

Wasserstofftransport per Pipelines

Wieso brauchen wir Wasserstoffpipelines?

Laut dem Integrierten österreichischen Netzinfrastukturplan (ÖNIP) könnte sich der Wasserstoffbedarf in Österreich im Jahr 2040 auf 48 TWh belaufen. Um diesen Bedarf zu decken, wird neben der Produktion in Österreich auch der Import eine entscheidende Rolle spielen. Doch wie ist es möglich, große Mengen des Gases nach Österreich und auch innerhalb des Landes zu transportieren?

Es gibt verschiedene Optionen des Transportes von reinem Wasserstoff: verflüssigt (LH_2) per Schiff oder Lkw, unter Druck in Flaschen oder Trailern per Bahn oder Lkw – oder aber in Leitungen (Pipelines). Für mittlere bis lange Distanzen und für große Mengen eignen sich Pipelines am besten, da mit ihnen der Transport günstig, effizient und kontinuierlich erfolgen kann. Laut der Internationalen Energieagentur (IEA) ist bei leistungsstarken Pipelines (gerechnet für einen Durchmesser von 48 Zoll beziehungsweise 122 cm) der Transport auch noch über 8.000 km günstiger als eine chemische Umwandlung beziehungsweise Verflüssigung und Schifftransport. Für neugebaute Pipelines mit kleinerem Durchmesser gibt es schon für mittlere Entfernungen günstigere Alternativen.

Für den Import aus Ländern außerhalb Europas stehen noch Optionen zur Verfügung, bei denen der reine Wasserstoff in einen anderen Energieträger wie Methanol, Ammoniak oder flüssige organische Wasserstoffträger (LOHC) umgewandelt wird. Dies wurde für Österreich bereits ausführlich in Studien betrachtet und ist nicht Teil dieses Factsheets. Der Handel per Schiff ist vom Marktdesign nicht mit dem Pipelinetransport vergleichbar, auch sind Leitungen durch das Meer in ihrer Länge beschränkt. Grundsätzlich hat aber der Transport per Pipeline, wo technisch möglich, systemische Vorteile gegenüber den mit Umwandlungsverlusten behafteten anderen Technologien.

Diskutiert werden drei Möglichkeiten, Wasserstoff per Pipeline zu transportieren: Wasserstoff-Blending, bei dem Wasserstoff Erdgas beigemischt wird, der Bau neuer Wasserstoffpipelines und die Umwidmung bestehender Erdgasleitungen für den Wasserstoffbetrieb.

Das Wasserstoff-Blending hätte den Vorteil, dass es ein einfacher und schnell umsetzbarer Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft wäre. Es wird davon ausgegangen, dass derzeit circa 2–10 % volumetrische Beimischungsanteile bei einigen Netzabschnitten möglich sind. Da in wichtigen Sektoren wie der Industrie reiner Wasserstoff benötigt wird und die erneute Absonderung aus dem Gemisch kostenintensiv ist, gibt es jedoch auch Zweifel an dem Ansatz.

Laut dem IEA Global Hydrogen Review 2024 sind weltweit bereits rund 5.000 km Wasserstoffpipelines in Betrieb, vor allem in den USA und Europa. Diese Pipelines befinden sich in Privatbesitz und versorgen meist Raffinerien und Chemiekomplexe. Europa verfügt bereits über eine weitläufige Erdgas-Pipelineinfrastruktur, die für Wasserstoff umgewidmet werden könnte. Dies wäre in vielen Fällen günstiger als der Bau einer neuen Infrastruktur, zudem ist mit einem wesentlich geringeren Zeitaufwand zu rechnen. Grundsätzlich können sowohl Kunststoffleitungen als auch Leitungen aus Stahl umgewidmet werden, einige Komponenten müssten trotzdem ausgetauscht und angepasst werden, allen voran die Verdichter, zudem unter anderem die Messinstrumente und die Ventile.

Eine wichtige Initiative im Zusammenhang mit der Umwidmung des Erdgas-Pipelinenetzes ist das European Hydrogen Backbone (EHB). Sie wurde von 33 europäischen Energieinfrastrukturbetreibern gegründet, die ein Konzept zur Nutzung der Erdgasinfrastruktur mit Wasserstoff erarbeiten.

