

Schnelle Bestimmung des Brennwertes zur Steuerung einer Konvertierungsanlage von H-Gas auf L-Gas

Achim Zajc

Gasqualität, Regel- und Messtechnik, Probeentnahme, Schnelle Brennwertmessung, Wobbe-Index, L-Gas, H-Gas, Marktraumumstellung

In der Konvertierungsanlage Rehden wird aus einem H-Gas unter Beimischung von Stickstoff ein Erdgas mit L-Gas Qualität erzeugt. Dieser Regelungsprozess muss unter zu Hilfenahme einer geeigneten Messtechnik überprüft werden. Klassische Methoden wie ein Prozessgaschromatograph sind hier viel zu langsam und von daher nicht in der Lage diese messtechnische Aufgabe zu lösen. Der folgende Beitrag zeigt eine Lösungsmöglichkeit auf, wie z. B. in einer Konvertierungsanlage der Brennwert eines Gases innerhalb von Sekunden gemessen werden kann.

Fast determination of the calorific value of controlling a conversion plant of H-gas to L-gas

In the conversion plant of Rehden, a natural gas is produced from a H-gas in admixture of nitrogen with L-gas quality. This regulatory process must be checked by use of a suitable measurement technology. Classical methods such as a process gas chromatograph are here too slowly and are not able to solve this measurement task. The following article shows a solution to, as for example in a conversion plant of the calorific value of a gas can be measured within seconds.

1. Einführung

Deutschland wird mit zwei grundlegenden Erdgasqualitäten und zwar mit L- und mit H-Gas versorgt. Diese beiden Qualitäten unterscheiden sich im Wobbe-Index und Brennwert. L-Gas stammt aus inländischer und niederländischer Produktion. Im Unterschied dazu kommt H-Gas aus Russland und Norwegen. Die inländische und niederländische Produktion ist rückläufig. Die weitere Entwicklung wird im bundesweiten Netzentwicklungsplan (NEP) aufgegriffen. Das Gebiet, welches in Deutschland mit L-Gas versorgt wird, befindet sich im Wesentlichen im Nordwesten Deutschlands [1, 2]. Die Umstellung dieser Gebiete von L-Gas auf H-Gas durch die Umrüstung der Gasgeräte beim Endkunden hat unter dem Schlagwort „Marktraumumstellung“ bereits begonnen, wird aber voraussichtlich auch über 2030 hinaus andau-

ern [3]. Technisch gesehen kann erhöhter L-Gas Bedarf z.B. in Spitzenlastzeiten durch die Konditionierung des H-Gases mit Stickstoff auf L-Gas bedient werden, wie dies in der Konvertierungsanlage in Rehden geschieht. Hier wird konditioniertes H-Gas in das L-Gas-Netz eingespeist. Dieses Verfahren wird auch in den Niederlanden genutzt. Hierbei ist jedoch sicher zu stellen, dass die Millionen Gasgeräte nicht in ihrer Funktion beeinträchtigt werden.

2. Konvertierungsanlage Rehden [4]

In der Konvertierungsanlage wird H-Gas aus dem Netz entnommen, durch Beimischung von Stickstoff in L-Gas umgewandelt und anschließend dem L-Gas-Netz zugeführt. Die Anlage besteht aus:



Bild 1: Übersicht der Konvertierungsanlage in Rehden [5]

- Erdgas-Mischstation
- Erdgas-Übergabestation
- Stickstoffbereitstellungsanlage für die Bevorratung und Zuführung von flüssigem Stickstoff.

In **Bild 1** ist die Konvertierungsanlage in Rehden dargestellt [5].

3. Aufgabenstellung

Die erforderliche Stickstoffmenge zur Konditionierung des H-Gases wird über die Eingangs-Qualitätsmessung sowie eine nachgeschaltete Wobbe-Index Messung ermittelt. Mit der Wobbe-Messung wird die Stickstoffbeimischung geregelt. Bei Überschreitung des max. Wobbe-Index von $13,0 \text{ kWh/m}^3$ müssen die Armaturen vor Einleitung in das L-Gas-System an der Übergabestation geschlossen werden. Somit ist sicher ausgeschlossen, dass Erdgas mit einem zu hohen Wobbe-Index in das L-Gas-Netz eingeleitet wird. Um dieser Anforderung gerecht zu werden, muss der Wobbe-Index innerhalb von 15 Sekunden bestimmt werden, um somit eine sichere Abschaltung zu gewährleisten. Die Installation des Wobbe-Gebers musste im konkreten Projekt in Ex-Zone 2 erfolgen.

