

Geothermie in der Schweiz: Eine Auslegeordnung

David Henzi, Allianz Suisse
Pierre Hüppi, Vaudoise



Agenda

1. Einleitung

2. Geothermie aus technischer Sicht

- Verschiedene Arten von Geothermie
- Chancen der Geothermie
- Risiken der Geothermie

3. Geothermie & Versicherung

- Fündigkeitsabsicherung: das wirtschaftliche Hauptrisiko
- Haftpflichtversicherung: zunehmend eine Pflichtversicherung
- Welche haftpflichtigen Akteure?
- Welche anwendbaren Haftungsnormen?
- Runder Tisch Geothermie

01

Einleitung – Warum sprechen wir über Geothermie?



Quelle: energie schweiz

Zusammenhang Geothermie und Versicherungen

- Die FKH hat im Auftrag des ANL im 2023 eine "Auslegeordnung Geothermie-Risiken aus Sicht der Versicherungen" gemacht.
- Die Schweiz soll ab **2050 keine Treibhausgase** mehr in die Atmosphäre ausstossen. Dies hat der **Bundesrat 2019** beschlossen.
- Aus **technischer Sicht** ist das **Potential** für Energie aus der Geothermie **bedeutend** für die Schweiz
- Bisher **kaum Erfahrungen** mit Geothermie in der Schweiz (abgeschlossene 16 Tiefenbohrungen)
- Erfahrungen der Schweizer **Privatversicherungen**? Nachfrage für solche Lösungen wird steigen!

