

Zeitschrift: Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung von Energie-Geowissenschaftlern; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie

Band: 27 (2022)

Heft: 1

Artikel: Energie aus dem Untergrund : zwischen Mythos und Wirklichkeit

Autor: Wyss, Roland / Leu, Werner

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1036131>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Energie aus dem Untergrund – zwischen Mythos und Wirklichkeit

Roland Wyss¹, Werner Leu²

Zusammenfassung

Welche Rolle spielt in der Schweiz der Untergrund in der vorherrschenden Klima- und Energiediskussion? Und welche Verantwortung haben Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zu tragen? Fakten und Ideologien stehen sich zuweilen unversöhnlich gegenüber und behindern den klaren Blick auf Realitäten. Die nachfolgenden Erläuterungen umreißen die Bedingungen der Zukunft im Spannungsfeld von Tatsachen und Meinungen.

Abstract

What role does the underground play in the prevailing climate and energy debate in Switzerland? And what responsibility do politics, business and science have to bear? Facts and ideologies are sometimes irreconcilable and hinder a clear view of realities. The following explanations outline the conditions of the future in the area of tension between facts and opinions.

Résumé

Quel rôle joue le sous-sol en Suisse dans le débat actuel sur le climat et l'énergie? Et quelle est la responsabilité de la politique, de l'économie et de la science? Les faits et les idéologies s'opposent parfois de manière irréconciliable et empêchent une vision claire des réalités. Les explications suivantes esquissent les principales conditions cadres de l'avenir dans le champs de tension entre les faits et les.

1 Einleitung

«Die Schweiz ist ein rohstoffarmes Land». Das lernen wir schon in der Volksschule. Diese Sicht der Dinge hat sich in der Gesellschaft längst zur Gewissheit verdichtet und prägt seit Generationen auch die Haltung der Entscheidungsträger in Wirtschaft, Politik und Verwaltung. Vergleichbare Züge trägt die hiesige Diskussion über Energie und Klima. Darum lohnt es sich, solche Verknüpfungen aus naturwissenschaftlicher Sicht sowie aus einem Schweizer Blickwinkel heraus näher zu beleuchten. Die Sichtweise der zwei Autoren basiert auf einer jeweils über 35-jährigen praktischen Tätigkeit als Geologen in der Erkundung und Nutzung des Untergrundes. Als Naturwissenschaftler befassen wir uns seit je her mit den Prozessen auf und unter der Erde. Mehr noch: Wir kennen auch den Unterschied zwischen der Beschreibung der Vergangenheit, der Interpretation der Realität und die Anforderungen an Prognosen, denn in der geologischen Praxis werden diese entlang der Vorhaben, wofür sie erstellt wurden, überprüft. Nicht selten treten Diskrepanzen zwischen dem Prognosemodell und der später beobachteten Realität auf. Dabei helfen solche Modelle vor allem, Unsicherheiten in den zu Grunde gelegten Annahmen besser zu verstehen.

2 Die Kenntnisse über den Aufbau des Untergrundes variieren

Der Untergrund besteht generell aus Locker- und Festgesteinen, in denen sich Hohlräume befinden. Diese sind mit Fluiden gefüllt. Oberflächennah und in Locker- und Festge-

¹ Dr. Roland Wyss GmbH, Zürcherstrasse 105, 8500 Frauenfeld, wyss@rwgeo.ch

² Geoform AG, Av. Général-Guisan 28, 1800 Vevey, werner.leu@geoform.ch

steinen handelt es sich dabei meist um Wasser, das eine geringe Mineralisation aufweist und somit an vielen Orten als Trink- und Brauchwasser genutzt werden kann. In grösseren Tiefen, also ab mehreren hundert Metern, sind die Gesteinshohlräume meist mit Salzwasser (Sole), teilweise auch mit Öl oder Erdgas gefüllt.

Der Untergrund ist nicht homogen aufgebaut. Vielmehr ist die Gesteinsbeschaffenheit sehr heterogen und variabel, die Gesteinsabfolgen sind teilweise verfaltet und durch Klüfte und Brüche gestört. Die Kenntnisse über den Aufbau des Untergrundes in der Schweiz sind nicht überall gleich gut. So bestehen zum Beispiel in den Alpen und im Jura in der Umgebung von Tunneln gute lokale Kenntnisse, doch in den Räumen zwischen den Tunneln, und dabei besonders in grösserer Tiefe, sind die Kenntnisse mit grossen Unsicherheiten behaftet.

Im Mittelland und in den Voralpen existieren etwa 70 Bohrungen, die tiefer als 500 Meter sind. Der Informationsgehalt dieser Bohrungen ist unterschiedlich. Die tiefste Bohrung reicht bis rund 6 Kilometer unter die Oberfläche. Unmittelbar bei den Bohrungen eröffnen sich oft sehr detaillierte Erkenntnisse über den Untergrund. Zwischen den Bohrungen erweitern seismische Messungen, die von der Oberfläche aus vorgenommen werden, den Kenntnisstand. Die Verteilung der Bohrungen und die Dichte der seismischen Messungen in der Schweiz sind wiederum heterogen verteilt, womit der Wissensstand in verschiedenen Gebieten unterschiedlich ausfällt.

Doch die oft geäusserte Feststellung, wonach «der Untergrund völlig unbekannt» sei, trifft nicht zu. Es sind aber lokal vertiefte Untersuchungen notwendig, um zuverlässige Antworten auf spezifische Fragestellungen geben zu können. Als Analogie aus dem Alltag: Auf einer gängigen Schweizer Strassenkarte ist das Bundeshaus nicht sichtbar. Anderer-

seits werden unter Zuhilfenahme einer geologischen Karte im Massstab 1:25'000 für den Aushub einer Baugrube und den Bau eines Hauses zusätzliche, lokale Sondierungen nötig. Aufgrund der Karte weiss man aber, welche Sondierungen zielführend sind.

