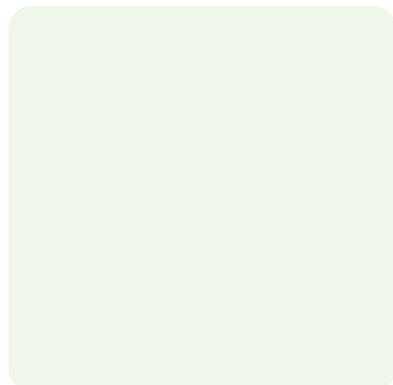
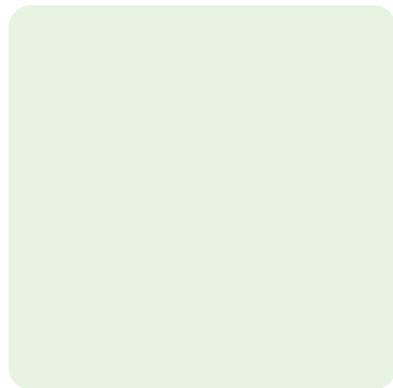
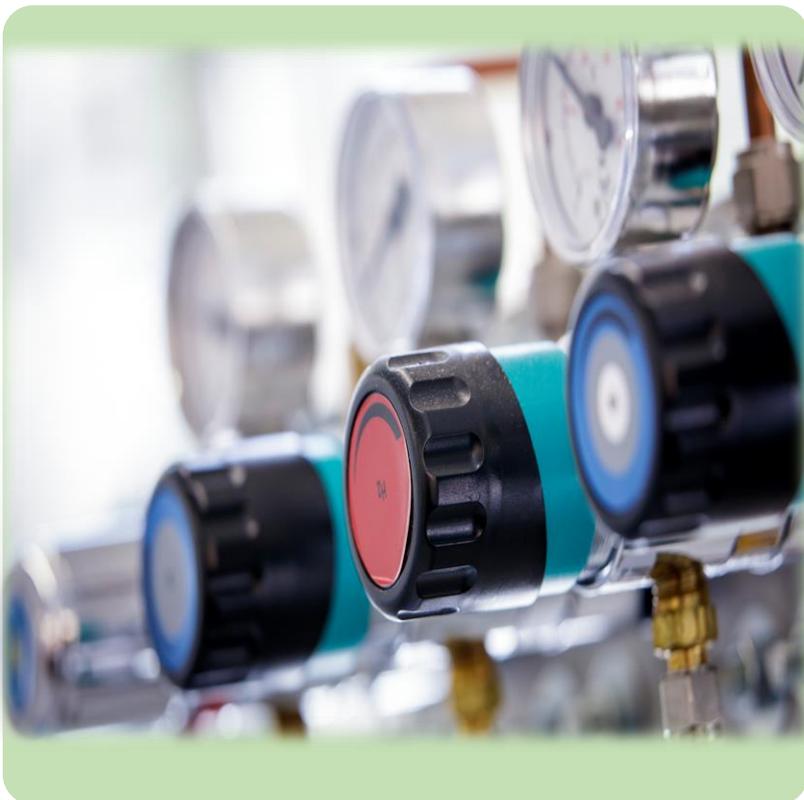
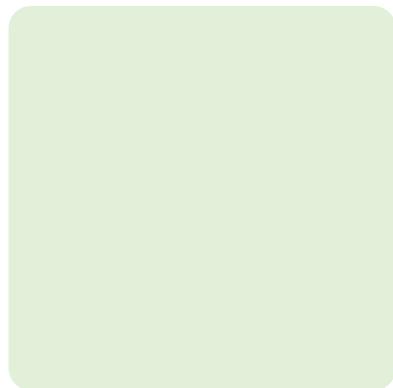
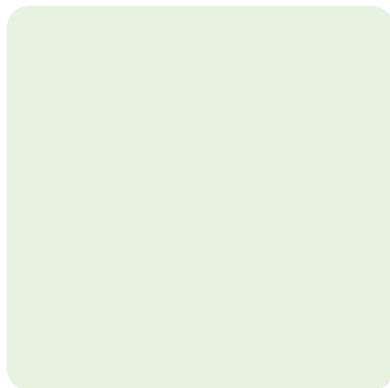


Einspeisebegehren Wasserstoff

Anforderungen an und Auswirkungen auf die Gasversorger eines Wasserstoffeinspeisebegehrens im Vergleich zur Biomethaneinspeisung

Abschlussbericht



Studie

Wasserstoffqualität

Erstellt im Auftrag von

Gaswirtschaftlicher Beirat

Durchführung

Udo Lubenau

Udo.Lubenau@dbi-gruppe.de

T +49 341 2457-160

Kontakt

DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg

Karl-Heine-Straße 109/111

D-04229 Leipzig

www.dbi-gruppe.de

Leipzig, den 19.11.2021

Inhalt

Tabellenverzeichnis	4
Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung	7
2 Einspeisung von Gasen in Bestandsnetze	8
2.1 Grundlagen	8
2.2 Positionspapier der Bundesnetzagentur (2014)	9
2.3 Wasserstoffzumischung	10
2.4 Wasserstoffnetze	10
3 Netzanschlussbegehren	11
3.1 Aktivitäten des DVGW	11
3.2 Prüfung eines H ₂ -Netzanschlussbegehrens – formaler Ablauf	11
3.3 Fragestellungen an den Netzanschluss-Antragsteller	12
3.4 Prüfung des Netzanschlussbegehrens	13
3.5 Anmerkungen und Probleme	14
4 Qualitätsanforderungen bei H ₂ -Zumischung	15
4.1 Anforderungen der PTB	15
4.2 Messung und Abrechnung	16
5 Bewertung eventueller Referenzfälle, Schlussfolgerungen aus der Praxis	17
5.1 Zumischung von 2 Mol-% Wasserstoff zu Erdgas	17
5.2 Höhere Zumischungen von Wasserstoff	18
5.3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	19
6 Literaturverzeichnis	20

