

Weißer Wasserstoff

**Natürlich im geologischen Untergrund vorkommender
molekularer Wasserstoff**

Dieter Franke & BGR-Team

16.05.2024

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ist eine wissenschaftlich-technische Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).



Forschungsthemen:

- Für Untergrundgasspeicherung nutzbare geologischen Formationen (in D)
- Reaktionen von H_2 an Fluid-Gestein-Grenzflächen
- mikrobielle Prozesse unter Speicherbedingungen
- Natürlich im geologischen Untergrund vorkommender Wasserstoff



- Porenspeicher
- Aquifer
- ehem. Gasfeld
- ehem. Ölfeld
- Bohrkernproben
- Kavernenspeicher



Wo finden wir Wasserstoff auf der Erde?

Häufigstes Element im Universum

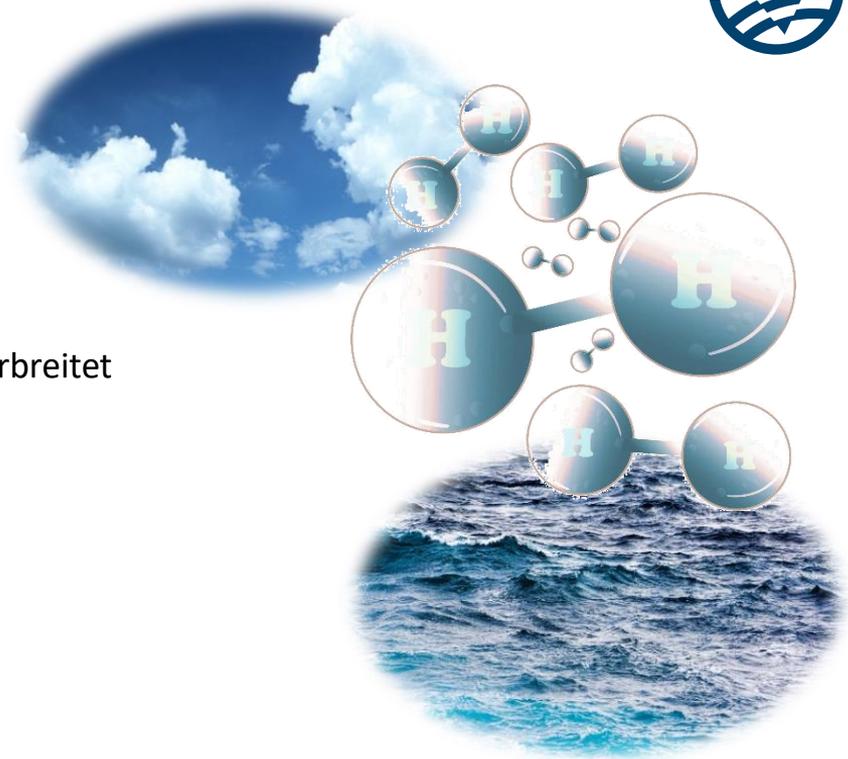
Sehr reaktionsfreudig

Wasserstoff ist in unterschiedlichsten **Verbindungen** weit verbreitet

- Atmosphäre: Wasserdampf
- Ozeane & Hydrosphäre & Geosphäre: Wasser, Minerale
- Kohlenwasserstoffe: Erdöl, Erdgas

