



Schlussbericht

H2 SpeTransLeit

Grundlagen zu Wasserstoff-Speicher- und Transportleitungen



© AdobeStock



gruner >



SVGW

IWB

Datum: 01.12.2023

Ort: Bern

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Wasserstoff
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch
energieforschung@bfe.admin.ch

Ko-Finanzierung:

Forschungs-, Entwicklungs- und Förderungsfonds der Schweizerischen Gasindustrie (FOGA)
Verband der Schweizerischen Gasindustrie (VSG)
Grütlistrasse 44
CH-8027 Zürich
<https://gazenergie.ch/de/innovation/forschung-entwicklung/>

Industrielle Werke Basel IWB
CH-4002 Basel
<https://www.iwb.ch/>

Subventionsempfänger:

Gruner AG
CH-8050 Zürich
<https://www.gruner.ch>

Autoren:

Bordenet Bettina, SVGW, b.bordenet@svgw.ch
Hafner Matthias, SVGW, M.Hafner@svgw.ch
Christian Gally, Gruner AG, Christian.Gally@gruner.ch
Daniel Wassmer, IWB, daniel.wassmer@iwb.ch

BFE-Bereichsleitung:	Stefan Oberholzer, stefan.oberholzer@bfe.admin.ch
BFE-Programmleitung:	Stefan Oberholzer, stefan.oberholzer@bfe.admin.ch
BFE-Vertragsnummer:	SI/502246-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.



Zusammenfassung

Dieses Projekt konnte eine erste Basis schaffen für den Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen. Eine Übersicht der aktuellen Aktivitäten in Europa bezüglich Leitungsbau wurde aufgezeigt. Grundlegend kann festgestellt werden, dass Wasserstoffrohrleitung, und im weiteren Wasserstoffnetze, nach den Grundprinzipien der Gasinfrastruktur, ausgelegt, gebaut und betrieben werden können. Auch ist die europäische Normierung im Bereich Gasinfrastruktur bereits auf dem Weg, um die bestehenden EN-Normen auf Wasserstoff zu erweitern.

Mit der SVGW-Empfehlung H1000 zu Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen konnten die technischen Grundlagen zusammengefasst werden. Diese technischen Grundlagen basieren auf Erkenntnissen aus bestehenden Wasserstoff- und Gasinfrastrukturen und den daraus abgeleiteten Normen und Regelwerken und berücksichtigen ebenfalls nationale wie auch internationale Gesetzgebungen aus dem technischen Bereich. Der aktuelle Wissensstand aus Forschung sowie praktische Erfahrung aus konkreten Umsetzungen im In- und Ausland wurden ebenfalls mit einbezogen. Die H1000 kann nun für die aktuellen Projekte mit Leitungstransport von Wasserstoff genutzt werden.

Aus der Machbarkeitsstudie können die grundsätzlichen Fragestellungen der Auslegung von Wasserstoffrohrleitungsanlagen abgelesen werden. Sie zeigt einerseits die verschiedenen Möglichkeiten der Materialauswahl und des Druckniveaus auf, sowie welche Überlegungen zum Trasse zu berücksichtigen sind. Bei Leitungen, die die Produktion direkt mit dem Anwender verbinden, muss die Wahl getroffen werden, ob die Bedingungen genau auf die Bedingungen abgestimmt werden, oder ob eine spätere Erweiterbarkeit mit einer Verbindung zu einem anderen Wasserstoffnetz bereits berücksichtigt wird.

Sobald grundlegende Änderungen in der Gesetzgebung und/oder Normierung/Regelwerk vorliegen, wird die H1000 aktualisiert und bei Bedarf erweitert. Längerfristig ist es ein Ziel, eine Richtlinie für Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen zu entwickeln mit konkreten Anforderungen für den Rohrleitungsbau, wie z. B. Sicherheitsabstände. Hierzu müssen noch weitere Arbeiten und Abklärungen in Zusammenarbeit mit Behörden und anderen Verbänden erfolgen. Die H1000 kann hierbei als Grundlage zur Erstellung von Richtlinien der Wasserstoffinfrastrukturen genutzt werden. Allfällige zusätzliche Anforderungen für Wasserstoff in der Gasinfrastruktur werden nach Bedarf auch im bestehenden SVGW-Regelwerk aktualisiert. Heute beinhaltet bereits die SVGW Richtlinie G18 zur Gasbeschaffenheit die Reinheitsanforderungen für Wasserstoff. Und die SVGW Richtlinie G13 zur Einspeisung von erneuerbaren Gasen erlaubt seit Jahren eine Einspeisung von Wasserstoff in das Gasnetz.

