



## APPLIKATIONS-BERICHT

Eisen, Stahl & Metall

### Hochtemperatur-Durchflussmessung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>) aus einer Reaktor-Kolonne

- Erhöhung der Nachhaltigkeit und Senkung des Kohlendioxid-Fußabdrucks in der Stahlproduktion
- Ultraschall-Durchflussmessung zur Überwachung der H<sub>2</sub>- und CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Rauchgasen
- Echtzeitmessung unterschiedlicher Gasgemische bei hohen Temperaturen

**TNO** innovation  
for life

#### 1. Hintergrund

TNO ist eine unabhängige niederländische Forschungsorganisation, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, Wissen und Innovationen für praxisnahe Anwendungen zu entwickeln. Gemeinsam mit Partnern hat TNO das STEPWISE-Projekt gestartet, um zu demonstrieren, wie sich Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in der Stahlindustrie aus Restgasen kosteneffizient abscheiden und sich der Energiegehalt der Rauchgase nutzbar machen lässt. Die in diesem Projekt demonstrierte Technologie hilft der Stahlindustrie, ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu verringern und die Nachhaltigkeit zu verbessern. Das Projekt wird durch das "Horizon 2020 Low Carbon Energy"-Programm der Europäischen Union gefördert.

Eines der Rauchgase aus der Stahlproduktion ist das Hochofengas (Gichtgas). Es entsteht als Nebenprodukt der Eisenerzreduktion in Hochöfen und wird üblicherweise als Brennstoff in Stahlwerken oder in Kesseln und Kraftwerken verwendet. Der Heizwert des Gichtgases ist recht niedrig, da es hauptsächlich aus Stickstoff (55%), Kohlenmonoxid (25%), Kohlendioxid (20%) und Wasserstoff (2...4%) besteht.

In einem Stahlwerk im schwedischen Luleå demonstriert STEPWISE, wie sich täglich 14 Tonnen CO<sub>2</sub> aus den Hochofengasen entfernen lassen und ein wasserstoffreicher Produktstrom verfügbar gemacht werden kann. Das abgeschiedene CO<sub>2</sub> lässt sich transportieren und lagern (CCS) oder als Ausgangsstoff für die Herstellung von synthetischem Methanol verwenden, das im Stahlwerk als Brennstoff dienen kann. Der wasserstoffreiche Produktstrom kann als Brennstoff für Kraftwerke oder als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Ammoniak verwendet werden.

**KROHNE**

## 2. Konkrete Messaufgabe

Der STEPWISE-Demonstrator nutzt das innovative SEWGS (Sorption Enhanced Water Gas Shift)-Verfahren. Der Prozess wird mit einem Rauchgasgemisch aus dem Stahlwerk gespeist. In einem ersten Schritt wird Kohlenmonoxid (CO) durch Reaktion mit Wasserdampf über die Wassergas-Shift-Reaktion (WGS) in  $\text{CO}_2$  und Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) umgewandelt. Dies reduziert den CO-Gehalt im Gichtgas von 25% auf 5%.

In einem weiteren Schritt gelangt das Gasgemisch in den SEWGS-Reaktor, wo das restliche CO in  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2$  konvertiert wird. Bei diesem Prozessschritt wird ein festes Adsorptionsmittel eingesetzt, das das entstandene  $\text{CO}_2$  bindet, wodurch ein wasserstoffreicher Produktstrom den Reaktor verlässt.

Das SEWGS-Verfahren arbeitet bei erhöhten Temperaturen und Drücken von bis zu  $+540^\circ\text{C}$  und 50 bar. Sobald das Sorptionsmittel mit adsorbiertem  $\text{CO}_2$  gesättigt ist, erfolgt die Regeneration durch eine Kombination aus Druckentlastung und Dampfpülung. Durch ein Auskondensieren des Dampfes lässt sich auf diese Weise ein  $\text{CO}_2$ -reicher Strom gewinnen. Durch das SEWGS-Verfahren entstehen zwei voneinander getrennte Produktströme – ein wasserstoffreicher und ein  $\text{CO}_2$ -reicher Strom – die die Reaktionskolonne über zwei unterschiedliche Rohrleitungen verlassen.

