

BERICHT UND ANTRAG
DER REGIERUNG
AN DEN
LANDTAG DES FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN
BETREFFEND
DEM NUTZUNGSPOTENZIAL DER TIEFENGEOTHERMIE IN
LIECHTENSTEIN

<i>Behandlung im Landtag</i>	
	<i>Datum</i>
Schlussabstimmung	

Nr. 129/2012

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Zusammenfassung	7
Zuständiges Ressort	9
Betroffene Amtsstellen	9
I. BERICHT DER REGIERUNG	11
1. Ausgangslage	11
2. Grundlagen	13
2.1 Was versteht man unter Geothermie	13
2.2 Wie lässt sich die Geothermie nutzen	13
2.2.1 Oberflächennahe Geothermie	14
2.2.2 Tiefe Geothermie	14
2.3 Wo gibt es bestehende Geothermieprojekte	16
2.3.1 Globale Betrachtung	16
2.3.2 Geothermie in Europa	16
2.3.3 Geothermie in Deutschland	18
2.3.4 Geothermie in der Schweiz	19
2.3.5 Geothermie in Vorarlberg	24
2.4 Erfahrungsaustausch	24
2.5 Geothermie und Seismizität	25
3. Bisherige Untersuchungen	27
3.1 Vorstudie (Dez. 2007 bis Juni 2008)	27
3.2 Gravimetrische und magnetische Messungen (Juli 2008 bis Februar 2009)	29
3.3 Seismische Untersuchungen (Februar 2009 bis Oktober 2010)	29
3.3.1 Seismik Planung	31
3.3.2 Seismische Messkampagne und Auswertung	33
3.3.3 Ergebnis der 2D-Testseismik	34
3.4 Charakterisierung der Gesteinsschichten hinsichtlich der Wasserführung	36
3.5 Ressourcenanalyse	37
4. Abklärungen auf Basis der Ressourcenanalyse	42
4.1 Machbarkeit einer Kombination „Geothermie-KVA“	43

4.2	Prüfen von Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit dem Raum Feldkirch	48
4.2.1	Ausgangslage.....	48
4.2.2	Wärmeabnahmepotenzial der Stadt Feldkirch.....	49
4.2.3	Grenzüberschreitende Wärmenutzungsmöglichkeiten Liechtenstein-Feldkirch	50
4.3	Zusammenfassende Feststellung	51
4.4	Gespräche mit den verschiedenen Akteuren	52
4.4.1	Generelle Herausforderungen an ein Geothermieprojekt ..	52
4.4.2	Chancen eines Geothermieprojektes	53
4.4.3	Fernwärmepreis und Anschluss von Wärmeabnehmern	55
4.4.4	Koordination Gasversorgung und Fernwärmeversorgung ..	56
4.4.5	Grosse Wärmeabnehmer.....	57
4.4.6	Sinkender Wärmeverbrauch im Wohnbereich.....	57
4.4.7	Siedlungsstruktur	58
4.4.8	Baukosten Fernwärmeleitungen.....	58
4.4.9	Strukturelle und Gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen	59
4.4.10	Energiestrategie 2020	59
4.4.11	Weiteres Vorgehen	61
5.	Schlussfolgerungen.....	61
5.1.1	Ausgangslage Ressourcenanalyse.....	61
5.1.2	Zusammenarbeit Liechtenstein-Feldkirch	62
5.1.3	Zusammenarbeit Liechtenstein-Buchs.....	62
5.1.4	Strukturelle und gesellschaftspolitische Herausforderungen.....	63
5.1.5	Abschliessende Bemerkungen	63
6.	Weiteres Vorgehen.....	64
6.1	Fokus Wärmeverbund Buchs-Schaan.....	64
6.2	Berücksichtigung der Geothermie	65
6.3	Arbeitsgruppe.....	66
7.	Ausblick.....	68
7.1	Wärmeverbund Buchs-Schaan.....	68
7.2	Geothermie	68
II.	ANTRAG DER REGIERUNG.....	69

Hinweis:

- Die Berichte „Ressourcenanalyse“ sowie „Machbarkeitsabklärung Geothermie-KVA“ können beim Amt für Umweltschutz angefordert werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Massnahmenplans Luft und der Entwicklung der Energiestrategie 2020 widmete sich die Regierung dem Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein. In den Jahren 2008 bis 2011 wurden dazu verschiedene Untersuchungen und Abklärungen durchgeführt. All diese Abklärungen mündeten Mitte März 2011 in einen zusammenfassenden Synthesebericht (Ressourcenanalyse), welcher alle bis dahin gewonnenen Erkenntnisse zusammen führt und den aktuellen Stand des Wissens in Bezug auf das Potenzial sowie die Nutzungsmöglichkeiten der Tiefengeothermie in Liechtenstein darstellt.

Die Regierung hat das Amt für Umweltschutz daraufhin beauftragt, die Ergebnisse der Ressourcenanalyse den relevanten Akteuren vorzustellen und mit diesen die Möglichkeiten, Einschränkungen und Herausforderungen der Geothermienutzung aus geologischer, nutzungstechnischer und wirtschaftlicher Sicht zu diskutieren und zu bewerten. Dabei stand insbesondere die Empfehlung im Vordergrund, im Sinne der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, die Möglichkeiten einer grenzüberschreitenden Wärmenutzung zu prüfen. Diesbezüglich standen zwei Gebiete im Vordergrund, so das Fernwärmenetz der KVA-Buchs sowie der Raum Feldkirch. Zusätzlich wurde die Variante eines Wärmeverbundes „Schaan-Vaduz-Triesen“ betrachtet.

Eine grenzüberschreitende Wärmenutzung zwischen der Stadt Feldkirch und Liechtenstein erscheint aus technischer und wirtschaftlicher Sicht wenig aussichtsreich. Dies hängt im Wesentlichen damit zusammen, dass zum einen das Liechtensteiner Unterland nicht über die notwendigen Wärmedichten für den Aufbau einer wirtschaftlich sinnvollen Fernwärmeversorgung verfügt. Zum anderen wird eine Fernwärmeverbindung Schaan-Feldkirch als teuer und damit wirtschaftlich kritisch eingestuft.

Die Abklärungen bezüglich einer Kombination der Geothermienutzung mit der KVA-Buchs zeigten, dass sich aus technischer und wirtschaftlicher Sicht für beide Seiten grundsätzlich interessante Möglichkeiten und Vorteile ergeben können. In Bezug auf die Geothermie steht mit der KVA (Kondensaterwärmung, Fernwärmenetz) ein gewichtiger Wärmeabnehmer zur Verfügung. Aus Sicht der KVA ergibt sich aufgrund der zusätzlichen Wärmeenergie aus der Geothermieanlage die

Möglichkeit, weniger Dampf für die internen Prozesse und die Fernwärmeversorgung auskoppeln zu müssen und damit die Stromproduktion zu steigern. In Bezug auf die Wärmegestehungskosten kann im Vergleich zu dem in der Ressourcenanalyse untersuchten Wärmeverbund „Schaan-Vaduz-Triesen“ (37.5 Rp/kWh) eine Reduktion auf 26 Rp/kWh und zur Variante „nur Schaan“ eine Reduktion auf 32 Rp/kWh erreicht werden. Diese Gestehungskosten beruhen auf konservativen Annahmen und ohne Berücksichtigung von Subventionen, Einspeisevergütungen oder CO₂-Gutschriften. Die ebenfalls untersuchte Vergleichsvariante Fernwärmelieferung von der KVA-Buchs nach Schaan ohne Geothermie ergibt Wärmegestehungskosten im Bereich von 11 Rp/kWh, was aus wirtschaftlicher Sicht als attraktiv bezeichnet werden kann. Im Vergleich dazu beträgt der Wärmepreis bei einer konventionellen Öl-Heizung unter Berücksichtigung einer Vollkostenbetrachtung rund 15 bis 20 Rp/kWh.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass von allen geprüften Varianten aus technischer und wirtschaftlicher Betrachtungsweise eine grenzüberschreitende Geothermienutzung zwischen Schaan und Buchs zusammen mit der KVA am aussichtsreichsten erscheint. Basis dafür ist ein Wärmeverbund Buchs-Schaan. Dieser soll in einer ersten Phase von der KVA versorgt werden. Ein solches Vorhaben steht im Einklang mit der Energiestrategie 2020 und ist gemäss den ersten Abklärungen technisch und wirtschaftlich sinnvoll und attraktiv. Zum anderen ermöglicht ein solcher Wärmeverbund in einer allfälligen nächsten Phase, die Geothermie in Kombination mit der KVA optimal zu nutzen und damit die Wirtschaftlichkeit zu verbessern. Eine solche regionale Zusammenarbeit und der damit erreichbare Umweltnutzen stehen auch im Einklang mit der Agenda 2020.

Die Abklärungen haben neben technischen und wirtschaftlichen Erkenntnissen aber auch gezeigt, dass es in Bezug auf strukturelle und gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen einige wichtige Themenfelder zu klären gibt, die im Hinblick auf eine definitive Entscheidung für einen Wärmeverbund Buchs-Schaan, sei es mit oder ohne Geothermie, von zentraler Bedeutung sind. Dazu gehören insbesondere: Koordination der bestehenden Gasversorgungsinfrastruktur mit der Fernwärmeversorgung (Stichwort Energieplanung, Energiekataster, Eignerstrategie), betriebsorganisatorische und finanzierungstechnische Fragestellungen.

gen, Anschluss- und Preismodelle, gesetzgeberischer Handlungsbedarf bezüglich allfällig notwendiger flankierender Massnahmen.

In Bezug auf das weitere Vorgehen soll nach Ansicht der Regierung der Fokus auf die Machbarkeit eines „Wärmeverbundes Buchs-Schaan“ gelegt werden. Dabei soll die Geothermie in der Machbarkeitsstudie „Wärmeverbund Buchs-Schaan“ als Option mitberücksichtigt werden. Im Vordergrund stehen dabei die vertiefte Prüfung der Anbindung von Grossabnehmern sowie die Abklärung struktureller und gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen. Diese Arbeiten sollen im Rahmen einer Arbeitsgruppe, unter Beteiligung der relevanten Akteure, durchgeführt werden. Die Machbarkeitsstudie „Wärmeverbund Buchs-Schaan“ soll aufzeigen, ob, wann und unter welchen Rahmenbedingungen das Projekt Wärmeverbund Buchs-Schaan umgesetzt werden kann.

ZUSTÄNDIGES RESSORT

Ressort Umwelt, Raum, Land- und Waldwirtschaft

Ressort Wirtschaft

BETROFFENE AMTSSTELLEN

Amt für Umweltschutz

Amt für Volkswirtschaft

Amt für Bevölkerungsschutz

Vaduz, 30. Oktober 2012

P

Sehr geehrter Herr Landtagspräsident,
Sehr geehrte Frauen und Herren Abgeordnete

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

I. **BERICHT DER REGIERUNG**

1. **AUSGANGSLAGE**

Mit dem vorliegenden Bericht und Antrag informiert die Regierung den Hohen Landtag über den aktuellen Stand zum Projekt Tiefengeothermie. Das Projekt hat seinen Ursprung im Massnahmenplan Luft der Regierung, welcher vom Landtag in seiner Sitzung vom 25. Oktober 2007 zur Kenntnis genommen wurde (Bericht und Antrag Nr. 103/2007). Gemäss der im Massnahmenplan Luft aufgeführten Massnahme Nr. 8 „[...] ist abzuklären, ob und in welchem Mass die Nutzung der Tiefengeothermie in Liechtenstein aufgrund der geologischen Bedingungen möglich ist und welche Realisierungsmöglichkeiten bestehen.“

Basierend auf dieser Massnahme wurden seit Anfang 2008 verschiedene Abklärungen und Untersuchungen zum Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein durchgeführt. Am 25. Juni 2009 wurde der Landtag ein erstes Mal

über die bis dahin erfolgten Abklärungen¹ und das geplante weitere Vorgehen, das die Durchführung einer 2D-Testseismik vorsah, informiert (Bericht und Antrag Nr. 31/2009). Am 16. September 2009 gelangte die Regierung mit einem entsprechenden Verpflichtungskredit in Höhe von 1.7 Millionen Franken an den Landtag. Der Verpflichtungskredit beinhaltete die Durchführung einer 2D-Testseismik sowie der notwendigen begleitenden Arbeiten (Bericht und Antrag Nr. 62/2009). Der Verpflichtungskredit wurde vom Landtag genehmigt (LGBl. 2009 Nr. 283).

Die 2D-Testseismik wurde nach umfangreichen Vorbereitungsarbeiten im Januar 2010 durchgeführt. Anschliessend folgten eine aufwändige Datenaufbereitung und geologische Interpretation, die im Dezember 2010 abgeschlossen werden konnten. Parallel bzw. aufbauend zur 2D-Testseismik wurden im Rahmen der Ressourcenanalyse verschiedene weitere Abklärungen durchgeführt². All diese Abklärungen mündeten Mitte März 2011 in einen zusammenfassenden Synthesericht (Ressourcenanalyse), welcher alle bis dahin gewonnenen Erkenntnisse zusammen führt und den aktuellen Stand des Wissens in Bezug auf das Potenzial sowie die Nutzungsmöglichkeiten der Tiefengeothermie in Liechtenstein darstellt. Die Regierung hat das Amt für Umweltschutz im März 2011 beauftragt die Ergebnisse der Ressourcenanalyse den relevanten Akteuren vorzustellen und mit diesen die Möglichkeiten, Einschränkungen und Herausforderungen der Geothermienutzung aus geologischer, nutzungstechnischer und wirtschaftlicher Sicht, sowohl national wie auch in grenzüberschreitender Zusammenarbeit, zu diskutieren und zu bewerten. Die Ressourcenanalyse wurde den Landtagsabge-

¹ Vorstudie, gravimetrische und magnetische Messungen, Ressourcenanalyse Teil 1, Seismikplanung und Sensitivitätsbetrachtung

² Wärmenutzungspotenzial in Liechtenstein, Charakterisierung der potenziellen Aquifer-Formationen, 3D-Untergrundmodell, Temperatur- und Potenzialberechnungen

ordneten im Rahmen einer Informationsveranstaltung am 12. Mai 2012 vorgestellt. Am 25. Mai 2012 fand eine öffentliche Informationsveranstaltung statt.

Der vorliegende Bericht und Antrag knüpft an die bisherigen Informationen zuhanden des Landtages an und geht insbesondere auf die Ergebnisse der Ressourcenanalyse sowie die darauf basierenden Gespräche und Abklärungen mit den involvierten Akteuren und betroffenen Stellen ein. Daraus abgeleitet wird das weitere Vorgehen dargestellt. Der Vollständigkeit halber, bzw. zur besseren Übersicht werden auch alle bisher durchgeführten Abklärungen und Untersuchungen zusammenfassend dargestellt.

2. GRUNDLAGEN

2.1 Was versteht man unter Geothermie

Unter Geothermie, auch Erdwärme genannt, versteht man die in der Erde gespeicherte Wärme. Ein Teil dieser Wärme stammt noch aus der Zeit der Entstehung der Erde vor über 4 Milliarden Jahren. Der Rest wird durch radioaktive Zerfallsprozesse fortwährend in der Erdkruste neu generiert. Die Temperatur des Untergrundes nimmt mit der Tiefe zu. Die Temperaturzunahme beträgt in Mitteleuropa rund 30°C pro 1000 Meter Tiefe. In 3500 Meter Tiefe beträgt die Temperatur folglich etwa 100°C.

2.2 Wie lässt sich die Geothermie nutzen

Die Geothermie bietet verschiedene Nutzungsmöglichkeiten, welche im Wesentlichen von der Tiefe, der Temperatur, den Gesteinseigenschaften sowie das Vorhandensein von Wasser abhängig sind. Die folgende Abbildung zeigt die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie in Abhängigkeit der verschiedenen Parameter.

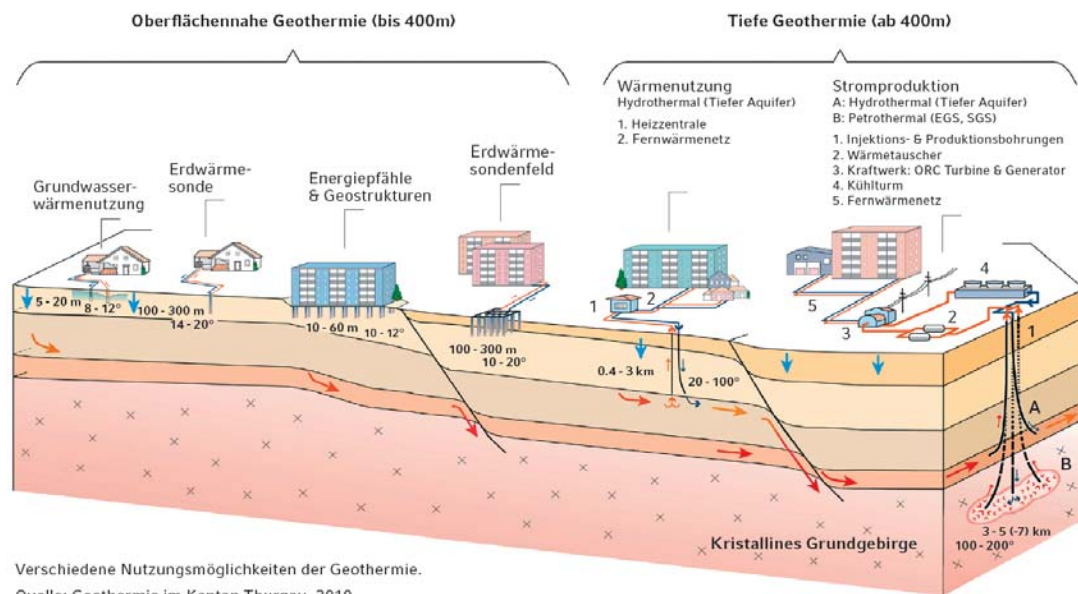


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie. Quelle: Geothermie im Kanton Thurgau, 2010.

2.2.1 Oberflächennahe Geothermie

Bei Nutzungen bis in eine Tiefe von rund 400 Metern spricht man von oberflächennaher Geothermie. Die in diesem Tiefenbereich vorhandene Wärme von bis etwa 20 °C eignet sich für Heiz- und Kühlzwecke mittels Wärmepumpen. Dafür stehen verschiedene Systeme zur Verfügung, so beispielsweise Erdwärmesonden oder Anlagen zur Grundwasserwärmenutzung. Diese Systeme sind auch in Liechtenstein weit verbreitet³.