Résumé

Ce projet a permis de créer une première base pour la planification, la construction et l'exploitation des canalisations d'hydrogène. Un aperçu des activités actuelles en Europe concernant la construction de conduites a été présenté. On peut constater que les canalisations d'hydrogène, et par extension les réseaux d'hydrogène, peuvent être conçus, construits et exploités selon les principes de base de l'infrastructure gazière. De plus, la normalisation européenne dans le domaine des infrastructures gazières est déjà en cours afin d'étendre les normes EN existantes à l'hydrogène.

La recommandation SVGW H1000 sur la planification, la construction et l'exploitation des canalisations d'hydrogène résume les principes techniques. Ces principes techniques se basent sur les connaissances acquises dans les infrastructures d'hydrogène et de gaz existantes et sur les normes et règlements déduites et tiennent également compte des législations nationales et internationales dans le domaine technique. L'état actuel des connaissances issues de la recherche ainsi que l'expérience pratique acquise lors de mises en œuvre concrètes en Suisse et à l'étranger ont également été pris en compte. La H1000 peut désormais être utilisé pour les projets actuels de transport d'hydrogène par canalisation.



L'étude de faisabilité permet d'identifier les questions fondamentales liées à la conception d'installations de conduites d'eau. Elle montre d'une part les différentes possibilités de choix du matériau et du niveau de pression, ainsi que les considérations à prendre en compte pour le tracé. Pour les conduites qui relient directement la production à l'utilisateur, il faut choisir si les conditions doivent être adaptées précisément ou si l'on tient déjà compte d'une possibilité d'extension ultérieure avec une connexion à un autre réseau d'hydrogène.

Dès que des changements fondamentaux interviendront dans la législation et/ou de la normalisation/réglementation, la recommandation SVGW H1000 sera mise à jour et complétée si nécessaire. L'objectif à long terme est de développer une directive pour la planification, la construction et l'exploitation d'installations de conduites d'hydrogène avec des exigences concrètes pour la construction de conduites, comme les distances de sécurité. D'autres travaux et clarifications doivent encore être effectués à cet effet en collaboration avec les autorités et d'autres associations. Dans ce contexte, la H1000 peut être utilisée comme base pour l'élaboration de directives dans les infrastructures d'hydrogène. Toute exigence supplémentaire relative à l'hydrogène dans l'infrastructure gazière sera également mise à jour dans les règlements existants de la SVGW, le cas échéant. Aujourd'hui, la directive SVGW G18 sur la qualité du gaz contient déjà les exigences de pureté pour l'hydrogène. Et la directive SVGW G13 sur l'injection de gaz renouvelables permet depuis des années l'injection d'hydrogène dans le réseau de gaz.

Summary

This project was able to create an initial basis for the planning, construction, and operation of hydrogen pipeline systems. An overview of current pipeline construction activities in Europe was presented. Basically, it can be stated that hydrogen pipelines, and by extension hydrogen networks, can be designed, built, and operated according to the basic principles of gas infrastructure. European standardisation in the field of gas infrastructure is also already on the way to extending the existing standards to hydrogen.

The SVGW recommendation H1000 on the planning, construction and operation of hydrogen pipeline systems summarises the technical principles. These technical principles are based on experience from existing hydrogen and gas infrastructures and the standards and regulations derived from them, as well as factor in national and international legislation in the technical field. The current state of knowledge from research as well as practical experience from concrete implementations in Switzerland and abroad were also included. The H1000 can now be used for current projects with pipeline transport of hydrogen.

The feasibility study reveals the fundamental issues relating to the design of hydrogen pipeline systems. On the one hand, it shows the various options for material selection and pressure level, as well as the considerations for the routing. For pipelines that connect the production directly to the user, the choice must be made as to whether the conditions are precisely matched to the conditions or whether a later expandability with a connection to another hydrogen network is already considered.

As soon as there are fundamental changes in legislation and/or standardisation/regulations, the SVGW recommendation H1000 will be updated and expanded if necessary. In the longer term, the aim is to develop a guideline for the planning, construction, and operation of hydrogen pipework systems with specific requirements for pipeline construction, such as safety distances. Further work and clarifications still need to be carried out in co-operation with authorities and other associations. The H1000 can be used as a basis for the creation of guidelines for the hydrogen infrastructures. Any additional requirements for hydrogen in the gas infrastructure will also be updated in the existing SVGW regulations as required. Today, SVGW Guideline G18 on gas quality already contains the purity requirements for hydrogen. And SVGW Guideline G13 on the injection of renewable gases has permitted the injection of hydrogen into the gas network for years.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Résumé	3
Summary	4
Inhaltsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Einleitung	7
2 Motivation und Vorgehen	7
3 Ausgangslage	8
3.1 Hintergrund / Stand der Technik	8
3.2 Mögliche Nutzung einer Transportleitung zur Speicherung	8
4 Technische Grundlage zum Wasserstoffrohrleitungsbau: SVGW-Empfehlung H1000 zu Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff	10
5 Machbarkeitsstudie für eine Wasserstoffrohrleitung am Beispiel Birsfelden	12
6 Schlussfolgerungen und Ausblick	13
6.1 Nächste Schritte nach Projektabschluss	13
7 Publikationen	14
8 Referenzen	14
9 Anhänge	14
9.1 Anhang 1: «Wasserstoffrohrleitungsanlagen – Leitfaden zu Planung, Bau und Betrieb», B. Bordenet, M. Hafner veröffentlicht im Aqua & Gas 05/2023, https://www.aquaetgas.ch/energie/gas/20230425_ag5_wasserstoff-rohrleitungsanlagen/	14
9.2 Anhang 2: SVGW-Empfehlung H1000 zu Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff	14
9.3 Anhang 3: Machbarkeitsstudie Birsfelden	14