→ als saubere Energiequelle bedeutungslos

→ **molekulare Form notwendig (H_2)**



Wasserstoffmessungen im geologischen Untergrund

**Globale H₂-Messungen
mit >10% H₂ im Gasgemisch.**

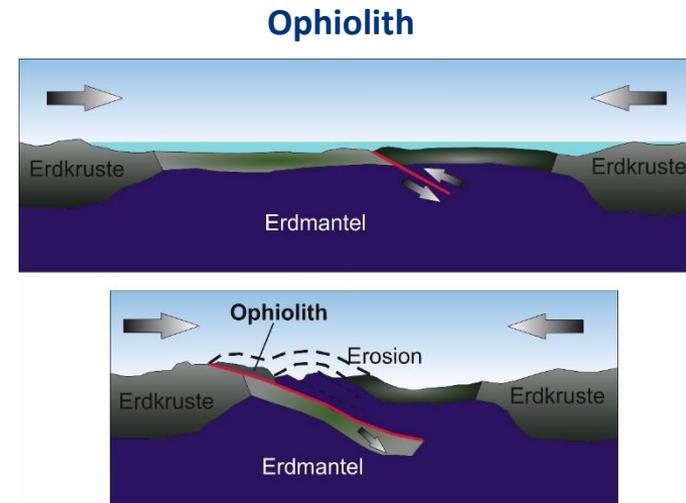
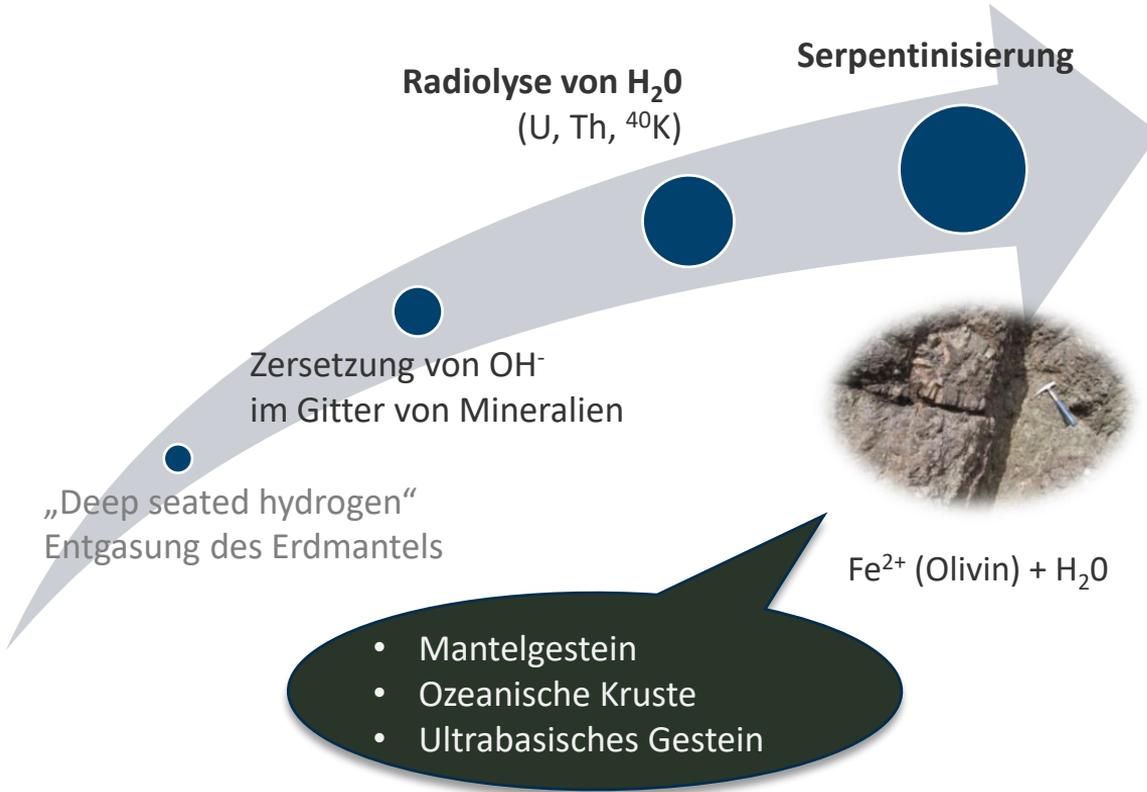
Ungleiche Verteilung:
Mehr Nachweise in z.B. GUS,
da bei Gasmessungen H₂ routinemäßig
erfasst wurde.