Wie funktioniert der Wasserstoff-Pipelinetransport?

Auf einen Blick: Wasserstoff versus Erdgaspipeline

Bei gleichbleibendem Druck und Temperatur:

- 88 % des Energiegehalts (geringere Energiedichte von H₂, allerdings höhere Durchflussgeschwindigkeit)
- 3 x höherer Energieaufwand für Kompression
- 33 % geringere Abstände zwischen den Verdichterstationen

Im Prinzip unterscheidet sich der Transport von Wasserstoff per Pipeline nicht wesentlich vom Transport von Erdgas. Das Grundprinzip beruht auf einer Druckdifferenz, wobei sich das Gas von einem Bereich mit höherem Druck zu einem Bereich mit niedrigerem Druck bewegt.

Diese Differenz wird durch Kompressoren erzeugt. Die verschiedenen Arten von Pipelines unterscheiden sich im Durchmesser und im Betriebsdruck. Einen Großteil des europäischen Erdgaspipelinenetzes machen Transportpipelines aus, die einen Durchmesser zwischen 400 und 1.400 mm haben und mit Drücken zwischen 16 und 100 bar arbeiten. Für Erdgas gibt es in Österreich Fernleitungen und Verteilerleitungen in drei Netzebenen:

- Fernleitungen: Dabei handelt es sich um Transportpipelines, die für den Import und Export von Gas nach und aus Österreich eingesetzt werden. Der Druck liegt bei circa 70 bar.
- Ebene 1: Verteilerleitungen für den überregionalen Transport innerhalb von Österreich, auch hier erfolgt der Transport bei circa 70 bar.
- Ebene 2 und 3: Regionale Verteilung zu Endkund:innen, Ebene 2 mit Drücken von etwas mehr als 6 bar, Ebene 3 mit Drücken unter 6 bar.

Bei der Realisierung eines Wasserstoffnetzes in Österreich liegt der Fokus auf den höheren Netzebenen, so wird Netzebene 3 im ÖNIP nicht berücksichtigt. Grund hierfür ist der geplante primäre Einsatz von Wasserstoff in der Industrie und in der saisonalen Speicherung von Energie, sodass keine Versorgung von Haushalten mit Wasserstoff erwartet wird.

Viele Studien, unter anderem vom EHB, gehen davon aus, dass Wasserstoffpipelines unter gleichbleibenden Bedingungen betrieben werden können. Entsprechend kann prinzipiell ein Druck von 70 bar für Wasserstofffernleitungen und Verteilerleitungen der Ebene 1 angenommen werden. Das hätte den Vorteil, dass ein Großteil des Energiegehaltes von Erdgas ebenfalls mit den Wasserstoffpipelines transportiert werden könnte. Um diesen Zusammenhang zu verstehen, ist eine Betrachtung der volumetrischen Dichte von Wasserstoff im Vergleich zu Erdgas hilfreich.

Bei der Angabe von volumetrischen Dichten wird bei Gasen die Einheit Normkubikmeter (Nm^3) verwendet. Dies dient dazu, die Gasvolumina unabhängig von den Umgebungstemperaturen vergleichbar zu machen. Ein Nm^3 ist jene Menge eines Gases, die bei 273,15 K (0 °C) und 1,01325 bar in 1 m^3 enthalten ist (DIN 1343).

