Infrarot Temperaturmessung von Rauchgasen

Dr. Hans-Peter Vietze
HEITRONICS Infrarot Messtechnik GmbH, 65205 Wiesbaden

1. Temperaturmessung gasförmiger Medien mit Strahlungsthermometern

Im Unterschied zur Temperaturmessung fester oder flüssiger Objekte gibt es bei der Messung von Gasen keinen definierten Messpunkt. Vielmehr muss man sich die Messung so vorstellen, als würde man in einen Nebel messen. Das Messsignal steigt mit der Entfernung vom IR Thermometer an. Ab einer bestimmten Entfernung (der Sichtweite) flacht der Anstieg ab, bis er die Sättigung erreicht. Die Infrarotstrahlung von Orten, die weit vom Messpunkt entfernt liegen, wird auf dem Weg zum Sensor absorbiert und erreicht ihn nicht mehr. Die optische Dichte des zu messenden Gases steigt an mit:

- Konzentration des Gases
- Druck
- Weglänge

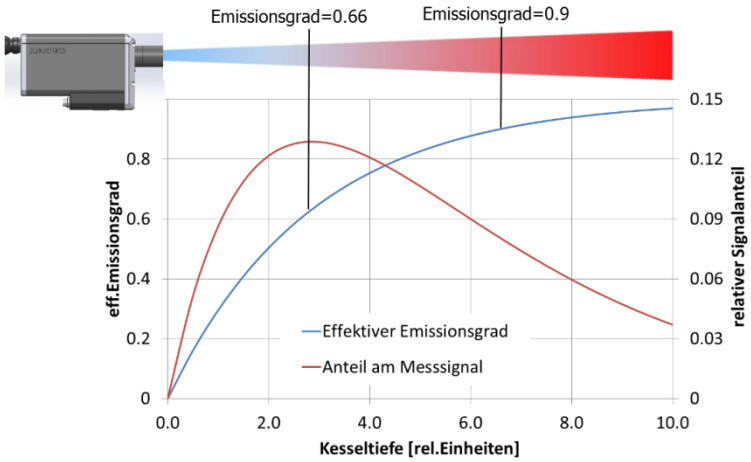

Abb. 1: Einfluss der Weglänge auf die Temperaturmessung

Diese etwas grobe, aber sehr anschauliche Beschreibung gibt eine Vorstellung, was bei der Messung semitransparenter Medien passiert. Eine detaillierte physikalische und mathematische Beschreibung findet man in [1].

2. Die CO_2-Absoptionsbande

Bei der Temperaturmessung von Verbrennungsgasen bietet sich die 4,24 µm Bande des CO_2 an. Dieses Band ändert seine Abstrahlungseigenschaften im infraroten Spektralbereich mit der Temperatur. Bei höheren Temperaturen verschiebt sich die langwellige Kante nach rechts in Richtung längerer Wellenlängen (siehe Abb. 2).

Für Temperaturen um 300 °C ist CO_2 bei einer Wellenlänge von 4,6 µm transparent, während es bei 1100 °C die Strahlung fast vollständig absorbiert. Man kann daher bei der richtigen Auswahl der Messwellenlänge durch die kälteren äußeren Gasschichten hindurchmessen und erfasst im Wesentlichen die Kerntemperatur der Flamme.

HEITRONICS Infrarot Messtechnik GmbH – Kreuzberger Ring 40 – 65205 Wiesbaden – Germany
Tel.: +49 611 973 93-0 – Fax: +49 611 973 93-26 – E-Mail: info@heitronics.com – www.heitronics.com
95583189
01/07/19d

Wählt man die Wellenlänge allerdings falsch, werden nur die äußeren Schichten erfasst und man misst eine deutlich zu geringe Temperatur.