2.2.2 Tiefe Geothermie

Bei Tiefen ab 400 Metern spricht man von tiefer Geothermie. Dabei wird grundsätzlich zwischen zwei verschiedenen Nutzungsarten unterschieden, der hydro-

³ In Liechtenstein sind aktuell rund 350 Erdwärmesondenanlagen sowie rund 26 Anlagen zur Grundwasserwärmenutzung in Betrieb.

thermalen und der petrothermalen Geothermie. Bei hydrothermalen Systemen wird natürlich vorkommendes heisses Wasser, sogenanntes Thermalwasser, genutzt. Voraussetzung für die hydrothermale Geothermienutzung sind natürlich vorkommende durchlässige Gesteinsschichten und das Vorhandensein von Wasser. Solche wasserführenden Gesteinsschichten werden Aquifere genannt. Das heisse Wasser wird über eine erste Bohrung an die Oberfläche gepumpt und nach dem Wärmeentzug über eine zweite Bohrung wieder zurück in den Untergrund gegeben.

Bei der zweiten Nutzungsart, der petrothermalen Geothermie, wird im Gegensatz zur hydrothermalen Geothermie die Wärme aus ursprünglich dichten und damit wasserfreien Gesteinsformationen genutzt. Durch Einpressen von Wasser mit hohem Druck über eine Tiefbohrung wird das trockene und soweit dichte Gestein aufgebrochen. Dadurch entsteht ein Netz von künstlich geschaffenen Klüften, die als Wärmetauscher genutzt werden können. Dazu wird Wasser in den Untergrund gepumpt, wo es durch das Kluftsystem fließt und vom heissen Gestein erhitzt wird. Das heisse Wasser wird wieder an die Oberfläche befördert wo es für die Stromproduktion und Wärmeversorgung genutzt werden kann.

Während weltweit zahlreiche hydrothermale Geothermieanlagen, z.T. seit Jahrzehnten, in Betrieb sind, befinden sich petrothermale Geothermieanlagen noch in der Entwicklungsphase. Eine erste Anlage ist 2008 im Elsass in Betrieb gegangen. Das vielerorts bekannte Projekt in Basel wurde nach mehreren Erdstößen, die im Zusammenhang mit dem Einpressen von Wasser in das Gestein aufgetreten sind, gestoppt (siehe Kap. 2.3.4 Geothermieprojekt Basel).

2.3 Wo gibt es bestehende Geothermieprojekte

2.3.1 Globale Betrachtung

Die meisten Geothermieranlagen befinden sich in Gebieten, wo heisses Wasser bzw. Dampf aufgrund von natürlichen Gegebenheiten bereits in geringer Tiefe genutzt werden kann. Dies ist insbesondere in tektonisch/vulkanisch aktiven Gebieten der Fall, so z.B. in den USA, Philippinen, Indonesien, Mexiko, Italien, Island, Neuseeland, Japan, Kenia, El Salvador. Die weltweite elektrische Leistung aller Geothermieranlagen beträgt rund 11'000 MW, was in etwa der elektrischen Leistung von 10 Atomkraftwerken in der Grössenordnung der Anlage von Gösgen entspricht.

2.3.2 Geothermie in Europa

Die bestehenden und geplanten Geothermieranlagen in Europa verteilen sich auf verschiedene Gebiete. Dazu gehören insbesondere das Molassebecken (Süddeutschland, Österreich, Schweiz), der Rheingraben (Deutschland, Frankreich bis Basel), das Pariser Becken, das Norddeutsche Becken (Deutschland und Polen), das Steirische Becken in Ostösterreich sowie die tektonisch/vulkanisch aktiven Gebiete wie die Toskana und Island (siehe Abbildung 2).

Während die ersten Geothermieranlagen ausserhalb der vulkanischen Gebiete 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 ab etwa 100°C auch die Möglichkeit der Stromproduktion bietet. Verschiedene solcher Strom produzierenden Geothermie-Heizkraftwerke sind in den letzten Jahren in Betrieb gegangen, zahlreiche Projekte befinden sich in der Planung und Realisierung. Die meisten davon befinden sich in Deutschland. 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 günstigen Rahmenbedingungen, die in Deutschland für erneuerbare Energien geschaffen wurden.

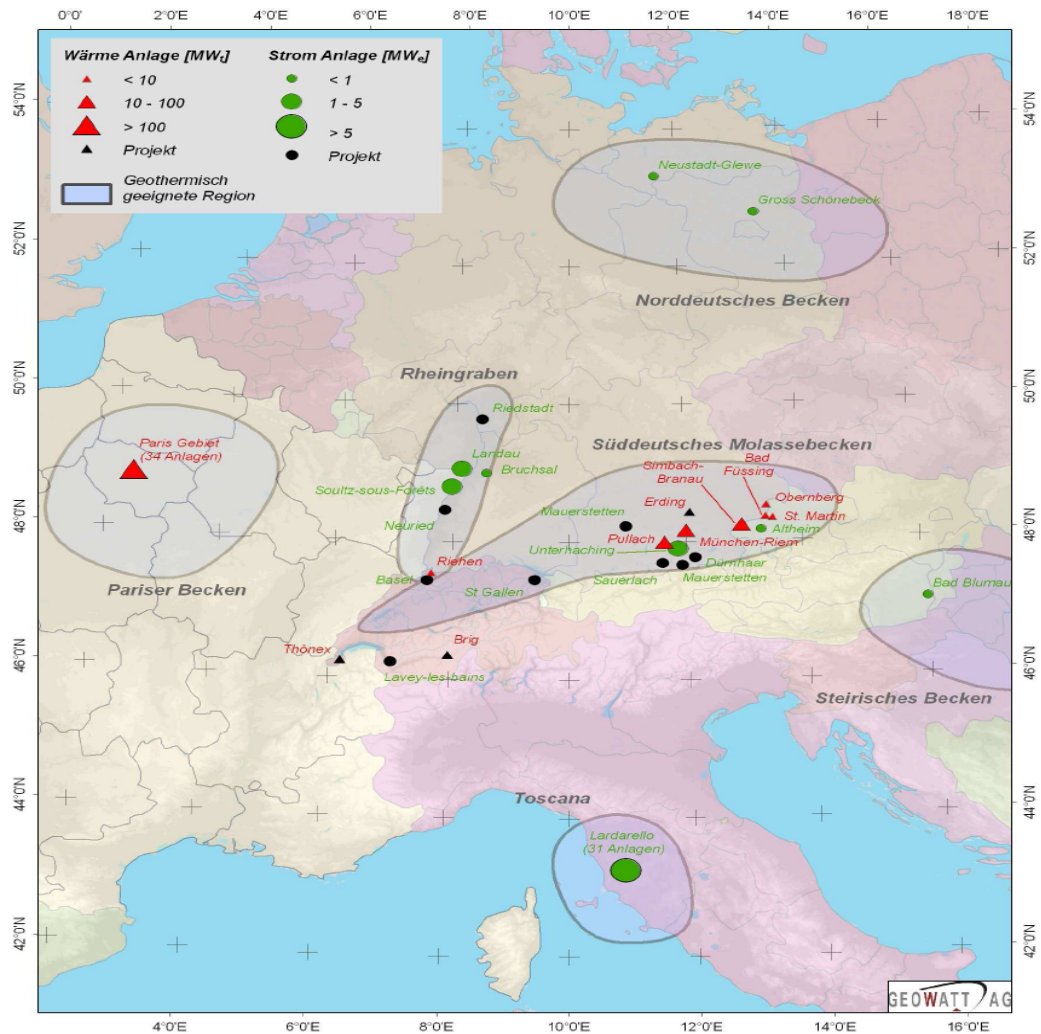


Abbildung 2: Übersicht ausgewählter Geothermianlagen in Europa. Quelle, Geowatt AG.

Das erste geothermische Kraftwerk wurde 1913 in Italien in der Ortschaft Lardarello in der Toskana in Betrieb genommen. Mit heissem Wasserdampf erzeugten wasserdampfbetriebene Turbinen in den ersten Jahren 220 kW elektrische Leistung. Heute speist in dieser Gegend rund 250°C heisser, meist in etwa 1000 Meter Tiefe erbohrter Dampf mehrere Kraftwerksblöcke mit rund 750 MW Gesamt-

leistung. Ausserdem werden in Larderello Wohnungen, Industrie- und Gewerberäume sowie Gewächshäuser mit Erdwärme beheizt.

2.3.3 Geothermie in Deutschland

In Deutschland sind aktuell 20 Geothermieranlagen in Betrieb, davon produzieren fünf Anlagen neben Heizenergie auch Strom. Zur Zeit befinden sich rund 90 Anlagen in der Planungs- und Realisierungsphase. Das erste grössere Geothermie-Heizkraftwerk, d.h. inklusive Stromproduktion, hat 2007 in Landau, im Bundesland Rheinland-Pfalz, den Betrieb aufgenommen. Diese Anlage nutzt gemäss Betreiberangaben 150°C heisses Wasser aus einer Tiefe von 3'300 Metern zur Produktion von Strom für rund 6'000 Haushalte und zur Wärmeversorgung von aktuell rund 300 Haushalten, mit einem geplanten Ausbau auf 1'000 Haushalte. Eine weitere Anlage ähnlicher Grössenordnung ist seit 2008 in Unterhaching in Bayern in Betrieb. Weitere Informationen unter www.geothermie.de.

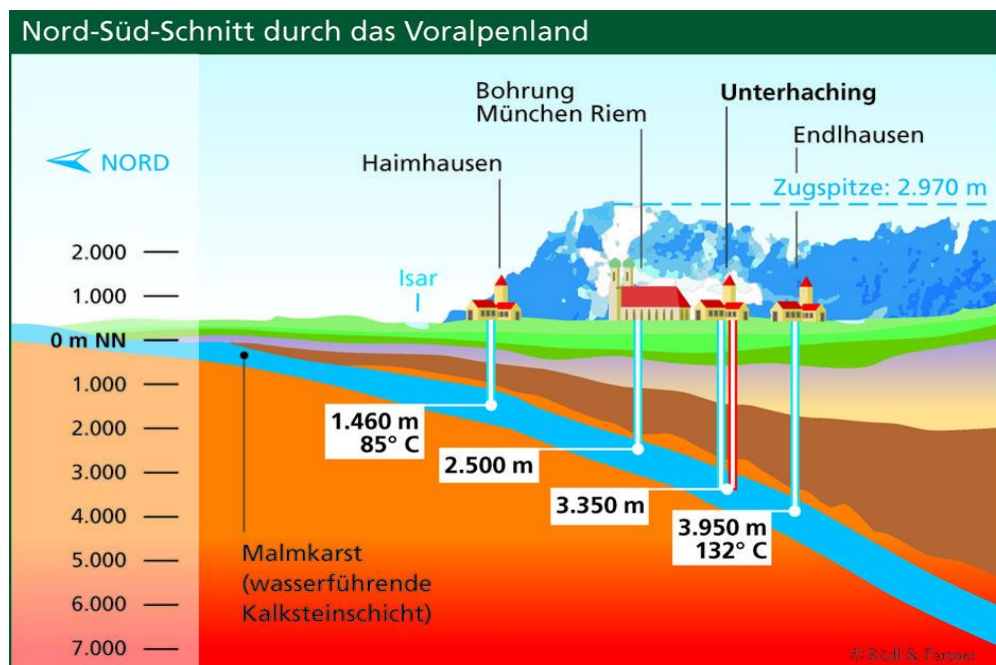


Abbildung 3: Vereinfachte geologische Darstellung der Situation im Bayrischen Alpenvorland.
Quelle: www.geothermie-unterhaching.de

2.3.4 Geothermie in der Schweiz

In der Schweiz befinden sich verschiedene Vorhaben in unterschiedlichen Projektphasen. Abbildung 4 gibt eine entsprechende Übersicht. In den darauffolgenden Unterkapiteln wird auf ausgewählte Projekte kurz eingegangen.

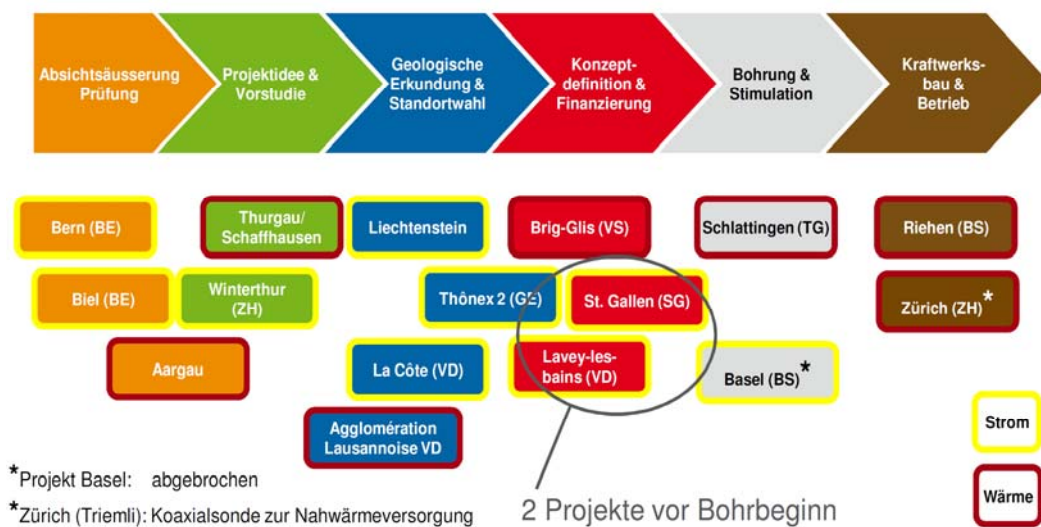


Abbildung 4: Übersicht der Projekte in der Schweiz inkl. Liechtenstein. Projektübersicht nicht abschliessend. Quelle: AXPO AG.

Geothermieranlage Riehen

Die bisher einzige Geothermieranlage der Schweiz befindet sich in der Gemeinde Riehen, im Kanton Basel Stadt. Die Geothermieranlage wurde 1994 in Betrieb genommen und versorgt über einen Fernwärmeverbund in Kombination mit einer fossil betriebenen Wärmekraftkopplungsanlage rund 300 Liegenschaften mit Energie für Warmwasser und Heizen. Die Geothermieranlage nutzt rund 65°C heisses Wasser aus einer Tiefe von 1500 Metern. Im Rahmen des Projektes „Riehen plus“ werden aktuell die Anlage sowie das Fernwärmenetz ausgebaut.

Geothermieprojekt Basel

Im Jahre 2006 wurden in der Stadt Basel eine mehr als 5000 Meter tiefe Bohrung abgeteuft. Ziel war eine petrothermale Geothermieanlage, primär für die Produktion von Strom. Im Rahmen der hydraulischen Aufpressung des kristallinen Gesteins sind mehrere Erdstösse aufgetreten, die zu einem Stopp der Arbeiten und einer anschliessenden Sistierung des Projektes geführt haben. Nach einer umfangreichen Risikoanalyse wurde das Projekt Anfang 2010 von der Regierung der Stadt Basel endgültig abgebrochen.

Geothermieprojekt Zürich

Im Jahre 2009 wurde in der Stadt Zürich eine rund 2700 Meter tiefe Bohrung abgeteuft, mit dem Ziel die neue Überbauung Sonnengarten unterhalb des Triemli-Spitals mit Energie für die Warmwasserproduktion und das Heizen zu versorgen. Entgegen der Annahmen wurde jedoch kein Wasser in den Gesteinsschichten angetroffen. Im Februar 2010 hat der Stadtrat Zürich beschlossen auf die bereits genehmigte zweite Bohrung zu verzichten. Im Rahmen eines Rückfall-szenarios wurde eine tiefe Erdwärmesonde eingebaut, die zur Nahwärmeversorgung genutzt wird.

Geothermieprojekt der Stadt St. Gallen

Den nächsten Anlauf für eine Geothermieanlage in der Schweiz hat die Stadt St. Gallen genommen. Seit 2008 wurden umfangreiche Vorabklärungen und Untersuchungen durchgeführt. Höhepunkt war eine 3D-Seismik Anfang 2010, welche ein Gebiet von rund 300 km² zwischen Gossau über Herisau bis an den Bodensee umfasste. Die Untersuchungen haben ergeben, dass sich der Untergrund für eine kombinierte Strom-Wärme-Nutzung aus tiefer Geothermie eignet. Im Zentrum des Interesses steht eine grossräumige Störungszone im Westen der Stadt St.

Gallen. Hier wird in rund 4000 Meter Tiefe 140°C heisses Wasser erwartet, das über zwei Bohrungen erschlossen und genutzt werden soll.

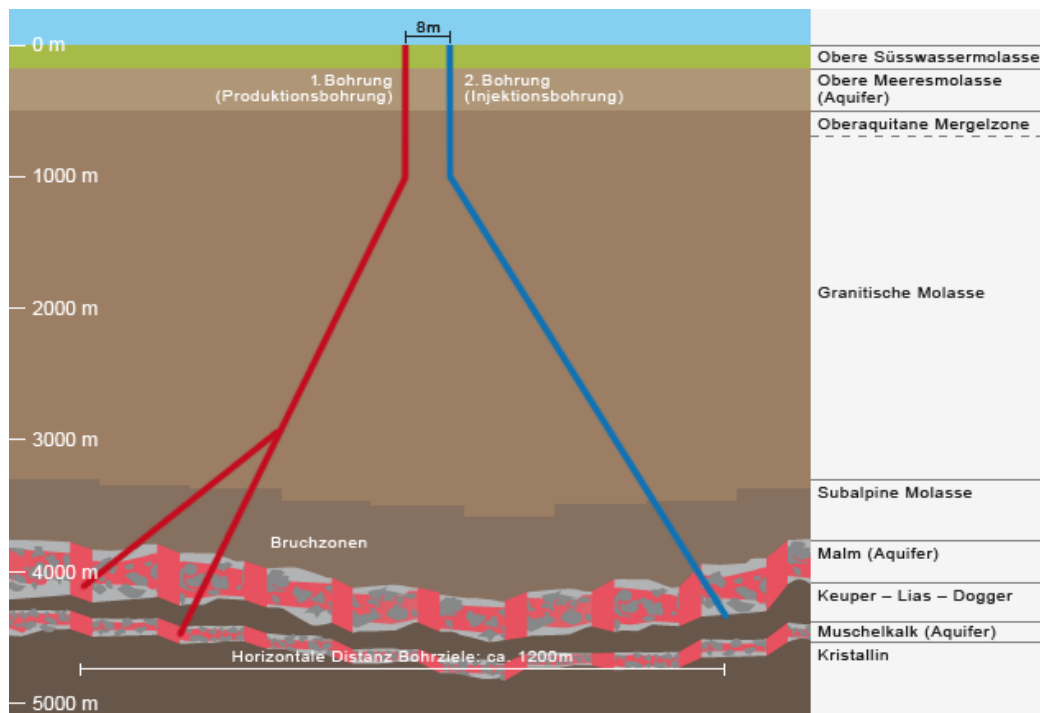


Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung des geologischen Untergrundes sowie der Bohrplanung.
Quelle: Sankt Galler Stadtwerke.