Verteilung der Messungen
≠
Verteilung tatsächliches Vorkommen



Daten aus Zgonnik, 2020

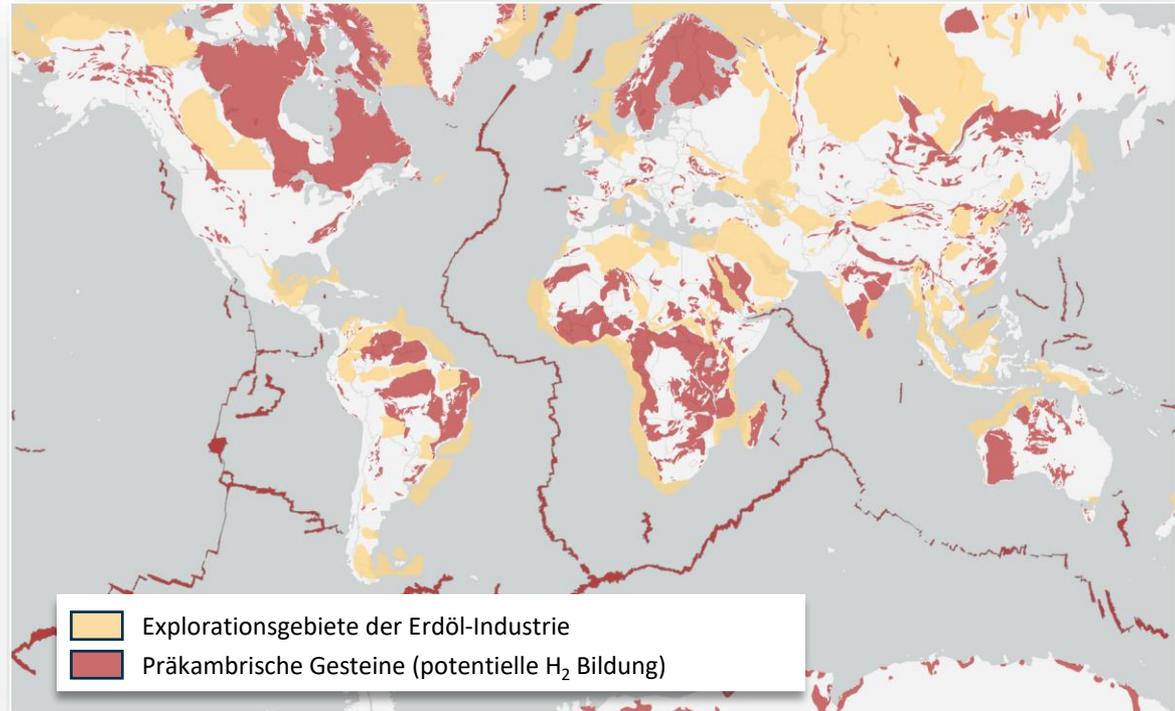
Natürlich im Untergrund vorkommender Wasserstoff



Wurde bislang nicht richtig nach H₂ gesucht?

Ophiolithe und präkambrische Gesteine sind nicht im Fokus der Erdöl-Industrie.

Mineralische Rohstofferkundung sucht an Orten mit höherem H₂-Potential, aber **selten Messungen** der ausströmenden Gaszusammensetzung.



121. Ernst Erdmann: Über heliumhaltige Gase der deutschen Kalilager.

[Mitteilung aus dem Universitätslaboratorium für angew. Chemie in Halle a. S.]
(Eingeg. am 26. Februar 1910; mitget. in der Sitzung von Hrn. C. Mannich.)

In einem Stollen von Schacht VI¹⁾ des Herzogl. Anhaltischen Salzwerks Leopoldshall entströmen dem Carnallit — 450 m unter Tage — seit 4½ Jahren brennbare Gase, welche am 8. August 1904 durch Sprengschuß entfesselt wurden. Anfangs brannte eine meterlange Flamme aus dem Sprengloche heraus, und nur sehr allmählich hat der Druck nachgelassen, nachdem viele Tausend Kubikmeter der entzündeten Gase ausgeströmt und verbrannt sind²⁾.

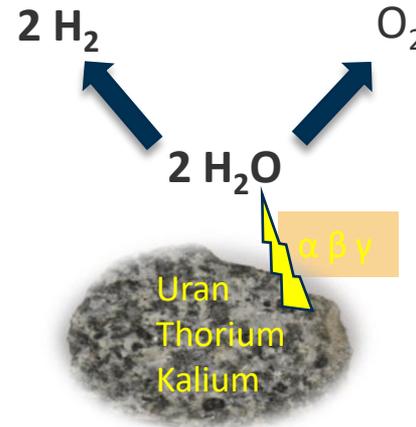
Auf Anregung von H. Precht in Neustaßfurt habe ich die Gase untersucht. Ich fand als Durchschnitt von 8 Analysen folgende Zusammensetzung:

Wasserstoff	83.6 Volum-Proz.
Methan	4.4 »
Gasrest	12.0 »

