

KI-basierte Flammen- diagnostik für Partial- oxidationsprozesse

M.Sc. Mohsen Gharib, Prof. Martin Gräbner,
Prof. Andreas Richter

Die optische Flammendiagnostik bietet ein großes Potenzial für die Kontrolle und Optimierung von (Partial-)Oxidationsprozessen, bspw. in der chemischen Industrie, der Metallurgie und der Glasindustrie. Die aus den hohen Bildauflösungen und Bildwiederholungsraten moderner Hochgeschwindigkeitskameras resultierenden großen Datenströme verhindern jedoch bisher eine direkte Auswertung der Daten, sodass diese nur eingeschränkt für die Flammenüberwachung oder Prozessoptimierung eingesetzt werden können. Das Fraunhofer IKTS hat daher mit der Entwicklung KI-basierter Modelle begonnen, um in Echtzeit Flammen zu analysieren. Dies ermöglicht neue Konzepte zur Online-Prozessüberwachung und -optimierung sowie verbesserte Sicherheitskonzepte.

Die experimentellen Referenzdaten resultieren aus Messkampagnen unter Einsatz der an der TU Bergakademie Freiberg betriebenen Multi-Feed-Versuchsanlage. Eine optische Sonde ermöglicht die In-situ-Flammenaufzeichnung. Für die Entwicklung der optischen Werkzeuge wurden die Flammen verschiedener gasförmiger, flüssiger und fester Einsatzstoffe mithilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera vermessen. Die Bildwiederholungsrate lag bei 1000 Hz.

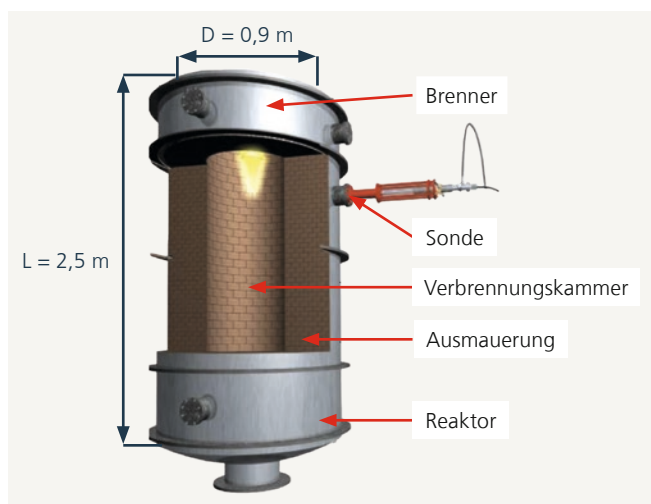


Bild 1: Multi-Feed-Versuchsanlage mit optischem Sondensystem.

Da eine Auswertung dieser Daten in Echtzeit aufgrund der hohen Datenraten mit konventionellen Bildanalysetools nicht möglich ist, wird ein KI-gestütztes Analysewerkzeug entwickelt. Dieses basiert auf einem neuronalen Netzwerk, das im Vorfeld mithilfe von Trainingsdaten vorkonditioniert und anschließend zur Onlineanalyse der Bilddaten aus der Flammenmessung eingesetzt wird. Das Tool ist in der Lage, verschiedene Flammenmerkmale wie Länge, Breite, Mittelpunkt und Zündpunkt der Flamme mit einer bemerkenswert schnellen Verarbeitung (5000 Bilder in nur 2 Sekunden) zu bestimmen.

Die extrahierten Merkmale spielen eine wesentliche Rolle bei der Kontrolle und Optimierung des Prozesses. Die Implementierung eines Flammenzündpunktdetektors, der speziell für die Analyse der Flammenstabilität entwickelt wurde, ermöglicht bspw. eine verbesserte Prozesssteuerung und -absicherung. Dabei legt das Modell einen Schwellenwert fest, der zwischen einer stabilen und einer instabilen Flamme unterscheidet.

Das entwickelte Echtzeit-Flammenüberwachungssystem ermöglicht eine schnelle und präzise Flammenüberwachung in verschiedenen Hochtemperaturprozessen und soll neben dem Einsatz in technischen Versuchsanlagen zukünftig in unterschiedliche industrielle Prozesse integriert werden.

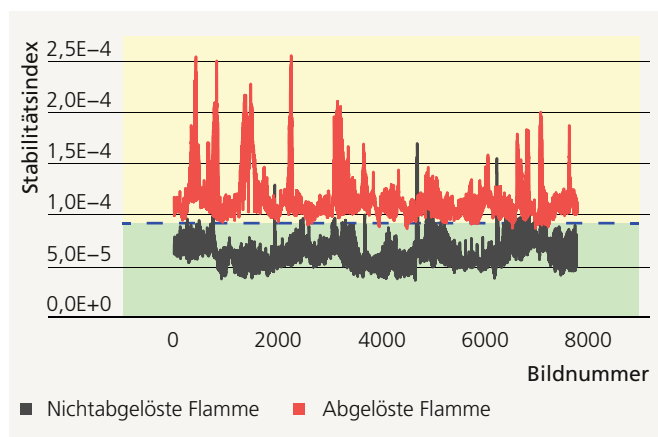


Bild 2: Echtzeit-Flammenüberwachung, dargestellt über den Stabilitätsindex. Oben: instabile Dieselflamme, unten: stabile Feststoffflamme. Die blaue Linie markiert das vom KI-Modell ermittelte Stabilitätskriterium.

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

