

„Weißer“ Wasserstoff“ Potentieller Energieträger der Zukunft ?



(Bild aus „Future Fuels“, France uncovers largest white hydrogen deposit, 12.3.2025)

Dr. Hans Jürgen Wernicke

30.3.2025

1. Einführung und Status

Nach einer Prognose der IEA¹ soll zur Einhaltung der Pariser Klimaziele die weltweite Produktion von CO₂-frei/arm erzeugtem Wasserstoff bis zum Jahr 2050 auf ca 400 Mio Tonnen steigen, Abb. 1.

Dem gegenüber steht ein derzeitiger Bedarf von ca.100 Mio Tonnen, der überwiegend auf Basis von fossilen Energieträgern (Erdgas, Kohle) und mit einem Anteil von unter 1% auf Basis CO₂-armer Verfahren gedeckt wird ².

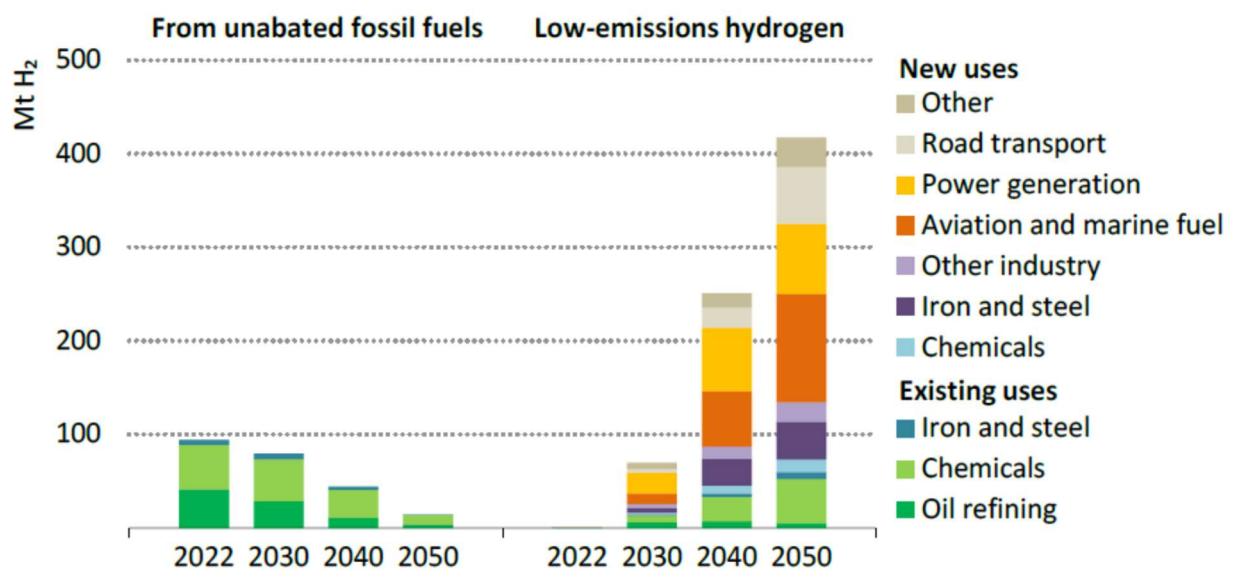


Abb1: IEA-Prognose zur Wasserstoff-Produktion weltweit bis 2050 ¹

Die heutige Wasserstoffproduktion basiert hauptsächlich auf Erdgas-Dampfreformierung und Kohlevergasung - nach der Wasserstoff- Farbenlehre (Abb 2) grauer bzw. schwarzer Wasserstoff.

2023 wurden bei der weltweiten Wasserstoffproduktion 920 Mio Tonnen CO₂ freigesetzt, wobei fast zwei Drittel aus der Produktion mit Erdgas stammen. Hierbei werden 10–12 kg CO₂-eq / kg H₂ ausgestoßen.

¹ International Energy Agency, Net Zero Roadmap, A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach, 2023 update, Nov. 2024

² <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>, accessed Mar 17, 2025

Durch Kohlevergasung wurden ca. 20% erzeugt, mit einer CO₂-Emission von 22-26 kg CO₂-eq / kg H₂ ²

Andere Verfahren wie Erdgaspyrolyse oder Biomasse-Vergasung spielen derzeit noch keine Rolle oder sind technisch noch nicht ausgereift.

Elektrolyse-Wasserstoff ist nur emissionsarm, wenn der verwendete Strom aus regenerativen Quellen (Wind, Solar, Hydro) stammt oder bei Verwendung fossiler Rohstoffe das CO₂ abgefangen und gespeichert bzw. genutzt wird (CCUS).



Abb. 2 „Farbenlehre“ des Wasserstoffs (weiß: natürlicher Wasserstoff) ³

Entgegen früherer Szenarien, die einen schnellen Hochlauf prognostizierten und eher durch Restriktionen bei den Produktions- Kapazitäten und Materialverfügbarkeiten gebremst wurde, verläuft der Aufbau der Elektrolysekapazität zur Erzeugung von „grünem“ Wasserstoff schleppend.

Nach einer aktuellen Studie des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung wurde weltweit nur ein Bruchteil der bis 2023 angekündigten rund 1230 Elektrolyse-Projekte umgesetzt, mit abnehmender Tendenz in der Projektion bis 2030, Abb. 4 ⁴.

³ Grafik entnommen aus: <https://www.energie-klimaschutz.de/wasserstoff-einsatzorte-farbenlehre-und-rechtsrahmen>, Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität IKEM, Feb. 2022, accessed Mar 17, 2025

⁴ A. Odenweller, F. Ueckerdt, Nature Energy, Vol. 10, p. 110-123, Jan. 2025

Hierbei wirken fehlende Nachfrage, Planungsunsicherheit und vor allem die höheren Kosten von grünem Wasserstoff zusammen.

