

Geothermie Thurgau

Nutzungskonzept

Frauenfeld, 5. Juni 2012

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	3
1 AUSGANGSLAGE, AUFTRAG UND VORGEHEN	4
2 VISION UND ZIELSETZUNG DES KONZEPTS	7
2.1 Vision Geothermie	7
2.2 Zielsetzung des Konzepts	7
3 ANALYSE DER RAHMENBEDINGUNGEN	8
3.1 Geologische Rahmenbedingungen	8
3.1.1 Geologie und potenziell nutzbare Aquifere	8
3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen	12
3.2.1 Untiefe Geothermie	12
3.2.2 Tiefe Geothermie	12
3.3 Förderungssystem	13
3.3.1 Untiefe Geothermie	13
3.3.2 Tiefe Geothermie	13
3.4 Geologisch-technische Rahmenbedingungen	14
3.4.1 Untiefe Geothermie	14
3.4.2 Tiefe Geothermie	16
4 FOLGERUNGEN UND MASSNAHMEN	23
4.1 Folgerungen Untiefe Geothermie	23
4.2 Folgerungen Tiefe Geothermie	24
4.3 Massnahmen	26
4.3.1 Gesetzliche Grundlagen, Verfahren, Interne Koordination	26
4.3.2 Förderung, Risikodeckung	31
4.3.3 Grundlagen	36
4.3.4 Information, Schulung	38
4.3.5 Zusammenstellung der Massnahmen	40
5 GLOSSAR	42
6 UNTERLAGEN	47

FIGUREN UND TABELLEN

Figur 1:	Die geologisch-tektonischen Einheiten der Nordostschweiz.	11
Figur 2:	Hydrothermale (links) und petrothermale (rechts) Systeme im Vergleich.	17
Figur 3:	Typischer Verfahrensablauf eines tiefegeothermischen Projekts.	18
Figur 4:	Geothermie-Kraftwerk Unterhaching, Südbayern.	19
Figur 5:	Brunnenkopf des Geothermie-Kraftwerks Unterhaching, Südbayern.	20
Figur 6:	Kühlanlage des Geothermie-Kraftwerks Unterhaching, Südbayern.	20

ZUSAMMENFASSUNG

Der Kanton Thurgau setzt mit seiner energiepolitischen Strategie auf eine verstärkte Förderung und Nutzung einheimischer und erneuerbarer Energien sowie auf eine kontinuierliche Erhöhung der Energieeffizienz.

Ausgangslage

Die im Jahr 2009 erarbeitete «Geothermie-Potenzialstudie Thurgau-Schaffhausen» weist für den Kanton Thurgau ein grosses technisches und wirtschaftliches Potenzial für die Untiefe Geothermie sowie mittelfristig ein mittleres bis grosses Potenzial für die Tiefe Geothermie auf, welches sich im Laufe der zukünftigen Technologieentwicklung zu einem grossen Potenzial entwickeln könnte.

Auf Antrag des Grossen Rates des Kantons Thurgau, beauftragte der Regierungsrat das Departement für Inneres und Volkswirtschaft, in Zusammenarbeit mit dem Departement für Bau und Umwelt ein «Nutzungskonzept Geothermie Thurgau» zu erarbeiten.

Auftrag

Angestrebt wird die verstärkte Nutzung sowie erhöhte Effizienz der Untiefen Geothermie sowie die Erschliessung und Nutzung der Tiefen Geothermie.

Ziele

Die Vision ist, dass im Kanton Thurgau bis zum Jahr 2022 mindestens ein Geothermie-Kraftwerk einheimische Bandenergie produziert.

Vision

Um die gesetzten Ziele erreichen und die Vision realisieren zu können, müssen vom Kanton Thurgau entsprechende Massnahmen eingeleitet werden. Dabei sind sowohl die rechtlich-administrativen als auch die wirtschaftlichen und gesellschaftlich-sozialen Rahmenbedingungen relevant. Gleichzeitig müssen die Potenziale und Nutzungsmöglichkeiten der eingesetzten Technologien beachtet und deren Stärken und Schwächen erkannt und berücksichtigt werden.