3 Heterogenes Wissen über Ressourcen im Untergrund

Im oberflächennahen Untergrund bildet das Grundwasser die wichtigste Ressource. Mit den nachstehenden Erkenntnissen wollen wir jedoch den tieferen Untergrund in Bezug auf die Ressourcen genauer beleuchten – insbesondere jenen im schweizerischen Mittelland, in Teilen des Juras und am Alpennordrand.

Das Wasser in grösserer Tiefe weist meist einen hohen Salzgehalt und weitere, teilweise auch unerwünschte Stoffe auf. Wollte man solche Tiefengrundwässer zu Trinkzwecken nutzen, müsste man sie mit viel Aufwand behandeln. Als einziger mineralischer Rohstoff wird in der Schweiz im Tafeljura Salz aus dem tieferen Untergrund genutzt. Die jährlich geförderten 620'000 Tonnen erlauben die vollständige Selbstversorgung der Schweiz.

Andere mineralische Rohstoffe wie zum Beispiel Kies, Kalk oder Ton werden an der Oberfläche oder oberflächennah aufbereitet. Diese mineralischen Rohstoffe lassen sich aus heutiger Sicht nicht wirtschaftlich aus dem tieferen Untergrund gewinnen. Ähnliches gilt für Kohle aus dem Untergrund. Eine wirtschaftliche Nutzung scheiterte anfangs des letzten Jahrhunderts an der schlechten Qualität der Kohle und der aufwändigen Erschliessung der Vorkommen. Auch die heute bekannten, sehr tiefen Kohlevorkommen (>1'000 m) – etwa in der Nordschweiz – sind selbst mit heutigen Methoden nicht wirtschaftlich nutzbar.

Zwischen den 1940er-Jahren und etwa 1975 wurden bei der Suche nach Erdöl in verschie-

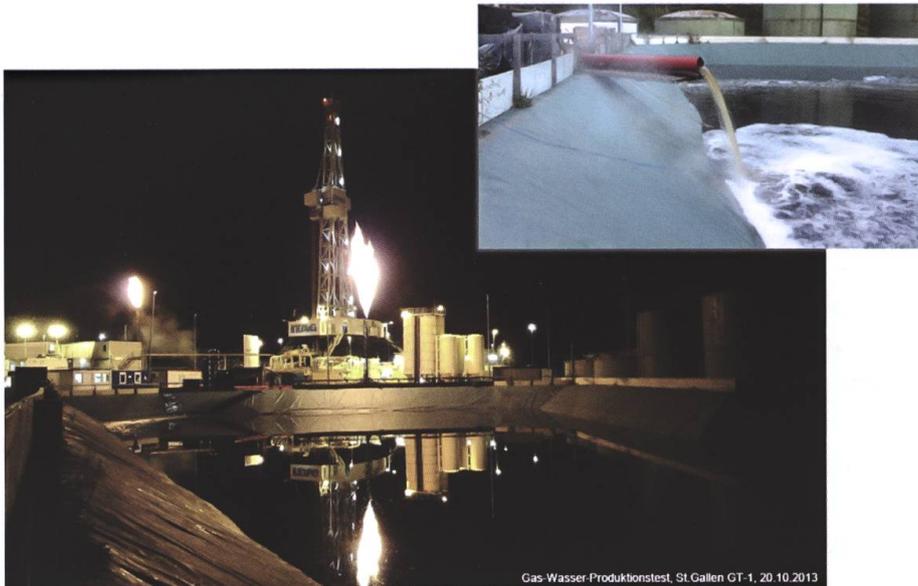


Fig. 1: Mit dem Produktionstest in St. Gallen wurden Erdgas und Wasser gefördert. Insgesamt konnten in einer zweiten Testphase ca. 3500 m³ Wasser und 400'000 m³ Erdgas gefördert werden. Betrachtet man die potenzielle thermische Bruttoleistung der geförderten Medien so entspricht das ca. 1–2 MW für das Wasser und 60 MW für das Erdgas.

denen Bohrungen kleinere Erdölvorkommen festgestellt. Doch die damaligen technischen Methoden erlaubten keine kommerzielle Nutzung. Nach heutigen, modernen Erschliessungstechnologien weist die Westschweiz jedoch ein mittelgrosses Potenzial zur Erschliessung von Erdöl auf. Neuere Abschätzungen beziffern Volumen, die den gegenwärtigen Bedarf an Brenn- und Treibstoffen der Schweiz für 20 bis 40 Jahre abdecken könnten.

Auf der Suche nach Kohlenwasserstoffen rückt seit 1970 zunehmend das Erdgas in den Fokus. Zwischen den 1980er- und bis in die 1990er-Jahre hinein war im luzernischen Entlebuch eine bescheidene Erdgasproduktion im Gange. Das geförderte Gas wurde in die Transitgas-Pipeline eingespeist – und im Oberwallis für die Westschweiz wieder entnommen. Die durchschnittliche Produktion entsprach etwa 0,4 Prozent des damaligen Jahresverbrauchs der Schweiz.

Daten aus dem tiefen Untergrund und die Erfahrungen aus neueren Bohrungen – etwa in Noville am Genfersee sowie die Geothermiebohrung in St. Gallen (Fig. 1) – zeigen auf, dass im Schweizer Untergrund namhafte Erdgas-Ressourcen im Volumen des 30- bis 50-fachen Schweizer Erdgasbedarfs ruhen. Sie

könnten mit modernen Erschliessungs- und Fördermethoden durchaus wirtschaftlich genutzt – oder zumindest als strategische Reserve gehalten werden.