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

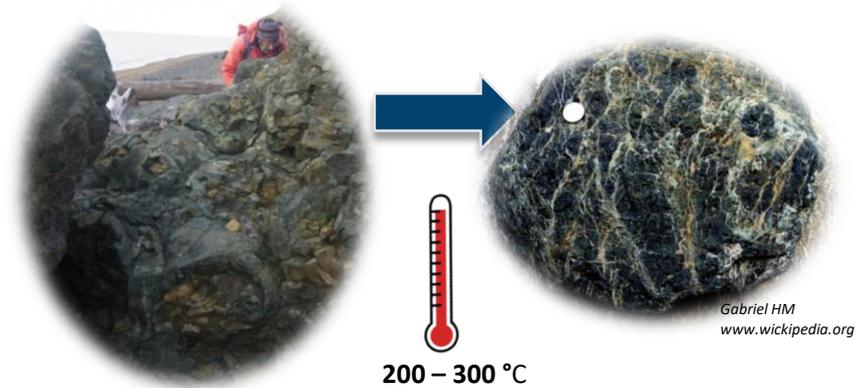
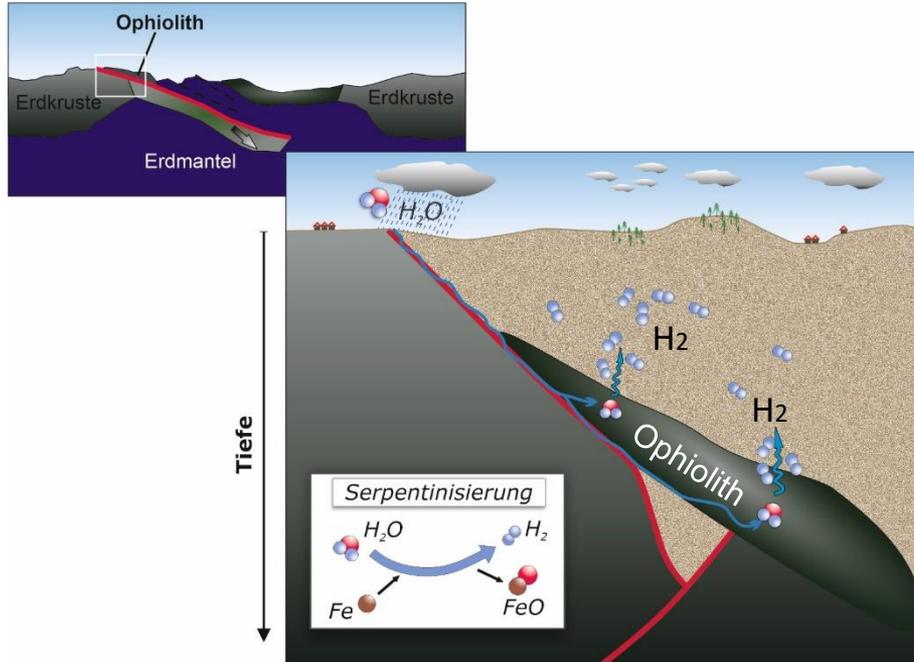
Jahr 1904: Salzwerk Leopoldshall / Staßfurt

Gase mit 83,6 Vol.-% Wasserstoff entströmen mehr als vier Jahre.



Granit / Evaporite (Salz)
(natürlicher radioaktiver Zerfall)

Oxidation von eisenreichen Gesteinen



Gabriel HM
www.wikipedia.org

Mali Bourakebougou

Wasserstoffvorkommen 1987 zufällig bei Grundwasserbohrung entdeckt.

Konzentration 98 % Wasserstoff;
Flussraten nach Unternehmensangaben 1500 m³/Tag.

2012 geöffnet für Versorgung eines Dorfs mit Strom.