Massnahmen

Für den Kanton Thurgau lassen sich, unter Beachtung der sich aus den gegenwärtigen Rahmenbedingungen ergebenden Chancen und Risiken, Massnahmenpakete für eine effiziente Umsetzung der energiepolitischen Strategie ableiten. Diese liegen in den folgenden Bereichen:

1. Gesetzliche Grundlagen, Verfahren und interne Koordination;
2. Förderung und Risikodeckung;
3. Grundlagen;
4. Information und Schulung.

Die Wirksamkeit und Priorität der einzelnen Massnahmen wird klassiert und die für die Realisierung notwendigen einmalig bzw. jährlich anfallenden Kosten werden grob abgeschätzt.

1 AUSGANGSLAGE, AUFTRAG UND VORGEHEN

Ausgangslage

Der Kanton Thurgau gehört im Bereich der Förderung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz zu den fortschrittlichsten der Schweiz. Ausgelöst durch verschiedene politische Vorstösse und Initiativen ist ein Umfeld geschaffen worden, in dem Technologien für die Nutzung erneuerbarer Energien und die Energieeffizienz speziell entwickelt und gefördert werden können.

**Ausgangs-
lage**

Im Jahre 2009 wurde gemäss Regierungsratsbeschluss (RRB Nr. 746/2008) durch das Departement für Inneres und Volkswirtschaft des Kantons Thurgau sowie das Baudepartement des Kantons Schaffhausen eine «Geothermie-Potenzialstudie Thurgau-Schaffhausen» beauftragt.

Diese Potenzialstudie weist für den Kanton Thurgau ein grosses technisches und wirtschaftliches Potenzial für die Untiefe (oberflächennahe) Geothermie sowie mittelfristig ein mittleres bis grosses Potenzial für die Tiefe Geothermie auf, welches sich im Laufe der zukünftigen Technologieentwicklung zu einem grossen Potenzial entwickeln könnte.

Auftrag

Vor diesem Hintergrund beauftragte der Regierungsrat das Departement für Inneres und Volkswirtschaft (DIV) (RRB Nr. 886/2009), in Zusammenarbeit mit dem Departement für Bau und Umwelt (DBU) ein Konzept für die Förderung der Geothermie auszuarbeiten. Das Konzept soll die notwendigen Massnahmen aufzeigen, welche für eine verstärkte Nutzung der Untiefen Geothermie und für die langfristige wirtschaftliche Erschliessung und Nutzung der Tiefen Geothermie notwendig sind. Insbesondere sollen Handlungsempfehlungen hinsichtlich einer zukünftigen, tiefengeothermischen Stromproduktion aufgezeigt werden.

Auftrag

Projektorganisation

Die Projektorganisation zur Erstellung des Nutzungskonzepts Geothermie Thurgau bestand aus dem Lenkungsausschuss, dem Projektteam, der Begleitgruppe sowie dem Auftragnehmer.

Lenkungsausschuss

Der Lenkungsausschuss war für die Steuerung des Projekts verantwortlich.

Mitglieder des Lenkungsausschusses:

Dr. Kaspar Schläpfer	Chef Departement für Inneres und Volkswirtschaft (DIV)
Dr. Jakob Stark	Chef Departement für Bau und Umwelt (DBU)
Dr. Jürg Hertz	DBU / Leiter Amt für Umwelt
Andrea Paoli	DIV / Leiter Abteilung Energie

Projektteam

Das Projektteam war für die Vergabe sowie für die Durchführung der Arbeiten zuständig.

Mitglieder des Projektteams:

Christoph Bartholdi Projektleiter	DIV / Abteilung Energie
Dr. Marco Baumann	DBU / Amt für Umwelt
Andreas Sutter	DBU / Amt für Raumplanung

Begleitgruppe

Die Begleitgruppe aus verwaltungsinternen sowie -externen Mitgliedern unterstützte die Konzeptentwicklung durch das beauftragte Unternehmen.