Abkürzungsverzeichnis

ASME	American Society of Mechanical Engineers, www.asme.org
BFE	Bundesamt für Energie
CEN	European Committee for Standardization, www.cencenelec.eu
CEN/TC 234	Technisches Komitee für die Gasinfrastruktur zur Erstellung von europäischen Normen
DN	Nenndurchmesser
FOGA	Forschungs-, Entwicklungs- und Förderungsfonds der Schweizerischen Gasindustrie
EIGA	European Industrial Gases Association. www.eiga.eu
ISO	International Organization for Standardization, www.iso.org
iwb	Industrielle Werke Basel
MOP	Maximaler zulässiger Betriebsdruck (maximum operating pressure)
OP	Betriebsdruck (operating pressure)
RTP	(Metall-) Kunststoffverbund (reinforced thermoplastic)
SVGW	Fachverband für Wasser, Gas und Wärme, www.svgw.ch



1 Einleitung

Europa und die Schweiz haben sich zum Ziel gesetzt, die Energieversorgung bis 2050 klimaneutral umzugestalten – also nicht mehr Treibhausgase ausstossen, als natürliche und technische Speicher aufnehmen können. Mit ihrem Netto-Null-Ziel kommt die Schweiz ihrer Verpflichtung aus dem Pariser Übereinkommen nach und trägt zudem den wissenschaftlichen Erkenntnissen des Weltklimarats Rechnung. Um das Ziel zu erreichen, sind die heutigen fossilen Primärenergieträger zukünftig durch erneuerbare zu ersetzt. Mit der kompletten Umstellung auf Elektronen (Strom) ist dies nicht zu schaffen; es braucht gasförmige und flüssige Moleküle auf Basis erneuerbarer Energien als Energieträger. Diese werden integraler Bestandteil des europäischen Energiesystems sein. Dabei übernimmt Wasserstoff (H_2) eine tragende Rolle. Zum einen überzeugt Wasserstoff durch seine sehr hohe Energiedichte, zum anderen ist er ungiftig und sicher, aber vor allem ist Wasserstoff – je nach Ressource – klimaneutral. Wasserstoff kann genutzt werden als Brenn- und Treibstoff, als Energieträger und saisonaler Energiespeicher sowie für zahlreiche Anwendungen in der Industrie, in der Mobilität, im Energie- und im Gebäudesektor (EU-Wasserstoffstrategie) [1].

Wasserstoffstrategien gibt es unter anderem bereits in Deutschland und den Niederlanden. Es ist davon auszugehen, dass in etwa sieben Jahren die H_2 -Transportinfrastruktur bis an die Schweizer Grenzen reichen wird [2]. Auch wenn die Schweiz noch immer keine Wasserstoffstrategie hat, wird der Transport von Wasserstoff durch - neue oder geänderte - Leitungen - wird immer wichtiger. Daher ist es umso wichtiger dringend zu wissen, nach welchen Grundsätzen die Wasserstoffleitungen geplant, gebaut und betrieben werden sollen.

Dieses Projekt beantwortet grundlegende technische Fragen zum Transport von Wasserstoff in neuerstellten Rohrleitungsanlagen. Zu Beginn des Projekts stand die Frage im Raum, ob eine Rohrleitung gleichzeitig zum Transport wie auch zur Speicherung genutzt werden kann. Da jedoch keine technischen Regelwerke oder Normen für eine solche Doppelnutzung für Rohrleitungen auf öffentlichem Grund vorliegen und eine spezifische Abklärung der technischen Rahmenbedingungen nötig wäre, wurde im weiteren Projektverlauf die Nutzung einer Rohrleitungsanlage als Zwischenspeicher mit grossen Betriebsdruckschwankungen nicht weiterverfolgt und das Augenmerk ausschliesslich auf den Einsatz der Rohrleitungsanlage als Transportleitung betrachtet.