4. Schnelle Brennwertbestimmung

Zur Lösung der Aufgabenstellung, wie sie in Kapitel 3 beschrieben ist, hat die Firma Metreg Solutions ein

Wobbe-Index Gerät ausgesucht, geliefert und installiert. Hierbei fiel die Wahl auf den Wobbe-Geber WIM COMPAS™ der Firma Hobr  Instruments B.V.

In **Bild 2** ist der Aufbau des Wobbe-Messgerätes dargestellt. Der kontinuierliche Wobbe-Geber ist optimiert in Bezug auf die Reaktionszeit zur Bestimmung des Wobbe-Indexes. Ein Teilstrom des zu vermessenden Erdgases wird kontinuierlich mit trockener und gereinigter Luft in einer Mischkammer innig gemischt. Die beiden Ströme (Luft- und Probenzufuhr) werden mittels kritischer D sen gesteuert. Die Luftzufuhr wird konstant gehalten und die kritische Düse ist so ausgelegt, dass Sauerstoff immer im  berschuss vorhanden ist. Der Probenstrom variiert mit der Dichte des zu vermessenden Gases. Anschließend wird das Erdgas-Luftgemisch katalytisch oxidiert. Man bezeichnet diesen Prozess auch als kalte Verbrennung. Der  berschussige Sauerstoff wird mit Hilfe einer Zirkondioxid-Zelle gemessen und korreliert mit dem Wobbe-Index. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass keine offene Flamme verwendet wird und damit Installationen in der Ex-Zone erheblich einfacher zu realisieren sind. Diese Art der Bestimmung des Wobbe-Index ist gem  der ISO-15971 [6].

Der Wobbe-Index ist wie folgt definiert [8]:

$$\text{Wobbe-Index} = \frac{\text{Brennwert}}{\sqrt{\text{relative Dichte}}}$$

Stellt man nun die Formel um, so erhält man folgenden Zusammenhang:

