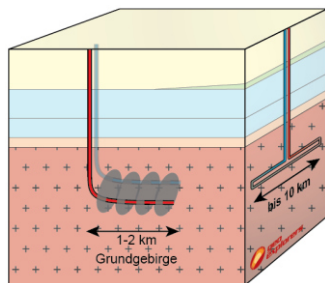


Playtyp:

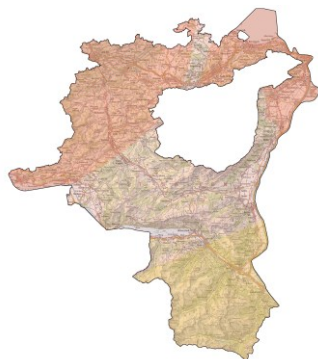
Petrothermale Geothermie (EGS/AGS), künstlich generierte Wärmetauscher im kristallinen Grundgebirge

Tektonik:

Vorwiegend Grundgebirge

**bevorzugte Projektorte:**

ganzer Kanton; auf Grund Bohrtiefe eher im nördl. Kantonsgebiet, von Vorteil nicht im Bereich der tiefen Permokarbon-Tröge und im Bereich tiefgreifender Bruch- und Störzonen bis ins Kristallin

**Chancen:**

- Mit EGS (Enhanced Geothermal System) werden in grossen Tiefen typischerweise undichte Gesteine durch Einpressen von Wasser mit hohem Druck künstlich durchlässig gemacht und somit ein geothermisches Reservoir generiert. Im Fall AGS (Advanced Geothermal System) werden ähnlich zu den Erdwärmesonden kilometerlange horizontale Bohrlöcher zu Closed-Loops zusammengeschlossen. Der Vorteil ist, dass damit undurchlässige Gesteinsbereiche nutzbar gemacht werden, die sich hydrothermal nicht eignen, aber welche sehr heiss sind ($>100^{\circ}\text{C}$) und somit eine Strom- und Wärmeproduktion ermöglichen.
- Da solche geothermischen Reservoirs künstlich generiert werden, sind EGS- und AGS-Projekte standortunabhängiger als die hydrothermalen Systeme, welche z. B. an Bruchzonen gebunden sind. Das Potenzial wäre somit grösser.
- Einige Pilotanlagen konnten zeigen, dass durch die hydraulische Stimulation meist von kristallinem Gestein die Gebirgsdurchlässigkeit deutlich erhöht werden konnte. Es gibt funktionierende Pilotanlagen, siehe unter Nachweise. Eines der ersten funktionierenden Forschungsprojekte ist Soultz-sous-forêts in Frankreich, welches erfolgreich eine Zirkulation erzeugen konnte, aber auch mit technischen Problemen und Ausfällungen aufgrund der Wasserchemie zu kämpfen hat.

Risiken:

- EGS und AGS werden zwar als standortunabhängig betrachtet, aber tiefe Permokarbon-Vorkommen oder tiefe Vorkommen von Sedimentgesteinen im Molassebecken im Alpenvorland bedingen sehr tiefe ($>5\text{ km}$) und teure Bohrungen. Auch sollten durchlässige Bruchzonen gemieden werden, um therm. Kurzschlüsse zu vermeiden.
- Die weltweiten EGS-Systeme ähneln per se nicht: die Geologie, Chemie des Fluids, Spannungszustände im Untergrund (z. B. kompressiv oder extensiv), das Vorgehen (z. B. mit oder ohne Proppants (Stützmittel wie Quarzsand) bzw. ein- oder mehrstufige Stimulation) usw. variieren und somit muss das eine Projekt an einem anderen Ort nicht zwingend auch funktionieren.
- In der Vergangenheit gab es eine Reihe von Rückschlägen mit Schäden und Projektabbrüchen: z. B. Basel (Erdbeben bis Magnitude 3.4), Pohang in Süd-Korea (Erdbeben bis Magnitude 5.5).
- Bisher fehlen die Nachweise für einen dauerhaft nachhaltigen Durchfluss im Reservoir. Auch muss sich zeigen, wie lange eine Anlage ohne Probleme wie Auskühlung, Ausfällungen, Erdbeben usw. rentabel betrieben werden kann. Zudem sind die Vorlaufzeiten in der CH bis zur Realisierung derzeit sehr lang (mehrere Jahre bis Jahrzehnte).
- Bis jetzt steckt EGS noch im Forschungsstadium und eine Reihe von Projekten werden als Pilotprojekte umgesetzt. Eine kommerzielle Serienreife ist noch nicht erreicht, bei der die Erdbeben, die Geometrie und Volumen des Wärmetauschers im Untergrund, die nachhaltige Wärmenutzung ohne Kurzschlüsse usw. kontrolliert werden können. In den USA laufen derzeit EGS-Projekte, die in Richtung Serienreife gehen und erste Erfolge aufweisen können.
- AGS-Projekte sind derzeit im Pilot-Stadium und aufgrund der hohen Bohrkosten noch nicht wirtschaftlich.
- Die Erdbeben-Problematik muss im Untersuchungsgebiet besonders beachtet werden und eine vorgängige Risikoanalyse ist notwendig.
- Ohne Subventionen derzeit nicht wirtschaftlich

Nachweise / Projektauswahl:

- **Soultz-sous-forêts** in Frankreich seit 1988, Forschung – heute kommerzielle Nutzung: mehrere Bohrungen bis 5 km Tiefe, genutzt werden aus einer Triplette 35 l/s mit $150\text{--}160^{\circ}\text{C}$, Leistung elektrisch ca. $1.4\text{ MW}_{\text{el}}$, thermisch 50 MW_{th} , 2 EGS-Dubletten stillgelegt, induzierte Seismizität bei grösseren Injektionsraten
- **Basel** in Schweiz 2006, Ziel 5 MW_{el} Strom: 5 km tiefe Bohrung ins Kristallin, 174°C , Durchlässigkeit um Faktor 2-3 im Kristallin erhöht, aber Abbruch aufgrund von Schaden-Erdbeben bis Magnitude 3.4, Schäden ca. 9 Mio. CHF
- **Gross Schönebeck** in Deutschland 2007, Forschung: bis 4.4 km tiefe Bohrungen, 150°C , hohe Salinität, mit Stimulation von primär porösem Sedimentgestein (Perm), ausreichender nachhaltiger Wasserfluss aufgrund von Ausfällungen nicht möglich
- **Habanero und Paralana** in Australien 2003-2018: mehrere Bohrungen bis 4.9 km, bis 250°C , aufgrund technischer und wirtschaftlicher Probleme gestoppt
- **Pohang** in Süd-Korea 2010-2019: 4.2 km tiefe Bohrung, 140°C , Erdbeben bis Magnitude 5.5 im Jahr 2017 nach der Stimulation mit 52 Mio. USD Schäden und Verletzten → Projekt gestoppt
- **Espoo** in Finnland 2014-2021, Ziel Wärme: mehrere mit bis 6.4 km tiefsten Geothermie-Bohrungen, 121°C , erfolgreiche Stimulation mit Erdbeben "nur" bis max. Magnitude 1.9, kein ausreichender Wasserfluss erreicht → angestrebten 40 MW_{th} nicht erreicht → unrentabel → Projekt gestoppt
- **Fervo Energy** in Nevada 2023: erste Tests mit 63 l/s 191°C aus $2 \times 2.3\text{ km}$ tiefen Brunnen mit ca. 1 km horiz. Bohrabschnitten erfolgreich → $3.5\text{ MW}_{\text{el}}$ möglich → die gewonnenen Erkenntnisse sollen in Utah in eine Grossanlage mit dem Ziel von $400\text{ MW}_{\text{el}}$ transferiert werden (erste Bohrungen wurden begonnen)
- **Haute-Sorne** in Schweiz seit 2012: 4000 m Sondierbohrung ins Kristallin im Jahr 2024 erstellt; 3D-Seismik auf 30 km^2 im 2025; erster Stimulationstest von 430 m^3 mit 80 l/min im 2025 ohne spürbare Seismizität; das neue Multi-Etappen-Verfahren soll dort erstmals in der Schweiz getestet werden; im Kleinmassstab und in geringerer Tiefe wurden mit einem Forschungsprojekt im Bedretto-Felslabor wichtige Erkenntnisse zur Stimulation gesammelt, welche in Haute-Sorne angewendet werden sollen

Potenzial im Kanton St. Gallen:

Aquifer-Temperatur: abhängig von Bohrtiefe, von Vorteil $>140^{\circ}\text{C}$

Förderrate: abhängig von erzeugter Durchlässigkeit, Widerstand im Reservoir, Reservoirvolumen usw., angestrebt werden 50 l/s

Leistung elektrisch: angestrebt min. 5 MW_{el} (bisher mit einer Dublette noch nicht erreicht)

Fündigkeitschance: theoretisch hoch, da standortunabhängig (abgesehen von Permokarbon, tiefliegenden Sedimenten oder grösseren Bruch- bzw. Störzonen)

Reproduzierbarkeit: derzeit noch im Forschungs- / Pilotstadium, die Reproduzierbarkeit muss sich mit den derzeitigen und anstehenden Projekten zeigen

Anzahl Anlagen: massgeblich bestimmt durch Grösse Bohrplatz/Anlage, Einbindung in bestehende Infrastruktur, Risikobereitschaft bzgl. Erdbebengefährdung,...; derzeit sind Anlagen in besiedelten Gebieten aufgrund fehlender Akzeptanz unrealistisch; falls Akzeptanz mit funktionierender Technik insbesondere ohne spürbarer Erdbeben steigt, wären mehrere Anlagen im Kanton denkbar; in weiten Gebieten im Kanton muss mit grossen Bohrtiefe $>5\text{ km}$ gerechnet werden → führt zu sehr hohen Bohrkosten und stellt Wirtschaftlichkeit in Frage;

Nutzungsart: Kraftwerk für Strom und Wärme

Erkundung und Kosten: Bevor in der Schweiz ein weiteres Pilotprojekt aufgelegt wird, sollte gewartet werden, wie sich das Projekt Haute-Sorne entwickelt. Dieses sollte erst die Nachweise für die Machbarkeit erbringen. Erst mit den gewonnenen Erkenntnissen sollte eine weitere Anlage geplant werden und kann auch die Versicherungsfrage geklärt werden. Grundsätzlich muss mit Kosten in der groben Grössenordnung von $>100\text{ Mio. CHF}$ für eine Anlage gerechnet werden.