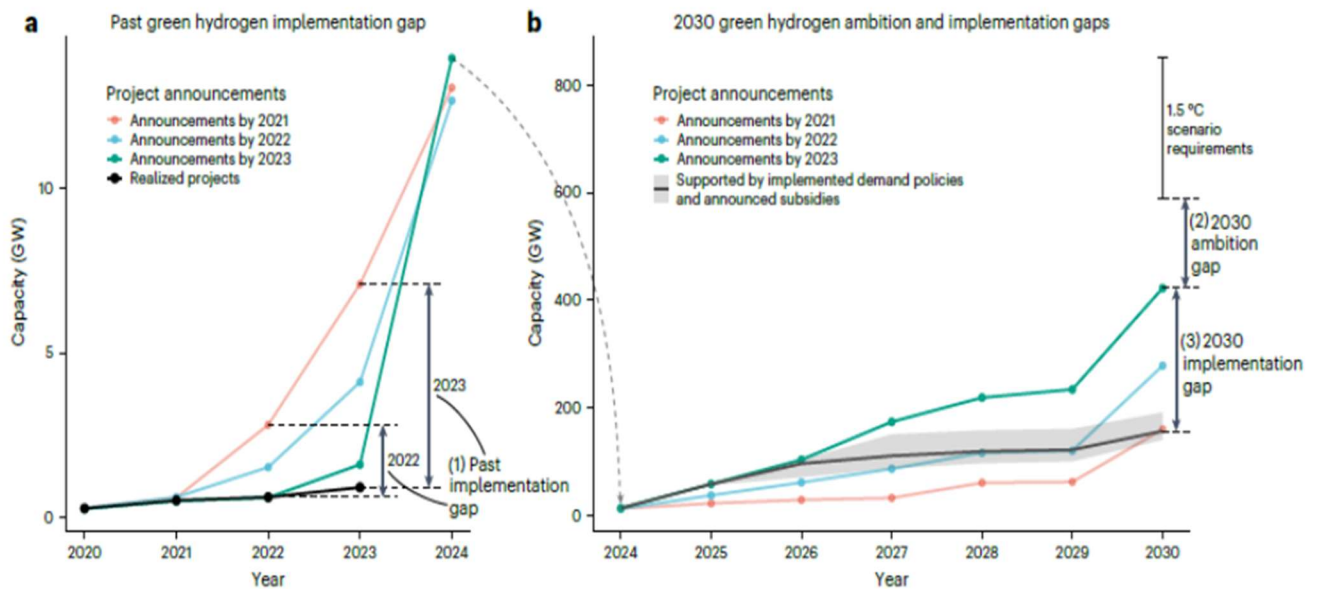


Abb. 4 Implementierungsstand für die Produktion von grünem Wasserstoff auf Basis von Projektankündigungen bis 2023 ⁴

Während die reinen Produktionskosten von konventionell, also auf Basis Erdgas hergestelltem Wasserstoff zirka 2 €/kg betragen, einschließlich CO₂-Entfernung (CCS) zirka 2,70 €/kg, so liegen die Kosten bei grünem Wasserstoff abhängig vom Strompreis eher bei 8.- €/kg ⁵ oder darüber ⁶.

2. Natürlicher (weißer) Wasserstoff

Die wegen der hohen Herstellungskosten schleppende Nachfrage nach grünem Wasserstoff, und andere Herausforderungen wie z.B. die Logistik (teurer Aufbau

⁵ <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-average-levelised-cost-of-hydrogen-production-by-energy-source-and-technology>, accessed Mar 17, 2025

⁶ C. von Branconi, T.Frewer, T.Maetzel „Zum Stand der Einführung von Wasserstoff als klimaneutralem Energieträger in Deutschland“, <https://global-energy-solutions.org/publikationen>, 3.5.2024

eines H₂-Kernnetzes, Bereitstellung von H₂-Speichern) dämpfen den Hochlauf einer CO₂-freien/armen Wasserstoffwirtschaft.

So wird weiterhin nach günstigeren Alternativen gesucht, zu denen auch im Sinne der Farbenlehre weißer, also natürlich vorkommender Wasserstoff gehört.

Im Gegensatz zu allen anderen Herstellungswegen käme der Gewinn von natürlichem Wasserstoff ohne verlustträchtige Umwandlungsprozesse aus. Im Vordergrund stehen aber Fragen der Exploration, der Reinheit und der Reichweite der natürlichen Lagerstätten.

Prinzipiell sind zwei grundlegende Quellen für weißem Wasserstoff zu unterscheiden:

- Biokatalytische Wasserspaltung (und -speicherung)
- Geologische Prozesse und Vorkommen
 - o Radiolyse von Wasser
 - o Serpentinisierung durch Reaktion von Wasser mit bestimmten Mineralien

Am aussichtsreichsten für die Gewinnung von weißem Wasserstoff ist hierbei die Serpentinisierung.

2.1 Biokatalytische Wasserspaltung:

Optionen sind z.B. die H₂-Gewinnung durch Biophotolyse und durch Biophotovoltaik, beides über komplexe Mechanismen und noch weitgehend in einem frühen Entwicklungsstadium (TRL 2-3), siehe Übersicht in ⁷.

Biochemische Wasserstoffspeicherung: Acetogene Bakterien, die vor allem in der Tiefsee vorkommen, sind in der Lage, aus Kohlendioxid und Wasserstoff als Zwischenprodukt Ameisensäure herzustellen, die in weiteren Schritten zu Folgeprodukten wie Ethanol und Essigsäure umgewandelt wird. Durch genetische Veränderung der Bakterien ist es gelungen, die Umwandlung auf der Stufe der Ameisensäure anzuhalten ⁸. Die gebildete Ameisensäure kann unter milden

⁷ A. Schmidt et al, „Weißer Wasserstoff: Energieträger für eine nachhaltige Herstellung und Nutzung“, FVEE • Themen 2021, https://www.fvee.de/wp-content/uploads/2022/07/th2021_04_06.pdf, accessed Mar 18, 2025

⁸ F. Schwarz, V. Müller et al, „Biological hydrogen storage and release through multiple cycles of bi-directional hydrogenation of CO₂ to formic acid in a single process unit,“ Joule 6, 1304-1319, June 15, 2022

Bedingungen enzymatisch oder katalytisch wieder zu CO₂ und Wasserstoff zurückgebildet werden ^{7 9}

Das reversible Verfahren (Prinzip: Abb 5) stellt einen biologischen Wasserstoffspeicher dar, der als „BionicHydrogenBattery“ kommerziell genutzt werden soll ^{10 11}.

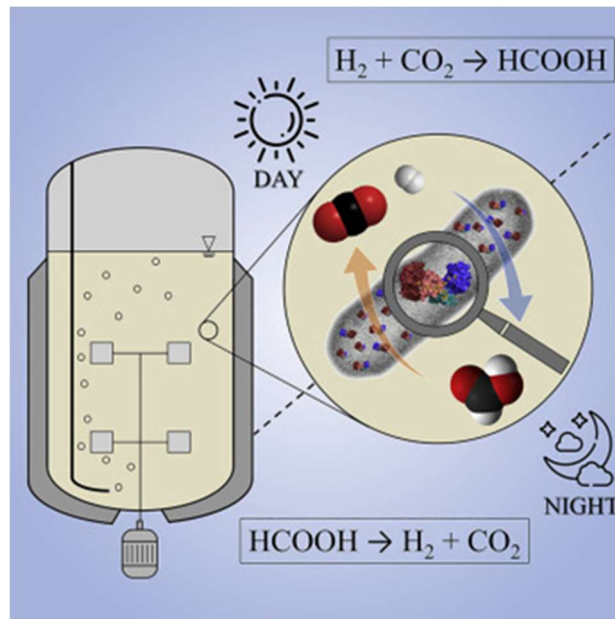


Abb. 5 Prinzip eines biologischen Wasserstoffspeichers durch reversible Bildung und Spaltung von Ameisensäure ⁸

2.2 Geologische Wasserstoffbildung

Die wichtigsten und auf Grund ihres hohen Potentials fast unerschöpfliche Quellen für natürlichen Wasserstoff sind geologische Formationen, die zu einer Reaktion von Mineralien mit Wasser bzw. zu einer Wasserspaltung und Anreicherung von Wasserstoff führen.