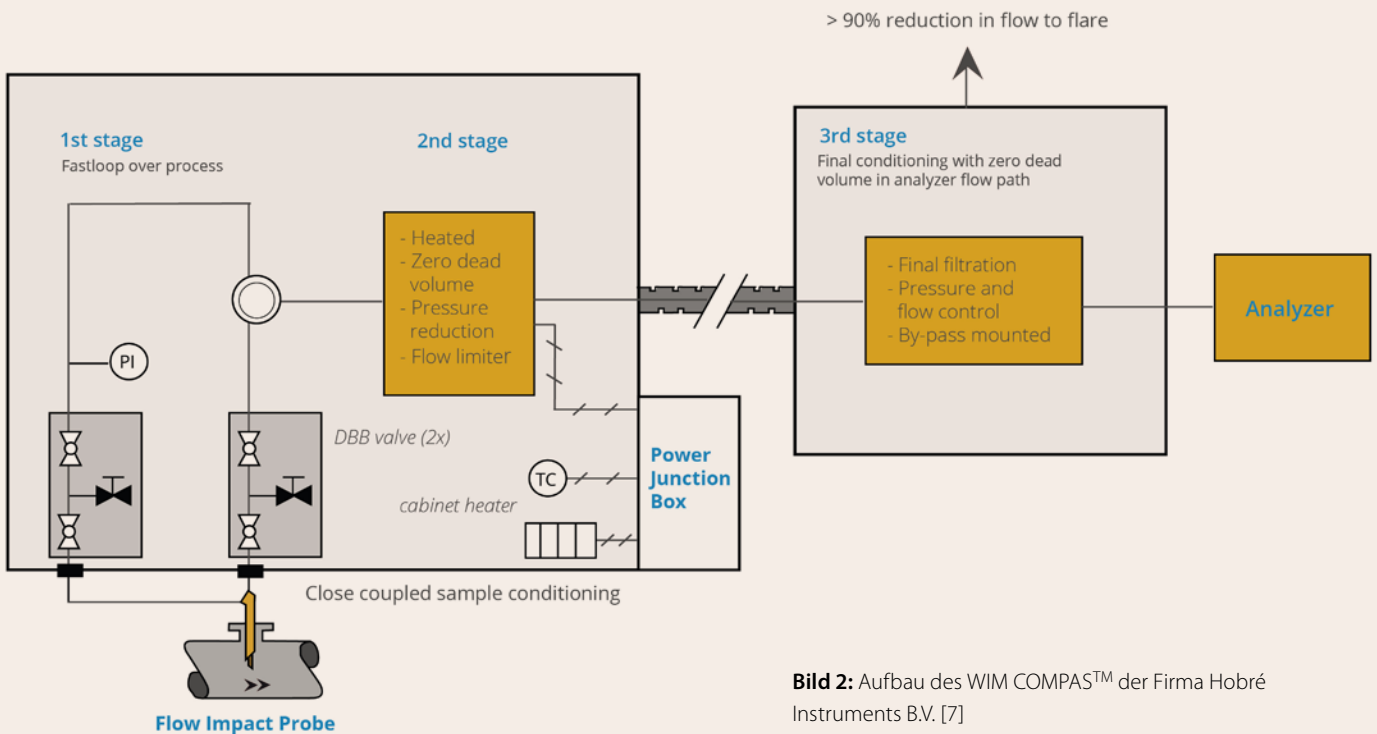


Bild 2: Aufbau des WIM COMPAS™ der Firma Hobra Instruments B.V. [7]

$$\text{Brennwert} = \text{Wobbe-Index} \cdot \sqrt{\text{relative Dichte}}$$

Aus diesem Zusammenhang wird klar: Wenn in dem Wobbe-Geber eine Dichte-Messung integriert wird, dann kann auch der Brennwert des Erdgases ermittelt werden. Wie eingangs bereits erwähnt, ist der hier eingesetzte Wobbe-Geber optimiert in Bezug auf die Reaktionszeit zur Bestimmung des Wobbe-Indexes. Das heißt, wenn das zu vermessende Gas am Gerät ansteht, dauert es 5 Sekunden, bis der Wobbe-Index bestimmt wurde.

Wie in Kapitel 3 in der Aufgabenstellung erläutert wurde, muss der Wobbe-Index innerhalb von 15 Sekunden (T_{90_Zeit}) ermittelt werden, um eine sichere Abschaltung bei der Überschreitung des Wobbe-Index zu gewährleisten. In dieser Zeitvorgabe ist aber auch die Transportzeit des Erdgases von der Entnahmesonde über die Druckreduzierstufe zum Wobbe-Geber mit inbegriffen. Das macht die gestellte Aufgabe umso komplexer. In **Bild 3** ist das gesamte analytische System für die schnelle Wobbe-Index-Messung veranschaulicht.

Das komplette analytische System zur Ermittlung des Wobbe-Index und des Brennwertes in einer Reaktionszeit von ≤ 15 Sekunden besteht ausfolgenden Teilschritten:

- Probenentnahmesonde mit Probenrückspülung (Flow Impact Probe)
- Druckreduzierung

- Finale Probenaufbereitung am Wobbe-Geber
- Wobbe-Geber mit integrierter Dichte-Messung

Die Probenentnahmesonde besteht aus zwei ineinander liegenden Rohren (**Bild 4**). Die Öffnung des äußeren Rohres ist parallel zur Durchflussrichtung gerichtet. Hingegen ist die Öffnung des inneren Rohres entgegen der Durchflussrichtung ausgerichtet. Das Erdgas in dem inneren Rohr hat eine höhere Strömungsgeschwindigkeit als das in der Erdgasleitung (Venturi-Effekt). Das entnommene Erdgas wird im Kreislauf über einen By-Pass-Filter geführt. An dem By-Pass-Filter wird ein Teilstrom des zu vermessenden Gases zur Druckreduzierung geleitet. Das überschüssige Erdgas gelangt über das äußere Probenentnahmerohr zurück in die Erdgas-Leitung. Dadurch wird eine ca. 90%ige Rückführung des Gases mit dieser speziellen Probenentnahmesonde im Verhältnis zu konventionellen Probenentnahmetechnik erreicht. Mit anderen Worten: Es wird erheblich weniger Erdgas in die Atmosphäre geleitet. Methan gehört zu den Treibhausgasen. Die durchschnittliche Verweildauer von Methan in der Atmosphäre ist zwar deutlich geringer als die von Kohlenstoffdioxid. Trotzdem macht es einen substantziellen Teil des menschgemachten Treibhauseffektes aus, denn Methan ist 25-mal so wirksam wie Kohlendioxid. Somit trägt die Probenentnahmesonde mit Rückführung dazu bei, den anthropogenen Anteil der Treibhausgase zu

reduzieren, auch wenn dieser Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgase nur klein ist.