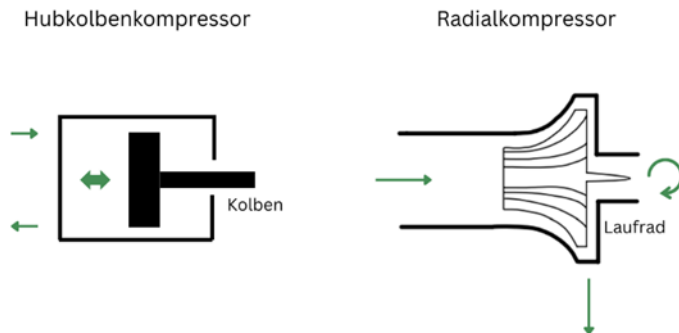
Wasserstoff hat eine volumetrische Energiedichte von 10,78 MJ/Nm^3 , Erdgas hingegen von 35,5 MJ/Nm^3 . Unter der rechnerischen Annahme von gleichen Temperaturen und Drücken kann Wasserstoff aber auch mit einer 3,3 mal höheren Durchflussgeschwindigkeit als Erdgas durch eine Pipeline transportiert werden. Dies würde die geringere volumetrische Energiedichte beinahe ausgleichen, sodass beim Wasserstofftransport 88,4 % des Energiegehaltes transportiert werden könnte (Khan et al. 2021a). Bei Umwidmungen müsste geklärt werden, mit welchem Druck die Leitung betrieben werden könnte. Eine dann vorgegebene materialbedingte Druckabsenkung hätte teils beträchtliche Reduktionen der transportierbaren Energiemenge zur Folge.

Mit fortschreitender Transportdistanz sinkt der Druck in der Pipeline und ein „Boost“ wird notwendig. Daher befinden sich alle 100 bis 600 km Verdichterstationen mit Verdichtern, die das Gas komprimieren, sodass es weitertransportiert werden kann. Eine HyCentA-Studie weist darauf hin, dass mit reinem Wasserstoff und gleichem Verdichtungsverhältnis der Abstand zwischen den Verdichterstationen im Vergleich zum Erdgastransport um 33 % verringert werden müsste. Zudem wird aufgrund der physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff im Vergleich zu Erdgas rund dreimal mehr Energie für die Kompression benötigt.

Bei Erdgaspipelines werden in erster Linie Radialkompressoren eingesetzt. Diese gehören zur Familie der Turbokompressoren und verdichten das Gas mithilfe eines Laufrads, das über eine Gasturbine oder über einen elektrischen Motor angetrieben werden kann. Es kommt damit zu einer Umwandlung von kinetischer Energie in statische Energie und das Gas wird komprimiert. Wie bereits erwähnt, muss bei Wasserstoff mehr Energie für die Kompression aufgewendet werden. Konkret bedeutet das, dass die Drehgeschwindigkeit der Laufräder dreimal schneller sein müsste als bei Erdgas.

Eine weitere Art von Verdichtern sind Hubkolbenkompressoren, die das Gas komprimieren, indem Kolben das Volumen des Gases reduzieren. Da diese Kompressoren im Gegensatz zu Radialkompressoren mit weniger tiefgreifenden Anpassungen für den Betrieb mit Wasserstoff eingesetzt werden können, könnten sie eine wirksame Alternative darstellen.

Abbildung 1: Schematische Darstellung Hubkolbenkompressor und Radialkompressor, eigene Darstellung nach Wang et al. 2020



Es wird bei Wasserstoffkompressoren von isentropen Effizienzen zwischen 55 und 80 % ausgegangen. Der isentrope Wirkungsgrad gibt an, wie effizient ein realer Verdichter im Vergleich zu einem ideal verlustfreien (isentropen) Prozess arbeitet. Er vergleicht die tatsächlich benötigte Arbeit mit der minimal nötigen Arbeit unter idealen Bedingungen. Die Verdichtung ist der energieintensivste Teil in der Transportkette, so geht das United States Department of Energy von 1,7–6,4 kWh pro kg Wasserstoff aus, abhängig vom Ein- und Ausgangsdruck und der Effizienz des Kompressors. Bei beiden Kompressoren ist von einem ähnlichen Energiebedarf auszugehen.

Welcher Typ Verdichter eignet sich für den Wasserstoff-Pipelinetransport?

Die Frage nach dem richtigen Kompressor ist oftmals eine Einzelfallentscheidung. Prinzipiell eignen sich Radialkompressoren besonders, wenn es um hohe Volumenströme und moderate Drücke geht, bei Hubkolbenkompressoren ist es genau andersherum. In der Theorie eignen sich also besonders die Radialkompressoren für die großen Transportpipelines.