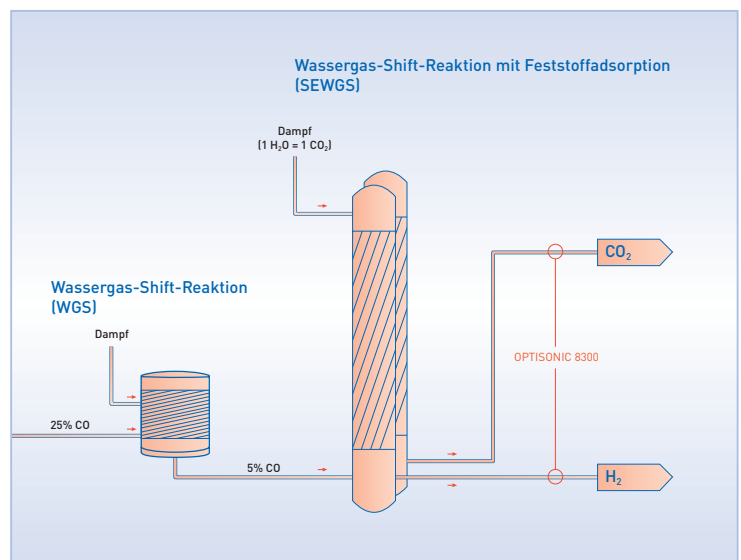
Um beurteilen zu können, ob die Gase immer erfolgreich abgetrennt wurden und wie viel  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  (plus Stickstoff) und Dampf die Kolonne verlassen, benötigte TNO eine geeignete Durchflussinstrumentierung. Das Durchflussmessgerät musste Echtzeitmessungen von Hochtemperaturgasen bis zu  $+540^\circ\text{C}$  ermöglichen und gleichzeitig ein hohes Maß an Flexibilität bieten, um mit schwankenden Gaszusammensetzungen und unterschiedlichen Gasgemischen umgehen zu können. Da das  $\text{CO}_2$  die Kolonne bei sehr niedrigem Druck verlässt, durfte die Messung keinen Druckverlust verursachen.

## 3. Realisierung der Messung

Das Ultraschall-Durchflussmessgerät OPTISONIC 8300 erwies sich als die ideale Instrumentierung für diese anspruchsvolle Anwendung. Das auf die Durchflussmessung von Hochtemperatur-Gasgemischen ausgelegte Durchflussmessgerät hat sich in zahlreichen Dampfanwendungen bewährt. Es erfüllte alle technischen Spezifikationen und wurde per Einschweißstutzen in die Rohrleitungen für  $\text{CO}_2$  (DN100) und  $\text{H}_2$  (DN125) installiert. Änderungen an der Messtellen-Infrastruktur waren nicht erforderlich.

Der OPTISONIC 8300 nutzt das Ultraschall-Laufzeitdifferenz-Verfahren und ist in der Lage, verschiedene Gasgemische unabhängig von der Gaszusammensetzung zu messen. Es ermöglicht eine Durchflussmessung in Echtzeit. Das ist besonders wichtig, um die Übergangsphasen des Gasmischungsverhältnisses zu erkennen. Dadurch kann der Betreiber alle Gaschargen messen, ohne dass Messwerte verloren gehen.

Die ausgehenden Volumenströme werden von einem Analysator erfasst und mit dem Zeitpunkt verknüpft, an dem die Durchflussmessgeräte die Messwerte an die SPS übertragen.