⁹ <https://www.hch2.de/aktuelles/ein-stabiler-katalysator-fuer-die-wasserstoffwirtschaft-der-zukunft>, 25.11.2024, accessed Mar 22, 2025

¹⁰ <https://press.festo.com/de/technologies-and-products-1/biologisierung-ermoeslicht-oekologische-innovationen-fuer-die-welt-von-morgen>, accessed Mar 18, 2025

¹¹ <https://h2-news.de/produkte/revolutionierte-wasserstoffspeicherung-bakterien-statt-hochdruck>, 05.08.24, accessed Mar 18, 2025

Das Austreten von Wasserstoff aus hydrothermalen Systemen des mittelozeanischen Rückens und aus ophiolitischen Gesteinsformationen wurde bereits in den 1970er Jahren beobachtet.

Erstmals und eher zufällig entdeckt wurde eine natürliche Wasserstoff-Quelle bei Wasserbohrungen im Jahr 1987 in der Ortschaft Bourakébougou in Mali (Abb.6) ¹².



Abb. 6 Wasserstoffgewinnung in Bourakébougou, Mali ¹²

Die 112 m tiefe Bohrung nach Wasser war nicht fruchtbar, jedoch erlitt ein Arbeiter, der sich mit einer brennenden Zigarette über das Bohrloch beugte, infolge einer Knallgas-Explosion schwere Verbrennungen.

Das Bohrloch wurde daraufhin verschlossen und 2011 wieder freigelegt, um das mit 4 bar austretende Gas (98 % Wasserstoff, 1% Stickstoff und 1% Methan), für die lokale Stromversorgung zu nutzen.

Mit 24 weiteren Probebohrungen wurden seitdem Vorkommen von natürlichem Wasserstoff auch in der Umgebung nachgewiesen und mit umfangreichen geologischen Untersuchungen für eine kommerzielle Ausbeutung verbunden ¹³

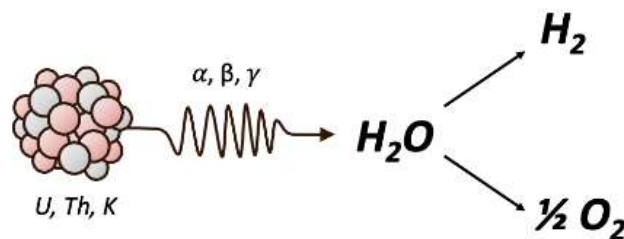
¹² A. Prinzhofer et al, „Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali),“ International Journal of Hydrogen Energy Vol. 43, Issue 42, 18 Oct. 2018, p. 19315-19326

¹³ O. Maiga et al, „Characterization of the spontaneously recharging natural hydrogen reservoirs of Bourakebougou in Mali“, Sci Rep 13, 11876 (2023)

Dies war der Beginn einer weltweiten systematischen Suche nach weißem Wasserstoff und den Voraussetzungen und Mechanismen seiner Entstehung und möglichen Ausbeutung.

Die Bildung von Wasserstoff in tiefen Schichten der Erdkruste ist noch wenig erforscht. Grundsätzlich kann man **radiochemische** und **geochemische** Prozesse bestimmter eisenhaltiger Mineralien in Gegenwart von Wasser (Serpentinisierung) unterscheiden.

Die **radiochemische Wasserspaltung** tritt auf beim radioaktiven Verfall von Uran, Thorium und Kalium in der Erdkruste durch Aufspaltung von Tiefenwasser.



(Grafik: aus H. Moise, PH241, Stanford University March 7, 2024)

Weiteres Produkt des radioaktiven Verfalls ist häufig Helium.

Gesteine, in denen eine natürliche Radiolyse von Wasser auftreten kann, sind etwa Granit, Schiefer und Sandstein ^{14 15}.

Bereits 1910 wurde im Kalibergwerk Leopoldshall bei Staßfurt über mehrere Jahre der Austritt von radiochemisch entstandenem Wasserstoff mit einer Reinheit von 83,6 % beobachtet ¹⁶.

¹⁴ www.geothermie.de/lexikon-der-geothermie/wasserstoff, accessed 18.3.2025

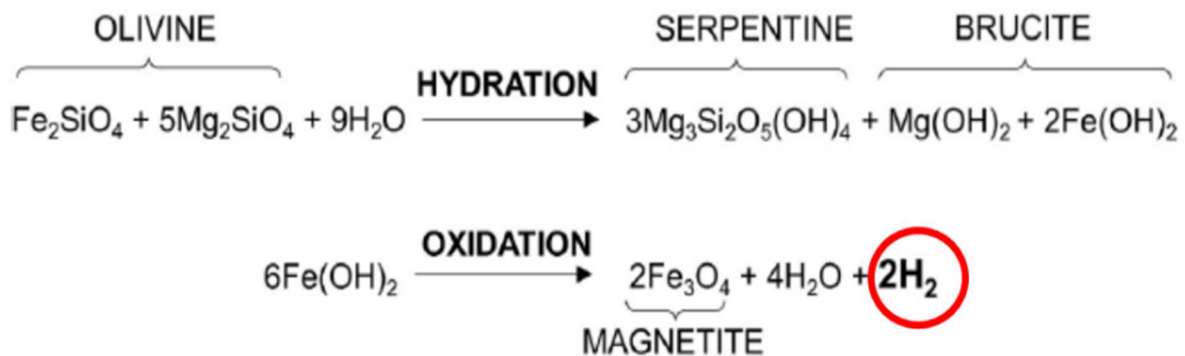
¹⁵ <https://www.dvgw.de/medien/asue/vortrag/dieter-franke-bgr-weisser-wasserstoff.pdf>

D. Franke, „Weißer Wasserstoff“, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 16.5.2024, accessed 19.Mar 2025

¹⁶ E. Erdmann, „Über heliumhaltige Gase der deutschen Kalilager“ Mitteilungen aus dem Universitätslaboratorien für angew. Chemie in Halle a.S., v. 121, p. 777-782 (1910)

Bedeutender - auch im Hinblick auf eine mögliche Ausbeutung - sind **geochemisch entstandene Lagerstätten**, die durch Serpentinisierung Olivin-haltiger Gesteinsschichten bei hohem Druck und hoher Temperatur entstanden sind.