4 Geothermie als Hoffnungsträger der «Energiewende»

Die Erdwärme hat sich in den letzten 25 Jahren zum Hoffnungsträger für die Energiewende entwickelt. Wenn in mittleren Tiefen, also zwischen 500 und 3000 Metern – Gesteinsschichten mit ausreichender Wasserdurchlässigkeit gefunden würden, könnte das Wasser direkt zum Heizen genutzt werden. Zur Stromproduktion sind allerdings deutlich höhere Temperaturen – und damit grössere Tiefen samt einer erheblichen Wasserzirkulation nötig, um Dampf zu erzeugen und via Turbine und Generator Strom zu produzieren. In der «Energierategie 2050» des Bundesrates wird das theoretische Potenzial mit 4,4 Terawattstunden (TWh) Strom pro Jahr beziffert.

Seit nunmehr 80 Jahren stösst man in der Schweiz bei der Erforschung des tiefen Untergrundes immer auf dasselbe Problem. Ob auf der Suche nach Erdöl, Erdgas oder Erdwärme: Stets steht die natürliche Durch-

lässigkeit der Gesteine im Vordergrund – und damit die Frage, ob eine ausreichende und wirtschaftlich nutzbare Menge von Fluiden (Erdöl, Erdgas oder Wasser) mobilisiert werden kann. Mit modernen Methoden ist eine künstliche Verbesserung der Fluid-Durchlässigkeit im Untergrund zwar möglich. Sie ist allerdings mit relativ hohen Kosten verbunden. Heute rechnen sich solche Methoden für die Förderung von Erdöl oder Erdgas sehr viel früher als solche für die Förderung von heissem Wasser, denn die Energiedichten von Erdöl oder Erdgas sind im Vergleich zu heissem Wasser sehr viel höher.

Der tiefe Untergrund wird ebenfalls in Betracht gezogen, um radioaktive Abfälle oder Kohlendioxid (CO₂) zu lagern. Die Fragestellungen für diese Lager unterscheiden sich dabei fundamental. Für die Lagerung von radioaktiven Abfällen sind sehr dichte Gesteinsformationen ohne Wasserdurchlässigkeit gefragt, während für die CO₂-Lagerung (CO₂-Sequestrierung) gut durchlässige Schichten mit einer dichten Deckschicht notwendig sind – ähnlich wie dies für Erdöl- oder Erdgaslagerstätten der Fall ist.

Nach heutigem Wissensstand sind Tiefen bis etwa 6 Kilometer für die Förderung von Fluiden wirtschaftlich erschliessbar. Für die Lagerung von radioaktiven Abfällen oder CO₂ sind geringere Tiefen technisch und wirtschaftlich sinnvoll.

5 Heterogene Datenlage über den tiefen Untergrund

Ähnlich heterogen wie der Untergrund ist auch der Wissensstand in den verschiedenen Interessengruppen verteilt. Es findet zwar ein Wissensaustausch zwischen den verschiedenen Industrien statt. Doch die ermittelten Grundlagendaten – hauptsächlich bei Tiefbohrungen und Seismik – stehen grund-

sätzlich im Besitz der Akteure, die für solche Daten erhebliche Investitionen getätigt haben. In der Schweiz bestehen unterschiedliche Regelungen, ob und wie und welche Daten veröffentlicht oder ausgetauscht werden müssen. Die Hoheit über den Untergrund liegt bei den Kantonen – und damit auch das Recht für die Erkundung und die Vergabe der Nutzung von Untergrundressourcen. Damit gekoppelt ist zum Teil auch das Nutzungsrecht der geologischen Daten. So erstaunt es nicht, dass diese Datenarchive sehr heterogen, oftmals nicht aktuell und teilweise auch nicht vollständig sind.

Demgegenüber hat die Landesgeologie des Bundes, die «Swisstopo» in den vergangenen Jahren eine sehr gute, systematische Datenbasis geschaffen und diese öffentlich zugänglich gemacht. Da die meisten der verwendeten Grundlagendaten nicht im Besitz der «Swisstopo» liegen, stehen sie auch nicht für eine weitere, vertiefte Bearbeitung zur Verfügung.

Die «Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle» (Nagra) erforscht seit mehr als 40 Jahren den tiefen Untergrund – und dies vor allem in der Nordschweiz. Ihre Daten sind mehrheitlich öffentlich und für weitere Nutzungen zugänglich. Dies allerdings unter der Einschränkung, dass eine allfällige Nutzung von Ressourcen nur ausserhalb der festgelegten Interessengebiete der «Nagra» möglich ist. Denn im Vordergrund steht für die «Nagra» die Langzeitsicherheit allfälliger Tiefenlager.

Über substanzielles privates Wissen zum tiefen Untergrund zwischen dem Lac Léman und dem Bodensee verfügen die «Petrosvibri SA» im Bereich des Genfersees und die «Aktiengesellschaft für schweizerische Explorationsdaten», früher «Aktiengesellschaft für schweizerisches Erdöl» (SEAG) in weiten Teilen des schweizerischen Mittellandes. Diese Firmen haben in den letzten 60 Jahren über 350 Mio. Franken in die Su-