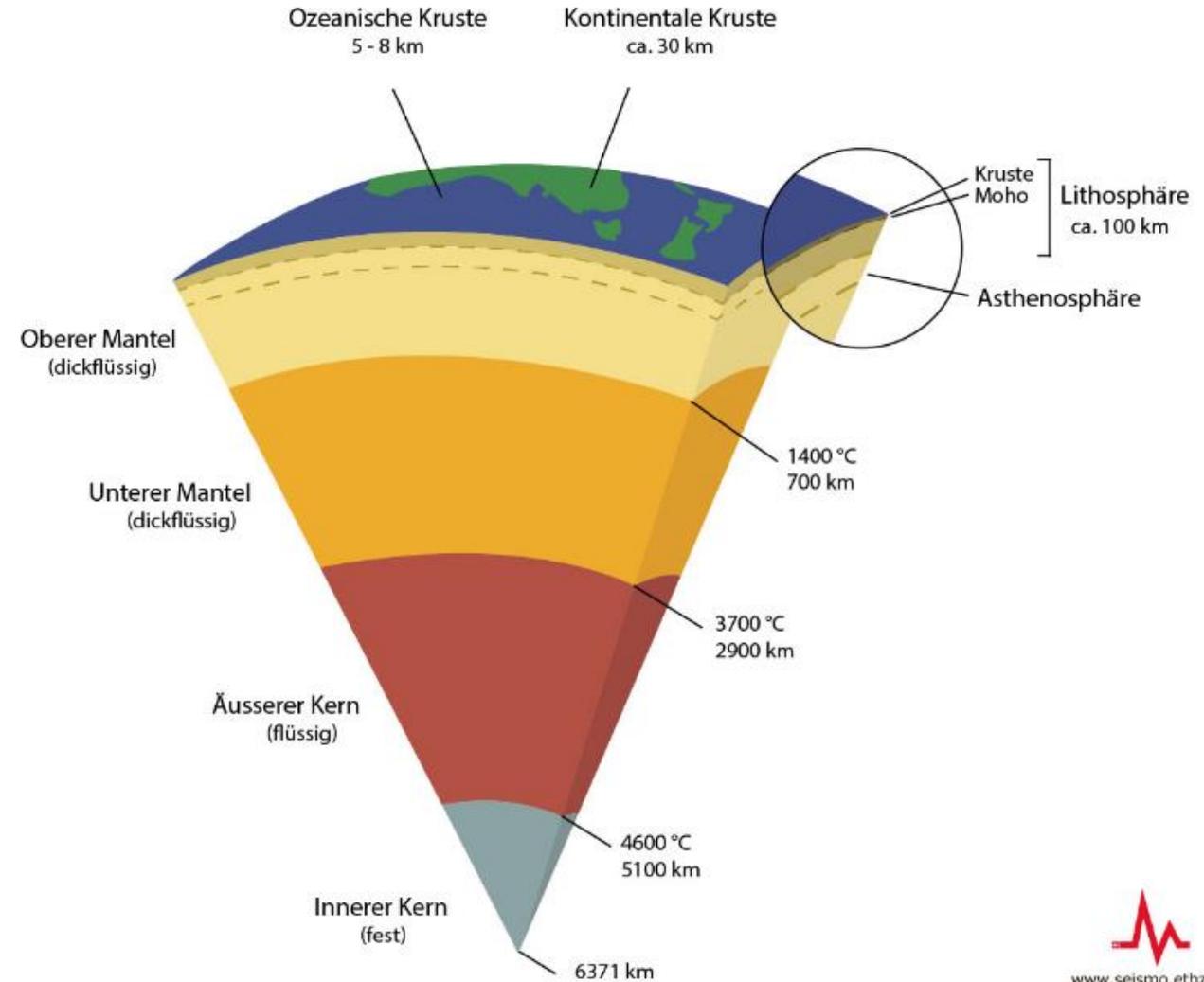
02

Geothermie aus technischer Sicht



Aufbau der Erde

- Im Innersten ist der Kern mehr **als 5'000°C** heiss, durch den grossen Druck in **festem Zustand**. Der äussere Kern ist **flüssig** und etwas kühler.
- Über der Asthenosphäre befindet sich die **Lithosphäre**. Diese ist **100-200 Kilometer** mächtig und umfasst neben der obersten, festen Schicht des Erdmantels die Erdkruste, die feste, spröde Oberfläche der Erde.
- Die **ozeanische Kruste** ist etwa **8 Kilometer** dick und die **kontinentale Kruste** ist durchschnittlich etwa **30 Kilometer** mächtig.



Was ist Geothermie

- Geothermische Energie oder "**Erdwärme**" nennt man die in Form von Wärme **gespeicherte Energie unterhalb der Erdoberfläche**.
- Über **99 % der Erde** sind heisser als **1'000° C**. Nur ein Tausendstel der Erdmasse – die obersten 3 km – ist kühler als 100° C.
- Die im Erdinneren vorhandenen **Wärmemengen** sind **enorm**. Ihr Ursprung liegt grösstenteils in der **Zerfallsenergie** natürlich radioaktiver Isotope, die sich in der Erdkruste und im Erdmantel befinden.
- Schon ab etwa 15 Metern Tiefe ist die Bodentemperatur das ganze Jahr über konstant. In der Regel nimmt in der Schweiz die Temperatur in der Tiefe mit **jedem Kilometer um rund 30°C** zu.
- Bei **5'000 Meter** unterhalb der Erdoberfläche herrschen **etwa 160°C**.

Verschiedene Bezeichnungen der Geothermie

Bezeichnung	Tiefe	Energie	Technologien	Maturitätsstufe 2024
Oberflächennahe Geothermie	0-400m	Wärme	Sonden, Grundwasser, u.a.	hoch
(Mitteltiefe Geothermie)	<3000m	Wärme	Hydrothermale Quellen für Thermalbäder, Förderbohrungen, u.a.	mittel
Tiefe Geothermie	>3000m	Wärme & Strom	Hydrothermale- oder petrothermale Anlagen	tief

