

# Konzept für einen bi-direktional betriebenen Hochdruckprüfstand für eichpflichtige Gaszähler

**Jost Körte, Holger Waden, Charlotte Eberhardt, Uwe Hilpert und Michael Friedchen**

Regel- und Messtechnik, Hochdruckprüfstand, Ringprüfstand, closed loop, bi-direktionale Prüfungen, Messunsicherheit, Gebrauchsnormale, Prüfzähler, PTB, Eichen, Eichung, Kalibrierung, Rückführbarkeit, europäisches Hochdrucknormal für Gas, Prüfstrecken, Prüflaboratorium

Die Gastransport Nord GmbH (GTG Nord), Ferngasnetzbetreiber in Niedersachsen, beabsichtigt, einen neuen Hochdruckprüfstand für Gaszähler in Norddeutschland zu errichten. Das Besondere an diesem Prüfstand soll die Möglichkeit sein, Ultraschallgaszählerstrecken in den Nennweiten DN 80 bis DN 400 im Druckbereich von 8 bis 55 bar in einer Aufspannung bidirektional prüfen zu können. Dadurch wird es möglich sein die Prüfzeiten für die Zählerstrecken, die in Speichieranwendungen und in zukünftigen Netzanwendungen mit bidirektionalem Messbetrieb eingesetzt werden, in wesentlich kürzerer Zeit Hochdruck eichen zu können. Der Prüfstand ist Hersteller unabhängig und wird für die Prüfung von Turbinenradgaszählern und Ultraschallgaszählern sowohl für die in Verkehrbringung als auch für Eichungen eingesetzt werden können. Der Prüfstand wird als Prüflaboratorium nach ISO 17025 zugelassen werden und durch eine Kalibrierung der Normale durch die Physikalisch technische Bundesanstalt (PTB) rückführbar sein auf das europäische Hochdrucknormal für Erdgas.

## Concept for a bi-directionally operated high pressure test facility for custody transfer gas meters

Gastransport Nord GmbH (GTG Nord), a transmission network operator in lower Saxony, northern Germany, is intending to build a new high pressure test facility for custody transfer gas meters. The innovation of this new test facility will be to have the opportunity to calibrate Ultrasonic gas meters in diameters DN 80 to DN 400 for test pressures between 8 and 55 bar absolute pressure bi-directionally in one setup including the original inlet and outlet spool pieces. This will enable much shorter calibration times for a bi-directional calibration, which are being used in underground storage applications and in future interconnector bi-directional meter applications. The calibration facility is independently operated and can be used for initial and recalibrations of custody transfer ultrasonic and turbine gas meters of all manufacturers. The test facility will be approved as a flow calibration laboratory acc. to ISO 17025 and traceable to the European high pressure gas cubic meter, verified by the German metrological authority Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB).

### 1. Konzept

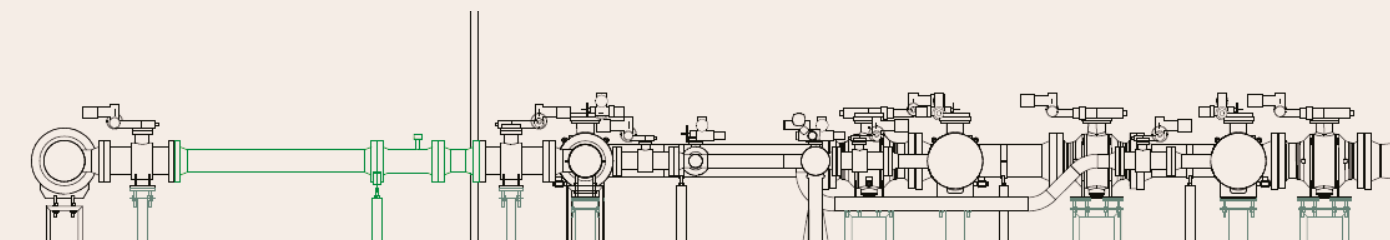
Das Konzept des Hochdruck Prüfstandes der GTG Nord mit bi-direktionaler Fahrweise beruht darauf, dass der Prüfstand als Ringprüfstand unabhängig vom Netzbetrieb der GTG Nord betrieben werden kann.

