

# H<sub>2</sub>-Tauglichkeit des Ferngasnetzes der Open Grid Europe

Status, erforderliche Anpassungen und Fahrplan zur Umsetzung

**Daniel S. Bick und Arnd Schmücker**

Gasnetz, Ferngasnetz, Gasversorgung, Wasserstofftauglichkeit

Die Wasserstofftauglichkeit eines Gasversorgungsnetzes muss vor dem Transport von Wasserstoff analysiert werden, unabhängig davon ob dieses Gas dem Erdgas zugemischt wird oder bestehende Leitungen für den Transport von reinem Wasserstoff zukünftig genutzt werden. Diese Tauglichkeitsbewertung umfasst systemische Aspekte und die Untersuchung aller Bauteile, die in Kontakt mit Wasserstoff kommen können sowohl was ihre Funktionalität als auch die Wasserstofftoleranz der verwendeten Materialein anbetrifft. Mit diesem Papier wird das Konzept vorgestellt, das von der Open Grid Europe verfolgt wird, um ihr Erdgasnetz für beide Transportoptionen vorzubereiten, sowie die bereits erfolgten ersten Schritte, die zu dessen Umsetzung eingeleitet wurden.

## H<sub>2</sub>-suitability in the transmission grid of Open Grid Europe – Status, future adjustments and implementation plan

The hydrogen compatibility of Natural Gas Pipeline Networks shall be examined prior to either blending H<sub>2</sub> into a NG-Grid or using existing pipelines for transportation of pure hydrogen. This suitability assessment covers systemic and technical aspects of all parts that get in contact with H<sub>2</sub> as far as their functionality and the H<sub>2</sub> compatibility of employed materials is concerned. The paper introduces the approach Open Grid Europe has selected and the actions already commenced to make the existing grid fit for both alternatives of H<sub>2</sub> transport.

### 1. H<sub>2</sub>-Tauglichkeit – Was ist das?

Für die Energieversorgung der Zukunft werden erneuerbare Gase eine entscheidende Rolle spielen. Vor allem Wasserstoff, der als Produkt der Wasserelektrolyse auch dezentral mit erneuerbarem Strom erzeugt werden kann, wird neben anderen erneuerbaren Gasen wie SNG oder Biogas zu einem Energieträger werden, der von der Stelle der dezentralen Erzeugung bis zu einem Verbraucher gelangen muss, wofür sich bei größeren Mengen oder längeren Strecken der leitungsgebundene Transport anbietet. Neben der dezentralen Lage der Erzeugung muss jedoch ein weiterer Aspekt bei der Herstellung erneuerbarer Gase betrachtet werden: das volatile Aufkommen von erneuerbarem Strom, der beispielsweise in Elektrolyseanlagen für die Erzeugung von grünem Wasserstoff

benötigt wird. Somit ergeben sich systemisch betrachtet zwei große Unterschiede zu einem herkömmlichen Erdgasnetz. Erdgas wird von vereinzelt Punktquellen (Entry) in ein Transportnetz eingespeist. Die Fördermenge ist regulierbar und zumeist in der verfügbaren Menge unabhängig von externen Einflüssen wie der Wetterlage oder der Tageszeit. Zudem existiert bereits eine Speicher-Infrastruktur, die, eingebettet in die Infrastruktur des Gasnetzes, Lieferengpässe ausgleichen kann. Betrachtet man die Tauglichkeit dieses Netzes für Wasserstoff, ergeben sich systemische Aspekte, die eine Anpassung des Netzes für den Transport von Wasserstoff erforderlich machen. Der Transport von Wasserstoff in den Stahl-Pipelines des Erdgasnetzes birgt z. B. technische Fragestellungen, die auf den chemischen und physikalischen Eigenschaften des

Gases Wasserstoff basieren. Die technischen Fragestellungen teilen sich weitgehend in zwei große Bereiche auf. Zum einen in die Frage, ob alle Komponenten des Systems Wasserstoff tolerieren, in den Aspekten Funktion und Materialtauglichkeit. Zum anderen müssen alle Prozesse im Zusammenhang mit dem Betrieb der Leitung hinterfragt werden. Entsprechend dieser Themengebiete ist die nachfolgende Betrachtung gegliedert.