Mitglieder der Begleitgruppe:

Reiner Bodmer	WWF Bodensee-Thurgau
Andy Heller	DBU / Tiefbauamt
Toni Kappeler	Pro Natura Thurgau
Andreas Koch	Verein Geothermie Thurgau VGTG / Keest
Danielle Meyer	DBU / Rechtsdienst
Stefan Mischler	Energiefachleute Thurgau EFT
Jost Rüegg	WWF Bodensee-Thurgau
Karl-Heinz Schädle	Fachspezialist Energieplanung
Heinrich Schwager	Verein Thurgauer Gemeinden VTG
Michael Sonderegger	St.Galler Stadtwerke

Daniel Stüssi

EKT AG

Heinz Wendel

Thurgauer Gewerbeverband TGV

Auftragnehmer

Auftragnehmer war das geologische Beratungsunternehmen Dr. Roland Wyss GmbH, Frauenfeld, unterstützt durch die Deep Rock Energy GmbH, Ennetbaden.

Vorgehen

Die Grundlagen für das Nutzungskonzept wurden im Zeitraum November 2011 bis April 2012 erarbeitet. Die Arbeiten wurden eng durch den Lenkungsausschuss, das Projektteam und die Begleitgruppe begleitet.

**Grundlagen-
erarbeitung**

In seiner Sitzung vom 17. Januar 2012 wurde der Lenkungsausschuss über den Stand der Arbeiten am Grundlagenbericht für das Nutzungskonzept Geothermie Thurgau informiert. Dabei wurde entschieden, auf der Basis des Grundlagenberichts das eigentliche «Nutzungskonzept» als komprimierten Bericht zu erstellen.

**Nutzungs-
konzept**

Lenkungsausschuss und Projektteam wurden bei der Berichterstellung durch die Dr. Roland Wyss GmbH unterstützt.

Der Bericht «Geothermie Thurgau, Grundlagenbericht zum Nutzungskonzept», wurde am 24. April 2012 vom Lenkungsausschuss zur Kenntnis genommen.

2 VISION UND ZIELSETZUNG DES KONZEPTS

2.1 Vision Geothermie

Eine zukunftsfähige «wirtschaftliche, ökologische und nachhaltige Energiewirtschaft», ist die Vision des Kantons Thurgau. Die energiepolitische Strategie des Kantons setzt auf eine Diversifizierung der Energieversorgung, indem verstärkt einheimische und erneuerbare Energien gefördert und genutzt werden. Gleichzeitig soll die Energieeffizienz kontinuierlich erhöht werden.

**Energie-
politische
Strategie**

Für die Untiefe Geothermie wird die verstärkte Nutzung u. a. auch im Bereich planerisch anspruchsvoller urbaner Gebiete angestrebt. Des Weiteren soll zum einen die Betriebssicherheit hinsichtlich der Wärmeversorgung und der Umwelt und zum anderen die Effizienz der Anlagen gesteigert werden.

**Ziele
Untiefe
Geothermie**

Bei der Tiefen Geothermie steht, neben der Wärmeversorgung von z. B. industriellen Grossverbrauchern, die Versorgung mit tiefe-thermisch produziertem Strom im Vordergrund.

**Vision
Tiefe
Geothermie**

Die Vision ist, dass im Kanton Thurgau bis zum Jahr 2022 mindestens ein Geothermie-Kraftwerk einheimische Bandenergie produziert.

2.2 Zielsetzung des Konzepts

Das vorliegende Nutzungskonzept beschreibt die aktuellen rechtlich-administrativen, wirtschaftlichen sowie geologisch-technischen Rahmenbedingungen für die Nutzung der Untiefen bzw. Tiefen Geothermie. Mögliche Nutzungs- bzw. Interessenskonflikte werden aufzeigt und Lösungswege vorgeschlagen. Die identifizierten offenen Aspekte werden dargelegt und erörtert und darauf basierend Handlungsempfehlungen einschliesslich Kostenschätzung abgegeben. Dies, um die notwendigen Rahmenbedingungen zu optimieren bzw. zu schaffen und damit die energiepolitische Vision des Kantons und die oben genannten Ziele möglichst rasch zu verwirklichen.