Die Betriebsbedingungen werden definiert mit

- Druckbereich:  $p_{\min}$  8 bar abs. bis  $p_{\max}$  55 bar abs.
- Durchflussbereich:  $Q_{\min}$  13 m<sup>3</sup>/h bis  $Q_{\max}$  10 000 m<sup>3</sup>/h,
- Prüftemperaturbereich:  $T_{\min} + 15$  °C bis  $T_{\max} + 25$  °C







**Bild 3:** Anordnung des Prüfstandes in einer horizontalen Ebene

lerten Gebrauchsnormalen betrieben werden. Durch den Parallelbetrieb der Normale wird eine Reduzierung der Messunsicherheit für den Durchfluss entsprechend des Fehlerfortpflanzungsgesetzes erreicht (**Bild 2**).

Für den optionalen zukünftigen Fall, dass der Prüfstand im unteren Durchflussbereich erweitert werden soll, werden zwei Anschlussstutzen mit der Nennweite DN 80 ANSI 600 vorgesehen, um in einem solchen Falle einen Turbinenrad- oder pulsationsreduzierten Drehkolbengaszähler als Gebrauchsnormal einzusetzen.

Die Gebrauchsnormalstrecken DN 100 und DN 250 werden strömungstechnisch symmetrisch zu den Prüfrecken angeordnet, so dass die Druckverluste über die Gebrauchsnormale in beiden bi-direktionalen Fahrweisen gleich sind, damit gleiche Prüfverhältnisse in beiden Prüfrichtungen bestehen.

#### 4. Durchflussregelung

Für den Betrieb wird der Prüfstand auf seinen statischen Betriebsdruck, entsprechend des geforderten Prüfdrucks während der Eichung oder Kalibrierung, befüllt. Der Durchfluss wird durch zwei einzeln oder parallel betriebene Hochdruckgebläse für den vorher dargestellten Betriebsbereich gewährleistet. Die Hochdruckgebläse werden durch frequenzgesteuerte Elektromotoren angetrieben, die im Druckgehäuse der Gebläse im Gasstrom laufen. Durch die Integration der elektrischen Antriebe im Druckgehäuse wird jeglicher Gasverlust über eine Wellendichtung ausgeschlossen.

Die Hochdruckgebläse mit den Wärmetauschern und der vorgelagerten mehrstufigen, durchflussgeregelten Kaltwasser Temperaturregelung bilden jeweils eigenständige thermodynamische Einheiten.

Die Antriebsleistung der Hochdruckgebläse wird über eine Durchflussregelung des Volumenstromes, gemessen an den Normalen, eingestellt. Durch die doppelte Auslegung der Hochdruckgebläse (bei halbiertes Maximalleistung) erreicht man ein günstigeres Regelverhalten, bei gleichzeitig geringerer Leistungsaufnahme und

zusätzlich eine Redundanz im Betrieb, bei Wartung oder Ausfall eines Gebläses, Wärmetauschers oder Kaltwasserzettes.

Da die Hochdruckgebläse einen stabilen Betriebsbereich zwischen der maximalen und minimalen Drehzahl von etwa 5:1 haben, wird für kleinere Durchflüsse ein „by-pass“ hinter den Ausgängen der Wärmetauscher und den Eingängen der Hochdruckgebläse aufgemacht, der über ein Mengenregelventil gesteuert wird, so dass ein konstanter Durchfluss am Normal oder am Prüfling eingestellt werden kann.