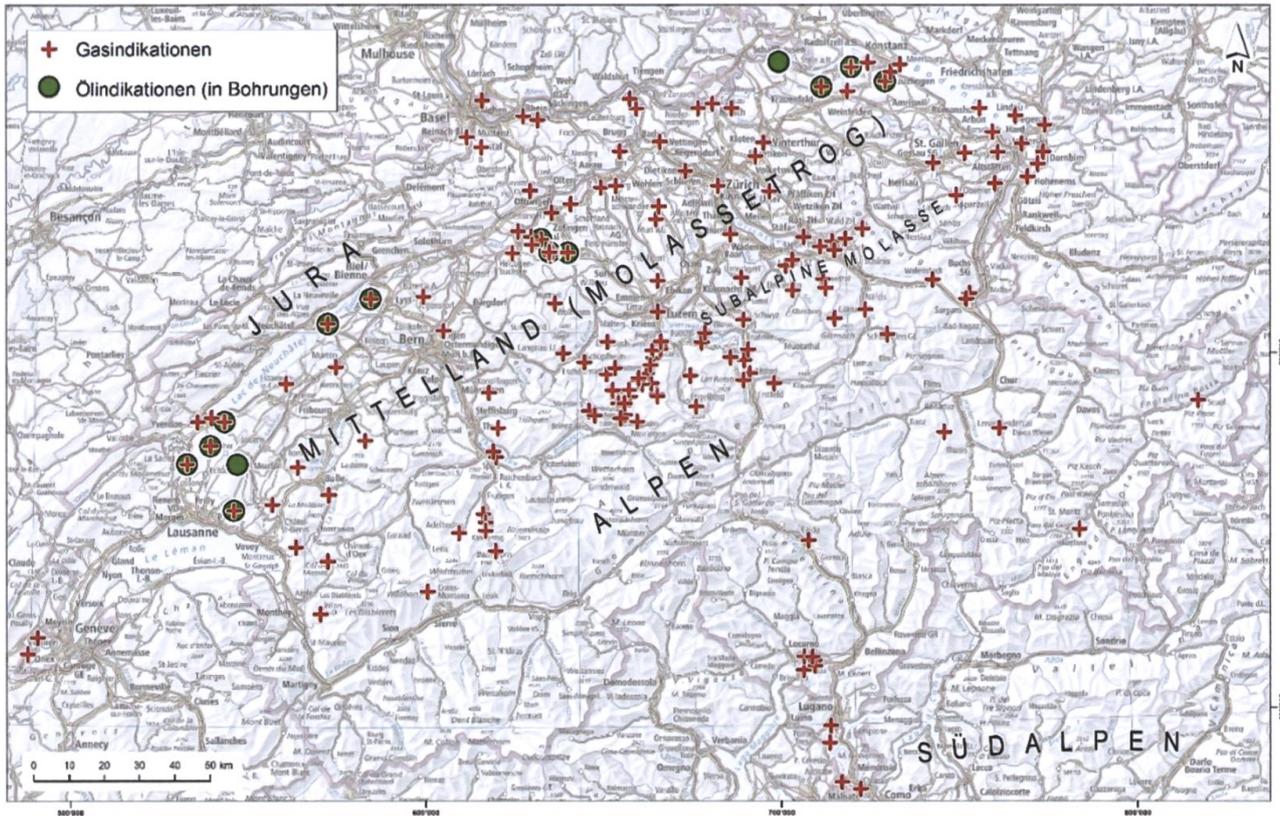


Fig. 2: Erdöl- und Erdgasindikationen in der Schweiz. Erdölindikationen aus Tiefbohrungen, Erdgasindikationen aus verschiedenen Bohrungen und an der Oberfläche.

che nach Erdöl und Erdgas investiert und verfügen über ausserordentlich viele Daten und daraus abgeleitete Kenntnisse über den Aufbau des Untergrunds. Die schweizerischen Forschungsinstitutionen wie Universitäten, die ETH beziehungsweise die EPFL besitzen kaum selbst erhobene Daten über den tieferen Untergrund. Ihre Untersuchungen und Studien basieren meist auf solchen der «Nagra», der «Petrosvibri SA», der «SEAG» sowie von Akteuren der Tiefengeothermie. Insgesamt widerspiegelt der Wissensstand über den schweizerischen Untergrund auch die unterschiedliche Explorations- und Forschungsintensität in den verschiedenen Gebieten (Fig. 2). Auch dies erzeugt gewisse Unsicherheiten. Im Vergleich zum süddeutschen Raum östlich des Bodensees bis München ist die Schweiz relativ wenig erkundet. Grund: Wegen ausbleibendem Erfolg fand nie eine intensive und kontinuierliche Erdöl- und Erdgasexploration statt.

6 Künftige Potenziale der tiefen Untergrundnutzung

Politik, Wirtschaft, Gesellschaft und Wissenschaft verwenden den Begriff «Potenzial» sehr unterschiedlich. Die Wissenschaft unterscheidet bei Potenzialbetrachtungen grundsätzlich zwischen einem theoretischen, einem technischen und einem wirtschaftlichen Potenzial. Das theoretische Potenzial ist eine abstrakte Grösse, die weder Risiken noch Kosten berücksichtigt. Das technische Potenzial bemisst die Erfolgchancen auf der Grundlage aktueller Kenntnisse und der zur Verfügung stehenden Methoden. Und das wirtschaftliche Potenzial berücksichtigt auch die Kosten. Sämtliche Energie- und Umweltszenarien des Bundes fordern eine sichere Energieversorgung und einen verstärkten Klimaschutz. Das rückt die Potenziale des Untergrundes in den Fokus.

Die Erdwärmenutzung aus mittleren Tiefen

zum Heizen besitzt ein grosses theoretisches und ein mittleres technisches Potenzial. Aufgrund spezifischer Risiken und der relativen hohen Kosten pro produzierte Kilowattstunde ist das wirtschaftliche Potenzial eher klein bis mittel. Bei der Erdwärmenutzung zur Stromerzeugung aus grosser Tiefe steht die Technologie-Entwicklung noch am Anfang. Daher ist das theoretische Potenzial gross, das technische Potenzial unsicher und das wirtschaftliche Potenzial wahrscheinlich eher klein.

