

SAISONALER GASSPEICHER IM SCHWEIZER UNTERGRUND

Ein aktuelles Forschungsprojekt weckt die Hoffnung, der Schweizer Untergrund könnte sich als Speicher für erneuerbares Gas nutzen lassen. Hierbei kommt ein Verfahren zum Einsatz, bei dem Mikroorganismen erneuerbaren Wasserstoff und Kohlendioxid in Methan – den Hauptbestandteil von Erdgas – verwandeln. Forschende der Universität Bern haben im Schweizer Mittelland poröse Gesteinsformationen ausfindig gemacht, die für die sogenannte Geo-Methanisierung in Frage kommen.

Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Power-to-Gas-Technologien machen es möglich, Strom in Gas umzuwandeln. Oft wird hierfür ein Elektrolyseur genutzt, der Wasser unter Zufuhr von Strom in Wasserstoff und Sauerstoff aufspaltet. Wird der Elektrolyseur mit Strom aus erneuerbarer Quelle (z.B. Photovoltaik) betrieben, entsteht erneuerbarer Wasserstoff. Wasserstoff kann energetisch genutzt werden oder aber lässt sich durch Zugabe von Kohlendioxid (CO₂) in den Energieträger Methan umwandeln (methanisieren). Für die Methanisierung braucht es idealerweise vier Teile Wasserstoff und einen Teil CO₂. Letzteres fällt unter anderem bei Industrieprozessen an. Dieses Treibhausgas, das gemeinhin in die Atmosphäre abgegeben wird, bietet sich an, um zusammen mit erneuerbarem Wasserstoff erneuerbares Methan herzustellen.

Erneuerbares Methan ist CO₂-neutral, denn es setzt bei der Verbrennung genau so viel CO₂ frei, wie bei seiner Herstellung verwendet wurde. Zudem hat Methangas den Vorteil, dass es gut lagerbar ist. Es kann genutzt werden, um elektrischen Strom, der in den Sommermonaten keine Abnehmer findet, so lange zu speichern, bis Energie in den verbrauchsstarken Wintermonaten benötigt wird (in Form von Gas oder rückverwandelt in Strom). Power-to-Gas-Technologien könnten daher eine wichtige Rolle bei der künftigen Versorgung der Schweiz mit erneuerbarer Energie spielen.

RÉSUMÉ

STOCKAGE SAISONNIER DE GAZ DANS LE SOUS-SOL SUISSE

Le sous-sol suisse pourrait être utilisé comme réservoir de gaz renouvelable. On utiliserait un procédé dans lequel des micro-organismes transforment l'hydrogène renouvelable et le dioxyde de carbone en méthane, le principal composant du gaz naturel. Ce procédé, appelé géométhanisation, a été étudié et breveté par l'entreprise RAG Austria AG entre 2013 et 2020. Le fournisseur d'énergie Energie 360° (Zurich) a initié en 2020, en collaboration avec RAG Austria AG, un projet de recherche sur trois ans auquel participe entre autres l'Université de Berne. Les chercheurs de l'Université de Berne ont identifié sur le Plateau suisse des formations rocheuses poreuses susceptibles d'être utilisées pour la géométhanisation.



Fig. 1 Pilotanlage für Geomethanisierung in einer ausgeförderten Erdgaslagerstätte im österreichischen Pilsbach. (© RAG Austria AG)

MIKROORGANISMEN PRODUZIEREN METHAN

Methan lässt sich in Tanks, Kavernen oder Gasleitungen speichern, allerdings nur in begrenzten Mengen. Eine weitere Speichermöglichkeit bieten poröse Gesteinsformationen, aus denen früher Erdgas gefördert wurde. Ausgeförderte Erdgaslagerstätten werden weltweit zur grossvolumigen und langzeitigen Speicherung von Erdgas eingesetzt, so auch vom österreichischen Gasspeicherunternehmen RAG Austria AG. Dieses Unternehmen machte vor rund zehn Jahren eine bemerkenswerte Entdeckung: Werden unter geeigneten Bedingungen Wasserstoff und CO₂ in den Untergrund gebracht, sorgen dort natürlich vorkommende Mikroorganismen (Archaeen) für die Methanisierung des Wasserstoffs, also dessen Umwandlung in Methan. Dieses Methan kann anschliessend dem Untergrundspeicher entnommen und wie herkömmliches Erdgas genutzt werden.