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unterschiede Wasserstoff und Biomethan bei Einspeisung	12
Tabelle 2: Aussagen der Industrie zu Wasserstoffanteilen im Erdgas [9].	15

Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis

BNetzA	Bundesnetzagentur
CCS	Carbon Capture and Storage
GasNZV	Gasnetzzugangsverordnung
Gruppe A	Wasserstoffqualität ≥ 98 Vol.-% (siehe G 260)
Gruppe D	Wasserstoffqualität $\geq 99,97$ Vol.-% (siehe G 260)
GÜP	Grenzübernahmepunkt
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
PGC	Prozessgaschromatograph
TK	Technisches Komitee
UGS	Untergrundgasspeicher

1 Einleitung

Die Einspeisung von Biogas folgt definierten Regularien. Diese Regularien werden von den Gasversorgern inzwischen routiniert umgesetzt und sind technisch und rechtlich klar. Hinsichtlich der Einspeisung von Wasserstoff werden gerade Regularien definiert. Der TK Gasbeschafftheit hat einen Arbeitskreis „Einspeisebegehren Wasserstoff“ G-PK 2.1.22 gebildet, der im Februar 2021 seine Arbeit aufnahm.

Ziel des PK ist es, ein Ablaufschema für ein Prüfprozedere für Einspeisebegehren von Wasserstoff auf Basis der aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen und Erläuterungen in Zusammenarbeit mit der BNetzA zu erarbeiten. Vertiefte Diskussionen zu Besonderheiten und Auswirkungen des Zusatzgases Wasserstoff und dem Vorgehen bei der Prüfung eines Einspeisebegehrens sind zu führen. Darüber hinaus sollen ebenfalls direkte oder indirekte Wechselwirkungen zum „Einspeiseprozess“ von Biomethan betrachtet werden.

Das Themenfeld Wasserstoff ist momentan durch eine starke Dynamik geprägt. Während eine Vielzahl von Untersuchungen, Studien oder Potenzialabschätzungen sehr langfristig angelegt ist und Aussagen über Zeiträume nach 2030 betreffen, könnten Einspeisebegehren sehr kurzfristig auf Gasversorger zukommen. Darauf möchten wir die Firmen vorbereiten. Auf Grund unserer Mitwirkung im TK Gasbeschafftheit möchten wir Ihnen die Grundlagen des Arbeitsblattes, den dahinterstehenden Grundgedanken, und die Auswirkungen auf den einzelnen Gasversorger darlegen.

Im Rahmen des Projektes sollen die Anforderungen an und Auswirkungen auf die Gasversorger eines Wasserstoffeinspeisebegehrens im Vergleich zur Biomethaneinspeisung dargelegt werden.

Folgende Punkte werden betrachtet.

- Darstellung der Unterschiede zwischen Biogas- und Wasserstoffeinspeisebegehren
- Besonderheiten des Zusatzgases Wasserstoffes
- Aktuell bereits geltende Anforderungen (technisch, qualitativ) und Möglichkeiten der Kontrolle der Anforderungen (z.B. der PTB)
- Bewertung eventueller Referenzfälle, Schlussfolgerungen aus der Praxis
- Empfehlungen zu vorbereitenden Maßnahmen der Gasversorger

2 Einspeisung von Gasen in Bestandsnetze

2.1 Grundlagen

Die Einspeisung von Biogas in Erdgas ist bewährte Praxis. Grundlage ist die Gasnetzzugangsverordnung (GasNZV) als Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz.

Bei Biogas besteht entsprechend DVGW Regelwerk (G 260 und G262) die Möglichkeit, dieses als Zusatzgas oder Austauschgas anzusehen. Wasserstoff ist im Gegensatz zu Biomethan ausschließlich als Zusatzgas anzusehen, da die physikalisch-chemischen Parameter im Vergleich zu Erdgas unterschiedlich sind.

Es sind in der Verordnung über den Zugang zu Gasversorgungsnetzen (Gasnetzzugangsverordnung - GasNZV) im Abschnitt 6 folgende, auch für Wasserstoff relevante Aussagen enthalten:

§ 34 Vorrangiger Netzzugang für Transportkunden von Biogas¹

(1) *Netzbetreiber sind verpflichtet, Einspeiseverträge und Ausspeiseverträge **vorrangig** mit Transportkunden von Biogas abzuschließen und Biogas vorrangig zu transportieren, soweit diese Gase netzkompatibel im Sinne von § 36 Absatz 1 sind. ff*

(2) **Netzbetreiber können die Einspeisung von Biogas verweigern**, falls diese technisch unmöglich oder wirtschaftlich unzumutbar ist. Die Einspeisung kann nicht mit dem Hinweis darauf verweigert werden, dass in einem mit dem Anschlusspunkt direkt oder indirekt verbundenen Netz Kapazitätsengpässe vorliegen, soweit die technisch-physikalische Aufnahmefähigkeit des Netzes gegeben ist. Der Netzbetreiber muss alle wirtschaftlich zumutbaren Maßnahmen zur Erhöhung der Kapazität im Netz durchführen, um die ganzjährige Einspeisung zu gewährleisten sowie die Fähigkeit seines Netzes sicherzustellen, die Nachfrage nach Transportkapazitäten für Biogas zu befriedigen. Davon umfasst ist auch die Sicherstellung der ausreichenden Fähigkeit zur Rückspeisung von Biogas in vorgelagerte Netze einschließlich der gegebenenfalls erforderlichen Einrichtungen, zum Beispiel zur Deodorierung und Trocknung des Biogases. § 17 Absatz 2 gilt entsprechend. Der Netzbetreiber hat zu prüfen, inwieweit die Einspeisung von Biogas ohne oder mit verminderter Flüssiggasbeimischung zu gesamtwirtschaftlich günstigen Bedingungen unter Berücksichtigung der zukünftigen Biogaseinspeisung realisiert werden kann.