Die Nutzung von Erdöl in der Schweiz besitzt ein mittleres theoretisches, technisches und wirtschaftliches Potenzial. Aufgrund von Akzeptanzproblemen im Zuge der politisch geforderten «Dekarbonisierung» dürfte die Umsetzung dieses Potenzials jedoch, zumindest vorläufig, stark eingeschränkt sein. Ähnliches gilt für das Erdgas: Seine Nutzung verspricht sowohl theoretisch wie auch technisch und wirtschaftlich ein grosses Potenzial. Doch aufgrund der fehlenden Akzeptanz dürfte auch dieses absehbar kaum realisiert werden können.

Die Arbeiten für die Suche nach Standorten für eine sichere und langfristige Lagerung radioaktiver Abfälle sind derzeit in drei Gebieten im Gange. Der definitive Standortentscheid ist aufgrund der politischen Aufladung des Themas erst in fernerer Zukunft zu erwarten. Mit der Folge, dass in diesen relativ kleinen Gebieten andere Untergrundaktivitäten zur Zeit kaum realisierbar sind.

Das Spannungsfeld zwischen der Klimadiskussion und dem möglichen Bau von Gaskraftwerken als zeitlich beschränkten Ersatz für Kernkraftwerke bringt die Frage nach der Speicherung von CO₂ im Untergrund auf den Plan. Diese Fragen müssen vertieft untersucht werden. Erste Vorarbeiten auf der Basis bestehender Daten aus den Erdöl- und Erdgasexploration laufen bereits. Aufgrund jetziger Kenntnisse ist das Potenzial nur rudimentär einschätzbar. Darum sind neue

Demonstrations- und Pilotanlagen voranzutreiben, um das technische Potenzial im Schweizer Untergrund zu konkretisieren.

Neuere Befunde aus dem süddeutschen Rheintal zeigen sodann, dass die für die geothermische Nutzung geförderten Tiefengrundwässer erhöhte Lithiumgehalte aufweisen. Lithium ist ein wichtiger Rohstoff zum Bau von Batterien und heute sehr begehrt. Darum sollte man abklären, ob Tiefengrundwässer auch in der Schweiz Lithium enthalten, das sich nutzen liesse.

Bei jeder Beurteilung von Potenzialen sind auch Risiken und Zielkonflikte einzubeziehen. Bei den in der Schweiz infrage kommenden Untergrundnutzungen sind dies etwa die «induzierte Seismizität» in Form künstlich erzeugter Erdbeben, der Grundwasserschutz, der Landbedarf für die Infrastruktur an der Oberfläche, der Naturschutz sowie allfällige Nutzungskonflikte im Untergrund.

7 Zwei Drittel der Energieversorgung aus fossilen Rohstoffen

Die Gesamtenergiestatistik der Schweiz nennt brutto einen Gesamtenergieverbrauch von rund 306 Terawattstunden (TWh; 1 TWh = 1 Mia. Kilowattstunden, kWh). Das entspricht einem Endverbrauch von rund 232 TWh (Fig. 3). Der Bruttoverbrauch setzt sich zu 50 Prozent aus fossilen Brenn- und Treibstoffen, zu 25 Prozent aus nuklearen Brennstoffen, zu 13 Prozent aus Wasserkraft sowie zu 12 Prozent aus Holz, Industrie- und andere Abfällen sowie Energie aus Sonne und Wind zusammen. Somit stammen 62 Prozent unserer Energie aus fossilen Energierohstoffen, 25 Prozent aus Strom und 13 Prozent aus den übrigen Energiequellen.

Zwischen 1945 und 1970 ist der Endenergieverbrauch in der Schweiz stark angestiegen, zwischen 1970 bis 2000 war die Zunahme et-

was geringer, und seit 2000 ist er sogar rückläufig. Seit 1970 werden vor allem weniger Erdölbrennstoffe verwendet, derweil Treibstoffe, Erdgas und Strom deutlich zulegen.

So liegt die Stromproduktion in der Schweiz bei knapp 62 TWh. Daran steuern die Kernenergie 38 Prozent, Laufwasserkraftwerke 30 Prozent und Speicherkraftwerke knapp 28 Prozent bei. Knapp 4 Prozent liefern Sonnen- und Windstromanlagen samt Stromerzeugung etwa aus Kehrlichtverbrennungsanlagen. Jährlich werden rund 28 TWh Strom exportiert – vor allem im Sommerhalbjahr – und ebenso viel importiert – vor allem im Winterhalbjahr. Punkto Versorgungssicherheit, dem Anteil der Eigenversorgung und der Nachhaltigkeit der Energieversorgung liegt die Schweiz gemäss Weltenergieericht weltweit auf Platz Eins. Der Bericht warnt allerdings davor, dass die jüngsten politische Entscheidungen, wie der Ausstieg aus der Atomenergie, Auswirkungen auf den Erzeugungsmix des Landes und damit auf die Energie-Nachhaltigkeitsbilanz haben werden.

Gemäss «BP»-Weltenergiestatistik wurden

im Jahr 2019 rund 162'194 TWh Energie konsumiert. Davon stammten 84,3 Prozent aus fossilen Energierohstoffen (Erdöl, Erdgas, Kohle). In den vergangenen 25 Jahren hat der Weltenergieverbrauch um rund 60 % zugenommen, woran die fossilen Energierohstoffe den weitaus grössten Anteil ausmachten. Der Anteil der erneuerbaren Energiequellen – allerdings ohne die Wasserkraft – lag 2019 weltweit mit 5.0 Prozent deutlich über jenem der Kernenergie (4,3 Prozent).

