

FORTSCHRITTLICHE VERBRENNUNGSÜBERWACHUNG DURCH SIMULTANE OPTISCH, AKUSTISCHE DETEKTION DER FLAMMENFRONT IN EINEM DRUCKKESSEL

Nina PAULITSCH¹, Fabrice GIULIANI¹, Lukas ANDRACHER²

Inhalt

Die angestrebte europäische CO₂-Neutralität bis 2050 stellt große Herausforderungen in fast allen Energiesektoren dar. Sei es in der Entwicklung und Weiterentwicklung von erneuerbaren Energien, die Umstrukturierung des Energienetzes oder in der Effizienzsteigerung von konventionellen Systemen, Handlungsbedarf wird jetzt verlangt.

Die Transformation der Energiestruktur, weg von fossilen hin zu erneuerbaren, nachhaltigen Energieträgern ist in vollem Gange. Nichtsdestotrotz stellt die konventionelle Verbrennung von fossilen Brennstoffen derzeit 80% der weltweiten Energieproduktion dar. Ein gewichtiger Grund sich auf eine saubere und effizientere Verbrennung fossiler Brennstoffe zu konzentrieren.

Die im Folgenden beschriebene Thematik befasst sich mit einer fortschrittlichen Flammenüberwachung durch optische sowie akustische Überwachung der Flammenfront bei einer Verbrennung unter Druck. Die Grundidee liegt in einer integrierten, hochtemperatur- und hochdruckresistenten Sonde, welche in drei spezifischen Wellenlängenbereichen die Flammenfront detektiert und dadurch Aufschluss über die Zündung, den Betriebspunkt, die Flammenart (diffusiv oder vorgemischt) sowie über die Flammenturbulenz gibt. Da die Qualität der Verbrennung bestimmend für die emittierten Schadstoffe, sowie auch für die Lebensdauer der Anlage selbst ist, kann durch Kontrolle und aktives Einwirken ein Optimum im Bereich Energieeffizienz, Schadstoffausstoß sowie auch Ressourcenschonung erzielt werden.

Initiiert durch das Unternehmen Combustion Bay One e.U. in Zusammenarbeit mit der FH JOANNEUM/Aviation und unterstützt durch die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) und dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) wurde 2015 bereits eine Konzeptstudie durchgeführt. Die ersten Ergebnisse wurden 2018 bei dem 15. Symposium Energieinnovation unter dem Titel „Thermische Überwachung und präzise Verbrennungskontrolle auf Basis optischer Diagnostiktechniken in Brennkammern“ präsentiert.

Methodik

Wie in Abbildung 1 ersichtlich, setzt sich die Sonde aus einem hochtemperaturresistenten Schnelldrucksensor und vier optischen Sensoren, ausgeführt als Fotodioden, zusammen. Als Temperaturbarriere wurde ein SQ1-Quarzglas eingebaut. Drei der vier Fotodioden sind mit wellenlängenspezifischen, optischen Filtern versehen, als Referenzsignal dient der Sensor ohne Filter. Der Sichtwinkel der Sonde beträgt 13°.

Verbrennungstechnisch gesehen ist eine vorgemischte Flamme günstig, da einerseits das Verhältnis Brennstoff zu Luft zu Gunsten der Luft vorliegt, ergo weniger Brennstoff benötigt wird, und andererseits die Zusammensetzung des Abgases in Bezug auf Ruß- und NO_x-Bildung positiv beeinflusst wird. Durch den Überschuss an CH^{*}-Radikalen liegt im vorgemischtem Bereich eine bläuliche Flamme vor. Diffusionsflammen emittieren gelb-rötliches Licht, da feste Partikel des Abgases, wie beispielsweise Ruß, zu glühen beginnen. Durch dieses Verhalten der Flamme im Zusammenspiel mit der Intensität (diffusiv – hohe Leuchtintensität, vorgemischt – niedrige Leuchtintensität) kann durch die Überwachung eines bestimmten Spektralbereiches mittels Sonde die Flammenart bestimmt und der Betriebspunkt nachjustiert werden.

¹ Combustion Bay One e.U., advanced combustion management, Schützenhofgasse 22 A8010 Graz, Tel +43 (0)316 22 89 80, Office@CBOne.at, www.CBOne.at

² University of Applied Sciences FH JOANNEUM GmbH, Institute of Aviation 8020 Graz, Austria, www.fh-joanneum.at

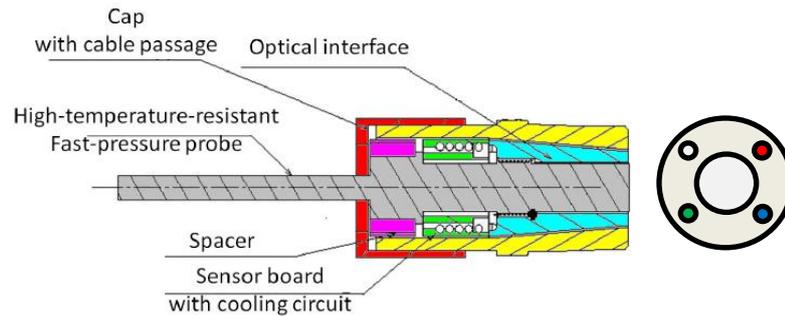


Abbildung 1: Aufbau und Struktur der Sonde

Ergebnisse

In den ersten Versuchen wurden die Unterschiede verschiedener Betriebspunkte und Flammenarten studiert. Wie in Abbildung 2 dargestellt, wurde die Flamme von zwei gegenüberliegenden Sonden überwacht. Die Leistung der Flamme wurde im Bereich von 3,6 kW bis 9 kW geregelt.

Durch die Durchführung einiger Messreihen wurde die Problematik der Positionierung und Ausrichtung ersichtlich. Es muss garantiert werden, dass sich die Flamme im Sichtwinkel von 13° befindet und dass die Oberfläche der Flammenfront größer als der Sichtquerschnitt ist. Diese Problematik tritt durch die räumliche Distanz zwischen den einzelnen Fotodioden in der Sonde zueinander auf, was in späterer Folge durch eine konkave Wölbung des optischen Überganges verbessert werden könnte. In der jetzigen Situation kann jedoch durch diese Distanz wiederum die Ausbreitung der Flammenfront detektiert werden, da eine Zeitverzögerung auftritt. Dies kann für die Beschreibung des Zündvorganges verwendet werden.

Verschiedene Anordnungen der Sonden können unterschiedliche Zonen der Flammen beobachten. Durch eine Positionierung übereinander kann eine Unterscheidung zwischen Primärzone und Sekundärzone der Flamme getroffen werden und dadurch auf den möglichen Schadstoffinhalt des Abgases geschlossen werden.



Abbildung 2: Versuchsaufbau und Spektralfarbe einer vorgemischten Flamme

Referenzen

- [1] Moosbrugger, V., Giuliani, F. and Andracher L. (2018). Thermische Überwachung und präzise Verbrennungskontrolle auf Basis optischer Diagnostiktechniken in Brennkammern In 15th Symposium on Energy Innovation, EnInnov, TU Graz, 14-16.02.2018
- [2] F. Giuliani, V. Moosbrugger, N. Paulitsch, A. Hofer, Austria and L. Andracher. (2019). Combined Optic-Acoustic Monitoring of Combustion in a Gas Turbine
- [3] Proceeding of the 9th EVI-GTI International Gas Turbine Instrumentation Conference, 20 - 21 November 2019, Graz, Austria. EVIGTI2019-5.2
- [4] Gaydon, A. (1974). The Spectroscopy of Flames. Springer Netherlands