2 Motivation und Vorgehen

Erste Wasserstoffproduktionen für die Mobilität sind bereits in der Schweiz umgesetzt [3-4]. Bisher wurde der Wasserstoff mit Lastwagen zu den Tankstellen transportiert. Für grössere Wasserstoffmengen wird ein leitungsgebundener Transport zu einer wirtschaftlich interessanten Option. Um die Umsetzung von Wasserstoffrohrleitungsanlagen in der Schweiz vorzubereiten, wurde dieses Projekt initiiert, wo einerseits die technischen Grundlagen zu Planung, Bau und Betrieb zusammengefasst werden sollen und andererseits in einer Machbarkeitsstudie an einem konkreten Beispiel eine Vorstudie zur Planung einer solchen Leitung durchgeführt werden soll. Das Projekt wurde in 2021 initiiert als «Leitfaden zu Planung, Bau und Betrieb». Die Förderung wurde von BFE, FOGA und iwB geleistet und die Umsetzung wurde von SVGW, iwB und Gruner AG durchgeführt.

Die Ergebnisse des Projekts wurden in drei Teile gegliedert:

- Ausgangslage: Übersicht des aktuellen Stands von Wasserstoffinfrastrukturen (siehe Kap. 3 und Anhang 1) / Abklärung einer möglichen Nutzung einer Transportleitung zur Speicherung (siehe Kap. 3.2),



- SVGW-Empfehlung H1000 zu Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff (Kap. 4, Anhang 2): Die H1000 enthält die technischen Grundlagen, die es ermöglichen eine Rohrleitungsanlage so zu planen und zu bauen, dass sie einen sicheren und zuverlässigen Betrieb ermöglicht. Diese Grundlagen basieren auf den Erkenntnissen, die in der Wasserstoff- und Gasinfrastruktur gewonnen wurden, sowie auf den daraus resultierenden Normen und Vorschriften.
- Machbarkeitsstudie am Beispiel Birsfelden (Kap. 5, Anhang 3): An einem konkreten Beispiel des Standorts Birsfelden, wurde eine Vorstudie zur Planung einer Wasserstoffrohrleitung gemacht. Dabei wurden verschiedene Leitungsführungen, Druckniveaus wie auch Rohrmaterialien bewertet. Die SVGW-Empfehlung H1000 wurde hier beigezogen, um einen ersten Entwurf für die Auslegung einer Wasserstoffrohrleitungsanlage zu erstellen.

3 Ausgangslage

3.1 Hintergrund / Stand der Technik

Die Grundlagen zum aktuellen Stand der Wasserstoffinfrastruktur sind im ersten Teil des Artikels «Wasserstoffrohrleitungsanlagen – Leitfaden zu Planung, Bau und Betrieb», veröffentlicht im Aqua & Gas 05/2023 (siehe Anhang 1), dargelegt. Dort werden die Möglichkeiten von Wasserstoff als Energieträger und Rohstoff erörtert. Hierbei wird auf die verschiedenen Möglichkeiten der Produktion, Transport wie auch Speicherung eingegangen.

Des Weiteren werden auch die Anforderungen an die Wasserstoffbeschaffenheit der verschiedenen Anwender, wie z.B. Mobilität oder Industrie, eingegangen. Zurzeit wird davon ausgegangen, dass der Transport von Wasserstoff, als sogenannte Gruppe A, in selbst in von Erdgas umgewidmeten Gasleitungen mit $\geq 98\text{mol}\%$ gewährleistet werden kann. Diese Reinheit von Wasserstoff ist für die meisten Anwendungen ausreichend.

Die Anforderungen an die Reinheit des Wasserstoffs für die PEM-Brennstoffzellen in Fahrzeugen, sogenannte Gruppe D, sind hoch mit einem H_2 -Gehalt von $\geq 99.97\text{mol}\%$ und sehr geringen Anteilen an Verunreinigungen. Daher würde bei einer Mobilitätsanwendung eine zusätzliche Aufbereitung von Wasserstoff der Gruppe A auf Gruppe D Qualität nötig.

Im Besonderen wird der Fokus bezüglich des Stands der Technik auf die leitungsgebundene Infrastruktur gelegt. Die aktuellen Entwicklungen in Europa zum Ausbau eines Transportnetzes für Wasserstoff werden beleuchtet.

3.2 Mögliche Nutzung einer Transportleitung zur Speicherung

Als eine mögliche Option wurde vor Beginn des Projekts die zusätzliche Nutzung der Leitung als Zwischenspeicher (Puffer) angedacht. Bei einer Nutzung der Rohrleitungsanlage als Speicher kann der Betriebsdruck (OP) stark variieren zwischen einem minimalen Druck, abhängig von den technischen Voraussetzungen beim Abnehmer, und einem maximalen Betriebsdruck (MOP) abhängig von der Auslegung. Bei einer Leitung mit einem maximalen Betriebsdruck von 30bar könnte der Druck beispielsweise zwischen 30bar und 3bar eventuell sogar mehrmals am Tag wechseln, ähnlich einem Gasröhrenspeicher. Die Transport- und Verteilung in der Gasinfrastruktur sind hingegen auf eine vorwiegend ruhende (DVGW Arbeitsblatt G463, SN EN 1594) Belastung nach SN EN 13480-3 ausgelegt, da Gasnetze in der Regel so betrieben, dass nur geringe Betriebsdruckänderungen (Lastwechsel) auftreten.