8 Klimadebatte und Energie sind «siamesische Zwillinge»

Die Klimadebatte ist zum Imperativ für die Energiediskussion geworden. Komplexe Sachverhalte und mehrschichtige Zusammenhänge überfordern zuweilen Politik und Gesellschaft. Die Wissenschaft steht dabei in der Verantwortung, Fakten und Erkenntnisse nach wissenschaftlichen Standards zu erarbeiten. Die Politik hat die Aufgabe, diese Fakten nach gesellschaftlicher Relevanz zu bewerten und entlang demokratischer Grundlagen umzusetzen. Die Aufteilung nach

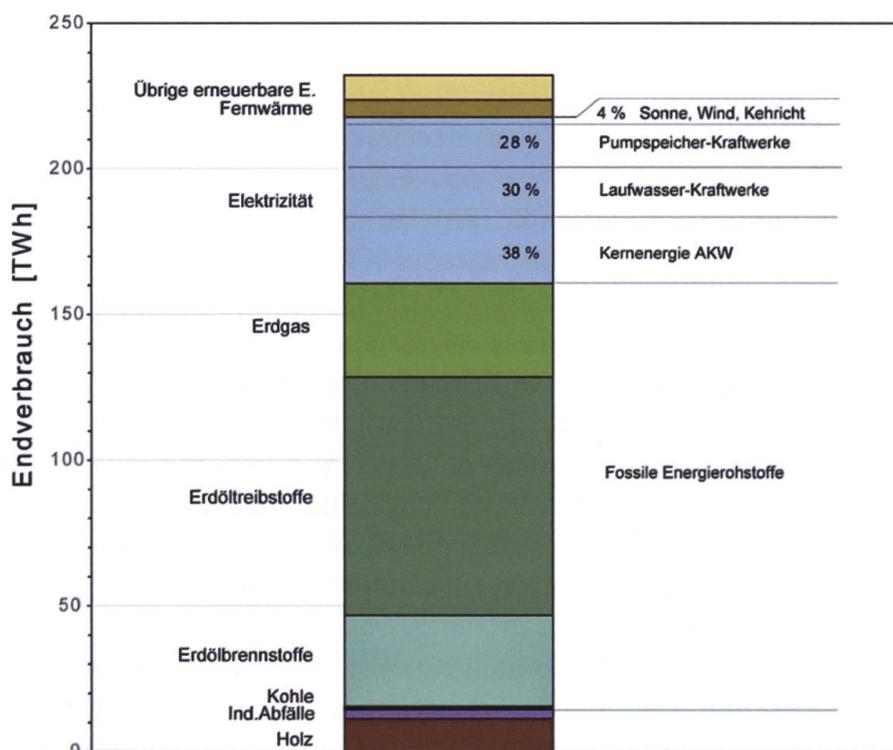


Fig. 3: Endenergieverbrauch der Schweiz 2019 (abgeändert nach Bundesamt für Energie 2020).

faktenbasierter Wissenschaft und verfassungsbasierter Politik ist seit einiger Zeit aus dem Lot geraten. Wissenschaft, Politik und Gesellschaft bestehen zuweilen auf ideologischen Standpunkten und erschweren den nötigen Diskurs für tragfähige Lösungen.

Aus der Sicht der Wissenschaft sind die zwei folgenden Hauptaussagen des Weltklimarates (IPCC) wichtig und naturwissenschaftlich belegt: Erstens ist die Erwärmung des Klimasystems eindeutig, und zweitens ist der Einfluss des Menschen auf das Klimasystem klar.

Die durch das IPCC und die internationalen Klimakonferenzen zur «Rettung des Klimas» abgeleiteten Ziele wie «Die globale Erwärmung soll deutlich unter 2 Grad Celsius bzw. 1,5 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit gehalten werden» – sowie «die globalen CO₂-Emissionen sollen schnell sinken und ab 2050 auf null gehen», sind jedoch sehr spekulativ und mit grossen Unsicherheiten behaftet. Diese Thesen basieren auf Modellrechnungen, die die komplexen natürlichen Prozesse nur teilweise abbilden können. Dies wird bereits dort deutlich, wo Modellprognosen später mit den tatsächlich gemessenen Temperaturen an der Erdoberfläche der letzten Jahre verglichen werden. Die Modellvorhersagen waren eindeutig «überhitzt».

Werden Temperaturen der Erdatmosphäre und ihr CO₂-Gehalt in geologischen – und damit erdgeschichtlichen – Zeiträumen betrachtet, besteht keine direkte Korrelation zwischen diesen durch indirekte Methoden bestimmten Grössen, sogenannten «Proxy-Daten». Die kausalen Zusammenhänge sind äusserst vielfältig und es sind noch viele Fragen offen. In bestimmten geologischen Zeitabschnitten – zum Beispiel bei der Paläozän-Eozän-Grenze vor rund 56 Mio. Jahren – besteht eine beweisbare Korrelation zwischen dem CO₂-Gehalt der Atmosphäre und der Temperatur. Damals stellte sich während etwa 200'000 Jahren ein markanter Temperaturanstieg bei gleichzeitiger CO₂-Zunahme in der Atmosphäre ein. Die Maximaltempe-

ratur war damals rund 14 Grad höher und der CO₂-Gehalt etwa 2- bis 3-mal so hoch wie heute.

Im Verlauf der zu Ende gehenden letzten Eiszeit fand auf der Südhalbkugel die Temperaturerhöhung vor der Zunahme des CO₂-Gehaltes statt, während es auf der Nordhalbkugel gerade umgekehrt war.

Die Temperatur auf der Erde wird langfristig von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Unter anderem sind dies die Aktivität der Sonne, die Neigung der Erdachse, die Verteilung der Landmassen in Bezug auf die Pole, Plattenverschiebungen und Subduktion, Meeresströmungen, die biologische Aktivität in den Meeren, Vulkanismus und das natürliche Ausgasen der Erde (Chlorwasserstoff, Fluor, Schwefeldioxid, Methan, Kohlenstoffdioxid, Wasserdampf etc.). Diese Zusammenhänge sind äusserst komplex und mit grossen Unsicherheiten behaftet. Viele wichtige Fragen sind offen.

