

Natürliche Wasserstoffbildung in der Erde

Wissenschaftler:innen haben unter der Erdoberfläche mehrere Quellen natürlichen Wasserstoffs entdeckt.

Natürlicher Wasserstoff, oft auch **weißer Wasserstoff** genannt, ist in natürlichen Lagerstätten vorkommender molekularer Wasserstoff (im Gegensatz zu Wasserstoff, der im Labor oder in der Industrie hergestellt wird) und damit ein Primärenergieträger.

Dies unterscheidet ihn von auf andere Art und Weise gewonnenem Wasserstoff, wie z. B. grünem Wasserstoff, der mit Hilfe erneuerbarer Energien gewonnen wird, z. B. durch Wasserelektrolyse, und von „grauem“/„braunem“ und „schwarzem“ Wasserstoff, der aus fossilen Quellen gewonnen wird, z. B. durch Dampfreformation.

Erstmals entdeckt wurden Vorkommen von weißem Wasserstoff in den 1970er Jahren. Dabei handelte es sich um Ausgasungen hydrothermalen Systeme. **Hydrothermal bezeichnet den Bildungsbereich von Mineralen aus gas- und salzhaltigen wässrigen Lösungen zwischen deren kritischem Punkt (ca. 375°C) bis zum Absinken der Temperatur bis ca. 30°C.**

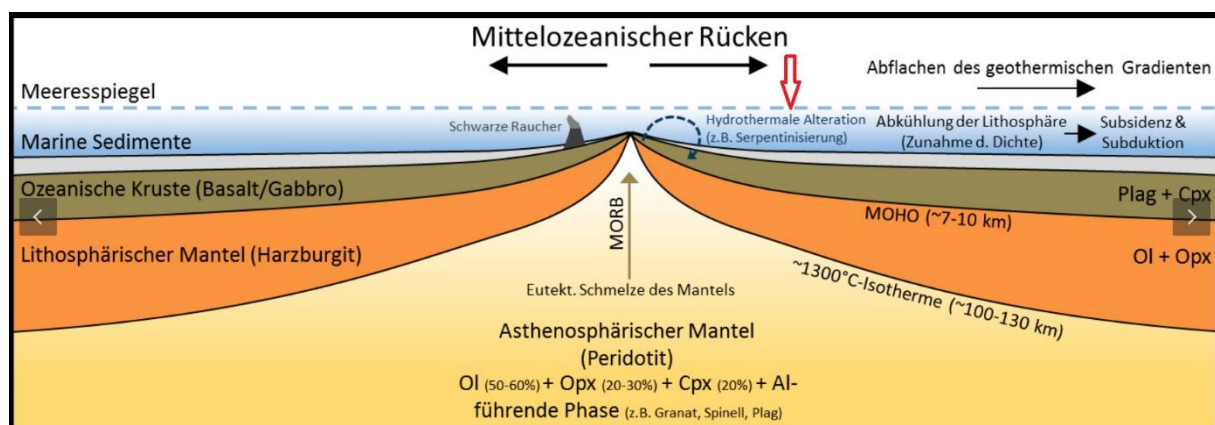
Es folgen ein paar Hinweise zum derzeitigen Wissensstand zu Entstehung und Vorkommen von natürlichem Wasserstoff in der Erdkruste.

Der Boden des Ozeans treibt pro Jahr einige cm auseinander. Durch diese Ozeanbodenspreizung kann Magma aufsteigen und sich als vulkanischer Gebirgsrücken im Ozean absetzen.

Mit Wasserzufuhr entsteht daraus über eine Reihe von chemischen Prozessen das Mineral Serpentin und das Gas Wasserstoff.