Im Fall der Nutzung der Rohrleitungsanlage als Speicher führt zu erhöhten Betriebsdruckänderungen (Lastenwechsel), was eine Auslegung in Anlehnung an die Druckgeräte zur Folge hätte. Die höhere Anzahl an Lastenwechsel führt zu deutlich höheren Aufwendungen und Einschränkungen:

- Einschränkung der Materialauswahl
- Erhöhung der Wanddicken
- Höhere Materialkosten
- verkürzte Inspektionsintervalle
- Intensivere Inspektionen (Molchen etc.)
- Verkürzung der Lebensdauer der Rohrleitungsanlage.

Des Weiteren müsste eine solche Speicherleitung auch ausgetauscht werden, sobald die vorgegebene maximale Anzahl an Lastwechseln erreicht wird. Auch wird eine solche Speicherleitung nicht über ein Regelwerk der Gasinfrastruktur in Europa (CEN-Normen des technischen Komitees CEN/TC234, z.B. SN EN 1594), der Industriegase, wie EIGA Doc 121/14 oder der USA, wie ASME 31.12, abgedeckt, die alle von einer ruhenden Belastung einer Transportleitung über öffentlichen Grund ausgehen. Derzeit sind uns keine national noch international vergleichbaren Projekte bekannt für Wasserstoff, die eine Rohrleitungsanlage auf öffentlichen Grund gleichzeitig als Speicher nutzen. In der Erdgasinfrastruktur werden Röhrenspeicher, auch in der Schweiz genutzt. Diese werden jedoch als Nebenanlage auf privatem Grund zum Transportnetz betrieben und dienen nicht dem Gastransport.

Eine spezifische Abklärung von den Rahmenbedingungen zu Planung, Bau und Betrieb einer solchen Speicherleitung, wo nicht auf die obengenannten Regelwerke zu gegriffen werden kann, würde den Rahmen dieses Projekts überschreiten.

Aus diesen Gründen wurde im weiteren Projektverlauf die Nutzung einer Rohrleitungsanlage als Zwischenspeicher mit grossen Betriebsdruckschwankungen nicht weiterverfolgt und das Augenmerk ausschliesslich auf den Einsatz der Rohrleitungsanlage als Transportleitung betrachtet.



4 Technische Grundlage zum Wasserstoffrohrleitungsbau: SVGW-Empfehlung H1000 zu Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff

Die SVGW-Empfehlung H1000 zu Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff im Rahmen dieses Projektes wurde erstellt (Anhang 2). Die Empfehlung ist einerseits eine Hilfestellung für heutige und zukünftige Projekte bezüglich Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen, andererseits liefert sie technische Grundlagen. Für die technischen Aspekte wurden nationale wie auch internationale Gesetzgebungen berücksichtigt.

Die Empfehlung H1000 basiert auf Erkenntnissen aus bestehenden Wasserstoff- und Gasinfrastrukturen und den daraus abgeleiteten Normen und Regelwerken. Der aktuelle Wissensstand aus Forschung sowie praktische Erfahrung aus konkreten Umsetzungen im In- und Ausland wurden ebenfalls mit einbezogen.

Durch eine Vernehmlassung bei SVGW Mitgliedern und interessierten Akteuren ist die H1000 technisch breit abgestützt. Der SVGW-Vorstand hat die Empfehlung als Teil des Regelwerks zum 1. April 2023 in Kraft gesetzt. Die Empfehlung ist auf Deutsch und Französisch auf www.svgw.ch/shopregelwerk verfügbar.

Die Empfehlung H1000 ist gültig für neu zu erstellende Rohrleitungsanlagen und Rohrleitungen für den Transport und die Verteilung von reinem gasförmigem Wasserstoff (Gruppe A und D gemäss SVGW-Richtlinie G18 Gasbeschaffenheit) bis und mit Absperrarmatur am resp. im Gebäude oder Areal. Dazu gehören z. B. Rohrleitungsanlage innerhalb einer Wasserstoffanlage für den direkten Transport von Produktion zum Abnehmer (Abbildung 1).

