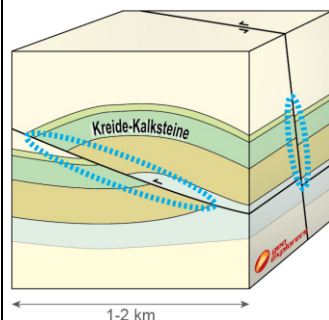


Playtyp:

Geklüftete und z. T. verkarstete Malm- und Kreide-Kalke entlang von Bruch- und Störzonen in den Helvetischen Decken; von Vorteil dort, wo sich steil-stehende Bruchzonen mit Überschiebungen schneiden

Tektonik:

Verfaltete, verschuppte und von steilen Brüchen durchzogene Helvetische Decken

**bevorzugte Projektorte:**

gebirgiger Teil des Kantons, i.W. Seeztal, Wildhaus und Rheintal

**Chancen:**

- Während der Platznahme und Deformation der helvetischen Decken im Oligozän und Miozän wurden die mesozoischen Gesteinsschichten verfault, verschuppt und überschoben. Zudem wurden die Schichten von zahlreichen steilen Brüchen durchschlagen. Entlang von den Stör- und Bruchzonen sind die spröden Gesteine (insbesondere Kreide- und Malm-Kalke) geklüftet und teilweise sekundär verkarstet. Insbesondere in den Kreuzungsbereichen der Bruch- und Störzonen sind in den spröde-reagierenden Gesteinen hohe Durchlässigkeiten und Wasserführung zu erwarten. Wasserzutritte und Spülverluste in Bohrungen und Tunneln zeigen dies.
- Ermittelte max. Durchlässigkeiten in Zentralschweiz von $k_f = 10^{-4}$ bis 10^{-6} m/s und Transmissivitäten bis 7×10^{-4} m²/s (Nagra NTB96-01)
- Angetroffene Erdgas-Vorkommen in Tunneln und EWS, sowie natürliche Entgasungen zeigen, dass Wegsamkeiten im tiefen Untergrund vorhanden sein müssen, entlang dieser das Erdgas nach oben gelangt (vermutet wird die Herkunft im Permokarbon).
- Potentielle Schichten sind z. B.: Öhrli-Kalke, Schrattenkalk-Fm., Quinten-Fm.
- Von Vorteil sind die Bruchzonen durch Karst überprägt.

Risiken:

- Die höchsten Durchlässigkeiten und Wasserführungen werden im Kreuzungsbereich von Kalkgesteinen entlang der Überschiebungen mit steilen Querbrüchen erwartet. Diese lokalen Zonen müssen entsprechend vorweg gut erkundet und punktgenau erbohrt werden.
- Abnehmende Durchlässigkeit mit der Tiefe (unter 400 m u.T. $k_f = <10^{-6}$ m/s, Transmissivität max. $10^{-6} - 10^{-7}$ m²/s, Nagra NTB96-01); in Störzonen sind aber höhere Werte nicht auszuschliessen.
- Die Tiefbohrung Vorarlberg Au-1 hat trotz diversen durchbohrten Stör- und Bruchzonen im Malm der Säntis-Decke nur geringe Durchlässigkeiten und Porositäten angetroffen (Bohrziel war aber Erdgas, siehe Kapitel Bohrungen)
- Erbohrte wasserführende Störzonen im Lötschberg-Basistunnel zeigen, dass die Abstände zwischen solch wasserführenden Zonen bei wenigen 100 m bis wenigen km liegen; je näher an der Oberfläche, desto häufiger werden aber Wasserzutritte angetroffen (Oberflächenprozesse wie rezenter Karst o. Exfoliations- / Entlastungsklüfte begünstigen eine höhere und häufigere Wasserführung)
- Karst generell nur bis ca. 100 – 300 m unterhalb heutigem bzw. ehemaligem Vorfluter-Niveau

Nachweise (Beispiele):

- Tunnelbauten und EWS-Bohrungen zeigen immer wieder starke und ergiebige Wasserzutritte
- Diverse oberflächennahe Quellaustritte aus geklüfteten/verkarsteten Kalken der Helvetischen Decken
- Viele Bruchzonen sind an der Oberfläche kartiert, welche auch in grösseren Tiefen erwartet werden dürfen
- Bohrung Oberriet Felbenmaad mit 970 l/min aus Kluff/Störzone (siehe Kapitel Bohrungen)
- Herkunft der Thermalwässer der Taminaquelle werden in Verbindung mit tief-/weitreichenden Brüchen/Klüften bis in 1000 m Tiefe gebracht
- Lötschberg-Basistunnel mit angebohrten Störzonen mit eingependelten Schüttungsraten von 300-1'000 l/min; dazwischen trockene Strecken in den Kalksteinen der helvetischen Decken
- Einige fundige Bohrungen in ähnlicher Situation im Jura: Bsp. Bad-Schinznach mit 8 l/s, Bad Lostorf bis 100 l/s