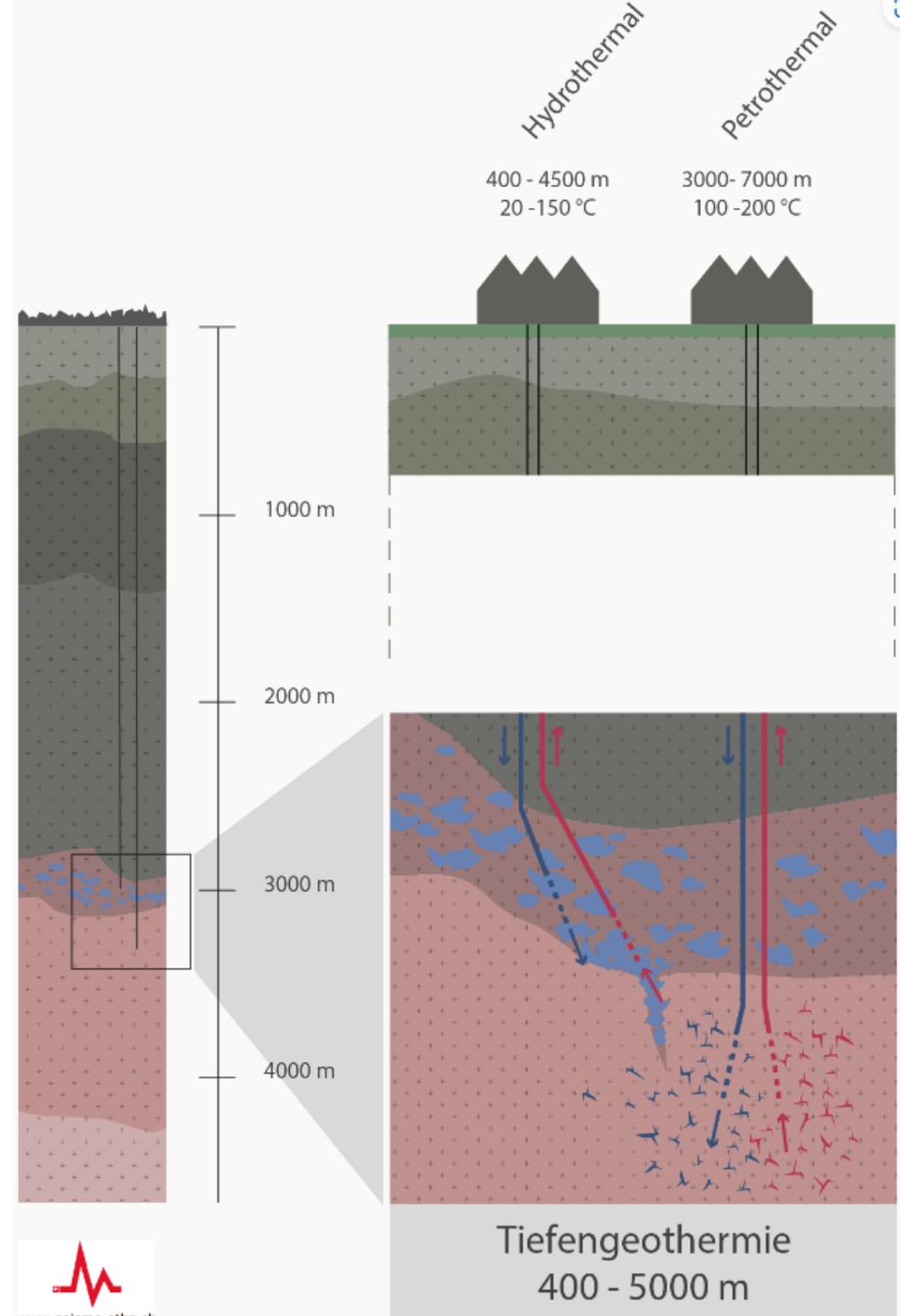
Zwei Tiefengeothermie Typen

Hydrothermale Geothermie

- Nutzung des heissen Aquifers
- Min. 2 Bohrlöcher

Petrothermale Geothermie

- Nutzung des heissen Gesteins
- Min. 2 Bohrlöcher inkl. Fracking



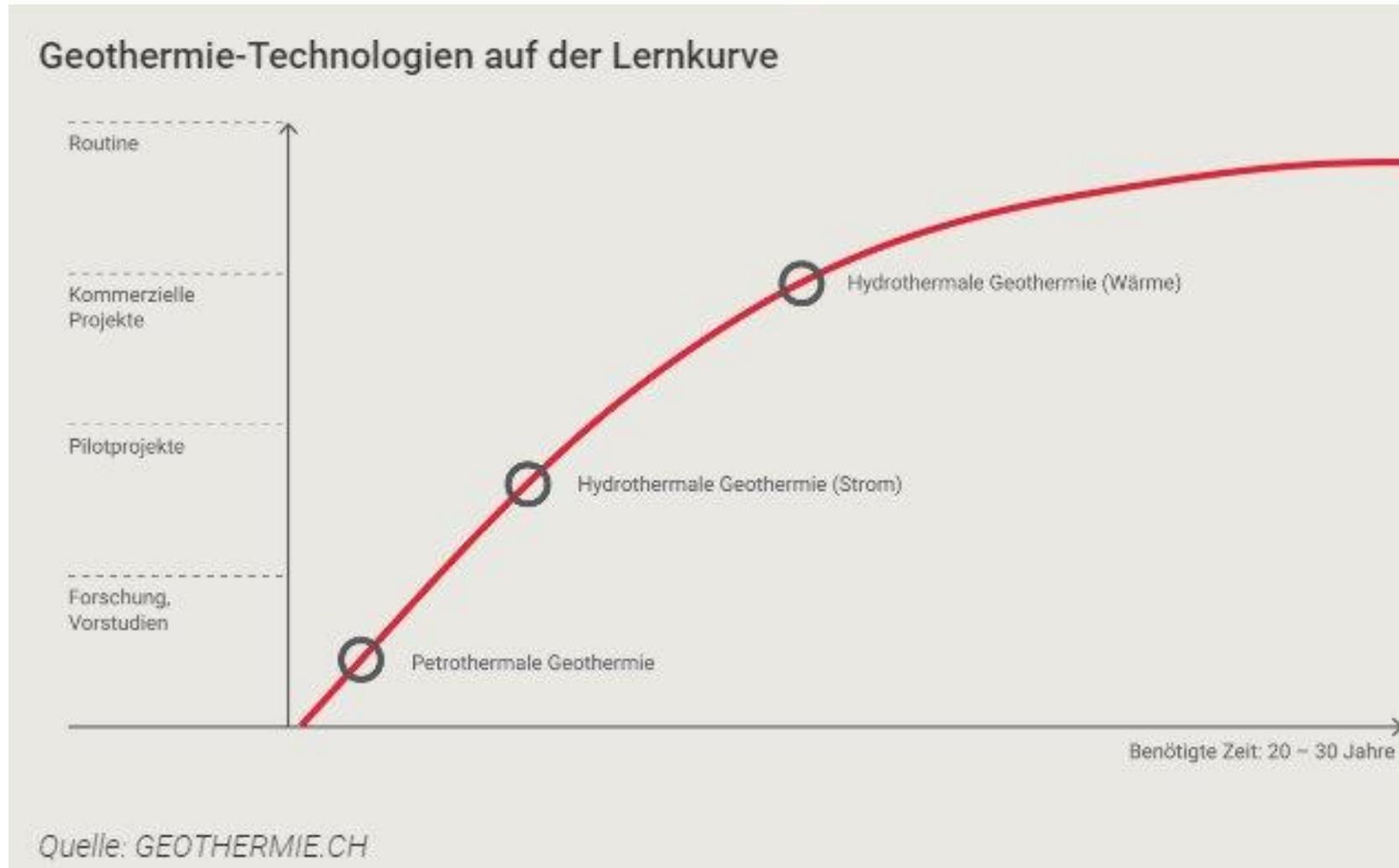
Hydrothermale Geothermie (Deep dive)