An die Probenentnahmesonde schließt sich unmittelbar die Druckreduzierung an. Die Druckreduzierung ist in den Schutzschrank der Probenentnahme integriert. Dadurch wird das Totvolumen drastisch reduziert. Im Anschluss zur Druckreduzierung erfolgt der Transport des Gases zur finalen Probenaufbereitung. Diese Probenaufbereitung ist im Gehäuse des Analysators integriert. Der Transportweg sollte hier natürlich so kurz wie möglich sein, um eine sehr schnelle Ansprechzeit zu erreichen. Bei einer angestrebten Analysezeit von ≤ 15 Sekunden (T_{90} -Zeit) zählt sprichwörtlich jeder Meter.

Im Idealfall befindet sich der Wobbe-Geber direkt neben der Druckreduzierung, dies ist jedoch in den meisten Fällen nicht praktikabel. In der Installation in Rehden beträgt der Abstand zwischen der Druckreduzierung und dem Analysator ca. 10 m.

Die finale Probenaufbereitung, die ein integraler Bestandteil des Analysators ist, besteht im Wesentlichen aus By-Pass, Filterung und Umschaltung auf die Prüfgase zur Kalibrierung des Systems.

In **Bild 5** ist die Installation des Wobbe-Gebers und der Probenentnahmesonde mit Probenrückführung, wie

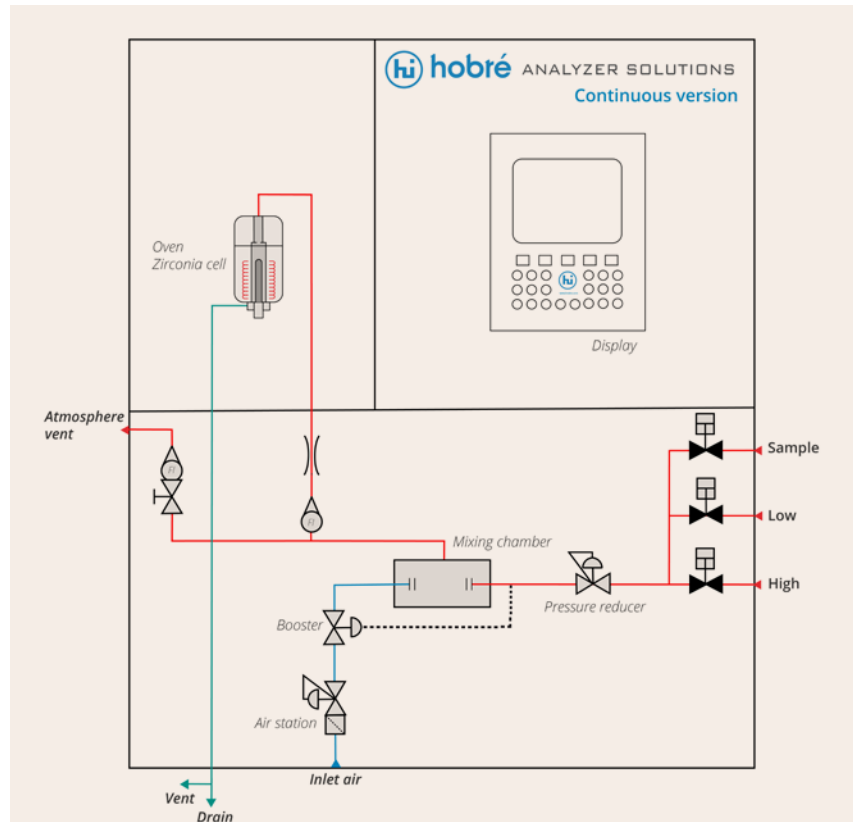


Bild 3: Gesamt analytisches System von Probenentnahme, Druckreduzierung bis hin zum Wobbe-Geber [7]



Bild 4: Probenentnahmesonde mit Erdgas-Rückführung in die Erdgasleitung [7]

