

**BERICHT UND ANTRAG**  
**DER REGIERUNG**  
**AN DEN**  
**LANDTAG DES FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN**  
**BETREFFEND**  
**DIE ABKLÄRUNGEN ZUM NUTZUNGSPOTENZIAL DER**  
**TIEFENGEOTHERMIE IN LIECHTENSTEIN**

<i>Behandlung im Landtag</i>	
	<i>Datum</i>
<b>1. Lesung</b>	
<b>2. Lesung</b>	
<b>Schlussabstimmung</b>	

**Nr. 31/2009**



## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Zusammenfassung .....	5
Zuständiges Ressort .....	6
Betroffene Amtsstellen .....	6
<b>I.   BERICHT DER REGIERUNG .....</b>	<b>7</b>
1.   Ausgangslage .....	7
1.1   Massnahmenplan Luft.....	7
1.2   Geothermie .....	8
1.2.1   Grundlagen.....	8
1.2.2   Tiefengeothermie.....	8
1.3   Aktivitäten in der näheren und weiteren Umgebung.....	10
1.3.1   Projekte .....	10
1.3.2   Informations- und Datenaustausch .....	11
2.   Begründung der Vorlage.....	12
3.   Bisherige Untersuchungen .....	13
3.1   Fragestellung .....	13
3.2   Vorstudie .....	14
3.2.1   Aufgabenstellung .....	14
3.2.2   Ergebnis.....	15
3.2.3   Empfehlung und weiteres Vorgehen .....	16
3.3   Gravimetrie und Magnetik.....	16
3.4   Seismik.....	17
3.4.1   Grundlagen.....	17
3.4.2   Planung und Sensitivitätsbetrachtungen .....	17
3.4.3   Ergebnis Seismik-Planung .....	18
3.4.4   Ergebnis Sensitivitätsbetrachtungen .....	19
3.4.5   Empfehlung – seismische Probemessung.....	20
4.   Fazit und weiteres Vorgehen betreffend die seismischen Untersuchungen .....	20
4.1   Fazit .....	20
4.2   Kosten der Seismikuntersuchungen.....	21
5.   Ausblick.....	22

6.	Finanzielle Auswirkungen .....	24
<b>II.</b>	<b>ANTRAG DER REGIERUNG.....</b>	<b>25</b>

**Beilagen:**

- Vorstudie, Juni 2008
- Beispiele Öffentlichkeitsarbeit für seismische Untersuchungen in Bayern:
  - Information für betroffene Anlieger
  - Seismische Erkundung am Westufer des Ammersees

## **ZUSAMMENFASSUNG**

*Die Tiefengeothermie bietet für Liechtenstein eine wohl einmalige Möglichkeit zur Nutzung einer erneuerbaren, CO<sub>2</sub>-freien und einheimischen Energiequelle in grösserem Umfang. Den notwendigen Abklärungen kommt in umwelt-, klima-, energie- und wirtschaftspolitischer Hinsicht somit eine massgebende strategische Bedeutung zu. Gemäss dem von der Regierung des Fürstentums Liechtenstein im September 2007 erlassenen Massnahmenplan Luft ist das Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein mit hoher Priorität abzuklären.*

*Das Thema Tiefengeothermie sowie die bisher durchgeführten Abklärungen sind derart umfassend, dass es die Regierung als zweckmässig erachtet, dem Landtag im Sinne eines Zwischenberichtes über die bisherigen Untersuchungen zu berichten. Da für das weitere Vorgehen in naher Zukunft bedeutende finanzielle Entscheide zu treffen sind, ist diese Information auch für die Finanzplanung wichtig.*

*Die Regierung hat in einem ersten Schritt eine umfassende Datenrecherche in Auftrag gegeben. Diese Vorstudie hat ergeben, dass die geologischen Voraussetzungen für eine Tiefengeothermienutzung in Liechtenstein grundsätzlich als günstig bewertet werden können. Insbesondere besteht Grund zur Annahme, dass sich in etwa 3 bis 4 km Tiefe mehrere Gesteinsschichten befinden, welche eine geothermische Nutzung ermöglichen könnten. Die Erkenntnisse aus der Vorstudie stellen jedoch noch keine ausreichende Basis für die Bestimmung des geothermischen Potenzials sowie für die Planung einer geothermischen Bohrung dar.*

*Um den Kenntnisstand über den tiefen Untergrund zu verbessern, werden als Fazit der Vorstudie in einem schrittweisen Vorgehen gezielte geophysikalische Untersuchungen empfohlen, um die Lage und Tiefe der vermuteten Gesteinsschichten zu identifizieren und zu charakterisieren. Erste gravimetrische und magnetische Messungen haben gezeigt, dass die bisherigen Annahmen aus der Vorstudie grundsätzlich gestützt werden. Die strukturellen Details des tiefen Untergrundes können jedoch nur mit einer Reflexionsseismik bestimmt werden. Bei der Seismik handelt es sich um eine im Vergleich zur Gravimetrie und Magnetik bedeutend präzisere und somit aussagekräftigere, aber entsprechend aufwändigere Untersuchungsmethode. Eine detaillierte Planung und Sensitivitätsbetrachtung ist für den Erfolg einer seismischen Messkampagne somit von zentraler Bedeutung.*

*Die bisherigen vorbereitenden Arbeiten zur Seismikplanung haben ergeben, dass sich im weiten Talgebiet nördlich von Vaduz bis Ruggell eine 3D-seismische Messung realisieren liesse. Im Süden hingegen ist aufgrund der engen topographischen Gegebenheiten und geologischen Randbedingungen keine 3D-seismische Messung möglich. Hier müsste eine 2D-seismische Messung durchgeführt werden.*

*Vor dem Hintergrund der aktuellen geologischen Modellvorstellungen sowie der Nutzungsmöglichkeiten bezüglich der Wärme an der Oberfläche sind neben einer Untersuchung des gesamten Talgebietes auch Teilvarianten denkbar. Alle Varianten haben Vor- und Nachteile betreffend Kosten, Nutzen und Risiko. Es bedarf daher einer eingehenden Variantenanalyse.*

*Die Planungsarbeiten haben aber auch gezeigt, dass verschiedene Modelleingangsgrößen für die Bestimmung der Messanordnung mit Unsicherheiten behaftet sind. Dies kann zur Folge haben, dass die Messdaten, die im Rahmen der seismischen Messkampagne aufgenommen werden, nicht die gewünschten detaillierten Rückschlüsse auf die Zielhorizonte in rund 3 bis 4 km Tiefe erlauben.*

*Zur Bestimmung der fehlenden Eingangsgrößen wird deshalb die Durchführung einer Probemessung empfohlen. Auf dieser Basis ist anschliessend eine fachlich abgestützte Entscheidung zum weiteren Vorgehen möglich. Je nachdem wie sich der Landtag zu den bisherigen Abklärungen und zu den weiteren Schritten äussert, wird die Regierung die entsprechenden Kreditvorlagen einbringen.*

#### **ZUSTÄNDIGES RESSORT**

Ressort Umwelt, Raum, Land- und Waldwirtschaft

Ressort Wirtschaft

#### **BETROFFENE AMTSSTELLEN**

- Amt für Umweltschutz
- Amt für Volkswirtschaft
- Tiefbauamt

Vaduz, 26. Mai 2009

P

Sehr geehrter Herr Landtagspräsident,  
Sehr geehrte Frauen und Herren Abgeordnete

Die Regierung gestattet sich, dem Hohen Landtag nachstehenden Bericht und Antrag betreffend die Abklärungen zum Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein an den Landtag zu unterbreiten.

## I. **BERICHT DER REGIERUNG**

### 1. **AUSGANGSLAGE**

#### 1.1 **Massnahmenplan Luft**

Der Landtag hat in seiner Sitzung vom 25. Oktober 2007 den von der Regierung beschlossenen Massnahmenplan Luft zur Kenntnis genommen (Bericht und Antrag Nr. 103/2007). Der Massnahmenplan Luft ist ein Plan mit Strategien und Massnahmen zur fortlaufenden Verminderung oder Beseitigung von Emissionen, den die Regierung gemäss Art. 66 des Umweltschutzgesetzes zu erstellen hat. Der aktuell vorliegende Massnahmenplan Luft enthält 36 Massnahmen.

Die Massnahme 8 lautet „Tiefengeothermie – Abklärungen zum Nutzungspotenzial“ und hat folgenden Inhalt: Es ist abzuklären, ob und in welchem Mass die

Nutzung der Tiefengeothermie in Liechtenstein aufgrund der geologischen Bedingungen möglich ist und welche Realisierungsmöglichkeiten bestehen. Als Vorgehensschritte werden das Durchführen einer Standort- und Potenzialanalyse sowie die Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie vorgeschlagen.

## **1.2 Geothermie**

### **1.2.1 Grundlagen**

Unter Geothermie, auch Erdwärme genannt, versteht man die unterhalb der Oberfläche der festen Erde gespeicherte Wärme. Die Wärme stammt aus dem Zerfall natürlicher Radioisotope im Gestein der Erdkruste sowie aus dem Wärmeaustausch mit dem tieferen Erdinneren. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Temperatur zu. Die Geothermie bietet eine nachhaltige, von Klima, Tages- und Jahreszeit unabhängige Energiequelle für Heiz- und Kühlzwecke. Bei Temperaturen ab 100°C lässt sich mit dem heutigen Stand der Technik auch Strom produzieren. Die folgende Abbildung zeigt die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie in Abhängigkeit der Tiefe und somit der Temperatur.

Bekannt sind in Liechtenstein die Grundwasserwärmenutzung sowie die Erdwärmenutzung über Erdsonden. Diese beiden Nutzungsarten werden zur oberflächennahen Geothermie, bzw. zur Niedrigtemperatur-Nutzung gezählt und dienen zur Beheizung oder auch Kühlung eines Gebäudes.

### **1.2.2 Tiefengeothermie**

Bei der Tiefengeothermie werden im Wesentlichen zwei Formen unterschieden: die Nutzung von heissem Wasser aus tiefen Gesteinsschichten, auch Aquifere genannt (Hydrothermale Geothermie) sowie die Nutzung des heißen trockenen zerklüfteten Gesteins (Petrothermale Geothermie). Ab ca. 100°C spricht man von

der Hochtemperatur-Nutzung, welche auch eine Stromproduktion ermöglicht. In der Regel werden zwei Bohrungen abgeteuft, wobei eine zur Förderung des heissen Wassers, die andere zur Rückgabe des Wassers in den Untergrund dient.

Für die hydrothermale Geothermie müssen spezifische geologische Voraussetzungen erfüllt sein, d.h. es müssen Gesteinsschichten oder Störungen, welche heisses Wasser führen, vorhanden sein. Hingegen ist die Nutzung des heissen Gesteins im Rahmen der petrothermalen Geothermie theoretisch überall möglich, da in grossen Tiefen die für eine Stromproduktion notwendigen Temperaturen grundsätzlich vorhanden sind. Die Erschliessung der Geothermie aus dem trockenen Gestein befindet sich noch im Forschungsstadium. Eine erste Anlage, welche im Rahmen eines langjährigen EU-Forschungsprojektes in Soultz-sous-Forêts in Frankreich realisiert wurde, ist vor kurzem ans Netz gegangen. Das erste kommerzielle Projekt, das Deep-Heat-Mining Projekt in Basel, wurde nach mehreren Erdstössen, die im Zusammenhang mit der hydraulischen Aufpressung des Gesteins aufgetreten sind, Ende 2006 sistiert, bis weitere Abklärungen vorliegen.

Im Gegensatz zur petrothermalen Geothermie handelt es sich bei der hydrothermalen Geothermie, d.h. bei der Nutzung von heissem Wasser aus tiefen Gesteinsschichten um eine Technik, welche seit vielen Jahren weltweit in zahlreichen Projekten genutzt wird. Während die ersten Anlagen primär der Wärmeversorgung über ein Fernwärmenetz dienen, liegt der Fokus heute vor allem auf einem höheren Temperaturniveau, d.h. grösseren Tiefen, was neben der Wärmenutzung auch die Möglichkeit der Stromproduktion bietet. Verschiedene solcher Strom produzierenden Anlagen sind in den letzten Jahren in Betrieb gegangen, die meisten davon befinden sich in Deutschland.

Erschütterungen, wie sie beim Projekt in Basel anlässlich der Einpressung von Wasser in das Bohrloch stattgefunden haben, werden bei der hydrothermalen

Geothermie gemäss Fachleuten als sehr unwahrscheinlich bezeichnet. Der Grund liegt darin, dass ein bestehender Aquifer, d.h. eine wasserführende Gesteinschicht, angebohrt wird und somit keine hydraulische Aufpressung des Gesteins notwendig ist wie bei der petrothermalen Geothermie. Hydrothermale Anlagen in Riehen bei Basel oder in der Umgebung von Paris funktionieren seit mehr als 15 bzw. 25 Jahren einwandfrei.

### **1.3 Aktivitäten in der näheren und weiteren Umgebung**

#### **1.3.1 Projekte**

In den letzten Jahren wurden verschiedene Geothermiekraftwerke für Strom- und Wärmeproduktion, insbesondere in Deutschland, realisiert. Der Grund liegt einerseits in den günstigen geologischen Voraussetzungen im süddeutschen Alpenvorland, in Norddeutschland oder im Oberrheingraben, aber auch in klima- und energiepolitischen Vorgaben und Rahmenbedingungen. Das erste grössere Geothermiekraftwerk hat 2007 in Landau (Rheinland-Pfalz) den Betrieb aufgenommen. Diese Anlage nutzt gemäss Betreiberangaben 150°C heisses Wasser aus einer Tiefe von 3'300 m zur Stromproduktion (rund 6'000 Haushalte) und Wärmeversorgung (300 Haushalte zu Beginn, Ausbau auf 1000 Haushalte). Eine weitere Anlage ähnlicher Grössenordnung ist seit 2008 in Unterhaching (Bayern) in Betrieb. Zahlreiche weitere Projekte befinden sich in der Planungs- und Realisierungsphase. So z.B. das Projekt in Sauerlach (Bayern), wo aktuell gebohrt wird und wo im Vergleich zu den Projekten in Landau und Unterhaching eine mehr als doppelt so hohe Stromproduktion angestrebt wird. Die Kosten für das Projekt in Unterhaching werden mit rund 41 Mio. Euro angegeben. Bei diesen Zahlen ist die Fernwärmeinfrastruktur nicht eingerechnet, sondern nur die Erstellung der Bohrungen und des Kraftwerks. Die Gesamtaufwendungen für das Projekt in Landau werden mit ca. 20 Mio. Euro angegeben, wobei aus den verfügbaren Unterlagen

nicht ersichtlich ist, welche Vorleistungen und /oder nachgeschalteten Infrastrukturbauten mit einberechnet wurden.

In der Schweiz befinden sich verschiedene Vorhaben in unterschiedlichen Projektphasen. So finden beispielsweise Potenzialabklärungen in den Kantonen Thurgau, Schaffhausen, Waadt und Genf statt. In den Städten Zürich und St. Gallen liegen bereits Machbarkeitsstudien vor. In der Stadt St. Gallen werden ab Dezember 2009 seismische Messungen durchgeführt. Die Vorlage für die Seismikmessung, in der Grössenordnung von 10 Mio. Franken, soll im September 2009 im Stadtparlament behandelt werden. Nach umfassenden Vorabklärungen und einer transparenten Informationspolitik ist eine Volksabstimmung für das Jahr 2010 geplant. Dabei geht es um für ein Erdwärmekraftwerk mit zwei Bohrungen und den Ausbau der Fernwärme St. Gallen mit zusätzlichen Wärmezentralen mit einem Rahmenkredit in der Grössenordnung von 150 Mio. Franken.

In Zürich soll im Herbst 2009 mit der ersten Bohrung begonnen werden. Ziel ist die Erschliessung von 100°C heissem Wasser in rund 3000 m Tiefe. Damit soll die künftige Überbauung Sonnengarten unterhalb des Triemli-Spitals geheizt werden.

### 1.3.2 Informations- und Datenaustausch

Im Dezember 2008 fand auf Initiative des Bundesamtes für Energie (BFE) ein sogenannter Runder Tisch statt, an welchem die verschiedenen Projekte gegenseitig vorgestellt wurden. Liechtenstein war ebenfalls vertreten. Dieser Erfahrungsaustausch soll in diesem Jahr weitergeführt werden. Die Aktualität der Tiefengeothermie unterstreichen auch diverse Tagungen, welche sich mit diesem Thema befassen, so z.B. die Klimaschutztagung der Internationalen Bodenseekonferenz im September 2009, die Tiefengeothermie-Tagung der Stadt St. Gallen im Herbst 2009 sowie zahlreiche weitere Veranstaltungen, v.a. in Deutschland.

Auf lokaler Ebene fanden auf Initiative Liechtensteins bereits diverse Besprechungen mit Behördenvertretern der Nachbarkantone St. Gallen und Graubünden, der Stadt St. Gallen sowie Vertretern aus Vorarlberg statt. Ziel dieser Sitzungen war und ist es, über die laufenden Aktivitäten zu berichten und den Daten- und Informationsaustausch zu gewährleisten. Auch auf politischer Ebene wurden anlässlich verschiedener Gelegenheiten die Vorsteher der liechtensteinischen Gemeinden und der Region Werdenberg/Sarganserland über die Aktivitäten in Liechtenstein informiert. Des Weiteren wurden die Projektaktivitäten verschiedenen Institutionen wie den LKW, der LGV, Solargenossenschaft, Hochschule Liechtenstein, Energiekommission, NTB Buchs etc. vorgestellt.

Die enge und gute Zusammenarbeit mit all diesen Gremien und den Nachbargebieten war und ist eine zentrale Voraussetzung für den gegenseitigen Daten- und Informationsaustausch, ohne den die bisherigen Abklärungen nicht möglich gewesen wären.

## **2. BEGRÜNDUNG DER VORLAGE**

Das Thema Tiefengeothermie sowie die bisher durchgeführten Abklärungen sind derart umfassend, dass es die Regierung als zweckmässig erachtet, dem Landtag im Sinne eines Zwischenberichtes über die bisherigen Untersuchungen zu berichten. Da für das weitere Vorgehen in naher Zukunft bedeutende finanzielle Entscheide zu treffen sind, ist diese Information auch für die Finanzplanung wichtig.

Die Regierung ist aufgrund der bisherigen Abklärungen zur Ansicht gelangt, dass die Tiefengeothermie für Liechtenstein eine wohl einmalige Möglichkeit zur Nutzung einer erneuerbaren, CO<sub>2</sub>-freien und einheimischen Energiequelle in grösserem Umfang bietet. Den notwendigen Abklärungen kommt deshalb in umwelt- und klimapolitischer Hinsicht eine massgebende Bedeutung zu. So kann damit

ein massgebender Beitrag zu den Reduktionsverpflichtungen gemäss dem Kyoto-Protokoll mit Massnahmen im Inland erreicht werden unter gleichzeitiger Erbringung eines lufthygienischen Zusatznutzens. Die Regierung stuft die Nutzung der Tiefengeothermie aber auch deshalb als strategisch wichtig ein, da damit ein bedeutender Beitrag zur energiepolitischen Eigenständigkeit, zur Verminderung von Energieimporten, damit zur Sicherung einer wirtschaftlichen Grundvoraussetzung und zu einer bedeutenden Wertschöpfung im Inland geleistet werden kann. Dagegen stehen die notwendigen hohen finanziellen Mittel allein schon für die vertieften Vorabklärungen sowie Unsicherheiten hinsichtlich der Umsetzungsmöglichkeiten. Bei aller angewendeten Sorgfalt bei Planung und Durchführung der einzelnen Projektschritte kann keine absolute Garantie dafür gegeben werden, dass das Fernziel der Realisierung eines Geothermiekraftwerkes erreicht werden kann.

Mit diesem Bericht und Antrag soll somit auch eine erste grundsätzliche Diskussion und Standortbestimmung im Landtag über den gesamtpolitischen Stellenwert des Projektes für die Umwelt-, Klima-, Energie- und Wirtschaftspolitik Liechtensteins ermöglicht werden.

### **3. BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN**

#### **3.1 Fragestellung**

Im Zusammenhang mit den umwelt-, klima-, energie- und wirtschaftlichen Zielsetzungen soll untersucht werden, ob die geologischen Voraussetzungen für eine hydrothermale Geothermienutzung zur Stromproduktion mit kombinierter Wärmeversorgung in Liechtenstein gegeben sind.

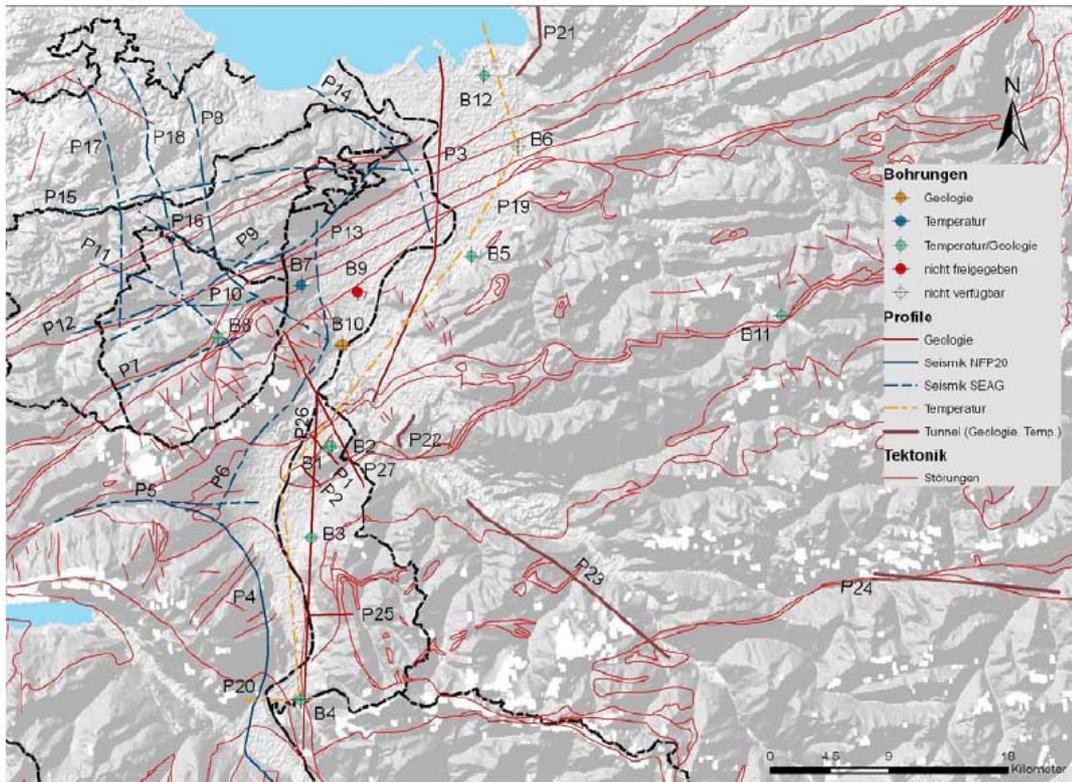
## 3.2 Vorstudie

### 3.2.1 Aufgabenstellung

In einem ersten Schritt wurde im Rahmen einer Vorstudie Anfang 2008 eine umfangreiche Datenrecherche durchgeführt. Folgenden Aufgabenstellungen wurde nachgegangen:

- Zusammentragen und Bewerten verstreut vorliegender, für die Fragestellung relevante Daten wie Bohrungen, seismische Profile, Tunneldaten, geologische Interpretationen aus Liechtenstein sowie den Nachbargebieten St. Gallen, Graubünden und Vorarlberg.
- Aussage über die geologischen Voraussetzungen: „go“ oder „no go“
- Empfehlungen betreffend das weitere Vorgehen.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die verschiedenen Datensätze, die im Rahmen der Vorstudie aufgenommen wurden.



### 3.2.2 Ergebnis

Die Vorstudie hat ergeben, dass die geologischen Voraussetzungen für eine Tiefengeothermienutzung in Liechtenstein grundsätzlich als günstig bewertet werden können. Insbesondere besteht Grund zur Annahme, dass sich in etwa 3 bis 4 km Tiefe mehrere Gesteinsschichten befinden, welche sich für die geothermische Nutzung eignen könnten (Beilage: Vorstudie Juni 2008).