- Die tiefe Geothermie deckt Tiefen von 3'000 und mehr Meter ab. In solchen Tiefen ist das in sogenannten Aquiferen **vorhandene Wasser in der Regel über 90-100° C** warm. Aquifere sind **Wasser führende Gesteinsschichten**.
- In grossen Tiefen vorhandenes warmes Wasser lässt sich für **unterschiedlichste Zwecke** nutzen. Bekanntestes Beispiel ist die Versorgung von grösseren Stadtgebieten über **Fernwärmenetze**. Daneben können auch **Industrie und Gewerbe** mit Wärme beliefert werden. Und in der **Landwirtschaft** lassen sich Gewächshäuser heizen oder Trocknungen durchführen.
- Ist das Wasser in der Tiefe kochend (**>100-120° C**), kann es **auch** zur **Stromproduktion** benutzt werden.
- Beispiel St. Gallen: Das St. Galler Geothermieprojekt gehört in die Kategorie der tiefen hydrothermalen Geothermie. Nach mehreren leichten Erdbeben im Sommer 2013 wurden die Arbeiten eingestellt. Neben Wasser – zu wenig – wurde auch Gas gefunden. Wie und ob dieses Gas genutzt werden kann, ist unklar.

Petrothermale Geothermie (Deep dive)

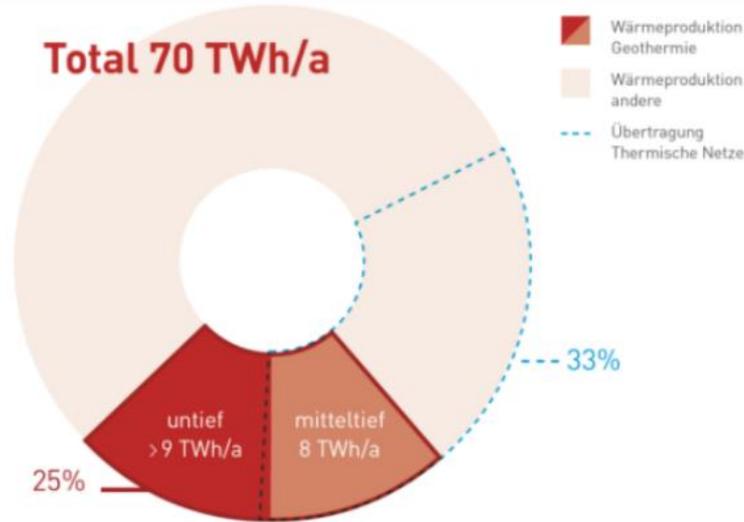
- In 4 bis 5 Kilometern Tiefe ist der Untergrund bis zu 150° C heiss. Die petrothermale Geothermie macht sich das **heisse Grundgestein** (Granit, Gneiss) zu Nutze. Da dieses Gestein kompakt ist, **fließt kein oder kaum Wasser**. Um einen Wasserfluss möglich zu machen, muss es **aufgebrochen werden** (Fracking). Dazu wird Wasser mit **hohem Druck** durch eine Bohrung in den tiefen Untergrund gepresst. Es entstehen **kleine Risse**. Durch diese Risse zirkuliert das Wasser und erhitzt sich dabei (Wärmetauscher). Das heisse, durch eine zweite Bohrung nach oben gepumpte, Wasser lässt sich energetisch nutzen. Das Verfahren wird auch «Hot Dry Rock», «Deep Heat Mining» oder «Enhanced Geothermal System (EGS)» genannt.
- Mit petrothermaler Geothermie soll in der Schweiz in **erster Linie Strom** produziert werden. Der Bundesrat strebt an, auf diese Weise bis 2050 jährlich rund **4,4 Terawattstunden Strom** gewinnen zu können. Das ist etwa die Hälfte der Jahresproduktion des Kernkraftwerks Gösgen. Bei der Stromproduktion fällt als **Nebenprodukt auch viel Wärme** an. Diese Wärme kann über Fernwärmenetze Industrieanlagen und Stadtteile beheizen oder der Industrie Prozesswärme bereitstellen