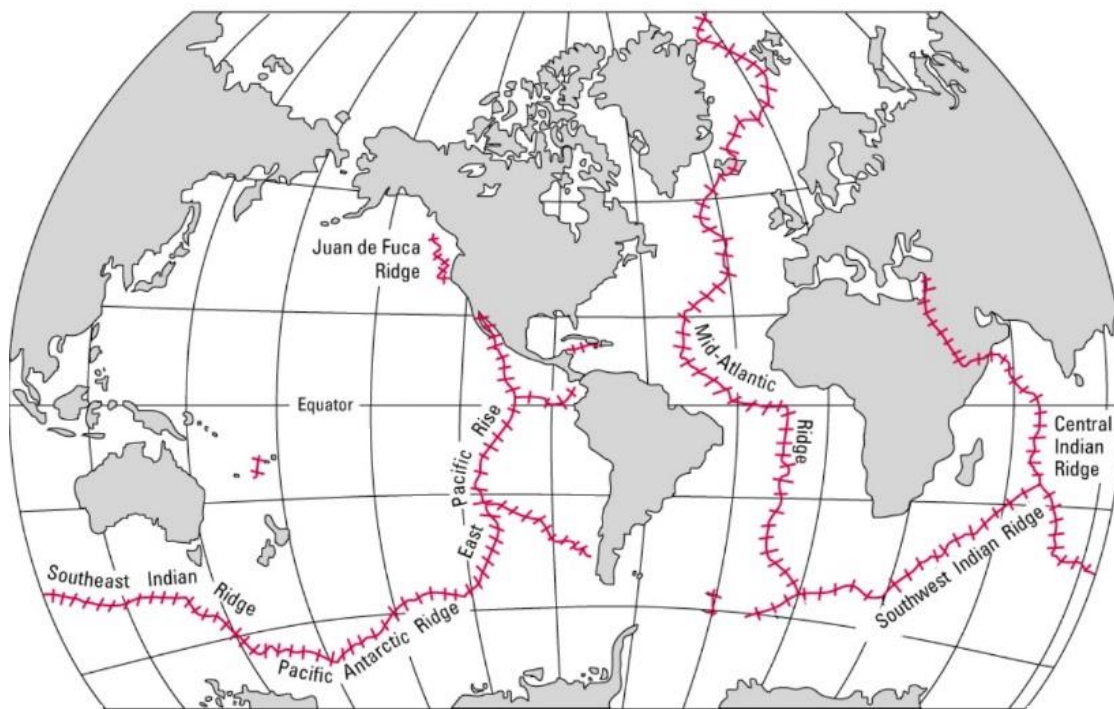
Beim Kontakt heißen Erdmantelmaterials, des Peridotits, mit Meerwasser wird dieses serpentinisiert, also olivin- oder pyroxen-reiches Gestein ($\text{MgFe}_2\text{SiO}_4$; Mg kann durch Mn oder Fe ersetzt sein) wird durch Aufnahme von Wasser in das Mineral Serpentin umgewandelt. Dabei werden die Eisen-II enthaltenden Minerale mit Wasser zu Magnetit (Fe_3O_4) und Wasserstoff (H_2) umgewandelt. Eine solche Serpentinisierung ozeanischer Kruste findet auch an Subduktionszonen statt, wobei hier die Wassertemperatur bedeutend niedriger und der pH-Wert hoch ist.

Serpentinisierung ist ein Alterationsprozess silikatarmer ultramafischer Gesteine, bei welchem unter Wasserzufuhr aus **Olivin** und **Pyroxen OH-haltige Serpentinminerale** gebildet werden. Peridotit besteht aus Olivin und Pyroxen, Mineralien des Erdmantels.



(Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Mittelozeanischer_R%C3%BCcken, Hervorhebung mit rotem Pfeil von mir)

Olivine enthalten Magnesium, Nickel oder Eisen. Ultramafische Gesteine haben einen magmatischen Ursprung. Sie kommen in der Erdkruste vor.



Verlauf der Mittelozeanischen Rücken auf einer Weltkarte

Frühere Abschätzungen der Wasserstoffmengen, die global in den Ozean diffundieren lagen bei rund 1,3 Mrd. m³ pro Jahr. Aktuelle Schätzungen der weltweiten Wasserstoff-Produktion in der Tiefsee durch Wasser-Gesteins-Reaktionen liegen im Bereich von 0,2 Mio. m³ pro Jahr und pro Kilometer der mittelozeanischen Rückenachse.