Potenzial (pro Brunnen und total im Kanton St. Gallen):

Aquifer-Temperatur:	30 – 40 °C (im Rheintal bis 140 °C)
Förderrate:	5 – 30 l/s
therm. Kälteleistung pro Förderbrunnen:	0.3 – 8 MW _{th} (je nach Tiefe + l/s, realistisch sind untief ca. 0.5-1 MW _{th})
Fündigkeitschancen:	mittel (Kreuzungsbereiche müssen genau lokalisierbar sein)
Reproduzierbarkeit:	gering – mittel (nur in wenigen Tallagen mit Wärmenachfrage umsetzbar)
Anzahl Dubletten ganzer Kanton:	2 – 5
Therm. Kälteleistung total Kanton:	1 – max. 30 MW _{th} (nicht jede Dublette wird die max. Leistung erbringen)
Nutzbare Energie pro Jahr:	3 – max. 90 Mio. kWh/a (0.3 – 9 Mio. Liter Heizöl)

Nutzungsart:

Wärme mit Wärmepumpe für kleine Wärmeverbünde / grössere Überbauungen, Thermalbäder

Erkundungsziele:

- Grundsätzlich Duplizierung der Nutzungen am Jura-Südfuss in ähnlichem geol. Setting
- Definition von Bohrzielen (Abklärung, ob bei untiefen Zielen evtl. lokale 2D-Seismik o. schlanke Abtastbohrungen ausreichen)
- Nachweis von geklüfteten und somit durchlässigen Kalksteinen im Kreuzungsbereich mit Bruchzonen
- Grundlagendaten erheben zu Fließswegen, Infiltration, Geochemie, Alter, ...
- Testen, wie die Ergiebigkeit erhöht werden kann bzw. wie ein möglichst grosses Volumen angeschlossen werden kann (mit Hilfe von angepasster Bohrtechnik, Bohrpfad oder Stimulationsmassnahmen)

Vorgehen für ein Pilotprojekt:

- Kreuzungsbereich Kalksteine mit Bruchzonen mit Reflexionsseismik aufdecken (das Kosten-Nutzen-Verhältnis, ob eine 2D o. 3D Seismik sinnvoll ist, ist je nach Standort/Tiefe zu klären)
- Sondierbohrung (je nach Standort 0.5-1.5 km u. T., im Rheintal bis 4.5 km u. T., evtl. abgelenkt) in Kreuzungsbereich; von Vorteil werden mehrere Zonen angebohrt & getestet
- Pumptests, geochemische Messungen usw.
- Stimulationsmassnahmen (Ansäuern) und Langzeitpumptest
- Bei Erfolg Erstellen zweiten Brunnen der Dublette und Zirkulationstest

Kosten (je nach Lage, Bohrtiefe 0.5-1.5 km u. T., Bohrpfad, Ausbau, Testumfang, Verfügbarkeit Bohrfirmen):

(Tiefe Bohrziele im Rheintal bis 4.5 km u. T.: vergleiche mit autochthonem Mesozoikum)	
Reflexionsseismik (2D / 3D):	0.2-0.4 / 0.7-1.5 Mio. CHF
Sondierbohrung inkl. Pumptest, Stimulation:	2 – 6 Mio. CHF
Zweiter Brunnen inkl. Zirkulationstest:	2 – 6 Mio. CHF

Mit zunehmender Duplizierbarkeit verringern sich wie bei den EWS die Kosten (Standardvorgehen, Konkurrenz).

Dauer (abhängig von Verfügbarkeit & Bohrtiefe, deshalb grosse Bandbreite):

Vorgängige Planung, Bewilligungen:	4 – 10 Monate
Reflexionsseismik inkl. Ausschreibung, Auswertung	4 – 12 Monate
Sondierbohrung inkl. Ausschreibung, Tests, Auswertung	8 – 16 Monate
Ausbau zur Dublette mit Zirkulationstest	8 – 16 Monate