Die vorhandene Datenlage stellt jedoch noch keine ausreichende Basis für die Bestimmung des geothermischen Potenzials sowie für die Planung einer geothermischen Bohrung dar. Aufgrund der Tatsache, dass rund Dreiviertel der gesamten Investitionskosten eines Geothermiekraftwerkes auf die Bohrung und die Explorationsarbeiten entfallen, ist es auch aus Sicht der Planungssicherheit von zentraler Bedeutung, durch ein schrittweises Vorgehen den Kenntnisstand über den tiefen Untergrund soweit zu optimieren, dass das kostenintensive Bohrrisiko

minimiert werden kann. Auf dem Weg zu einer erfolgreichen Bohrung müssen somit vorgängig diverse Fragestellungen abgeklärt werden.

### 3.2.3 Empfehlung und weiteres Vorgehen

Um den Kenntnisstand über den tiefen Untergrund zu verbessern, werden als Fazit der Vorstudie gezielte geophysikalische Untersuchungen empfohlen. Damit sollen die Lage und Tiefe der vermuteten Gesteinsschichten identifiziert und charakterisiert werden. Hierzu stehen Methoden wie die Gravimetrie, Magnetik, Seismik und Magnetotellurik zur Verfügung. Bezüglich der geophysikalischen Untersuchungen wurde aufgrund fachlicher und finanzieller Erwägungen ein mehrstufiges Vorgehen gewählt, sowohl bezüglich der Methoden wie auch der Arbeitsschritte innerhalb der jeweiligen Methode. So wurden in einem ersten Schritt jeweils eine detaillierte Planung und Sensitivitätsbetrachtung durchgeführt, um zu prüfen, ob die Messmethode auf Basis der vorgegebenen Randbedingungen und Eingangsgrößen brauchbare Ergebnisse liefern kann. Darauf basierend soll dann entschieden werden, ob die Untersuchungen im Feld durchgeführt werden sollen oder nicht.

## **3.3 Gravimetrie und Magnetik**

Nach eingehenden Voruntersuchungen hat sich gezeigt, dass sich die Gravimetrie- und Magnetikmessmethode in einem ersten Schritt zur Charakterisierung der Lage einzelner Gesteinsschichten eignet und sich auf Basis dieser Resultate weitere Untersuchungen, wie z.B. die Durchführung komplexer seismischer Messungen, planen lassen.

Die Messungen wurden zwischen Mitte Oktober und Mitte November 2008 durchgeführt. Die Auswertungen zeigen, dass die bisherigen Annahmen aus der Vorstudie durch die Messungen grundsätzlich gestützt werden. Die gemessenen

Signale lassen eine zuverlässige Berechnung der Tiefe des Felstrogens in der Talebene zu und stehen nicht im Widerspruch zum bestehenden geologischen Modell der darunter liegenden Felsformationen.

### **3.4 Seismik**

#### **3.4.1 Grundlagen**

Die strukturellen Details des tiefen Untergrundes, welche für eine Aussage bezüglich der Tiefengeothermienutzung notwendig sind, können jedoch nur mit einer Seismik, im Speziellen mit einer 3-dimensionalen Reflexionsseismik bestimmt werden. Die Seismik nutzt künstlich an der Erdoberfläche ausgelöste seismische Wellen. Diese durchlaufen den Untergrund mit einer vom Material abhängigen Geschwindigkeit, werden an Grenzflächen reflektiert und gelangen schliesslich wieder zur Erdoberfläche zurück. Dort werden sie mit Geophonen aufgezeichnet und erlauben Rückschlüsse auf den Gesteinsaufbau des Untergrundes. Folgende Abbildung zeigt die prinzipielle Funktionsweise der Reflexionsseismik. Die Durchführung erfolgt mit Spezialfahrzeugen, welche auch von der Öffentlichkeit wahrgenommen werden. In diesem Zusammenhang ist eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit erfahrungsgemäss sehr wichtig und auch erwünscht. In der Beilage finden sich entsprechende Beispiele von Informationsbroschüren, welche anlässlich einer Messkampagne in Bayern erstellt wurden.

#### **3.4.2 Planung und Sensitivitätsbetrachtungen**

Bei der Seismik handelt es sich um eine im Vergleich zur Gravimetrie und Magnetik bedeutend präzisere und somit aussagekräftigere Untersuchung. Der Aufwand einer Seismikuntersuchung ist dementsprechend umfangreicher, die Kosten bedeutend höher. Eine detaillierte Planung und Sensitivitätsbetrachtung ist für den Erfolg einer seismischen Messkampagne somit von zentraler Bedeutung.

Im Rahmen der Seismik-Planung und Sensitivitätsbetrachtungen waren folgende Aufgabenstellungen zu klären:

- Modellberechnungen zur Bestimmung des Messgebietes und der Messmethode (2D oder 3D-Seismik)
- Erarbeitung der technischen Messanordnung (Linienführung, Abstand der Energieanregungs- und Empfangspunkte, Anregungsdauer, Frequenz, etc.)
- Vorstellung der Ergebnisse und kritische Betrachtung der Messanordnung im Rahmen eines Expertenworkshops.

Anfang Februar 2009 fand eine Feldbegehung mit Fachleuten statt. Dabei wurde insbesondere in Bezug auf eine seismische Messkampagne festgestellt, dass die komplexe Geologie sowie die Topographie mit der engen Talebene und den steilen Talflanken eine ausserordentliche Herausforderung an die Planung und Durchführung darstellt.

### 3.4.3 Ergebnis Seismik-Planung

Als Ergebnis der Seismikplanung wurde vorgeschlagen, im weiten Talgebiet nördlich von Vaduz bis Ruggell eine 3D-seismische Messung durchzuführen. Im Süden hingegen ist aufgrund der engen topographischen Gegebenheiten und geologischen Randbedingungen keine 3D-seismische Messung möglich. Hier soll deshalb eine 2D-seismische Messung durchgeführt werden. Während eine 3D-Seismik flächendeckend durchgeführt wird und somit eine lückenlose, dreidimensionale Abbildung der Gesteinsschichten im Untergrund erlaubt, liefert eine 2D-Seismik einzelne Profilabbildungen derselben. Die Lücken zwischen den Profilen müssen mittels geologischer Interpretation mit entsprechender Unsicherheit überbrückt werden. Durch eine möglichst dichte Anordnung der Profilmessungen kann diese Unsicherheit minimiert werden. Aus Sicht der im Projekt zugezogenen Fachexperten handelt es sich bei diesem Vorschlag

grundsätzlich um die optimalste Lösung zur Erkundung der vermuteten Strukturen im tiefen Untergrund des liechtensteinischen Talgebietes.

Vor dem Hintergrund der aktuellen geologischen Modellvorstellungen sowie der Nutzungsmöglichkeiten bezüglich der Wärme an der Oberfläche sind neben einer Untersuchung des gesamten Talgebietes auch Teilvarianten denkbar, wie z.B. die Beschränkung auf eine 2D-Seismik im Süden, eine 2D-Seismik im Norden und Süden oder ein Verzicht auf die Erkundung des Gebietes nordwestlich des Eschnerberges. Alle Varianten haben Vor- und Nachteile betreffend Kosten, Nutzen und Risiko. Es bedarf daher einer eingehenden Variantenanalyse.

#### 3.4.4 Ergebnis Sensitivitätsbetrachtungen

Die Modellberechnungen für die Seismik-Planung beruhen auf Eingangsgrößen (seismische Geschwindigkeiten, Anregungsdauer etc.), die aus alten Schweizer Seismik-Daten aus dem Jahre 1975 stammen, welche extra für die liechtensteinische Seismik-Planung reprozessiert wurden. Bei der Reprozessierung dieser Daten hat sich gezeigt, dass die Datenqualität und die Informationen zu verschiedenen Messparametern nicht optimal sind. Somit können die gewünschten Eingangsgrößen für die Seismik-Planung nur in begrenzter Qualität aus den Messdaten eruiert werden. Die Datenlage für die Planung einer umfangreichen seismischen Messkampagne wird von den Fachleuten insgesamt als eher schlecht bewertet, da im eigentlichen Untersuchungsgebiet, gegenüber anderen Gebieten, bisher keine seismischen Messungen durchgeführt wurden und auch auf keine Tiefbohrungen zurückgegriffen werden kann. Diese Unsicherheiten bezüglich der Modelleingangsgrößen können zur Folge haben, dass die Messdaten, die im Rahmen der seismischen Messkampagne aufgenommen werden nicht die gewünschten detaillierten Rückschlüsse auf die Zielhorizonte in rund 3 bis 4 km Tiefe erlauben.

### 3.4.5 Empfehlung – seismische Probemessung

Die komplexe Geologie sowie die messtechnischen Einschränkungen aufgrund der engen topografischen Verhältnisse im Rheintal bilden eine fachliche Herausforderung für die Abbildung des Untergrundes mittels einer Reflexionsseismik. Damit das Risiko einer ungenügenden Messung reduziert werden kann, wird ein etappenweises Vorgehen vorgeschlagen. Dabei soll in einer ersten Etappe eine Testmessung durchgeführt werden. Diese dient dazu, die anvisierten Zielhorizonte zu detektieren und die fehlenden Eingangsgrössen im Hinblick auf eine umfassende seismische Messkampagne zu bestimmen. Eine Probemessung kann gemäss Fachleuten relativ schnell durchgeführt und ausgewertet werden. Ein weiteres Argument, das für eine Probemessung spricht, ist die Möglichkeit, eine solche mit dem Tiefengeothermieprojekt der Stadt St. Gallen zu koordinieren. Die Stadt St. Gallen plant, Ende 2009 / Anfang 2010 eine 3D-seismische Messkampagne durchzuführen. Dadurch entsteht im günstigsten Fall die Gelegenheit, die Messfirma an beiden Standorten einzusetzen, was gewisse Einsparungen bei den Mobilisierungskosten ermöglicht. Die Planung für eine Probemessung liegt in den Grundzügen vor, es sind jedoch noch Detailabklärungen nötig. Die Kosten werden aktuell auf 400'000 bis 700'000 Franken geschätzt. Bei Einsparung der Mobilisierungskosten könnte sich der Betrag für Liechtenstein um 50'000 bis 100'000 Franken reduzieren.

## 4. FAZIT UND WEITERES VORGEHEN BETREFFEND DIE SEISMISCHEN UNTERSUCHUNGEN

### 4.1 **Fazit**

Gemäss der aktuellen Datenlage lassen sich die strukturellen Details des tiefen Untergrundes, welche für eine fundierte Aussage bezüglich dessen Eignung zur

Tiefengeothermienutzung notwendig sind, nur mit einer umfangreichen Reflexionsseismik bestimmen. Im Zusammenhang mit der Festlegung der technischen Messanordnung und der Messmethode sind verschiedene Varianten denkbar. Alle Varianten haben Vor- und Nachteile betreffend Kosten, Nutzen und Risiko. Es bedarf deshalb einer sorgfältigen Variantenanalyse.

Im Vorfeld dieser Variantenanalyse wurde jedoch von den Fachleuten einhellig empfohlen, die aktuell vorhandenen Unsicherheiten bezüglich der Modelleingangsgrößen mit einer seismischen Probemessung zu reduzieren, bzw. auszuräumen. Auf dieser Basis ist anschliessend eine fachlich fundierte Entscheidung zum weiteren Vorgehen, d.h. den Umfang einer umfassenden seismischen Messkampagne, möglich.

#### **4.2 Kosten der Seismikuntersuchungen**

Aus finanzieller Sicht ist für die gesamten Arbeiten rund um eine umfassende seismische Messkampagne je Variante, d.h. je nach technischer Messanordnung und Messmethode (3D oder 2D-Seismik, gesamtes oder eingeschränktes Untersuchungsgebiet) mit Kosten im Bereich von 2 bis 9 Millionen Franken zu rechnen. Genauere Angaben können erst gemacht werden, wenn auf Basis der Probemessung die definitive Variante festgelegt wird und der genaue Untersuchungsumfang bekannt ist. Die einzelnen Arbeitsschritte erstrecken sich über die Jahre 2009, 2010 und allenfalls 2011, wobei der kostenintensivste Arbeitsschritt, die seismische Messkampagne, für das Zeitfenster November/Dezember 2010 vorzusehen wäre. Dieses Zeitfenster wäre bezüglich der zu berücksichtigenden Gegebenheiten optimal (landwirtschaftliche Kulturen, Grundwasserstand, Vorbereitungszeit etc.).

Damit die seismische Messkampagne, bestehend aus verschiedenen ineinandergreifenden Arbeitsschritten effizient geplant und durchgeführt werden kann,

sind gemäss aktuellen Einschätzungen folgende Arbeitsschritte und Budgetmittel notwendig.

<b>Jahr</b>	<b>Arbeitsschritte</b>	<b>Kostenschätzung</b>
2009	Vorbereitung der Probemessung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausschreibung und Auftragsvergabe</li> <li>• Diverse Genehmigungsverfahren in Liechtenstein und allenfalls in den Nachbargebieten</li> <li>• Öffentlichkeitsarbeit und gezielte Information der betroffenen Grundstückseigentümer etc.</li> <li>• Vermessung und Permitting</li> </ul>	Rund CHF 200'000 (im Budget 2009 nicht vorgesehen)
2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probemessung Anfang 2010</li> <li>• Auswertung der Probemessung</li> </ul>	CHF 0.4 bis 0.7 Mio.
2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Meilenstein:</b> Variantenanalyse und Festlegung des weiteren Vorgehens, bzw. des Umfangs der seismischen Messkampagne.</li> <li>• Ausschreibung und Auftragsvergabe</li> <li>• Diverse Genehmigungsverfahren in Liechtenstein und den Nachbargebieten</li> <li>• Öffentlichkeitsarbeit und gezielte Information der betroffenen Grundstückseigentümer etc.</li> <li>• Vermessung und Permitting</li> <li>• Seismische Messkampagne im November bzw. Dezember 2010</li> </ul>	CHF 2 bis 9 Mio.
2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung der Seismik-Messkampagne</li> <li>• Zusammenfassung aller Ergebnisse im Rahmen einer Machbarkeitsstudie</li> </ul>	Rund CHF 500'000 bis 800'000

Wie bereits erwähnt, verdeutlichen diese Zahlen, dass zum jetzigen Zeitpunkt grosse Unsicherheiten bezüglich der effektiven Kosten für eine seismische Messkampagne bestehen.

## 5. AUSBLICK

Die bisherigen Untersuchungen sowie die anstehende seismische Messkampagne dienen dazu die geologischen Voraussetzungen für die Nutzung der Tiefenge-

othermie für eine kombinierte Strom- und Wärmeproduktion abzuklären. Diese Ergebnisse sollen anschliessend in einer Machbarkeitsstudie zusammengefasst werden. Eine solche Machbarkeitsstudie umfasst eine zusammenfassende Analyse der Geophysik sowie der Geologie, der Wirtschaftlichkeit, der möglichen Standorte, der Produktionssysteme, der Risiken, der Energieplanung und Abnehmerstrukturen, der Organisationsstruktur, der Genehmigungsverfahren für eine Explorationsbohrung etc.

Das Fernziel des Projektes ist die Realisierung eines Geothermiekraftwerkes zur kombinierten Strom- und Wärmeproduktion, wie sie bereits an verschiedenen Standorten realisiert wurden, bzw. aktuell realisiert werden. Ein solches Bauprojekt beinhaltet in der Regel zwei Bohrungen – eine so genannte Explorationsbohrung, die bei ausreichender Fündigkeit als Förderbohrung genutzt wird sowie eine zweite Bohrung für die Rückspeisung des Wassers – die Kraftwerksanlage, ein Wärmeverteilnetz sowie eine oder mehrere Ersatzwärmezentralen. Die Kosten für die Explorationsbohrung müssen nach heutigem Kenntnisstand und je nach zu erreichender Bohrtiefe mit 10 bis 14 Mio. Franken veranschlagt werden.

Betreffend die Zuständigkeit für das Projekt wird im Hinblick auf Planung, Realisierung und Betrieb eines Kraftwerkes spätestens im Rahmen der Machbarkeitsstudie eine neue Projekt- und Organisationsstruktur zu erstellen sein. Dabei sind sicher auch die beiden Energiedienstleister LKW und LGV einzubeziehen. Unabhängig von der organisatorischen Abwicklung ist davon auszugehen, dass die Kosten der oben erwähnten Explorationsbohrung direkt oder indirekt wohl von der öffentlichen Hand zu tragen sind.

## 6. FINANZIELLE AUSWIRKUNGEN

Für die bisherigen Abklärungen, Messungen und Auswertungen wurden rund 250'000 Franken aufgewendet. Wie aus den Ausführungen in diesem Bericht und Antrag hervorgeht, befindet sich das Projekt aktuell in einer Phase, in welcher die Weichen für grosse finanzielle Engagements gestellt werden. Im nächsten Schritt fallen für die Probemessung Kosten in der Höhe von 400'000 bis 700'000 Franken an. Für die vollständigen Seismikuntersuchungen und deren Auswertungen sowie davon abgeleitet die Erstellung einer ersten Machbarkeitstudie muss bis zum Jahre 2011 mit Kosten zwischen 2 bis 9 Mio. Franken gerechnet werden. Anschliessend sind die Kosten für die Explorationsbohrung in Höhe von 10 bis 14 Mio. Franken einzuplanen. Ist die Realisierung eines Geothermiekraftwerkes mit Auf- bzw. Ausbau einer Fernwärmeinfrastruktur möglich, ist in den folgenden Jahren mit weiteren Kosten in der Grössenordnung von 100 Mio. Franken zu rechnen. Je nach Organisationsform und beteiligten Partnern können diese Kosten jedoch aufgeteilt werden. Zu den massgebenden Einflussgrössen betreffend die Kosten gehören die Bohrtiefe, Bohrdauer, Verfügbarkeit von Bohrfirmen, Energieproduktionsanlage sowie die Fernwärmeversorgung.

Gemäss den Ausführungen in diesem Bericht und Antrag erscheint es der Regierung notwendig, zum jetzigen Zeitpunkt eine erste Grundsatzdiskussion über die Nutzung der Tiefengeothermie und die damit zusammenhängenden finanziellen Auswirkungen zu führen. Je nach Ergebnis wird die Regierung das Projekt weiterverfolgen und zu gegebener Zeit mit einem Nachtragskredit für das Jahr 2009, entsprechenden Positionen in den kommenden Budgets und bei Vorliegen genügender Aussagesicherheit allenfalls mit einem Verpflichtungskredit an den Landtag herantreten.

**II. ANTRAG DER REGIERUNG**

Aufgrund der vorstehenden Ausführungen unterbreitet die Regierung dem Landtag den

**Antrag,**

der Hohe Landtag wolle diesen Bericht und Antrag zur Kenntnis nehmen.

Genehmigen Sie, sehr geehrter Herr Landtagspräsident, sehr geehrte Frauen und Herren Abgeordnete, den Ausdruck der vorzüglichen Hochachtung.

**REGIERUNG DES  
FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN**

# Tiefengeothermie im Fürstentum Liechtenstein: Vorstudie

## Datenkompilation

Juni 2008



S W I S S  
G E O T H E R M A L  
E X P E R T  
G R O U P

GEOWATT AG  
Dohlenweg 28  
CH-8050 Zürich

Tel +41 (0)44 242 14 54  
Fax +41 (0)44 242 14 58  
info@geowatt.ch  
www.geowatt.ch

**Kontakt:**

Prof. Dr. Thomas Kohl  
Florian Sonnenfroh

GEOWATT AG  
Dohlenweg 28  
8050 Zürich

Tel: +41 44 242 14 54  
Fax: +41 44 242 14 58

<http://www.geowatt.com>

Berichtsdatum: 19. Juni 2008

Vorstudie wurde erstellt mit Unterstützung von:

Dr. Riccardo Bernasconi  
Beratender Geologe und Hydrogeologe

Rheinstrasse 5  
CH - 7320 Sargans

## INHALTVERZEICHNIS

<b>1. Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Zielsetzung</b> .....	<b>2</b>
<b>3. Bestehende Datenlage</b> .....	<b>4</b>
3.1    Untersuchungsgebiet .....	4
3.2    Datensätze .....	7
3.2.1    Tunneldaten .....	7
3.2.2    Seismische Profile .....	7
3.2.3    Historie Seismik- und Explorationsgesuche (Autor: A. Gstöhl) .....	8
3.2.4    Geologische Profile .....	9
3.2.5    Temperaturprofile .....	9
3.2.6    Bohrungen mit Temperaturdaten .....	10
3.2.7    Weitere Bohrungen .....	10
3.3    Erste Interpretation der bestehenden Temperaturdaten .....	11
3.3.1    Tunneldaten .....	12
3.3.2    Bohrungen .....	13
3.4    Zusammenfassung Datenlage .....	14
<b>4. Geothermische Projektentwicklung</b> .....	<b>15</b>
<b>5. Vorschlag zur geothermischen Ressourcenanalyse</b> .....	<b>20</b>
<b>6. Referenzen</b> .....	<b>23</b>
<b>A. Anhang</b> .....	<b>24</b>
A.1    Tunneldaten .....	24
A.1.1    Richtstollen Pfändertunnel (P21) .....	24
A.1.2    Triebwasserstollen Walgaukraftwerk (P23) .....	25
A.1.3    Arlberg Eisenbahntunnel (P24) .....	26
A.2    Bohrungen .....	27
A.2.1    Schellenberg Nr.46 (B1) .....	27
A.2.2    Schellenberg Nr.84 (B2) .....	28
A.2.3    Schaan Nr.86 (B3) .....	29
A.2.4    Stadel/Balzers (B4) .....	30
A.2.5    Hohenems (B5) .....	31
A.2.6    Hölzlisberg (B7) .....	32
A.2.7    Weissbad (B8) .....	33
A.2.8    Au (B11) .....	34
A.2.9    Hard I (B12) .....	35



## 1. ZUSAMMENFASSUNG

Auf dem Gebiet des Fürstentums Liechtenstein ist die Nutzung von geothermischer Energie in unterschiedlichen Tiefen prinzipiell möglich. Im oberflächennahen Bereich bis 400 m Tiefe wird bereits heute Heizenergie aus Geothermie mittels Wärmepumpe genutzt. Aus grösseren Tiefen sind in den Nachbarstaaten Anlagen zur Wärmeproduktion (z.B. zur Einspeisung in Fernwärmenetze) oder zur Stromproduktion in Betrieb oder werden erstellt. Aufgabe einer umfassenden geothermischen Ressourcenanalyse wird es sein, die Möglichkeiten der Geothermienutzung aus Untergrundinformationen und bestehender Infrastruktur im Fürstentum Liechtenstein aufzuzeigen sowie deren Planungs- und Erstellungskosten abzuschätzen. Zur Vorbereitung dieser Ressourcenanalyse wurde ein erster Arbeitspunkt "Datenkompilation" als Vorstudie vorgezogen, um den Verlauf der geplanten Ressourcenanalyse besser planen zu können.

Auf dem Gebiet des Fürstentums Liechtenstein sowie den umliegenden Kantonen und dem Bundesland Vorarlberg liegen geothermisch interessante Daten in vielfältiger Art vor. Insbesondere sind hier Temperaturdaten aus Bohrungen, seismische Profile mit deren geologischer Interpretation und Tunneldaten zu nennen. Die Bohrung Au im Bregenzer Wald ist mit 4297 muT die tiefste im Untersuchungsgebiet. Als Begleitmassnahme wurden ebenfalls bestehende, aber noch nicht genutzte Erdwärmesonden-Bohrungen vermessen. Die Daten zeigen den allgemein erwarteten Trend einer Temperaturzunahme um 30°C/km in grösseren Tiefen. Interessante Tiefenstrukturen wurden in bestehenden geologischen Interpretationen von seismischen Profilen identifiziert. So kann angenommen werden, dass geothermisch hoch-interessante Aquifersysteme im Rheintal mehrfach übereinandergeschoben vorkommen. Das kristalline Grundgebirge wird in über 6 km Tiefe liegen. Die vermuteten, günstigen geothermisch nutzbaren Aquifere liegen in Tiefenlagen, in welchen Bedingungen für reine Wärmenutzung (bis etwa 3 km Tiefe) wie auch für kombinierte Wärme- Stromproduktion (ab etwa 3 km Tiefe) herrschen können. Die geothermischen Systeme würden dabei von sogenannten Dublettenbohrungen erschlossen. Allerdings ist die bestehende Datenlage zu dünn, um geeignete Bohrstandorte bereits jetzt zu identifizieren. Daher wird ein zweigeteiltes Vorgehen empfohlen:

- Bearbeitung einer Ressourcenanalyse, um die "geothermischen Bodenschätze" zu quantifizieren und deren spezifischen Nutzungsmöglichkeiten im Fürstentum Liechtenstein zu untersuchen
- Planung und Durchführung von geophysikalischen Messungen, um die zukünftigen Bohrstandorte besser identifizieren zu können und damit eine bessere Planungssicherheit für die geothermische Exploration zu erhalten

Es lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nach einer ersten Interpretation der bestehenden Datenlage feststellen, dass vielfältige Perspektiven zur Nutzung der Tiefengeothermie im Fürstentum Liechtenstein bestehen. Diese Vorstudie beinhaltet ausserdem auch einen groben Ablauf der zukünftigen Arbeiten mit Kostenfolge für die Erstellung einer Tiefengeothermie-Anlage.