Die RAG Austria AG hat dieses Verfahren – Fachleute sprechen von Geomethanisierung – von 2013 bis 2020 in zwei Projekten erforscht, an einer Pilotanlage in Pilsbach (zwischen Salzburg

Auskünfte zum Projekt erteilt Andreas Kunz, Leiter des BFE-Forschungsprojekts «Underground Sun Conversion – Flexible Storage» (USC FlexStore) in der Schweiz: Andreas.Kunz@energie360.ch

und Linz) ausprobiert und schliesslich patentiert. Bei den Feldversuchen wurden einem mit Erdgas gefüllten Speicher bis zu 10 Vol.-% Wasserstoff und 2,5 Vol.-% CO₂ beigegeben: Die Mikroorganismen verwandelten die beiden Gase binnen weniger Wochen in Methan, wobei Umwandlungsraten von 10 bis 90% beobachtet wurden. Fazit der Studienautoren: «Auch wenn Wasserstoff und CO₂ nicht vollständig umgewandelt wurden, haben wir eine hohe Evidenz, dass Geomethanisierung eine echte Option für einen geschlossenen Kohlenstoffzyklus in einem künftigen Energiesystem sein könnte.» «Geschlossener Kohlenstoffkreislauf» bedeutet, dass das CO₂, das bei Verbrennungsprozessen entsteht, für die Herstellung von erneuerbarem Gas wiederverwendet wird (Fig. 1 und 2).

BREITE FORSCHUNGSPARTNERSCHAFT

In der Schweiz ist der Gas- und Energieversorger *Energie 360°* (Zürich) auf die interessanten österreichischen For-

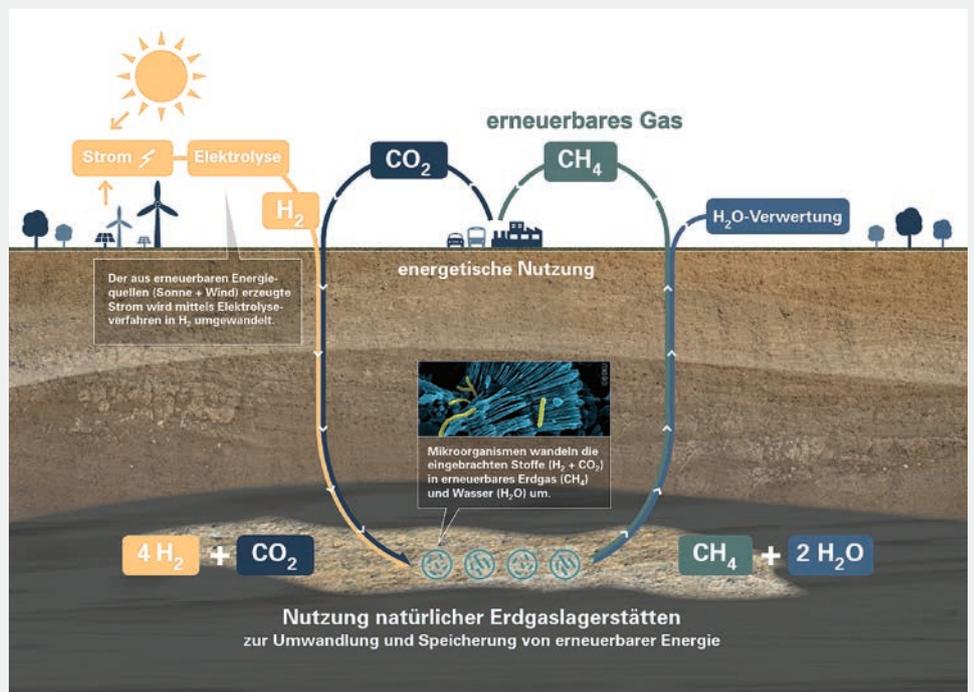


Fig. 2 Schematische Darstellung einer Anlage, bei der Wasserstoff (H₂) und Kohlendioxid (CO₂) in porösen Gesteinsschichten einer früheren Erdgaslagerstätte eingelagert und dort von Mikroorganismen in Methan (CH₄) und Wasser (H₂O) umgewandelt werden. (© RAG Austria AG)