An der Rekonstruktion der Temperaturgeschichte sowie des CO₂-Gehalts der Atmosphäre – auch unter Einbezug des Beitrags der Menschen aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen – gibt es kaum Zweifel. Doch aufgrund der Unsicherheiten und offenen Fragen ist ein direkter Zusammenhang zwischen der Verringerung des CO₂-Ausstosses und der Temperatur, wie dies heute von Politik, Gesellschaft und Teilen der Wissenschaft behauptet wird, höchst spekulativ.

Bis vor dem Beginn der Klimadiskussion bedeutete jede Temperaturzunahme eine «Klimaverbesserung». In historischer Zeit führte in unseren Breiten kälteres und regenreicheres Klima oft zu Hungersnöten, derweil wärmeres Klima eine Verbesserung der Lebenssituation der Menschen bedeutete.

Schliesslich weiss die Wissenschaft, dass der Zusammenhang zwischen der Emission von Treibhausgasen (Methan, CO₂ u.a.) und

der Temperatur ein globales Thema ist, das nicht beliebig auf Kontinente oder Regionen heruntergebrochen werden kann. Treibhaus- und Klimagase haben nicht in allen Teilen der Welt dasselbe Ausmass und die gleichen Folgen.

9 CO₂-Emissionen der Schweiz im Widerstreit der Meinungen

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) beziffert den CO₂-Ausstoss in der Schweiz aus Brenn- und Treibstoffen im Jahr 2019 auf rund 32 Mio. Tonnen. Zur Veranschaulichung: Allein die atmende Bevölkerung stiess im selben Zeitraum rund 1,7 Mio. Tonnen CO₂ aus. Bemerkenswert ist auch, dass in den vergangenen 30 Jahren der CO₂-Ausstoss der Schweiz aus Brenn- und Treibstoffen um rund 20 Prozent zurückgegangen ist. Im weltweiten Vergleich liegt die Schweiz beim pro-Kopf-Ausstoss von CO₂ etwa auf Rang 20. Doch im absoluten Vergleich trägt die Schweiz direkt lediglich zwischen 0,1 und 1 Prozent am weltweiten Ausstoss von Treibhausgasen bei. Dieser hat weltweit in den letzten 30 Jahren um etwa 60 % zugenommen mit immer noch steigender Tendenz in den letzten Jahren.

10 Veränderte Politische Rahmenbedingungen nach «Fukushima»

Nach dem Tsunami und dem dadurch ausgelösten AKW-Unfall im japanischen Fukushima im Jahr 2011 wurde die Schweizer «Energiewende» in erster Linie mit dem Ausstieg aus der Kernenergie verknüpft. Heute betrifft die politische Debatte vor allem die Folgen der Klimaerwärmung und läutet damit eine weitere Stufe der «Energiewende» ein, nämlich die Abkehr von fossilen Energieträgern. Die «Energierategie 2050» der Landesregierung aus dem Jahr 2013 will die Energie- und Klimaziele mit drei Massnahmenpaketen erreichen: Durch den Ausstieg aus der Kern-

energie, dem im Mai 2017 eine Mehrheit der Stimmbürger zugestimmt hat, durch ein griffiges CO₂-Gesetz, das die Bevölkerung im März dieses Jahres abgelehnt hat – sowie durch ein drastisches Effizienzregime für die Mobilität («Mobility-Pricing»), die Raumordnung («Smart City») und die Wirtschaft.

Im sogenannten «Pariser Klimaabkommen» hat sich die Schweiz 2019 zu einem eigenen Fahrplan verpflichtet. Er sieht vor, bis 2030 den Treibhausgasausstoss gegenüber dem Stand von 1990 zu halbieren. Ab dem Jahr 2050 soll die Schweiz unter dem Strich keine Treibhausgasemissionen mehr ausstossen. Damit will die Schweiz das international vereinbarte Ziel unterstützen, die globale Klimaerwärmung auf maximal 1,5 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen.

Der Ausstieg aus dem Atomstrom und die Dekarbonisierung, also der Ausstieg aus den fossilen Brennstoffen Erdöl und Erdgas stehen also im Vordergrund. Dies ist aber nach gängigen Vorstellungen nicht zu 100 Prozent machbar. Darum werden sogenannte «negative CO₂-Emissionen» in Betracht gezogen, um dereinst das sogenannte «Netto-Null-Ziel» zu erreichen.

Negativemissions-Technologien (NET) entziehen der Erdatmosphäre dauerhaft das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid (CO₂). Dabei wird zwischen biologischen und technischen Methoden unterschieden. Eine biologische Methode besteht zum Beispiel in der Aufforstung, eine technische Methode in der Speicherung von CO₂ im tiefen Untergrund (CO₂-Sequestrierung, CCS).

11 Spagat zwischen Atomausstieg und Dekarbonisierung

Die Schweiz will praktisch gleichzeitig aus der Kernenergie aussteigen und den Verbrauch der fossilen Energieträger so weit re-

duzieren, dass bis 2050 bezüglich CO₂-Emissionen eine Netto-Null-Szenario erreicht wird. Die Dekarbonisierung verlangt also eine weitgehende Substitution der fossilen Energieträger. Sie soll nach heutiger Vorstellung durch Effizienzmassnahmen sowie einen substanziellen Ausbau der Stromversorgung gelingen. Mit dem gleichzeitigen Ausstieg aus der Kernenergie steht die Schweiz allerdings vor dem Problem, grosse Mengen an Strom produzieren und importieren zu müssen. Letzteres dürfte nach dem Scheitern des Rahmenvertrags mit der EU und dem damit hinfälligen Strommarkt-Abkommen zum Dilemma werden.