## 2. ZIELSETZUNG

Im Zusammenhang mit der aktuellen Diskussion über den CO<sub>2</sub> Ausstoss sowie des Preisanstiegs kohlenwasserstoffhaltiger Energiequellen erhält die Nutzung der Geothermie einen besonderen Stellenwert im Rahmen des Energiemixes eines Landes, denn sie steht jederzeit, unabhängig von Wind, Wetter und Sonneneinstrahlung zur Verfügung. Gemäss dem von der Regierung des Fürstentums Liechtenstein verabschiedeten und vom Landtag zur Kenntnis genommenen Massnahmenplan Luft ist das Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein mit hoher Priorität abzuklären. So ist zu prüfen, ob und in welchem Mass die Nutzung der Tiefengeothermie in Liechtenstein aufgrund der geologischen Bedingungen möglich ist und was für Realisierungsmöglichkeiten denkbar sind. Die Tiefengeothermie bietet für Liechtenstein eine wohl einmalige Möglichkeit zur Nutzung einer erneuerbaren, CO<sub>2</sub>-neutralen und einheimischen Energiequelle in grösserem Umfang. Den notwendigen Abklärungen kommt in umwelt-, klima- und energiepolitischer Hinsicht somit eine massgebende strategische Bedeutung zu.

Eine der ersten Zielsetzungen ist es, eine Ressourcenanalyse durchzuführen, welche den Kenntnisstand und die Existenz der bestehenden geothermischen Bodenschätze bewertet und darauf aufbauend mögliche geothermische Nutzungsszenarien beinhaltet. Durch das Massnahmenpaket sollen CO<sub>2</sub>-haltige, fossile Brennstoffe langfristig durch umweltfreundliche regenerative Energien ersetzt werden. Bereits im Vorfeld dieses Massnahmenplans wurde eine Studie über die Möglichkeiten von Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) mit der Erstellung von Fernwärmenetzen im Fürstentum Liechtenstein erstellt [Willi, 2007].

Ansatzpunkt der vorliegenden geothermischen Vorstudie ist es, die verstreut vorliegenden, nur teilweise publizierten Daten aus dem tiefen Untergrund im Rheintal zusammenzufassen, um diese in einer späteren geothermischen Ressourcenevaluation aufarbeiten zu können. Diese Vorstudie wurde durch die GEOWATT AG in Zusammenarbeit mit dem Geologiebüro Bernasconi, Sargans, durchgeführt und konzentriert sich besonders auf die Möglichkeiten der Tiefengeothermie. Diese Vorstudie ist Bestandteil einer allfälligen Hauptstudie.

Eine weitere Zielsetzung dieser Vorstudie ist ebenfalls die Erarbeitung eines Vorschlags zum weiteren Vorgehen. Insbesondere sollten im Falle einer nicht ausreichenden Datenlage Kosten für zusätzlich Datenerhebung abgeschätzt werden.

Geothermische Energie kann grundsätzlich im Gebiet des Fürstentums Liechtenstein auf unterschiedliche Art und Weise sowie aus verschiedenen Temperatur- und Tiefenbereichen gewonnen werden. Eine schematische Darstellung (siehe Fig 1) verdeutlicht diese möglichen Tiefenstufen:

- **Tiefenbereiche bis etwa 400 m:** Niedertemperierte Nutzungen bis etwa 20°C immer in Verbindung mit Wärmepumpen für Heiz- und Kühlzwecke (Kleinanlagen einige kW<sub>th</sub>, Grossanlagen einige 10 kW<sub>th</sub>). Mögliche Nutzung kann durch Grundwassersysteme, Erdwärmesonden, Energiepfähle oder Erdwärmesondenfelder erfolgen. Ideale Voraussetzungen zur Nutzung dieser Systeme im Gebäude sind Nieder-Temperaturheizung, wobei z.B. die thermoaktiven Bauelemente, TABS, eine besonders hohe Effizienz besitzen.
- **Darunter liegende Tiefenbereiche bis über 2500 m Tiefe:** In der Regel direkte Nutzung der thermischen Energie bei Temperaturbereichen bis 100 - 140°C. Möglichkeiten zur Nutzung in Nah- und Fernwärmesystemen oder in lokalen Systemen mit typischen Grössenordnung von 5 MW<sub>th</sub> Wärmeenergie. In den letzten Jahren werden immer häufiger Systeme zur Stromproduktion (ca. 2 MW<sub>e</sub>) gebaut. Häufigste Nutzung durch hydrogeothermische Anlagen, wobei möglichst eine Kaskadennutzung (d.h. Mehrfachnutzung für Heizenergie, balneologische und landwirtschaftliche Zwecke, ...) angestrebt wird. Die unterirdischen Anlagen

bestehen aus Singlet- und Dubletten-Systemen, vereinzelt auch tiefe Erdwärmesonden (reine Wärmenutzung).

- Darunter liegende Tiefenbereiche bis etwa 5000 m:** Hochtemperatur-Nutzungen mit über 150 - 200°C zur Stromerzeugung (ca. 5 MW<sub>e</sub>) und Wärmeproduktion (ca. 10 MW<sub>th</sub>). Mögliche Nutzungs-Systeme sind Enhanced Geothermal System (EGS) Konzepte (darunter fallen auch die Hot-Dry-Rock, HDR, Systeme) mit Injektions- und Förderbohrungen mittels Zirkulation durch einen künstlich erstellten tiefen Wärmetauscher. Vorteil dieser Systeme ist die Möglichkeit sowohl Wärme, als auch Strom zu produzieren.

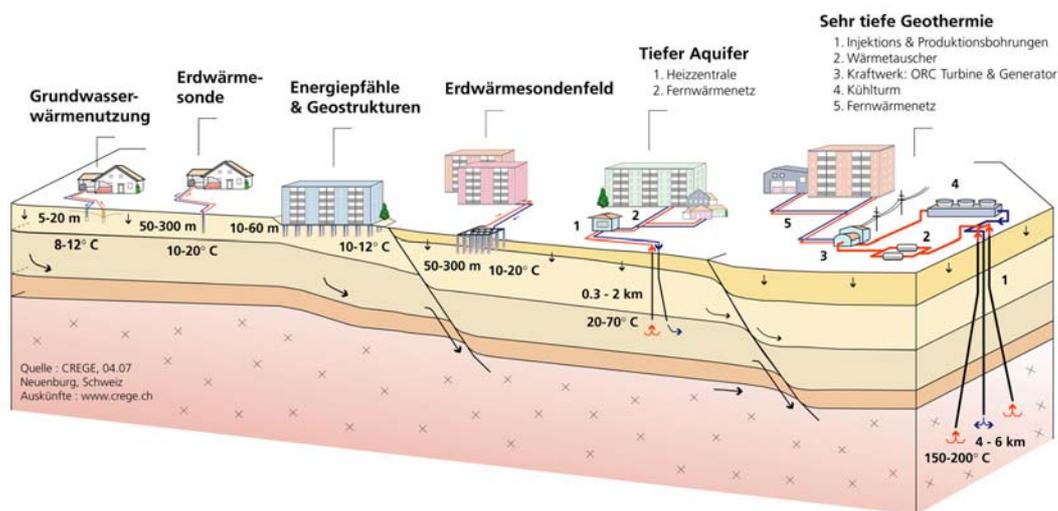


Fig 1: Geothermische Nutzungstypen (Quelle CREGE)

Es gibt bereits eine stetig wachsende Anzahl von Geothermie-Systemen zur Stromproduktion in Europa, hauptsächlich von hydrogeothermische Anlagen mit Bohrtiefen bis etwa 3 km. Besonders in Deutschland ist ein grosses Wachstum feststellbar. Zur Zeit sind mehrere Systeme installiert: Neustadt-Glewe (300 kW, Betrieb 2003-2007), Landau (>3 MW, Inbetriebnahme 2007), Bruchsal (ab 2008), Unterhaching (ab 2008). Weitere Projekte sind aktuell in der Bau- oder Planungsphase. Daneben existiert langjährige Erfahrung in Österreich mit den Systemen Altheim (ca. 500 kW<sub>e</sub> seit 2002) und Bad Blumau (ca. 200 kW<sub>e</sub> seit 2001).

In der Tiefengeothermie wird in Frankreich im 2008 das Europäische EGS Projekt Soultz-sous-Forêts mit zunächst 1.5 MW<sub>e</sub> ans Netz gehen. Hier werden aus 5000 m Tiefe etwa 200°C heisse Wässer gefördert. Es existieren in Europa weitere grosse EGS-Projekte in unterschiedlichen Entwicklungsstadien wie z.B. Deep Heat Mining Basel (z.Zt. sistiert), Gross-Schönebeck (dt. Forschungsbohrung bei Berlin) und Urach (Süddeutschland).

### 3. BESTEHENDE DATENLAGE

#### 3.1 UNTERSUCHUNGSGBIET

Für eine geothermische Erkundung eines Gebietes sind unterschiedliche Daten von grossem Interesse. So ist anzustreben, einen möglichst umfassenden Kenntnisstand durch die Bewertung des Temperaturfelds, der hydraulische Wasserwegsamkeiten und der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes zu erhalten. Aufgrund der Lage des Untersuchungsgebietes wurden in dieser Vorstudie daher folgenden Datensätze erhoben: Bohrungen, Tunnelprofilen, Quellfassungsgebieten, geophysikalischen Erkundungen und geologische Erfassungen/Interpretationen. Dazu wurden die bereits existierenden Daten aus den benachbarten Gebieten im Vorarlberg und den Kantonen St. Gallen und Graubünden hinzugezogen. Das Untersuchungsgebiet "Fürstentum Liechtenstein" ist durch ein starkes morphologisches Relief charakterisiert mit Höhenunterschieden von etwa 2200 m. Für das Gebiet im liechtensteinischen Rheintals, welches für eine Ressourcenbewertung von zentraler Bedeutung sein wird, treten nur relativ geringe Höhenunterschiede auf (Ausnahme Schellenberg 700 m).

Die Daten wurden durch vielfältige Kontakte zu den entsprechenden Behörden gewonnen und kartiert:

- Fürstentum Liechtenstein: Andreas Gstöhl, Amt für Umweltschutz (Vorbereitung NIMO-T Messungen, Tiefbohrung Balzers, SEAG-Daten)
- Fürstentum Liechtenstein: Theoder Banzer, Amt für Umweltschutz (Erdwärmesonden)
- Fürstentum Liechtenstein: Egon Hilbe, Amt für Umweltschutz (Tiefbohrung Balzers, Seismikkampagne Liechtenstein)
- Vorarlberg: Gregor Götzl, Geologische Bundesanstalt Österreich (Geothermiestudie, Tiefbohrungen)
- Kanton St. Gallen: Roger Heinz, Amt für Umwelt und Energie SG, Abt. Energie und Luft; Sektion Gewässernutzung und Grundwasser (Prospektion Geothermie St. Gallen, NFP 20, SEAG-Daten, Tiefbohrung Oberriet)
- Geologie und Hydrogeologiebüro Bernasconi: Riccardo Bernasconi, Kaspar Papritz (Profile Bohrungen Erdsonden, Bohrung KKW Rüthi, Tiefbohrung Balzers, Tiefbohrung Oberriet, Geothermie Sargans).

Bei der Datenrecherche wirkten darüber hinaus unterstützend mit:

- Fürstentum Liechtenstein: Peter Jehle, Tiefbauamt (Höhenmodell)
- Vorarlberg: Christian Vögel, Amt der Vorarlberger Landesregierung (Tiefbohrungen Vorarlberg)
- Vorarlberg: Walter Bauer, Amt der Vorarlberger Landesregierung (Tiefbohrungen Vorarlberg)
- NAGRA: Michael Schnellmann (Bohrungen).

Die Lokation der einzelnen Datensätze ist in Fig. 1 dargestellt. Die Auswahl der Daten wurde in einem 70 km breiten und 60 km hohem Gebiet vorgenommen. Darin wird in folgende Datentypen unterschieden:

- Bohrungen mit geologischen oder Temperaturmessungen (gefüllte Kreise)
- Tunnelprofile mit geologischer Aufnahme und Temperaturmessungen (braune Farbe)
- Interpretierte seismische Profile (blaue Farbe)

- Geologische Profile (rote Farbe)
- Interpolierte Temperaturprofile (orange Farbe)

Zur besseren Klarheit wurden in Fig. 1 ebenfalls die Topographie und die Ländergrenzen eingezeichnet. Als weiteres Merkmal sind tektonische Störungen (Über- und Abschiebungen, Bruchsysteme) dargestellt. Einzelne Datensätze wie z.B. die Bohrung Oberriet, SG, sind nicht verfügbar und können daher nicht zu einer Ressourcenanalyse herangezogen werden.

Tab. 1: Zusammenstellung und Gruppierung der vorhandenen Profile (Datensätze entsprechend Referenz, Angaben SEAG nach Mitteilung Leu, 2008)

Profil-Id	Profilname	Profiltyp	Referenz
P1	Schellenberg West	Geologie	Bernasconi (2006)
P2	Schellenberg Ost	Geologie	Bernasconi (2006)
P3	Laengsprofil Rhein Vorarlberg	Geologie	Krasser (1955)
P4	NFPR U8620	Seismik NFP20	SEAG
P5	SEAG R750009	Seismik SEAG	SEAG
P6	SEAG R750014	Seismik SEAG	SEAG
P7	SEAG R770038	Seismik SEAG	SEAG
P8	SEAG R760030	Seismik SEAG	SEAG
P9	SEAG R770039	Seismik SEAG	SEAG
P10	SEAG 74002 verlaengert	Seismik SEAG	SEAG
P11	SEAG R740003	Seismik SEAG	SEAG
P12	SEAG R740002	Seismik SEAG	SEAG
P13	SEAG R75A010	Seismik SEAG	SEAG
P14	SEAG R750012	Seismik SEAG	SEAG
P15	SEAG R7XXXXX	Seismik SEAG	SEAG
P16	SEAG R 750010	Seismik SEAG	SEAG
P17	SEAG R750011	Seismik SEAG	SEAG
P18	XX GU8403	Seismik SEAG	SEAG
P19	N-S-Temperatur-/Tiefen-Profil Hard - Balzers	Temperatur	Prospektion Geothermik SG
P20	E-W-Temperatur-/Tiefen-Profil Truebbach - Balzers	Temperatur	Prospektion Geothermik SG
P21	Richtstollen Pfaendertunnel	Tunnel (Geologie, Temp.)	Stark (1989)
P22	Ambergtunnel	Tunnel (Geologie, Temp.)	Stark (1989)
P23	Triebwasserstollen Walgaukraftwerk	Tunnel (Geologie, Temp.)	Stark (1989)
P24	Arlberg Eisenbahntunnel	Tunnel (Geologie, Temp.)	Stark (1989)
P25	Querprofil Triesenberg Bergsturz	Geologie	Allemann (2002)
P26	N-S Profil Auswertung NFP 20 E	Geologie	Allemann (2002)
P27	NW-SE Profil Auswertung NFP 20 E	Geologie	Allemann (2002)

Zur Abschätzung des Potentials von Tiefengeothermie im Fürstentum Liechtenstein wurden 11 Bohrungen herangezogen werden.

Tab. 2: Zusammenstellung der vorhanden Bohrdaten

ID	Bohrung	Land	x [m]	y [m]	z [mueM]	H [muT]	Zweck	Daten	Bemerkungen/ Referenzen
B1	Schellenberg Nr. 46	FL	759127	233313	575	149	EWS	Temp.-LOG	Bernasconi (Email)
B2	Schellenberg Nr. 84	FL	759364	233427	590	156	EWS	Temp.-LOG	Bernasconi (Email)
B3	Schaan Nr. 86	FL	757818	226430	498	77	EWS	Temp.-LOG	Bernasconi (Email)
B4	Stadel/Balzers	FL	757000	214000	472	600	Thermalwasser	Temp.-LOG	Pumpversuche, Näny (1983)
B5	Hohenems	A	770000	248000	411	748	Thermalwasser	Temp.-LOG	Geothermometer, Stark (1989)
B6	Dornbirn	A	773523	256360	413	2920	Erdöl/-gas	Temp.-LOG	Schärli&Kohl (2002), Stark (1989)
B7	Hölzlisberg	CH	757075	245780	573	200		Temp.-LOG	Schärli&Kohl (2002)
B8	Weissbad	CH	750775	241740	823	1618	Geothermie	Temp.-LOG	Schärli&Kohl (2002)
B9	Oberriet	CH	761362	245271	420	1369	Geothermie	Temp.-LOG	keine Angaben
B10	KKW Rüthi	CH	760185	241190	425	136	KKW		Bernasconi (Email)
B11	Au	A	122589	243342	773	4297	Erdöl/-gas	Temp.-LOG	Stark (1989), Goetzl (Email)
B12	Hard I	A				274	Erdöl/-gas	Temp.-LOG	Stark (1989)

Die Datensätze werden im Kapitel 3.2 genauer spezifiziert und beschrieben.

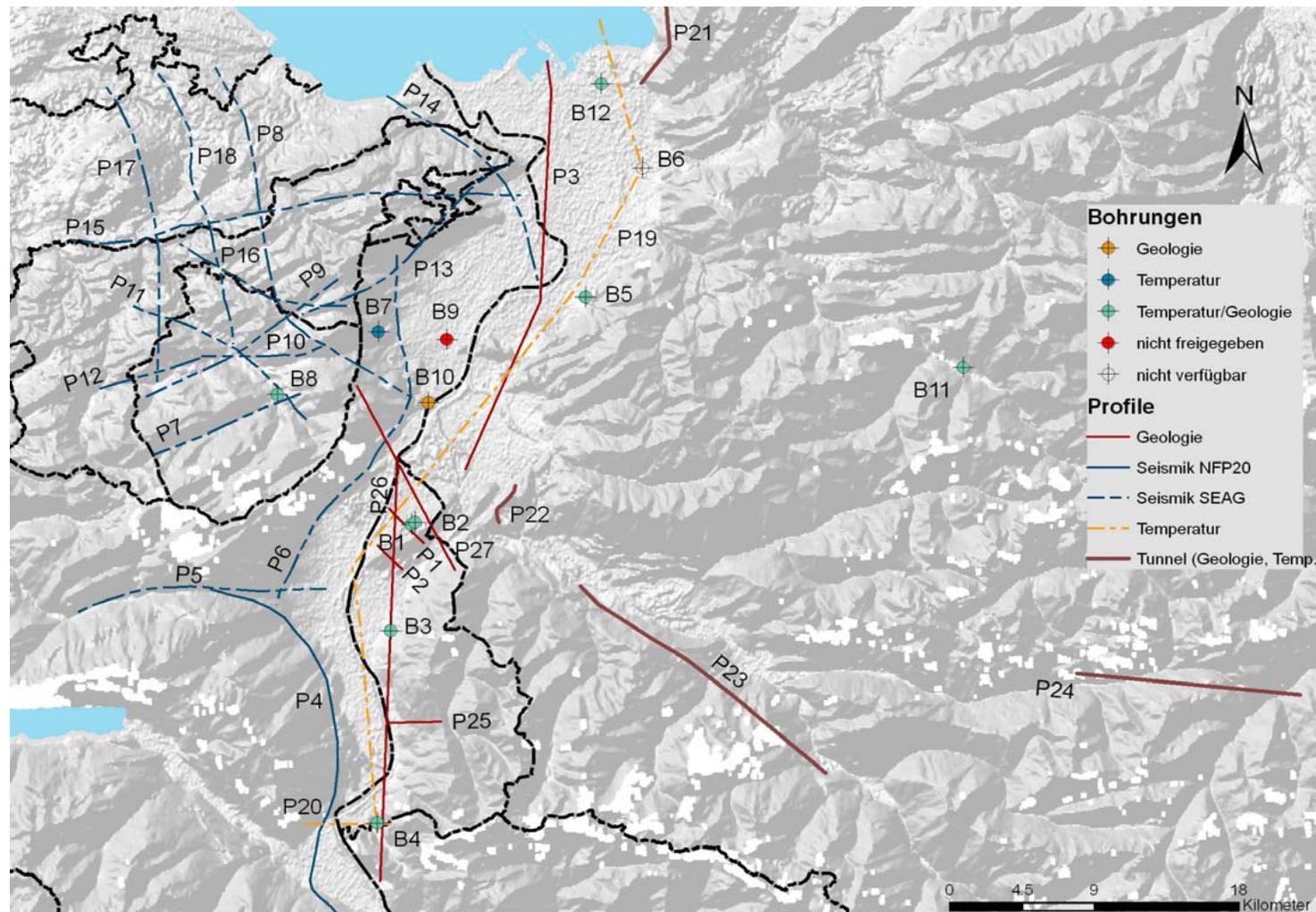


Fig. 1: Untersuchungsgebiet um Fürstentum Liechtenstein. Die Angaben auf der Karte beziehen sich auf unterschiedliche Datentypen und Datensätze, mit "B" für Bohrung, "P" für Profile (Tunnel, seismische oder geologische). Die Datensätze sind im Text beschrieben.

## 3.2 DATENSÄTZE

In der Folge werden die einzelnen Temperaturdatensätze entsprechend der Datenaufnahme (s. Tab. 3) charakterisiert.

Tab. 3: Zusammenstellung der Temperatur-Datenaufnahme

BHT	Bottom Hole Temperature,
HRT	High Resolution Temperature,
HAT	Temperaturen aus hydraulischen Tests,
DFT	Diskrete Felstemperatur (in Tunnelwand)
nn	Messart unbekannt

### 3.2.1 TUNNELDATEN

Folgende Tunneldaten standen zur Verfügung:

- Richtstollen Pfändertunnel (P21)
- Ambergtunnel (P22)
- Triebwasserstollen Walgaukraftwerk (P23)
- Arlberg Eisenbahntunnel (P24).

Hierin sind Angaben über Tunnelmeter, Überlagerung, Tunneltemperatur, Temperaturgradienten und Geologie der Tunnel enthalten. Die Temperaturdaten wurden als *DFT* aufgenommen. Datenquelle sind die "Untersuchungen über die Möglichkeit der Nutzung Geothermischer Energie in Vorarlberg" [Stark, 1989].

Im Richtstollen Pfändertunnel (P21) stehen auf einer Länge von 6.7 km Konglomerate, Sandsteine und Mergel der aufgerichteten Oberen Süsswassermolasse und Oberen Meeresmolasse an. Zwischen den Tunnelmeter 1500 m und 5800 m wurde ein Temperaturgradient von  $16 \text{ K km}^{-1}$  gemessen werden.

Der 2952 m lange Ambergtunnel (P22) verläuft in den helvetischen Schichten des Schrattekalks und der Drusberg-Formation. Aufgrund der geringen Überdeckung sowie der Überlagerung durch den stark verkarsteten und geklüfteten Schrattekalk liegen lediglich 4 Temperaturmesspunkte vor. Daher erfolgte keine Berechnung des Temperaturgradienten.

Der Triebwasserstollen Walgaukraftwerk (P23) erstreckt sich über 20.8 km von Vandans nach Nenzing in Vorarlberg. Dabei stehen Gesteine der Nördlichen Kalkalpen, des Silvretta-Kristallins, des Unterostalpins und Flyschgesteine des Penninikums an. Für den Abschnitt der penninischen Flysche (Tunnelmeter 500 – 3600 m) konnte ebenfalls ein Temperaturgradient ermittelt werden.