→ ~ 50 t/Jahr*

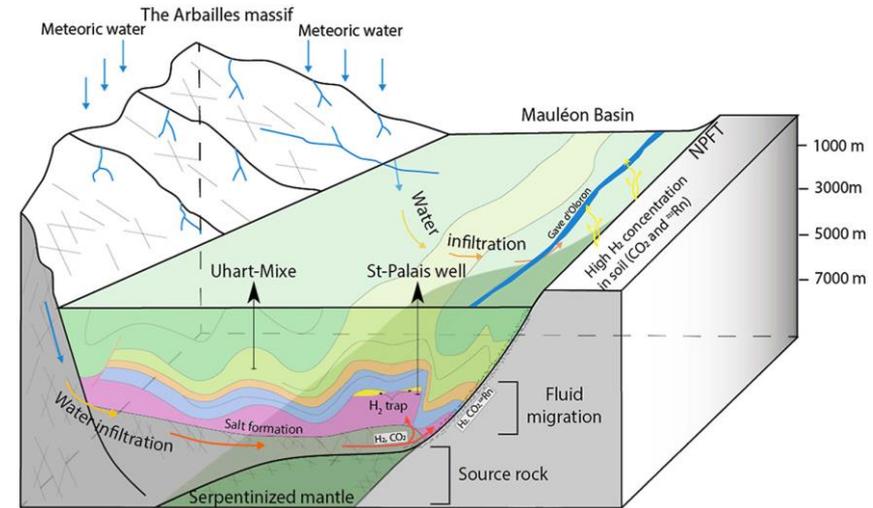


*Maiga et al., 2023; Scientific Reports

Bohrungen liefern Hinweise auf Wasserstoff im Ebro-Becken in der spanischen Region Aragón

Unternehmen *Helios Aragon* beantragte Erkundungslizenz im Nordosten Spaniens

Falls erfolgreiche Vorerkundung: Nach **Firmenangaben** Produktion von rd. **50.000 t/a** über 20-30 Jahre mit einem Wasserstoffpreis <1€/kg möglich.



Lefevre et al., 2022; graphical abstract, Applied Geochemistry

★ Juravorland

- Untersuchung möglicher H₂ und He Vorkommen durch das Unternehmen 45-8
- H₂ Konzentrationen von 2 % bis 5 %

★ Lothringische Becken

- 15 % Wasserstoff in Tiefe von ~1100 m
- FDE beantragt Erkundungsbohrung

★ Aquitainebecken

- 0,1% Wasserstoff
- Untersuchung durch Zusammenarbeit verschiedener Unternehmen & geol. Dienst



Albanien

Erstmalig **belastbare Flussraten** über längeren Zeitraum (6 Jahre) gemessen (*Truche u.a., 2024; Science*)

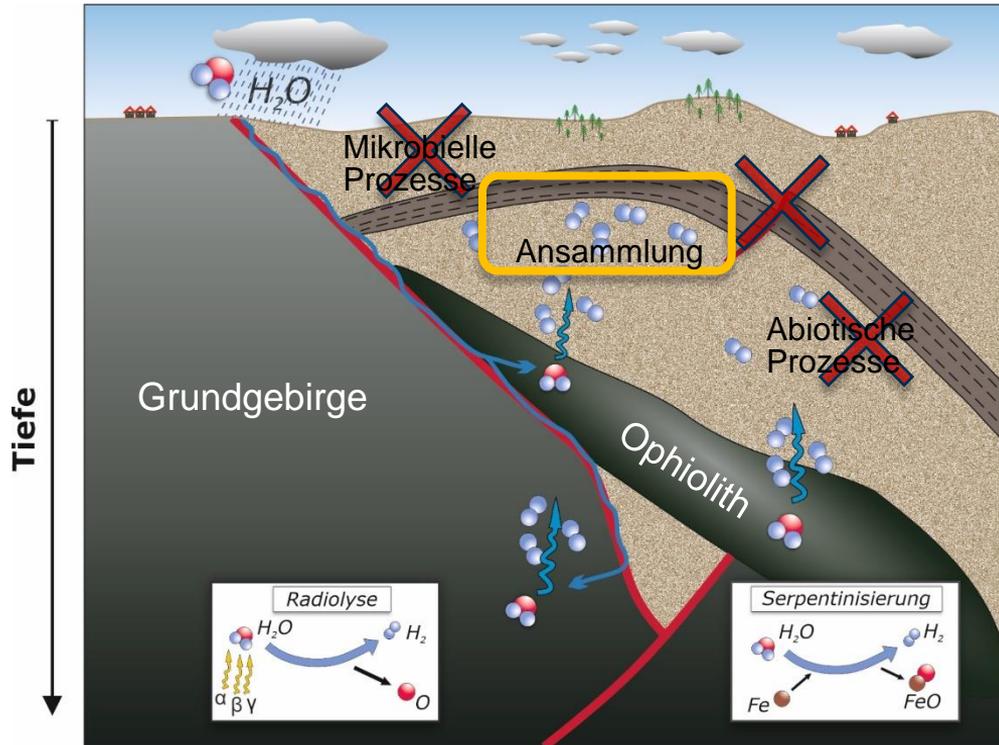
- 84 vol% H₂
- **200 t / Jahr**

Chrom-Mine (Chromit, auch Chromeisenstein Fe²⁺Cr₂O₄) ist Teil eines ausgedehnten **Ophiolith-Komplexes**