Technologien auf der Lernkurve



Potential Geothermie Schweiz (Zielbild 2050)

Der Wärmebedarf 2050 in der Schweiz beträgt etwa 70 TWh/a. Davon steuert die Geothermie mindestens ein Viertel bei.



Wirtschaftlich nutzbares Wärmepotential Geothermie in der Schweiz

17 TWh/a
mit bestehenden Technologien, sofort umsetzbar
25% CH Wärmebedarf

70 TWh/a
25 % (= 17 TWh/a)

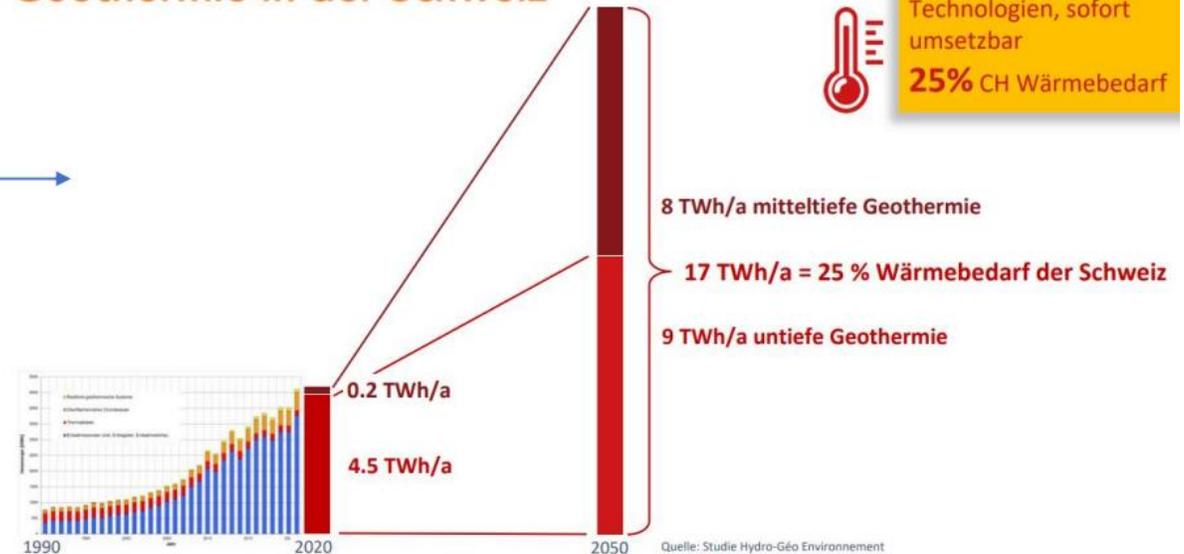
Wärmebedarf 2050 in der Schweiz
Anteil Geothermie an der Wärmeproduktion 2050

4.5 Mio. Tonnen
1.7 Mrd. Liter
1.2 Mrd. CHF

CO₂-Einsparung pro Jahr bei Ersatz Heizöl durch Geothermie
Einsparung Heizöl pro Jahr
Jährliche Einsparung Kosten für Heizöl

250
6 Mrd. CHF

Anzahl mitteltiefe Geothermie-Anlagen bis 2050
Totale Investitionskosten für mitteltiefe Geothermie-Anlagen (ohne Förderungen)



Quelle:
<https://geothermie-schweiz.ch/waermepotenzial/>

Chancen der Geothermie

- Umweltverträglichkeit: Geothermische Energie ist **umweltfreundlicher als konventionelle Energieträger** wie Kohle und andere fossile Brennstoffe.
- Erneuerbare Energien: Geothermische Energie ist eine **erneuerbare Energiequelle**.
- Riesiges Potenzial: In der Schweiz soll die Geothermie ca. **25% der Wärmeenergie und 8% der Stromproduktion** (BFE das Potenzial auf 2-5 TWh pro Jahr (2022 = 57 TWh pro Jahr) beitragen.
- Nachhaltigkeit und Zuverlässigkeit: Im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energiequellen wie Wind- und Sonnenenergie ist die Geothermie eine **zuverlässige und stabile Energiequelle**.
- Heizen und Kühlen: Die "Oberflächennahe Geothermie" eignet sich auch zum nachhaltigen Kühlen von Gebäuden.
- Schnelle Entwicklung: Die Geothermie wird derzeit intensiv erforscht, was bedeutet, dass neue Technologien entwickelt werden, um den Energieprozess zu verbessern. Es gibt eine **wachsende Zahl von Projekten zur Verbesserung und zum Ausbau dieses Industriezweigs** weltweit. Durch diese rasche Entwicklung sollten viele der derzeitigen Nachteile der Geothermie abgeschwächt werden.