Im August 2010 hat das Stadtparlament St. Gallen einstimmig einen Rahmenkredit von rund 159 Millionen Franken genehmigt. Die Stimmbürgerinnen und Stimmbürger der Stadt St. Gallen haben dem Kredit im November 2010 mit über 80 Prozent zugestimmt. Das Projekt umfasst den Bau eines Geothermie-Heizkraftwerkes für rund 76 Millionen Franken sowie die Erweiterung des bestehenden Fernwärmenetzes in der Talsohle der Stadt Richtung Osten für 83 Millionen Franken. Aktuell werden die letzten Bohrplatzvorbereitungen abgeschlossen. Der Beginn der Bohrarbeiten ist für Anfang 2013 geplant. Für die beiden Tiefbohrungen, eine zur Förderung und eine zur Rückführung des Wassers, werden jeweils rund sechs Monate veranschlagt. Im Erfolgsfall wird mit einer Inbetrieb-

nahme der Geothermieanlage Ende 2015 gerechnet. Weitere Informationen unter: www.geothermie.stadt.sg.ch.

Geothermieprojekt Schlattingen

Die Firma Grob Gemüse+Landbau in Schlattingen (Kanton Thurgau) hat im Jahre 2011 eine rund 1500 Meter tiefe Bohrung abgeteuft. Ziel war es heisses Wasser zu finden, um damit die Gewächshäuser zu beheizen. Die Bohrung war erfolgreich und ist auf 62°C heisses Wasser gestossen. Aktuell laufen die Vorbereitungen für eine zweite Bohrung.

Akteure und Aktivitäten in der Schweiz

In den letzten zwei bis drei Jahren hat sich das Akteurenumfeld in der Schweiz stark erweitert. Neben verschiedenen Kantonen und Städten, bzw. Stadtwerken sind vermehrt auch grosse Elektrizitätsgesellschaften im Bereich Tiefengeothermie aktiv, so beispielsweise die AXPO AG, die BKW/sol-E Suisse AG sowie die Geo-Energie Suisse AG. Bei der Geo-Energie Suisse AG handelt es sich um eine Gesellschaft von sieben Schweizer Energieversorgungsunternehmen.

Auf Bundesebene wird die Tiefengeothermie vom Bundesamt für Energie (BFE) koordiniert. Die Förderung der Tiefengeothermie erfolgt auf Basis der Energiegesetzgebung. Die wesentlichen Förderinstrumente sind die Risikoabsicherung⁴, die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) für geothermisch erzeugten Strom⁵ sowie finanzielle Beiträge für Pilot- und Demonstrationsanlagen. In der vom

⁴ Zur Absicherung des Fündigkeitsrisikos können gemäss Energiegesetz (EnG, Art. 15a) für Anlagen zur Nutzung von tiefer Geothermie Bürgschaften gewährt werden. Die Vergabe der Bürgschaften ist in der Energieverordnung (EnV) Art. 17a und im Speziellen in Anhang 1.6 geregelt. Die Bürgschaft zur Risikoabsicherung von Geothermieanlagen zur Stromproduktion deckt höchstens 50 % der Bohr- und Testkosten des Projekts.

⁵ Die Einspeisevergütung für geothermisch erzeugten Strom erfolgt gemäss Anhang 1.4 der EnV und beträgt bei Anlagen bis 5 MW elektrischer Leistung 40 Rp./kWh.

Bundesrat Ende September 2012 verabschiedeten Vernehmlassungsvorlage der Energiestrategie 2050 ist vorgesehen, die Tiefengeothermie verstärkt zu fördern.

Auf Ebene der Hochschulen beschäftigen sich vor allem die Universität Neuenburg sowie die ETH Zürich mit der tiefen Geothermie. Auf Verbandsebene ist die Schweizerische Vereinigung für Geothermie (SVG) hervorzuheben, die zum Ziel hat, die Geothermie in der Schweiz zu fördern. Unter Federführung der SVG haben verschiedene Akteure der Tiefengeothermiebranche⁶ einen Aktionsplan entwickelt, der vier Phasen zur Evaluierung der wirtschaftlichen und technischen Machbarkeit der Tiefengeothermie in der Schweiz sowie der Umsetzung von Projekten aufzeigt. Die vier Phasen des Aktionsplans umfassen folgende Schritte:

- Exploration (Phase 1, 2013–2018): Erkundung von 10 «typischen», für die Tiefengeothermie geeigneten Standorten. Detaillierte Untersuchungen (u.a. Seismikkampagnen), 15 Explorationsbohrungen inkl. Pilotversuche. Ca. 500 Millionen CHF.
- Kraftwerksbau (Phase 2, 2016–2020): Bau von 5 Pilotkraftwerken mit elektrischen Leistungen von je 5 MW (= 200 GWh Strom/Jahr). Ca. 200 Millionen CHF.
- Upscaling und Zubau (Phasen 3 und 4, 2020 bis 2035/50): Ausbau als Grosskraftwerke. Explorations- und Bauarbeiten in weiteren Regionen.

Auf politischer Ebene erfolgten in den letzten Jahren verschiedene parlamentarische Vorstösse. Die beiden Motionen von Nationalrat Felix Gutzwiller fordern vom Bund z.B. eine mit den Kantonen und der Branche koordinierte Offensive für die tiefe Geothermie zur Strom- und Wärmegewinnung bzw. ein Programm zur

⁶ AGEPP (Alpine Geothermal Power Production), Axpo, BKW/sol-E Suisse, EKZ (Elektrizitätswerke Kanton Zürich), Geo-Energie Suisse, SGnet (Suisse Geothermal Network), Sankt Galler Stadtwerke.

schweizweiten geologischen Erkundung des Untergrundes zur Evaluation der tiefeingeothermischen Potenziale zur Strom- und Wärmeproduktion. Beide Motionen wurden vom National- und Ständerat angenommen, die Finanzierung ist jedoch noch offen.

2.3.5 Geothermie in Vorarlberg

In Vorarlberg befassen sich die Illwerke VKW seit Mitte 2008 mit dem Potenzial der Tiefengeothermie. Dazu wurden umfangreiche Datenrecherchen und Auswertungen durchgeführt. Im Fokus standen dabei insbesondere seismische Messungen sowie verschiedene Tiefbohrungen, welche in den Jahren 1960 bis 1980 in Vorarlberg auf der Suche nach Gasvorkommen durchgeführt wurden. Diese umfangreichen Datengrundlagen ermöglichten es, den Untergrund im Hinblick auf die Eignung für die Tiefengeothermie eingehend zu analysieren. Die Datenanalyse erfolgte im Rahmen einer Partnerschaft mit der Universität Innsbruck. Grundsätzlich kommen gemäss den aktuellen Erkenntnissen folgende Zielgebiete für die Geothermie in Frage: Bregenz, Feldkirch, Walgau. Aktuell werden die letzten Arbeiten im Rahmen der Potenzialanalyse abgeschlossen. Auf Basis der Potenzialanalyse und der Erkenntnisse aus den Bohrungen der Stadt St. Gallen⁷ sowie unter Berücksichtigung weiterer Aspekte wird anschliessend das weitere Vorgehen festgelegt.

2.4 Erfahrungsaustausch

Mit den Projekten in der Schweiz sowie in Vorarlberg findet seit Beginn der Abklärungen in Liechtenstein ein intensiver Erfahrungsaustausch statt⁸. Mit der

⁷ Die Geologie in St. Gallen ist ähnlich zu den Verhältnissen im Raum Bregenz. Die Ergebnisse der Bohrungen in St. Gallen ergeben somit wertvolle Rückschlüsse für den Untergrund im Raum Bregenz.

⁸ Roundtable des Bundesamtes für Energie, ERFA-Gruppe Vorarlberg/St. Gallen/Liechtenstein (teils in erweiterter Zusammensetzung), bilaterale Gespräche mit anderen Ländern, Kantonen, Gemeinden und Akteuren.

Stadt St. Gallen verbindet Liechtenstein des Weiteren eine enge Zusammenarbeit im Rahmen der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der seismischen Messkampagne in Liechtenstein und in St. Gallen im Jahre 2009 / 2010. Mit den Illwerken VKW findet seit Jahren ein enger Erfahrungsaustausch bezüglich der Geologie des tiefen Untergrundes statt. Der gegenseitige Erfahrungs- und Informationsaustausch ermöglichte für alle Seiten ein besseres und rascheres Verständnis des tiefen Untergrundes und ist damit eine wertvolle und unentbehrliche Arbeitsgrundlage.

2.5 Geothermie und Seismizität

In der Vergangenheit sind im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung immer wieder Erdbeben beobachtet worden. Diese Erdbeben traten zum einen bei der Stimulation auf, zum anderen beim Betrieb der Anlage. Der wohl bekannteste Fall betrifft das Geothermieprojekt in Basel Kleinhüningen (siehe Kapitel 2.3.4 Geothermieprojekt Basel), wo anlässlich der hydraulischen Stimulation Erdbeben bis Magnitude 3.4 registriert wurden. Andere Beispiele für Erdbeben, die als Folge einer massiven hydraulischen Stimulation auftraten, sind die Projekte in Insheim in Deutschland (Magnitude 2.1) und Soultz-sous-Forêts in Frankreich (Magnitude 2.9).

Erdbeben können auch während dem laufenden Betrieb einer Geothermieanlage auftreten, so z.B. bei den hydrothermalen Geothermieanlagen in Unterhaching (Magnitude 2.2) und in Landau (Magnitude 2.7). Es muss aber auch darauf hingewiesen werden, dass bei den weitaus meisten mitteleuropäischen Geothermieanlagen, wie z.B. bei den Anlagen im Pariser Becken oder bei der Anlage in Riehen während vieler Betriebsjahre keine Erdbeben registriert wurden. Die Zusammenhänge, die einmal zu Erdbeben führen, das andere mal nicht, sind nicht abschliessend bekannt.

In Liechtenstein steht die hydrothermale Geothermienutzung des Malmkalkes, also einer wasserführenden Gesteinsschicht, im Vordergrund. Eine hydraulische Stimulation, wie in Basel, ist nicht vorgesehen. Generell besteht, wie die Beispiele aus Unterhaching und Landau zeigen, jedoch auch beim Bau und Betrieb einer hydrothermalen Geothermieanlage die Möglichkeit des Auftretens von kleineren Erdbeben. Diese resultieren aus dem natürlich vorhandenen tektonischen Spannungsfeld im Untergrund in Kombination mit den künstlichen Eingriffen beim Bohren oder Pumpen und können von nicht wahrnehmbaren bis allenfalls vor Ort spürbaren Erderschütterungen reichen.

Es ist deshalb wichtig das Thema induzierte Seismizität in den einzelnen Projektphasen entsprechend zu berücksichtigen. Dazu gehört die Überwachung durch ein geeignetes Monitoring-Programm und eine stufengerechte Risikoanalyse für die einzelnen Projektphasen wie Bohrung, Zirkulationstests, Betrieb. Darauf basierend kann das Auftreten von Erdbeben durch ein auf die lokalen Verhältnisse angepasstes Betriebskonzept minimiert werden. Des Weiteren bedarf es einer transparenten und aktiven Kommunikation.

3. BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die bisher in Liechtenstein durchgeführten Abklärungen und Untersuchungen. In den darauf folgenden Kapiteln werden die entsprechenden Arbeiten und Ergebnisse näher beschrieben.

	Ressourcenanalyse	Geologische Untersuchungen
Dez. 07 – Juni 08	Vorstudie	
Juni 08 – Feb. 09	Beginn Ressourcenanalyse	- Gravimetrische und magnetische Messungen - Vorabklärungen Seismik
Feb. 09 – Okt. 09		- Seismik-Planung - Verpflichtungskredit - Ausschreibung und Vergabe 2D-Testseismik
Okt. 09 – Jan. 10		- Seismik-Vorbereitung: Permitting, Information, Vermessung, etc.
Jan. 10 – Feb. 10		- Seismische Messkampagne - Aufzeit- und Nahlinienmessungen
Feb. 10 – Mai 10		- Rohdatenverarbeitung (Processing)
Mai 10 – Okt. 10		- Geologische Interpretation
März 11		Abschluss Ressourcenanalyse

3.1 **Vorstudie (Dez. 2007 bis Juni 2008)**

In einem ersten Schritt wurde im Rahmen einer Vorstudie eine umfassende Datenrecherche durchgeführt. Diese Vorstudie hat ergeben, dass die geologischen Voraussetzungen für eine Tiefengeothermienutzung in Liechtenstein grundsätzlich als günstig bewertet werden können. Konkret bestand Grund zur Annahme, dass sich in etwa 3 bis 4 km Tiefe mehrere Gesteinsschichten befinden, welche sich für die geothermische Nutzung eignen könnten. Die vorhandene Datenlage muss jedoch im Vergleich zu anderen Gebieten als sehr bescheiden bezeichnet werden und stellte bei weitem noch keine ausreichende Basis für die Bestimmung des geothermischen Potenzials, geschweige für die Planung einer geo-

thermischen Bohrung, dar⁹. Basierend auf den Ergebnissen der Vorstudie wurde beschlossen eine Ressourcenanalyse durchzuführen. Ziel einer Ressourcenanalyse ist es aufzuzeigen, wo im Untergrund wie viel Energie verfügbar ist und wie diese genutzt werden kann. Eine fachlich fundierte Ressourcenanalyse ist eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung einer konkreten Machbarkeitsstudie sowie im Weiteren für die Erstellung eines Businessplans. Eine zentrale Voraussetzung für eine fachlich fundierte Ressourcenanalyse ist ein gutes Verständnis über den tiefen Untergrund. Dies betrifft insbesondere die Tiefe, die Verbreitung, die Temperatur sowie die Durchlässigkeit der Gesteinsschichten. Wie oben dargestellt ist die diesbezüglich Datenlage im Liechtensteinischen Rheintalabschnitt jedoch bescheiden, insbesondere fehlt es an direkt verwertbaren Daten aus seismischen Untersuchungen oder Tiefbohrungen. Hinzu kommt die komplexe inneralpine Geologie. Um das Verständnis über den tiefen Untergrund zu verbessern und damit der Ressourcenanalyse überhaupt die notwendigen Beurteilungsgrundlagen zur Verfügung zu stellen, wurde beschlossen, gezielte geophysikalische Untersuchungen durchzuführen. Hierzu stehen grundsätzlich verschiedene Methoden zur Verfügung, so beispielsweise die Gravimetrie, Magnetik, Seismik oder die Magnetotellurik.

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

⁹ Im Vergleich zu Liechtenstein wurden beispielsweise im süddeutschen Raum im Rahmen der Erkundung von Öl- und Gasvorkommen in den Jahren 1960 bis 1980 umfangreiche seismische Untersuchungen durchgeführt und verschiedene Tiefbohrungen abgeteuft. Aufgrund dieser Daten ist der dortige Untergrund in Bezug auf die geothermische Eignung gut bekannt und es konnten auf dieser Basis gezielte seismische Untersuchungen, Bohrungen und Projekte realisiert werden. Auch im schweizerischen Mittelland wurden in den Jahren 1970 bis 1990 mehrere tausend Kilometer seismische Untersuchungen durchgeführt, insbesondere von der SEAG (Schweizerische Erdöl AG) und der NAGRA (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle). Des Weiteren wurden einige Tiefbohrungen abgeteuft. In Vorarlberg wurden von der Öl- und Gasindustrie in den Jahren 1960 bis 1980 etwa 900 km seismische Untersuchungen durchgeführt und mehrere Tiefbohrungen abgeteuft.

wurde in einem ersten Schritt jeweils eine detaillierte Planung und Sensibilitätsbetrachtung durchgeführt, um zu prüfen, ob die Messmethode auf Basis der vorgegebenen Randbedingungen und Eingangsgrößen brauchbare Ergebnisse liefern kann. Darauf basierend wurde dann entschieden, ob und wie die Untersuchungen im Feld durchgeführt werden sollen.

3.2 Gravimetrische und magnetische Messungen (Juli 2008 bis Februar 2009)

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 beispielsweise die Durchführung komplexer seismischer Messungen, planen lassen.

Die Messungen wurden zwischen Mitte Oktober und Mitte November 2008 durchgeführt. Die Auswertungen ergaben wertvolle Zusatzinformationen zu den verschiedenen Gesteinsschichten und bestätigten im Grundsatz die bisherigen Annahmen aus der Vorstudie. Die gemessenen Signale liessen eine zuverlässige Berechnung der Tiefe des Felstroges in der Talebene zu und standen nicht im Widerspruch zum bestehenden geologischen Modell der darunter liegenden Felsformationen.

3.3 Seismische Untersuchungen (Februar 2009 bis Oktober 2010)

Reflexionsseismische Untersuchungen gehören zum Standardverfahren bei der Erkundung von Öl- und Gaslagerstätten, sowie bei der Lokalisierung von wasserführenden Gesteinsschichten im Rahmen von Tiefengeothermieprojekten. Diese Untersuchungsmethode ermöglicht es den Untergrund von der Oberfläche aus zu erkunden und auf diese Weise ein räumliches Abbild der verschiedenen Gesteinsschichten zu erzeugen. Dieses räumliche Verständnis des Untergrundes ist

eine zentrale Voraussetzung, um eine gezielte Öl-, Gas- oder Tiefengeothermiebohrung abteufen zu können.

Die Seismik nutzt dabei künstlich an der Erdoberfläche ausgelöste seismische Wellen, die von Vibrationsfahrzeugen, Sprengladungen oder Fallgewichten erzeugt werden. Die seismischen Wellen durchlaufen den Untergrund mit einer vom Material abhängigen Geschwindigkeit, werden an den Grenzflächen der Gesteinsschichten gebrochen, gebeugt und reflektiert und gelangen schliesslich wieder zur Erdoberfläche zurück. Dort werden sie von empfindlichen Sensoren, den sogenannten Geophonen aufgezeichnet. Aus den registrierten Laufzeiten der seismischen Signale können Aussagen zur Lage und zur Struktur der Gesteinsschichten abgeleitet werden. Folgende Abbildung zeigt die prinzipielle Funktionsweise einer sogenannten Reflexionsseismik.

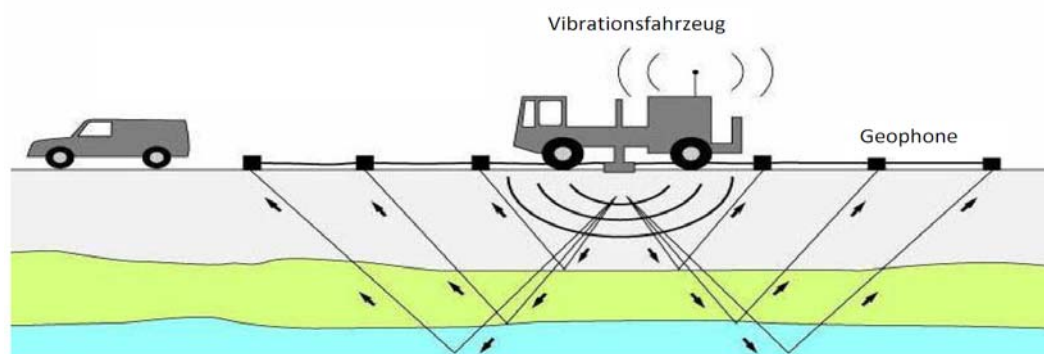


Abbildung 5: Schematische Darstellung einer seismischen Messung mittels eines Vibrationsfahrzeugs. Quelle: Amt für Umweltschutz.