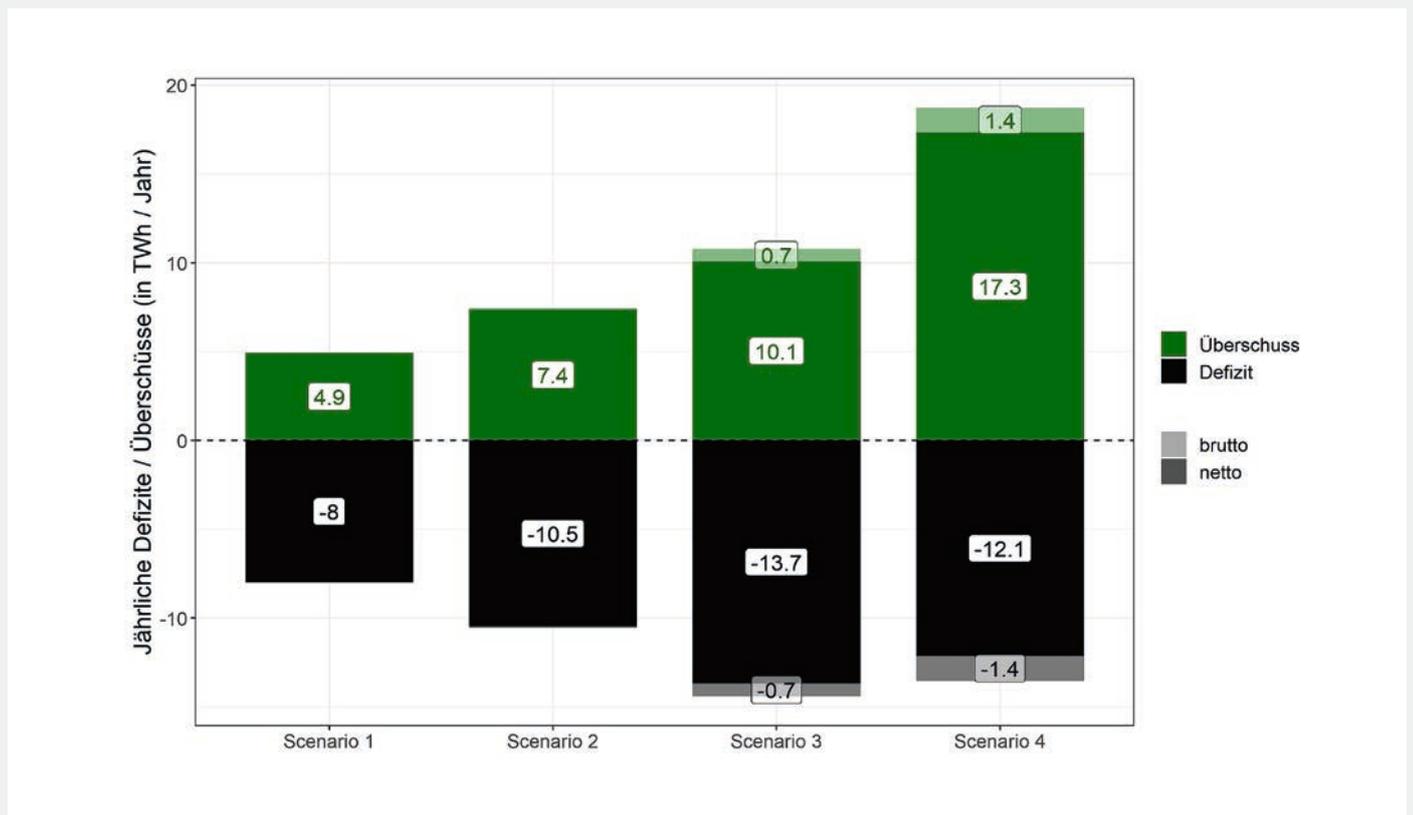


Fig. 3 Die Empa hat im Rahmen der USC FlexStore-Studie abgeschätzt, wie viel überschüssiger Strom in der Schweiz bei einer Zunahme von Photovoltaik-Anlagen vorhanden sein wird. Szenario 1 modelliert die heutige Situation, die drei weiteren Säulen repräsentieren die Entwicklung während der kommenden drei Jahrzehnte. In der Grafik sind die täglichen Produktionsüberschüsse (dunkelgrün plus hellgrün) und -defizite (schwarz plus grau) dargestellt, kumuliert über ein ganzes Jahr. Ein Teil der Überschüsse kann durch Lastverschiebung zeitlich verlagert oder durch Kurzzeitspeicher gepuffert werden (hellgrün). Für einen erheblichen Teil der Überschüsse ist das nicht möglich (Nettoüberschüsse; dunkelgrün); hier muss der Strom exportiert, die Produktion gedrosselt (z. B. durch Abregelung von PV-Anlagen) oder mit neuen Verfahren langzeitgespeichert werden. Für die Langzeitspeicherung von Strom würden Porenspeicher im Untergrund gute Dienste leisten. Nach Empa-Berechnungen werden die Nettoüberschüsse im Jahr 2050 (Szenario 4) auf 17,3 TWh anwachsen. (© Empa)