**Ziele des
Konzepts**

3 ANALYSE DER RAHMENBEDINGUNGEN

3.1 Geologische Rahmenbedingungen

3.1.1 Geologie und potenziell nutzbare Aquifere

Der Kanton Thurgau liegt, geologisch betrachtet, im Gebiet des Ostschweizer Molasseplateaus (*Figur 1*).

Der geologische Aufbau des Thurgauer Untergrunds kann grob in vier Einheiten untergliedert werden. Als jüngste und damit oberste Schicht finden sich im Kanton Thurgau quartäre Lockergesteine, welche das Festgestein lokal überdecken. Das Festgestein wird zuoberst aus Tertiär und, darunter folgend, dem Mesozoikum (Trias und Jura) aufgebaut. Die Basis des Festgesteins bildet die älteste Einheit, das kristalline Grundgebirge mit den darin eingesenkten Permokarbontrögen.

**Geologische
Einheiten**

«Quartär»

Grössere Mächtigkeiten quartärer Lockergesteine sind in den heutigen Haupttälern der Thur und des Rheins sowie im Bodenseegebiet anzutreffen. Die Lockergesteine werden aus einer heterogenen Wechselfolge von Kiesen, Sanden sowie Lehm in unterschiedlichster Zusammensetzung und Mächtigkeit aufgebaut.

**Locker-
gesteine**

Die Grundwasser führenden Schichten des Quartärs (Aquifere) sind aufgrund ihrer Oberflächennähe hinsichtlich ihrer räumlichen Verteilung sowie Mächtigkeit vergleichsweise gut bekannt (Grundwasser- und Gewässerschutzkarte des Kantons Thurgau, Grundwassermodell Thurtal).

**Aquifere im
Quartär**

Theoretisch könnten alle Grundwasservorkommen im Quartär für Untiefe Geothermie genutzt werden und einen bedeutenden Beitrag zur Gebäudeklimatisierung leisten. Einschränkungen bestehen jedoch dadurch, dass der Schutz des Grundwassers als Trinkwasserreservoir oberste Priorität hat.

«Tertiär»

Die Gesteine der «Mittelländischen Molasse» stammen aus der Zeit des Tertiärs (ca. 65.5–2.5 Mio. Jahre vor heute) und sind im gesamten Kantonsgebiet vorzufinden. Es liegen Konglomerate («Nagelfluh»), Sandsteine, Siltsteine und Mergel vor. Die Mächtigkeit, insbesondere der Unteren Süsswassermolasse, nimmt Richtung Alpenrand zu und erreicht im Südosten rund 3'500 m (*Figur 1*, Pro-

**Mittel-
ländische
Molasse**

fil).

Die beiden jüngeren und damit oben liegenden Molasseschichten (Obere Süsswassermolasse und Obere Meeresmolasse) fallen mit wenigen Grad nach SE ein. Die Tiefenlage dieser beiden Schichten nimmt daher in südlicher Richtung, im Vergleich mit der zuunterst liegenden Unteren Süsswassermolasse bzw. dem Mesozoikum oder dem Grundgebirge, verhältnismässig langsam zu (*Figur 1*, Profil). Ganz im SE (ab etwa Arbon) sind die Schichten wegen der nach Norden geschobenen Alpen steil gestellt und nach Norden einfallend.

Ein bedeutender potenzieller Aquifer im Tertiär ist im Kanton Thurgau die Obere Meeresmolasse. Aufgrund der Tiefenlage könnte er für die Wärmeversorgung von mittelgrossen Verbrauchern und/oder dichter besiedelten Gebieten aber auch für balneologische Zwecke (z. B. beim Thermalbad Kreuzlingen) potenziell geeignet sein.