Die Netzbetreiber besitzen entsprechende Vordrucke, mit denen die relevanten Daten der Biogasanlage (Kontakt Daten, Betreiber, Standort, Anlagenangaben inklusive Angaben zur Biogasaufbereitung) einschließlich der zu erwartenden Qualitätsangaben beim Antragsteller abgefragt werden.

In Konkurrenzsituationen wird der Prioritätsansatz angewendet, der frühere Antragsteller wird gegenüber dem späteren Antragstellern bevorzugt. Dies gilt auch bei Beantragung einer Einspeisung von grünem Wasserstoff. Eine entsprechend hohe zeitliche Verfügbarkeit der Gasübernahme (96 % des Jahres) ist zu gewährleisten.

¹ GasNZV

In der GasNZV sind auch Regelungen zur Kostenteilung der Einspeiseanlage gegeben.

2.2 Positionspapier der Bundesnetzagentur (2014)

Die Einspeisung von Wasserstoff und/oder synthetischem Methan wurden seitens der Bundesnetzagentur als Option zur Integration erneuerbarer Energien in verschiedenen Nutzungspfade gesehen. Um dies zu ermöglichen, wurden **Wasserstoff** und synthetisches Methan in die **Definition des Biogasbegriffes** nach §3 Nr. 10c des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) **aufgenommen**.

Es wurde festgelegt, dass Wasserstoff und das synthetische Methan überwiegend aus erneuerbaren Energien stammen müssen. Für solchen Wasserstoff finden die Regelungen für Biogas der GasNZV eindeutig Anwendung.

Als „weit überwiegender Anteil“ werden hierbei Angaben von mindestens 80 % entsprechend der Drucksache 17/6072 des Deutschen Bundestages angenommen. Die Beschreibung der erneuerbaren Energiequellen wird in der genannten Richtlinie, die der Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien dient, weiter ausgeführt. Sie definiert erneuerbare Energie als „Energie aus erneuerbaren, nichtfossilen Energiequellen, das heißt Wind, Sonne, aerothermische, geothermische, hydrothermische Energie, Meeresenergie, Wasserkraft, Biomasse, Deponiegas, Klärgas und Biogas“ [1].

Damit unterliegt Wasserstoff

- aus fossilen Quellen (grauer Wasserstoff)
- aus fossilen Quellen mit CO₂- Abtrennung (CCS = blauer Wasserstoff) sowie
- aus der thermischen Spaltung von Methan (türkiser Wasserstoff)

nicht der GasNZV und damit der vorrangigen Aufnahme in das Gasnetz². Seitens eines angefragten Gasversorgers wäre neben der prinzipiellen Herkunft notwendigerweise zu prüfen, ob der Wasserstoff der Elektrolyse nachweislich überwiegend aus erneuerbaren Quellen stammt. Dies ist z.B. gewährleistet, wenn eine Biogasanlage Strom erzeugt, der wiederum einen Elektrolyseur versorgt.

Der wissenschaftliche Dienst des Bundestag hat für diesen einen Sachstandsbericht mit einem Fazit zur H₂-Zumischung zu Erdgas erstellt. Es wurde festgehalten, dass die Zumischung von „grünem Wasserstoff“ prinzipiell möglich ist, aus chemisch-technischer Sicht aber noch nicht alle Einzelaspekte abschließend geklärt sind. Es wurde (Stand 2019) Bedarf an Entwicklungsaktivitäten und Regelungsanpassungen benannt [3].

² Biomethan, Gas aus Biomasse, Deponiegas, Klärgas und Grubengas sowie Wasserstoff, der durch Wasserelektrolyse erzeugt worden ist, und synthetisch erzeugtes Methan, wenn der zur Elektrolyse eingesetzte Strom und das zur Methanisierung eingesetzte Kohlendioxid oder Kohlenmonoxid jeweils nachweislich weit überwiegend aus erneuerbaren Energiequellen im Sinne der [Richtlinie 2009/28/EG \(ABl. L 140 vom 5.6.2009, S. 16\)](#) stammen (EnWG)

2.3 Wasserstoffzumischung

Der Standpunkt des DVGW zur Wasserstoffzumischung wurde 2020 in [2] dargelegt. Es werden über 2030 hinaus Netze für methanreiche Gase, in die Wasserstoff bis zu bestimmten Grenzen zugemischt werden kann, als auch Wasserstoffnetze existieren. Für reinen Wasserstoff werden eher die industriellen Großverbraucher (Chemie, Stahlwerke etc.) gesehen, bei „Kleinverbrauchern“ dagegen primär eine Zumischung von bis zu 20 Vol.-% Wasserstoff. Damit muss nicht der Gerätepark ausgetauscht werden. Diese parallele Vorgehensweise wird seitens des DVGW auch auf Verteilnetzebene gesehen.

Im Standpunkt von 2020 äußert der DVGW den Willen, mit seinem Regelwerk sowohl die Beimischung als auch die Umstellung auf reine Wasserstoffnetze sowie die Errichtung von neuen Wasserstoffnetzen und deren Betrieb technisch sicher zu ermöglichen. Entsprechend hat die Überarbeitung des Regelwerkes begonnen.

Momentan werden Zumischungsstufen von 10 Vol.-% und 20 Vol.-% Wasserstoff gesehen. Einzelne Netze untersuchen eine Zumischung von 30 Vol.-% H₂ zu Erdgas. Hinsichtlich der genauen Formulierungen heißt es: „Das bestehende DVGW-Regelwerk ermöglicht bereits heute überall dort, wo es keine Einschränkungen durch spezifische Anwendungen gibt, Beimischungen von knapp 10 Vol.-% in das vorhandenen Gasnetz“ [2]

Allerdings bleibt der Verweis auf spezifische Anwendungen unscharf, was letzten Endes zu Unklarheiten führt.