### 1.1 Einspeisung von Wasserstoff in den Erdgasstrom – Blending

Zunächst sollte jedoch klargestellt werden, dass man grundlegend unterschiedliche Arten des Wasserstofftransports denken kann. Betrachtet man das bestehende Erdgasnetz, ist Erdgas als Trägermedium in ausreichender Weise vorhanden, um gewisse Mengen Wasserstoff beimischen zu können. Der obere Konzentrationsgrenzwert von Wasserstoff hängt sowohl von den technischen Eigenschaften des Netzes als auch von den Anforderungen der Anschlussnehmer an die Gasqualität ab. Hierbei muss zwischen Transport- und Verteilnetz unterschieden werden. Eine viel diskutierte Hürde sind 10 Vol.% Beimischung von Wasserstoff, bei welcher die Begleitkomponente im Gasgemisch zur Hauptkomponente wird.

Faktisch bleibt jedoch ein dominierender Erdgasstrom im Gasnetz, dem ein Volumenanteil an Wasserstoff beigegeben werden kann. Hierbei sinkt der Energiegehalt pro Volumen, aber auch der energiespezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Die Zumischung von Wasserstoff wird Blending genannt.

### 1.2 Transport von reinem Wasserstoff im Erdgasnetz

Alternativ zum Blending kann Wasserstoff auch als Reinstoff in Erdgasleitungen nach einer entsprechenden Nutzungsänderung transportiert werden. Für den reinen Wasserstoff sind Gasqualitäten im Bereich der ISO/DIS 14687 bis hin zur DIN EN 17124 in der aktuellen Diskussion. In Reinform hat Wasserstoff weitere Anwendungsgebiete, die sich mit einem Blending nach Kapitel 1.1 abdecken lassen. Hierzu zählen vor allem Brennstoffzellenanwendungen in der Mobilität und neue Anwendungen für Stahlwerks- und Raffinerieprozesse.

## 2. Systemische Aspekte der Wasserstofftauglichkeit

### 2.1 Blending

Blending im Transportnetz birgt Vor- und Nachteile. Angefangen mit der Einspeiseanlage, können theoretisch auf manchen Transportleitungen mit hohem Volumenstrom ebenso hohe Volumina Wasserstoff eingespeist werden. Der somit vorhandenen H<sub>2</sub>-Transportkapazität und der damit verfügbaren Menge erneuerbarer Gase stehen jedoch

mehrere Nachteile gegenüber. Gerade in den Sommermonaten, wenn der Verbrauch gering ist und die Speicher gefüllt sind, kann es zu sehr geringen Flüssen kommen. Der geringe Transportvolumenstrom mindert die maximale Einspeisemenge – und das zu einer Zeit, in der regenerativer Solarstrom in großer Menge vorhanden ist.

Das Blending muss unter der Prämisse erfolgen, ein gemischtes Gas bis zur jeweilig anerkannten maximalen Wasserstoffkonzentration zu erzeugen. Es besteht die Gefahr, dass, sollte man diesen Aspekt nicht berücksichtigen, sich Wasserstoff hinter dem Einspeisepunkt sammelt und die anerkannte Maximalkonzentration überschreitet. Diesen Gaspfropfen mit dem davor und dahinter in der Erdgasleitung stehenden Erdgas zu vermischen stellt eine technische Schwierigkeit dar und sollte unbedingt vermieden werden. Dieses Problem lässt sich auf die stark vermaschten Verteilnetze übertragen. Pfropfenbildung und Pendelzonen mit höheren Wasserstoffkonzentrationen sind auch hier nicht zulässig.

Zudem ist neben der Maximalkonzentration auch die Variabilität der Wasserstoffkonzentration ein wichtiger Faktor. Ist aufgrund der Abnehmer eine konstante Wasserstoffkonzentration notwendig, steht das der volatilen Erzeugung und Einspeisung entgegen. In solchen Fällen können nur Pufferspeicher für eine Kopplung der einspeisbaren Wasserstoffmenge mit der Wasserstoffherzeugung sorgen. Wenn im Transportnetz das Blending auf wenige Prozentpunkte eingeschränkt wird können gezielte, konstante Mischungen von Wasserstoff und Erdgas in nachgelagerten Verteilnetzebenen leichter umgesetzt werden. Ein Beispiel hierfür ist die Wasserstoffeinspeisung in die DEUDAN bei Haurup in Schleswig-Holstein (DEUDAN, Gasunie und OGE), wo überschüssiger Windstrom für die Produktion von Wasserstoff eingesetzt wird. Der Aspekt der späten Zumischung wird vor allem interessant, sollte sich ein separates Transportnetz für reinen Wasserstoff entwickeln.