Die Serpentinisierung ist ein chemisch und physikalisch komplexer Prozess, wobei die zwei prinzipiell ablaufenden chemischen Reaktionen die Hydratisierung von Olivinen (Fayalit – Fe_2SiO_4 und Forsterit – Mg_2SiO_4) und die nachfolgende Oxidation des Eisenhydroxids unter Wasserstoff-Bildung zu Magnetit sind ¹⁷:



Das Phasendiagramm in Abb. 7 zeigt einen optimalen Temperaturbereich für die Serpentinisierung bei ca. 200-300 °C ¹⁷, was einer Tiefe im Gestein von ca. 7-10 km entspricht.

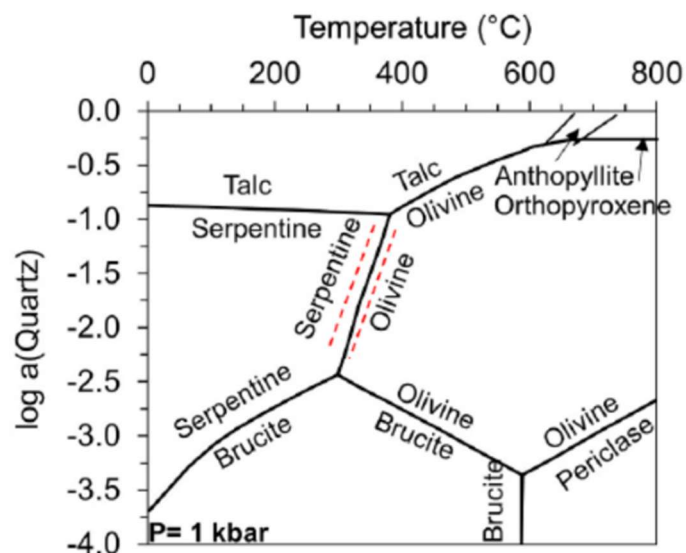


Abb 7 Phasendiagramm von Silikaten in Abhängigkeit von der Temperatur ¹⁷

¹⁷ Ruben Blay-Roger et al, „Natural Hydrogen in the Energy Transition: Fundamentals, Promise and Enigmas“, Renewable and Sustainable Energy Reviews 189, 113888 (2024)

In einer umfangreichen Studie von F. Zwaan vom GFZ Helmholtz Zentrums für Geowissenschaften in Potsdam ¹⁸ entstand ein Modell für die Akkumulation von weißem Wasserstoff in einer Bruchzone von zwei kollidierenden geologischen Platten.

Das zur Serpentinisierung erforderliche Wasser stammt entweder von der Oberfläche oder es handelt sich um Tiefenwasser, das entlang der Störungszonen in einen olivinischen Bereich einströmt, der einen für die Serpentinisierung günstigen Temperaturbereich von 200-350 Grad C aufweist (in der Studie als „Wasserstoffküche“ bezeichnet). Der gebildete Wasserstoff strömt entweder an die Oberfläche oder sammelt sich in Kavernen, die durch darüberliegende Sedimentschichten verschlossen sind, Abb. 8 ¹⁸.

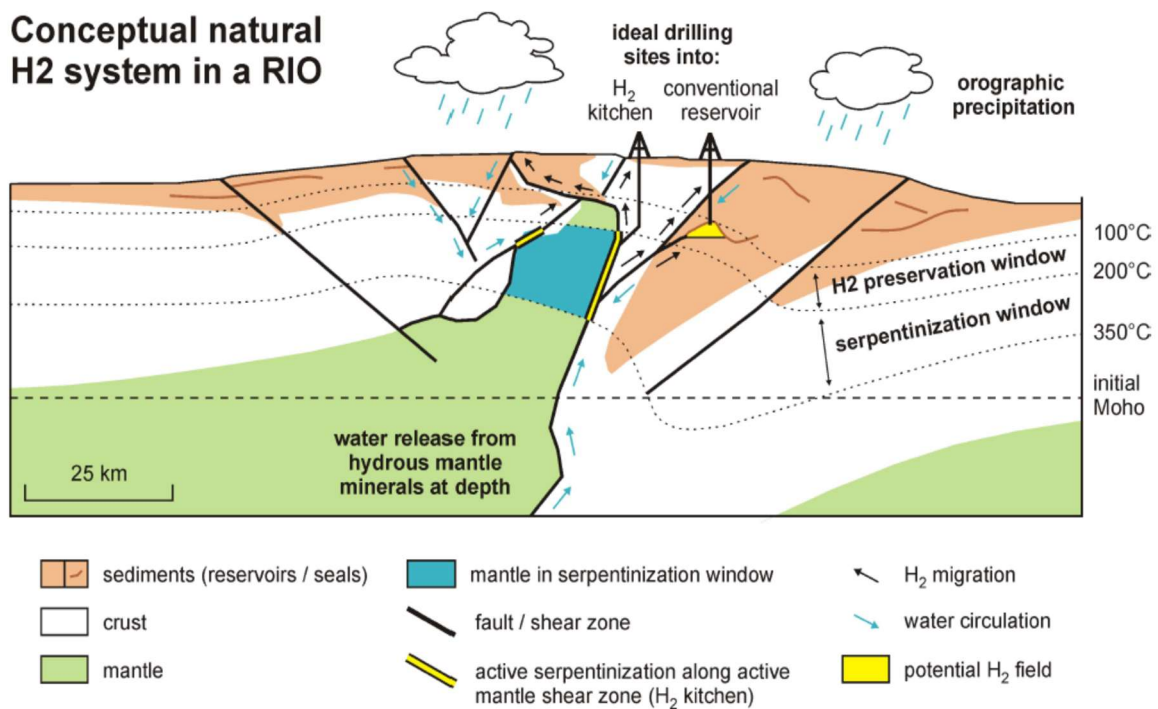


Abb. 8 Konzeptionelle Darstellung eines natürlichen H₂-Systems, das mit der Serpentinisierung des freigelegten Erdmantels in der darüberliegenden Platte eines Rift-Inversions-Orogens verbunden ist ¹⁸.

Eine Gewinnung von weißem Wasserstoff wird durch Anbohren entweder der „Wasserstoffküche“ oder der Kaverne möglich.

¹⁸ F.Zwaan et al, „Rift-inversion Orogens are Potential Hot Spots for Natural H₂ Generation“, Sci. Adv. 11, eadr3418, 19.2.2025

2.4. Vorkommen

Nach Auffinden und Nutzung der Wasserstoffquelle in Bourakébougou in Mali fand die Exploration von natürlichem Wasserstoff erst in den 2020er Jahren eine stärkere Beachtung. Grund ist das stark gewachsene Interesse an nachhaltigem Wasserstoff als Energieträger und chemischem Rohstoff.