Die Serpentinegruppe bezeichnet eine Gruppe im monoklinen Kristallsystem kristallisierender Silikat-Mineralen mit der chemischen Zusammensetzung $(\text{Mg, Fe, Ni})_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$. Die in Klammern stehenden Metallatome können sich in beliebiger Mischung vertreten, stehen aber immer im selben Verhältnis zu den anderen Atomgruppen.

(Quelle: Wikipedia)

Serpentinisierung ist an einer Vielzahl von Orten auf der Erde zu beobachten, vor allem dort, wo es durch tektonische Prozesse zur Hebung und Freilegung von Mantelgesteinen kommt.

Die Wissenschaft geht davon aus, dass sich Wasserstoff in der Erde in Dutzenden bis Hunderten von Jahren neu bildet.

Das wissenschaftliche Verständnis des Beitrags von intrakratonischen Becken zur geogenen Wasserstoffproduktion hat sich über die Jahre verändert. Während die Extrapolation des regionalen H₂-Flusses, basierend auf den tiefen Goldminen des Witwatersrand-Beckens in südafrika, 21 Mio. m³ pro Jahr für alle präkambrischen Gesteine zusammen erreichte, ermitteln neuere Untersuchungen deutlich höhere Werte. Unter Berücksichtigung der gesamten präkambrischen Kontinentalkruste errechnen einige Wissenschaftler ein kombiniertes Wasserstoff-Produktionspotential von 0,8 bis 5 Mrd. m³ pro Jahr. Einzelne Untersuchungen kommen noch zu deutlich höheren Werten. Andere bestätigen diese Größenordnung.

Allerdings lagert der Wasserstoff oft in 3 000 – 4 000 m Tiefe.

Der tiefste Kohleflöz liegt bei 1800 m. Die bisher tiefste Bohrung in die Erde beträgt 12.000m und befindet sich auf der russischen Halbinsel Kola.

Zur Nutzung von Erdwärme werden zur Zeit Bohrungen bis in 20 .000 m Tiefe vorbereitet.

Der sogenannte „natürliche“, „geologische“, „native“ oder „weiße“ Wasserstoff war im Juni 2023 Gegenstand eines Medienbooms. Damals wurde im Nordosten Frankreichs ein Vorkommen von schätzungsweise 45 Millionen Tonnen Wasserstoff entdeckt. Das ist mehr als das Doppelte der Menge, die bis 2030 in der EU jährlich verbraucht werden soll.

Anfang 2023 machte sich eine Gruppe um den Geowissenschaftler Jacques Pironon von der Universität Lothringen auf zu einer stillgelegten Kohlemine nahe der deutsch-französischen Grenze. Vom Energieunternehmen Française de l'Energie hatte er und sein Team den Auftrag bekommen, nach Methan zu suchen. Also ließen sie ein Bohrgestänge in die Tiefe fahren. Doch auf Methan stießen sie nicht, dafür auf etwas anderes: Wasserstoff. Je tiefer sie bohrten, desto mehr nahm die Konzentration zu. In 1250 Metern waren es schon 20 Prozent.

Auf 250 Millionen Tonnen schätzt Pironon die Menge an Wasserstoff in dem Reservoir, das wäre mehr als das Doppelte dessen, was die gesamte Welt pro Jahr auf unterschiedliche Weise an Wasserstoff produziert. Den rechtlichen Rahmen, um Wasserstoff als Rohstoff zu fördern, hat Frankreich als eines der ersten Länder bereits im Jahr 2022 geschaffen. Nun will das französische Energieunternehmen erneut bohren, um Gasproben aus noch größeren Tiefen an die Oberfläche zu befördern und die genaueren Ausmaße der Lagerstätte zu bestimmen. 2027 oder 2028 soll, wenn alles gutgeht, mit der Gewinnung des Wasserstoffs begonnen werden.

(aus SZ vom 19. 1. 2024, Ausführliche Quellenangabe s. u.)