Wasserstoffbildung wahrscheinlich durch **Serpentinisierung**



Voraussetzung für Wasserstoff-Ansammlung



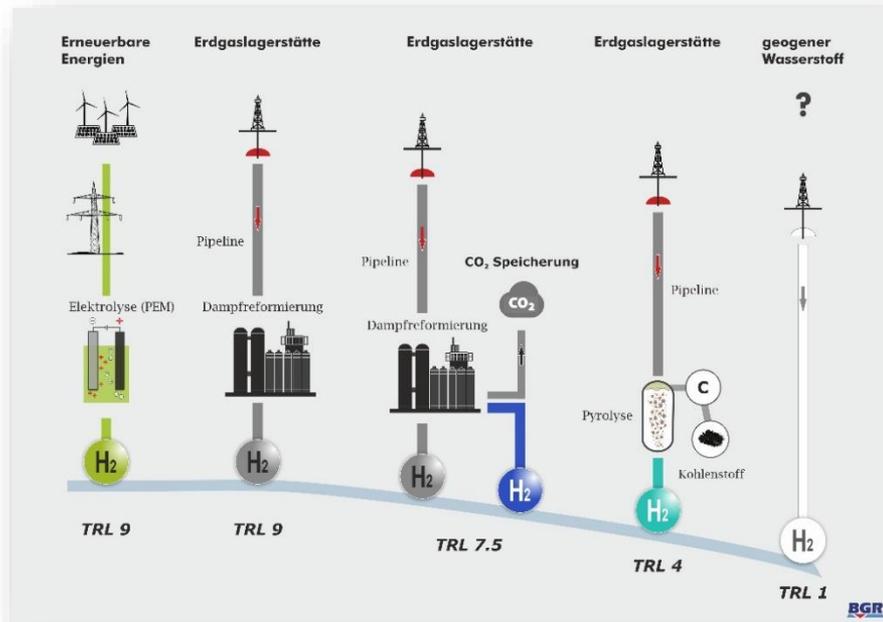
Bildung z.B. Radiolyse, Serpentinisierung

- Anwesenheit von **Wasser**
- Temperaturfenster
- eisenreiches Mantelgestein / Ophiolith

Keine Umsetzung/Umwandlung, kein **Entweichen** an Oberfläche

Migration von H_2 , **Speichergestein**, **Fallenstruktur**

Technologischer Reifegrad (TRL)



Relativ gut verstanden ist gegenwärtig die Bildung des Wasserstoffs.

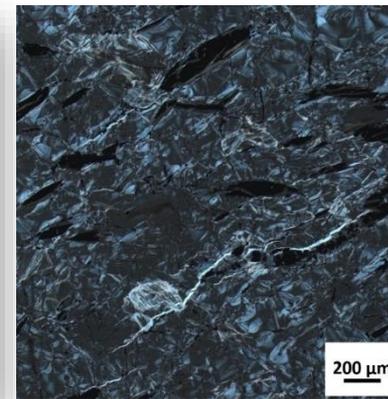
Offen bleibt, ob und wie sich molekularer Wasserstoff im Untergrund ansammeln könnte.

Die **optimistische** Sicht: wir haben einfach **noch nicht richtig untersucht** und es ist nur **eine Frage der Zeit bis zur ersten großen Entdeckung**.

Die **pessimistische** Sicht: es kann **keine bedeutenden Anreicherungen** geben aufgrund der **Reaktionsfreudigkeit** dieses sehr kleinen Moleküls an, das durch die meisten Gesteinsschichten einfach **hindurchdiffundiert**.

Aus geowissenschaftlicher Sicht sind wir noch **sehr weit entfernt** von einer möglichen **Erschließung** molekularen Wasserstoffs im Untergrund.

→ **bisher wurde noch kein abbauwürdiges Vorkommen entdeckt, aber das Potential ist da.**



Merci de votre attention!

Thank You for Your attention!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

شكرا لاهتمامكم
تقبلوا منا أسمى عبارات التقدير و التحية .

Weitere Informationen unter:
www.bgr.bund.de