Soll die Kernenergie durch neue erneuerbare Energiequellen wie Sonne und Wind ersetzt werden, wäre eine Verzehnfachung der heutigen Energieproduktion notwendig. Dazu müsste die leistungsseitige Produktionskapazität der neuen erneuerbaren Energien um rund das Fünzigfache vergrössert werden, da Sonne und Wind an Jahreszeiten, Tageszeiten und Witterung gebunden sind. Bei einem Zubau von 15 Prozent der bestehenden Kapazität pro Jahr würde es nach heutigem Wissensstand mindestens 30 Jahre dauern, bis die notwendige Kapazität erreicht wäre. Ganz zu schweigen von den Netz- und Speicherkapazitäten, die zusätzlich geschaffen werden müssten. Keine Frage: Ein derart massives Wachstum der Stromproduktion ist nicht realistisch – zumal dann nicht, wenn man eine zusätzliche Belastung von Umwelt und Landschaft vermeiden will, wie dies die nationale Raumordnungspolitik verlangt.

Die zweite Möglichkeit zur Befriedigung der zukünftigen Strombedürfnisse sind zusätzliche Stromimporte. Die dazu notwendigen Produktions- und Übertragungskapazitäten, die technische Zuverlässigkeit der Lieferung, der Einfluss eines zusehends spekulativer werdenden internationalen Strommarktes sowie die ökologische Qualität des gelieferten Stroms sind dabei mit grossen Unsicherheiten behaftet und von der Schweiz

aus kaum zu beeinflussen. Immerhin sollte vermieden werden, dass die Schweiz durch Stromimporte aus nuklearen und fossilen Quellen die Lösung ihrer eigenen Klimaprobleme den Nachbarländern aufbürdet.

Die dritte Möglichkeit, die absehbare Stromlücke zu schliessen, besteht im Bau von eigenen Gaskraftwerken. Sie garantieren gleichzeitig die inländische Produktion von Bandenergie sowie von zunehmend wichtiger werdenden Regelenergie für das wachsende Angebot von Strom aus Sonne und Wind. Um eine sichere Stromproduktion zu gewährleisten, sind allerdings der Import und auch die Speicherung bestimmter Sicherheitsvolumen an Erdgas notwendig.

Ein realistischer Weg wird wahrscheinlich aus einer Kombination der drei Möglichkeiten bestehen – allenfalls ergänzt mit neuen Optionen und Erkenntnissen. Dabei sollten auch neue Kernkraftwerke nicht zum Vorschein aus der Diskussion ausgeschlossen werden.

Eine radikale Dekarbonisierung der Schweiz hat weder einen Einfluss auf das Welt- noch auf das Landesklimate. Sie dürfte aber Umwelt und Landschaft sowohl in der Schweiz wie anderswo zusätzlich beeinträchtigen. Das bedeutet nicht, dass sich unsere Energieversorgung nicht verändern soll. Doch dazu braucht es mehr Pragmatismus, eine rationale Sicht auf die Dinge und etwas weniger Fiktionen und Visionen zur «Rettung des Klimas».

12 Energie aus dem Untergrund in der Schweiz

Wie auch immer sich die Energieversorgung in Zukunft, der Untergrund sollte dabei eine wichtige Rolle spielen. In erster Linie bietet sich der Untergrund für die Nutzung der Erdwärme und die Lagerung radioaktiver Abfälle an. Etwas weniger naheliegend, aber nicht

von vornherein ausser Acht zu lassen, ist die Gewinnung eigener Gasressourcen oder die Speicherung von CO₂.

Die Erschliessung und Nutzung eigener Gasressourcen wäre auch ohne den Bau neuer Gaskraftwerke sinnvoll. Wenn die Hälfte des in der Schweiz verbrauchten Gases auch in der Schweiz produziert würde, könnten viel Transportenergie und Leitungsverluste vermieden werden. Dies wären etwa 10 bis 20 Prozent, was immerhin 170 bis 340 Mio. Kubikmeter Gas – oder eben 5 bis 10 Prozent unseres Nettoverbrauchs entspricht. Nicht zuletzt können eigene Gasressourcen bei allfälligen eigenen Gaskraftwerken auch als strategische Reserven dienen, was die Verhandlungsposition der Schweiz als Gasimporteur – aber auch die Versorgungssicherheit deutlich verbessert.

Fazit: Damit die Schweiz den Untergrund besser nutzen kann, müssen, zusätzlich zu den bestehenden, auch neue Daten erhoben und der Stand der Kenntnisse vertieft werden. Die hohe Energiedichte und die Aussicht auf eine grosse Wertschöpfung lassen eine Gas-Exploration aussichtsreich erscheinen. Darüber hinaus eröffnen sich wertvolle Synergien für die Nutzung der Geothermie sowie für die Abschätzung der Möglichkeiten, der-einst CO₂ im Untergrund zu speichern. Die Landesgeologie der «Swisstopo» bietet eine geeignete Plattform, die Grundlagen und Daten zu erwerben, um diese interessierten Firmen und Organisationen zur Verfügung zu stellen. Damit wird Innovationen für die Energiewirtschaft und die Umwelt gefördert.

Verdankung

Die Autoren bedanken sich bei Armin Menzi, Publizist und Autor, Frauenfeld, für das umfassende Lektorat.

**BAUGRUND-
VERSTÄRKUNG**

**GEBÄUDE-
AUFSTOCKUNG**

URETEK

Injektionen schnell und einfach!



**FUNDAMENT-
STABILISIERUNG**

**GEBÄUDE-
HEBUNG**

**RISSE?
SENKUNGEN?**

Kostenlose Angebote:

URETEK Schweiz AG

6052 Hergiswil

Tel. 041 676 00 80

www.uretek.ch - uretek@uretek.ch

URETEK®