Langfristig ist natürlicher Wasserstoff jedoch „eine Untersuchung wert, da er wie andere Quellen dazu beitragen würde, den Druck auf das Elektrizitätssystem zu verringern, der durch die Produktion von Wasserstoff durch Elektrolyse verursacht wird“, so Simon Pujau, Leiter der institutionellen Beziehungen bei France Hydrogène, einem Industrieverband, gegenüber EURACTIV.

Darüber hinaus müssen noch einige Hindernisse überwunden werden, wie etwa die Überzeugung der öffentlichen Meinung von den Vorteilen.

„Wir sind sehr vorsichtig, wenn es um den Verbrauch von geförderter Energie geht, die eine Vielzahl von Problemen aufwerfen kann: Vertreibung der Bevölkerung, Monopolisierung von Wirtschaftseinnahmen und so weiter“, sagte Anna-Lena Rebaud, zuständig für fossile Brennstoffe bei der Nichtregierungsorganisation Friends of the Earth Frankreich, gegenüber EURACTIV.

Für 45-8 Energy dürfen die Fehler der Vergangenheit deshalb nicht wiederholt werden: „Wir sind äußerst transparent und wollen eine neue Art des Umgangs mit dem Untergrund entwickeln“, sagt Pélissier.

„Wir sorgen dafür, dass die Einwohner und die Behörden von den Vorteilen der Ressourcennutzung profitieren können, beispielsweise bei der Energieversorgung öffentlicher Gebäude und der Wiederverwendung von Abwärme“, so Pélissier weiter.

Das unbekannte Ausmaß der Vorkommen macht die Sache noch komplizierter, was einen internationalen Konsens über den Abbau voraussetzen würde.

(Quelle: <https://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/frankreich-jubelt-ueber-riesiges-unterirdisches-wasserstoffvorkommen/>)

Seitdem haben sich die Forschungs- und Explorationsgenehmigungen in ganz Europa vervielfacht. In Frankreich kündigte Präsident Emmanuel Macron „massive Investitionen“ zur Erforschung des Potenzials dieser Energiequelle an.

Ein Jahr des Fortschritts in Frankreich

Die Anzeichen sind vielversprechend. Fünf Monate nach der Entdeckung im **Nordosten Frankreichs** wurde im November die erste Explorationslizenz für einen Standort im Südwesten des Landes erteilt. Bohrungen sollen innerhalb von zwei Jahren erfolgen.

Fünf weitere Genehmigungen für Standorte in ganz Frankreich sind derzeit in Bearbeitung. Andere Projekte seien jedoch durch Betriebsgeheimnisse geschützt, erklärte Christophe Rigollet, ein Geologe des Beratungsunternehmens CVA Group, das an mehreren dieser Projekte beteiligt ist, gegenüber Euractiv.

Er sagte, die europäischen Behörden sollten die Öl- und Gasunternehmen auffordern, ihre Daten über den Zustand des Untergrunds auf dem Kontinent zur Verfügung zu stellen.

Nach der **Nouvelle-Aquitaine (Südwesten)** und der **Bretagne (Nordwesten)** sollte auch die **Bourgogne Franche-Comté (Mitte-Osten)** bald eine Überprüfung ihres Untergrunds einleiten, meinte Rigollet.

Das regionale Interesse beflügelt das nationale Interesse, wie die direkte Beteiligung Macrons und die Finanzierung eines nationalen Projekts zur Verbesserung der Identifizierungsmethoden für die Ressource Anfang Juli gezeigt haben.

Darüber hinaus hat die französische Regierung im vergangenen April eine Studie zur Identifizierung von Gebieten mit hohem Potenzial in Auftrag gegeben. Die ersten Ergebnisse werden laut Nicolas Gonthier, Leiter von earth2, einem Zusammenschluss europäischer Organisationen, die sich mit natürlichem Wasserstoff befassen, für Ende 2024 bis Anfang 2025 erwartet.

