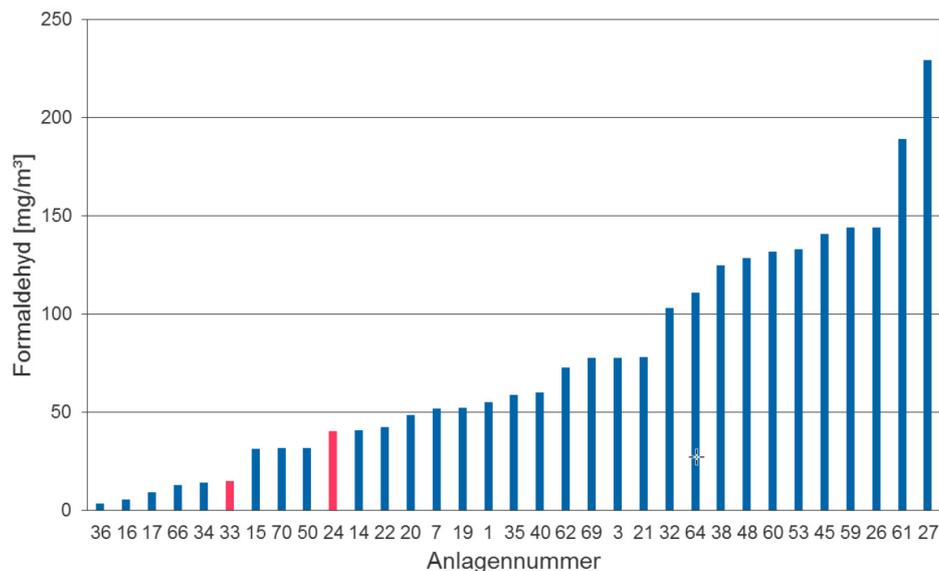


Abbildung 1: Formaldehydemissionen verschiedenen Biogasanlagen [2]

## Untersuchungsrahmen und Methodik

Im entsprechenden Projekt wird die innermotorische Optimierung mit Hilfe eines Verbrennungsmoderators erfolgen. Zu diesem Zweck wird Wasserstoff dem Biogas/Luft-Gemisch beigemischt, welches zuvor entweder durch die Nutzung von Abgaswärme, durch eine separate Hydrolysestufe oder durch Wasserelektrolyse auf dem Gelände der Biogasanlage erzeugt wird. Neben der Senkung der Abgasemissionen sind eine Wirkungsgradsteigerung und eine erhöhte Teillastfähigkeit der BHKW angestrebt.

Im ersten Schritt wird der Einfluss der Wasserstoffbeimischung auf die Abgasemissionen und die adiabate Flammentemperatur simuliert.

<sup>1</sup> Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, Gustav-Zeuner-Straße 7, 09599 Freiberg, Tel.: +49 373139-3013, florian.rau@iwtt.tu-freiberg.de

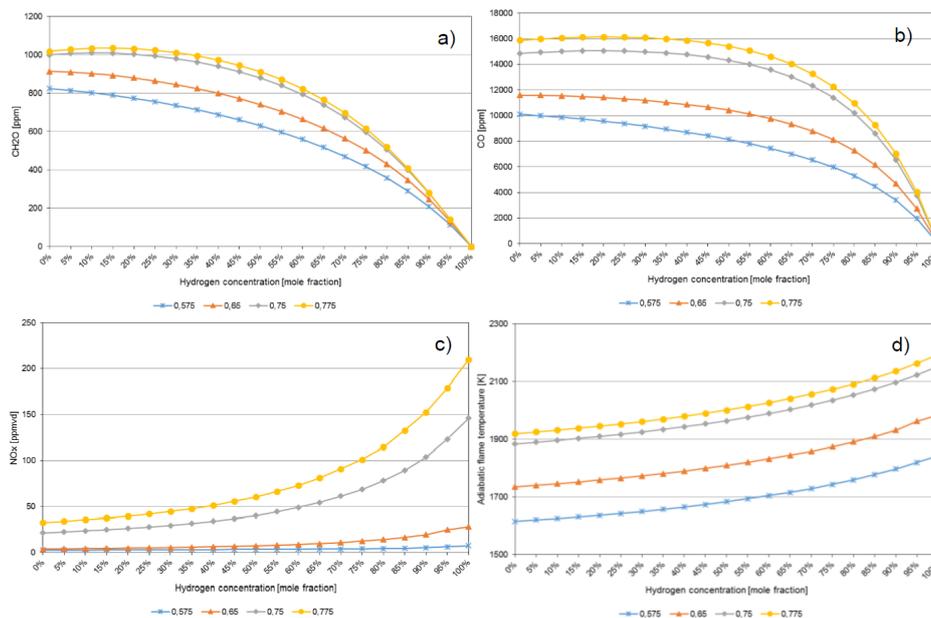
Die Simulationen wurden im Programm ANSYS ChemKin durchgeführt. Das eingesetzte Modell ist eine 1-dimensionale laminare vorgemischte brennerstabilisierte Flamme. Zur Abbildung der Kinetik der Verbrennung wurde der Mechanismus GRI-Mech 3.0 eingesetzt.