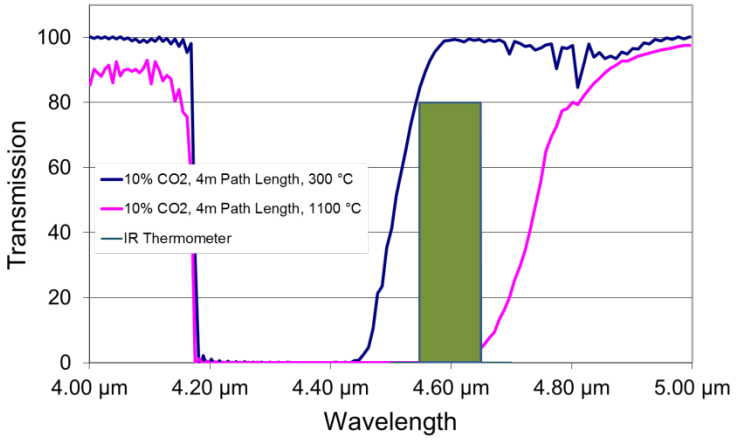

Abb. 2: Transmissionsspektrum von CO_2 bei 300 °C und 1100 °C

Diese Eigenschaft der CO_2-Linie ermöglicht es, die Sichtweite entsprechend der Prozessbedingungen einzustellen.

Die Sichtweite hängt dabei von folgenden Parametern ab:

- CO_2-Konzentration
- Druck
- Temperatur
- Wellenlänge

Normalerweise sind Konzentration, Druck und Temperatur durch den Prozess vorgegeben und die Messwellenlänge bleibt als freier Parameter.

3.1 Beispiel - Müllverbrennung

Die Rauchgastemperatur ist ein kritischer Parameter für die selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR) von Stickoxiden. Die Infrarot Temperaturmessung ist mittlerweile eine Standardtechnik zur Messung der aktuellen Rauchgastemperatur, um die Injektion des Ammoniakwasser bzw. des Harnstoffs zu kontrollieren.

Der Vorteil der Infrarotmessung besteht darin, dass die Geräte außerhalb des Brennraumes montiert werden und nicht dem Einfluss der hohen Verbrennungstemperaturen ausgesetzt sind. Weitere Vorteile sind die leichte Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten und einfache Austauschbarkeit.

HEITRONICS Infrarot Messtechnik GmbH – Kreuzberger Ring 40 – 65205 Wiesbaden – Germany
Tel.: +49 611 973 93-0 – Fax: +49 611 973 93-26 – E-Mail: info@heitronics.com – www.heitronics.com

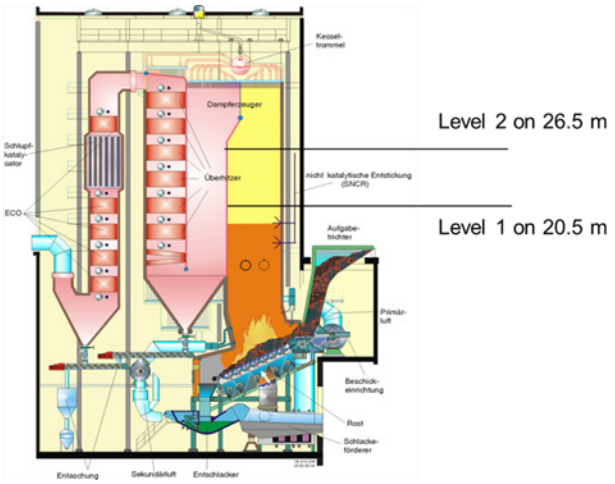

Abb. 3: Müllverbrennungsanlage

Die Verbrennungsbedingungen sind bei den meisten Müllverbrennungsanlagen ziemlich ähnlich:

- CO_2-Konzentration: 9 …11 %
- Temperatur: 800 …1200 °C
- Kesselabmessungen: 6 x 6 m

Es zeigt sich, dass eine Messwellenlänge von ca. 4,6 µm geeignet ist und unter den angegebenen Prozessbedingungen eine Sichtweite von 2 … 4 m zur Folge hat.

3.2 Beispiel – Temperaturmessung in einer Haustherme

Die Temperaturmessung in einer Haustherme mit sehr kompakten Abmessungen erfordert eine Anpassung der Wellenlänge, um eine Sichtweite im Bereich von ca. 15 cm zu gewährleisten. Es wurde eine Wellenlänge von 4,38 µm gewählt. Die Versuchsmessungen zeigten gute Übereinstimmung mit der Referenzmessung mit Thermoelementen.