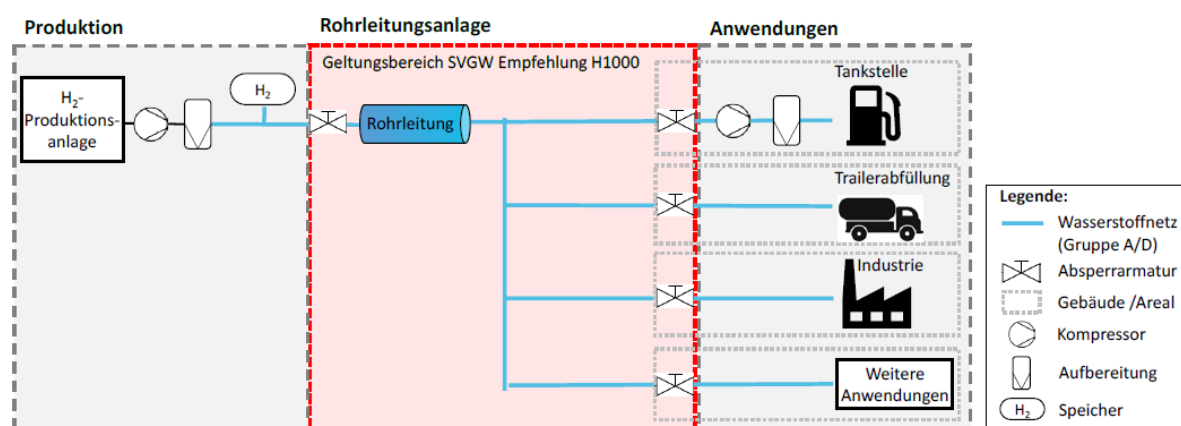


Abbildung 1: Geltungsbereich der SVGW-Empfehlung H1000 (rot schraffiert) für eine Rohrleitungsanlage innerhalb einer Wasserstoffanlage für den direkten Transport von Produktion zum Abnehmer (© SVGW)

Des Weiteren ist die Empfehlung gültig für Rohrleitungsanlagen innerhalb einer lokalen oder nationalen Wasserstoffinfrastruktur. Die zusätzlichen Anforderungen für den Wasserstofftransport, im Vergleich zu



methanhaltigem Gas (Erdgas, H-Gas oder Biomethan) können ebenfalls auf neu zu erstellende Rohrleitungen in einer bestehenden Gasinfrastruktur angewandt werden, die dann zu einem späteren Zeitpunkt für den Transport von Wasserstoff umgewidmet werden können.

Die bisher bestehenden Wasserstoffinfrastrukturen weltweit wurden grundsätzlich basierend auf Normen und Regelwerke aus dem Bereich der technischen Gase erstellt. Diese sind in Europa konform mit der Druckgeräte Richtlinie 2014/68/EU. In der Schweiz ist vor allem das Bundesgesetz für die Produktsicherheit (PrSG, SR 930.11) und die dazugehörigen Verordnungen, insbesondere die Druckgeräteverordnung (DGV, SR 930.114) heranzuziehen. Rohrleitungsanlagen für den Transport von Brenn- und Treibstoffen, die zur Gasinfrastruktur für Erdgas (z. B. H-Gasnetz) gehören, werden nach Normen und technischen Regelwerken gebaut und geprüft, welche die DGV bzw. die EU-Druckgeräte Richtlinie 2014/68/EU konkretisieren. Jedoch sind Fernleitungen explizit aus der EU-Druckgeräte Richtlinie (Art. 1 Abs. 2a) ausgenommen. Bei einer Erweiterung oder Veränderung von Fernleitungen während des laufenden Betriebs sind Ersatzmassnahmen, national und europäisch (CEN), definiert – äquivalent zu den Prüfungen und Abnahmen aus der EU-Druckgeräte Richtlinie 2014/68/EU.

Für die Planung sowie den Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen zum Transport von Erdgas (H-Gas nach SVGW-Richtlinie G18) müssen für die Schweiz das Bundesgesetz über Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger oder gasförmiger Brenn- oder Treibstoffe (RLG, SR 746.1) und die entsprechenden Verordnungen (ERI-Richtlinie, SVGW-Richtlinie G2 für Rohrleitungen) konsultiert werden.

Im Zeitraum der Bearbeitung des Projekts, fielen Rohrleitungsanlagen, die reinen Wasserstoff führen, nach Art. 1 Rohrleitungsverordnung (RLV, SR 746.11) noch nicht in den Anwendungsbereich von RLG und den dazugehörigen Verordnungen und ist daher noch nicht in der SVGW Empfehlung H1000 berücksichtigt. Seit dem 1. Juli 2023 ist der Wasserstoff nun ebenfalls in der Rohrleitungsverordnung verankert.

Der Anwendungsbereich der europäischen Normen (CEN) für die Gasinfrastruktur wird zurzeit erweitert von 100% Erdgas auf bis zu 100% Wasserstoff. Die ersten EN-Normen sind bereits veröffentlicht. Die ergänzten Normen sollten bis 2024/ 2025 zur Verfügung stehen. Damit werden dann alle grundlegenden EN-Normen im Bereich der Gasinfrastruktur auch für reine Wassersnetze zur Verfügung stehen.