2.4 Wasserstoffnetze

In der letzten Änderung der GasNZV vom 16. Juli 2021 wurden neben anderen Änderungen explizit Begrifflichkeiten in Richtung Wasserstoff bzw. Wasserstoffnetze verändert. Es werden **reine Wasserstoffnetze und Wasserstoffspeichereinrichtungen** und der Rahmen der Anwendung der GasNZV für reine Wasserstoffnetze definiert (Abschnitt 3b). In § 28n ist der Zugang zu Wasserstoffnetzen geregelt. In Anlehnung an die Vorgehensweise bei Erdgasnetzen ist ein Zugang zu gestatten oder kann aus betriebsbedingten, technischen oder wirtschaftlichen Gründen abgelehnt werden.

Für die Betreiber reiner Wasserstoffnetze wurden weitere Festlegungen getroffen wie:

- Vorlage von Unterlagen zur Prüfung der Bedarfsgerechtigkeit an die BNA inklusive Realisierungsfahrplan
- Bei Umstellung einer Erdgasinfrastruktur im Fernleitungsnetz: Nachweis der Möglichkeit der Herausnahme dieser Struktur aus dem Ferngasleitungsnetz
- Erstellung eines Netzentwicklungsplanes Wasserstoff für Betreiber von Wasserstoffnetzen und Betreiber von Fernleitungsnetzen

Reine Wasserstoffnetze stellen einen Sonderfall dar, der in diesem Dokument nicht weiter betrachtet werden soll.

3 Netzanschlussbegehren

3.1 Aktivitäten des DVGW

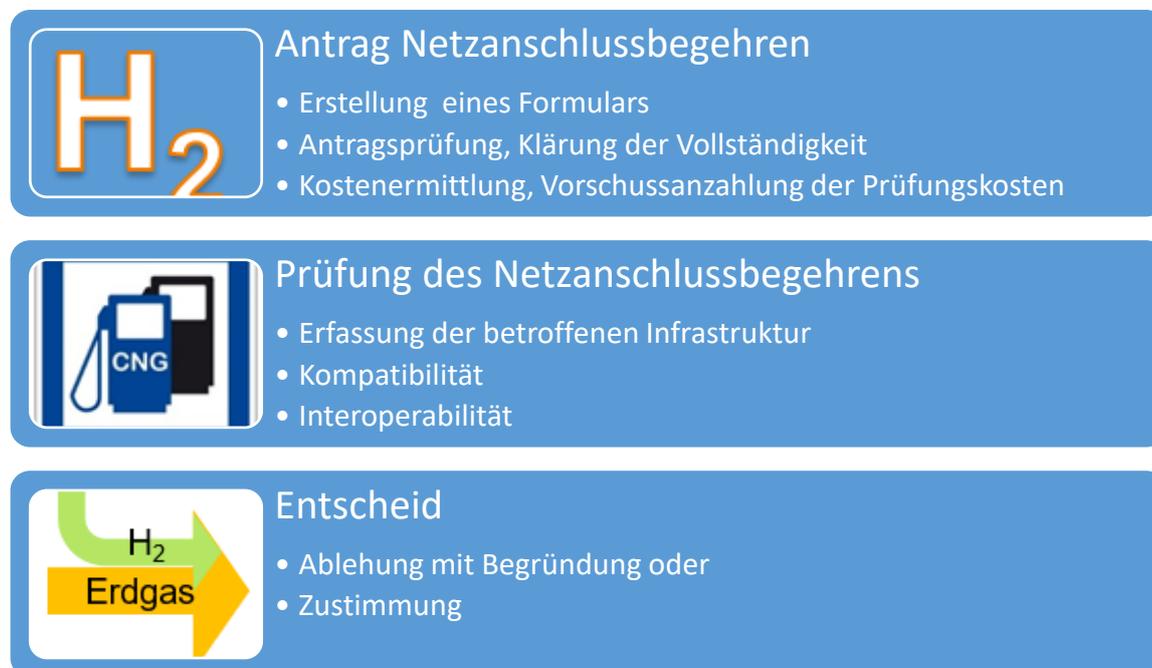
Seitens des DVGW auf Initiative der TK gasförmige Brennstoffe und Gasverteilung wurde im Jahr 2021 der PK 0-1-14 „Einspeisebegehren Wasserstoff“ gegründet.

Ziel des PK war es, ein Ablaufschema für ein Prüfprozedere für Einspeisebegehren von Wasserstoff auf Basis der aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen zu erarbeiten. Von Beginn an erfolgte die Einbeziehung der BNetzA unter Berücksichtigung der Regelungen und Ablaufschemata bei der Einspeisung von Biomethan.

Die Diskussionen und Gespräche des PK sind bisher nicht abgeschlossen. Allerdings zeichnen sich erste grundlegende Fragenstellungen ab. Diese sollen nachfolgend dargestellt werden, da trotz dieses noch laufenden Prozesses beim DVGW bereits jetzt weitere Anfragen an Gasnetzbetreiber zu erwarten sind.

3.2 Prüfung eines H₂-Netzanschlussbegehrens – formaler Ablauf

Es ist davon auszugehen, dass die Vorgehensweise einer Anfrage zur H₂-Einspeisung analog zum Biomethaneinspeisebegehren ablaufen wird.



Die Ergebnisse der Prüfung sind nachvollziehbar in einer Dokumentation darzustellen. Die Frist von 3 Monaten ist bei Biomethaneinspeisebegehren erfahrungsgemäß ausreichend. Hinsichtlich Wasserstoff liegen noch keine Erkenntnisse vor, allerdings:

- ist die Einbeziehung von Kunden in viel stärkerem Maße nötig und

- die Fragestellungen zum Teil nicht einfach zu beantworten.

Dennoch gilt formal auf Grund der Einstufung von grünem Wasserstoff als Biogas der für eine Biomethaneinspeisung geltende Zeitraum.