Sie haben auch weitere Vorteile, so sind sie kompakter, was über die gesamte Lieferkette von Vorteil ist. Zudem können sie auch gut in Verdichterstationen eingesetzt werden, in denen nur begrenzt Platz zur Verfügung steht. Sie benötigen weniger Wartung, selbst bei Anwendungen ohne Schmieröl – ein relevanter Aspekt, da Schmieröl den Wasserstoff verunreinigen könnte. Bei Hubkolbenkompressoren ist mit einem erheblichen Verschleiß zu rechnen, wenn sie ohne Öl betrieben werden. Auf der anderen Seite können Hubkolbenkompressoren höhere Druckverhältnisse aushalten und benötigen weniger tiefgehende Anpassungen für den Wasserstoffbetrieb. Bei allen Vorteilen von Radialkompressoren besteht die große Herausforderung, dass die Laufrad-Spitzengeschwindigkeit erhöht werden muss, um die entsprechend höhere Energie aufzubringen.

Tabelle 1: Vergleich von Radialkompressoren und Hubkolbenverdichtern für den Pipelinetransport von Wasserstoff

Radialkompressor	Hubkolbenkompressor
+ Benötigt weniger Wartung	+ Hohe Druckverhältnisse pro Stufe
+ Kompaktes und simples Design	+ Sehr effizient für Volumenströme < 750.000 Nm ³ /h
+ Ölfreie Ausführungen ohne vermehrte Wartung	+ Einfachere Umstellung auf Wasserstoff möglich
+ Effizient für Volumenströme > 750 000 Nm ³ /h	- Fundament wird benötigt, um Schwingungen zu kontrollieren
- Geringere Druckverhältnisse pro Stufe	- Benötigt viel Fläche
- Tiefgehende Anpassungen für den Wasserstoffbetrieb notwendig	- Bei Pipelines mit hohen Volumenströmen nicht effizient

Mit welchen Herausforderungen ist zu rechnen?

Die vorausgesetzte höhere Geschwindigkeit der Laufräder der Radialkompressoren resultiert in höheren Materialbelastungen, was mit der Problematik der Wasserstoffversprödung weiter verschärft wird. Es gibt bereits Prototypen, die mit neuen Materialien – beispielsweise Titan – arbeiten und mit entsprechenden Beschichtungen der Versprödung entgegenwirken können. Ob die ausreichende Verfügbarkeit schon mit beginnender Nachfrage gegeben sein wird, ist im fachlichen Diskurs noch umstritten. Unter anderem ist es herausfordernd, eine Testumgebung zu erzeugen, die Bedingungen – wie die hohen Drücke – realistisch abbildet, um die Kompressoren auf Lebensdauer und Schwingungsverhalten zu testen.

Eine weitere Herausforderung stellen die Gasturbinen dar, die derzeit bei Erdgas als Antrieb für den Kompressor fungieren. Diese müssten entsprechend mit Wasserstoff gefeuert werden, was unter anderem aufgrund der höheren Flammengeschwindigkeit problematisch ist. Deshalb wären auch in diesem Fall Anpassungen notwendig. Darüber hinaus bilden sich bei der Verbrennung Stickoxide. Elektromotoren hingegen lassen sich leichter auf den Betrieb mit Wasserstoff umstellen und sind zudem sehr zuverlässig und effizient. Der Nachteil ist jedoch ihre Abhängigkeit vom Stromnetz, während Gasturbinen auch an Orten ohne Stromanschluss eingesetzt werden können. Bei möglichen Stromausfällen ist demnach ein Betrieb nicht möglich. Inwiefern funktionsfähige Radialkompressoren für den Wasserstofftransport in den nächsten Jahren weitläufig eingesetzt werden können, kann daher zu diesem Zeitpunkt noch nicht eindeutig festgestellt werden. Entsprechende Weiterentwicklungen sind in jedem Fall stark von der Nachfrage abhängig.