Neben Zufallsfunden wie in Mali ist eine systematische Exploration potentieller Lagerstätten erst im Entstehen ¹⁹, wobei auf Grund der vermuteten großen Vorräte bereits von einer Art Goldrausch gesprochen wird.

Eine Studie und Modellrechnungen von S. Gelman und G. Ellis vom US Geological Survey ergab ein weltweites Potential von 5,6 Mio Megatonnen natürlichem Wasserstoff ²⁰.

Selbst wenn davon nur ein Bruchteil von 500 Mio Tonnen, also ca. 1% jährlich gewonnen werden könnte, wäre dies die fünffache Menge des derzeit mit allen anderen Methoden produzierten Wasserstoffs.

Beispielsweise sind in den USA Lagerstätten mit Wasserstoff-Konzentrationen über 0,5 % großflächig nachgewiesen worden.

Hot Spots“, die Probebohrungen mit dem Ziel einer kommerziellen Wasserstoff-Gewinnung ausgelöst haben, finden sich vor allem in Kansas, Nebraska und Neumexico (Abb. 9) ²¹

Ein Teil der Lagerstätten enthält außer Methan auch wertvolle Begleitgase wie Helium, die die Wirtschaftlichkeit einer Ausbeutung deutlich verbessern.

Weltweit werden Vorkommen von weißem Wasserstoff auf Ihre Fündigkeit untersucht, so u.a. in Australien, Marokko, Mali, Kolumbien, in Europa u.a. in Frankreich (Lothringen), Albanien, Spanien und im Kosovo.

¹⁹ L.Wang et al, “The Origin and Occurrence of Natural Hydrogen, Review in Energies 16, p. 2400 (2023)

²⁰ G. Ellis et al, „Model Predictions of Global Geologic Hydrogen Resources,“ Sci. Adv. 10, eado0955, 13.12.2024, accessed 18, Mar 2025

²¹ S. Gelman et al, “Prospectivity Mapping for Geologic Hydrogen,“ US Geological Survey, Paper 1900, Jan. 2025

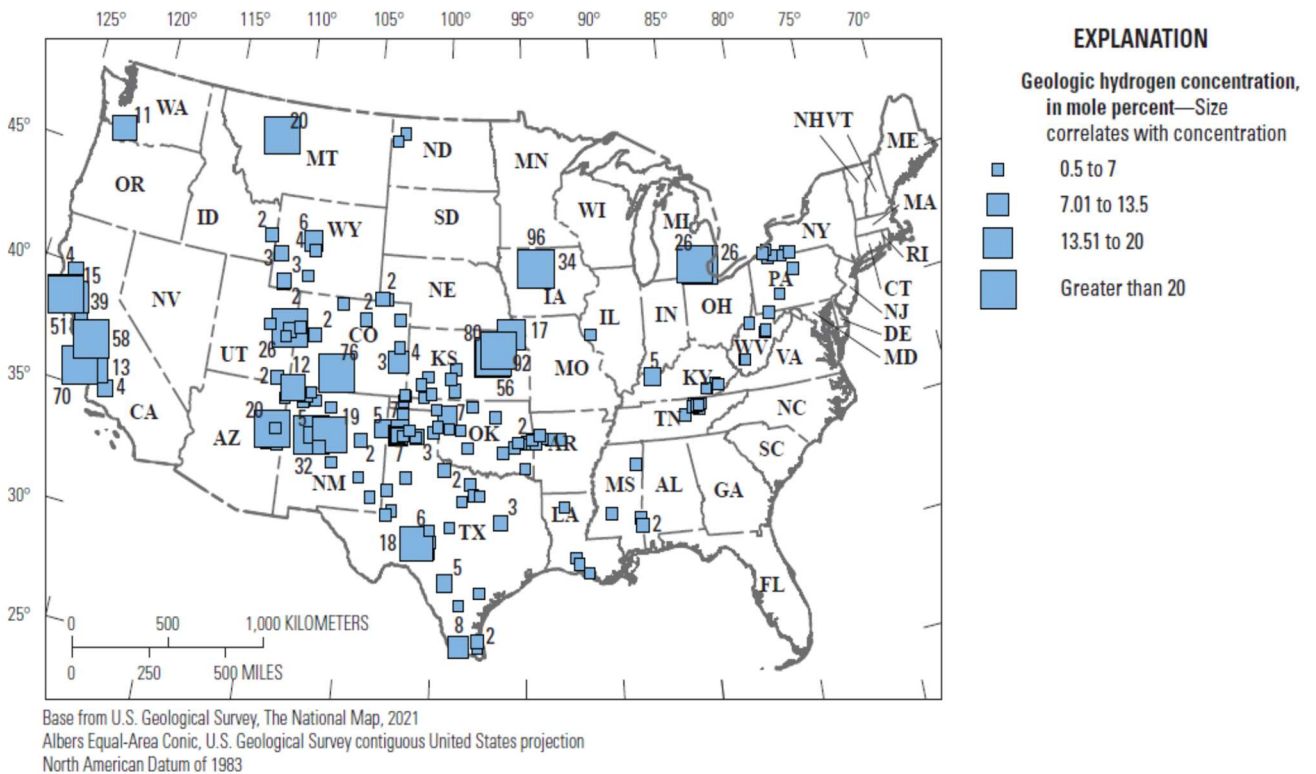


Abb. 9: Natürlicher Wasserstoff in Probebohrungen in den USA mit Konzentrationen über 0,5% bis über 20 % ²¹

2.5. Projektbeispiele zur Gewinnung von weißem Wasserstoff

Abb. 10 zeigt eine Übersicht aktueller Projekte zur Erschließung von weißem Wasserstoff ^{22 23}

Nachfolgend näher beschrieben werden vier Beispiele, die in dieser Dekade zu einer kommerziellen Gewinnung von weißem Wasserstoff führen sollen:

- St.Avoid, Lothringen
- Bulqizë, Albanien
- Kansas, USA
- Aragón, Spanien

²²S. Flowers, “White hydrogen: 5 critical questions answered”, World Economic Forum Article 29.8.2024, <https://www.weforum.org/stories/2024/08/white-hydrogen-5-critical-questions-answered>, accessed Mar 29, 2025

²³ S.Flowers et al, “Unlocking the potential of white hydrogen”, <https://www.woodmac.com/blogs/the-edge/unlocking-the-potential-white-hydrogen>. 25.7.2025, accessed 29 Mar 2025