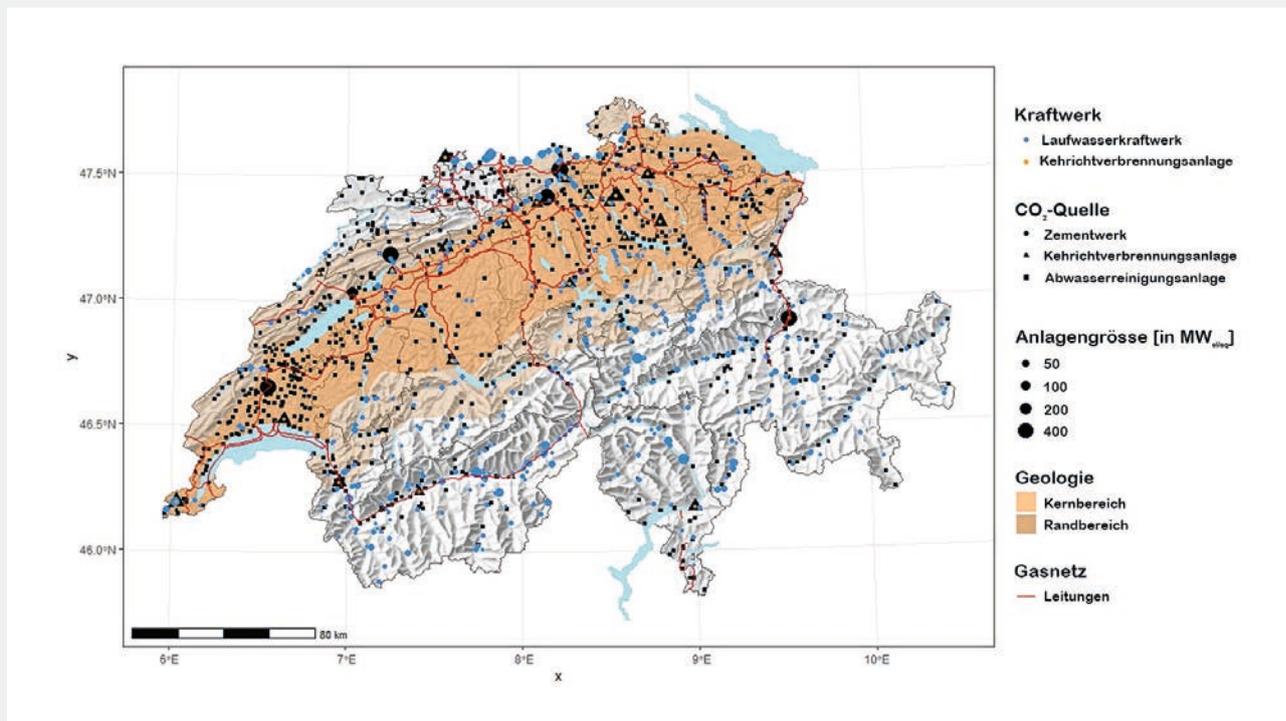


Fig. 4 Will man einen Porenspeicher mit Geomethanisierung bauen, braucht man eine geeignete Geologie. Bei der Standortwahl für einen solchen Gasspeicher sind aber weitere Gesichtspunkte zu berücksichtigen: Vorteilhaft wären aus technischen und regulatorischen Gründen Standorte in der Nähe von Laufwasserkraftwerken und Kehrichtverbrennungsanlagen. Günstig wäre ein Standort mit grossen CO₂-Quellen in der Nähe, etwa Zementwerke, Abwasserreinigungsanlagen oder Kehrichtverbrennungsanlagen. Wünschbar ist zudem ein Anschluss an das Schweizer Gasnetz, weil das die Möglichkeit eröffnet, das erneuerbare Methan effizient ins Netz einzuspeisen. (© Empa, 2021)

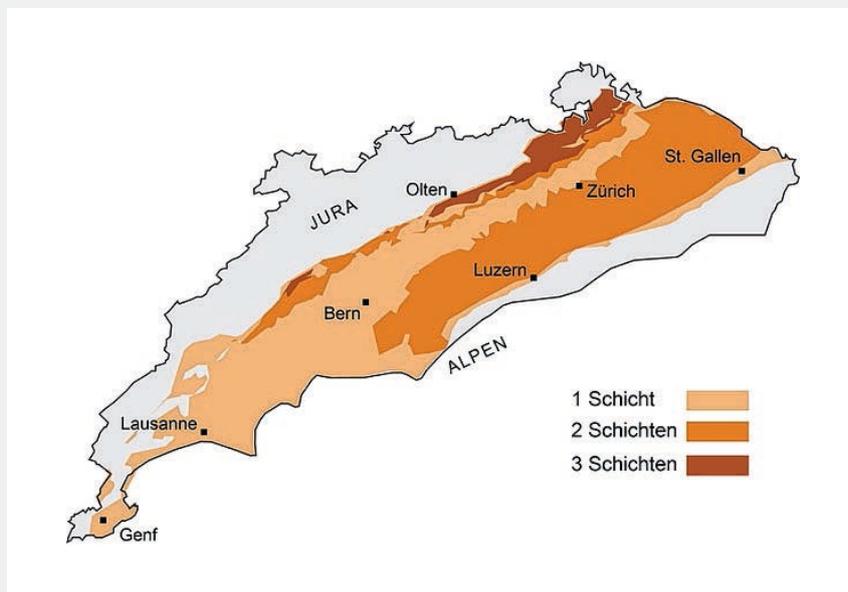


Fig. 5 Die Karte der Alpennordseite bezeichnet Gebiete, in denen die Geologen der Uni Bern die Gesteinsschichten für einen Porenspeicher mit Geomethanisierung grundsätzlich für geeignet halten. Ein Hauptkriterium für die Standortwahl ist die Zahl geeigneter Gesteinsschichten: Wo drei geeignete Gesteinsschichten übereinander liegen (Jurasüdfuss zwischen Olten und Schaffhausen), besteht die grösste Chance, mit einer Bohrung auf einen geeigneten Bereich für einen Porenspeicher zu stossen. Aber auch Gebiete mit nur zwei oder einer geeigneten Gesteinsschicht sind nach Einbezug weiterer geologischer Kriterien mitunter für einen Porenspeicher vielversprechend. Das gilt für den Raum Genf und einen Streifen vom Bodensee über Zürcher- und Zugersee bis nach Bern. Die Wissenschaftler stützen sich auf ein 3D-Modell des Schweizer Untergrunds, das unter anderem auf den bisherigen, meist erfolglosen Erdgas-Bohrungen und seismischen Untersuchungen beruht. (© Universität Bern)