#### 5. Temperaturstabilität

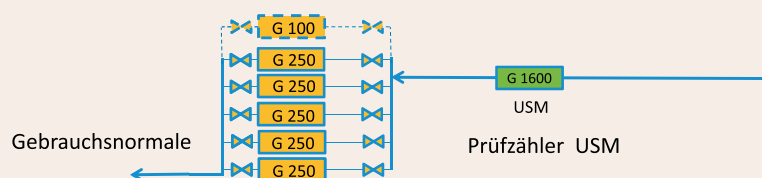
Das Prüfstandkonzept ist auf eine bestmögliche Temperaturstabilität ausgelegt. Temperaturstabilität ist für einen Ringprüfstand von entscheidender Bedeutung, da ein „closed loop“ Ringprüfstand ein adiabatisches System darstellt, so dass jede Temperaturänderung zu einer Druckänderung und Volumenänderung führen würde.

Um eine grundlegende Temperaturstabilität zu erreichen, wird der Prüfstand in einer geschlossenen Halle mit gleichmäßigen Temperaturen platziert. Die Halle kann geheizt werden. Die Prüftemperatur des Prüfgases kann zwischen + 15 °C und + 25 °C entsprechend der Hallentemperatur (je nach Jahreszeit und Umgebungstemperatur) eingeregelt werden. Die Differenztemperatur zwischen der Hallentemperatur und der Prüfgastemperatur beträgt maximal 1 °C, so dass während der Prüfung eines einzelnen Prüfpunktes von ca. 1 bis 2 Minuten praktisch kein Temperaturschwankungen stattfindet.

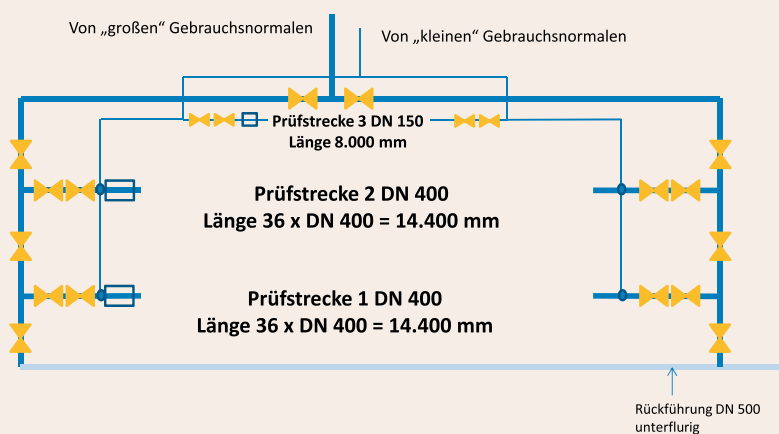
Um keine Einflüsse von Temperaturschichtungen innerhalb der Halle auf die Prüfergebnisse zu haben, ist der gesamte Prüfstand mit dem Bereich zwischen den Gebrauchsnormalen und den Prüfrecken in einer horizontalen Ebene aufgebaut (**Bild 3**). Dieses erfordert zwar eine etwas größere Fläche, aber die Temperaturstabilität für einen Ringprüfstand war Priorität. Der weitere Vorteil

dieser Anordnung ist eine optimale Wartungs- und Reparaturzugänglichkeit durch die freie Zugänglichkeit aller Normale und Absperrarmaturen.

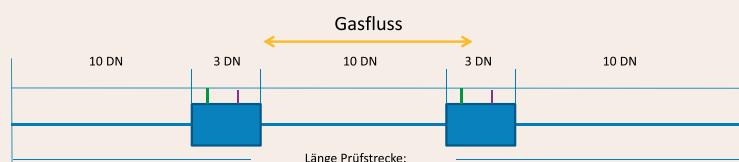
Um eine sehr konstante Temperatur mit einer Schwankungsbreite von maximal  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  im Prüfbereich des Ringprüfstandes zwischen Eingang der Gebrauchsnormale (Ausgang des Wärmetauschers) und Ausgang der Prüfstrecken (Eingang der Hochdruckgebläse) zu gewährleisten muss die durch die Hochdruckgebläse eingebrachte Enthalpie (Energie) direkt hinter dem Hochdruckgebläse durch einen entsprechenden Wärmetauscher wieder abgeführt werden. Die Wärmeabfuhr erfolgt über einen durchflussgeregelten Volumenstrom, der adaptiv, abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen Ausgangstemperatur auf der Druckseite des Hochdruckgebläses und der Solltemperatur auf der Eingangsseite der Gebrauchsnormale (Ausgangsseite des Wärmetauschers), geregelt wird