Projects and exploration activity: naturally occurring hydrogen and helium

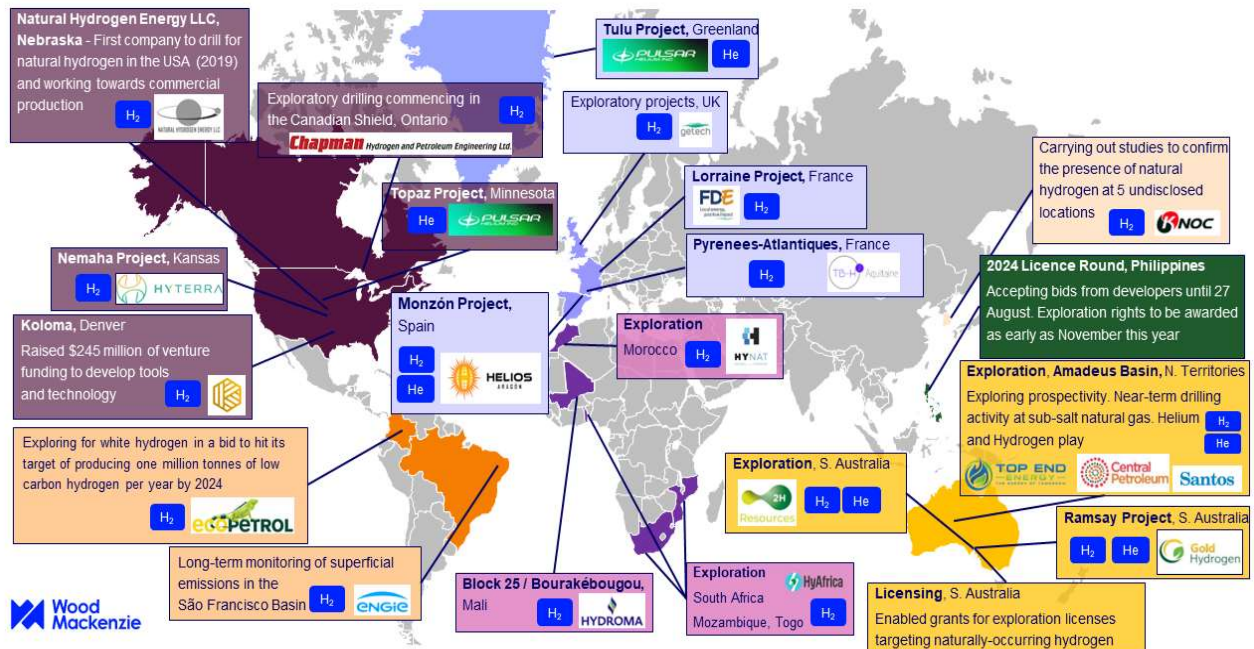


Abb. 10: Projektübersicht über die Gewinnung von weißem Wasserstoff ²²

St.Avoid, Lothringen ^{24 25 26 27}:

Eher zufällig bei der Suche nach Methan wurde 2023 bei Bohrungen nach Kohleflözgas bei St. Avoird in Lothringen ein großes Vorkommen an natürlichem Wasserstoff entdeckt. Die Lagerstätte befindet sich in einer Tiefe von 4-5 km, wobei der Wasserstoffgehalt in einer Tiefe von 1250 Metern bereits 20 Prozent beträgt.

Schätzungen gehen von 46 Mio Tonnen Wasserstoff aus, die bis ca. 2028 kommerziell erschlossen werden sollen.

²⁴ <https://futurefuels.in/france-uncovers-largest-white-hydrogen-deposit/>, accessed Mar 19, 2025

²⁵ <https://sciencepost.fr/plus-gros-gisement-hydrogene-decouvert-en-france/>, accessed Mar 19, 2025

²⁶ <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/energie/frankreich-setzt-auf-weissen-wasserstoff>, accessed Mar 19, 2025

²⁷ <https://www.chemie.de/news/1181236/ein-gigantisches-wasserstoffvorkommen-im-nordosten-frankreichs>, accessed Mar 19, 2025

Bulqizë, Albanien ²⁸:

In einer Chromitmine in Bulqizë in Albanien wurde bereits 1992 ein ausströmendes, brennbares Gas beobachtet. Mehrere Explosionen in 2011, 2017 und 2022 deuteten auf Knallgasdetonationen. Es handelt sich um den größten jemals entdeckten natürlichen Wasserstoffstrom.

Das aus Tümpeln und Rinnsalen in der Mine in 500 – 1000 m Tiefe austretende Gas (Abb. 11) besteht zu 84 % aus Wasserstoff. Die anderen Bestandteile sind Methan (13%) und Stickstoff (3%). Schätzungen gehen von einer jährlichen Menge von mindestens 200 Tonnen Wasserstoff aus. Das Gesamtvorkommen wird auf mehr als 50.000 Tonnen Wasserstoff geschätzt, dessen Gewinnung in Vorbereitung ist.



Abb.11 Ausströmender Wasserstoff aus einem 30m² großen Tümpel in 950m Tiefe in der Chromitmine in Bulqizë, ca. 11 Tonnen Wasserstoff pro Jahr ²⁷

²⁸ L. Truche et al, “A deep reservoir for hydrogen drives intense degassing in the Bulqizë ophiolite”, Science, Vol 383, p 618-621 (2024)

Nemaha Projekt, Kansas/USA

In einem Gebiet zwischen Kansas City und Wichita wurden bei früheren Gas-Bohrungen bis zu 92% Wasserstoff und bis zu 3% Helium gefunden.

Zwei Bohrungen mit einer ursprünglichen Tiefe von 440m bzw. 670m sollen in größere Tiefen von mehreren 1000m erweitert werden. Die vermuteten Vorräte betragen 126000 – 640000 Tonnen Wasserstoff und 235 – 9800 Tonnen Helium. Hauptquelle für Wasserstoff ist auch hier eine Serpentinisierung durch Reaktion von eisenhaltigen Mineralien mit eindringendem Oberflächenwasser, Abb.12 ²⁹. Die Tiefenbohrungen der australischen Firma HyTerra Ltd. sollen im April 2025 beginnen ³⁰.