Verwendbare Tunneldaten liefert darüber hinaus der Eisenbahntunnel Arlberg (P24). Auf einer Länge von 5400 m ausgehend vom Ostportal wurde im Abstand von 100 m Temperaturmessungen im Kristallin (Phyllit, Glimmerschiefer) durchgeführt. Leider liegen im Westabschnitt des Tunnels keine Daten vor.

Der häufig geringe Temperaturgradient ist die Folge der oberflächennahen und geologischen Einflüsse (s. Kapitel 3.3.1).

### 3.2.2 SEISMISCHE PROFILE

Im Untersuchungsgebiet verlaufen überwiegend die seismischen Linien der SEAG (Aktiengesellschaft für Schweizerisches Erdöl). Die Recherche nach einer Sichtung der

Rohdaten der SEAG-Daten und deren Interpretation ist noch pendent. Bisher bestehen lediglich Kenntnisse über den Verlauf der Seismikspuren (P5 – P18).

Darüber hinaus kreuzt die Osttraverse des Forschungsprogramms NFP 20 das Untersuchungsgebiet (Fig. 2, Fig. 3). Sowohl Rohdaten als auch Interpretationen sind vorhanden (P4, P26, P27). Datenquelle sind die Ergebnisse des NFP – Projekts "Deep Structure of the Swiss Alps" [Pfiffner, 1997].

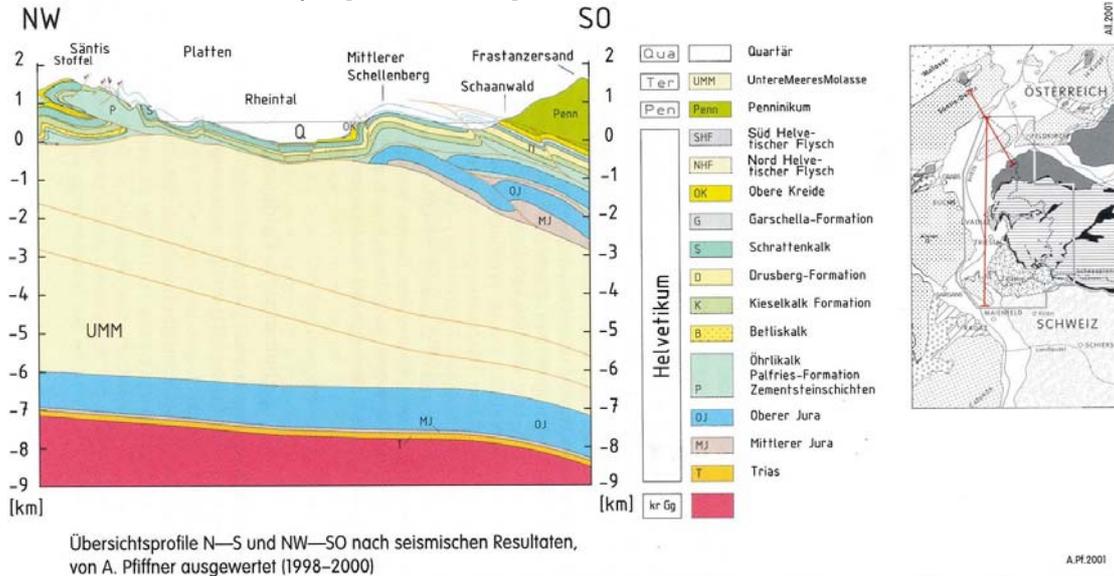
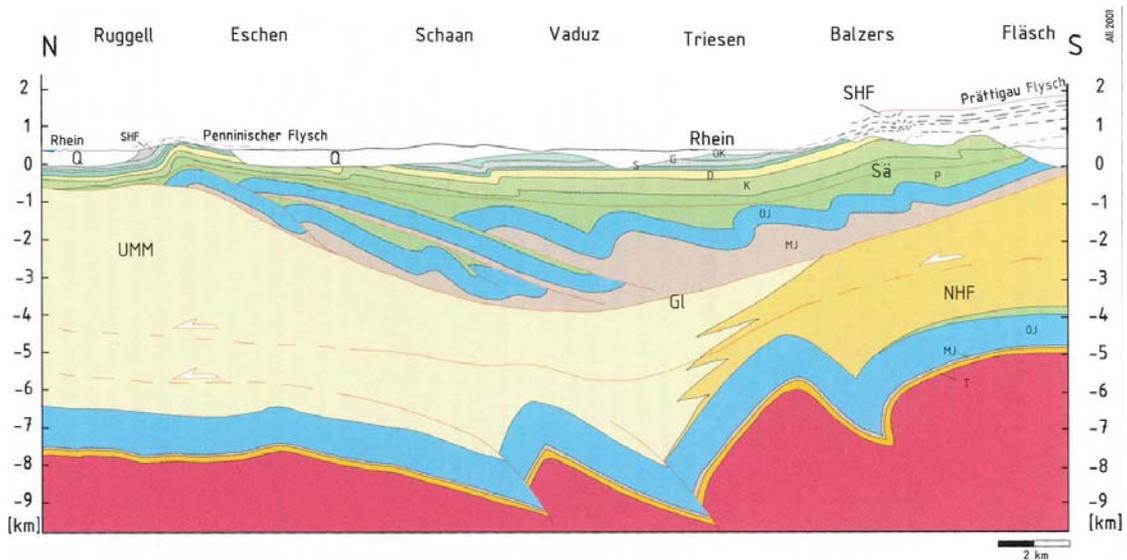


Fig. 2: P27 Übersichtspröfil NW – SO Fürstentum Liechtenstein nach seismischen Resultaten, von A. Pfiffner ausgewertet 1998 – 2000 [Allemann, 2002].



### 3.2.3 HISTORIE SEISMIK- UND EXPLORATIONSGESUCHE (AUTOR: A. GSTÖHL)

Auf liechtensteinischem Gebiet fanden in der Vergangenheit diverse Bemühungen zum Auffinden und zur Gewinnung von Erdöl und Erdgas statt. Das erste Gesuch einer ausländischen Gesellschaft an die Regierung des Fürstentums Liechtenstein reicht ins Jahr 1938 zurück. Weitere Gesuche wurden im Jahr 1959 und dann vor allem in den 1980er und 1990er Jahren an die Regierung herangetragen. Die Aktivitäten in diesen beiden Jahrzehnten wurden auf liechtensteinischer Seite von Herrn Karl Hartmann (damaliger Amtsleiter Tiefbauamt) koordiniert. Gemäss dem damals beigezogenen Geologen Herrn Prof. Allemann

von der Universität Bern wurde das Auffinden von Erdöl und Erdgas auf liechtensteinischem Gebiet als nicht wahrscheinlich eingeschätzt. Die von den ausländischen Gesellschaften im Vorfeld einer Exploration notwendigen Seismikkampagnen würden jedoch für Liechtenstein wertvolle Erkenntnisse für den geologischen Aufbau ergeben. Die Regierung ist deshalb auf die Gesuche eingetreten und es fanden diverse Besprechungen mit den verschiedenen Gesuchsstellern statt.

Im Jahre 1994 hat die Regierung nach Abwägung aller Vor- und Nachteile beschlossen (RA 94/2498) auf eine Weiterführung der Bemühungen für die Durchführung einer Bohrung in Liechtenstein zu verzichten. Aus den Akten sowie aus den Gesprächen mit Herrn Karl Hartmann sowie Herrn Johann Ott (ehemaliger Amtsleiter Tiefbauamt) geht hervor, dass trotz den verschiedenen Kontakten keine geophysikalischen Untersuchungen in Liechtenstein durchgeführt wurden und demzufolge keine entsprechenden Daten vorliegen.

Auf der schweizerischen Rheintalseite wurden von der Schweizerischen Erdöl AG (SEAG) diverse geophysikalische Untersuchungen durchgeführt. Gemäss Auskunft von Herrn Leu sowie Herrn Lahusen von der SEAG fanden jedoch keine Aktivitäten der SEAG auf liechtensteinischem Gebiet statt.

### 3.2.4 GEOLOGISCHE PROFILE

Die geologischen Profile basieren grossteils auf den seismischen Interpretationen der Osttraverse NFP 20 (P26, P27). Ausserdem existieren schematische Schnitte durch das Untersuchungsgebiet im Bereich Schellenberg und Triesenberg (P1, P2, P25), die aufgrund ihrer nur oberflächennahen Information nicht in dieser Vorstudie dargestellt werden [Bernasconi, 2006]. Das gleiche gilt für ein weiteres Profil P3 mit der Grenze zum Festgestein [Krasser, 1955].

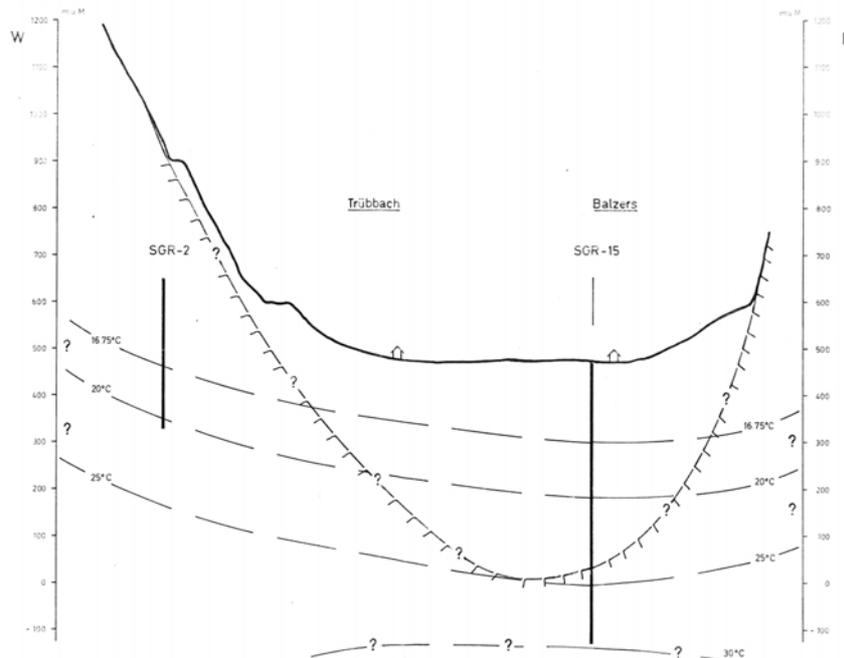


Fig. 4: P20 O – W Temperatur-/Tiefenquerschnittprofil durch das Rheintal bei Balzers mit Darstellung der Felsoberkante (schraffiert) und der Isothermen (gestrichelt). Figur aus [Angehrn, 1984].

### 3.2.5 TEMPERATURPROFILE

Im Rahmen des "Generellen Prospektionsprogramms Geothermik für das Gebiet des Kantons St. Gallen" wurden ein Temperatur-/Tiefenquerschnittprofil durch das Rheintal von

Trübbach/Azmoos bis Balzers (P20, Fig. 4) und ein Nord-Süd-Temperatur-/Tiefen-Längs-Profil durch das Rheintal von Hard bis Balzers (P19, hier nicht gezeigt) erstellt.

### 3.2.6 BOHRUNGEN MIT TEMPERATURDATEN

Zur Abschätzung des Potentials von Tiefengeothermie im Fürstentum Liechtenstein konnten 8 Bohrungen mit Angaben zur Geologie und zum Temperaturverlauf herangezogen werden. Dies sind die Bohrungen B1, B2, B3, B4, B5, B8, B11 und B12.

Die drei oberflächennahen Bohrungen B1, B2, B3 befinden sich in Schellenberg sowie Schaan und wurden für die Installation von Erdwärmesonden abgeteuft. In den Erdwärmesonden erfolgten Temperaturmessungen (*HRT*) mit dem kabellosen Datenlogger NIMO-T.

Die einzige Tiefbohrung im Fürstentum Liechtenstein wurde am Standort Stadel/Balzers (B4) 1982 im Rahmen einer Thermalwasserprospektion erstellt (s. Anhang Fig. 17). Dabei wurden in den oberen 70 m quartäre Schotter erbohrt. Im weiteren Verlauf des Bohrprofils folgen mächtige Seebodensedimente. Im Bereich 274 – 318 muT ist wahrscheinlich Moränenmaterial des Rheingletschers zwischengeschaltet. Bei  $H = 440$  muT wird die Unterkreide des Alvier-Fläscherbergs erreicht [Naenny, 1983]. Die Endteufe liegt bei 600 muT. Die Temperaturdaten wurden als *HRT* aufgenommen.

In Weissbad (B8) bei Appenzell liegt eine Geothermiebohrung, welche 1618.2 muT erreicht (s. Anhang Fig. 20). Durchteuft werden im gesamten Bohrprofil Sandstein- und Mergelwechsellagen der Unteren Süsswassermolasse [OekoplanAG, 1998]. Die Temperaturdaten liegen als *HRT* vor [Schärli and Kohl, 2002]. Für B8 wurde ein Temperaturgradient von  $28 \text{ K km}^{-1}$  gemessen.

In Vorarlberg befinden sich 3 weitere infolge der Erdöl-/Erdgasexploration abgeteuft Tiefbohrungen mit Informationen über Geologie und Temperaturverlauf in der Tiefe [Stark, 1989]:

Die Bohrung Hard 1 (B12, (s. Anhang Fig. 21) durchteuft bis in eine Tiefe von  $H = 212$  muT quartäre Seesedimente (Seeton und –kreide). Dort erreicht sie das Tertiär, welches als Obere Meeresmolasse und Untere Süsswassermolasse bis zur Endteufe in 273.6 m ansteht. Über die Messart der Temperatur liegen keine Informationen vor (*nn*). Für Hard 1 wurde ein Temperaturgradient von  $15 \text{ K km}^{-1}$  gemessen.

Eine weitere Tiefbohrung liegt bei Hohenems im Rheintal (B5, (s. Anhang Fig. 18). In den ersten 52 Bohrmeter finden sich quartäre Wechsellagen aus Kiesen und Seetonen. Im weiteren Verlauf folgen mächtige Seetonlagen. In der Tiefenlage  $H = 592.8$  m erreicht die Bohrung die Kreide. Es stehen bis zur Endteufe in 748 m Flysche und Reiselberger Sandsteine an. Der anhand von *HRT*-Daten errechnete Temperaturgradient liegt zwischen  $32 \text{ K km}^{-1}$  und  $38 \text{ K km}^{-1}$ .

Die Bohrung Au (B11) im Bregenzer Wald ist mit 4297 muT die tiefste im Untersuchungsgebiet (s. Anhang Fig. 21). Die Bohrung durchteuft in den ersten 117 m quartäre Talfüllungen. Darauf folgen tektonisch bedingt je zweimal abwechselnd der Mittlere und Obere Jura des Helvetikums. Die Temperaturaufnahme erfolgte als *BHT*. Es ergibt sich ein Temperaturgradient von  $30 \text{ K km}^{-1}$ .

Der einzige Temperaturdatensatz ohne entsprechendem Bohrprofil stellt die Bohrung Hölzlisberg (B7) mit einer Endteufe  $H = 200$  muT dar. Diese liegt auf der westlichen Rheinseite nördlich des Fürstentum Liechtenstein und wurde in den Mergel der Unteren Süsswassermolasse erstellt. Die Temperaturdaten liegt als *HRT* vor [Schärli and Kohl, 2002]. Für B7 konnte ein Temperaturgradient von  $31 \text{ K km}^{-1}$  berechnet werden.

### 3.2.7 WEITERE BOHRUNGEN

Von der Bohrung KKW Rüthi (B10) im Schweizer Rheintal existiert lediglich ein geologisches Bohrprofil. Die Bohrung ist verrohrt. Bis in eine Tiefe von 123 muT stehen quartäre Sediment an (0.1 – 1.2 m siltige Deckschicht, 1.2 – 22 m sandiger Kies, 22 - 47 m siltiger Sand, 47 m –

123 m toniger Silt). Von dort an bis zur Endteufe in 136 m folgen die helvetischen Kreidesedimente des Seewer Kalks (Mitteilung Bernasconi, 2008).

Daten zu den Tiefbohrungen Dornbirn (B6) und Oberriet (B9) waren leider nicht zugänglich. Für die Erdöl-/Erdgasbohrung Dornbirn in Vorarlberg mit einer Endteufe von  $H = 2920.6$  m uT im Bereich der Unteren Süsswassermolasse waren keine Geologie- und Temperaturprofile verfügbar [Rybach, et al., 1981]. Die Angaben zur geothermischen Tiefbohrung Fischfarm Oberriet im Schweizer Rheintal von etwa 1400 m uT (Angabe aus Wasserkonzessionsgesuch, [Baudepartement, 2007] waren zum Zeitpunkt der Datenerhebung nicht freigegeben.

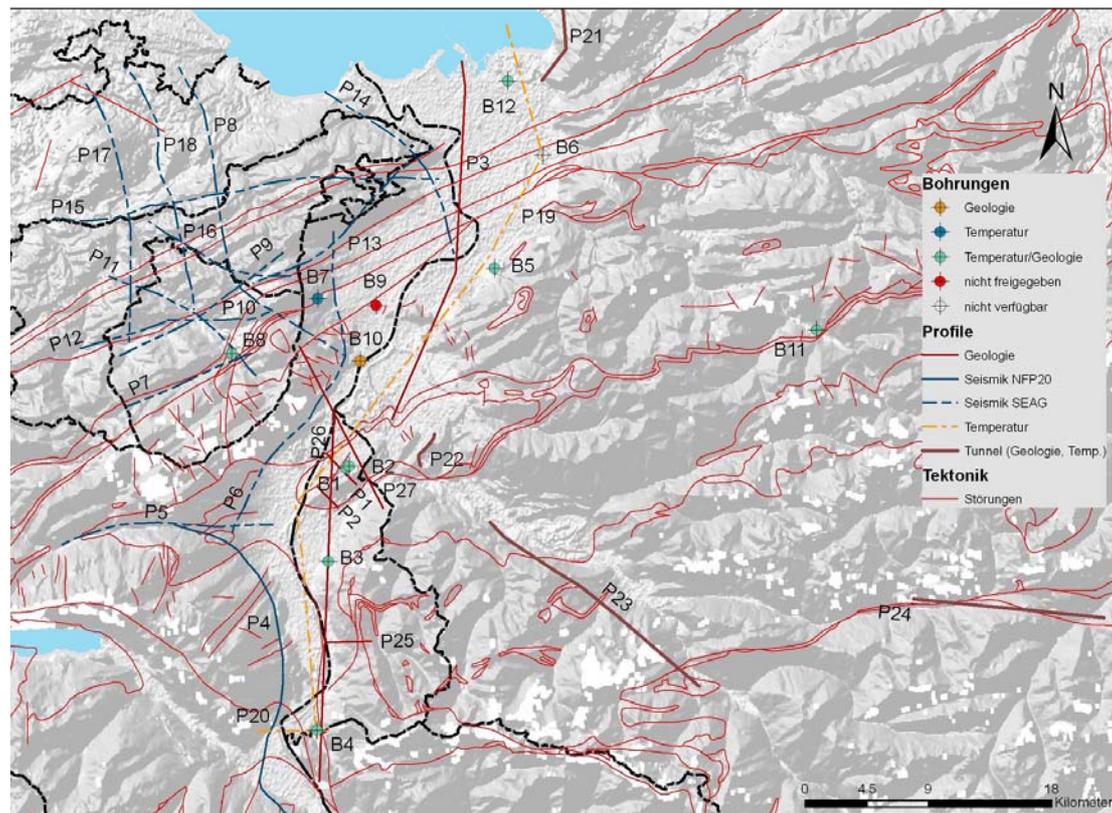


Fig. 5: Untersuchungsgebiet um Fürstentum Liechtenstein mit Tektonik. Die Angaben auf der Karte beziehen sich auf unterschiedliche Datentypen und Datensätze, mit "B" für Bohrung, "P" für Profile (Tunnel, seismische oder geologische). Die Datensätze sind im Text beschrieben

### 3.3 ERSTE INTERPRETATION DER BESTEHENDEN TEMPERATURDATEN

Der Berechnung des Wärmefluss von  $q$  liegen Annahmen über die Wärmeleitfähigkeiten  $\lambda$  zu Grunde ( $q = -\lambda \times \text{Temperaturgradient}$ ). Die Werte zur Wärmeleitfähigkeit,  $\lambda$  wurden der Literatur entnommen [Angenheister, 1982] [Leu, et al., 1999] und sind in Tab. 4 dargestellt. Die berechneten Wärmeflussdaten hängen sehr von den Annahmen über die Wärmeleitfähigkeit ab. Eine definitive Bewertung des Wärmeflusses kann aus den bestehenden Angaben nicht entnommen werden. Allgemein lässt sich jedoch feststellen, dass der Wärmefluss (wie im übrigen auch der Temperaturgradient) in der Nähe der Oberfläche durch Klimaeinflüsse und Topographie stark beeinflusst sind. Daher sollte nur die Angaben aus grösserer Tiefe (ab 200 m) in eine Interpretation berücksichtigt werden.

Die Temperaturdaten und relevante weitere Datensätze werden im Anhang dieser Vorstudie gezeigt, wobei zunächst die Tunneldaten (Profile P21-P24) und danach die Bohrdaten (B1-B12) gezeigt werden.

### 3.3.1 TUNNELDATEN

Wie bereits erwähnt sind die Tunneldaten sehr stark von Topographie beeinflusst, wobei insbesondere benachbarte Täler eine lateral gerichteten Wärmefluss verursachen, die in der Regel einen geringeren Temperaturgradient verursachen. Eine weitere Unsicherheit liegt in der Datenqualität. Es ist zu vermuten, dass der Einfluss von Tunnelbelüftung während der Arbeiten tendenziell tiefere Temperaturwerte verursacht. Daher sind die Tunneldaten in der Regel nur bedingt für eine geothermische Interpretation nutzbar. Um den Topographie-Einfluss bewerten zu können, müssten die einzelnen Profile mit 3D Modellen interpretiert werden. Für eine Extrapolation der Daten in grössere Tiefen eine Datenbewertung mit einfachen 1D Modellannahmen daher nur bedingt ausreichend.

Im Bereich von P21 Richtstollen Pfändertunnel konnte für den tieferen Tunnelabschnitt (1500 – 5500 m) ein durchschnittlichen Wärmefluss von  $q = 42 \text{ mW m}^{-2}$  ermittelt werden.

Für den Triebwasserstollen Walgaukraftwerk (P23) wurde für die penninischen Flyschgesteine bei Tunnelmeter 500 – 3600 m der Wärmefluss mit  $q = 48 \text{ mW m}^{-2}$  bestimmt. Wegen der z.T. geringen Temperaturgradienten ( $4 \text{ K km}^{-1}$ ) liegt der Mittelwert für das gesamte P23-Profil bei sehr geringen Werten ( $q = 12 \text{ mW m}^{-2}$ ), die sicherlich nicht repräsentativ für den Tiefenwärmefluss sind.

Beim Arlberg Eisenbahntunnel (P24) lässt sich ab dem vom oberflächennahen Faktoren weniger beeinflussten Bereich (ab Tunnelmeter 1500 m) ein Temperaturgradient von  $19 \text{ K km}^{-1}$  feststellen. Daraus wird ein Wärmefluss von  $q = 45 \text{ mW m}^{-2}$  abgeschätzt. Leider liegen hier nur Daten aus dem Ostabschnitt des Tunnels vor.