(Quelle: <https://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/natuerlicher-wasserstoff-europaeisches-interesse-steigt/>)

Aus der o. g. Studie:

*Im April 2024 bat die französische Generaldirektion für Energie und Klima (DGEC) IFPEN, die Erstellung einer Studie zu koordinieren, um **das Potenzial von natürlichem Wasserstoff** im französischen Untergrund zu ermitteln und den aktuellen Wissensstand auf diesem Gebiet zu bewerten. An dieser Studie sind Teams von IFPEN sowie ein Dutzend französischer akademischer Experten beteiligt.*

Die Ziele der Studie sind: die Überprüfung der physikalisch-chemischen Mechanismen, die die unterirdische Wasserstofferzeugung steuern, die Bestimmung potenzieller Zonen auf dem französischen Festland und in Übersee und schließlich die Definition möglicher Produktionsmethoden.

Darüber hinaus muss der Bericht unter Einbeziehung aller Akteure des Sektors die vorrangigen Maßnahmen sowie alle bereits laufenden Projekte auflisten, um die Entwicklung und das Wachstum des Sektors zu fördern.

(Quelle: <https://www.ifpennergiesnouvelles.com/article/focus-natural-hydrogen-ifpen-involve-iea-and-dgdc-initiatives>; eigene Übersetzung)

Frankreich ist zwar die treibende Kraft, aber auch das übrige Europa liegt nicht weit zurück. Mehr als ein Dutzend Projekte sind über den ganzen Kontinent verstreut.

In Ostdeutschland wird derzeit ein Projekt des französischen Unternehmens 45-8 Energy geprüft. Im Nordosten Spaniens soll noch vor Ende des Jahres mit den Bohrungen am ersten Standort des Landes, der eine Genehmigung erhalten soll, begonnen werden.

Im vergangenen November kündigte ein britisches Bergbauunternehmen einen Explorationsvertrag in Osteuropa an, ohne den genauen Standort zu nennen. In Albanien entdeckten französische Forscher im Februar ein potenziell großes Vorkommen. Derweil haben die finnischen Behörden eine Karte veröffentlicht, auf der die Konzentration von natürlichem Wasserstoff in mehreren Gasbohrlöchern verzeichnet ist.

In Polen haben die Behörden im vergangenen September den rechtlichen Rahmen für die Exploration von natürlichem Wasserstoff geschaffen, obwohl noch keine Projekte bekannt sind.

Auch in Island, Serbien, Schweden, Norwegen, der Ukraine und dem Kosovo werden derzeit Projekte entwickelt.

*...Auch wenn einige politische Maßnahmen bereits jetzt ergriffen werden können, wird es noch einige Zeit dauern, bis das volle Potenzial von natürlichem Wasserstoff bekannt ist. **Die ersten europäischen Bohrungen in Frankreich werden frühestens Ende 2028 erwartet.***

(Quelle: <https://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/natuerlicher-wasserstoff-europaeisches-interesse-steigt/>)

In dem umfangreichen Zeitungsartikel mit dem Hinweis auf Serpentinisierung findet sich auch ein Bericht über den Austritt von reinem gasförmigen Wasserstoff aus der Erde im westafrikanischen Land Mali im Jahr 1987.

Eine neue Ära – Geologen finden weltweit immer mehr große Lagerstätten von Wasserstoff. Es herrscht Goldgräberstimmung (aus SZ 19.1.24)

Wie so oft, wenn ein neues Kapitel in der Energiegewinnung aufgeschlagen wird, begann es explosiv. Im Jahr 1987 errichteten Arbeiter im westafrikanischen Mali einen Brunnen für das Dorf Bourakébougou. 108 Meter hatten sie bereits in die Tiefe gebohrt, als ihnen ein Wind entgegenblies. Einer der Arbeiter beugte sich mit einer brennenden Zigarette im Mund über die Öffnung – und es kam zu einer gewaltigen Explosion. Dem Mann verbrannte das Gesicht. Und aus dem Bohrloch züngelten fortan Flammen, welche die Arbeiter am Tag mit blauem Sprudelwasser verglichen und in der Nacht mit glänzendem Gold. Nach Wochen gelang es, das Feuer zu löschen, und das Loch wurde zubetoniert.