schungsergebnisse aufmerksam geworden. Er initiierte 2020 gemeinsam mit der RAG Austria AG ein auf drei Jahre angelegtes Forschungsprojekt, an dem von Schweizer Seite die Universität Bern, die Ostschweizer Fachhochschule und die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) beteiligt sind (Fig. 3 und 4). Das BFE unterstützt das Projekt finanziell im Rahmen des ERA-Net Smart Energy Systems.

Ein Forschungsteam der Universität Bern ging der Frage nach, ob es im Schweizer Untergrund geologische Formationen gibt, die für die Geomethanisierung in Frage kommen (Fig. 5). Leiter des Teilprojekts ist Larryn W. Diamond, Professor für Geochemie und Petrologie am Institut für Geologie. Auch wenn die Arbeiten noch nicht abgeschlossen sind, kommt er zu einer positiven Einschätzung: «Unsere bisherigen Abklärungen lassen darauf schliessen, dass geeignete Speichergesteine für die Geomethanisierung in der Schweiz vorhanden sein dürften. Dies am Jurasüdfuss in Raum Genf und im Bereich Solothurn-Olten-Baden-Schaffhausen. Eine weitere potenziell geeignete Gesteinsformation zieht sich von Bodensee über Zürcher- und Zugersee bis nach Bern», so Diamond.

Die Forscher können noch nicht sagen, wo genau ein Porenspeicher für die Geomethanisierung errichtet werden könnte. Aber in den erwähnten Regionen finden sich Gesteinsformationen, die die Hauptkriterien für einen solchen Speicher erfüllen: Das Gestein ist erstens porös, es kann 20 und mehr Volumenprozent Gas aufnehmen. Solche Sand-, Kalk- und Dolomitgesteine findet man im Untergrund des Schweizer Mittellandes. Zweitens sind diese porösen Gesteinsformationen nach oben von einer undurchlässigen Deckschicht verschlossen, was verhindert, dass das Gas entweichen kann. Hierfür geeignet sind Tongesteine (z.B. Opalinuston) oder Salzlagen. Und drittens bieten die Gesteinsschichten Mikroorganismen gute Existenzbedingungen, was bei 30 bis 60 °C der Fall ist. Solche Temperaturen herrschen unter der Oberfläche bis in eine Tiefe von 1600 Metern.

SCHWEIZ BRAUCHT EIGENE LÖSUNG

Die bisherigen Forschungsergebnisse lassen darauf schliessen, dass in der Schweiz die geologischen Bedingungen für die Geomethanisierung gegeben sind. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Bern wollen ihre Standortvorschläge weiter verfeinern. In einem nächsten Schritt könnte dann mit geophysikalischen Untersuchungen nach Gesteinsformationen in der erforderlichen Grösse Ausschau gehalten werden, gefolgt von Bohrungen zur Erkundung konkreter Porenspeicher-Standorte. Schon heute steht fest, dass das Konzept der Geomethanisierung in der Schweiz in angepasster Form umgesetzt werden muss: Anders als Österreich verfügt die Schweiz nämlich über keine ausgeförderten Erdgaslagerstätten, die sich für die Geomethanisierung direkt nutzen liessen. Stattdessen würde man in der

Schweiz auf saline Aquifere zurückgreifen, also poröse Gesteine, die mit Salzwasser gefüllt sind (Fig. 6). Wenn man hier Gase einlagern will, muss man zuvor das Salzwasser wegpressen. «Das bedeutet einen Zusatzaufwand und birgt das Risiko von spürbaren Erdbeben, was sorgfältig abgeklärt werden muss», sagt Geologe Diamond.