Das detaillierteste Bild des Untergrundes kann mit einer dreidimensionalen Reflexionsseismik erzeugt werden. Bei dieser sogenannten 3D-Seismik besteht die Messanordnung aus einem Netz von Messlinien und Geophonlinien, die im 90° Winkel zueinander liegen. Diese flächendeckende Messung ermöglicht eine lückenlose, räumliche Abbildung der Gesteinsschichten im Untergrund. Im Gegensatz dazu wird bei einer 2D-Seismik ein Schnittbild des Untergrundes aufgezeich-

net. Bei einer 2D-Seismik verläuft die Geophonlinie parallel zur Messlinie. Die Entscheidung für eine 2D- oder 3D-Seismik hängt vor allem von der Komplexität des Untersuchungsgebietes und der geologischen Fragestellung ab.

Bei der Reflexionsseismik handelt es sich im Vergleich zu den gravimetrischen und magnetischen Messungen um eine bedeutend präzisere und somit aussagekräftigere Untersuchung. Der Aufwand einer Seismikmesskampagne ist dementsprechend umfangreicher, die Kosten bedeutend höher. Eine detaillierte Planung und Sensitivitätsbetrachtung ist für den Erfolg einer seismischen Messkampagne somit von zentraler Bedeutung. Um eine seismische Messkampagne durchführen zu können, sind grundsätzlich umfangreiche vorbereitende und begleitende Arbeiten notwendig.

3.3.1 Seismik Planung

Im Rahmen einer Seismik-Planung wurde festgestellt, dass sich eine 3D-Seismik nur im erweiterten Talgebiet nördlich von Vaduz bis Ruggell realisieren lässt. Südlich von Vaduz hingegen ist aufgrund der engen topographischen Gegebenheiten und geologischen Randbedingungen keine 3D-Seismik möglich. Hier müsste mit einer 2D-Seismik gearbeitet werden. Die Planungsarbeiten haben des Weiteren gezeigt, dass aufgrund fehlender geophysikalischen Erfahrungen im Untersuchungsgebiet verschiedene Modelleingangsgrößen für die Bestimmung der Messanordnung mit teils erheblichen Unsicherheiten behaftet sind. Dies kann zur Folge haben, dass die gemessenen Daten keine genügende Abbildung des Untergrundes zulassen.

Vor diesem Hintergrund sowie aufgrund verschiedener offener Punkte in Bezug auf die Nutzungsmöglichkeiten wurde beschlossen eine 2D-Testseismik durchzuführen. Konkret wurde empfohlen ein Nord-Süd Profil sowie ein Ost-West Profil zu vermessen. Ziel war es die Erkenntnisse des geologischen Untergrundes zu

verbessern sowie die Messmethode bezüglich der spezifischen geologischen Gegebenheiten zu „testen“ und Erfahrungen für eine allfällig spätere umfangreichere Anschlussmessung zu gewinnen. Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der beiden Messlinien. Die Vibrationsfahrzeuge bewegten sich ausschliesslich auf Strassen und Feldwegen. Die Geophone wurden entlang der angrenzenden Grundstücke ausgelegt.

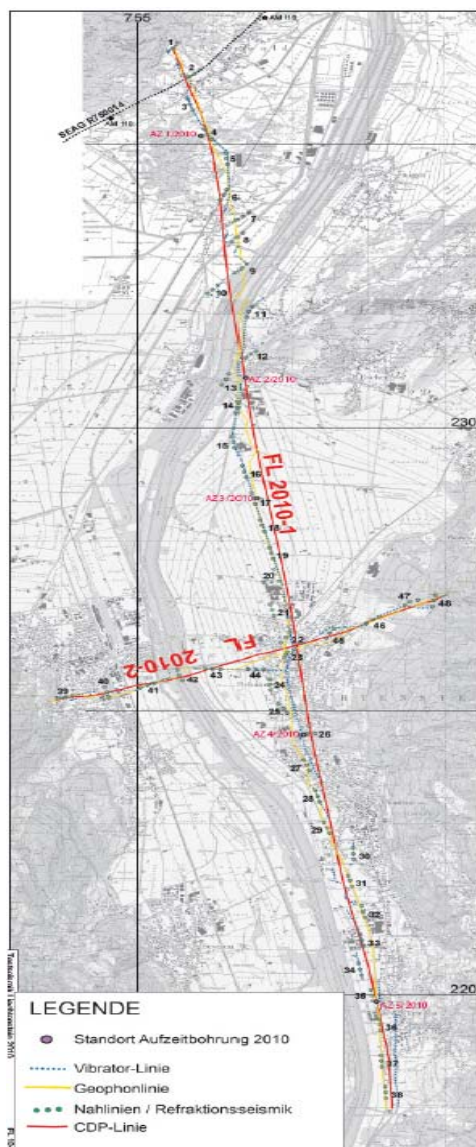


Abbildung 6: Messlinienverlauf. Längslinie Triesen-Vaduz-Schaan-Bendern-Salez-Sennwald ca. 18km. Querlinie Schaan-Buchs ca. 6km. Quelle: Amt für Umweltschutz.

3.3.2 Seismische Messkampagne und Auswertung

Der seismischen Messkampagne gingen umfangreiche Vorbereitungsarbeiten voraus. Diese beinhalteten im Wesentlichen folgende Arbeitsschritte: Orientierung der Grundstückseigentümer und Bewirtschafter, Erfassung der ober- und unterirdischen Infrastrukturanlagen (Werkleitungen, Eisenbahn, Strassen), Einholen von Bewilligungen, Vermessung der Vibrationspunkte und der Geophonlinien, Feldtests, Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit.

Die seismischen Messungen starteten am 11. Januar 2010 und konnten planmässig am 16. Januar 2010 abgeschlossen werden. Die Messungen erfolgten in der Nacht zwischen 20.00 Uhr und 6.00 Uhr zwecks Vermeidung von Störsignalen durch den Strassenverkehr. Das jeweilige Messprogramm wurde so gewählt, dass im Siedlungsgebiet nach Möglichkeit vor Mitternacht gemessen wurde. So konnte die Belästigung der Anwohner durch Lärm und mögliche Vibrationen minimiert werden. Die Messkampagne konnte ohne nennenswerte Zwischenfälle planmässig durchgeführt werden.

Parallel bzw. im Anschluss an die seismische Messkampagne wurden begleitende Untersuchungen durchgeführt. Es handelte sich dabei um Nahlinienmessungen und Aufzeitmessungen. Diese Untersuchungen dienten dazu die seismischen Messergebnisse im Rahmen der Auswertungen zu unterstützen.

Nach Abschluss der Untersuchungen wurde das umfangreiche Datenmaterial in mehreren Schritten ausgewertet. In einem ersten Schritt, dem sogenannten Processing, wurden die Rohdaten so aufbereitet, dass die Schichtgrenzen der verschiedenen Gesteinsformationen sichtbar wurden. Dieses erste Abbild der Untergrundstrukturen diente anschliessend dem Geologen für die geologische Interpretation.

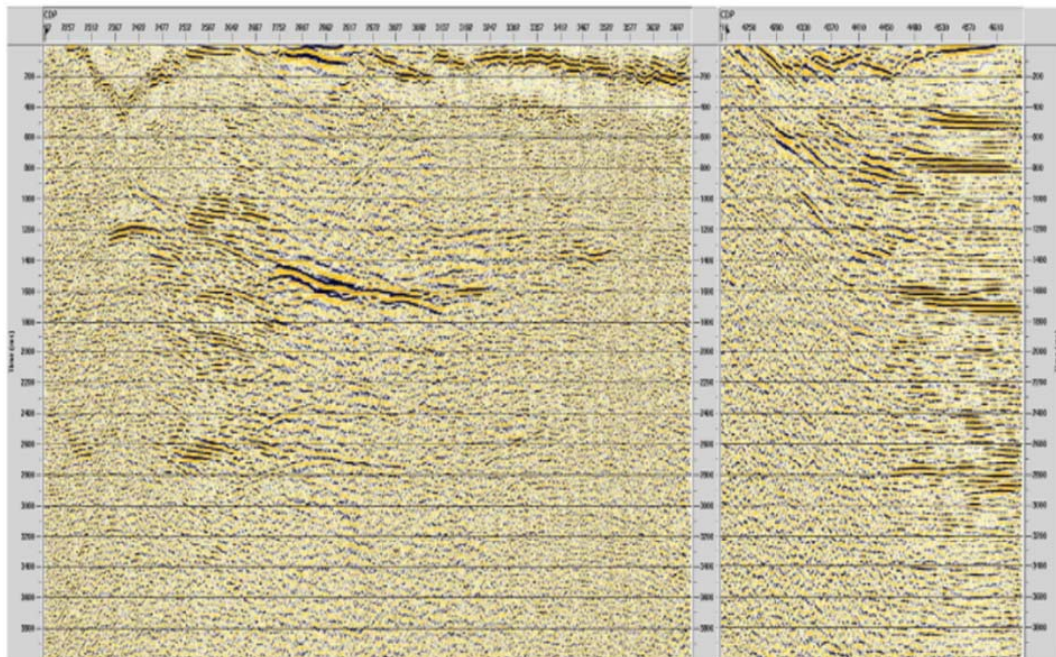


Abbildung 7: Darstellung der Profile Nord-Süd (links) und West-Ost (rechts) nach einer ersten Bearbeitung der Rohdaten. Die dunklen Stellen zeigen Reflexionen bzw. Gesteinsschichtgrenzen im Untergrund. Quelle: Amt für Umweltschutz.

3.3.3 Ergebnis der 2D-Testseismik

Die Zielerreichung bzw. die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Untergrund lässt sich grundsätzlich mit der Seismik-Methode abbilden.
- Es konnten ein besseres Verständnis bzw. neue Erkenntnisse zum geologischen Untergrund gewonnen werden, was wichtige Grundlagen für die Ressourcenanalyse sind.
- Die aus geothermischer Sicht interessanten Gesteinsschichten, die sogenannten Malmkalke, erreichen im Bereich zwischen dem Eschnerberg und Schaan Tiefen von annähernd 5 km unter Terrain.
- Die Gesteinsschichten erstrecken sich zudem wesentlich weiter nach Norden als dies bisher bekannt war. Zudem ist eine Anhäufung von Malmkalk-

Schuppen unter dem Eschnerberg zu erwarten. Diese Erkenntnisse sind hinsichtlich einer potenziellen Nutzung der Geothermie als positiv zu bewerten.

- Des Weiteren wurden wertvolle und wichtige Erkenntnisse bezüglich verschiedener messtechnischer Parameter für die Planung weiterer Untersuchungen gewonnen. Zudem konnten auch wertvolle und wichtige Erfahrungen bezüglich der begleitenden Arbeiten wie das Permitting, die Öffentlichkeitsarbeit und die Projektorganisation gewonnen werden.

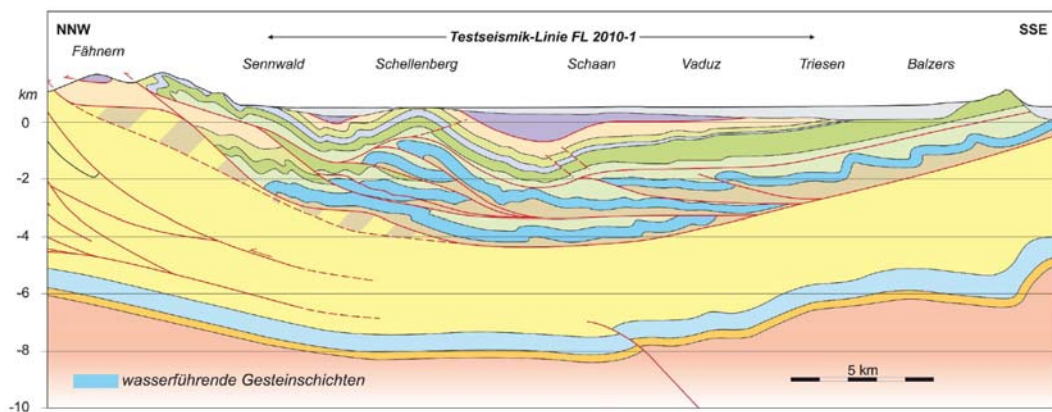


Abbildung 8: Vereinfachte Darstellung der Untergrundstrukturen entlang der Messlinie Nord-Süd. Bei den wasserführenden Gesteinsschichten im Bereich 1 bis 4 km Tiefe handelt es sich um das geothermisch interessante Zielgestein, den Malmkalk. Gut erkennbar ist die Anhäufung der Malmkalkschuppen im Bereich Schellenberg. Quelle: Amt für Umweltschutz.

Es kann festgehalten werden, dass die 2D-Testseismik die an sie gestellten Ziele bzw. Erwartungen grundsätzlich erfüllt hat¹⁰. Es gilt aber festzuhalten, dass das Rheintal, im Vergleich zu anderen Regionen, aufgrund der komplexen inneralpinen Geologie sowie der nach wie vor bescheidenen Datenlage, noch immer zahlreiche Geheimnisse birgt und somit entsprechende Unsicherheiten bestehen bleiben. Diese sind in der Ressourcenanalyse ausführlich beschrieben und müssen bei den weiteren Abklärungen mitberücksichtigt werden.

¹⁰ Für die 2D-Testseismik sowie die begleitenden Arbeiten hat der Landtag einen Verpflichtungskredit von CHF 1.7 Mio. genehmigt. Das Projekt konnte mit rund CHF 1.3 Mio. abgeschlossen werden.

3.4 Charakterisierung der Gesteinsschichten hinsichtlich der Wasserführung

Neben der Tiefe bzw. der Temperatur der Gesteinsschichten ist für ein Tiefengeothermieprojekt das Vorhandensein von Wasser von entscheidender Bedeutung. Das Vorhandensein von Wasser hängt im Wesentlichen von der Art des Gesteins, der Tektonik, der Durchlässigkeit und der Mächtigkeit der Gesteinsschichten zusammen. Zudem müssen die Gesteinsschichten für eine nachhaltige Nutzung eine entsprechende Ausdehnung aufweisen. Im Rahmen einer separaten Studie wurden diese Parameter untersucht. Als Grundlagen dienten hydrogeologische Daten und Oberflächeninformationen aus dem Projektgebiet sowie aus dem benachbarten Vorarlberg, der Schweiz und dem Süddeutschen Raum. Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Gesteinsschichten wurden im Rahmen der Gebirgsbildung vor ca. 40 Mio. Jahren intensiv verfaltet und zusammengeschoben. Die hohen Druck- und Temperaturverhältnisse führten zu stark verdichteten Gesteinen, welche kaum mehr eine Durchlässigkeit aufweisen.
- Durch jüngere Bewegungen, insbesondere durch die differenzielle Heraushebung der Kristallinmassive vor 20 bis 5 Mio. Jahren wurde das Gestein weiter deformiert und es entstand ein System an steilstehenden Brüchen und Abschiebungen sowie eine entsprechende Klüftung. Dieses System an Brüchen und Abschiebungen ist im Gebiet Churfirsten-Alvier sehr ausgeprägt und gut erkennbar. Die Klüfte sind durchlässig und führen Wasser. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Klüfte auch im Untergrund fortsetzen.
- Als interessanteste wasserführende Gesteinsschicht im Untergrund wird der Malmkalk, auch Quintnerkalk genannt, eingestuft. Die Mächtigkeiten betragen bis zu 600 Meter. Die teils mehrfache Überschiebung der Malmkalkschuppen ist aus geothermischer Sicht als günstig zu bewerten.

- Auf Basis der untersuchten Durchlässigkeitswerte sowie verschiedener Berechnungen kann von einer Fördermenge von 40 Liter Wasser pro Sekunden ausgegangen werden.

3.5 Ressourcenanalyse

Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen wurden in einem Synthesericht (sogenannte Ressourcenanalyse) zusammengefasst. Die Ressourcenanalyse gibt Auskunft, wo auf Basis der Untergrundverhältnisse wie viel Energie vorhanden ist und wie diese zu welchen Kosten genutzt werden kann. Ein zentrales Element der Ressourcenanalyse ist das dreidimensionale Untergrundmodell, in welches sämtliche Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen integriert wurden (räumliche Lage und thermische Eigenschaften der Gesteinsschichten, Temperaturflüsse, hydraulische Parameter wie z.B. Durchlässigkeiten).

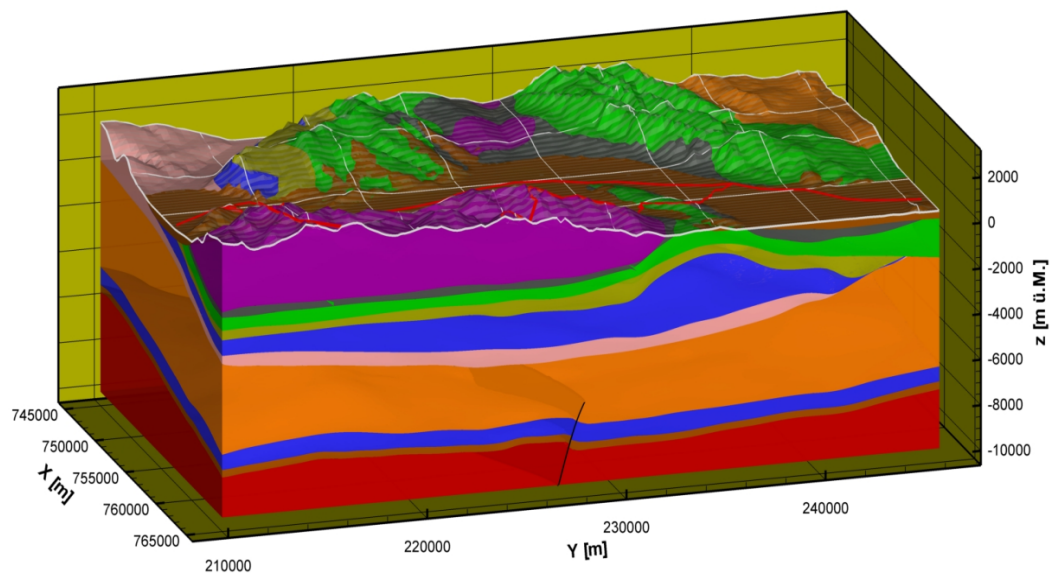


Abbildung 9: Darstellung des dreidimensionalen Untergrundmodells. Im Modell werden die verschiedenen Gesteinsschichten dargestellt. Bei der dunkel dargestellten Gesteinsschicht im Bereich 1 bis 4 km Tiefe handelt es sich um das geothermisch interessante Zielgestein, den Malmkalk. Das Modell umfasst Liechtenstein sowie die angrenzenden Gebiete im Kanton St. Gallen, im Kanton Graubünden sowie in Vorarlberg. Quelle: Amt für Umweltschutz.