Die SVGW-Empfehlung H1000 bildet eine erste Grundlage zu Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen. Sobald grundlegende Änderungen im Bereich der Gesetzgebung und/oder Normierung/Regelwerk vorliegen, wird die Empfehlung aktualisiert und bei Bedarf erweitert. Längerfristig ist es ein Ziel, eine Richtlinie für Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen zu entwickeln mit konkreten Anforderungen für den Rohrleitungsbau, wie z. B. Sicherheitsabstände zu anderen Gewerken. Hierzu müssen noch weitere Arbeiten und Abklärungen in Zusammenarbeit mit Behörden und anderen Verbänden erfolgen. Die H1000 kann hierbei als Grundlage zur Erstellung von Richtlinien im Bereich der Wasserstoffinfrastrukturen genutzt werden, die die anerkannten Regeln der Technik abbilden. Allfällige zusätzliche Anforderungen für Wasserstoff in der Gasinfrastruktur werden nach Bedarf auch im bestehenden SVGW-Regelwerk aktualisiert.



5 Machbarkeitsstudie für eine Wasserstoffrohrleitung am Beispiel Birsfelden

Industrielle Werke Basel, iwB, eruiert im Raum Birsfelden den Bau einer Wasserstoffrohrleitungsanlage von mehreren hundert Metern (siehe Anhang 3). Wasserstoff soll von der Produktion zu einer Tankstelle und Abfüllstation transportiert werden. Die Gruner AG wurde mit einer ersten Machbarkeitsstudie für dieses Projekt beauftragt. Für die Planung der Rohrleitungsanlage wurde die SVGW-Empfehlung H1000 beigezogen, um die Optionen für verschiedene Druckniveaus, Rohrleitungswerkstoffe und Trassees zu bewerten. Für den Auslegungsdruck wurden 40 bar und 750 bar gewählt. Bei der Werkstoffauswahl wurde die Wasserstoffverträglichkeit beachtet wie auch Randbedingungen in der Auslegung, die eine Wasserstoffversprödung bei metallischen Werkstoffen vermeiden. Beide Druckniveaus könnten mit verschiedenen Stählen realisiert werden. Für das untere Druckniveau von 40 bar könnte auch eine Leitung aus Kunststoffverbundwerkstoff (RTP, reinforced thermoplastic) in Betracht gezogen werden.

Je nach Werkstoff gibt es unterschiedliche Aspekte unter anderem bezüglich Verlegung (z. B. Schweißen), Kosten, Lebensdauer und möglicher Erweiterbarkeit, die vor dem finalen Entscheid für die Detailplanung noch zu berücksichtigen sind.

Die folgenden Erkenntnisse können als allgemeine Schlussfolgerung aus der Machbarkeitsstudie für Rohrleitungsanlagen, die direkt die Wasserstoffproduktion mit dem Anwender / Verbraucher verbinden, gezogen werden(siehe Anhang 3):

- Die Leitung kann bezüglich Druckniveau und Gasqualität massgeschneidert auf die Bedürfnisse ausgelegt werden.
- Die Aufbereitung auf die gewünschte Wasserstoffbeschaffenheit kann bei der Produktion oder beim Verbraucher erfolgen.
- Technisch vorteilhaft wäre ein Druckniveau der Leitung auf Ausgangsdruck der Elektrolyse von 30-40bar. Jedoch ist das im allgemeinen höheres Druckniveau für Wasserstoff im Vergleich zu Erdgas zu beachten, insbesondere für die Risikobewertung, Verlegung im bebauten Gebiet, wie auch Genehmigungsbehörden.
- Für eine reine Transportleitung ab einer Produktion zu einer Entnahmestelle mit Aufbereitung kann ein geringerer Rohrdurchmesser (relativ grosse Druckverluste) in Kauf genommen werden (im untersuchten Beispiel DN 50 für 600 m für 30 MW und 40 bar). Wird die Druckerhöhung beim Kunden installiert, kann dort der gewünschte Druck bereitgestellt werden.
- Insbesondere für kurze Leitungen kann ein Kunststoffverbundwerkstoff (RTP, reinforced thermoplastic) in Betracht gezogen werden, welche bereits bis 40 bar erprobt sind.