**Bild 4:** Parallele Turbinenradgaszähler Gebrauchsnormale mit vorgeschaltetem Ultraschallgaszähler als inline Prüfzähler



**Bild 5:** bi-direktionales Prüfstreckenkonzept (MuT – Meter under Test) mit Zuleitungen von den Gebrauchsnormalen



**Bild 6:** Auslegung der Prüfstreckenlänge

## 6. Redundanz und Betriebssicherheit

Der parallele Betrieb von Gebrauchsnormalen von nur zwei Nennweiten hat den weiteren Vorteil, dass bei Ausfall einzelner oder mehrerer Normalstrecken, der Prüfstand weiterhin in großen Bereichen weiter betrieben werden kann. Bei Ausfall von bis zu zwei Gebrauchsnormalstrecken DN 100 kann der Prüfstand weiterhin ohne Einschränkung der Messunsicherheit oder des gesamten Durchflussbereiches betrieben werden. Bei Ausfall einer Messtrecke DN 250 kann der Prüfstand immer noch mit 75% der maximalen Kapazität betrieben werden und eichtechnisch gültig immer noch Zähler mit einem  $Q_{\max}$  Durchfluss von  $10\,000\text{ m}^3/\text{h}$  geeicht ohne Einschränkungen der Messunsicherheit betrieben werden. Bei Ausfall von zwei Gebrauchsnormalen DN 250 kann der Prüfstand immer noch bis zu  $5\,000\text{ m}^3/\text{h}$  ohne Einschränkung der Messunsicherheit betrieben werden.