Schematische Darstellung des STEPWISE-Prozesses mit dem OPTISONIC 8300

## 4. Nutzenbetrachtung

Indem es dem Kunden dabei hilft, die Effizienz seines Abscheidungsprozesses zu bewerten, spielt das Gas-Durchflussmessgerät von KROHNE eine wichtige Rolle bei der Optimierung des SEWGS-Prozesses. Mit Hilfe des OPTISONIC 8300 kann TNO die ausgehenden Ströme kontinuierlich messen, auch wenn sich die Gaszusammensetzung während der Dauer einer Charge ändert. Dies war dem Betreiber besonders wichtig, denn auf diese Weise lässt sich der Prozess optimieren, ohne dass zusätzliche Durchflussmessgeräte installiert werden müssen, was ein enormer Kostenfaktor sein kann. Durch die Echtzeitmessung des KROHNE Durchflussmessgeräts gehen auch in Übergangsphasen keine Messwerte verloren.

In puncto Druckverlust profitierte der Kunde von dem vollen Messrohrdurchgang ohne Einschnürungen. Das Durchflussmessgerät hat keine Einbauten oder bewegliche Teile und verursacht nahezu keinen Druckverlust, was Pumpenleistung und Energiekosten spart. Ein weiterer großer Vorteil für TNO ist die wartungsfreie Konstruktion des Ultraschall-Durchflussmessgeräts. Es ist weder anfällig für Verschleiß noch für Verschmutzung. Da die Prozesse bei TNO gelegentlich angehalten werden müssen, können sich Ablagerungen bilden. Ablagerungen beeinträchtigen die Genauigkeit und Signalstärke jedoch nicht. Daher ist eine Nachkalibrierung nicht erforderlich und das Durchflussmessgerät konnte direkt in die Rohrleitungen eingeschweißt werden.

Der OPTISONIC 8300 hat sich einmal mehr als zuverlässiges, sehr leistungsfähiges Messgerät für  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2$  erwiesen, was ihn als Instrumentierung für nachfolgende Projekte qualifiziert. Das Durchflussmessgerät von KROHNE macht es dem Kunden sogar möglich, die Gaszusammensetzung zweier Mischgase anhand der Schallgeschwindigkeit zu bestimmen. Die Echtzeitanalyse der Gase ist zwar derzeit kein Thema für TNO, wäre aber auch jetzt schon ohne zusätzlichen Einbau eines Messgeräts möglich. Denn der OPTISONIC 8300 ist nicht nur ein Durchflussmessgerät, sondern vielmehr ein Kompaktgerät zur Echtzeitanalyse von Gaszusammensetzungen.



Ultraschall-Durchflussmessung eines Hochtemperatur-Gemisches aus Wasserstoff und Dampf

## 5. Verwendetes Produkt

### OPTISONIC 8300

- Ultraschall-Durchflussmessgerät für überhitzten Dampf und Hochtemperaturgase
- 2-Pfad-Messgerät mit optionaler Berechnung von Massedurchfluss und Enthalpie
- Integrierte Mengenumwerter-Option, Stromeingänge für externe Drucktransmitter und Temperaturfühler
- Bi-direktionale Durchflussmessung über einen großen dynamischen Messbereich
- Ausführung ohne Einschnürung: keine beweglichen Teile, kein Verschleiß, kein Druckverlust
- Umfassende Online-Diagnose und Funktionen für einen einwandfreien Betrieb und eine Leistungsüberprüfung des Messgeräts
- Bis +620°C, höhere Temperatur- und Druckbereiche auf Anfrage
- Zulassung für Ex-Zone 0 bis +600°C
- DN100...1000 / 4...40"; max. PN250 / ASME CI 2500



### Kontakt

Haben Sie Fragen oder Interesse an dieser oder weiteren Applikationen?  
Wünschen Sie eine Beratung oder ein Angebot?  
[application@krohne.com](mailto:application@krohne.com)

Die aktuelle Liste aller KROHNE Kontakte und Adressen finden Sie auf unserer Internetseite.