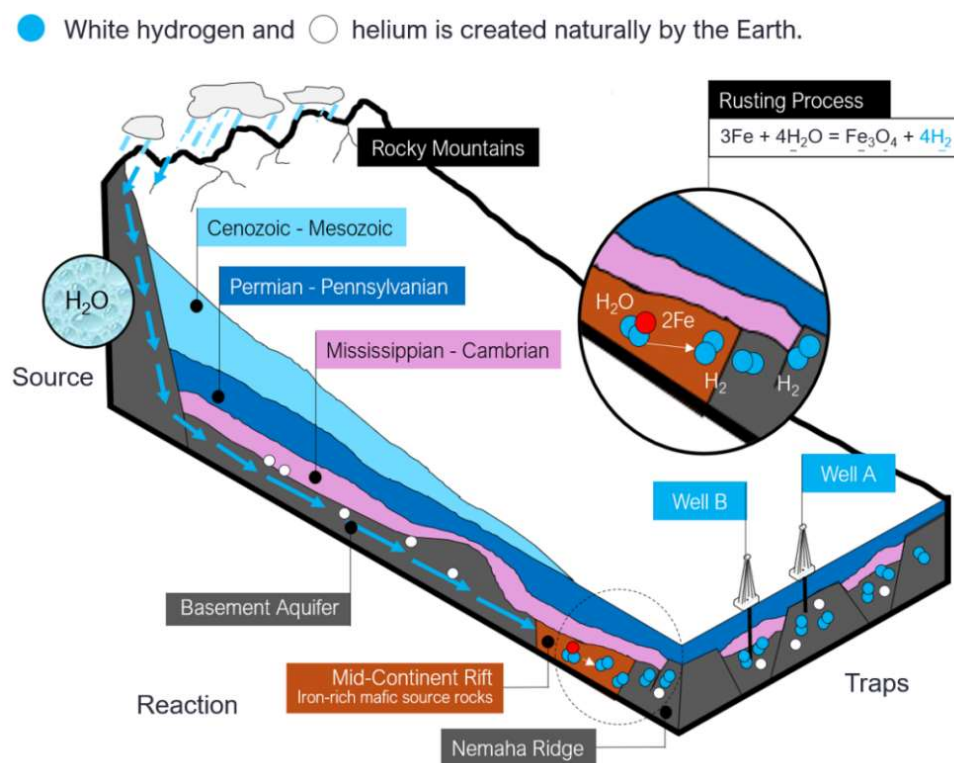


Abb. 12 Geologie des Nemaha-Projekts zur Wasserstoff-Gewinnung (Fa.HyTerra, Subiaco, WA) ²⁸

²⁹ <https://hyterra.com/projects>, accessed Mar 21, 2025

³⁰ <https://stockhead.com.au/energy/hyterra-pinpoints-april-start-for-hydrogen-helium-drilling-at-nemaha/>, accessed Mar 21, 2025

Monzón/Aragón, Spanische Pyrenäen

Bereits 1963 wurde in dem Gebiet Aragón vergeblich nach Öl und Gas gebohrt, gefunden wurde Wasserstoff. Die Bohrungen wurden daraufhin aufgegeben.

Neue geologische Untersuchungen in 2024 und eine Bohrung auf 3850m („Monzón-2) bestätigten die hohen Wasserstoff- und Helium-Gehalte unter einer undurchlässigen Salzschrift, Abb.13.³¹

Es wird von 1,1 Mio Tonnen Wasserstoff ausgegangen mit möglichen zusätzlichen Reserven von 5-10 Millionen Tonnen. Die Wasserstoffproduktion von 55000 – 70000 Tonnen jährlich soll 2028 beginnen³²

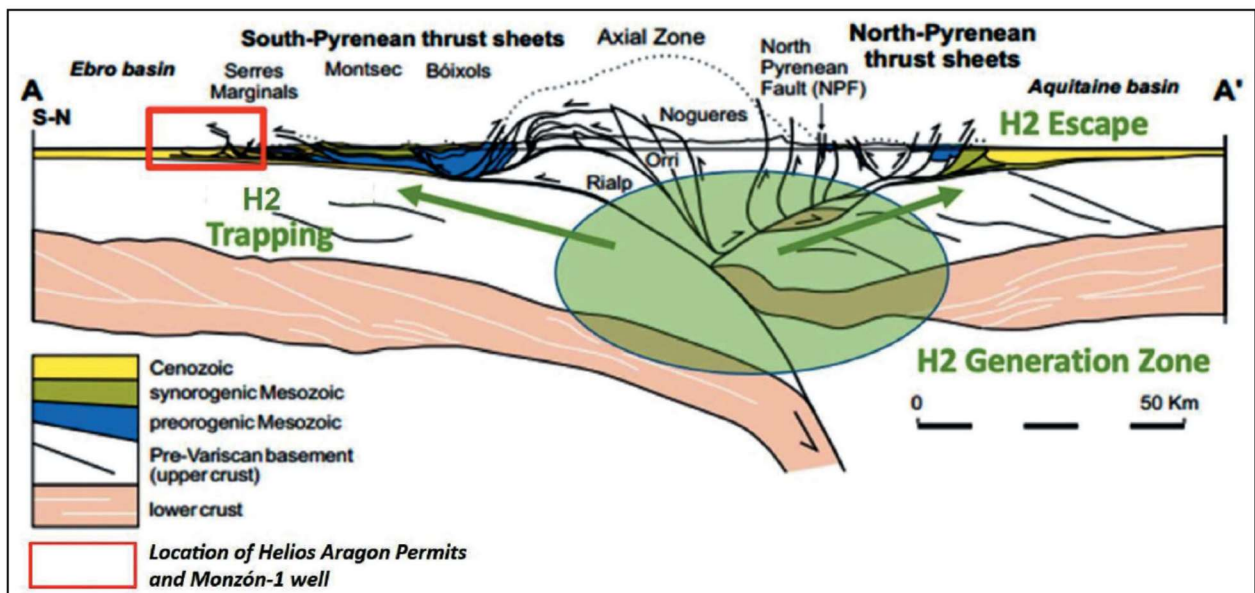


Abb.13 Wasserstoff-Kaverne in Monzón (Aragón)³⁰

3. Kosten

Die meisten Projekte für weißem Wasserstoff sind noch im Entstehen, Kostenschätzungen sind daher schwierig.

³¹ <https://4he-resources.com/pdfs/Article%20Atkinson%20et%20al..pdf>, accessed Mar 20,2025

³² <https://helios-aragon.com/monzon-natural-hydrogen>, accessed Mar 20, 2025

Ein Bezugspunkt ist die seit über zehn Jahren aktive Produktion geringer Mengen an weißem Wasserstoff durch die kanadische Firma Hydroma für die örtliche Energieversorgung in Bourakébougou in Mali.

Die Kosten für weißen Wasserstoff liegen dort unter 0,50 € / kg Wasserstoff, der allerdings ohne weitere Nachbehandlung zur lokalen Stromerzeugung genutzt wird.

Alle anderen Angaben sind grobe Kostenschätzungen und liegen im Bereich von 0,50 – 1,00 € / kg Wasserstoff, also deutlich unter den Kosten für grauen Wasserstoff von zirka 2.- € /kg (je nach Gaspreis) und deutlich unter den Kosten für grünen Wasserstoff (> 8 € /kg H₂, je nach Strompreis).

Enthält das Gas zusätzlich Helium (Wert ca. 30 – 70 € /kg) als Begleitgas, so wird die Gewinnung von weißem Wasserstoff nochmals rentabler.

Bei blauem Wasserstoff zusätzlich zu berücksichtigen sind die mit CO₂-Emissionen verbundenen Kosten von ca. 0,7 € /kg Wasserstoff.