Im Jahr 2011 kamen erneut Arbeiter, diesmal vom malischen Energieunternehmen Petroma, dessen Name fortan auf dem Ortsschild prangte. An einem heißen Tag öffneten sie das Bohrloch wieder und stießen auf natürlichen Wasserstoff – fast in Reinform. Bis dahin hatte kaum jemand Wasserstoff aus natürlichen Reservoiren als Energiequelle auf der Erde ernst genommen. Geologinnen und Geologen wussten

Wasserstoff gilt als Allheilmittel für die Energiewende

zwar, dass es ihn in bestimmten geologischen Formationen gab – etwa in mittelozeanischen Rücken oder Gebirgen, wo Mantelgestein durch tektonische Prozesse in Richtung Erdoberfläche drückt –, doch taten sie das als geologische Kuriosität ab. Die Öl- und Erdgasindustrie bestritt die Existenz des natürlichen Wasserstoffs sogar ganz, hatte man doch Millionen fossile Förderstätten ausgebeutet, ohne auf jenes flüchtige Gas gestoßen zu sein. „Das liegt auch daran, dass keiner bewusst danach gesucht hat“, sagt Tobias Weisenberger vom Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ). „Aber auch daran, dass Wasserstoff in solchen Fluidsystemen zum Teil nur als Nebenbestandteil auftritt.“

Der Fund in Mali änderte das: Das malische Energieunternehmen, das heute Hydroma heißt, begann den Wasserstoff zu nutzen – zunächst mithilfe eines klassischen Verbrennungsmotors, später mit einer Brennstoffzelle. Und so bekam Bourakébougou erstmals Strom: Die Straßen wurden beleuchtet, das Dorfoberhaupt bekam einen Fernseher, eine Tiefkühltruhe ging in Betrieb, und die Menschen konnten abends in der Moschee dank elektrischen

Lichts beten. Weltweit hat die Entdeckung Goldgräberstimmung ausgelöst. Manche Fachleute vergleichen die Situation mit der Zeit unmittelbar vor dem Ölrash Mitte des 19. Jahrhunderts. In diversen Ländern arbeiten Unternehmen und Start-ups daran, den „goldenen“ oder „weißen“ Wasserstoff, wie er auch genannt wird, auszuheben. Erste Lizenzen werden vergeben, erste Bohrungen finden statt oder werden vorbereitet: in den USA und Brasilien, in Spanien, der Schweiz und Australien. „Es gibt zwar noch keine echte Industrieproduktion, aber viele Entdeckungen auf al-

len Kontinenten“, sagt der Geologe Alain Prinzhofer vom brasilianischen Unternehmen Geo4U, der die Wasserstoff-Förderstätte in Mali selbst untersucht hat. „Und da der Produktionspreis von natürlichem Wasserstoff günstiger ist als der von hergestelltem Wasserstoff und da er sauber und erneuerbar ist, bin ich ziemlich optimistisch für die Zukunft dieser neuen Ressource.“

Wasserstoff gilt als Allheilmittel für die Energiewende. Endlich ein speicherfähiger Energieträger, der nicht von den Launen des Windes oder der Sonne abhängig



Text aus Süddt. Zeitung vom 19.1.24

Außer den angegebenen Quellen im Text war eine weitere wichtige Quelle für diese Zusammenstellung der Bericht des BGR in ihren Commodity Top News vom 18. 6. 2020:

Wasserstoffvorkommen im geologischen Untergrund von Dieter Franke, Martin Blumenberg und Martin Pein Fakten, Analysen, Wirtschaftliche Hintergrundinformationen Nr. 63 der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover und der Deutschen Rohstoffagentur (DERA)

(https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Energie/63_wasserstoffvorkommen_im_geologischen_untergrund.pdf;jsessionid=23D0F5698E3E41CE88FC6D662D3C62D5.internet942?__blob=publicationFile&v=2)