### 2.2 Reiner Wasserstoff

Erdgaspipelines können auf den Transport von Wasserstoff umgestellt werden. Dies zeigt eine aktuelle Studie, die Open Grid Europe gemeinsam mit dem TÜV Nord am Beispiel einer konkreten Leitung durchgeführt hat. Betrachtet man reine Wasserstoffinfrastrukturen, verlieren die Einwände zu dezentralen Einspeisungen und volatiler Herstellung ihre Bedeutung. Ein Wasserstofftransportnetz hat die gleichen Vorteile wie es von einem Erdgasnetz bekannt ist: durch Linepack im Rohrnetz und die eingebundenen Speicher ist eine Energiespeicherung über Monate möglich. Entsprechend kann Wasserstoff dann produziert werden, wenn erneuerbarer Strom im Überschuss vorhanden ist, und auch dann genutzt werden, wenn kein Wind weht und die Sonne nicht scheint.

### 3. Technische Aspekte der Wasserstofftauglichkeit

#### 3.1 Komponenten

Die Bewertung der Wasserstofftauglichkeit von Pipelines auf Komponentenebene beschränkt sich auf die Bewertung der Materialtauglichkeit und den Erhalt der Funktion, die diese Komponente im Gasnetz erfüllen.

##### 3.1.1 Material

Ob ein Material für die Verwendung in Wasserstoffatmosphäre geeignet ist muss zwingend überprüft werden, um die Integrität der Leitung oder Anlage weiterhin zu gewährleisten.

##### 3.1.1.1 Stahl

Für Stahlwerkstoffe müssen mehrere Aspekte betrachtet werden. Diese Aspekte sind:

1. Streckgrenze  $\leq 800$  MPa
2. Bekannte Defekte (z. B. Risse im Werkstoff oder Schweißnahtfehlstellen)
3. Belastung durch (hohe) Drucklastwechsel und Belastungsrichtung
4. Aktuelle Wandstärke

Hierfür ist der Grund im Effekt der Wasserstoffversprödung zu suchen. Betrachtet man einen Pipelinewerkstoff im Betrieb, ist er meist mit einer nativen Oxidschicht bedeckt und damit geschützt. Ist im Werkstoff nun ein Defekt vorhanden, wie beispielsweise ein Riss, wird dieser Riss durch einen Drucklastwechsel weiter geöffnet. Hierbei wird auch die native Oxidbedeckung aufgebrochen und die blanke Werkstoffoberfläche liegt frei. Ist nun Wasserstoff in molekularer Form im Transportgas enthalten, kann das Wasserstoffmolekül an der blanken Metaloberfläche absorbieren. Das an der Metaloberfläche absorbierte Wasserstoffmolekül hat es nun energetisch leichter, sich in seine atomaren Bestandteile, also zwei Wasserstoffatome aufzuteilen. Wasserstoffatome sind so klein, dass sie Zwischengitterplätze des metallischen Werkstoffes besetzen können und somit in das Material eindringen. Der Werkstoff steht nach Eindiffusion von atomarem Wasserstoff unter zusätzlicher Spannung. Diese Spannung erhöht die Risswachstumsgeschwindigkeit im Material und der Riss wird größer. Dieser Effekt wird, betrachtet man die Leitungsintegrität, kritischer, je höher die Streckgrenze des Werkstoffes, je größer der vorhandene Defekt, je höher der Drucklastwechsel und je dünner die aktuelle Wandstärke des betrachteten Werkstückes ist. Die Betrachtung der Lebensdauer muss entsprechend angepasst werden.