4. Fazit

Heute vielleicht noch eine Vision, aber die Nutzung von natürlichem Wasserstoff als emissionsfreiem, darüber hinaus noch günstigem Energieträger würde die Aktivitäten bei den heutigen - fossilen oder grünen - Herstellungswegen für Wasserstoff teilweise ersetzen können

Voraussetzung ist, dass die Lagerstätten über eine ausreichende Reichweite verfügen, einschließlich der zu investierenden Aufbereitung und Logistik. Der Aufbau von H₂-Transportkapazitäten (H₂-Pipelinenetz in Europa) und von großskaligen H₂ Kavernenspeichern wäre auch hierfür weiterhin sinnvoll.

Die prinzipiellen Entstehungswege in geologischen Formationen sind gut erforscht (Abb. 13) und die vermuteten und nachgewiesenen Vorräte übertreffen den momentanen und in vielen Szenarien zukünftig erwarteten Bedarf an Wasserstoff um ein Vielfaches ¹⁹.

Wie viele der identifizierten und vermuteten Lagerstätten sich in Zukunft tatsächlich nutzen lassen, ist noch Spekulation. Dabei weitgehend unerforscht sind die vermuteten Vorkommen unter dem Meeresboden.

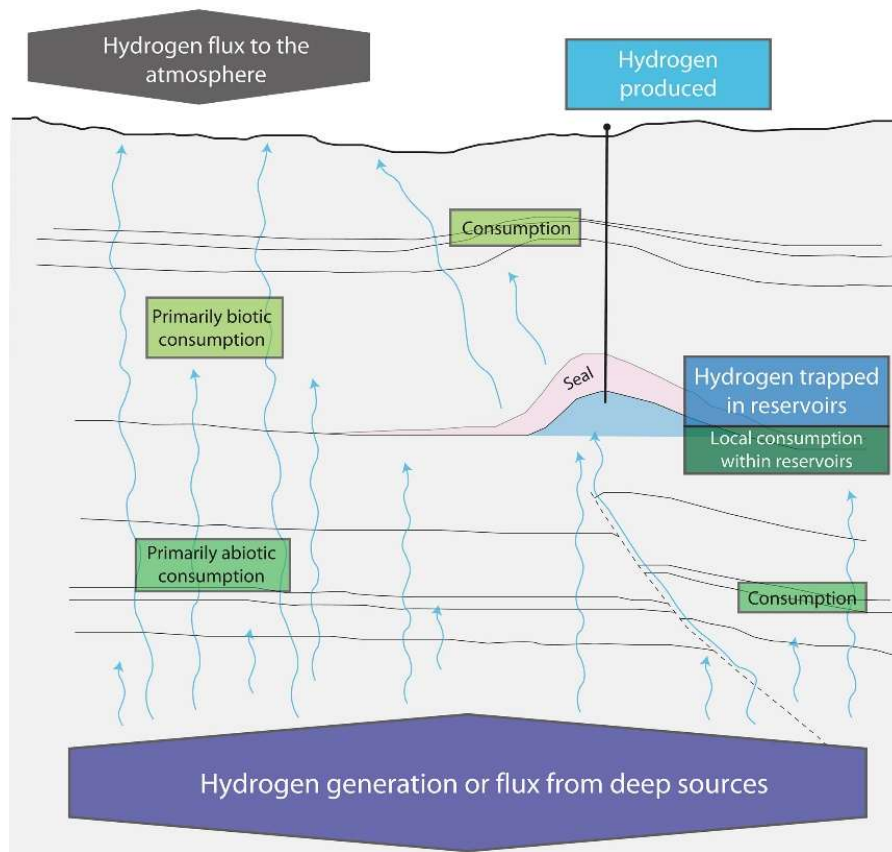


Abb. 13 Die prinzipiellen Pfade des natürlichen (weißen) Wasserstoffs ¹⁹

Die manchmal als Goldrausch bezeichnete Exploration von weißem Wasserstoff ist verknüpft mit einem hohen Risiko für die Anfangsinvestitionen bei komplexen geologischen Randbedingungen und Sicherstellung einer ausreichenden Fündigkeit der Lagerstätte.

Dies mag erklären, dass es neben der einzigen kommerziellen Ausbeutung in Mali nur wenige Projekte gibt, die innerhalb dieser Dekade zu einer kommerziellen Nutzung führen sollen.

Die Technik für die erforderlichen Tiefenbohrungen von mehreren 1000m, die auch bei der Nutzung von Geothermie als umweltfreundliche Wärmequelle immer mehr zum Einsatz kommt, wird ständig weiterentwickelt, beispielsweise bei abgelenkten und horizontalen Tiefenbohrungen ³³.

Mit dem steigenden Verständnis für die geologischen Voraussetzungen steigen auch die Erfolgchancen.

³³ <https://eavor.com/technology>, accessed Mar 29,2025

Die häufige Anwesenheit von kostbarem Helium als Begleitgas des Wasserstoffs verbessert den wirtschaftlichen Erfolg.

Es gibt auch erste Bedenken gegen eine Ausbeutung natürlicher Wasserstoffreserven. Sie betreffen vor allem die Sicherheit und mangelnde Erfahrung beim Umgang mit explosivem Wasserstoff bei den Tiefenbohrungen.

Auch wird befürchtet, dass beim Entweichen größerer Mengen an Wasserstoff in die obere Atmosphäre der Abbau von Treibhausgasen (z.B. durch Umsetzung Ozon bzw. Sauerstoff-Radikalen) gehemmt wird. Wasserstoffemissionen wären dann indirekt klimaschädigend ³⁴.

Der Gehalt an Wasserstoff in der Atmosphäre beträgt ca. 89 Mio Tonnen ³⁵, die allein auf natürliche Emissionen zurückgehen.

Zusätzliche anthropogene Wasserstoff-Emissionen sind dann wohl eher vernachlässigbar.

F. Zwaan vom GFZ Helmholtz Zentrums für Geowissenschaften in Potsdam, der mit seinem Team grundlegende Modelle für die geologischen Prozesse bei der Serpentinisierung und Entwicklung von Wasserstoff- Hot Spots entwickelt hat, ist zuversichtlich, dass langfristig die kommerzielle Nutzung kommen wird: *„Auch Erdöl war eine Kuriosität, bis die Technik für den großflächigen Einsatz bereit war. Weißer Wasserstoff „könnte einen ähnlichen Weg einschlagen.“* ³⁶

Die aktiven Projekte werden in dieser Dekade zeigen, ob hier eine Vision zur Realität werden kann.

³⁴ H.J.Wernicke, „Ist Wasserstoff ein Klimagas ?“, Global Energy Solutions, 3.4.2023

³⁵ G.Pieterse et al, „Reassessing the variability in atmospheric H₂ using the two-way nested TM5 model“, JGR Atmospheres, Vol 118, p. 3764, May 2013

³⁶ <https://edition.cnn.com/2025/02/19/climate/hydrogen-reservoirs-under-mountains>, accessed Mar 22,2025