Tab. 4: Kennwerte Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ 

Stratigraphie	Lithologie	Mittelwerte	
		$\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ]	Quelle
Quartär	Kiese, Tone, Silte	1.60	Leu (1999)
Quartär	Kiese	0.60	Leu (1999)
Quartär	Sande	2.00	Leu (1999)
Quartär	Kiese, seeton	1.10	Leu (1999)
Quartär	Seetone	1.55	Leu (1999)
Quartär	Seekreide, Sande	2.55	Leu (1999)
Obere Süsswassermolasse	Konglomerate, Sandsteine, Mergel	2.36 - 2.62	Leu (1999)
Obere Meereswassermolasse	Konglomerate, Sandsteine, Mergel	2.57 - 3.03	Leu (1999)
Untere Süsswassermolasse	Konglomerate, Sandsteine, Mergel	2.31 - 3.3	Leu (1999)
Plankner-Brücken Serie	Kalksteine, Breccien	2.93	Angenheister (1982)
	Sandsteine, Schiefertone, Mergel,		
Fanola Serie	Kalksteine, Breccien	2.87	Angenheister (1982)
Gaschlo Serie	Sandsteine, Kieselkalke, Mergel	3.63	Angenheister (1982)
	Sandsteine, Schiefertone, Mergel,		
Arosa Zone	Kalksteine, Breccien	2.93	Angenheister (1982)
Buntsandstein	Sandsteine	3.03	Angenheister (1982)
Reichenhaller Schichten	Kalksteine	2.83	Angenheister (1982)
Reichenhaller Rauhwacken	Kalksteine, Dolomite	2.85	Angenheister (1982)
Muschelkalk/Anhydrit	Kalksteine, Anhydrite	3.91	Angenheister (1982)
Muschelkalk	Kalksteine	2.83	Angenheister (1982)
Partnach Schichten	Schiefertone	2.34	Angenheister (1982)
Arlberg Schichten	Kalksteine, Schiefertone, Dolomite	2.66	Angenheister (1982)
	Sandsteine, Schiefertone, Mergel,		
Mischzone	Kalksteine, Breccien	2.93	Angenheister (1982)
Raibler Schichten	Schiefertone, Sandsteine, Kalksteine	2.95	Angenheister (1982)
Raibler Schichten/Raibler Gips	Schiefertone, Sandsteine, Kalksteine, Gipse	3.40	Angenheister (1982)
Oberer Arlbergkalk	Kalksteine	2.85	Angenheister (1982)
Aptychenkalk	Kalksteine	2.83	Angenheister (1982)
Oberhätischer Riffkalk	Kalksteine	2.83	Angenheister (1982)
Kössener Schichten	Kalksteine, Mergel, Schiefertone	2.39	Angenheister (1982)
Plattenkalk	Kalksteine	2.09	Angenheister (1982)
Hauptdolomit	Dolomite	2.87	Angenheister (1982)
Anhydrit	Anhydrite	5.00	Angenheister (1982)
Unterkreide	Kalksteine, Sandsteine, Schiefertone	2.90	Angenheister (1982)
Oberer Jura	Kalksteine, Mergel	2.60	Angenheister (1982)
Mittlerer Jura	Sandsteine, Kalksandsteine, Schiefertone	3.10	Angenheister (1982)
Silvretta-Kristallin	Phyllitgneis/Glimmerschiefer	2.36	Angenheister (1982)

### 3.3.2 BOHRUNGEN

Bei der Bohrung B3 lag der Temperaturgradient am Standort Schaan deutlich unter dem typischen Wert von  $30 \text{ K km}^{-1}$ , bedingt durch die geringe Sondentiefe von 76 muT. Diese Tiefe ist stark beeinflusst von Effekten der langjährigen Klimaerwärmung und der Topographie. Geologisch befindet sich das gesamte Bohrprofil im quartären Bachschutt der Tidirufe. (Bohrprofil Bernasconi).

An den beiden Bohrungen in Schellenberg mit Sondentiefen von 149 muT (B1) und 156 muT (B2) wurden mit  $11 \text{ K km}^{-1}$  und  $10 \text{ K km}^{-1}$  ebenfalls geringe Temperaturgradienten ermittelt. Ursache dafür sind infiltrierende Wässer und Topographieeffekte. Beide Bohrprofile befinden sich im Schratenkalk (bis 20 muT) und der Drusberg – Formation der helvetischen Kreide.

Für B4 konnte ein Temperaturgradient von  $46 \text{ K km}^{-1}$  errechnet werden. Der Wärmefluss scheint mit der Tiefe zu zunehmen: von den quartären Sedimenten mit  $q = 28 \text{ mW m}^{-2}$  und  $q = 71 \text{ mW m}^{-2}$  bis zur Unterkreide mit  $q = 133 \text{ mW m}^{-2}$ .

Für B8 lassen sich ein Temperaturgradient von  $28 \text{ K km}^{-1}$  und ein Wärmefluss  $q = 89 \text{ mW m}^{-2}$  ermitteln

Der extrem niedrige Temperaturgradient von  $15 \text{ K km}^{-1}$  der Bohrung Hard 1 (B12) kann auf den Einfluss des nahen Bodensee zurückgeführt werden. Für den Wärmefluss ergeben sich Werte von  $q = 22 \text{ mW m}^{-2}$  im Quartär und  $q = 70 \text{ W m}^{-2}$  in der Molasse.

Für die Tiefbohrung Hohenems (B5) konnte der Wärmefluss lediglich im Tiefenbereich der See-Tone mit  $q = 65 \text{ mW m}^{-2}$  ermittelt werden. Für die Bohrung Au (B11) lässt sich ein Wärmefluss von  $q = 92 \text{ mW m}^{-2}$  (Mittleren Jura) und  $q = 80 \text{ mW m}^{-2}$  (Oberer Jura) errechnen.

### 3.4 ZUSAMMENFASSUNG DATENLAGE

Die Daten wurden hinsichtlich ihrer Relevanz für Tiefengeothermie ausgewählt. Vorhandene Messdaten über Temperatur, Geologie und Tiefenlage wurden dabei zusammengetragen und hinsichtlich Wärmefluss grob bewertet. Angaben über Wasserführung aus Daten im Untersuchungsgebiet standen uns weder aus Bohrungen noch aus Tunnelbau nur qualitativ zur Verfügung. In dieser Vorstudie konnten 4 Tunneldatensätze (z.T. mit über 1000 m Überlagerung) und 6 Tiefbohrungen (5 Bohrungen mit Endteufe von  $> 500 \text{ m}$ ) hinzugezogen werden. Die tiefste Bohrung mit Endteufe  $H = 4297 \text{ m}$  ist Au in Vorarlberg. Sämtliche Tiefbohrungen erreichen das Festgestein.

Die Tunneldaten sind häufig von einer geringen Überdeckung beeinflusst (P21, P22, P23, P24). Ausserdem führt die Überlagerung von verkarsteten und zerklüfteten Gesteinen (P22, P24) sowie Gipslagen (P23) zu geringen, teils sogar negativen Temperaturgradienten bei geringer Überdeckung. Im Süden des Richtstollen Pfändertunnel (P21). und im Triebwasserstollen Walgau (P23) wurden die Messwerte darüber hinaus von Wassereintrüben erheblich gestört. Weiterhin beeinflussen die teils ungenauen und unterschiedlichen Messmethoden die Temperaturwerte. Bis auf die Daten aus dem Eisenbahntunnel Arlberg müssen die gemessenen Temperaturwerte mit grosser Vorsicht betrachtet werden. Die ermittelten Werte für den Wärmefluss  $q$  liegen teilweise deutlich unter den typischen Angaben aus der Literatur. Ursache hierfür können Wasserführung, Tunnelbelüftung (Auskühlung) oder topographische Effekte sein. Genauere Analysen könnten an einzelnen zentralen Tunnelabschnitten durchgeführt werden, wenn dies für die Projektbearbeitung sinnvoll erscheint. Da für den Ambergtunnel lediglich 4 Temperaturmesspunkte vorliegen, wurden keine Temperaturprofile erstellt und daher nicht im Anhang dargestellt..

Die Datenqualität der Tiefbohrungen ist allgemein zufriedenstellend. Insbesondere für die Tiefbohrung Weissbad (B8) liegt eine sehr gute Datenqualität vor [Schärli and Kohl, 2002].

Daten über Chemismus der Tiefenwässern liegen nur sehr vereinzelt vor. Am Bohrstandort Stadel/Balzers (B4) wurden Pumpversuche und chemische Analysen der Wässer durchgeführt, die aber keine Anomalien aufwiesen [Naenny, 1983].

An der Bohrung Hohenems (B5) erfolgte eine Isotopen-Untersuchung. Die Analyse von artesisch aufsteigendem Wasser ergab, dass die Herkunft unter heutigen klimatischen Bedingungen in einem Einzugsgebiet von 2500 m über NN liegen müsste, was jedoch als unwahrscheinlich angenommen wird. Es wird daher vermutet, dass das Wasser aus einer kälteren Klimaperiode stammt und damit eine längere Verweilzeit im Untergrund besitzt [Stark, 1989].

Die berechneten Wärmefluss-Werte liegen in einem Bereich zwischen  $65 - 92 \text{ mW m}^{-2}$ . Diese Schwankungsbreite deutet darauf hin, dass in grösserer Tiefe mit den in Mitteleuropa "üblichen" Bedingungen gerechnet werden kann. Somit kann mit Temperaturzunahme von etwa  $30 \text{ K km}^{-1}$  (bei typischen Wärmeleitfähigkeiten von  $2.8 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ) gerechnet werden. Der Wärmefluss ist jedoch oberflächennah häufig durch Advektion und Topographie beeinflusst und im Rheintal daher schlecht in grössere Tiefen extrapolierbar.

Leider liegen nur wenige Informationen über Chemismus von Tiefenwässern im Untersuchungsgebiet vor. Im Raum Sargans wurde 1991 im Rahmen des Pilotprojektes für geothermische Bohrungen Phase II der Temperaturgradient, Chemismus und Isotope von Quellen und oberflächennahe Bohrungen untersucht. Die gemessenen Werte wiesen keine nennenswerte Auffälligkeiten auf [Kobel, 1992].

Ebenfalls liegen keine weiteren Informationen über Tiefenquellgebiete vor.

Möglicherweise könnten Daten der Tiefbohrung Oberriet (B9) weitere Informationen liefern. Die Bohrungsdaten sind aber zur Zeit nicht freigegeben (vgl. Kapitel 3.3.2).

#### **4. GEOTHERMISCHE PROJEKTENTWICKLUNG**

Eine geothermische Projektentwicklung wird in mehrere Stufen durchgeführt. Der zentrale Aspekt ist die Reduktion des Explorationsrisikos einer Bohrung. So sollte zunächst der Kenntnisstand des Untergrunds verbessert werden, um die kostenintensiven Schritte (Bohrung, Turbine, Infrastruktur) erst möglichst spät anzugehen. Geophysikalische Messungen helfen in der Regel, den Kenntnisstand über den Untergrund zu verbessern. Parallel sollten entsprechende Meilensteine definiert werden, um die Durchführung eines geothermischen Projektes klar zu strukturieren. Dabei sollten sogenannte "Go" / "No-Go" Entscheide vorgesehen werden oder geeignete Massnahmen definiert werden.

Die Zusammenstellung in Tab. 5 stellt die möglichen Projektphasen einer typischen Geothermie-Entwicklung dar. Diese berücksichtigt auch die Bedingungen des Fürstentums Liechtenstein wie z.B. den Kenntnisstand zur Exploration. Die hier vorgegebene Budgetierung ist relativ grob und wurde den Angaben aus bestehenden Projekten, unter Berücksichtigung von Preisaufschlägen, entnommen.

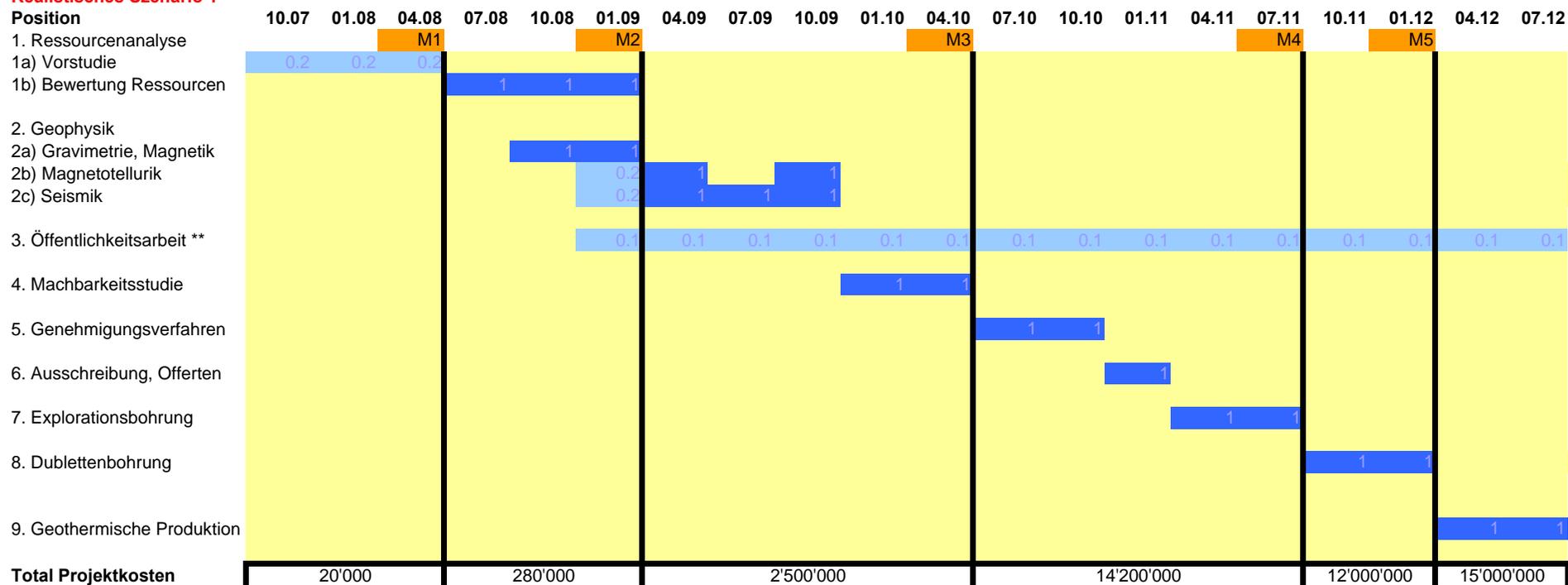
Der zeitliche Verlauf einer Projektentwicklung wird hier für zwei mögliche Szenarien vorgestellt (Fig. 6 und Fig. 7). Bei beiden werden ehrgeizige Zielsetzungen gesetzt, wobei eine intensive Kooperation mit anderen Projekten in der Schweiz und Süddeutschland vorgeschlagen wird. Dies würde sich sicherlich vorteilhaft auf die Bohrkosten auswirken, da so die Verfügbarkeit der Mannschaften langfristig gesichert werden kann. Die Szenarien unterscheiden sich insbesondere in dem Aufbau des Projektmanagements und der Zusammenarbeit mit den unterschiedlichen Behörden.

Ein genauerer Kosten- und Zeitplan wird erst in der Projektphase "Machbarkeitsstudie" definiert werden können, wenn die Bohrkonzepte erarbeitet worden sind.

Tab. 5: Typische geothermische Projektentwicklung

Position	Aktivitäten	Kosten SFr	Meilensteine
<b>1. Ressourcen-analyse</b>			
<b>1a) Vorstudie</b>	Datenlage, erste Kostenschätzung, Etappierung	20'000	M1:Entscheid Pos. 1b / 2a
<b>1b) Bewertung Ressourcen</b>	3D Darstellung, Berechnung, mögliche Nutzungsszenarien	120'000	
<b>2. Geophysik</b>	Optimierung Bohrlokation		
<b>2a) Gravimetrie, Magnetik</b>	Messung, Interpretation, Erste Planungsarbeiten MT, Seismik	130'000	M2: Entscheid Pos. 2b-c / 4
<b>2b) Magnetotellurik</b>		300'000	
<b>2c) Seismik</b>	*; #	2'000'000	
<b>3. Öffentlichkeitsarbeit **</b>			
<b>4. Machbarkeitsstudie</b>	zusammenfassende Analyse der Geophysik Wirtschaftlichkeit, Kostenschätzung, Genehmigung Vorschlag Explorationsbohrung, mögliches Produktionssystem (Singlette - Doublette -Triplette)	200'000	M3: Entscheid Pos. 6 / 7
<b>5. Genehmigungsverfahren **</b>			
<b>6. Ausschreibung / Offerten</b>	Explorationsbohrung, Logging, Test; #	1'200'000	
<b>7. Explorationsbohrung</b>	Bohrverfahren (z.B. 3.5 km Tiefe) *	11'000'000	
	Logging, Tests	2'000'000	M4: Entscheid Pos. 8
<b>8. Dublettenbohrung</b>	Bohrverfahren (z.B. 3.5 km Tiefe)	8'000'000	
	Logging, Tests	2'000'000	
	Säuerung	2'000'000	M5: Entscheid Pos. 9
<b>9. Geothermische Produktion</b>	ORC-Turbine *	7'000'000	
	Pumpen, Wärmetauscher	2'000'000	
	Installation Wärmeversorgung	5'000'000	
	weitere Planungskosten	1'000'000	
<b>Total Projektkosten</b>		<b>ca. 44'000'000</b>	

**Realistisches Szenario 1**

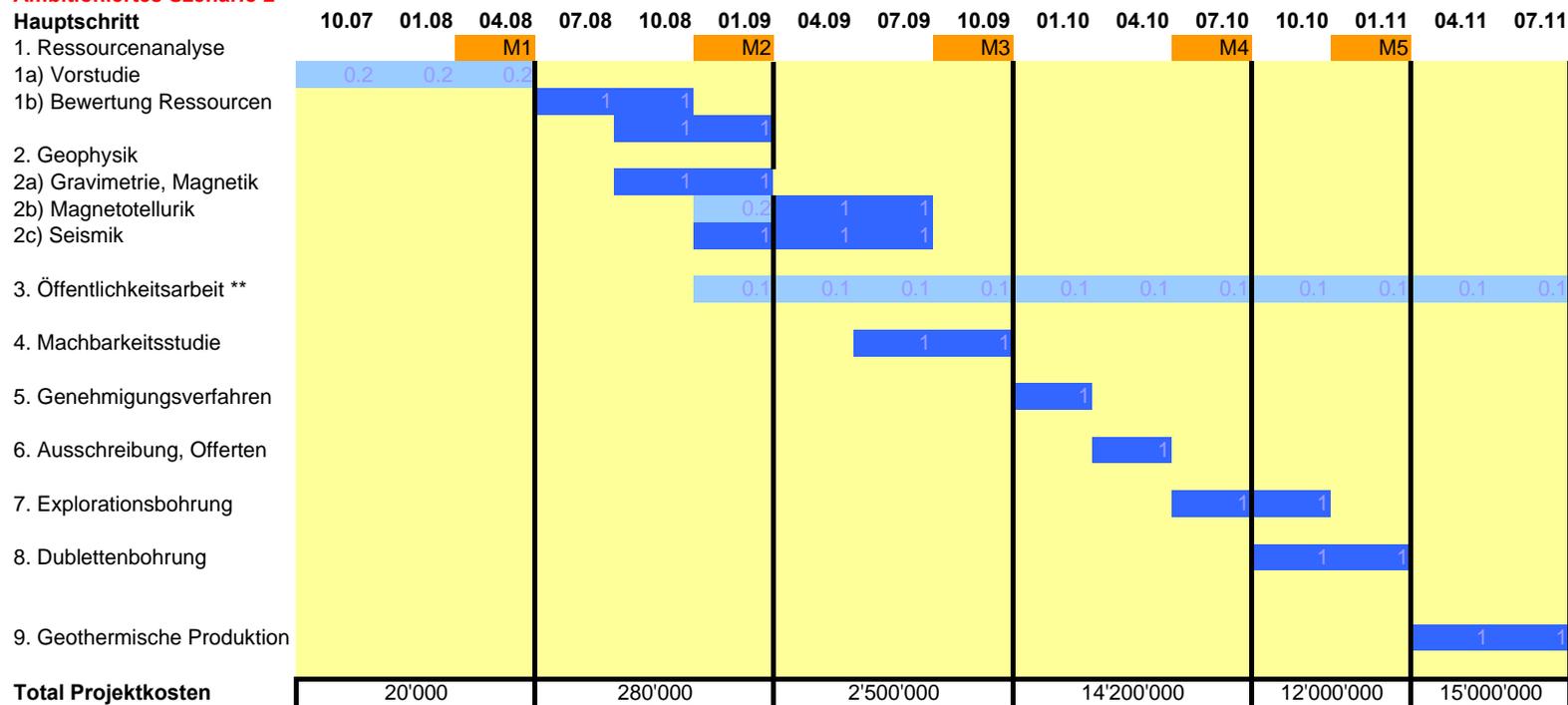


\* Lange Lieferzeiten. Muss mind. 1/2 Jahr vorher ausgeschrieben werden  
 \*\* Dauer geschätzt; keine Kosten angesetzt  
 # Dauer für Erhalt Betretungsrechte, Bohrplatz, ... nicht abschätzbar

0.2 Teilaktivität  
 1 Vollaktivität

Fig. 6: Möglicher Zeitplan für ein "Realistisches Szenario 1", unter Berücksichtigung von geringen Vorlaufzeiten für Seismik und Bohrung berücksichtigt. Hierzu wäre eine enge Kooperation mit ähnlichen Projekten in der Schweiz und Süddeutschland notwendig.

**Ambitioniertes Szenario 2**



\* Lange Lieferzeiten. Muss mind. 1/2 Jahr vorher ausgeschrieben werden

\*\* Dauer geschätzt; keine Kosten angesetzt

# Dauer für Erhalt Betretungsrechte, Bohrplatz, ... nicht abschätzbar

Fig. 7: Möglicher Zeitplan für ein "Ambitioniertes Szenario 2", welches einen idealen Projektverlauf und Projektmanagement unter den Bedingungen von Szenario 1 annimmt (s.o.).

Folgende Meilensteine werden vorgeschlagen:

- M1 nach Beendigung der Vorstudie zur Ressourcenanalyse:  
Entscheid zur Durchführung einer Ressourcenanalyse mit ersten geophysikalischen Prospektionstätigkeiten und Sensitivitätsuntersuchungen
- M2 nach positiven Ergebnissen der Sensitivitätsuntersuchungen und Ressourcenbewertung:  
Entscheid für kostenintensive Prospektion / Machbarkeit zur Definition einer Bohrlokation
- M3 nach erfolgreicher geophysikalische Prospektion und Bewilligung eines Kostenrahmens zur Projektierung:  
Entscheid zur Explorationsbohrung"
- M4 nach erfolgreicher Explorationsbohrung:  
Entscheid zur Dublettenbohrung
- M5 nach erfolgreicher Zirkulation im Untergrund:  
Entscheid zur Anschaffung der technischen Oberflächeninstallation

Auch diese Meilensteine müssen entsprechend den erarbeiteten Ergebnissen einer Projektphase angepasst werden.

## 5. VORSCHLAG ZUR GEOTHERMISCHEN RESSOURCENANALYSE

Aus der vorliegenden Datenlage zeigt sich prinzipiell eine Eignung des Untergrundes für Tiefengeothermie. Potentielle Zielgebiete liegen in folgenden Strukturen:

- Mesozoikum (allochthon) 2km Tiefe
- Mesozoikum (autochthon) >5km Tiefe
- Basement >6km Tiefe
- Störungszonen (tektonisch oder lithologisch bedingt)

Insbesondere sollte bereits jetzt darauf hingewiesen werden, dass im überschobenen Mesozoikum einige sehr interessante Aquifere befinden können, welche möglicherweise mehrfach oder – aufgrund einer starken Verkippung – auch teilweise schichtparallel erbohrt werden können. Diese Strukturen sollten allerdings in nachfolgenden Untersuchungen genauer kartiert werden. Diese Kartierung sollte sich schwerpunktmässig auf das Rheintal konzentrieren, da hier aufgrund der Infrastruktur im Fürstentum Liechtenstein eine Nutzung der Tiefengeothermie eher in Frage kommt. Dieses Gebiet umfasst eine Oberfläche von rund 50 km<sup>2</sup>. Es sei darauf hingewiesen, dass sich die geologischen Strukturen im Rheintal stark von denen im angrenzenden Alpenraum unterscheiden.