6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Dieses Projekt konnte eine erste Basis schaffen für den Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen. Eine Übersicht der aktuellen Aktivitäten in Europa bezüglich Leitungsbau wurde aufgezeigt (siehe Anhang 1). Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass Wasserstoffrohrleitung, und im weiteren Wasserstoffnetze, nach den Grundprinzipien der Gasinfrastruktur, ausgelegt, gebaut und betrieben werden können. Auch ist die europäische Normierung im Bereich Gasinfrastruktur bereits auf dem Weg, um die bestehenden EN-Normen auf Wasserstoff zu erweitern. Die ersten angepassten Normen sind bereits veröffentlicht und bis voraussichtlich 2025 sollen die restlichen Normen folgen. Der SVGW verfolgt die Entwicklung der Normen engmaschig und ist auch bei einigen Arbeitsgruppen aktiv an der Mitarbeit beteiligt. Die EN-Normen werden üblicherweise als SN EN-Norm in der Schweiz übernommen.

Mit der SVGW-Empfehlung H1000 zu Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen konnten die technischen Grundlagen zusammengefasst werden (siehe Anhang 2). Diese technischen Grundlagen basieren auf Erkenntnissen aus bestehenden Wasserstoff- und Gasinfrastrukturen und den daraus abgeleiteten Normen und Regelwerken und berücksichtigen ebenfalls nationale wie auch internationale Gesetzgebungen aus dem technischen Bereich. Der aktuelle Wissensstand aus Forschung sowie praktische Erfahrung aus konkreten Umsetzungen im In- und Ausland wurden ebenfalls mit einbezogen. Die H1000 kann nun für die aktuellen Projekte mit Leitungstransport von Wasserstoff genutzt werden.

Aus der Machbarkeitsstudie können die grundsätzlichen Fragestellungen der Auslegung von Wasserstoffrohrleitungsanlagen abgelesen werden (siehe Anhang 3). Sie zeigt einerseits die verschiedenen Möglichkeiten der Materialauswahl und des Druckniveaus auf, sowie welche Überlegungen zum Trasse zu berücksichtigen sind. Bei Leitungen, die die Produktion direkt mit dem Anwender verbinden, muss die Wahl getroffen werden, ob die Bedingungen genau auf die Bedingungen abgestimmt werden, oder ob eine spätere Erweiterbarkeit mit einer Verbindung zu einem anderen Wasserstoffnetz bereits berücksichtigt wird.

6.1 Nächste Schritte nach Projektabschluss

Die SVGW-Empfehlung H1000 bildet eine erste Grundlage zu Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen. Sobald grundlegende Änderungen im Bereich der Gesetzgebung und/oder Normierung/Regelwerk vorliegen, wird die Empfehlung aktualisiert und bei Bedarf erweitert. Längerfristig ist es ein Ziel, eine Richtlinie für Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen zu entwickeln mit konkreten Anforderungen für den Rohrleitungsbau, wie z. B. Sicherheitsabstände zu anderen Gewerken. Hierzu müssen noch weitere Arbeiten und Abklärungen in Zusammenarbeit mit Behörden und anderen Verbänden erfolgen. Die H1000 kann hierbei als Grundlage zur Erstellung von Richtlinien im Bereich der Wasserstoffinfrastrukturen genutzt werden, die die anerkannten Regeln der Technik abbilden. Allfällige zusätzliche Anforderungen für Wasserstoff in der Gasinfrastruktur werden nach Bedarf auch im bestehenden SVGW-Regelwerk aktualisiert. Heute beinhaltet bereits die SVGW Richtlinie G18 zur Gasbeschaffenheit die Reinheitsanforderungen für Wasserstoff. Und die SVGW Richtlinie G13 zur Einspeisung von erneuerbaren Gasen erlaubt seit Jahren eine Einspeisung von Wasserstoff in das Gasnetz.

Die normative Entwicklung auf CEN-Ebene wird durch den SVGW und anderen Teilen der Gasbranche engverfolgt



7 Publikationen

«Wasserstoffrohrleitungsanlagen – Leitfaden zu Planung, Bau und Betrieb», B. Bordenet, M. Hafner veröffentlicht im Aqua & Gas 05/2023, https://www.aquaetgas.ch/energie/gas/20230425_ag5_wasserstoff-rohrleitungsanlagen/

SVGW-Empfehlung H1000 zu Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff, www.svgw.ch/shopregelwerk

8 Referenzen

- [1] European Commission (2020): A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe
- [2] European Hydrogen Backbone, <https://ehb.eu/>
- [3] Förderverein H2 Mobilität Schweiz, <https://h2mobilitaet.ch/de/>
- [4] Hydrospider, <https://hydrospider.ch/>

9 Anhänge

- 9.1 Anhang 1: «Wasserstoffrohrleitungsanlagen – Leitfaden zu Planung, Bau und Betrieb», B. Bordenet, M. Hafner veröffentlicht im Aqua & Gas 05/2023, https://www.aquaetgas.ch/energie/gas/20230425_ag5_wasserstoff-rohrleitungsanlagen/
- 9.2 Anhang 2: SVGW-Empfehlung H1000 zu Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff
- 9.3 Anhang 3: Machbarkeitsstudie Birsfelden