Basierend auf diesem Untergrundmodell lassen sich verschiedene Informationen zum Untergrund für jeden Ort berechnen, in Form von Temperatur- und Potenzialkarten darstellen und mit den Nutzungsmöglichkeiten an der Oberfläche ver-schneiden. Die folgende Abbildung zeigt eine Isolinien-darstellung der Untergrundtemperaturen und des geothermischen Potenzials in der Mitte der interes-sierenden Malmschuppenzone.

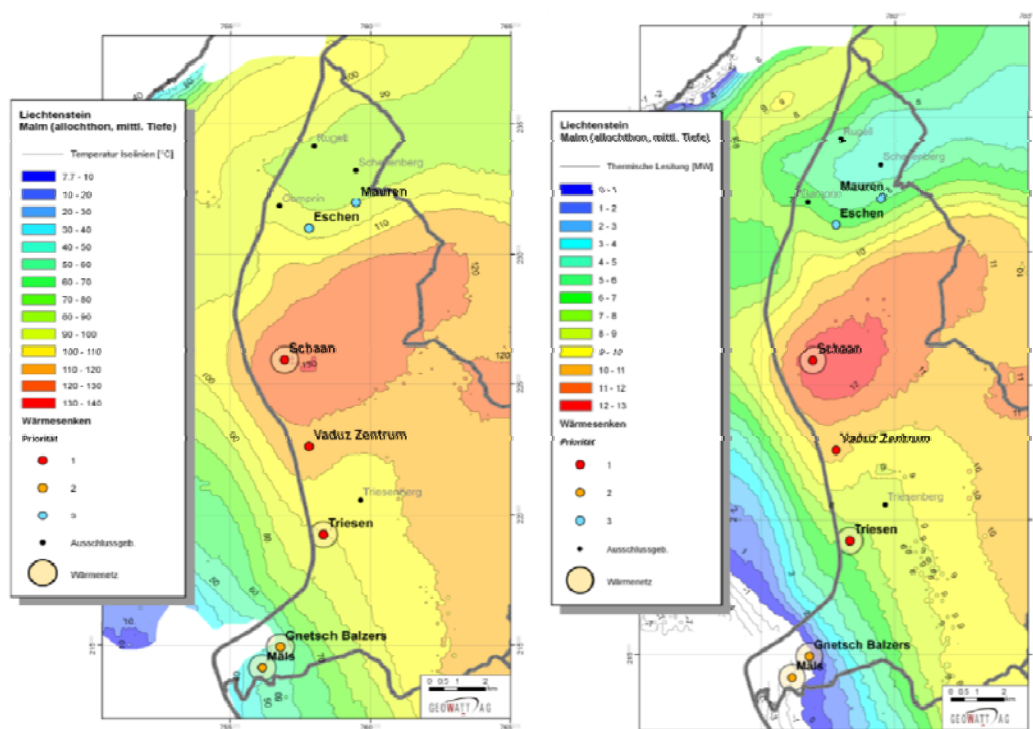


Fig. 57: Berechnete Temperatur für den allochthonen Malm (angenommen wurde eine Tiefenlage zwischen den Hülfen des Malmschuppenbereichs).

Abbildung 10: Temperaturkarte (links) und Potenzialkarte (rechts). Dargestellt werden die Temperaturen und das thermische Potenzial in der Mitte der interessierenden Malmschuppenzone. Dargestellt sind auch die Wärmesenken bzw. bestehenden Wärmenetze an der Oberfläche. Quelle: Amt für Umweltschutz.

Eine weitere wesentliche Grundlage für die Ressourcenanalyse sind die Wärmepotenziale an der Oberfläche. Hierzu wurden aufbauend auf einer bestehenden Studie vertiefte Abklärungen durchgeführt. Neben bestehenden Netzen wurden auch Erweiterungsmöglichkeiten und der Bau von neuen Netzen untersucht. Im Rahmen eines Nutzungsszenarios wurde für den Raum Schaan-

Vaduz-Triesen ein Fernwärmenetz geplant. Dieses wurde einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen.

Die Ergebnisse der Ressourcenanalyse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die höchsten Temperaturen werden im Bereich des Eschnerberges bis Schaan erwartet. In einer mittleren Tiefe von 4 km unter Terrain kann mit einer Temperatur von rund 130°C gerechnet werden.
- Auf Basis der Gesteinseigenschaften wird mit einer Förderrate von 40l/s gerechnet.
- Auf Basis der mittleren Temperatur von 130°C und der berechneten Wasser-Förderrate von 40l/s ergibt sich ein geothermisch nutzbares Potenzial von 12 MW.
- Basierend darauf resultiert eine mögliche netto Stromleistung von rund 600 kW. Damit liessen sich rund 5 GWh Strom pro Jahr erzeugen, was einem Bedarf von 1000 bis 1500 Haushalten entspricht.
- Zusätzlich steht Wärmeenergie für Heizzwecke und weitere Anwendungen in der Grössenordnung von bis zu 70 GWh zur Verfügung. Dies entspricht einer Heizölmenge von rund 7 Millionen Litern, was einem jährlichen CO₂-Reduktionspotenzial von 17'500 Tonnen entspricht.
- In Bezug auf den Wärmeabsatz wurde festgestellt, dass auch bei Ausbau der bestehenden Fernwärmeinfrastruktur in Schaan und Triesen sowie einem Aufbau eines neuen Fernwärmenetzes in Vaduz und die Verbindung dieser drei Netze deutlich mehr Wärme zur Verfügung steht, als genutzt werden kann.
- Die hohen Investitionen für den Ausbau der Fernwärmeinfrastruktur, die Bohrungen und das Geothermiekraftwerk in Verbindung mit den beschränk-

ten Wärmeabsatzmöglichkeiten wirken sich jedoch nachteilig auf die Wärmegestehungskosten und somit auf die Wirtschaftlichkeit aus.

- Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde ein Nutzungsszenario für die kombinierte Strom- und Wärmeproduktion untersucht. Auf Basis des Untergrundmodells wurde als Standort für das fiktive Geothermiekraftwerk die Gemeinde Schaan gewählt. Als Wärmeversorgungsgebiet wurden die erweiterten Netze in Schaan und Triesen sowie ein neu zu erstellendes Netz in Vaduz berücksichtigt. Die Berechnungen ergaben Wärmegestehungskosten von 37.5 Rp/kWh. Im Vergleich dazu beträgt der Wärmepreis bei einer konventionellen Öl-Heizung unter Berücksichtigung einer Vollkostenbetrachtung rund 15 bis 20 Rp/kWh.
- Die Berechnung der Wärmegestehungskosten beruht auf einer Reihe von Annahmen bezüglich der Investitionskosten wie auch der Erträge. Die getroffenen Annahmen enthalten unterschiedliche Prognosesicherheiten und Beeinflussungsmöglichkeiten, die im Bericht dargestellt werden und die bei einer umfassenden Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sowie des weiteren Vorgehens zusammen mit weiteren Aspekten berücksichtigt werden müssen. So wurde in der aktuellen Berechnung beispielsweise für den produzierten Strom keine Einspeisevergütung eingerechnet. Ebenfalls wurden keine Erträge aus CO₂-Gutschriften berücksichtigt. Werden des Weiteren höhere Fördermengen erzielt oder höhere Temperaturen angetroffen, wirkt sich das ebenfalls positiv auf die Gestehungskosten aus. Umgekehrt haben geringere Fördermengen oder Temperaturen einen negativen Einfluss auf die Gestehungskosten. Das gilt auch für allfällige Mehrkosten aufgrund möglicher Erschwernisse bei den Bohrungen, bei der Kraftwerksanlage sowie beim Fernwärmenetz.
- Neben dem Raum Schaan gibt es noch weitere Gebiete, die ein nutzbares Potenzial und Nutzungsmöglichkeiten aufweisen, insbesondere im Bereich

des Eschnerberges in Verbindung mit dem Raum Feldkirch. In Bezug auf eine weitere Ausschöpfung des Wärmepotenzials im Raum Schaan drängt sich zudem das Fernwärmenetz des Vereins für Abfallentsorgung (VfA) in Buchs auf ¹¹.

Aufgrund der Abklärungen und Untersuchungen, die im Rahmen der Ressourcenanalyse durchgeführt wurden, konnten die Kenntnisse über den tiefen Untergrund bedeutend verbessert werden. Dies ermöglichte eine Verschneidung mit den untersuchten Wärmenutzungspotenzialen an der Oberfläche. Trotz dieser Fortschritte ist insbesondere in Bezug auf den tiefen Untergrund festzuhalten, dass dieser nach wie vor mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet ist. Dies hat zum einen damit zu tun, dass das Rheintal von einer sehr komplexen inneralpinen Geologie geprägt ist. Zum anderen ist der liechtensteinische Rheintalabschnitt im Vergleich zu anderen Gebieten nach wie vor wenig erforscht, was sich in einer entsprechend bescheidenen Datengrundlage äussert¹². Das Geothermieprojekt befindet sich somit aus geologischer Sicht nach wie vor im Stadium der Erkundung, so dass im Falle einer Entscheidung für eine Geothermienutzung zwingend weitere Untersuchungen notwendig sind.

¹¹ Das Fernwärmenetz wird vom Verein für Abfallentsorgung (VfA) betrieben. Der VfA hat seinen Sitz in Buchs SG und wurde im Jahre 1960 gegründet. Gründungsmitglieder waren die Gemeinden Buchs, Vaduz und Schaan. Der VfA bezweckt den Bau und Betrieb von Abfallentsorgungs- und Verwertungsanlagen, die den aktuell 43 Mitgliedergemeinden, darunter allen 11 Liechtensteiner Gemeinden, sowie weiteren Gebieten (Vorarlberg und Schaffhausen) zur Entsorgung ihrer Abfälle dienen.

¹² Im Vergleich zu Liechtenstein wurden beispielsweise im süddeutschen Raum im Rahmen der Erkundung von Öl- und Gasvorkommen in den Jahren 1960 bis 1980 Jahren umfangreiche seismische Untersuchungen durchgeführt und verschiedene Tiefbohrungen abgeteuft. Aufgrund dieser Daten ist der Untergrund auch in Bezug auf die geothermische Eignung gut bekannt und es konnten auf dieser Basis gezielte seismische Untersuchungen, Bohrungen und Projekte realisiert werden. Auch im schweizerischen Mittelland wurden in den Jahren 1970 bis 1990 mehrere tausend Kilometer seismische Untersuchungen durchgeführt, insbesondere von der SEAG (Schweizerische Erdöl AG) und der NAGRA (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle). Des Weiteren wurden einige Tiefbohrungen abgeteuft. In Vorarlberg wurden von der Öl- und Gasindustrie in den Jahren 1960 bis 1980 etwa 900 km seismische Untersuchungen durchgeführt und mehrere Tiefbohrungen abgeteuft.

Weitere Fortschritte zum Kenntnisstand des tiefen Untergrundes konnten seit Abschluss der Ressourcenanalyse auf Basis der Untersuchungen der Illwerke VKW in Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck erzielt werden. So haben diese Untersuchungen eine gute Übereinstimmung mit den geologischen Modellvorstellungen auf Liechtensteiner Seite ergeben. Darüber hinaus konnte bezüglich verschiedener Unsicherheiten mehr Klarheit gewonnen werden. Durch den Erfahrungsaustausch zwischen den Illwerken VKW und Liechtenstein konnte somit der Kenntnisstand zum tiefen Untergrund nochmal verbessert werden, was die Bedeutung und den Wert einer gemeinsamen Zusammenarbeit unterstreicht.

4. ABKLÄRUNGEN AUF BASIS DER RESSOURCENANALYSE

Die Regierung hat das Amt für Umweltschutz im März 2011 beauftragt, die Ergebnisse der Ressourcenanalyse den relevanten Akteuren vorzustellen und mit diesen die Möglichkeiten, Einschränkungen und Herausforderungen der Geothermienutzung aus geologischer, nutzungstechnischer und wirtschaftlicher Sicht zu diskutieren und zu bewerten. Bei der Umsetzung dieses Auftrages stand insbesondere die Empfehlung im Vordergrund, im Sinne einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, die Möglichkeiten einer grenzüberschreitenden Wärmenutzung zu prüfen. Diesbezüglich standen zwei Gebiete im Vordergrund, so das Fernwärmenetz des VfA in Buchs sowie der Raum Feldkirch. Konkret wurden folgende Hauptstossrichtungen formuliert:

- Konzentration auf den Standort Schaan und prüfen der Machbarkeit einer Kombination „Geothermie-KVA“ bzw. eines Wärmeverbundes Buchs-Schaan.
- Prüfen von Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit dem Raum Feldkirch

4.1 Machbarkeit einer Kombination „Geothermie-KVA“

Verschiedene Besprechungen mit Vertretern des VfA sowie Fachexperten im Bereich Geothermie und Fernwärmeversorgung ergaben, dass durch eine Kombination der Geothermie mit der Infrastruktur des VfA (Kehrrichtverbrennungsanlage, Fernwärmenetz, Dampfleitung) aus technischer Sicht interessante Kombinationsmöglichkeiten und damit Synergien denkbar wären. Eine diesbezügliche Abklärung wurde von den Gesprächspartnern unterstützt, so auch von den liechtensteinischen Energieversorgern LGV und LKW sowie von den beiden Standortgemeinden Buchs und Schaan.

Es wurde beschlossen die grundsätzliche technische Machbarkeit einer Kombination „Geothermie-KVA“ zu untersuchen. Ziel war es herauszufinden, ob es aus rein technischer Sicht überhaupt sinnvolle und wirtschaftlich interessante Möglichkeiten gibt die Geothermie mit der Infrastruktur des VfA zu kombinieren. Auf die Untersuchung von betriebsorganisatorischen, finanzierungstechnischen sowie weiteren strategischen Fragestellungen wurde vorderhand verzichtet. Um die Möglichkeiten und Einschränkungen einer solchen Kombination beurteilen zu können, wurden die relevanten energietechnischen Grundlagen zusammengetragen und bezüglich der technischen Machbarkeit untersucht. Darauf basierend wurde die Wirtschaftlichkeit näher betrachtet. In einem Variantenvergleich wurden verschiedene Möglichkeiten mit und ohne Stromproduktion in der Geothermieanlage einander gegenübergestellt und analysiert. Das Ergebnis der Untersuchungen lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Aus technischer und wirtschaftlicher Sicht ergeben sich bei einer Kombination „Geothermie-KVA“ für beide Seiten interessante Möglichkeiten und Vorteile. In Bezug auf die Geothermie stehen mit der KVA, im Speziellen mit der Speisewassererwärmung, sowie mit dem Fernwärmenetz zwei gewichtige

Wärmeabnehmer zur Verfügung. Aus Sicht KVA ergibt sich aufgrund der zusätzlichen Wärmeenergie aus der Geothermieanlage die Möglichkeit weniger Dampf für die internen Prozesse und die Fernwärmeversorgung auskoppeln zu müssen und damit die Stromproduktion zu steigern¹³.

- Die Varianten ohne eigene Stromproduktion in der Geothermieanlage, d.h. es wird nur die Wärme genutzt (Untervarianten a), ergeben leicht tiefere Wärmegestehungskosten (siehe Abbildung 11). Dies hat damit zu tun, dass sich die Investitionskosten aufgrund des Wegfalls des Kraftwerkteils in der Geothermieanlage um CHF 10 Mio. reduzieren. Es ist jedoch zu beachten, dass keine Einspeisevergütungen für den Geothermiestrom berücksichtigt wurden. Im Falle einer Einspeisevergütung von 40 Rp/kWh, wie sie in der Schweiz gewährt wird, schneiden die Varianten mit Stromproduktion aus Geothermie günstiger ab. Aus technischer Sicht ist zu beachten, dass eine Geothermieanlage ohne eigene Stromproduktion technisch einfacher und flexibler geplant und betrieben werden kann. Zudem ist sie weniger von der Fördermenge und der Temperatur abhängig.
- Die Wärmegestehungskosten liegen bei einer Kombination „Geothermie-KVA“ (Variante 1a und 3a, d.h. ohne Stromproduktion in der Geothermiean-

¹³ In der Kehrlichtverbrennungsanlage Buchs wurden im Jahr 2010 gut 540 GWh Dampf aus Abfall produziert. Dieser wird in den Dampfturbinen teilweise verstromt. Um die verschiedenen Wärmeverbraucher (Dampfleitung, Fernwärmenetz, Speicheranlage, Speisewassererwärmung) zu versorgen, wird an den Turbinen auf verschiedenen Druckniveaus Dampf ausgekoppelt. Dadurch sinkt die Stromproduktion. Insbesondere im Sommer, wenn kaum Bedarf für Fernwärme vorhanden ist, wird der grösste Teil des Dampfes vollständig verstromt. Es wird jedoch auch in diesem Fall noch Wärme benötigt, um das Kondensat im Speisewasserbehälter wieder auf die Solltemperatur von 130°C zu erwärmen, bevor es in den Dampfkesseln wieder verdampft wird. Für diese Kondensaterwärmung wird eine Wärmeleistung von 6-7 MW benötigt, welche heute aus ausgekoppeltem Dampf erzeugt wird. Da das Temperaturniveau in dem Bereich liegt, in dem die Geothermieanlage Wärme produziert, könnte diese Wärme in der KVA zur Kondensaterwärmung verwendet werden und damit mehr Dampf „vollständig“ verstromt werden. Auch kann die Wärme aus der Geothermie jederzeit in das Fernwärmenetz eingespeist werden, da die maximale Vorlauftemperatur im Netz unter der Quelltemperatur der Geothermie liegt. Damit kann ebenfalls mehr Dampf in der KVA vollständig verstromt werden. Pro kWh von der Geothermie gelieferte Wärme kann in der KVA eine elektrische Mehrproduktion von rund 0.22 kWh erzielt werden. Durch diese Einspeisung kann im Winterfall die gesamte verfügbare Leistung der Geothermieanlage genutzt werden und im Sommerfall immer noch ein grosser Teil der maximalen Wärmeproduktion (ca. 8 MW).

lage) bis zu 20% tiefer als bei der Variante 0, d.h. Geothermienutzung nur in Schaan (siehe Abbildung 11). So betragen die Wärmegestehungskosten bei der Variante 0a, d.h. nur Wärmeproduktion, rund 32 Rp/kWh, bei der Kombinationsvariante „Geothermie-KVA“, ebenfalls nur Wärmeproduktion, rund 26 Rp/kWh (Variante 1a und 3a).