**Aquifer im
Tertiär**

Mesozoikum «Trias» und «Jura»

Unter der Molasse befinden sich die Einheiten des Mesozoikums. Es sind insbesondere karbonatische Gesteine, sowie Mergel-, Sand- und Tonsteine zu finden. Die Mächtigkeit des Mesozoikums ist im Kanton Thurgau mit rund 800 m etwa konstant. Aufgrund der nachträglichen Schrägstellung befinden sich die einzelnen Schichten jedoch Richtung Alpen in immer grösserer Tiefenlage. Die Obergrenze des Malm («Top Malm») befindet sich am Nordrand des Kantons in wenigen hundert, bei Arbon in rund 3'500 m Tiefe.

Mesozoikum

Potenzielle Aquifere im Mesozoikum sind die aus karbonatischen Gesteinen aufgebauten Einheiten «Oberer Malm» und «Oberer Muschelkalk». Insbesondere bei intensiver Verkarstung und/oder Klüftung im Bereich von Störungszonen können diese gut Wasser führend sein.

**Aquifere im
Mesozoikum**

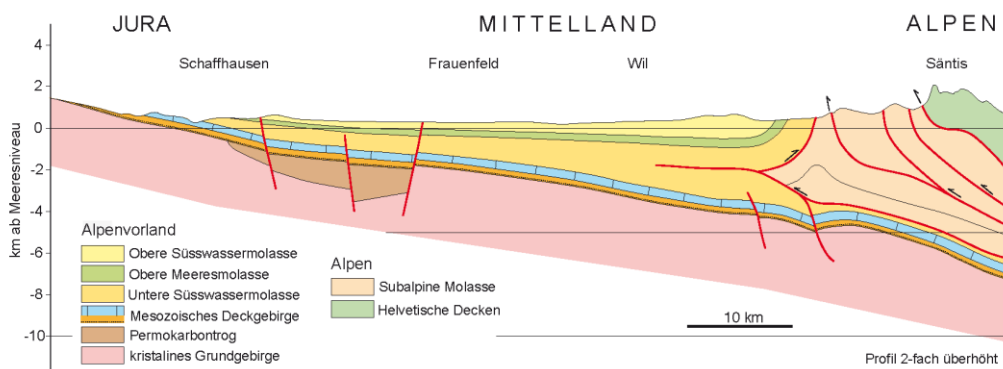
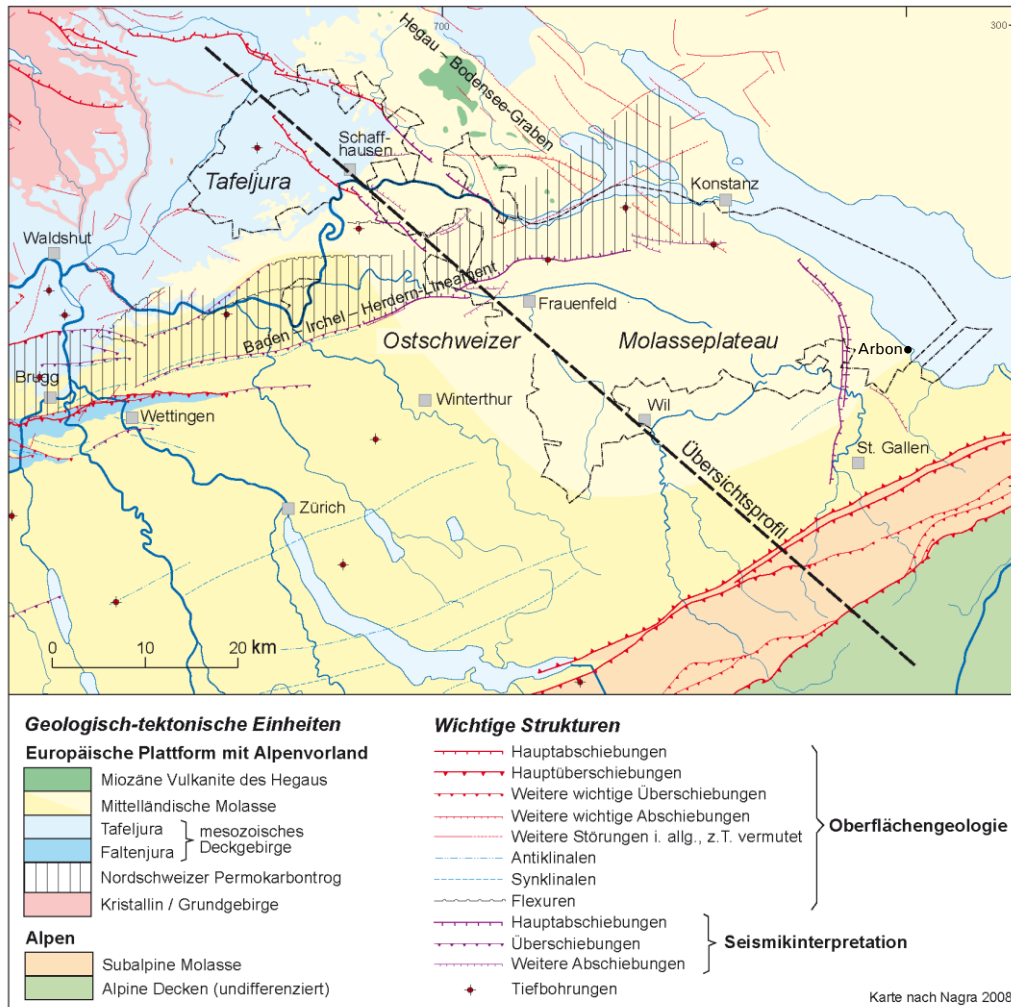
Grundgebirge