Im Rheintal tritt die Problematik von tektonisch bedingten steilstehenden Schichten und der Versatz von Schichten an N-S verlaufenden Störungen in Erscheinung. Die vorliegenden Erhebungen stellen keine ausreichende Basis für eine Planung von geothermischen Bohrungen dar. Idealerweise würde man Standorte mit mehreren überschobenen mesozoischen Sedimenten anbohren, um so bekannte Aquifersysteme wie Malm oder Muschelkalk mehrfach anzutreffen. Eine verbesserte Interpretation der bestehenden Datenlage durch geophysikalische Methoden bedingt jedoch eine entsprechende Kostenfolge. Folgende geophysikalische Methoden könnten dabei zu einer verbesserten Datenlage führen:

1. Seismik zur Identifikation von unterschiedlichen geologischen Schichten und Störungszonen. Diese Methodik liefert in der Regel die genauesten Tiefeninformationen, ist jedoch entsprechend kostenintensiv im Falle einer 3D Seismik. Mit einer reinen 2D Seismik lässt sich in diesem Bereich kaum eine Verbesserung gegenüber der aktuellen Datenlage (NFP20) erreichen. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine 3D Seismik etwa 30% einer Explorationsbohrung kosten wird. Im weiteren muss darauf hingewiesen werden, dass die Wasserführung der Schichten und Störungszonen nur unzureichend mit Seismik identifiziert werden kann.
2. Magnetotellurik zur Identifikation von wasserhaltigen Störungszonen. Hier werden Widerstandskontraste mit dem unterschiedlichen Wassergehalt (= Porosität) interpretiert. Demzufolge sind Bereiche mit geringerem elektrischen Widerstand mögliche geothermische Reservoirs, da die tiefliegenden Wässer höher mineralisiert und damit leitfähiger sind. Diese Methode ist sensibel auf elektrische Störströme im Untergrund (Wechselstrom) und muss daher auf eine Eignung überprüft werden.
3. Gravimetrie zur Bestimmung der Lage einzelner Schichtpakete, z.B. der Tiefe des Basements: Gravimetrie ist in der Regel eine kostengünstige Variante, jedoch hängt der Erfolg einer Bestimmung von den lokalen Gegebenheiten ab. Daher sollten vor einer Messreihe zunächst Sensitivitätsuntersuchungen vorgenommen werden.
4. Magnetik zur Bestimmung der Lage einzelner Gesteinsschichten aufgrund der magnetischen Suszeptibilität. Diese Methode lässt sich insbesondere für das Kristallin anwenden.

Für die nächste Phase einer Ressourcenanalyse wird daher ein zweigeteiltes Vorgehen mit den parallel verlaufenden Tätigkeiten von a) geothermischer Ressourcenanalyse und b) Vorbereitung geophysikalischer Prospektion vorgeschlagen.

Die geothermische Ressourcenanalyse sollte folgende Arbeitsschritte enthalten:

- Erarbeitung eines 3D geologischen Modells aus den bestehenden Daten (Profil Allemann).
- Identifikation von möglichen Aquiferen, Störungszonen durch Analyse bestehender Datensätze und geologischer Interpretationen.
- Erstellung eines Temperaturmodells aus den bestehenden und möglichen neuen Daten. Hierin sollten die Daten hinsichtlich Topographie und Advektion quantitativ bewertet werden.
- Bewertung des Potentials einzelner geothermisch geeigneter Tiefenstrukturen unter Annahme von hydrogeologischen Parametern (entsprechend Vorgehen im SGPK Projekt).
- Berücksichtigung möglichen Abnehmerstrukturen (auf Basis der bestehenden WKK Studie) und Energiesenkenanalysen in geothermische Nutzungsszenarien (GIS Darstellung).

Parallel dazu sollte in enger Zusammenarbeit mit den Behörden des Fürstentums eine Vorbereitung für eine geophysikalische Erkundung des Tieferen Untergrundes vorgenommen werden. Hierzu wurden bereits Abstimmungen mit entsprechenden Experten getroffen.

Prinzipiell werden folgende Arbeitsschritte für geophysikalische Prospektion getätigt.

- a) Planung und Offertenstellung
- b) Sensitivitätsuntersuchungen
- c) Datenakquisition / Processing
- d) Interpretation

Tab. 6 gibt die mit jedem Arbeitsschritt verbundene Kostenfolge wieder, wobei insbesondere für die kostenintensiven Untersuchungen (MT, Seismik) nur eine grobe oder gar keine Schätzung vorgenommen werden kann.

Tab. 6: Kosten für geophysikalische Untersuchungen (Angabe in kFr)

	Gravimetrie	Magnetik	Seismik	Magnetotellurik
<b>A: Planung</b>	15	15	80	15
<b>B: Sensitivität</b>	2	2	-	44
<b>C Akquisition</b>	50	8	-	190
<b>D: Interpretation</b>	20	5	-	70

Zum jetzigen Zeitpunkt erscheint die Durchführung einer Pseudo-3D Datenerfassung als ideal, um eine kostengünstige Datenerfassung und Interpretation zu gewährleisten. Dabei werden die seismischen Signale grundsätzlich auf allen Spuren aufgezeichnet und interpretiert. Aufgrund aktueller Erfahrung muss hierzu eine grössere Planungs- und Offertenphase durchgeführt werden. Der Aufwand für eine Seismik-Kampagne wird mit

9 Monaten geschätzt, wobei aktuell gemäss jetzigem Stand der Diskussion Kosten im Bereich von 2 mio CHF abgeschätzt werden.

Für die Vorbereitungsphase einer Geophysik-Prospektion wird zunächst die Bearbeitung der grau unterlegten Felder vorgeschlagen, um die kostenintensiven Tätigkeiten besser planen zu können. Parallel hierzu sollte eine erste Planung der Seismik vorangetrieben werden. Darin sollten die SEAG und NFP20 Daten ebenfalls hinsichtlich neuem Datenprocessing und Interpretation untersucht werden. Die Daten über das NFP20 liegen an der ETH Zürich vor, wobei die Qualität der Bänder sehr fraglich ist. Es gibt keine Planung zur Aufarbeitung der Daten. Wahrscheinlich ist eine neue Datenerfassung sinnvoller, wobei zusätzlich zu theoretischen Sensitivitätsberechnungen ein ca. 3 km langes Querprofil als Vorbereitung zu einem 3D Seismik erfasst werden kann. Die entsprechenden Kosten für diese Untersuchungen liegen (3 km Eindringtiefe) in der Grössenordnung von 100 kFr.

Prof. Emile Klingelé steht für die Qualitätssicherung im Bereich Gravimetrie und Magnetik (Experte bei SGPK) zur Verfügung. Er schlägt vor, 2-3 gravimetrische Querprofile à 20 km zu messen. Bei einer Abstand von 0.5 km würde man 100 Stationen benötigen. Bestehende Messungen (Diplomarbeit Grünenfelder, ETHZ) zeigen eine Schwelle im Rheintal (Top Festgestein).

Für Magnetotellurik (MT) könnte das Institut für Geothermisches Ressourcenmanagement (IGEM) Mainz/Bingen hinzugezogen werden. Hier sind entsprechende MT Stationen vorhanden und Erfahrung mit dieser Methodik im Rheingraben besteht. Allerdings sollte hier zunächst eine Planung der Arbeiten, um eine Beauftragung der Phase "Sensitivitätsuntersuchungen" vorzunehmen (mit Messungen vor Ort, zur Prüfung der Eignung von MT). Ebenfalls sollten hier einzelne Profile untersucht werden. Ein etappenweises Vorgehen ist zu empfehlen.

## 6. REFERENZEN

Allemann, F. (2002), *Erläuterungen zur Geologischen Karte des Fürstentums Liechtenstein 1:25000*, 129 pp., Regierung des Fürstentums Liechtenstein, FL-9490 Vaduz.

Angehrn, P. (1984), *Generelles Prospektionsprogramm Geothermik für das Gebiet des Kantons St. Gallen*, Beratender Hydrogeologe, Degersheim.

Angenheister, G. (1982), *Landolt-Börnstein - Physical Properties of Rocks: Subvolume a*, Springer Verlag.

Baudepartement (2007), *Wasserrechtskonzessionsgesuch*, in *Amtsblatt des Kantons St. Gallen*, edited, p. 1, St. Gallen.

Bernasconi, R. (2006), *Eignungskarte für Erdwärmesonden des Fürstentums Liechtenstein, Begleitender Kurzbericht*, 13 pp, Amt für Umweltschutz, Vaduz, Fürstentum Liechtenstein.

Kobel, M. (1992), *Pilotprojekt für Geothermische Bohrungen Phase II im Raum Sargans, Schlussbericht*, 65 pp, Baudepartement Kanton St. Gallen, Amt für Umweltschutz, Abteilung Wasser- und Energiewirtschaft, St. Gallen.

Krasser, L. (1955), *Die Grundwasservorkommen des Vorarlberger Bodenseerheintales*, in R. v. Klebelsberg-Festschrift, edited, pp. 105-112, Geologische Gesellschaft, Wien.

Leu, W., et al. (1999), *Geothermische Eigenschaften Schweizer Molassebecken (Tiefenbereich bis 500m) - Datenbank für Wärmeleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität, Gesteinsdichte und Porosität - Schlussbericht April 1999*, Bundesamt für Energie.

Naenny, P. (1983), *Bericht über die Ergebnisse der im Jahre 1981 in der Gemeinde Balzers zwecks Erschliessung von Thermalwasser abgeteufte Bohrung T11*, 1-15 pp, EAWAG, Dübendorf.

OekoplanAG (1998), *Messbericht Tiefensonde Kurhotel Hof Weissbad*.

Pfiffner, O. A., Lehner, P., Heitzmann, P., Mueller, St., Steck, A, (1997), *Deep structure of the Swiss Alps*, 380 pp., Birkhäuser Verlag, Basel.

Rybach, L., et al. (1981), *Geothermische Datensynthese der Schweiz, Schriftreihe des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Studie 26*.

Schärli, U., and T. Kohl (2002), *Archivierung und Kompilation geothermischer Daten der Schweiz und angrenzender Gebiete*, 1-134 pp, Swiss Geophysical Commission (Beiträge zur Geologie der Schweiz: Geophysik, Nr. 36).

Stark, P. (1989), *Untersuchungen über die Möglichkeiten der Nutzung geothermischer Energie in Vorarlberg*, 1-31 pp, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Bregenz.

Willi, A. (2007), *Kraftwärmekopplung/WKK: Grobstudie im Auftrag der Energiefachstelle Liechtenstein über das KWK Potential in Liechtenstein*, Incon Beratende Ingenieure und Ökonomen, Vaduz.

## A. ANHANG

### A.1 TUNNELDATEN

#### A.1.1 RICHTSTOLLEN PFÄNDERTUNNEL (P21)

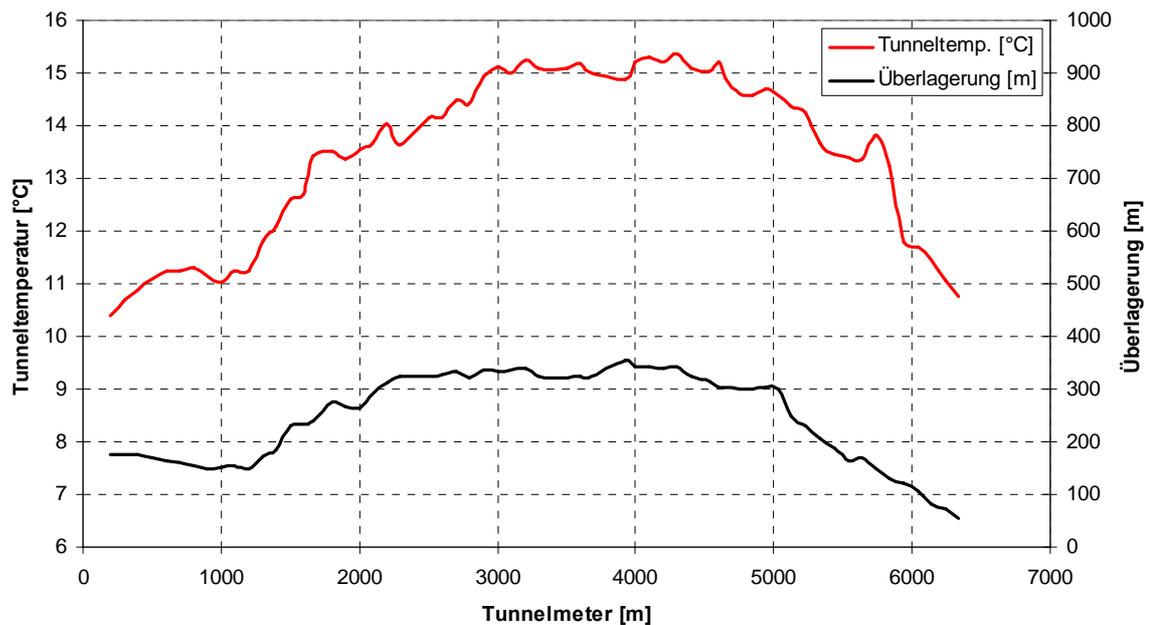


Fig. 8: Temperaturprofil und Überlagerung im Pfändertunnel

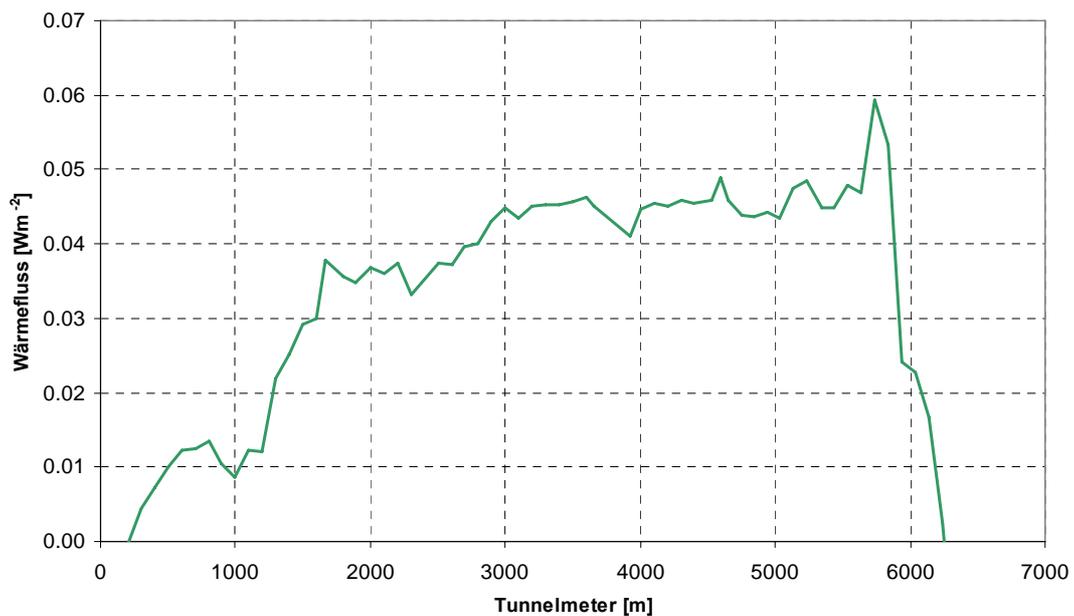


Fig. 9: Verlauf des abgeschätzten Wärmeflusses im Pfändertunnel

### A.1.2 TRIEBWASSERSTOLLEN WALGAUKRAFTWERK (P23)

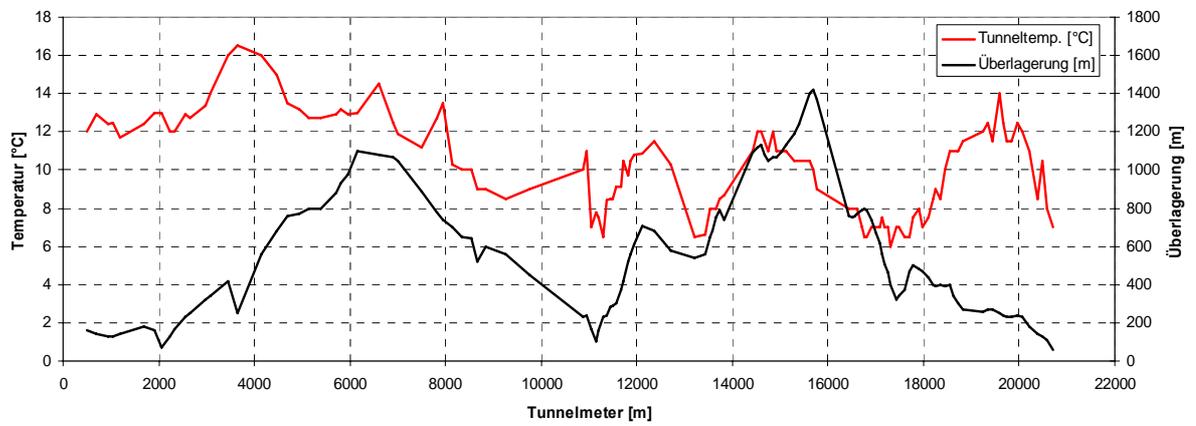


Fig. 10: Temperaturprofil und Überlagerung im Triebwasserstollen

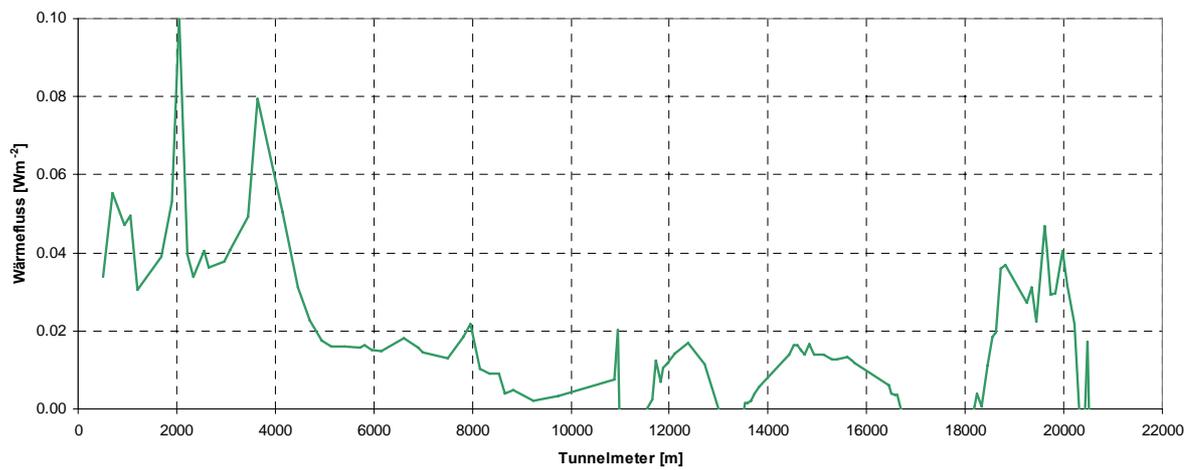


Fig. 11: Verlauf des abgeschätzten Wärmeflusses im Triebwasserstollen

**A.1.3 ARLBERG EISENBAHTUNNEL (P24).**

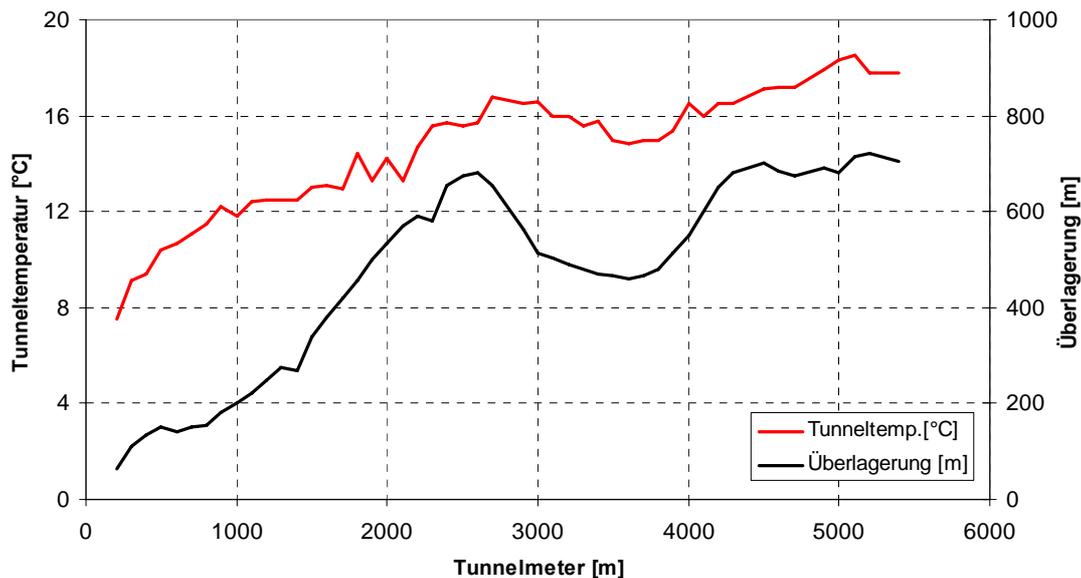


Fig. 12: Temperaturprofil und Überlagerung im östlichen Bereich des Arlbergtunnels, gemessen vom Ostportal aus

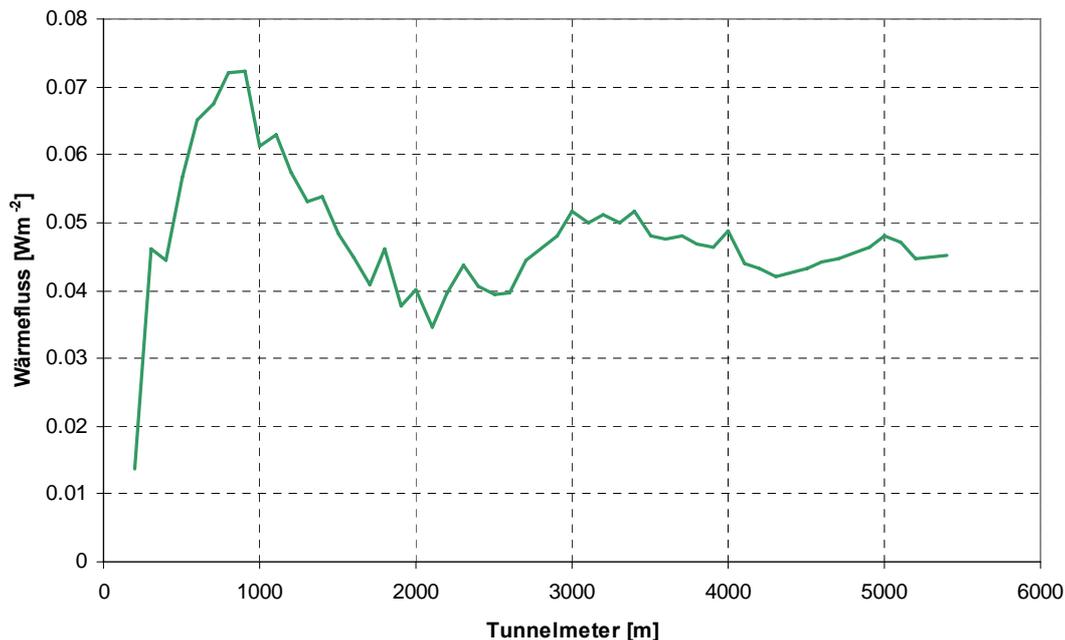


Fig. 13: Verlauf des abgeschätzten Wärmeflusses im im östlichen Bereich des Arlbergtunnels, gemessen vom Ostportal aus