3.3 Fragestellungen an den Netzanschluss-Antragsteller

Gegenüber Biomethan sind dem Antragsteller ergänzende bzw. abgewandelte Fragen zu stellen, die auf Unterschiede im nachfolgenden Netz bzw. Anwendungen beruhen. In der nachfolgenden Tabelle sind einige benannt.

Tabelle 1: Unterschiede Wasserstoff und Biomethan bei Einspeisung

	Biomethan	Wasserstoff
Qualitätsanforderungen am Einspeisepunkt	G 260	PTB Technische Richtlinie G 19
Mengenregelung	nicht relevant (evtl. für Rückspeisung)	relevant
Konzentration von Biogas im Netz	0 - 100	0 – x (x z.B. 2 Vol.-%) X (konstant, definiert ?)
Geschwindigkeit eventueller Konzentrationsschwankungen	nicht relevant	relevant
Herstellungsverfahren	Relevant für Gasaufbereitung und einige Spurenstoffe, nicht relevant nach der Gasaufbereitung	Grüner Wasserstoff?
Kontrolle Gasqualität	ja	Nicht, wenn H ₂ -Reinheit am Einspeisepunkt $\geq 99,9$ Mol.-%
Odorierung	notwendig	bei Zumischung nicht
Netzauslastung	relevant	bei nur 2 %-Zumischung wenig relevant

Es ist neben der eigentlichen H₂-Konzentration als Maximalwert im Vorfeld der Bewertung zu klären, ob:

- eine konstante oder schwankende H₂-Konzentration zu erwarten ist,
- die Qualität des einzuspeisenden H₂ ($\geq 99,9$ mol-%?) und
- welche Quelle der Wasserstoff hat, d.h. ob es sich um grünen Wasserstoff handelt

Sollten Schwankungen der H₂-Konzentration angegeben werden, ist die Geschwindigkeit dieser Änderungen abzufragen. Handelt es sich nicht um grünen Wasserstoff, ist keine bevorzugte Einspeisung gesetzlich vorgegeben. Der Entscheid über eine Einspeisung liegt dann im Ermessen des Gasnetzbetreibers. Ein verbindlicher Herkunftsnachweis des Wasserstoffes wird notwendig.

3.4 Prüfung des Netzanschlussbegehrens

Aktuell besteht die Möglichkeit, sich am Merkblatt G 221 des DVGW zu orientieren. Es ist eine erste Grundlage für die Prüfung der Umstellung auf wasserstoffhaltige, methanreiche Gase mit dem Schwerpunkt Gasinfrastruktur [6]. Zusammenfassend wurde der Inhalt der G 221 in [7] beschrieben. Merkblatt G 655 legt dagegen den Fokus auf Gasanwendungen.

Dieses Merkblatt G 221 gibt Hinweise und Empfehlungen für eine Vorgehensweise auch für den Fall einer Wasserstoffeinspeisung. Konkret von Möglichkeiten der geforderten Betreiberprüfung. Auf folgende Punkte wird eingegangen:

- Herstellerbescheinigungen: Bauteile, Komponenten und Baugruppen müssen geeignet sein. Dazu wäre eine Herstellerbescheinigung geeignet, die idealerweise auch die Funktionalität des Bauteils bei erhöhtem Wasserstoffanteil bestätigt. Möglicherweise liegt auch eine Zertifizierung für das Produkt vor („H2Ready“), dies wäre auch ausreichend.
Sollte keine Herstellerbescheinigung erhältlich sein, sind andere Formen des Nachweises der Eignung erforderlich (eigene Gefährdungsbeurteilung; betriebliche Erprobung o.ä.)
- Organisatorisches: Es ist zu prüfen, welche Erfahrungen mit Wasserstoff bzw. dessen Gemischen vorliegen und ob z.B. Schulungsbedarf für die Mitarbeiter besteht oder Betriebsanweisungen überarbeitet werden müssen.
- Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung dahingehend, inwieweit die Zumischung zu veränderten Gefahrensituationen für Mitarbeiter oder Dritte führt.
- Materialfragen: Für Stahlwerkstoffe wird im Allgemeinen die Wasserstoffversprödung als Problem benannt, wobei diese von Art und Anzahl der Druckwechselbeanspruchungen ausgeht. Bei Kunststoffen wird auf die Bewertung des Permeationsverhaltens von Wasserstoff verwiesen.

Im Merkblatt werden Prüfungen benannt, die nicht in jedem Fall der Verteilnetzbetreiber realisieren kann. Dies betrifft beispielsweise die Einschätzung der wasserstoffspezifischen Permeation für alle Bauteile oder die Wasserstofftauglichkeit einzelner Bauteile. Hier ist der Betreiber auf die Unterstützung der Hersteller oder des DVGW angewiesen.

In Verantwortung des Netzbetreibers im Rahmen der Prüfung des Einspeisebegehrens liegt z.B. dagegen die Beantwortung folgender Fragestellungen:

- Erfassung der relevanten und zu betrachtenden Bauteile und Gasanwendungen (Bestandserfassung und Festlegung der weiteren Vorgehensweise)
- Prüfung auf Wechselwirkungen mit verbundenen Netzen oder Anlagen (z.B. Kundenanlagen)
- Festlegung notwendiger Prüfungen
- Prüfung und Anpassung der Explosionssicherheit

Seitens des Merkblattes G 221 wird empfohlen, die Infrastruktur in Standardbauteile bzw. -anlagen und nichtstandardgemäße Elemente zu unterscheiden. Damit verbleiben Typprüfungen für Standardelemente (vom Hersteller eventuell schon erledigt) und die Durchführung von Einzelfallprüfungen.

Konkrete Fragestellungen zu einzelnen Anwendern oder Bauteilen kann das Merkblatt G 221 nicht beantworten.