### 6.1 Überprüfungs-zählerstrecken

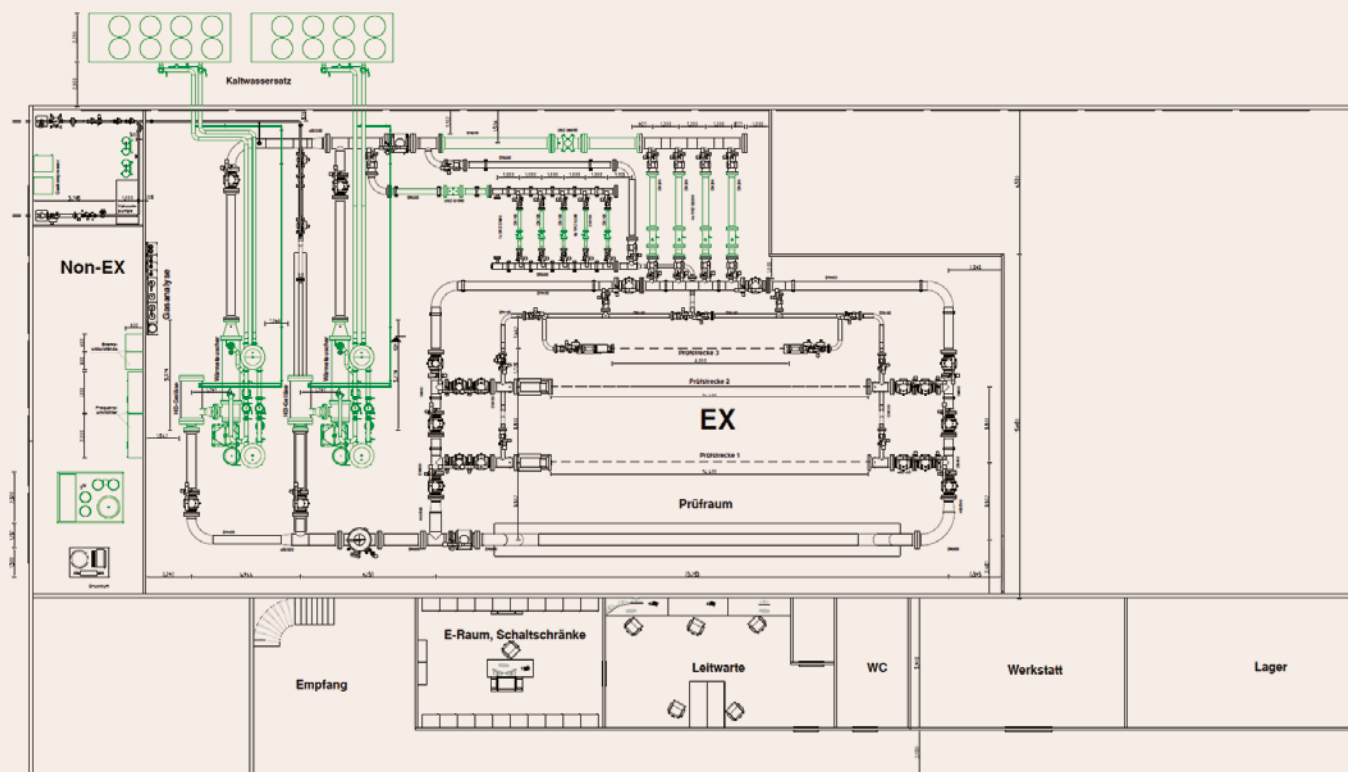
Vor den Einströmsammlern in Gebrauchsnormalstrecken DN 100 und DN 250 ist jeweils eine Prüfzählerstrecke mit einem Ultraschallgaszähler vorgeschaltet (**Bild 4**).

Die Ultraschallgaszähler als inline Prüfzähler mit einem völlig anderen physikalischen, statischen Messprinzip überprüfen die Gebrauchsnormalzähler jeweils über den kompletten Messbereich der Gebrauchsnormale im Einzel- oder Parallelbetrieb. Dadurch wird gewährleistet, dass jede Veränderung der mechanischen Gebrauchsnormale permanent und automatisch überwacht und gemeldet werden kann. Die Ultraschallgaszählerprüfstrecken haben zusätzlich die Eigenschaft, dass sie auch mit Ein- und Auslaufröhren keinen zusätzlichen Druckverlust erzeugen, verglichen mit einer geraden Einlaufstrecke gleicher Nennweite, was für einen Ringprüfstand von großer Wichtigkeit ist um den Druckverlust und damit die notwendige Antriebsleistung der Gebläse nicht unnötig zu erhöhen.

Die Kontrollnormalstrecken werden im Rahmen der Erstkalibrierung des Prüfstandes mit Transfornormalen vor Ort im Prüfstand bei unterschiedlichen Drücken einkalibriert.

Mit den Ultraschallgasprüfzählern besteht zusätzlich, aufgrund ihrer sehr schnellen Messung und der Analysefähigkeiten, die Möglichkeit das Profil des Gasstromes in der Messebene darzustellen und Pulsationen, die eventuell aus den Hochdruckgebläsen und Wärmetauschern entstehen könnten, zu detektieren und darzustellen. Aufgrund der Ergebnisse könnten zusätzliche Gegenmaßnahmen mit schalldämpfenden Elementen vorgesehen werden.

Bei einem sehr unwahrscheinlichen Ausfall von mehreren Gebrauchsnormalstrecken, könnten die Ultraschallgaszähler mit Zustimmung der Eichbehörde und der PTB als Ersatznormale benutzt werden.