Die Permeabilität, also die Durchlässigkeit, des Werkstoffes für Wasserstoff ist ebenfalls ein viel diskutiertes Thema. Hierbei kann festgehalten werden, dass Wasser-

stoff theoretisch in der Lage ist, in atomarer Form auch durch den Werkstoff hindurch zu gelangen und dort wieder zu einem Molekül zu rekombinieren. Die Gesamtmenge hierbei ist jedoch verschwindend gering und nicht sicherheitsrelevant.

##### 3.1.1.2 Dichtungsmaterialien

In Gastransportnetzen sind neben metallischen Dichtungen auch Kunststoffe und Grafit als Dichtmaterialien eingesetzt. Zudem werden zur Schmierung und Abdichtung von Armaturen Fette eingesetzt, die ebenfalls unter die Kategorie der Dichtmaterialien fallen.

Die meisten der bekannten Elastomere, die als Dichtwerkstoffe eingesetzt werden, sind als Dichtwerkstoffe und als wasserstoffresistent bekannt (frei verfügbare Herstellerangaben). Lediglich die Permeabilität von Wasserstoff durch das Dichtungsmaterial muss betrachtet werden. Die Permeabilität ist hier höher als bei metallischen Werkstoffen, jedoch sind die zu betrachtenden Austrittsflächen sehr gering.

Die Auswirkungen von Wasserstoff auf Fette ist aktuell Gegenstand der OGE-Untersuchung. Aus der Literatur sind austrocknende Effekte bekannt. Auch die Eignung von Grafit ist noch nicht abschließend geklärt. Gerade in Stopfbuchsen wird Grafit als Teil der Stopfbuchspackung eingesetzt.

##### 3.1.2 Funktion

Ist eine Armatur für Erdgas dicht, ist sie, sollten die verwendeten Materialien wasserstoffverträglich sein, auch für Wasserstoff-Erdgas-Mischungen dicht. Entsprechend ist die Funktion der Armatur langfristig für ihre Lebensdauer, in ihrer Dichtigkeit nach Außen und im Durchgang, aus Gründen der Integrität zu betrachten. Auch im Falle einer Leitung ist diese Betrachtung noch recht einfach durchzuführen.

Geht es jedoch an verfahrenstechnische Komponenten, ist im Falle des Blendings zu betrachten, wie sich die verfahrenstechnischen Parameter durch die Wasserstoffbeimischung ändern.

Ein großer zu untersuchender Punkt sind die Gasturbinen, die als Antriebe der Verdichter auf Transportnetzebene dienen. Viele der Maschinen sind nicht für höheren Wasserstoffgehalt im Brenngas ausgelegt und ändern dadurch ihre Verbrennungs- bzw. Emissionseigenschaften

### 4. Status und Fahrplan zur Umsetzung

Die Tauglichkeit des Transportnetzes der Open Grid Europe wird im Rahmen eines Projektes zur Herstellung der Wasserstofftauglichkeit bewertet. Hierbei geht es um die technische Machbarkeit einer 10Vol.% Wasserstoff-Beimi-

schung im Erdgas im gesamten Leitungsnetz inkl. Verdichteranlagen der Open Grid Europe. Zudem werden Beispielsysteme angesehen, die sich für die Umstellung auf 100 % Wasserstoff eignen. Diese Aktivitäten begleiten aktuelle Projektvorhaben (Projekt hybride, Projekt Real-labor Westküste100, H2morrow) in Ihrer Planung und Umsetzung. Der Fahrplan zur Umsetzung geht den Weg über die Clusterung und Gruppierung von häufig verbauten Teilsystemen, die in ihrer Materialtauglichkeit und Funktion für den Wasserstoffeinsatz bewertet werden. Auf der Basis dieser Erkenntnis werden Modelle entwickelt, um die Transformation des gesamten Assets abzubilden. Hierbei wird der Kontakt zu den Herstellern der Komponenten sowie zu anderen Netzbetreibern gesucht, um die große Vielfalt der Eignungsprüfungen gemeinsam bewältigen zu können.

#### Autoren

Dr. **Daniel S. Bick**

Open Grid Europe GmbH |  
Essen |  
Tel.: +49 201-3642-18872 |  
daniel.bick@open-grid-europe.com

Dr. **Arnd Schmücker**

Open Grid Europe GmbH |  
Essen |  
Tel.: +49 201 3642-18700 |  
arnd.schmuecker@open-grid-europe.com