Bestandteil der Prüfung durch den betroffenen Versorger muss die Stabilität und

Änderungsgeschwindigkeit der Wasserstoffkonzentration sein. Da bezüglich zulässiger Änderungsgeschwindigkeiten Erfahrungen fehlen und dies insbesondere bei höheren Konzentrationen ein Problem darstellen wird, sollte aktuell auf die Einhaltung einer konstanten H₂-Konzentration gedrängt werden.

In jedem Fall ist das Gespräch mit den industriellen Kunden zu suchen. Kritisch ist die Glasindustrie bereits bei sehr kleinen H₂-Konzentrationen, andere Industriezweige sind weit weniger sensibel.

Realisierbare Einspeisemengen sollten untersucht und festgelegt werden. Sicher kann die einzuspeisende Menge am Einspeisepunkt reduziert werden, aber es sollte nicht im Sinne einer „grünen“ Gaswirtschaft sein, regelmäßig potenziell größere verfügbare Volumina an Wasserstoff nicht nutzen zu können.

3.5 Anmerkungen und Probleme

Die Hauptproblematik im Rahmen eines Wasserstoff-Einspeisebegehrens wurde bereits umrissen und resultiert aus der notwendigen Klärung der Kompatibilität der Anlagen und Komponenten. Insbesondere bei geplanten Wasserstoffkonzentrationen > 2 Mol.-% bestehen hier offene Fragen.

Es besteht eine Divergenz zwischen einerseits Veröffentlichungen zur H₂-Verträglichkeit und andererseits der technischen Belastbarkeit dieser Aussagen. Notwendig für den Netzbetreiber ist eine rechtssicher belastbare Aussage zur H₂-Eignung der betroffenen Komponente.

Die Netzbetreiber haben aktuell das Haftungsrisiko, solange keine generelle Aussagen zur Wasserstoffverträglichkeit der verschiedenen Komponenten vorliegen. Diese Aussagen können von Herstellern, aber auch über den DVGW erfolgen. Eine Möglichkeit könnte beispielsweise das H₂-Kompendium werden.

Der aktuell mit 3 Monaten definierte Zeitrahmen ist bezüglich einer Wasserstoffeinspeisung kritisch. Es ist eine kaskadenartige Vorgehensweise notwendig, nachgeschaltete Netzen und Anlagen anderer Betreiber sind in jedem Fall ebenfalls auf Eignung zu prüfen.

Der Rechtsrahmen bezüglich einer H₂-Einspeisung enthält Lücken: Der Biogas-Abschnitt 6 der GasNZV ist anzuwenden, aber die Übertragbarkeit auf Wasserstoff ist durchaus als schwierig zu beschreiben. In Diskussion ist beispielsweise die Vorgehensweise mit einer solchen H₂-Einspeisung in Krisensituationen und der Versorgung geschützter Kunden. Diese Punkte sind aber innerhalb des DVGW und der involvierten TK und PK gemeinsam mit der BNetzA zu klären.

Ein ungeklärter Punkt sind interessanterweise H₂-Konzentrationen an Grenzübernahmepunkten. In Österreich können bis zu 10 Mol.-% Wasserstoff dem Erdgas zugemischt werden. Somit könnten Grundgase mit erhöhten H₂-Anteil an GÜP anstehen. Die sollte allerdings für Verteilnetzbetreiber aktuell wenig relevant sein, demonstriert aber gut die Lücken im Regelungsbedarf.

4 Qualitätsanforderungen bei H₂-Zumischung

4.1 Anforderungen der PTB

Die Qualitätsanforderungen, die bezüglich des Einsatzes von Wasserstoff als Kraftstoff und für Protonenaustauschmembran (PEM-)Brennstoffzellen-Anwendungen bestehen, sind bei einer Zumischung von Wasserstoff zu Erdgas nicht relevant. Erdgas als Hauptkomponente dominiert den Einsatzbereich (z.B. nicht für H₂-Tankstellen, es sei denn H₂ wird aufbereitet). Bezüglich Sauerstoff und Wasser sind aber Konzentrationen abzufragen, da grüner Wasserstoff aus der Elektrolyse diese beiden Komponenten enthalten könnte.

Nachfolgende bereits bekannte Tabelle zeigt kritische Industriebranchen, mit denen im Falle eines Einspeisebegehrens in jedem Fall gesprochen werden muss. Aus industriellen Unklarheiten oder Problemen heraus kann ein Grund für eine Ablehnung einer H₂-Zumischung resultieren.

Tabelle 2: Aussagen der Industrie zu Wasserstoffanteilen im Erdgas [9].

Branche	Grenzen	Bemerkungen
Glas	≤ 0,1 Vol.-% H ₂ kein Problem	mehr könnte möglich sein – offen, feuerungstechnische Bedenken (H ₂ -Löslichkeit in der Glasschmelze)
Stahl (Wärmebehandlung) und Nichteisenmetalle	variabel; Grenze nutzungsabhängig	H ₂ -Reste könnten mit dem Produktgefüge wechselwirken
Chemie (stoffliche Nutzung)	um ≤ 1 Vol.-% H ₂ möglicherweise nötig	Problem liegt hier eher bei Veränderung der Volumen- und Masseströme (Produktivität)
Holzindustrie	unkritisch	Erdgas für Kesselfeuerungen (Dampf und Wärme)
Papierindustrie	unkritisch	
Recycling	unkritisch	
Lebensmittel	unkritisch	
Chemie/Petrochemie/Pharma	unkritisch	
Stahl (z.B. Schutzgase)	unkritisch	
Baustoffe, Keramik	variabel	

Die momentanen Unsicherheiten der Anwender zeigen sich auch im internationalen Vergleich. In Frankreich wurden im Rahmen eines Zumischprojektes eine Grenze für ein Glaswerk von 1 Vol.-% definiert statt der in Deutschland genannten 0,1 Vol.-%. Generell ist in den nächsten Jahren mit Präzisierungen zu rechnen, wobei die Glasindustrie in Deutschland weiterhin sehr vorsichtig gegenüber Wasserstoff ist.