Geologische Risiken

- Jede Technologie birgt spezifische Risiken, so auch die mitteltiefe bzw. tiefe Geothermie. Ohne Bohrung ist es schwierig, die **Eigenschaften des tiefen Untergrunds** abzuschätzen (Brüche, Spalten, Porosität, Durchlässigkeit) und die Position und Ausdehnung der natürlichen unterirdischen Fliesswege vorherzusehen.
- Länder, die seit langem ihre Gas- oder Ölvorkommen nutzen, haben bereits in grossen Teilen ihres Untergrunds Bohrungen vorgenommen. Auf diese Weise haben sie **detaillierte Kenntnisse über die Beschaffenheit** des Untergrundes erlangt.
- In der Schweiz haben **bislang lediglich 16 Tiefenbohrungen** punktuell nützliche Hinweise geliefert.
- Bis ins Jahr 2050 sind gemäss Geothermie Schweiz rund **250 erfolgreiche Bohrungen** notwendig.
- Zudem ist der **Untergrund in der Schweiz** im Gegensatz zu anderen Geographien von **vielen Verwerfungen und Faltungen** geprägt.

Fündigkeitsrisiko

Das Fündigkeitsrisiko bei geothermischen Bohrungen ist das Risiko, ein geothermisches Reservoir mit einer (oder mehreren) Bohrung(en) in **nicht ausreichender Quantität oder Qualität** zu erschliessen.

Wird die erwartete Durchlässigkeit bei der Erschliessung zunächst nicht angetroffen, sind Ertüchtigungs- bis hin zu **Stimulationsmassnahmen** (Säuern bei karbonatischem Gestein oder das hydraulische Stimulieren gegebenenfalls in Kombination) erforderlich.

- Reduzierte thermische Ergiebigkeit
- Geringe Injektivität (Aufnahmefähigkeit des Gebirges von Fluiden)
- Veränderte/verschlechterte chemische Zusammensetzung
- Unerwünschte Sekundärfündigkeit (Kohlenwasserstoffe, Radioaktivität usw.)

Risiken für Mensch und Umwelt

- **Induzierte Seismizität:** Beispiele Bohrung Basel (2006) und St.Gallen (2013)
- **Verschmutzung des Grundwassers:** Während der Bohrarbeiten ist es möglich, dass die **Stützflüssigkeit** über grössere Risse im aufgebohrten Felsen in den **Grundwasserleiter** gelangt und diesen weiträumig **verschmutzen** könnte.
- **Versiegen von Quellen:** Allfällig vorhandene unterirdische Quellgänge könnten durch die Bohrarbeiten angebohrt werden, was zu einer **Verringerung der Quellwassermenge** oder sogar zu deren Versiegung führen kann.
- **Setzungen:** Die **Absenkung des Wasserspiegels** durch die Bohrungen kann zu Setzungen und Rissbildungen bei Gebäuden oder Infrastrukturen führen.
- **Erschütterungen:** Gebäudeschäden, Schäden an Infrastrukturen (Risse durch Erschütterungen etc.).
- **Geländehebungen:** Gebäudeschäden, Schäden an Infrastruktur aufgrund des **Szenarios «Staufen in Breisgau»**, bei welchem eine unter Druck stehende Wasserschicht über das Bohrloch in eine darüber liegende Gipsschicht eindrang.

Technische Risiken

- **Gasaustritt / Blow-out (St. Gallen):** Wird beim Bohrvorgang eine unter Druck stehende **Gasschicht angebohrt**, kann dieser den Druck der Stützflüssigkeiten übersteigen und an der Oberfläche austreten.
- **Einsturz des Bohrlochs:** Bei nicht stabiler Geologie kann das **Bohrloch partiell oder ganz einstürzen**, wenn die Dichte der Stützflüssigkeit zu gering ist oder der gebohrte Abschnitt nicht genügend schnell gesichert werden kann.
- **Steckenbleiben der (Bohr- und Testing-) Ausrüstung:** Die Bohr- und Testingausrüstung kann im Bohrloch steckenbleiben, wenn sich durch **geologische Instabilitäten das Bohrloch** verengt oder ein Rückziehen durch einen (partiellen) **Einsturz des Bohrlochs** nicht mehr möglich ist.
- **Naturgefahren generell:** Die Bohrplätze sind generell den **örtlichen Naturgefahren** (Sturm, Überschwemmung, etc.) ausgesetzt und müssen gegen solche geschützt werden.
- **Feuer:** Das Feuerrisiko ist inhärent auf einer solchen Bohrstelle, da Leckagen in den Hydraulikteilen sowie die insgesamt **vorhanden Brandlasten** zu einem **Grossbrand** führen können.