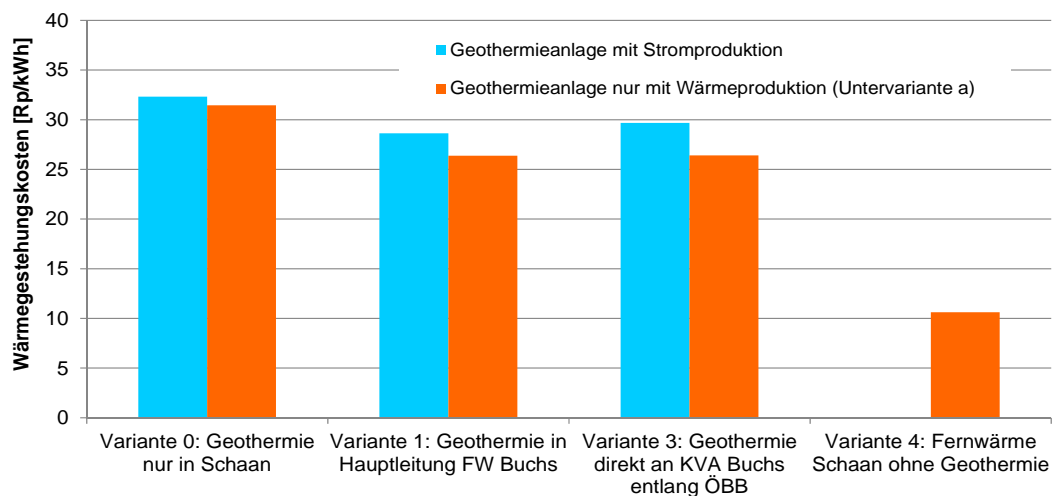


Abbildung 11: Wärmegestehungskosten für Schaan. Die Variante 0 berücksichtigt keinen Wärmeverbund Buchs-Schaan, d.h. die Geothermie wird nur in einem erweiterten Fernwärmenetz Schaan genutzt. Bei den Varianten 1 und 3 wird die Geothermie grenzüberschreitend in einem Wärmeverbund Buchs-Schaan genutzt. Bei der Variante 4 handelt es sich um eine Vergleichsvariante ohne Geothermienutzung in einem Wärmeverbund Buchs-Schaan. Bei den Untervarianten „a“ handelt es sich um Varianten ohne Stromproduktion in der Geothermieanlage, d.h. nur Wärmeproduktion.

- Im Rahmen der Ressourcenanalyse wurden für den untersuchten Wärmeverbund „Schaan-Vaduz-Triesen“ Wärmegestehungskosten von 37.5 Rp/kWh errechnet (siehe Kapitel 3.5). Dies bedeutet, dass die günstigste Kombinationsvariante „Geothermie-KVA“ (Variante 1a und 3a) mit 26 Rp/kWh mehr rund 30% tiefer liegt. Dies hat im Wesentlichen damit zu tun, dass bei einem Wärmeverbund „Buchs-Schaan“ weniger Fernwärmeleitungen benötigt werden als bei einem Wärmeverbund „Schaan-Vaduz-Triesen“ und damit die Investitionskosten geringer ausfallen. Gleichzeitig wird auf Basis von Abklärungen aus dem Jahre 2008 davon ausgegangen, dass verschie-

dene Grossverbraucher im Raum Schaan angeschlossen werden können. Dies ist gleichzeitig aber auch der kritische Punkt bei dieser Variante. Können die Grossverbraucher nicht im gewünschten Mass angeschlossen werden, so erhöht sich der Wärmepreis.

- Die ebenfalls untersuchte Vergleichsvariante Fernwärmelieferung von der KVA-Buchs nach Schaan ohne die Nutzung der Geothermie ergibt Wärmege-
stehungskosten im Bereich von 11 Rp/kWh, was aus wirtschaftlicher Sicht als
attraktiv bezeichnet werden kann. Um vergleichbare Wärmege-
stehungskosten für die günstigste Variante mit Geothermie (Variante 1a und 3a) zu errei-
chen, müsste die Geothermieanlage mit einem Investitionsbeitrag von CHF
42 Mio. gefördert werden (siehe nachfolgende Abbildung). Würde anstatt
eines Investitionsbeitrages ein rückzahlbares zinsloses Darlehen für die not-
wendigen Investitionen gewährt, würden ebenfalls die Kapitalkosten redu-
ziert und der Wärmepreis könnte auf 18 Rp/kWh gesenkt werden. Die fol-
gende Abbildung zeigt den Einfluss der Investitionskosten auf den Wärme-
preis in Schaan.

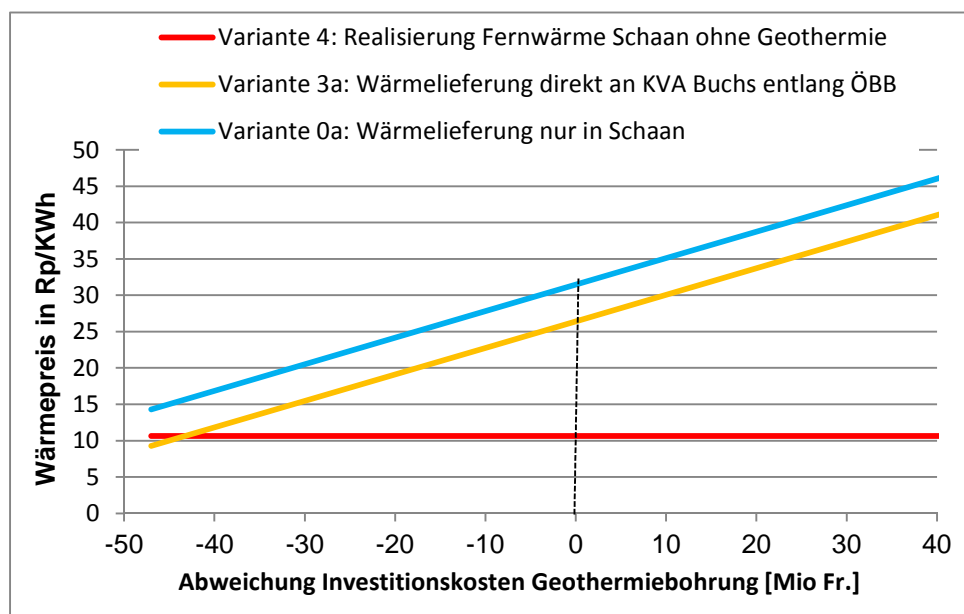


Abbildung 12: Einfluss der Investitionskosten auf den Wärmepreis in Schaan. Lesebeispiel: Die Wärmege-
stehungskosten der Variante 3a (Wärmelieferung direkt an KVA Buchs

entlang ÖBB ohne eigene Stromproduktion in der Geothermieanlage) betragen 26 Rp/kWh. Durch einen Investitionsbeitrag (negative Abweichung auf der x-Geraden) können beispielsweise die Wärmegestehungskosten gesenkt werden. Bei einem Investitionsbeitrag von CHF 42 Mio. reduzieren sich die Wärmegestehungskosten bis auf rund 11 Rp/kWh, wie bei der Variante 0a.

- In Bezug auf die Einbindung der Geothermie in die Infrastruktur des VfA ist aus technischer Sicht eine direkte Einspeisemöglichkeit der Geothermie in die KVA am vorteilhaftesten (Variante 3), da damit deutlich mehr Möglichkeiten bestehen, das Gesamtsystem Geothermie-KVA zu optimieren und die Synergiepotenziale auszuschöpfen. So könnte damit beispielsweise die gegenseitige Redundanz verbessert werden, was für beide Seiten die Notwendigkeit eines fossil befeuerten Notkessels deutlich reduziert.

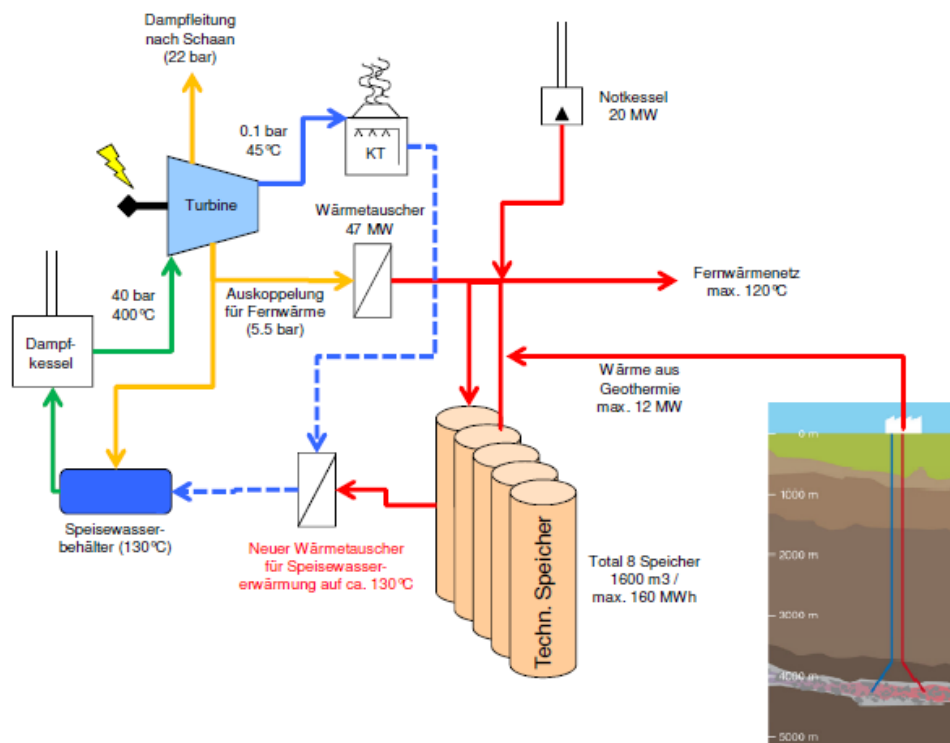


Abbildung 13: Vereinfachtes Prinzipschema Energienutzung in der KVA-Buchs unter Berücksichtigung einer Einbindung der Geothermie.

- Bezüglich der Linienführung wurden verschiedene Optionen betrachtet, so entlang der ÖBB-Eisenbahnlinie sowie entlang der Dampfleitung. Die Linien-

führung entlang der ÖBB-Eisenbahnlinie wird aus folgenden Gründen favorisiert: Möglichkeit einer oberirdischen Verlegung entlang der Bahntrasse, was deutlich einfacher und günstiger realisiert werden kann¹⁴. Zudem mehr Möglichkeiten der Anbindung von geeigneten Wärmeverbrauchern.

Basierend auf diesen Ergebnissen wird vom Auftragnehmer der Studie folgende Empfehlung abgeleitet:

- Weiterverfolgen einer Variante mit reiner Wärmenutzung aus Geothermie.
- Direkte Einspeisemöglichkeit der Geothermiewärme bei der KVA anstreben (Varinate 3a oder bei geologischer und standorttechnischer Eignung, Realisierung der Geothermieanlage direkt bei der KVA).
- Fokussierung auf die Linienführung entlang der ÖBB-Eisenbahnlinie.
- Im Falle eines Verzichtes auf die Weiterführung der Geothermie soll die Verbindung der KVA-Fernwärme nach Schaan, aufgrund der technischen und wirtschaftlichen attraktiven Konstellation, weiter verfolgt werden.

4.2 Prüfen von Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit dem Raum Feldkirch

4.2.1 Ausgangslage

Aus rein geologischer Sicht ist die Malmschuppenzone im nördlichen Teil von Liechtenstein von besonderem Interesse, da hier aufgrund der mehrfach übereinander gestapelten Malmkalkschuppen mit den vorteilhaftesten Voraussetzungen für die Fündigkeit geeigneter Untergrundstrukturen gerechnet werden kann. Da jedoch im Raum Unterland das Wärmeabsatzpotenzial für einen wirtschaftlichen Betrieb zu klein ist, stellte sich die Frage nach Möglichkeiten einer Zusammenarbeit mit den Nachbargebieten. Diesbezüglich lag der Raum Feldkirch

¹⁴ Die Fernwärme von der KVA Trimmis zur Papierfabrik Landquart wird ebenfalls entlang der Eisenbahnlinie geführt. Erste Gespräche mit der ÖBB haben von Seiten LGV stattgefunden.

am nächsten, wo sowohl unter dem Blickwinkel des geothermischen Potenzials als auch unter dem Blickwinkel der Nutzungsmöglichkeiten günstige Voraussetzungen zu erwarten sind.

Auf Basis der geologischen Modellvorstellungen kann auch für den Untergrund von Feldkirch von einer geothermischen Eignung ausgegangen werden. Dies wird durch die Untersuchungen der Illwerke VKW in Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck bestätigt.

Die Abklärungen der grenzüberschreitenden Wärmenutzungsmöglichkeiten Liechtenstein-Feldkirch fanden im folgenden Kreis statt: Bauamt der Stadt Feldkirch, Stadtwerke Feldkirch, Illwerke VKW und Amt für Umweltschutz. Im Rahmen von mehreren Gesprächen wurden Informationen zu den aktuellen Arbeiten der einzelnen Stellen zum Thema Geothermie und Fernwärmeversorgung ausgetauscht.

4.2.2 Wärmeabnahmepotenzial der Stadt Feldkirch

Bezüglich dem Wärmeabnahmepotenzial der Stadt Feldkirch wurde folgendes festgestellt:

- Die Stadt Feldkirch verfügt über drei bestehende Wärmenetze: Tosters, Nofels und Innenstadt. Während die Wärmenetze in Tosters und Nofels hauptsächlich mit Holz betrieben werden, erfolgt der Betrieb des Innenstadtnetzes mit Erdgas und Generatorabwärme über Wärmepumpe.
- Tosters verfügt über das grösste Nahwärmenetz, dagegen besitzt die Innenstadt gemäss den ersten Abklärungen das grösste Ausbaupotenzial. Dies hängt vor allem mit der hohen Einwohner- und Arbeitsplatzdichte sowie mit dem eingeschränkten Wärmesaniierungspotenzial, aufgrund der denkmalgeschützten Bausubstanz, zusammen. Es wird im ausgebauten Zustand von ei-

nem Leistungsbedarf von rund 25 MW und einem Energiebedarf von rund 40 GWh ausgegangen.

- Aufgrund des weitestgehend ausgeschöpften Biomassenpotenzials sowie der Bestrebungen der Stadt Feldkirch die Luftschadstoffemissionen und die Treibhausgasemissionen weiter zu reduzieren, bietet sich die Geothermie als erneuerbarer, CO₂-neutraler und einheimischer Energieträger an. Hinzu kommt, dass die Kanalisation der Innenstadt in den nächsten Jahren saniert werden muss, was die Gelegenheit ergeben würde gleichzeitig das Fernwärmenetz auszubauen.
- Die Abklärungen haben aber auch ergeben, dass im Bereich der Innenstadt ganzjährige Grossverbraucher fehlen, was sich aufgrund der fehlenden Auslastung im Sommer negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Als Alternative für das Sommerhalbjahr bietet sich die Verstromung der geothermischen Energie an. Eine solche Massnahme wird allerdings, aus Gründen der Effizienz und der fehlenden Einspeisevergütung in Österreich, kritisch beurteilt.

4.2.3 Grenzüberschreitende Wärmenutzungsmöglichkeiten Liechtenstein-Feldkirch

Bezüglich der Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen eine grenzüberschreitende Wärmenutzung Liechtenstein-Feldkirch, bzw. umgekehrt, sinnvoll ist, wurde folgendes festgestellt:

- Bezüglich einer Nutzung der Geothermie im Liechtensteiner Unterland kann folgendes festgehalten werden. Zum einen gibt es in den Unterländer Gemeinden noch keine bestehenden Netze, zum anderen sind die Wärmedichten bescheiden. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass im Fall der Gemeinde Eschen grosse bestehende Abwärmequellen bei der Firma Thyssen Krupp Presta vorhanden sind, die genutzt werden könnten. Eine Ansiedlung von wärmeintensiven Industrie- und Gewerbebetrieben (z.B. Gewächshäu-

ser, Fischzucht, Holz Trocknung, Thermalbad) erscheint aufgrund der allgemeinen Situation in Liechtenstein (knappe Bodenressourcen und hohe Bodenpreise in Verbindung mit einem entsprechend grossen Bodenbedarf für solche wärmeintensiven Betriebe) wenig aussichtsreich. Vor diesem Hintergrund wird im Liechtensteiner Unterland die Nutzung der tiefen Geothermie in Verbindung mit dem Aufbau von Wärmenetzen wirtschaftlich kritisch eingeschätzt. Zu prüfen wären allenfalls geringere Temperaturniveaus, was es erlauben würde die Bohrtiefen und damit die Kosten zu reduzieren.

- Als weitere Möglichkeit einer grenzüberschreitenden Geothermienutzung wurde eine Verbindung der Wärmenetze Feldkirch und Schaan betrachtet. Dazu wurde folgendes festgestellt. Eine solche Verbindung bedingt je nach Linienführung eine Transportleitung von rund 8 bis 12 km Länge. Eine möglichst kurze Linienführung durch „Niemandland“ ermöglicht einerseits die Baukosten zu minimieren. Andererseits lassen sich dann die Wärmebezügler auf der Strecke nur in eingeschränktem Masse anbinden. Grundsätzlich wird eine Verbindung von zwei Wärmenetzen über eine solche Distanz als teuer und damit wirtschaftlich kritisch eingestuft.

4.3 Zusammenfassende Feststellung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass von allen geprüften Varianten eine grenzüberschreitende Geothermienutzung zwischen Schaan und Buchs am aussichtsreichsten erscheint. So ergeben sich bei einer Kombination „Geothermie und KVA-Buchs“ für beide Seiten interessante Möglichkeiten und Vorteile. Basis dafür ist ein Wärmeverbund Buchs-Schaan. Dieser soll in einer ersten Phase von der KVA versorgt werden. Ein solches Vorhaben erscheint aus technischer und wirtschaftlicher Sicht sinnvoll und attraktiv. Zum anderen ermöglicht ein solcher Wärmeverbund in einer allfälligen nächsten Phase, die Geothermie in

Kombination mit der KVA optimal zu nutzen und damit die Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

4.4 Gespräche mit den verschiedenen Akteuren

Die Ressourcenanalyse wurde folgenden Akteuren vorgestellt und mit diesen besprochen.

- Politik: Landtag, Energiekommission
- Verwaltung: Energiefachstelle, Amt für Bevölkerungsschutz
- Energieversorger: LKW, LGV, VfA, Illwerke VKW, Stadtwerke Feldkirch, Geo-Energie Suisse, AXPO, Sankt Galler Stadtwerke
- Kommunen: Gemeindevorsteherkonferenz Liechtenstein, Gemeindepräsidentenkonferenz Sarganserland-Werdenberg, Gemeinde Buchs, Gemeinde Sennwald, Stadt Feldkirch
- Öffentlichkeit, Universität Liechtenstein

Die Gespräche hatten zum Ziel, die Möglichkeiten der Geothermienutzung aus geologischer, nutzungstechnischer und wirtschaftlicher Sicht zu erörtern und im Hinblick auf das weitere Vorgehen zu bewerten. Neben den Inhalten der Ressourcenanalyse wurde auch über die grenzüberschreitenden Abklärungen bzw. die diesbezüglichen Zwischen- und Endergebnisse informiert. Im Folgenden werden die wesentlichsten Themenfelder, Inhalte und Erkenntnisse der Besprechungen dargestellt.