GROSSER FORSCHUNGSBEDARF

Die Geomethanisierung ist heute noch Grundlagenforschung. Ob ein Porenspeicher für Wasserstoff und CO₂ im Schweizer Untergrund technisch realisierbar ist und wie ein energetisch sowie wirtschaftlich schlüssiges Geschäftsmodell aussehen würde, ist im Moment noch offen. «Der Ansatz und die bisherigen Ergebnisse sind jedoch so vielversprechend, dass wir hier weiterforschen müssen», sagt *Andreas Kunz*, Verantwortlicher für Energieanlagen bei Energie 360°, der das Forschungsprojekt in der Schweiz leitet. Porenspeicher versprechen nicht nur grosse Speicherkapazitäten, sie haben nach heutigem Wissen auch den Vorzug, dass Wasserstoff (H₂) und CO₂ nicht in einem fixen Verhältnis (4 Teile H₂ und ein Teil CO₂) zugeführt werden müssen. Die Speicher könnten somit dauerhaft mit CO₂ befüllt werden, aber nur in den Sommermonaten mit Wasserstoff, wenn überschüssiger Strom für dessen Produktion verfügbar ist. *Daniel Sidler*, der das Projekt für Energie 360° mit den Forschungspartnern koordiniert, verweist auf das grosse Potenzial der Technologie für die Schweiz: «Szenarienrechnungen der inländischen Energieproduktion durch die Empa im Rahmen des Forschungsprojekts zeigen, dass wir mit der Geomethanisierung im Jahr 2050 theoretisch den Gasbedarf der Schweiz vollständig oder bis zur Hälfte der Winterstromlücke der Schweiz decken könnten.»

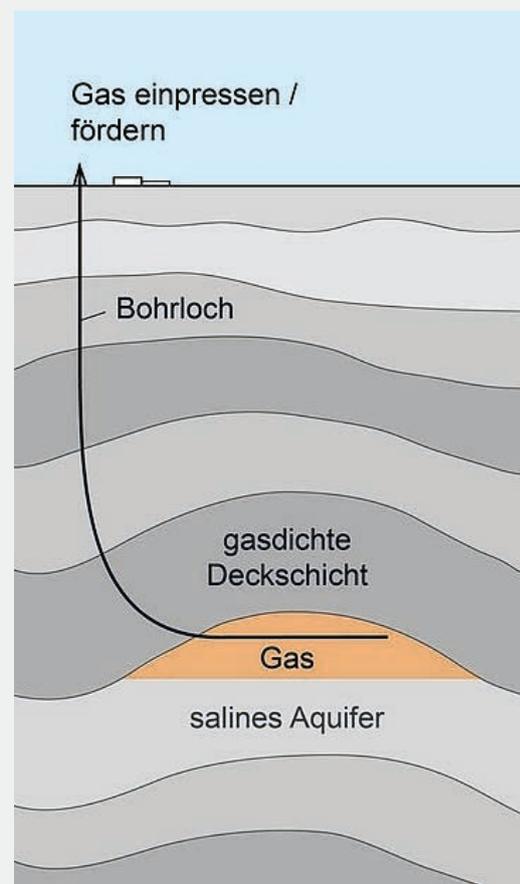


Fig. 6 Poröse Gesteine im Schweizer Untergrund sind stets mit Wasser gefüllt. Gebiete mit Süsswasser sind der Trinkwasserversorgung vorbehalten, daher würde für einen Porenspeicher zur Geomethanisierung voraussichtlich ein poröses Gestein genutzt, das mit Salzwasser gefüllt ist. Ein solches Gestein bezeichnen Geologen als salinen Aquifer.

(© Universität Bern)

PROJEKTWEBSITE

www.underground-sun-conversion.at

FACHBEITRÄGE ÜBER FORSCHUNGS-, PILOT-, DEMONSTRATIONS- UND LEUCHTTURM-PROJEKTE IM BEREICH ELEKTRIZITÄT

www.bfe.admin.ch/ec-strom