Gasversorgern wird empfohlen, frühzeitig die Kunden auf die Möglichkeit der Wasserstoffzumischung oder -lieferung anzusprechen. Idealerweise sollten Netzbetreiber jetzt mit der Erstellung einer Datenbank bezüglich der Wasserstoffkompatibilität erarbeiten, beginnend mit der Aufnahme der relevanten industriellen Gaskunden.

4.2 Messung und Abrechnung

Im Vergleich zur Gasanwendung gibt es hinsichtlich der Abrechnung relativ klare Aussagen zur Anwendung von Gaszählern bei erhöhten Wasserstoffkonzentrationen.

Aus der Technischen Richtlinie G 19 der PTB folgt, dass bis 5 Mol-% für den Einsatz von für Erdgas zugelassener Gaszähler beliebiger Technologie zur Messung wasserstoffangereicherter Gase keine Bedenken bestehen. Bis 10 Mol-% sind diese zulässig, wenn dies der Hersteller explizit in den Unterlagen gestattet. Die Messung oberhalb von 10 Mol-% Wasserstoff erfordert eine entsprechende Herstellererklärung und eine Unbedenklichkeitsbescheinigung der PTB [4].

In Gasnetzen mit wasserstoffhaltigen Gasen können für elektronische Mengenumwerter, bei denen alle Gasdaten für die Berechnung der Kompressibilitätszahl durch Messaufnehmer oder Messgeräte erfasst werden, ungeeichte Geräte zur Messung der H₂-Konzentration eingesetzt werden, sofern keine eichfähigen Geräte zur Verfügung stehen (DVGW-Arbeitsblatt G486) [4].

Entsprechend den Forderungen der PTB erfolgten bereits 2014 erste Untersuchungen im Rahmen des DVGW Projektes „Einfluss von Wasserstoff auf die Energiemessung und Abrechnung“. Die Messung von Erdgasen mit Zumischungen von bis zu 10 Vol.-% Wasserstoff ist für alle Zählertypen möglich, Herstellerangaben sollten vorliegen. Gerätehersteller sind zukünftig gefordert den genauen Anwendungsbereich ihrer Zähler im Hinblick auf die H₂-Konzentration zu spezifizieren.

Brennwertrekonstruktionssysteme sind auf entsprechende H₂-Konzentrationen zu erweitern. Versorger sollten dies für die eingesetzte Software prüfen.

5 Bewertung eventueller Referenzfälle, Schlussfolgerungen aus der Praxis

5.1 Zumischung von 2 Mol-% Wasserstoff zu Erdgas

Die Zumischung von 2 Mol-% Wasserstoff erscheint durch die Praxis und Testprozedere gedeckt. Es ist zu konstatieren, dass übliche Haushaltsgeräte im Prozess der Zulassung mit wasserstoffhaltigen Prüfgasen getestet werden. Die Konzentrationen von Wasserstoff in diesen Prüfgasen liegt über 20 Vol.-%, so dass 2 Vol.-% kein Problem darstellen.

Beispielhaft sei die Zumischung von Wasserstoff durch die ONTRAS in das Ortsnetz Prenzlau genannt, die seit mehreren Jahren ohne Probleme bei den Endkunden realisiert wird. Es handelt sich hier um eindeutig grünen Wasserstoff, da drei Windkraftanlagen der ENERTRAC den Strom für die Elektrolyse liefern. In diesem Fall wird die Konzentration des Wasserstoffs bei konstant 2 Mol-% gehalten, was durch eine entsprechende Mengenregelung und-messung gewährleistet wird.

Die Schwelle von 2 Mol-% orientiert sich an dem Grenzwert für Erdgastankstellen, da in Prenzlau eine solche in Betrieb ist. Größere industrielle Abnehmer mit sensiblen Anwendungen sind im betroffenen Netz nicht vorhanden. Aber eventuell auftretende Probleme werden in jedem Fall dadurch minimiert, dass eine konstante H₂-Konzentration eingestellt und eingehalten wird.

Die Notwendigkeit einer Rückspeisung analog z.B. zur Biomethaneinspeisung ist kein Thema, so dass dieser Punkt im Vorfeld der Einspeisung keiner Betrachtung unterzogen werden musste. Auch ein Eintrag in andere nachgelegte Netze und damit eine großflächigere Verbreitung des Erdgas/Wasserstoff-Gemisches kann ausgeschlossen werden.

Ein anderes Beispiel einer 2 Mol-% Zumischung ist die Zugabe von Wasserstoff im Projekt „Windgas Haurup“ in Schleswig-Holstein. Das maximale H₂-Volumen beträgt 210 Nm³/h H₂, was aber auf Grund der strikten Einhalten der 2 Mol.-%-Grenze im Erdgas nicht permanent eingespeist wird. Mit der Einstellung einer stabilen und eher geringen H₂-Konzentration werden erneut Diskussionen oder Probleme mit nachfolgenden Anwendern minimiert. Das Gasgemisch wird zwar in ein Hochdrucksystem eingespeist, aber ausschließlich lokal in der Umgebung genutzt und erreicht damit keine weiteren, nicht in das Projekt involvierten Netzbetreiber.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass:

- Bei einer H₂-Einspeisung von 2 Mol-% diese Konzentration an der Einspeisestelle stabil gehalten wird,
- technisch gesehen die notwendige Fluss- bzw. Mengenregelung Stand der Technik ist und
- bei dieser geringen Konzentration keine Einzelfallprüfung bei allen Gasgeräten notwendig war.

Eine Zumischung von 2 Mol-% H₂ verändert den Wobbe-Index, die relative Dichte und die Methanzahl bei weitem nicht derart, dass Grenzwerte der G 260 verletzt werden. Dies wird erst bei einer Zumischung von 10 Vol.-% interessant bzw. kritisch. Konkret betrifft dies die relative Dichte [8].