03

Geothermie & Versicherung



Fündigkeitsabsicherung: das wirtschaftliche Hauptrisiko

- **Fündigkeitsrisiko:** Risiko, bei der Erschliessung eines geothermischen Reservoirs eine unzureichende Förderrate zu erzielen oder eine zu geringe Temperatur anzutreffen.
- **Nicht zu verwechseln mit technischen Bohrrisiken** (technische Versicherungen, inkl. "Lost-in-Hole")
- **Die Einschätzung der Fündigkeitsrisiken & Chancen wird erhöht durch die Anzahl und Dichte der Bohrungen.**
- (Begrenzte) **staatliche Risikogarantie (Art. 33 Energiegesetz):** "Zur Risikoabsicherung von Investitionen im Rahmen der Prospektion und der Erschliessung von geothermischen Ressourcen sowie der Errichtung von Geothermieanlagen zur Produktion von **Elektrizität** können Garantien geleistet werden. Ihre Höhe beträgt höchstens **60 Prozent der anrechenbaren Investitionskosten**. Für ein Geothermieprojekt kann **nicht gleichzeitig eine Garantie nach Absatz 1 und ein Beitrag nach Artikel 27b Absatz 1** in Anspruch genommen werden".

Haftpflichtversicherung: zunehmend eine Pflichtversicherung

- **Keine explizite Regelung** über die Nutzung des Untergrundes **in der schweizerischen Bundesverfassung**.
- Kompetenz der Regelung über die Nutzung des Untergrunds liegt somit bei den **Kantonen, die ihrerseits die Nutzung des Untergrundes an die Gemeinden delegieren können**.
- Einzelne Kantone haben gestützt auf Ihre Kompetenz für den Konzessionsnehmer eine **Pflichtversicherung eingefügt, z. B. die Kantone Genf und Waadt** (nächste Slides).
- **Bund koordiniert** zusammen mit den Kantonen Richtlinien für Tiefbohrungen und assoziierten Arbeiten, insbesondere mit dem **Schweizerischen Erdbebendienst**: Richtlinien zur Überwachung des Risikos der induzierten Seismizität.

Beispiel Pflichtversicherung Kanton Genf

Règlement d'application de la loi sur les mines

Definition: La géothermie profonde consiste en l'exploitation de la chaleur terrestre en tant que richesse du sous-sol et source d'énergie **au-delà d'une profondeur de 400 mètres**.

Il s'agit notamment de l'utilisation d'eau chaude située à grande profondeur ou du réchauffement d'eau injectée à grande profondeur, à des fins de chauffage et/ou de production d'électricité.

Art. 69 Garanties financières et assurance responsabilité civile:

1. **Le requérant conclut une assurance responsabilité civile couvrant les risques liés à la prospection.**
2. Le département peut exiger du requérant des garanties financières sous forme d'une **garantie bancaire à première demande**, notamment en cas de forage, laquelle sert à couvrir la totalité de l'exécution des obligations découlant du permis de prospecter lui incombant, notamment la remise en état des terrains prospectés.

Beispiel Pflichtversicherung Kanton Waadt

Loi sur les ressources naturelles du sous-sol (LRNSS)

- 1. Vor Erteilung einer Erkundungsbewilligung oder einer Konzession** hat der Antragsteller eine Haftpflichtversicherung abzuschliessen und diese der Behörde vorzulegen, zur Abdeckung für Schäden, die Dritten durch seine zukünftige Tätigkeit entstehen.
2. Das zuständige Dienststelle kann jederzeit eine zusätzliche Haftpflichtversicherung verlangen.
- 3. Bei Projekten, die über die Erkundungsbewilligung oder Konzession hinaus überwacht werden müssen [,] verlängert sich die Dauer der Haftpflichtversicherung im gleichen Umfang.**
4. Der Antragsteller, bzw. Inhaber einer Forschungsgenehmigung oder -konzession schlägt den Mindestdeckungsbetrag vor. Dies wird von der zuständigen Dienststelle auf der Grundlage der mit dem Projekt verbundenen Risiken sowie des detaillierten Programms dieser Arbeiten validiert.

Definition Tiefengeothermie:

- Bohrung **über 400 Meter Tiefe**
- **Nutzung von Gewässer mit einer natürlichen Temperatur über 20 Grad**

Welche haftpflichtigen Akteure?