## A.2 BOHRUNGEN

### A.2.1 SCHELLENBERG NR.46 (B1)

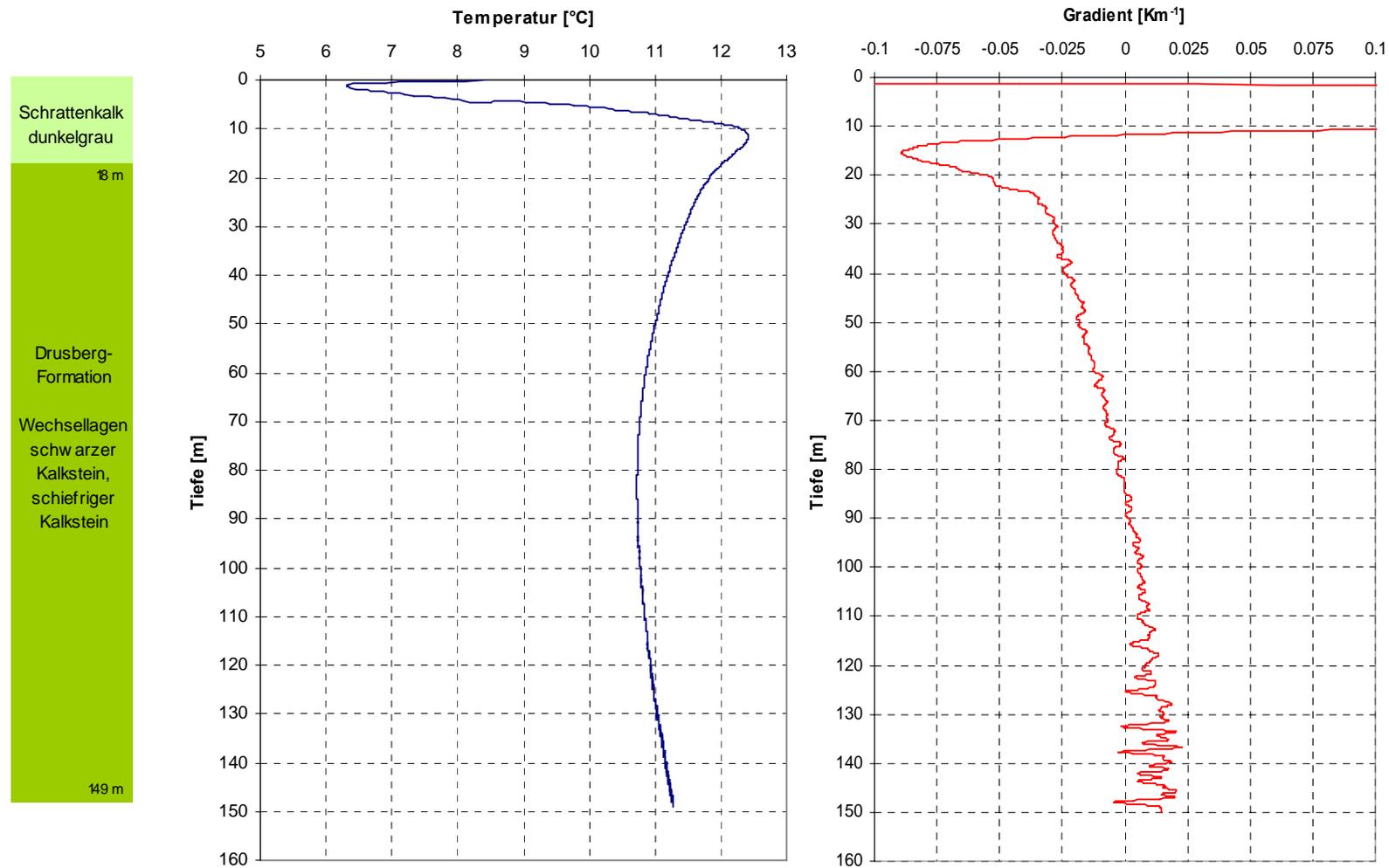


Fig. 14: Temperaturverlauf (blau) mit vereinfachter Geologischen Profil (links), Verlauf Temperaturgradient (rot, rechts)

**A.2.2 SCHELLENBERG NR.84 (B2)**

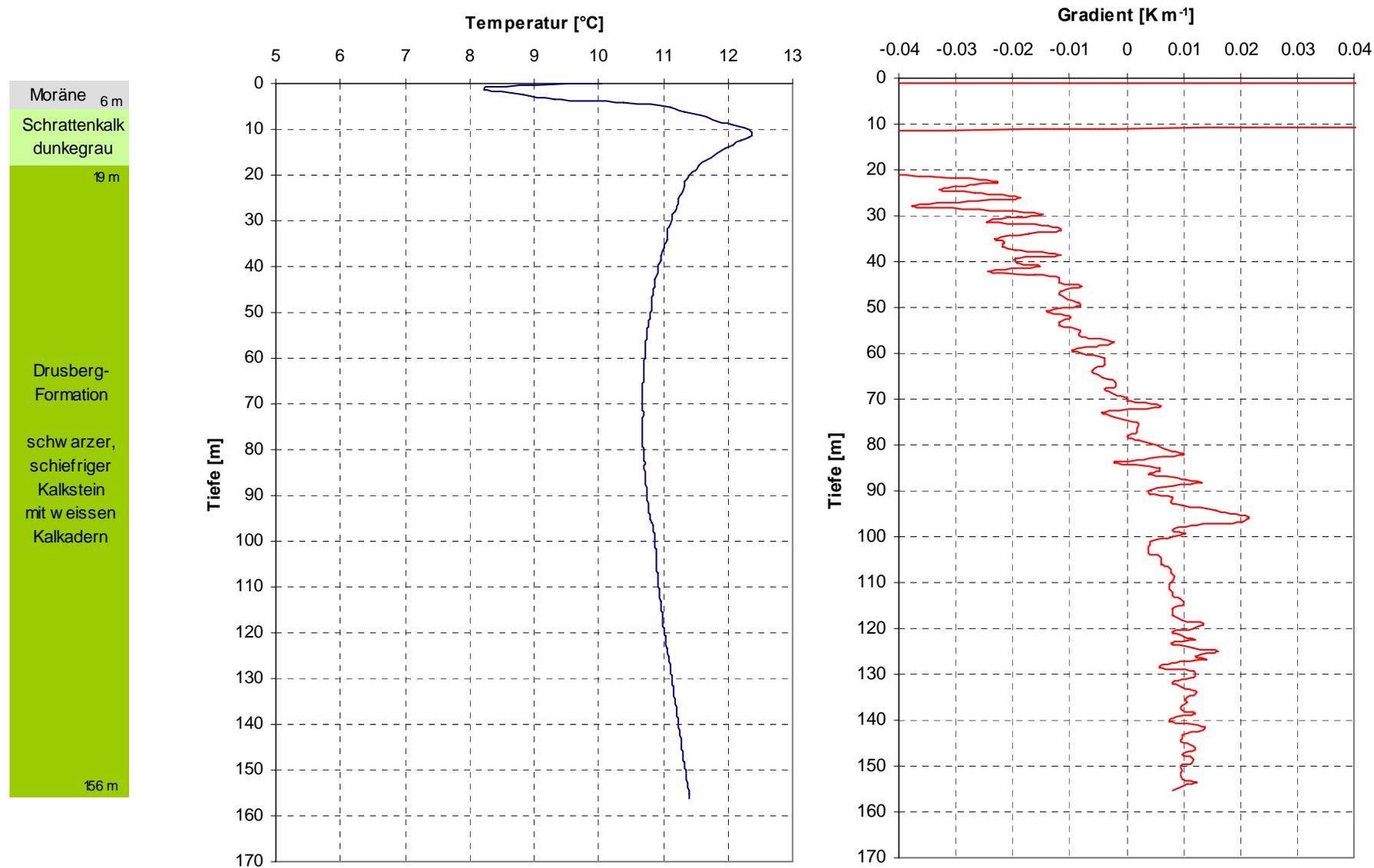


Fig. 15: Temperaturverlauf (blau) mit vereinfachter Geologischen Profil (links), Verlauf Temperaturgradient (rot, rechts)

**A.2.3 SCHAAN NR.86 (B3)**

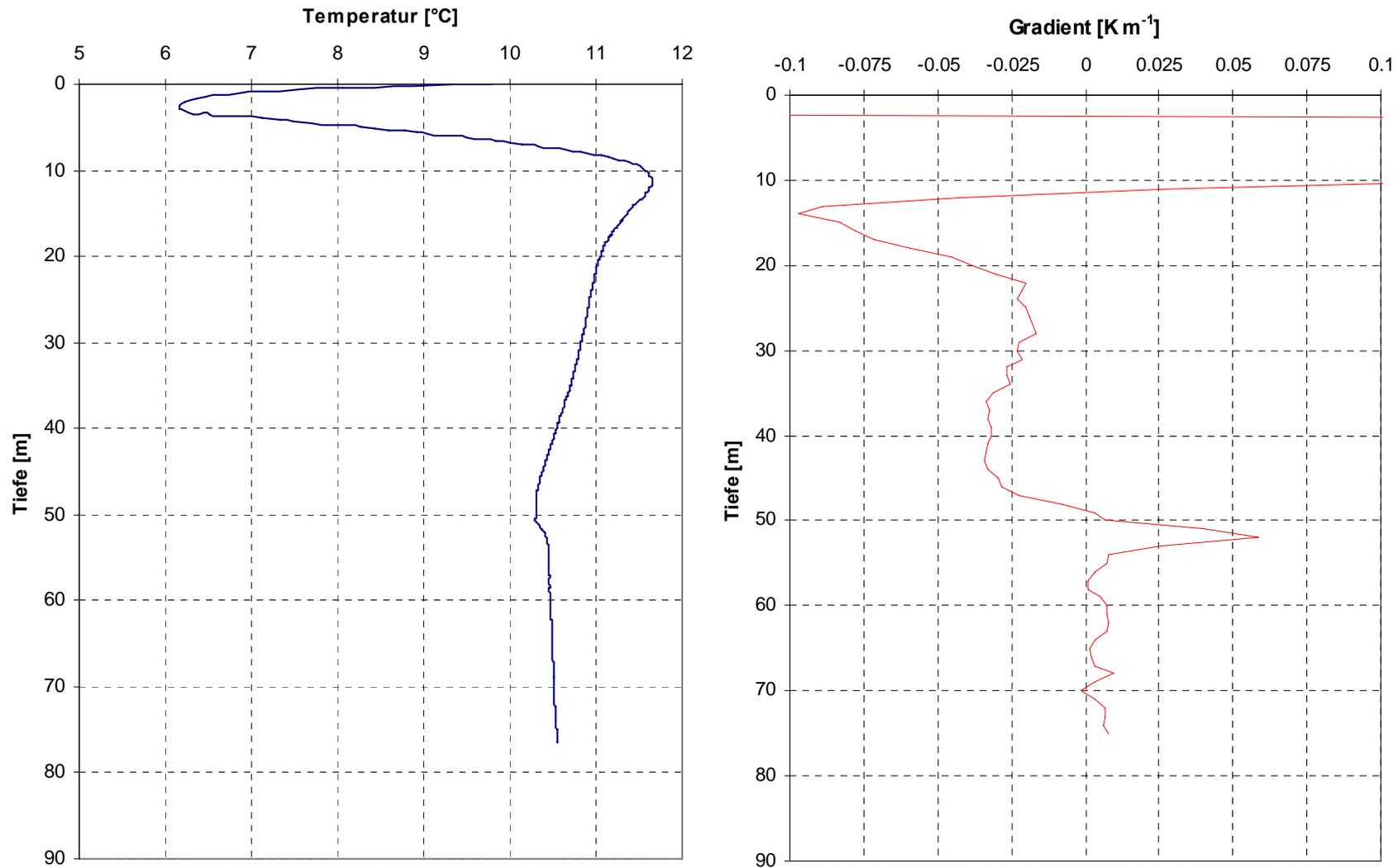


Fig. 16: Temperaturprofil (blau, links), Verlauf Temperaturgradient (rot, rechts)

**A.2.4 STADEL/BALZERS (B4)**

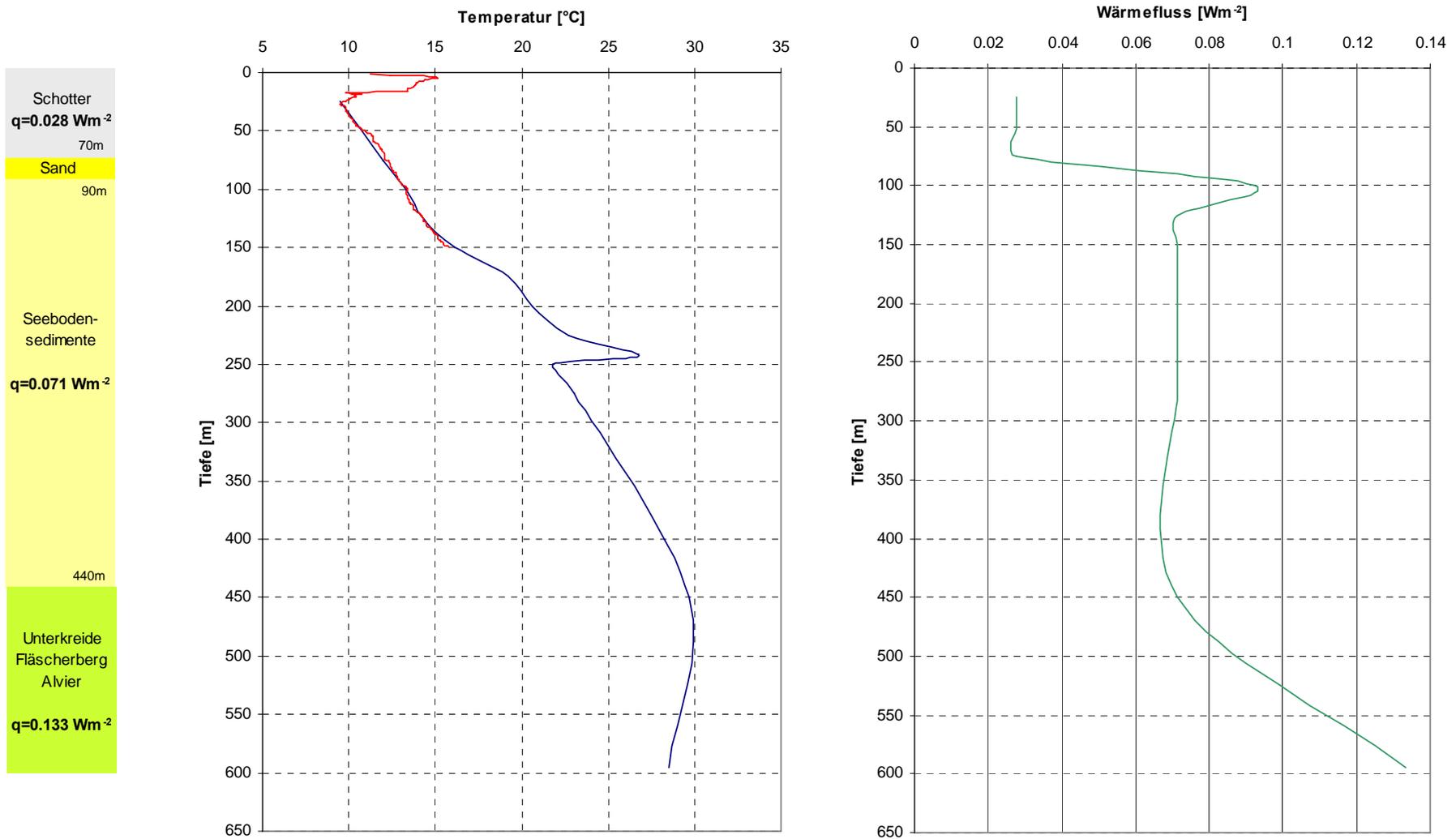


Fig. 17: Temperaturverlauf, geplottet Messung 1981 (rot), Messung 1982 (blau), mit Geologischem Profil (links); Verlauf Wärmefluss (dunkelgrün, rechts)

### A.2.5 HOHENEMS (B5)

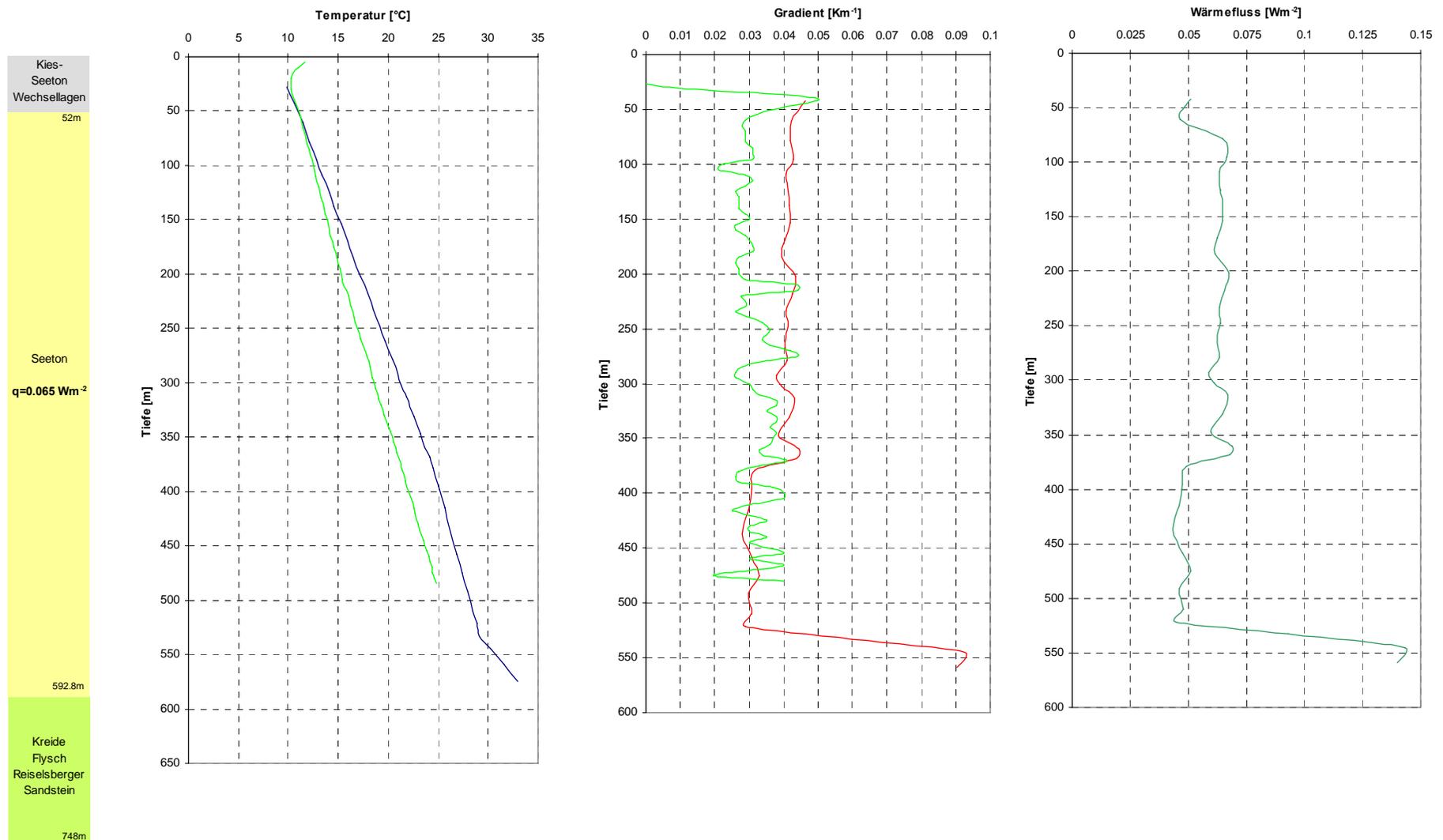


Fig. 18: Temperaturverlauf mit geologischem Profil, geplottet Messung 1982 (grün), Messung 1983 (blau, rechts); Temperaturgradienten der Messungen 1982 (grün) und 1983 (rot, Mitte); Verlauf Wärmefluss Messung 1983 (dunkelgrün, rechts)

### A.2.6 HÖLZLISBERG (B7)

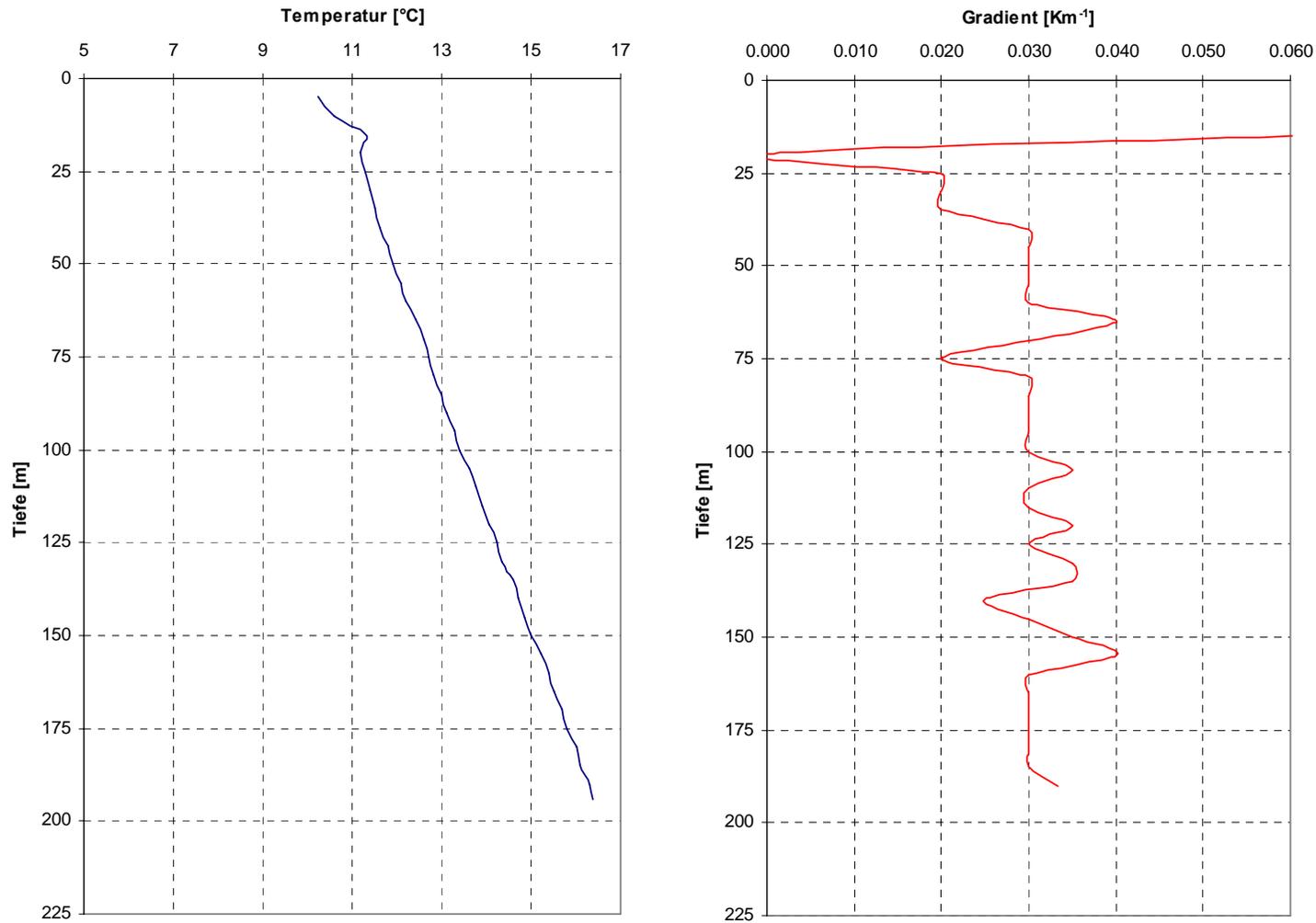


Fig. 19: Temperaturprofil (blau, links), Verlauf Temperaturgradient (rot, rechts)

A.2.7 WEISSBAD (B8)