Das Problem einer Pfropfenströmung von Wasserstoff im Erdgas ist nicht gegeben, da Mischer zur Herstellung einer homogenen Gasmischung vorgeschrieben sind.

5.2 Höhere Zumischungen von Wasserstoff

Im Oktober 2021 startet die Avacon in Sachsen-Anhalt ein Projekt mit Zumischung von bis zu 20 % Wasserstoff in Erdgas. Dabei sind Stufen von 10, 15 und 20 Prozent Wasserstoff geplant [5]. Anzumerken ist, dass es sich eher um ein ländlich geprägtes Netz mit 350 Netzkunden ohne großen industriellen Abnehmer handelt.

In einer ersten Stufe erfolgte die Erfassung und Überprüfung **aller** in diesem Netz verbauten Gasgeräte. Lediglich vier Geräte mussten ausgetauscht werden. Damit war der Aufwand vergleichbar mit einer Umstellung von L- auf H-Gas, wahrscheinlich sogar noch höher. Höher deshalb, da bezüglich der Umstellung von L- auf H-Gas inzwischen Datenbanken mit geeigneten bzw. ungeeigneten Geräten existieren, auf die die Bewertung vor Ort zurückgreift. Solche Datenbanken bezüglich einer Wasserstoffeignung mit definierten Grenzwerten von Geräten existieren bisher nicht.

Mit der Überprüfung aller Geräte wurde in diesem Projekt der maximale und gleichzeitig notwendige Schritt gegangen, um die **vollständige Kompatibilität** dieses Netzes **nachzuweisen**. Es wurde dieses Netz gezielt ausgewählt, um den Aufwand einer solchen Maßnahme in Grenzen zu halten. Gleichzeitig war eine Bewertung für sensible industrielle Kunden und deren Möglichkeiten der Nutzung steigender H₂-Gehalte im Brennstoff nicht notwendig.

Die installierte Messtechnik und Regelung der H₂-Dosierung erlaubt in diesem Fall auch, den Gaskunden eine korrekte Abrechnung hinsichtlich des anliegenden Brennwertes zu liefern, so dass auch in diesem Fall allen Anforderungen bezüglich eines Einsatzes eines Zusatzgases gerecht wird.

5.3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Der formale Ablauf einer Prüfung eines Netzanschlussbegehrens wird aktuell erarbeitet und wird in Kürze (voraussichtlich 2022) als ein Dokument des DVGW e.V. zur Verfügung stehen.

Wasserstoff, basierend auf grüner Energie, ist als Biogas definiert, damit Biomethan gleichgesetzt und entsprechend bevorzugt zu behandeln. Die Abfrage der Einstufung des Wasserstoffes ist essenziell.

Die Verantwortung hinsichtlich der Kompatibilität der vorhandenen Ausrüstung bei Einsatz von H₂/Erdgas-Gemischen liegt beim Netzbetreiber. Dies ist bei geringeren Wasserstoffkonzentration von ≤ 2 Vol.-% für Haushaltskunden unproblematisch, für industrielle Abnehmer aber auch hier vorab zu prüfen. Höherer Wasserstoffanteile im Netz sind auf Grund des Bedarfs einer rechtssicher bestätigten Kompatibilität momentan problematisch. Hier ist eng mit den Produzenten der Anlagen und Komponenten zusammenzuarbeiten, und Aussagen wie „H₂Ready“ sind notwendig.

Besonders sorgfältig sind Anfragen zu Verteilnetzen zu bewerten, bei denen die theoretische Möglichkeit einer Gasweiterleitung in normalerweise nicht betroffene Netze gegeben ist. Jedes dieser Netze wäre bezüglich Wasserstoff zu bewerten, auch wenn im Normalbetrieb kein Kontakt zu diesem Netz besteht.

Der Prozess der Einführung und dem Verkauf von Wasserstoff erfordert umfangreiche technische Abstimmungen über die gesamte Lieferkette, die weit über den aktuellen Status beim Erdgas hinaus gehen.

Bei Investitionen ist bereits jetzt darauf zu achten, dass das Material und Ausrüstung H₂Ready sind. Bei vielen Gasversorgern ist diese Vorgehensweise bereits erkennbar.

6 Literaturverzeichnis

- [1] DVGW-Bericht G 1-04-16: Bewertung von Quellen und Abtrennungsverfahren zur Bereitstellung von CO₂ für PtG-Prozesse; (2019)
- [2] DVGW Stellungnahme : Marktkonsultation der Bundesnetzagentur zur Regulierung von Wasserstoffnetzen; 04.11.2020
- [3] Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages; Sachstandbericht: Grenzwerte für Wasserstoff (H₂) in der Erdgasinfrastruktur; WD 8-3000-066/19; 2019
- [4] Physikalisch Technische Bundesanstalt, Technische Richtlinien: Messgeräte für Gas – G19; 12/2014
- [5] Gemeinsame Presseinformation DVGW, E.ON, Avacon: Erstmals 20 Prozent Wasserstoff im deutschen Gasnetz; <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/verein/aktuelles/presse/gempi-dvgw-avacon-eon-beimischung-h2.pdf>
- [6] Technischer Hinweis – Merkblatt DVGW G 221 (M) : Anwendung des DVGW-Regelwerkes auf die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit wasserstoffreichen Brenngasen und Wasserstoff; (Entwurf) 02/21
- [7] K.Steiner; A.Schrader: Anwendung des DVGW-Regelwerkes auf die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Wasserstoff – Entwicklung des Merkblattes G 221; Energie/Wasser-Praxis 8/2021
- [8] Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW G 260 (A) Gasbeschaffenheit; Anhang D; 09/2021;
- [9] DVGW-Bericht G 201611: Anforderungen, Möglichkeiten und Grenzen der Abtrennung von Wasserstoff aus Wasserstoff/Erdgasgemischen; (2019)