**Bild 7:** Layout des Hochdruckprüfstand-Konzeptes für bi-direktionale Prüfungen der GTG Nord GmbH

## 6.2 Kontrollnormalstrecken

Der Prüfstand wird mit einem Satz von Kontrollnormalen ausgestattet, die den gesamten Durchfluss- und Druckbereich des Prüfstandes abdecken. Die Kontrollnormale werden für regelmäßige Kontrollen der Gebrauchsnormale im Prüfstand verwendet und für Vergleichsmessungen mit anderen Hochdruckprüfständen. Mit den inline Überprüfungs-zählern und den Kontrollnormalen wird der Hochdruckprüfstand der GTG Nord jederzeit eigene Überprüfungen und Vergleiche mit anderen Hochdruckprüfständen durchführen können, um die Stabilität der Prüfergebnisse jederzeit nachweisen zu können.

Der Prüfstand wird mit zwei Kontrollnormalstrecken mit Turbinenradgaszählern der Größen

- G 250 Nennweite DN 100  $Q_{\min} = 13 \text{ m}^3/\text{h}$   
bis  $Q_{\max} = 500 \text{ m}^3/\text{h}$
- G 1600 Nennweite DN 250  $Q_{\min} = 125 \text{ m}^3/\text{h}$   
bis  $Q_{\max} = 2500 \text{ m}^3/\text{h}$

und einer bi-direktionalen Kontrollnormalstrecke mit einem Ultraschallgaszähler der Größe

- G 6500 Nennweite DN 400  $Q_{\min} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$   
bis  $Q_{\max} = 10000 \text{ m}^3/\text{h}$

ausgestattet. Die Kontrollnormale werden in der gleichen Ausführung und nach gleicher Spezifikation hergestellt wie die Gebrauchsnormale.

## 6.3 Prüfstrecken (Meter under Test)

Um einen fast unterbrechungsfreien, gleichmäßigen Prüfbetrieb mit möglichst hoher Kapazität zu ermöglichen wird der Prüfstand insgesamt drei Prüfstrecken (2x DN 400, 1x DN 150) ausgestattet (**Bild 5**).

Die Prüfstrecken können unabhängig voneinander jeweils bi-direktional oder uni-direktional betrieben werden. Während auf einer Prüfstrecke kalibriert wird, können die jeweils anderen Prüfstrecken mit der vorbereiteten nächsten Prüfstrecke bestückt und zur Prüfung vorbereitet werden. Die vorzubereitenden oder zu demontierenden Prüfstrecken werden in einem separaten Vor- und Nachbereitungsplatz außerhalb des Prüfbereiches mit den Ein- und Auslaufstrecken montiert oder demontiert. Die maximale Länge der Prüfstrecke wird entsprechend der Konfiguration (**Bild 6**) für eine DN 400 bi-direktionale Messstrecke mit zwei inline in Serie angeordneten Ultraschallgaszählern ausgelegt und wird 14400 mm betragen.

Die Prüfstrecken können von den Gebrauchsnormalen symmetrisch von beiden Seiten gleich bi-direktional angefahren werden. Die Durchflussrichtung wird dabei durch Absperrarmaturen entsprechend geschaltet. Um mögliche „Orgelpfeifeneffekte“ zu verhindern sind die Absperrungen der unterschiedlichen Fahrwege beidsei-

tig ausgeführt. Diese Ausführung ist zwar von der Investition höher, dient aber einer verbesserten Messtechnik und geringeren Messunsicherheit des Prüfstandes. Für die Berücksichtigung möglicher „Linepack- Effekte“ zwischen Gebrauchsnormalen und den Prüflingen ist ein bestmöglicher Kompromiss gesucht worden, unter Berücksichtigung der Symmetrieanforderungen für die bi-direktionalen Prüfmöglichkeiten, ausreichend langer Prüfstrecken für die Prüfung kompletter Prüfstrecken und einem möglichst geringen Leitungsvolumen zwischen Gebrauchsnormalen und Prüfling. Um den Effekt insbesondere bei kleineren Zählergrößen und kleinen Durchflüssen zu verbessern werden die Prüfstrecken direkt mit einer deutlich kürzeren Rohrleitungsstrecke DN 150 von den „kleinen“ Gebrauchsnormalen verbunden werden.