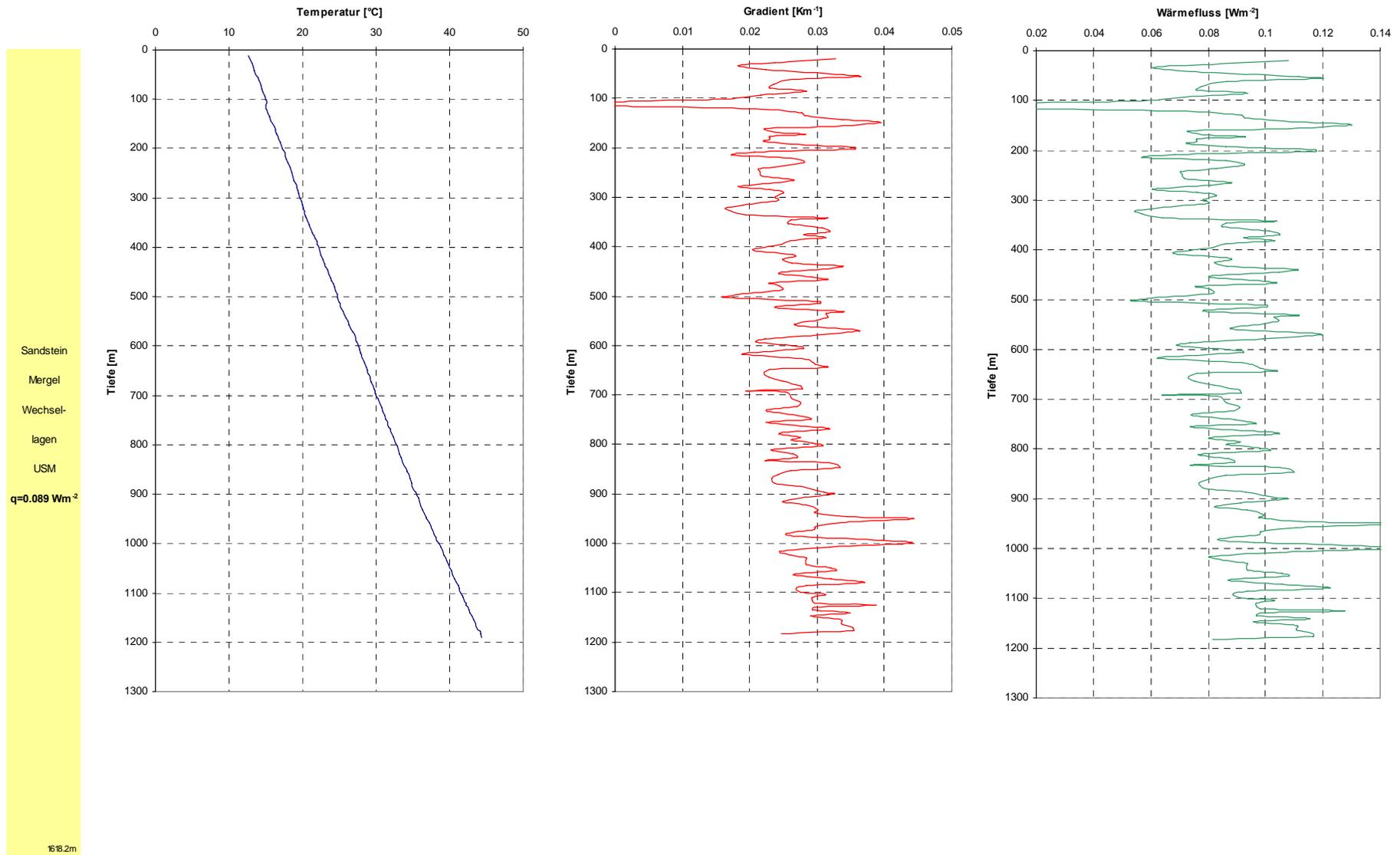


Fig. 20: Temperaturverlauf mit geologischem Profil (blau, rechts); Temperaturgradienten (rot, Mitte); Verlauf Wärmefluss Messung (dunkelgrün, rechts)

A.2.8 AU (B11)

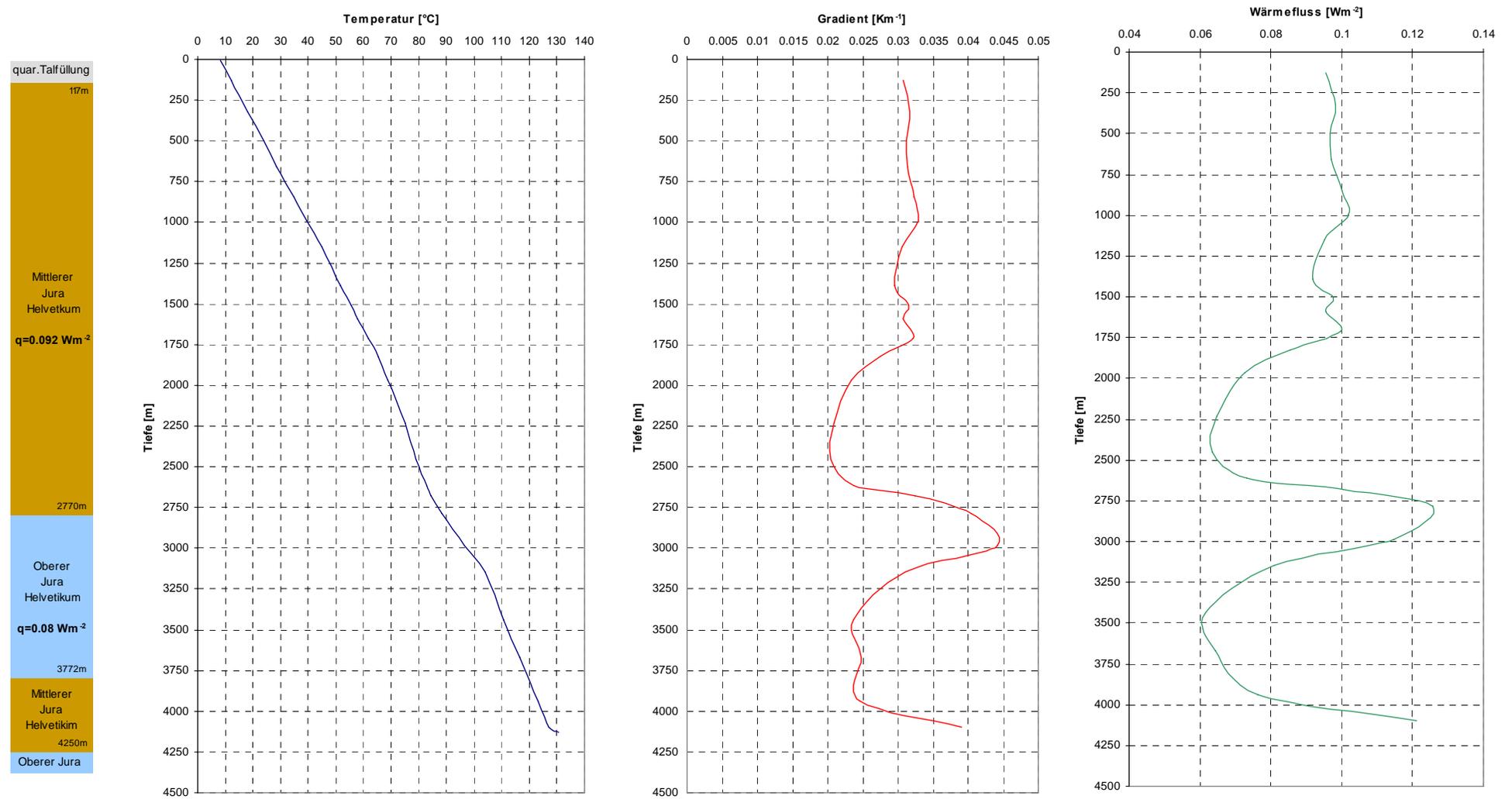


Fig. 21: Temperaturverlauf mit geologischem Profil (blau, rechts); Temperaturgradienten (rot, Mitte); Verlauf Wärmefluss Messung (dunkelgrün, rechts)

A.2.9 HARD I (B12)

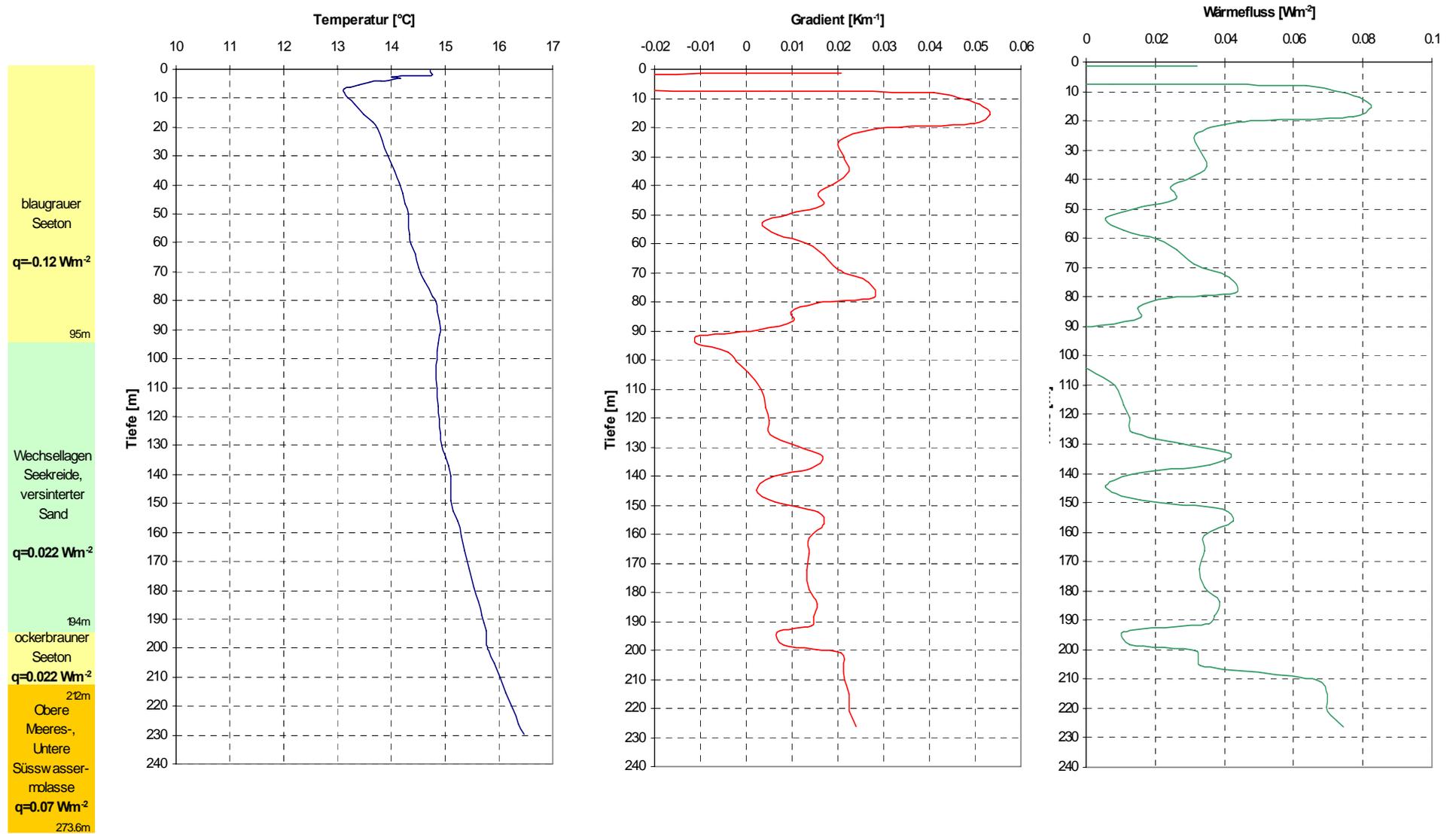


Fig. 22: Temperaturverlauf mit geologischem Profil (blau, rechts); Temperaturgradienten (rot, Mitte); Verlauf Wärmefluss Messung (dunkelgrün, rechts)

## Ziel der seismischen Erkundung am Ammersee

Die seismischen Untersuchungen westlich von Utting dienen zur Festlegung der optimalen Bohrplätze und der Auswahl eines optimalen Standortes für ein geplantes Geothermiekraftwerk der Geoenergie Bayern GmbH.

Aus dem heißen Wasser im Untergrund der Region Utting - Finning soll umweltfreundlich und CO2-frei Strom und Wärme produziert werden.

## GEOenergie Bayern GmbH – Der Auftraggeber

Der Finanzinvestor G-Finanz Ltd. aus London und die Aufwind Schmack GmbH Neue Energien aus Regensburg gründeten 2007 die Firma Geoenergie Bayern GmbH zur Realisierung geothermischer Kraftwerke in Bayern.

Mit Herrn Dipl.-Ing.-Dipl.geol. Bernd Kapp, Charles J. Rice und Dipl. Geogr. Bernhard Gubo im Management ist das Unternehmen gut positioniert um am rasanten Wachstum der geothermischen Energiegewinnung langfristig und maßgeblich zu partizipieren und die Entwicklung CO2-neutraler Kraftwerke unter den Aspekten des Klimaschutzes sowie der wirtschaftlichen Rentabilität zügig voranzutreiben.

### Der Messtrupp

Die DMT GmbH & Co. KG ist ein unabhängiges Ingenieur- und Consultingunternehmen mit Schwerpunkt auf den Gebieten Rohstofferkundung und Geologie, Produktprüfung und Gebäudesicherheit, Bau und Infrastruktur, Bergbau und Kokereitechnik sowie Industrielle Prüf- und Messtechnik.



## GEOenergie Bayern GmbH

Schwandorfer Straße 12  
93059 Regensburg

info@geoenergie-bayern.com

Sitz Regensburg  
Amtsgericht Regensburg HRB 10762

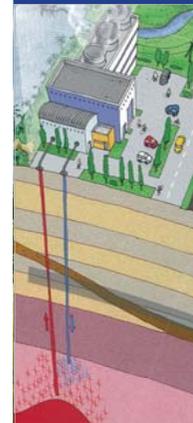
Geschäftsführung  
Bernhard Gubo, Charles Rice

# GEO ENERGIE BAYERN

# Seismische Erkundung am Westufer des Ammersees

Im Auftrag der Geoenergie Bayern GmbH, führt die DMT GmbH & Co. KG ab Ende April seismische Untersuchungen im Gemeindegebiet zwischen Utting, Schondorf und Finning durch. Erkundet wird das Vorkommen heißer Thermalquellen für die Planung eines Geothermiekraftwerks.

## Was ist Geothermie?



Geothermie nutzt die Wärme, die vom glühend heißen Erdkern ausgeht. Durch Bohrungen in großer Tiefe gelangen Thermalwasser oder -dampf an die Erdoberfläche. Mit dieser Wärmeenergie werden Generatoren betrieben, die Fernwärmenetze beschicken oder klimafreundlichen Strom erzeugen. Rund um die Uhr und unabhängig von Wind und Wetter.

## Geothermie am Ammersee

*Wir wollen dass Sie gut informiert sind!*



# GEO ENERGIE BAYERN

*Ihre Ansprechpartner vor Ort:  
Tel.: 0172 413 2262*

## Sehr geehrte Anlieger und Anliegerinnen,

die Geoenergie Bayern GmbH realisiert geothermischer Kraftwerke vornehmlich im bayerischen Raum. In Oberbayern und Schwaben bietet der Untergrund hervorragende Bedingungen für die Erschließung geothermischer Lagerstätten. Wir wollen diese Energiequelle für Sie nutzen.

### Untersuchungsgebiet Utting

Im 45 Quadratkilometer großen Aufsuchungsfeld am Ammersees, westlich von Utting liegen in einer Tiefe von 2.500 - 3.500 Metern Gesteinsformationen die heißes Wasser führen. Die Erkundung des Untergrunds zur Aufsuchung von heißem Wasser erfolgt mittels Vibrationsseismik.

Die Vermessungsarbeiten werden bis voraussichtlich Mitte Juni dauern.

### Abklärung der Zugangsrechte

Bereits ab nächster Woche werden Permitter die betroffenen Grundstückseigner aufsuchen um alle Zugangs- und Wegenutzungsrechte innerhalb der genehmigten Trassen abzuklären.

### Die Permitter

IPS – Informations & Planungsservice GmbH  
In Ihren Aufgabenbereich gehört die Benachrichtigung und Information der Behörden sowie aller betroffenen Grundstückseigentümer und Pächter, die Betreuung während der Messkampagne und die Koordination der Feldarbeiten mit dem Messtrupp.

**Ihre Ansprechpartner vor Ort:**  
Tel.: 0172 413 2262



### Wir bitten um Ihr Verständnis!

Die Vermessung und Markierung der Geophonlinien (Empfänger der seismischen Wellen) erfolgt ab Ende April. Während der Messphase kann es durch den Konvoi der seismische Messfahrzeuge im betroffenen Gebiet auf Straßen und Wegen zu vorübergehenden Verkehrsbehinderungen kommen.

### Erkundung mit Vibrationsseismik

Seismische Verfahren nutzen das physikalische Gesetz, dass Schwingungen sich von der Erdoberfläche in die Tiefe fortpflan-

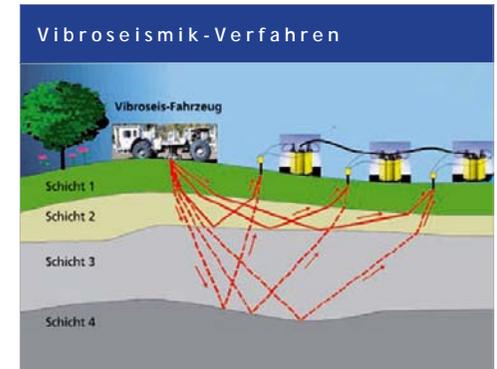
zen und von Gesteinsschichten reflektiert, wieder an die Erdoberfläche gelangen. Die reflektierten Schwingungen werden an der Oberfläche gemessen und in elektrische Signale umgewandelt.

Aus den gewonnenen Geodaten erhalten Geologen ein dreidimensionales Bild des Untergrundes und können so bestimmen, wo sich mögliche Thermalwasservorkommen für eine klimafreundliche Strom- und Wärmeversorgung befinden.

### Das Vibroseismik-Verfahren

Bei diesem Verfahren werden entlang möglichst gerader Linien Messkabel mit Geophonketten ausgelegt. Dies geschieht zu Fuß, wobei die Geophone alle ca. 4m in den Boden gedrückt werden. An verkehrsgünstigen Stellen wird dieses Kabelnetzwerk in einem Messwagen zusammengeführt.

Senkrecht zu den Geophonlinien verlaufen Vibratortrassen auf denen Spezialfahrzeuge (Vibratoren) in Abständen von ca. 50m Schwingungen in den Boden abgeben. Die



Vibratortrassen werden so geplant, dass zu Gebäuden ein Sicherheitsabstand von mind. 50m eingehalten wird. Ist dies nicht möglich werden die seismischen Impulse gebäudenah abgesenkt.

### Keine Gefahr für Mensch und Natur

Die von den Vibratoren ausgesendeten seismischen Wellen werden von Mensch und Tier als kaum wahrnehmbares Zittern empfunden. Diese umweltschonende und völlig ungefährliche Methode beeinträchtigt weder Mensch noch Natur.



Vibratoren bei der Aussendung seismischer Wellen

## Was ist Geothermie?



Geothermie nutzt die Wärme, die vom glühend heißen Erdkern ausgeht. Durch Bohrungen in großer Tiefe gelangen Thermalwasser oder -dampf an die Erdoberfläche. Mit dieser Wärmeenergie werden Generatoren betrieben, die Fernwärmenetze beschicken oder klimafreundlichen Strom erzeugen. Rund um die Uhr und unabhängig von Wind und Wetter.

## Erkundung am Ammersee

Die seismischen Untersuchungen westlich von Utting dienen zur Festlegung der optimalen Bohrplätze und der Auswahl eines optimalen Standortes für ein geplantes Geothermiekraftwerk der Geoenergie Bayern GmbH.

Aus heißen Wasser im Untergrund der Region Utting / Finning soll umweltfreundlich und CO<sub>2</sub>-frei Strom und Wärme produziert werden.

## GEOenergie Bayern GmbH – Der Auftraggeber

Die Firma Geoenergie Bayern GmbH wurde 2007 zur Realisierung geothermischer Kraftwerke in Bayern gegründet. Mit Dipl.-Ing.-Dipl.geol. Bernd Kapp, Charles J. Rice und Dipl. Geogr. Bernhard Gubo im Management ist das Unternehmen gut positioniert um am rasanten Wachstum der geothermischen Energiegewinnung langfristig und maßgeblich zu partizipieren und die Entwicklung CO<sub>2</sub>-neutraler Kraftwerke unter den Aspekten des Klimaschutzes sowie der wirtschaftlichen Rentabilität zügig voranzutreiben.

## Der Messtrupp

Die DMT GmbH & Co. KG ist ein unabhängiges Ingenieur- und Consultingunternehmen mit Schwerpunkt auf den Gebieten, Geologie, Rohstofferkundung, Gebäudesicherheit, Infrastruktur, Bergbau sowie Industrielle Prüf- und Messtechnik.



## GEOenergie Bayern GmbH

Schwandorfer Straße 12  
93059 Regensburg

info@geoenergie-bayern.com

Sitz Regensburg  
Amtsgericht Regensburg HRB 10762

Geschäftsführung  
Bernhard Gubo, Charles Rice

**GEO** ENERGIE  
BAYERN

# Information für betroffene Anlieger

## Verlegung von seismischen Messkabeln am Westufer des Ammersees

Im Auftrag der Geoenergie Bayern GmbH, führt die DMT GmbH & Co. KG ab Ende April seismische Untersuchungen im Gemeindegebiet zwischen Utting, Schondorf und Finning durch. Erkundet wird das Vorkommen heißer Thermalquellen für die Planung eines Geothermiekraftwerks.

Die Vermessung und Markierung der Messkabeltrassen und Geophonketten beginnt am **28. April 2008**.

## Zeitplan der seismischen Untersuchung

**28. April 08**  
Beginn der Vermessung und Markierung der Trassen für die Messkabel und Geophonketten

**Ab 13. Mai 08**  
Auslegung der Messkabel und Geophonketten sowie Beginn der seismischen Messungen

**Ende der Erkundung Mitte Juni 08**

## Geothermie am Ammersee

*Wir wollen dass Sie gut  
informiert sind!*



**GEO** ENERGIE  
BAYERN

*Ihre Ansprechpartner vor Ort:  
Tel.: 0172 413 2262*

## Sehr geehrte Anlieger und Anliegerinnen,

die Geoenergie Bayern GmbH plant geothermische Kraftwerke vornehmlich im bayerischen Raum. Im Untergrund des Erkundungsgebiets am Ammersee bieten sich hervorragende Bedingungen für die Erschließung geothermischer Lagerstätten. Wir wollen diese saubere Energiequelle für Sie nutzen.

### Beginn der Vermessungen ab 28. April

Im 45 Quadratkilometer großen Aufsuchungsfeld werden ab Ende April entlang möglichst gerader Linien die Trassen für die Messkabel und Geophonketten vermessen, ausgepflockt und markiert.

### Seismische Erkundung ab dem 13. Mai

Nach Auslegung der Messkabel und Geophonketten ab dem 13. Mai beginnt die Messung mittels Vibrationsseismik.

Die Geophone ragen ca. 5 cm aus dem Boden, werden ca. alle 4 m in den Boden gedrückt und sind per Datenkabel verbunden.

*Die isolierten Kabel führen keinen Strom, können befahren werden, dürfen aber nicht verschoben werden.*

#### IPS – Informations- & Planungsservice GmbH

In Ihren Aufgabenbereich gehört die Benachrichtigung und Information der Behörden sowie aller betroffenen Grundstückseigentümer und Pächter, die Betreuung während der Messkampagne und die Koordination der Feldarbeiten mit dem Messtrupp.

*Ihre Ansprechpartner vor Ort:  
Tel.: 0172 413 2262*



### Abklärung der Zugangsrechte

Mitarbeiter der Firma IPS suchen die betroffenen Grundstückseigner in dieser Woche auf um alle Zugangs- und Wegenutzungsrechte abzuklären.

Die Vibratortrassen werden so geplant, dass die vorgegebenen Sicherheitsabstände nach DIN Norm eingehalten werden.

Die Messungen werden bis voraussichtlich Mitte Juni dauern.

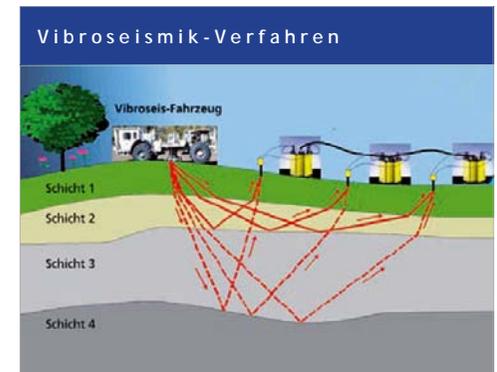
### Wir bitten um Ihr Verständnis!

Während der Messphase kann es durch den Konvoi der seismische Messfahrzeuge im betroffenen Gebiet auf Straßen und Wegen zu vorübergehenden Verkehrsbehinderungen kommen.

### Erkundung mit Vibrationsseismik

Das Seismische Verfahren nutzt das physikalische Gesetz, dass Schwingungen sich von der Erdoberfläche in die Tiefe fortpflanzen und von Gesteinsschichten reflektiert, wieder an die Erdoberfläche gelangen. Die reflektierten Schwingungen werden an der Oberfläche gemessen.

Aus den gewonnenen Geodaten erhalten Geologen ein dreidimensionales Bild des Untergrundes und können so bestimmen, wo sich mögliche Thermalwasservorkommen für eine klimafreundliche Strom- und Wärmeversorgung befinden.



### Keine Gefahr für Mensch und Natur

Die von den Vibratoren ausgesendeten seismischen Wellen werden von Mensch und Tier als kaum wahrnehmbares Zittern empfunden. Diese umweltschonende und völlig ungefährliche Methode beeinträchtigt weder Mensch noch Natur.



Vibratoren bei der Aussendung seismischer Wellen