4.4.1 Generelle Herausforderungen an ein Geothermieprojekt

Die grösste Unsicherheit in einem Geothermieprojekt ist aus geologischer Hinsicht die Wasserfündigkeit. Die diesbezüglichen Erkundungsmöglichkeiten sind limitiert, entsprechende Untersuchungen und Berechnungen bleiben damit mit Unsicherheiten behaftet. Eine abschliessende Gewissheit bringt erst eine Boh-

rung. Die erste Bohrung in einem Geothermieprojekt kann somit als Versuchsbohrung bezeichnet werden, welche im Erfolgsfall zum ersten Teil des Bauprojektes wird. Es muss an dieser Stelle deutlich darauf hingewiesen werden, dass es sich bei einem Geothermieprojekt trotz der zahlreich realisierten Anlagen nicht um ein klassisches Bauprojekt handelt. Aufgrund der standortspezifisch sehr heterogenen Verhältnisse und der damit zusammenhängenden Einflussgrößen handelt es sich bei jedem Geothermieprojekt zu einem gewissen Teil jeweils auch um ein „Entwicklungsprojekt“. Im Erfolgsfall ermöglicht die Geothermie ab Temperaturen von 100°C die Produktion von Strom und die Nutzung von Wärme. In Bezug auf die Stromproduktion ist darauf hinzuweisen, dass der elektrische Nettowirkungsgrad limitiert ist und je nach Umwandlungstechnologie bei rund 10% liegt. Der Wirkungsgrad ist abhängig von der Temperatur und der Fördermenge. Aufgrund des limitierten Wirkungsgrades bedarf es für einen wirtschaftlich attraktiven Betrieb auch der Nutzung der restlichen Wärme. Grundlage dafür ist der Aus- oder Aufbau eines effizienten Fernwärmenetzes mit entsprechenden Wärmeabnehmern, damit die Wärme möglichst vollständig genutzt werden kann. Damit auch im Sommer soviel Wärme wie möglich verkauft werden kann (bei der Geothermie handelt es sich um Bandenergie), sind insbesondere Grossabnehmer mit einem ganzjährigen Wärmebedarf von Bedeutung.

4.4.2 Chancen eines Geothermieprojektes

Bei der Geothermie handelt es sich um eine einheimische, erneuerbare und CO₂-freie Energiequelle, die Tag und Nacht zur Verfügung steht (Bandenergie). Das wachsende Interesse an der Geothermie ist zusätzlich durch die Langlebigkeit ihrer Anlagen begründet. Die Anlagen im Pariser Becken zeigen, dass diese Systeme über 30 Jahre in Betrieb sein können. Auch die Anlage in Riehen ist seit 18 Jahren erfolgreich in Betrieb und wird weiter ausgebaut.

In strategischer Hinsicht besteht die Möglichkeit der energetischen Selbständigkeit und Unabhängigkeit von endlichen Rohstoffen näher zu kommen. Des Weiteren bietet eine geothermische Nutzung die Möglichkeit einer Wertschöpfung im Inland und bietet neue Betätigungsfelder für die einheimischen Energielieferanten und das Nebengewerbe. Ein weiterer Vorteil ist der kalkulierbare Preis im Vergleich zu den stark schwankenden und in der Tendenz ansteigenden Preisen für fossile Energien. Dies kann wiederum ein Standortvorteil für bestehende oder neue Industrie- und KMU-Betriebe sein. Der Zeitfaktor und die damit zusammenhängende Verknappung und Verteuerung der fossilen Energien sind somit wichtige Aspekte, die es zu berücksichtigen gibt.

In ökologischer Hinsicht können durch die Nutzung der Geothermie der Verbrauch und die damit zusammenhängenden Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen reduziert werden. Dies führt zu einer Verbesserung der Umweltsituation, was sich wiederum ökonomisch positiv auswirkt. So können Umwelt- und Gesundheitskosten aufgrund der Luftverunreinigung und der Einkauf von ausländischen CO₂-Gutschriften im Rahmen der internationalen Klimaschutzvereinbarungen reduziert werden. Im konkreten Fall kann bei einer Geothermienutzung von einem maximalen CO₂-Reduktionspotenzial in der Grössenordnung von 17'500 Tonnen pro Jahr ausgegangen werden. Auf Basis des berechneten Wärmenutzungspotenzials in Schaan ergibt sich eine CO₂-Reduktion von rund 4'000 Tonnen¹⁵. Im Falle eines Wärmeverbundes Buchs-Schaan fallen weitere CO₂-Reduktionen in der Schweiz an. Im Vergleich dazu sind die Treibhausgasemissionen in Liechtenstein bis 2020 auf 184'000 Tonnen pro Jahr zu reduzieren. Die aktuellen Emissionen betragen rund 233'000 (Stand 2010). Trotz der Wirkung der

¹⁵ Für eine Tonne CO₂ kann je nach Betrachtungsweise ein Betrag von CHF 20 bis 50 eingesetzt werden. Eine Reduktion von 4000 Tonnen CO₂ pro Jahr entspricht damit einem Betrag von CHF 80'000 bis 200'000 an vermeidbaren ausländischen CO₂-Gutschriften. Über eine Betriebszeit von 30 Jahren betrachtet ergeben sich inländische CO₂-Reduktionen im Umfang von 120'000 Tonnen.

bereits laufenden Massnahmen gemäss Energieeffizienzgesetz sowie weiteren inländischen Massnahmen muss in der Periode 2013 bis 2020 mit einer jährlichen Ziellücke von mehreren Tausend Tonnen gerechnet werden. Die Energiestrategie 2020 der Regierung sieht die Umsetzung von weiteren inländischen Massnahmen zur CO₂-Reduktion vor, um den Zukauf von ausländischen CO₂-Gutschriften zu minimieren. Die Nutzung der Geothermie bzw. auch die Nutzung der KVA-Fernwärme kann dazu einen bedeutenden Beitrag liefern.

4.4.3 Fernwärmepreis und Anschluss von Wärmeabnehmern

Das Interesse eines Wärmeabnehmers sich an ein Fernwärmenetz anzuschliessen, ist in den meisten Fällen primär abhängig vom angebotenen Fernwärmepreis im Vergleich zu anderen Energieträgern, wie beispielsweise Erd-/Biogas, Heizöl, Holz, Erdwärme. Aufgrund der teils starken Energiepreisschwankungen bei den fossilen Brennstoffen wie auch bei der Elektrizität werden in den Industrie- und Gewerbebetrieben teils sehr kurzfristige Entscheidungen bezüglich Optimierung der Energiekosten getroffen. Neben allfälligen wirtschaftlichen Vorteilen einer solchen Strategie, ist diese jedoch auch mit Risiken behaftet. Demgegenüber kann eine Fernwärmeversorgung den Vorteil haben, aufgrund des langfristigen Investitionshorizontes einen kalkulierbaren, stabilen Wärmepreis anbieten zu können. Dies kann wiederum ein Standortvorteil für bestehende oder neue Industrie- und KMU-Betriebe sein.

Die Voraussetzungen für einen möglichst attraktiven Fernwärmepreis sind, wie oben angesprochen, ein möglichst effizientes Fernwärmenetz mit entsprechenden Wärmeabnehmern. Es ist deshalb wichtig mit entsprechenden Massnahmen sicherzustellen, dass die relevanten Wärmeabnehmer im Fernwärmepereimeter an das Fernwärmenetz anschliessen, bzw. angeschlossen werden können. Mögliche flankierende Massnahmen, in Anlehnung an andere Fernwärmeprojekte, können sein: Keine andere wärmetechnische Förderung im Fernwärmepereimeter.

ter, Förderung der Übergabestationen¹⁶, Anschlusszwang, weitere Lenkungsmodelle.

4.4.4 Koordination Gasversorgung und Fernwärmeversorgung

Liechtenstein verfügt über eine gut ausgebaute Gasversorgungsinfrastruktur (Gasleitungsnetze) sowie verschiedene Heizkraftwerke (Blockheizkraftwerke, BHKW) mit Nahwärmenetzen. Die LGV betreibt die Gasversorgungsinfrastruktur. Die Heizkraftwerke werden teils von der LGV, teils von Zweckverbänden betrieben. Gemäss der Eignerstrategie der Regierung vom März 2011 hat die LGV eine sichere, preiswerte und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung mit Gas und thermischer Energie zu gewährleisten.

Eine Ausweitung der Fernwärmeinfrastruktur kann in verschiedenen Gebieten zu einer Konkurrenzsituation mit der Gasversorgung im Bereich der Bereitstellung von Wärme führen. Mögliche Lösungsansätze sind die Festlegung von Gebieten mit Gasversorgung bzw. Fernwärmeversorgung; Stichwort Energieplanung, Energiekataster. Des Weiteren müssen bei einem Umstieg von Gas auf Fernwärme die getätigten Investitionen in die Gasversorgungsinfrastruktur und Heizkraftwerke berücksichtigt und geregelt werden. Dies betrifft bei einem Wärmeverbund Buchs-Schaan ganz konkret das Blockheizkraftwerk des Zweckverbandes BHKW Schaan. Dieses wurde im Jahre 2008/09 erneuert. Die Laufzeit wird mit ca. 15 Jahren angegeben. Aktuell laufen zwischen dem Zweckverband und der LGV Verhandlungen zwecks einer Übernahme des Blockheizkraftwerkes und der Fernwärmeinfrastruktur durch die LGV.

¹⁶ Diesbezüglich ergeben sich für KMU's gegebenenfalls Fördermöglichkeiten über die Kooperation zwischen der Klimastiftung Schweiz und der LIFE Klimastiftung Liechtenstein (www.klimastiftung.li). Die Kooperation eröffnet für kleinere und mittlere Unternehmen aus Liechtenstein den Zugang zu Fördermitteln der Klimastiftung Schweiz. Voraussetzung der Kooperation war die Bereitschaft der drei grössten Banken des Landes, der LGT, der Liechtensteinischen Landesbank und der VP Bank, die ihnen aus der Rückverteilung zufließenden Beträge aus der CO₂-Abgabe der Klimastiftung Schweiz zu spenden.

4.4.5 Grosse Wärmeabnehmer

Das in den bisherigen Studien berücksichtigte Wärmeabnahmepotenzial der Grossabnehmer im Raum Schaan beruht im Wesentlichen auf verschiedenen Abklärungen aus dem Jahre 2008. Im Hinblick auf eine vertiefte Prüfung der Machbarkeit eines Wärmeverbundes Buchs-Schaan sind die effektiven Kenngrößen und Rahmenbedingungen bei den Betrieben im Detail zu ermitteln und zu bewerten (Leistungsbedarf, Energiebedarf, Temperaturbedarf, allfällig vorhandene interne Optimierungspotenziale wie z.B. Abwärmenutzung).

Die gezielte Ansiedlung von Industrie- und/oder Gewerbebetrieben mit einem hohen Wärmebedarf im Bereich von etwa 50°C bis 90°C (z.B. Gewächshäuser, Fischzucht, Holz Trocknung, Thermalbad) erscheint aufgrund der speziellen Situation in Liechtenstein (knappe Bodenressourcen und hohe Bodenpreise in Verbindung mit einem entsprechend grossen Bodenbedarf für solche wärmeintensiven Betriebe) wenig aussichtsreich. In wie weit dennoch Möglichkeiten denkbar sind die Geothermie über die bestehenden und erweiterten Wärmebezüger hinaus zu nutzen, müsste im Rahmen von vertieften Abklärungen genauer untersucht werden. So beispielsweise auch die Nutzung der Geothermie für die Kühlung von Gebäuden im Sommer mittels Betrieb von Kälteabsorptionsanlagen. Von Seiten der KVA wurden sowohl für ein Gewächshaus wie auch für die Kühlung erste Studien durchgeführt. Die Ergebnisse sind vielversprechend und sollten bei der Betrachtung von weiteren Absatzmöglichkeiten auf beiden Seiten des Rheins berücksichtigt werden.

4.4.6 Sinkender Wärmeverbrauch im Wohnbereich

Bei der Prüfung von Fernwärmenetzen sind folgende Aspekte mit zu berücksichtigen: Wärmesaniierungspotenzial der bestehenden Liegenschaften, sinkender

Wärmeenergiebedarf von neuen Liegenschaften sowie die internen Abwärmepotenziale in Industrie- und Gewerbebetrieben.

4.4.7 Siedlungsstruktur

Eine kompakte Siedlungsstruktur führt in der Regel zu höheren Energiedichten, was eine effizientere Fernwärmeversorgung ermöglicht. Damit kann mit einem kleinen Netz viel Wärme verteilt werden. Im Gegensatz dazu bedingt eine weitläufige Siedlungsstruktur längere Fernwärmeleitungen, was zu höheren Investitionskosten, Wärmeverteilungskosten und letztendlich zu höheren Wärmegestehungskosten führt. Die heutige Siedlungsstruktur in Liechtenstein weist bezüglich der Energiedichten ein relativ heterogenes Bild auf. Eine strategische Entscheidung hin zu einem umfangreichen Fernwärmenetz bedingt entsprechende raum- und energieplanerische Begleitmassnahmen im Fernwärmeperimeter mit dem Ziel, die Energiedichten zu konzentrieren (beispielsweise verdichtetes Bauen). In die gleiche Richtung zielt die in der Energiestrategie 2020 formulierte Massnahme „2.1. Mobilität und Raumplanung“.¹⁷

4.4.8 Baukosten Fernwärmeleitungen

Der Bau von Fernwärmeleitungen ist grundsätzlich mit relativ hohen Kosten verbunden. In Liechtenstein können erschwerte Untergrundbedingungen und Durchleitungsverhältnisse zu deutlichen Mehrkosten führen. Möglichkeiten der Kostenreduktion bestehen beispielsweise bei einer oberirdischen Linienführung (z.B. entlang der ÖBB-Eisenbahntrasse¹⁸). Eine weitere wichtige Massnahme zur

¹⁷ Die Massnahme 2.1 hat zum Ziel Rahmenbedingungen zu schaffen, welche eine verbesserte Berücksichtigung von Raumstrukturen zugunsten einer nachhaltigen Mobilität erlauben. Dazu gehört beispielsweise die Konzentration der Bebauungsdichte entlang von gut mit ÖV erschlossenen Verkehrsachsen.

¹⁸ Im Rahmen des S-Bahn Projektes FL.A.CH ergeben sich gegebenenfalls Möglichkeiten eine oberirdisch geführte Fernwärmeleitung von Buchs nach Schaan entlang der Eisenbahnlinie zu berücksichtigen. Erste

Kostenoptimierung ist eine möglichst gute zeitliche Abstimmung mit anderen Strassen- und Werkleitungsbauprojekten. Ein weiterer im Fernwärmeleitungsbau zu berücksichtigender Aspekt betrifft die beschränkten Platzverhältnisse im Untergrund aufgrund der hohen Werkleitungsdichte.

4.4.9 Strukturelle und Gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen

Ein Fernwärmenetzausbau in der angedachten Grössenordnung, sei es mit oder ohne Geothermie, bedingt einen klaren gesellschaftspolitischen Willen mit entsprechenden strategischen Weichenstellungen bzw. Rahmenbedingungen. Dazu gehören verschiedene in den vorangegangenen Abschnitten angesprochene Themenfelder, wie beispielsweise die Koordination der Gasversorgung und der Fernwärmeversorgung, Anschluss- und Preismodelle sowie betriebsorganisatorische und finanzierungstechnische Fragestellungen. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage von allfällig notwendigen gesetzgeberischen flankierenden Massnahmen. Ein wichtiger Aspekt ist die Frage, welcher Wärmepreis der Bevölkerung und der Wirtschaft angeboten werden kann bzw. welchen Preis und welche Rahmenbedingungen sie bereit sind für einheimische, kalkulierbare, sichere Fernwärme zu bezahlen. Entsprechende Abklärungen zu diesen gesellschaftspolitischen Themenkreisen sind wichtig, um ein klareres Bild der Möglichkeiten, Einschränkungen und allfällig notwendigen flankierenden Massnahmen in Bezug auf einen Wärmeverbund Buchs-Schaan zu erhalten.

4.4.10 Energiestrategie 2020

Die Energiestrategie 2020 wurde im Juni 2012 von der Regierung erlassen und hat folgende Ziele: Senkung des Energiebedarfs um 20% durch Verbesserungen bei der Energieeffizienz, Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen

Gespräche von der ÖBB haben von Seiten LGV stattgefunden. Eine oberirdische Leitungsführung wurde beispielsweise auch von der KVA Trimmis zur Papierfabrik Landquart realisiert.

auf 20% des Gesamt-Energiebedarfs sowie Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 20% gegenüber 1990.

Die Erkenntnisse aus dem Projekt Tiefengeothermie sind mit Bearbeitungsstand Mai 2012 in die Energiestrategie eingeflossen. Die Massnahme 4.7 widmet sich der Tiefengeothermie und sieht vor, auf Basis der Ressourcenanalyse die Machbarkeit der Tiefengeothermie aus geologischer, nutzungstechnischer und wirtschaftlicher Sicht sowohl national wie auch in grenzüberschreitender Zusammenarbeit zu prüfen. Dabei sind die Entwicklungen im näheren und weiteren Umfeld mit zu verfolgen und gegebenenfalls einzubeziehen. Mit dem nun vorliegenden Bericht und Antrag können erste Ergebnisse einer solchen Prüfung dargestellt und das weitere Vorgehen aufgezeigt werden.

Die Massnahme 3.3 der Energiestrategie 2020 widmet sich unter anderem dem Ausbau von Wärmenetzen. So ist beispielsweise die Fernwärmenutzung ab der KVA-Buchs für Schaan zu prüfen. Diese Massnahme der Energiestrategie deckt sich mit dem Bedürfnis der Geothermie und ist damit eine wichtige Grundlage für die Optimierung der Geothermienutzung in energetischer und wirtschaftlicher Hinsicht.

Die Energiestrategie weist darauf hin, dass u.a. die Tiefengeothermie in Bezug auf die Zielerreichung eine bedeutende Rolle spielt. Eine Nicht-Realisierung würde die Chancen zur Zielerreichung einschränken bzw. eine grosse Herausforderung in anderen Bereichen darstellen. Hinzu kommt, dass aufgrund des Zeithorizonts der Energiestrategie bis 2020 die Planung und Umsetzung der Massnahmen, insbesondere bei den Grossprojekten, sehr rasch in Angriff genommen werden muss.