#### 6.4 Gasbeschaffenheitsmessung

Das zur Prüfung verwendete Gas wird entsprechend Bedarf für die Prüfungen dem Hochdrucknetz über eine Gasdruckregelstation entnommen. Das Prüfgas wird nach der Prüfung dem Ortgasnetz bis zum minimal möglichen Druck wieder zugeführt. Während des Prüfbetriebes ist die Anlage nicht mit den öffentlichen Erdgasnetzen verbunden. Vor Öffnung der Prüfstrecken müssen diese mit Stickstoff inertisiert, gespült und anschließend drucklos gemacht werden. Durch das regelmäßige Öffnen und Schließen der Prüfstrecken besteht die Möglichkeit, dass es zu Veränderungen der Gasbeschaffenheit und zum Einschleichen von Feuchtigkeit oder Spuren von Sauerstoff oder anderen Verunreinigungen kommt. Die Gasbeschaffenheit wird regelmäßig vor jeder Prüfung durch einen Prozessgaschromatographen auf die Zusammensetzung, auf Bestandteile von Sauerstoff, sowie Wasser- und Kohlenwasserstoff Taupunkte gemessen und überprüft.

#### 7. Zusammenfassung und Ausblick

Das Konzept für einen neuen Hochdruckprüfstand für Gas für die GTG Nord GmbH wird als Ringprüfstand mit einem Prüfdruck von 8 bara bis 55 bara und einem Durchfluss bis 10 000 m<sup>3</sup>/h ausgelegt (**Bild 7**).

Die herausragende Innovation wird der bi-direktionale Prüfbetrieb sein, der die Prüfzeiten für bi-direktional betriebene Ultraschallzähler auf einen Bruchteil bisheriger Prüfzeiten reduzieren wird. Durch das konsequent auf die Messtechnik ausgelegte Konzept unter Berücksichtigung der betrieblichen Anforderungen, insbesondere auf Redundanz der Gebrauchsnormale und aller Schlüsselkomponenten, wird eine hohe Kapazität und Verfügbarkeit bei sehr guter Messunsicherheit erwartet. Die zusätzliche Prüfkapazität und der Standort im nordwestlichen Niedersachsen werden die Versorgung mit

Hochdruckprüfungen verbessern und die Wartezeiten, völlig unabhängig von der Saison aufgrund des Ringprüfstandes, deutlich verbessern.

Es ist vorgesehen, dass der Prüfstand im Herbst 2016 in den Bau geht und ab Anfang 2018 den Betrieb aufnehmen wird.

#### Autoren



Dipl.-Ing. **Jost Körte**  
Metreg Solutions GmbH |  
Butzbach |  
Tel.: +49 6033 92452 10 |  
E-Mail: jost.koerte@gmx.de



Dipl.-Ing. **Holger Waden**  
Prokurist – Leiter Ressort Technik |  
Gastransport Nord GmbH |  
Oldenburg |  
Tel.: +49 441 20980 101 |  
E-Mail: holger.waden@gtg-nord.de



**Charlotte Eberhard, B. Com.**  
Gastransport Nord GmbH |  
Oldenburg |  
Tel.: +49 441 20980 101 |  
E-Mail: charlotte.eberhard@gtg-nord.de



Dipl.-Ing. **Uwe Hilpert**  
Prüfstellenleiter |  
Gastransport Nord GmbH  
Oldenburg |  
Tel.: +49 441 20980 210 |  
E-Mail: uwe.hilpert@gtg-nord.de



**Michael Friedchen**  
Geschäftsführender Gesellschafter |  
Metreg Solutions GmbH |  
Butzbach |  
Tel.: +49 6033 92452 11 |  
E-Mail:  
michael.friedchen@metreg-solutions.de