Haftpflichtpolicen der Projektbetreiber

- Projektverantwortliches Unternehmen
- Energie-Produzenten (bzw. Eigenbedarf-Produzenten)
- Öffentliche Hand als Projektbetreiber

Post-Project-Phase:

- Energieproduktion (bei erfolgreichen Projekten)
- Grundeigentümer (von stillgelegten Bohrlöchern)

Vom Projektbetreiber beauftragte Unternehmen:

- Sondierungsunternehmen
- Bohrunternehmer
- Bauunternehmen
- Planer & Bauleiter
- Geologen
- Weitere am Bau beteiligte Firmen

Welche anwendbaren Haftungsnormen?

Grundeigentümerhaftung nach Art. 679 ZGB:

- Überschreitung des Eigentumsrechts durch positive oder negative Immissionen.
- Überschreitung der Nutzung bewirkt Schaden auf einem **benachbarten Grundstück**.
- **Kausalzusammenhang** zwischen dem Überschreiten des Eigentumsrechts und dem eingetretenen Schaden.

Bei rechtmässiger Bewirtschaftung gemäss Art. 679a ZGB:

Fügt ein Grundeigentümer bei rechtmässiger Bewirtschaftung seines Grundstücks, namentlich beim Bauen, einem Nachbarn vorübergehend übermässige und unvermeidliche Nachteile zu und verursacht er dadurch einen Schaden, **so kann der Nachbar vom Grundeigentümer (lediglich) Schadenersatz verlangen.**

Welche anwendbaren Haftungsnormen?

Werkelgentümerhaftung nach Art. 58 OR:

- Der Kläger muss einen **Werkmangel** geltend machen können: fehlerhafte Konstruktion, Erstellung oder mangelhafter Unterhalt (grundsätzlich somit anwendbar für vollendete Werke)
- **Kausalzusammenhang** zwischen dem Werkmangel und dem eingetretenen Schaden

Zum Werkmangel: z.B. BGE 126 III 113

<<S'agissant de pourvoir un ouvrage de dispositifs de sécurité, le propriétaire ne doit prendre que les mesures que l'on peut raisonnablement exiger de lui, **en tenant compte de la probabilité d'un accident grave, des possibilités de la technique et du coût des mesures à prendre**>>

Welche anwendbaren Haftungsnormen?

Umwelthaftung nach Art. 59a Umweltschutzgesetz:

- **Gefährdungshaftung** für den Inhaber eines Betriebs oder einer Anlage, mit denen eine besondere Gefahr für die Umwelt verbunden ist
- Für Schäden aus **Einwirkungen, die durch die Verwirklichung dieser Gefahr** entstehen
- **Von der Haftpflicht wird befreit, wer beweist, dass der Schaden durch höhere Gewalt** oder durch grobes Verschulden des Geschädigten oder eines Dritten verursacht worden ist.

Fallbeispiele...

- Wenn das Projekt das Beben lediglich etwas früher auslöst als es **ohnehin geschehen** wäre ?
- Wenn das Beben mehrere Monate nach der letzten Wassereinpressung erfolgt und somit **kein unmittelbarer zeitlicher Zusammenhang** besteht ?

Sind Pflichtversicherungen wirklich der Weg zur Lösung?

Nicht anwendbar gegenüber Geschädigten (59 III VVG):

- Vertraglicher Selbstbehalt
- Nicht-Zahlung der Prämie
- Obliegenheitsverletzungen

Nicht versichert, auch gegenüber Geschädigten:

- Überschreitung der Versicherungssumme
- Einschränkung des Deckungsumfangs

- **Insolvenzrisiko?**

- **Reputationsrisiko?**

Runder Tisch zur Geothermie: die geäußerten Wünsche

- **Gesetzliche Rahmenbedingungen:** Weiterentwicklung vorerst auf (inter-)kantonaler Ebene
- **Engagement der öffentlichen Hand:** Modalitäten von staatlichen Garantien & Poollösungen?
- **Standardisierung & Industrialisierung als Anliegen der Behörden und Projektverantwortlichen:** standardisierte Abläufe, Fragebogen zur Risikoabklärung und "Musterbedingungen"
- **Voraussehbarkeit der zukünftigen Projekte:** Vorlaufzeit für die Versicherungswirtschaft
- **Risikodialog & Austausch zwischen den Akteuren:** Gegenseitiges Verständnis & Vertrauen

Fragen?

ASA | SVV

Schweizerischer Versicherungsverband – Association Suisse d'Assurances – Associazione Svizzera d'Assicurazioni – Swiss Insurance Association
Conrad-Ferdinand-Meyer-Strasse 14 – CH-8022 Zürich – Tel.+41 44 208 28 28 – info@svv.ch – svv.ch