Die Randbedingungen waren 373 K und 10 atm, um den Bedingungen im Verbrennungsmotor gerecht zu werden. Das Biogas ist ein Zweistoffgemisch aus 60 Vol.-% Methan und 40 Vol.-% Kohlenstoffdioxid. Die Transportvorgänge wurden mit den Eigenschaften mixture-average und mit dem Soret-Effekt berechnet. Die genauere aber zeitaufwendigere Berechnung mit multicomponent weist lediglich eine Abweichung von 3 % auf, sodass mit der schnelleren mixture-average Einstellung, also dem gemittelten Diffusionskoeffizienten, ein Großteil der Berechnungen durchgeführt wurde.

## Ergebnisse & Schlussfolgerung

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse in Abhängigkeit des Wasserstoffanteils von 0 % bis 100 % dargestellt. Die berechneten Luftverhältnisse (unterschiedliche Farben) sind als Äquivalenzverhältnis dargestellt, also dem Reziproke des Lambdawertes. Dieser wird international verwendet. Zum Beispiel entspricht die blaue Linie einem Lambda von 1,73. Dieses Luftverhältnis ist in stark abgemagerten Verbrennungsmotoren zu finden. In a) ist zu erkennen, dass je nach Luftverhältnis das Formaldehyd unterschiedlich stark reduziert wird. Gleichzeitig ist eine Verringerung des Kohlenstoffmonoxids in b) zu erkennen. Dem gegenläufig ist die Konzentration an Stickoxiden, siehe c). Diese wird durch eine Erhöhung der adiabaten Flammentemperatur, siehe d), hervorgerufen.

Die vereinfachten Vorbetrachtungen des Effekts von Wasserstoff haben gezeigt, dass die Reduktion von Formaldehyd, weiteren unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenstoffmonoxid möglich ist. Allerdings steht der Reduktion die Erhöhung von Stickoxiden gegenüber. Durch eine erhöhte Abmagerung des Brennstoff-Luft-Gemisches, die durch höhere Wasserstoffanteile möglich ist, kann diese Erhöhung sehr gering gehalten werden, siehe blaue Linie in c).



**Abbildung 2:** Ergebnisse der 1-dimensionalen vorgemischten Flammenrechnung für verschiedene Luftverhältnisse. Es wird jeweils der Einfluss der Wasserstoffbeimischung auf verschiedene Abgasbestandteile bzw. auf die adiabate Flammentemperatur gezeigt.  
 a) Maximalkonzentration von Formaldehyd  
 b) Maximalkonzentration von Kohlenstoffdioxide  
 c) Maximalkonzentration von Stickoxiden  
 d) adiabate Flammentemperatur

## Literatur

- [1] Fachverband Biogas e.V. (2015): COP 21: Biogas schützt das Klima. Pressemitteilung vom 09.12.2015.
- [2] Formaldehydemissionen aus Biogas-BHKW, LfULG, 2009.