4.4.11 Weiteres Vorgehen

Von Seiten der konsultierten Akteure wird im Grundsatz eine vertiefte Prüfung eines Wärmeverbundes Buchs-Schaan, insbesondere in Bezug auf die Grossabnehmer sowie auch in Bezug auf die gesellschaftspolitischen bzw. strukturellen Rahmenbedingungen unterstützt. Der Einbezug der Geothermie in einen solchen Wärmeverbund soll bei der Prüfung mitberücksichtigt werden. Die vertiefte Prüfung soll Entscheidungsgrundlagen liefern, ob, wann und unter welchen Rahmenbedingungen ein Wärmeverbund Buchs-Schaan realisiert werden könnte, und ob die Geothermie mit eingebunden werden sollte. Dieses Vorgehen deckt sich mit dem Inhalt der Energiestrategie 2020.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Schlussfolgerungen und das weitere Vorgehen stützen sich insbesondere auf die Ressourcenanalyse, die darauf basierenden Gespräche mit den verschiedenen Akteuren sowie die grenzüberschreitenden Abklärungen bezüglich der Möglichkeiten einer gemeinsamen Nutzung der Geothermie. Des Weiteren wurden auch die verschiedenen internationalen Aktivitäten und Entwicklungen im Bereich Geothermie mitberücksichtigt.

5.1.1 Ausgangslage Ressourcenanalyse

Das im Rahmen der Ressourcenanalyse untersuchte Nutzungsszenario „Schaan-Vaduz-Triesen“ ergab Wärmegestehungskosten in der Grössenordnung von 37.5 Rp/kWh. Aufgrund der beschränkten Wärmenutzungsmöglichkeiten in Liechtenstein wurden Möglichkeiten einer grenzüberschreitenden Wärmenutzung mit dem Fernwärmenetz der KVA-Buchs und der Stadt Feldkirch abgeklärt, mit dem Ziel den Wärmeabsatz zu erhöhen und damit die Wirtschaftlichkeit der Geothermienutzung zu verbessern.

5.1.2 Zusammenarbeit Liechtenstein-Feldkirch

Eine grenzüberschreitende Wärmenutzung zwischen der Stadt Feldkirch und Liechtenstein erscheint aus technischer und wirtschaftlicher Sicht wenig aussichtsreich. Dies hängt im Wesentlichen damit zusammen, dass zum einen das liechtensteiner Unterland nicht über die notwendigen Wärmedichten für den Aufbau einer wirtschaftlich sinnvollen Fernwärmeversorgung verfügt. Zum anderen wird eine Fernwärmeverbindung Schaan-Feldkirch als teuer und damit wirtschaftlich kritisch eingestuft. Im Falle einer konkreten Planung eines Geothermieprojektes in Feldkirch und einer damit verbundenen seismischen Erkundung ist jedoch zu prüfen, ob eine Ausweitung der seismischen Messungen auf liechtensteinisches Gebiet sinnvoll ist, um bei einer solchen Gelegenheit den Kenntnisstand des Untergrundes in Liechtenstein zu verbessern. Die Erfahrungen aus dem vorliegenden Projekt zeigen, dass die rechtzeitige Beschaffung solcher Erkenntnisse auch für zukünftige Entwicklungen wichtig ist. Wenn sich Möglichkeiten ergeben, sich an entsprechenden Projekten der Nachbarn zu beteiligen, sollte dies nach Ansicht der Regierung unbedingt wahrgenommen werden.

5.1.3 Zusammenarbeit Liechtenstein-Buchs

Die Abklärungen bezüglich einer Kombination der Geothermienutzung mit der KVA-Buchs zeigten, dass sich aus technischer und wirtschaftlicher Sicht für beide Seiten grundsätzlich interessante Möglichkeiten und Vorteile ergeben können. In Bezug auf die Wärmegestehungskosten kann im Vergleich zu der in der Ressourcenanalyse untersuchten Variante „Schaan-Vaduz-Triesen“ (37.5 Rp/kWh) eine Reduktion von 30% (26 Rp/kWh) und zur Variante „nur Schaan“ eine Reduktion von 20% (32 Rp/kWh) erreicht werden. Die ebenfalls untersuchte Vergleichsvariante Fernwärmelieferung von der KVA-Buchs nach Schaan ohne Geothermie er-

gibt Wärmegestehungskosten im Bereich von 11 Rp/kWh, was aus wirtschaftlicher Sicht als attraktiv bezeichnet werden kann¹⁹.

5.1.4 Strukturelle und gesellschaftspolitische Herausforderungen

Die Abklärungen haben neben technischen und wirtschaftlichen Erkenntnissen aber auch gezeigt, dass es in Bezug auf strukturelle und gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen einige wichtige Themenfelder zu klären gibt, die im Hinblick auf eine definitive Entscheidung für einen Wärmeverbund Buchs-Schaan, sei es mit oder ohne Geothermie, von zentraler Bedeutung sind. Dazu gehören insbesondere:

- Koordination der bestehenden Gasversorgungsinfrastruktur mit der Fernwärmeversorgung (Stichwort Energieplanung, Energiekataster, Eignerstrategie);
- Betriebsorganisatorische und finanzierungstechnische Fragestellungen;
- Anschluss- und Preismodelle;
- Gesetzgeberischer Handlungsbedarf bezüglich allfällig notwendiger flankierender Massnahmen.

5.1.5 Abschliessende Bemerkungen

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass von allen geprüften Varianten aus technischer und wirtschaftlicher Betrachtungsweise eine grenzüberschreitende Geothermienutzung zwischen Schaan und Buchs am aussichtsreichsten erscheint. So ergeben sich bei einer Kombination „Geothermie und KVA-Buchs“ für beide Seiten interessante Möglichkeiten und Vorteile. Basis dafür ist

¹⁹ Vergleichende Betrachtung: Der aktuelle Heizölpreis von CHF 105.- pro 100 Liter (Stand 17.10.2012) ergibt einen Wärmepreis von einfach gerechnet 10.5 Rp/kWh. Unter Berücksichtigung der Investitionskosten für die Heizungsanlage sowie der Unterhaltskosten kann von Wärmegestehungskosten im Bereich von 15 bis 20 Rp/kWh ausgegangen werden.

ein Wärmeverbund Buchs-Schaan. Dieser soll in einer ersten Phase von der KVA versorgt werden. Ein solches Vorhaben steht im Einklang mit der Energiestrategie 2020 und ist gemäss den ersten Abklärungen technisch und wirtschaftlich sinnvoll und attraktiv. Zum anderen ermöglicht ein solcher Wärmeverbund in einer allfälligen nächsten Phase, die Geothermie in Kombination mit der KVA optimal zu nutzen und damit die Wirtschaftlichkeit zu verbessern. Eine solche regionale Zusammenarbeit und der damit erreichbare Umweltnutzen stehen auch im Einklang mit der Agenda 2020.

6. WEITERES VORGEHEN

6.1 Fokus Wärmeverbund Buchs-Schaan

In Bezug auf das weitere Vorgehen soll der Fokus auf die Machbarkeit eines „Wärmeverbundes Buchs-Schaan“ gelegt werden. Dabei soll die Geothermie in der Machbarkeitsstudie „Wärmeverbund Buchs-Schaan“ als Option mitberücksichtigt werden. Im Vordergrund stehen dabei die vertiefte Prüfung der Anbindung von Grossabnehmern sowie die Abklärung struktureller und gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen. Letztere beinhalten insbesondere folgende Themenfelder:

- Koordination der bestehenden Gasversorgungsinfrastruktur mit der Fernwärmeversorgung (Stichwort Energieplanung, Energiekataster, Eignerstrategie);
- Betriebsorganisatorische und finanzierungstechnische Fragestellungen;
- Anschluss- und Preismodelle;
- Gesetzgeberischer Handlungsbedarf bezüglich allfällig notwendiger flankierender Massnahmen.

Es ist davon auszugehen, dass sich im Rahmen der Abklärungen verschiedene Zielkonflikte auftun und weitere Themen und Fragen auftauchen. Diese gilt es sorgfältig darzustellen und zu prüfen.

6.2 Berücksichtigung der Geothermie

In Bezug auf die Geothermie sollen bis nach Vorliegen der Ergebnisse zur Machbarkeitsstudie „Wärmeverbund Buchs-Schaan“ aktiv keine weiteren geophysikalischen Untersuchungen, wie beispielsweise eine weitere seismische Messung, durchgeführt werden. Im Falle von geophysikalischen Untersuchungen in der unmittelbaren Nachbarschaft wird jedoch empfohlen, eine Beteiligung Liechtensteins jeweils fallspezifisch zu prüfen und anzustreben²⁰. Die vielfältigen Aktivitäten im Bereich der tiefen Geothermie sind jedoch aktiv mit zu verfolgen. Dazu sollen die verschiedenen bestehenden Kontakte zu Vertretern von anderen Projekten, Behörden, Energieversorgern, Universitäten sowie Geologen und weiteren Fachexperten weiter gepflegt werden. Des Weiteren ist die enge und gegenseitig wertvolle Zusammenarbeit im Bereich des Daten- und Informationsaustauschs mit den direkten Nachbarn Vorarlberg und Schweiz weiterzuführen.

Bei der Prüfung des Wärmeverbundes Buchs-Schaan sollen im Hinblick auf eine gegebenenfalls spätere Einbindung der Geothermie die entsprechenden technischen und planerischen Voraussetzungen mit berücksichtigt werden. Dazu gehören beispielsweise der Standort der Bohrungen, der Einspeisepunkt in das Fernwärmenetz bzw. in die KVA, die Dimensionierung von Leitungen und Anlagen und

²⁰ Es ist durchaus vorstellbar, dass im Rheintal in den nächsten Jahren im Rahmen der Abklärungen in Vorarlberg und im Kanton St. Gallen seismische Untersuchungen durchgeführt werden. So beabsichtigen sowohl die Stadtwerke St. Gallen wie auch die Illwerke VKW im Anschluss an die Bohrarbeiten in St. Gallen zu entscheiden, ob und wo weitere Geothermieprojekte realisiert werden könnten. Sollten beispielsweise im Rahmen eines solchen Projektes seismische Untersuchungen im Rheintal durchgeführt werden, erscheint es sinnvoll die Möglichkeiten einer Beteiligung im Hinblick auf den Nutzen und die Kosten für Liechtenstein abzuwägen. Erfahrungsgemäss können sich durch eine gemeinsame seismische Messkampagne beträchtliche Synergiepotenziale eröffnen, verbunden mit entsprechenden Kosteneinsparungen.

die Linienführung. Des Weiteren sind auch die im Rahmen der Machbarkeitsabklärung „Kombination Geothermie-KVA“ festgestellten Aspekte einzubeziehen und gegebenenfalls vor dem Hintergrund neuer Erkenntnisse zu überprüfen. Dazu gehören insbesondere die KVA-internen Optimierungspotenziale und der damit verbundene reduzierte Bedarf an Geothermieenergie für die Speisewassererwärmung. Es ist davon auszugehen, dass sich im Rahmen der Abklärungen verschiedene weitere Fragen und gegebenenfalls auch technische oder planerische Zielkonflikte auf tun. Diese gilt es sorgfältig abzuklären.

Die Folgende Abbildung zeigt das Vorgehenskonzept.

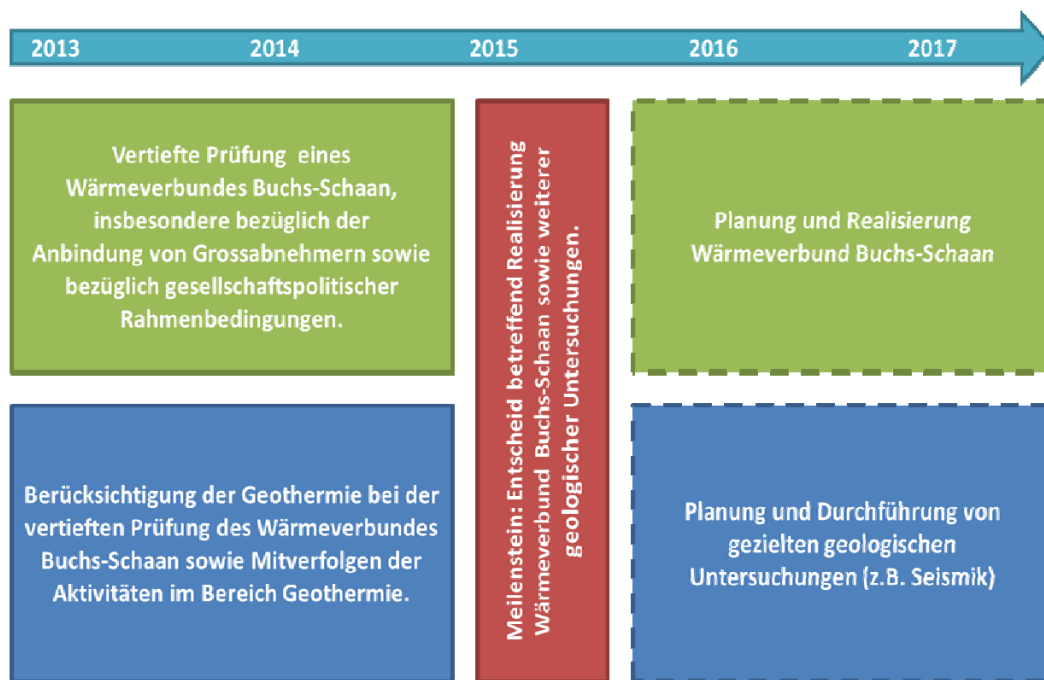


Abbildung 14: Schematische Darstellung des weiteren Vorgehens. Felder mit durchgezogener Linie: konkrete weitere Schritte (Kapitel 6). Felder mit gestrichelter Linie: Ausblick (siehe Kapitel 7).

6.3 Arbeitsgruppe

Es ist vorgesehen die Machbarkeitsstudie „Wärmeverbund Buchs-Schaan“ gemeinsam mit den relevanten Akteuren im Rahmen einer Arbeitsgruppe zu erar-

beiten. Die Zusammensetzung der Arbeitsgruppe ist wie folgt vorgesehen: Energiefachstelle (Verantwortlich für Energiestrategie 2020), Amt für Umweltschutz (Massnahmenplan Luft / Klimaschutzstrategie / Geothermie), LGV (Zuständig für leitungsgebundene Versorgung mit Gas und thermischer Energie), VfA (Betreiber der KVA-Buchs sowie der Fernwärmeinfrastruktur), Gemeinden Buchs und Schaan (betroffene Standortgemeinden), gegebenenfalls weitere Stellen/Personen. Aufgrund der vielschichtigen gesellschaftspolitischen Fragestellungen sowie dem engen Bezug zur Energiestrategie 2020 (Massnahmen 3.3 und 4.7), zum Massnahmenplan Luft sowie zur Klimaschutzstrategie soll die Arbeitsgruppe von der Energiefachstelle in Zusammenarbeit mit dem Amt für Umweltschutz koordiniert bzw. geleitet werden.

In einem ersten Schritt sind durch die Arbeitsgruppe das Vorgehenskonzept weiter zu konkretisieren, die Prüfinhalte und Fragestellungen im Detail zu definieren und darauf basierend ein entsprechender Termin- und Kostenplan festzulegen. Es ist davon auszugehen, dass für die Abklärung einzelner Aspekte ein externer Auftragnehmer beigezogen werden muss. Es wird mit Kosten in der Grössenordnung von CHF 100'000 gerechnet. Ein Vorschlag für die Verteilung der Kosten muss ebenfalls von der Arbeitsgruppe erarbeitet und zur Beschlussfassung unterbreitet werden.

Die Machbarkeitsstudie „Wärmeverbund Buchs-Schaan“ hat zum Ziel Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten, die es ermöglichen, im Rahmen eines Meilensteins zu entscheiden, ob, wann und unter welchen Rahmenbedingungen das Projekt Wärmeverbund Buchs-Schaan umgesetzt werden kann und ob bezüglich der Einbindung der Geothermie entsprechende weitere geophysikalische Untersuchungen durchgeführt werden sollen. Es wird davon ausgegangen, dass für die Machbarkeitsstudie rund zwei Jahre benötigt werden.

7. AUSBLICK

Nachfolgend wird der Vollständigkeit halber kurz dargestellt, wie sich mit Blick in die Zukunft in etwa die weiteren Schritte, Kosten und Zeitabläufe darstellen können, wenn die Verwirklichung eines Wärmeverbundes Buchs-Schaan bzw. einer Geothermieanlage angedacht werden. Im Sinne eines bedarfs- und stufengerechten Vorgehens sollen aber wie im vorigen Kapitel dargelegt zuerst die Machbarkeitsstudie für einen Wärmeverbund Buchs-Schaan vorangetrieben werden, bevor konkrete weiterreichende Schritte ins Auge gefasst werden können.

7.1 Wärmeverbund Buchs-Schaan

Für die Realisierung eines Wärmeverbundes Buchs-Schaan wird von Kosten in der Grössenordnung von CHF 20 Mio. ausgegangen. Diese Kosten beinhalten den Fernwärmeanschluss Buchs-Schaan sowie die Erweiterung des Fernwärmenetzes in Schaan (ca. CHF 12.5 Mio.). Hinzu kommen die Übergabestationen (ca. CHF 7.5 Mio.). Für die Realisierung des Wärmeverbundes Buchs-Schaan ist mit rund zwei Jahren zu rechnen.

7.2 Geothermie

Im Falle einer Entscheidung die Geothermie in den Wärmeverbund einzubinden, bedarf es aus geologischer Sicht zwingend weiterer Erkundungsmassnahmen mit entsprechender Kostenfolge. Die konkreten Untersuchungen für die gezielte Erkundung des Untergrundes im Raum Buchs-Schaan sind im Rahmen eines Erkundungskonzeptes vorgängig zu definieren. Es wird nach heutigem Stand der Erkenntnisse davon ausgegangen, dass es diesbezüglich einer detaillierten seismischen Messung bedarf (3D-Seismik oder verdichtete 2D-Seismik), um die Ge-

steinsschichten, insbesondere die benötigten Störungen, im Hinblick auf eine erfolgreiche Bohrung genauer aufzulösen. Die Kosten für eine solche Untersuchung dürften im Bereich von CHF 2 bis 4 Mio. liegen. Für die Bohrungen sowie die Erstellung der Geothermieanlage und den Anschluss an das Fernwärmenetz ist mit Kosten in der Grössenordnung von CHF 60 Mio. zu rechnen. In Bezug auf den zeitlichen Aufwand kann in Anlehnung an vergleichbare Projekte von folgenden Werten ausgegangen werden. Je nach Ablaufplanung können verschiedene Arbeitsschritte parallel gestaltet werden.

Arbeitsschritt	Jahr(e)
Vorbereitung, Durchführung und Auswertung Seismik	2
Planung, Vergabe und Vorbereitung der Bohrarbeiten	2
Abteufen von zwei Bohrungen mit entsprechenden Tests	1
Erstellung Geothermieanlage und Anschluss an Wärmeverbund	1.5

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 LICHTENSTEIN**