Für die gegebenen Verbrennungsbedingungen:

- CO_2-Konzentration: 8 …10 %, λ~1.25
- Temperatur: 1000 … 1400 °C
- Kammerdimension: 150 mm

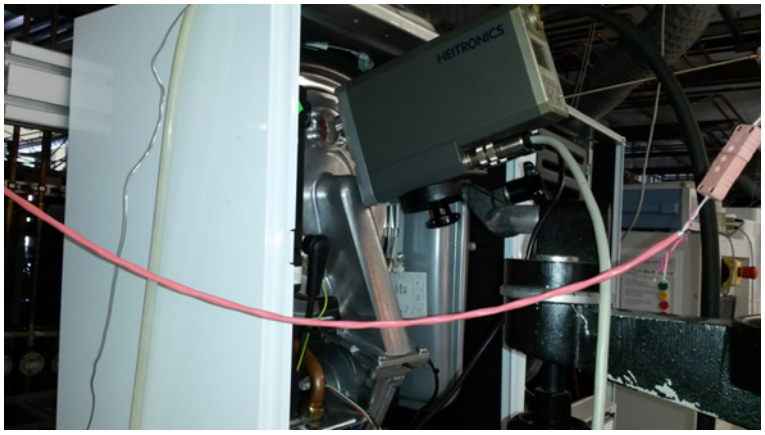

Abb. 4: Messung der Temperatur der Verbrennungsgase in einer Haustherme

HEITRONICS Infrarot Messtechnik GmbH – Kreuzberger Ring 40 – 65205 Wiesbaden – Germany
Tel.: +49 611 973 93-0 – Fax: +49 611 973 93-26 – E-Mail: info@heitronics.com – www.heitronics.com

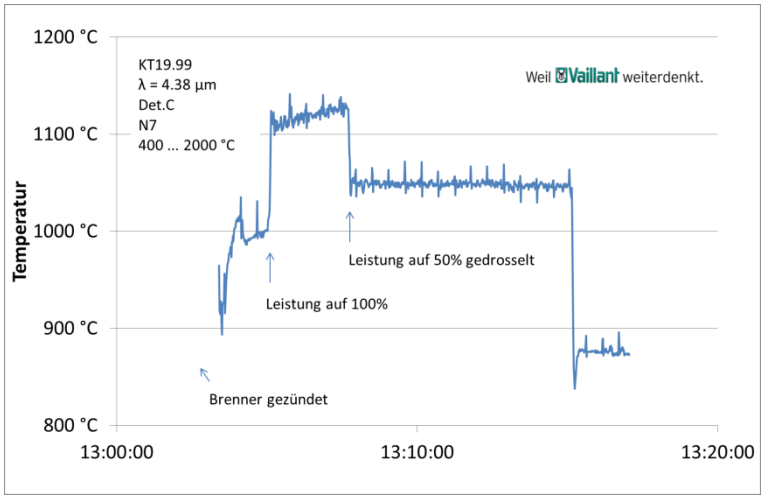

Abb.5: Messdaten an einer Haustherme

7. Referenzen und weiterführende Literatur

[1] Peter Jürg Stuber, "Bestimmung von Flammentemperaturen aus Infrarot-Strahlungsintensitäten von H2O, CO2 oder Russ", Dissertation ETH Zürich 1996, ISBN: 3 260 05404 9

[2] William L. Wolfe, George J. Zissis, The Infrared Handbook, Environmental Research Institute of Michigan, 1989, ISBN: 0-9603590-1-X

[3] v.d.Heide, B.: Möglichkeiten und Grenzen des SNCR-Verfahrens, Energie aus Abfall, Bd. 9 (2012), TK Verlag Karl Thome Kozmiensky, S. 601-628

HEITRONICS Infrarot Messtechnik GmbH – Kreuzberger Ring 40 – 65205 Wiesbaden – Germany
Tel.: +49 611 973 93-0 – Fax: +49 611 973 93-26 – E-Mail: info@heitronics.com – www.heitronics.com

95583189
01/07/19d