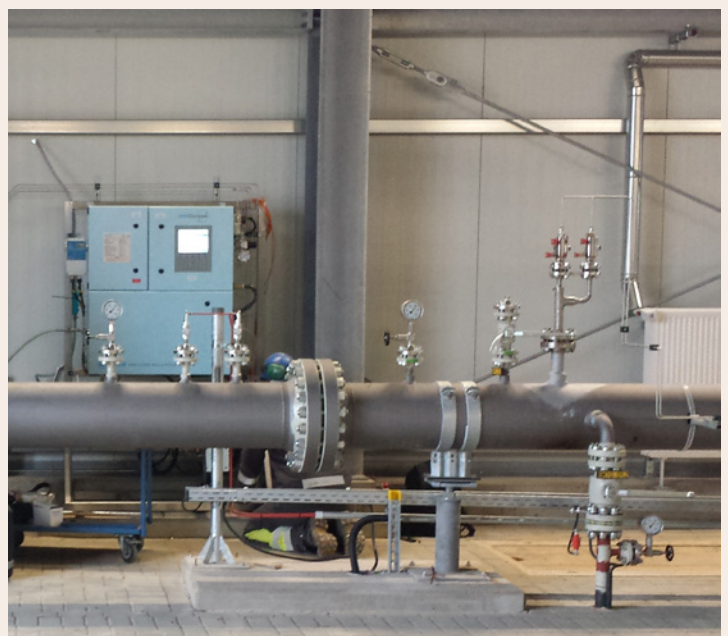


Bild 5: Installation des WIM COMPAS™ und der Entnahmesonde mit Probenrückführung in der Konvertierungsanlage Rehden [9]

diese in der Konvertierungsanlage in Rehden der NOWEGA GmbH zu sehen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Firma Metreg Solutions konnte mit Hilfe des schnellen Wobbe-Gebers in Verbindung mit der Probenentnahme mit Rückspülung ein System für eine Konvertierungsanlage (Konvertierung von H-Gas zu L-Gas Qualität) liefern und installieren. Diese Lösung stellt das Herzstück der Anlage dar, der Messwert des Wobbe-Gebers ist ausschlaggebend dafür, ob die Anlage abgeschaltet werden muss oder nicht. Die Konvertierungsanlage durchlief im Dezember 2015/Januar 2016 erfolgreich den Probetrieb. Sollten in Zukunft Konvertierungsanlagen benötigt bzw. errichtet werden, so kann auf die hier vorgestellte Lösung zur sehr schnellen Wobbe-Index bzw. Brennwertmessung (≤ 15 Sekunden) zurückgegriffen werden.

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei der Firma Nowega GmbH für die Unterstützung bei der Erstellung dieses Beitrages und bei der Firma Hobr  Instruments B.V. für die freundliche Überlassung der Bilder zum Messprinzip des Wobbe-Gebers und der Entnahmesonde mit der Probenrückführung.

Literatur

- [1] *Dietzmann, S.*: „Umstellung von Marktr umen von L-Gas auf H-Gas“, *gwf-Gas Erdgas*, 716-720, 2014
- [2] *Schumann, J.*: „Von „L“ nach „H“ – Gasmärkte im Zeichen sich verändernden Gasqualitäten“, *gwf-Gas Erdgas*, 828-832, 2013
- [3] *Roemer, S.; Mozgovoy, A.; Naendorf, B. und Albus, R.*: „Marktraumumstellung – L-H-Ger teanpassung“, *gwf-Gas Erdgas*, 722-729, 2014
- [4] Information der Firma Nowega GmbH
- [5] Bildnachweis: Nowega GmbH
- [6] „Natural gas – Measurement of properties – Calorific value and Wobbe index“, ISO 15971, 2008
- [7] Bildnachweis: Hobr  Instruments B.V.
- [8] *Altfeld, K. und Schley, P.* „Gasqualität und Verbrennungsrechnung“, in „gas2energy.net“; *Mischner, J.; Fasold, H.-G. und Heymer J.* (Hrsg.), DIV Deutscher Industrieverlag, 81-101, 2.  berarbeitete und erweiterte Auflage 2015
- [9] Bildnachweis: Nowega GmbH

Autor



Dr. Achim Zajc

Geschäftsführender Gesellschafter |
Metreg Solutions GmbH |
Butzbach
Tel.: +49 6033 9245 210 |
E-Mail: achim.zajc@metreg-solutions.de

Parallelheft gwf-Wasser | Abwasser

In der Ausgabe 04/2016 lesen Sie u. a. folgende Beiträge:

Bender/Jacob: Die Aussagekraft von Klimaprojektionen für zukünftige Herausforderungen der Trinkwasserversorgung in Deutschland

Peschke u. a.: Reaktionen von Flohkrebsen und Makrozoobenthos auf die Nachrüstung einer Kläranlage mit einer Pulveraktivkohlestufe

Zietz: Klinische Bleivergiftungen durch Trinkwasser – historische Fallh ufungen im deutschsprachigen Raum