Beim Einsatz von Wasserstoff stellt die bereits erwähnte Wasserstoffversprödung eine zusätzliche Hürde dar. Dabei dringt der atomare Wasserstoff in das Metall und andere Materialien ein, wodurch sich dort Bläschen bilden können, die in weiterer Folge zu Mikrorissen führen. Dementsprechend werden manche Materialien auf Dauer spröde und die Gefahr eines Lecks erhöht sich. Eine Wasserstoff-Sauerstoff-Mischung ist explosiv, weshalb ein Austreten an Anschlussstellen, Dichtungen beziehungsweise Armaturen unbedingt schnell erkannt werden muss, auch wenn angenommen werden kann, dass sich austretender Wasserstoff sehr schnell verflüchtigt. Es muss daher, auch hinsichtlich der Kostenrechnungen, mit engmaschiger Überwachung und Mehraufwand bei der Wartung der Pipelines gerechnet werden. Im

Bereich der Sensorik für Wasserstoff besteht ebenfalls Forschungsbedarf, denn zuverlässige Sensoren, die ein Austreten von Wasserstoff schnell erkennen, könnten in Zukunft sehr wichtig sein. Studien und Unfalldatenbanken zeigen, dass ein Hauptgrund von Unfällen im Zusammenhang mit Wasserstoff menschliches Versagen ist, weshalb auch entsprechende Sensibilisierungen bei Mitarbeitenden notwendig sind.

Wasserstoffversprödung ist besonders bei hochfesten Stählen problematisch, aus denen Transportpipelines meist bestehen. In Deutschland wurden Stähle, die in ganz Europa oftmals für Pipelines verwendet werden, hinsichtlich ihrer Eignung für den Wasserstofftransport getestet, wobei auch Wasserstoffversprödung berücksichtigt wurde: Die Untersuchungen bestätigten die Kompatibilität mit Wasserstoff. Es gibt zudem Beschichtungen sowie Laser- und Plasmatechnologien, die der Versprödung entgegenwirken können. Ob sich eine Pipeline für den Betrieb mit Wasserstoff eignet und inwiefern Maßnahmen gegen Wasserstoffversprödung gesetzt werden müssen und können, ist jedoch eine Einzelfallentscheidung.

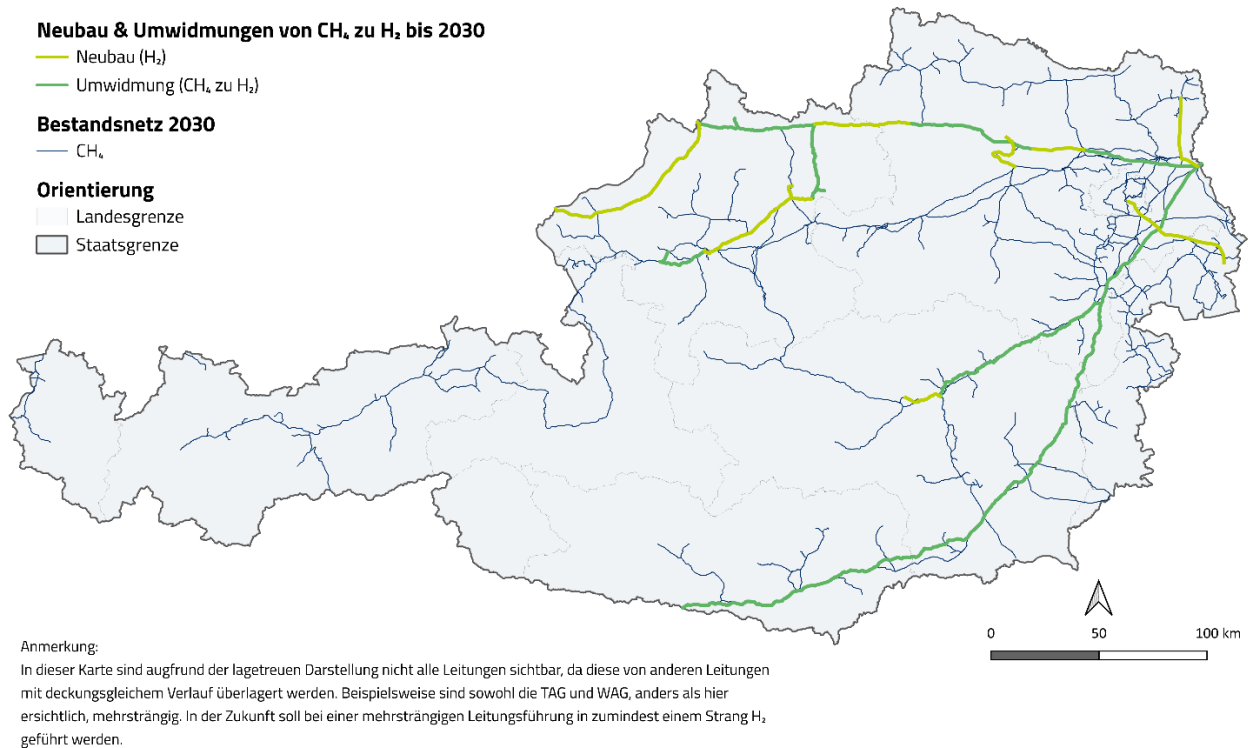
Eine weitere Herausforderung stellt die Reinheit des Wasserstoffs dar. Für einige Anwendungen, etwa für Brennstoffzellen, wird eine sehr hohe Reinheit benötigt. Untersuchungen konnten beispielsweise alte Odorierungsstoffe von Erdgas selbst nach Jahren noch in den Pipelines nachweisen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich der Großteil der Fachleute einig ist, dass eine Umwidmung der Gasinfrastruktur technisch möglich ist. Trotzdem geht das Vorhaben mit großen Herausforderungen einher, weshalb weitere Forschung und Entwicklung, Testungen und Austausch notwendig sind.

Wie sieht die derzeitige Situation in Österreich aus?

Im Projekt „HyGrid2“ wird in der Steiermark ein erster österreichischer Pipelineabschnitt umgewidmet, um so Testungen durchführen zu können. Ziel ist es, basierend auf den Erkenntnissen ein Handbuch zur Umwidmung von Erdgaspipelines zu erstellen, das technische, wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen abdeckt. Auch das Hydrogen Center Austria (HyCentA) führt Testungen durch und hat eine aktuelle Studie zur Wasserstoffqualität aus umgewidmeten Erdgaspipelines veröffentlicht. Von der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) wurde im Mai 2025 ein Regelwerk zur Umwidmung von Erdgaspipelines für Wasserstoff veröffentlicht.

Abbildung 2: HyPA-Darstellung nach dem ÖNIP, BMK, 2024



Fazit und Ausblick

In einer europäischen Wasserstoffwirtschaft wird der Wasserstoff-Pipelinetransport eine zentrale Rolle spielen, was effiziente Kompressoren zu einer Schlüsseltechnologie macht. Für die großen Transportpipelines mit hohen Volumenströmen eignen sich Radialkompressoren am besten, vorausgesetzt, die technischen Anpassungen sind möglich und die Kompressoren sind weitläufig verfügbar. Dies hängt stark von der Nachfrage ab. Um eine Umwidmung der Pipelineinfrastruktur zu ermöglichen, sind weitreichende Testungen sowie Forschung und Entwicklung notwendig, nicht nur für die Kompressoren, sondern auch im Bereich der Messtechnik und Sensorik.

Neben dem Bau von neuen Wasserstoffleitungen sollen die Fernleitungen TAG (Trans Austria Gasleitung) und WAG (West Austria Gasleitung) teilweise umgewidmet werden, um den Import von Wasserstoff nach Österreich und den weiteren Transit in die Nachbarländer zu ermöglichen. In Abbildung 2 ist ein mögliches Wasserstoffstartnetz 2030, bestehend aus neuen und umgewidmeten Leitungen, abgebildet. Es muss beachtet werden, dass aufgrund der lagegetreuen Darstellung nicht alle Leitungen sichtbar sind. Durch das geplante Wasserstoffnetz könnte sich die österreichische Wasserstoffinfrastruktur an das geplante EHB anschließen. Vor der Fertigstellung des überregionalen Netzes könnten aber schon erste Leitungen Erzeuger und Nutzer zu Clustern verbinden: Die Netz Oberösterreich GmbH plant, eine der beiden Stränge

einer bestehenden Methan-Doppelleitung (rund 40 km zwischen Linz-Ebelsberg und Sattledt) auf Dual-Use-Nutzung umzustellen. Künftig kann in der umgestellten Leitung sowohl Methan (Erdgas, Biogas oder Synthesegas) als auch Wasserstoff transportiert werden, die Nutzung der Leitung kann aber nur medienrein erfolgen. Mit einem Durchmesser von 40 cm (DN400) kann die Leitung bei voller Kapazität bis zu 50.000 m³ Wasserstoff pro Stunde transportieren, was einer maximalen Leistung von etwa 170 MW entspricht (bezogen auf den Brennwert von Wasserstoff).

Quellen / Literatur

Khan, Mohd Adnan und Young, Cameron und Layzell, David (2021) a: The Techno-Economics of Hydrogen Pipelines. Transition Accelerator Technical Briefs Vol. 1, Ausgabe 2, Seite. 1-40. (online)

<https://transitionaccelerator.ca/wp-content/uploads/2023/06/The-Techno-Economics-of-Hydrogen-Pipelines-v2.pdf> Zugriff am: 25.11.2024

Khan, Mohd Adnan und Young, Cameron und MacKinnon, Catherine und Layzell, David (2021) b: The Techno-Economics of Hydrogen Compression. Transition Accelerator Technical Briefs Vol. 1, Ausgabe 1, Seite. 1-36. (online) <https://transitionaccelerator.ca/reports/technical-brief-the-techno-economics-of-hydrogen-compression/> Zugriff am: 25.11.2024

Klopčič, Nejc und Stöhr, Thomas und Grimmer, Ilona und Sartory, Markus und Trattner, Alexander (2022): Refurbishment of Natural Gas Pipelines towards 100% Hydrogen—A Thermodynamic-Based Analysis. Energies, Volume 15, 9370 (online) <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/24/9370> Zugriff am: 28.11.2024

Schmidt, Thomas (2020): Wasserstofftechnik - Grundlagen, Systeme, Anwendungen, Wirtschaft. Carl Hanser Fachbuchverlag, München, 978-3-446-46599-2

Gardiner, Monterey. Energy requirements for hydrogen gas compression and liquefaction as related to vehicle storage needs. DOE hydrogen fuel cells program record 2009, 9013.
https://de.scribd.com/document/624157017/2009-Energy-requirements-for-hydrogen-gas-compression-and-liquefaction-as-related-to-vehicle-storage-needs-Department-of-Energy?utm_source=chatgpt.com
Zugriff am: 06.08.2025

IEA Global Hydrogen Review 2024

Richtlinie H E210 Umstellung von Gasleitungen für den Betrieb mit Wasserstoff, Mail 2025, ÖVGW

Pressemeldung vom 5. Juni 2025 „Netz Oberösterreich: Aufbruch ins Wasserstoff-Zeitalter“
https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20250605_OTS0088/netz-oberoesterreich-aufbruch-ins-wasserstoff-zeitalter

Weiterführende Links zu aktuellen Studien und Berichten zum Wasserstoff-Pipelinetransport:

Veröffentlichungen des Hydrogen Center Austria: hycenta.at/hycenta/veroeffentlichungen

Integrierter österreichischer Netzinfrasturkturplan BMK:
<https://www.bmwet.gv.at/Services/Publikationen/publikationen-energie/netzinfrasturkturplan.html>

Für die Betrachtung anderer Umwandlungsketten sei auf die Studie „Importmöglichkeiten für n erneuerbaren Wasserstoff“ (2023/2024) von frontier economics und dem AIT verwiesen.

Berichte des European Hydrogen Backbone: ehb.eu/page/publications

Über dieses Factsheet

Verfasst von: Anna Burger, Andreas Indinger, Österreichische Energieagentur
Wien, August 2025
Erste Auflage

Das vorliegende Factsheet wurde im Rahmen von HyPA, der Partnerschaft für Wasserstoff in Österreich, erstellt. HyPA ist eine Initiative von BMWET und BMIMI und wird von der Österreichischen Energieagentur umgesetzt. Die Österreichische Energieagentur hat die Inhalte der vorliegenden Publikation mit größter Sorgfalt recherchiert und dokumentiert. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.