Das kristalline Grundgebirge wird vor allem aus Graniten und Gneisen aufgebaut. Aufgrund der Dehnung der Erdkruste während des sogenannten Permokarbons sind in dieser Zeit tiefe Gräben im Kristallin entstanden. Im Kanton Thurgau erstreckt sich der WSW–ENE-verlaufende sogenannte Nordschweizer Permokarbondrog, dessen Sedimentfüllung im Kanton Thurgau bis zu 2 km erreichen dürfte (*Figur 1*, Profil). Der genaue Verlauf ist wie die Mächtigkeit noch nicht ermittelt. Weitere Tröge werden vermutet, z. B. im Gebiet Südthurgau oder in der Region Romanshorn-Arbon-St.Gallen.

**Grund-
gebirge**

Potenzieller Aquifer im Grundgebirge ist die oberste Zone des Kristallins (unter dem Mesozoikum oder dem Permokarbon liegend, *Figur 1*, Profil), da diese intensiv verwittert und damit Wasser durchlässig sein kann. Daneben können Störungszonen einschliesslich des angrenzenden Gesteins gute Wasserwegsamkeiten darstellen und allenfalls Aufstiegswege von warmem Wasser aus grösserer Tiefe sein.

Die Tiefenlage der oberen, allenfalls Wasser führenden Kristallinzone ist, aufgrund der wenig bekannten Verteilung und Mächtigkeit der Permokarbontröge, noch nicht genau bekannt.



Figur 1: Die geologisch-tektonischen Einheiten der Nordostschweiz. Mit schematischem Profilschnitt vom Jura bis zum Säntis (Alpen). (Quelle: Dr. Roland Wyss GmbH et al. 2009).

3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

3.2.1 Untiefe Geothermie

Der Bereich der untiefen Erdwärmenutzung ist umfassend gesetzlich geregelt und wurde durch die Erstellung und Internetpublikation der Erdwärmenutzungskarte als Vollzugshilfe (www.thurgis.tg.ch) in den letzten Jahren bereits optimiert. Für die Qualitätssicherung haustechnischer Anlagen, dazu gehören Erdwärmesondenanlagen mit Wärmepumpen, sind die Gemeinden verantwortlich. Im kantonalen Richtplan wird Untiefe Geothermie bisher nur dahingehend berücksichtigt, als dass sie als förderwürdig eingestuft wird.

**Rechts-
rahmen
vorhanden**

3.2.2 Tiefe Geothermie

Gegenwärtiger Rechtsrahmen

Die Verfassung des Kantons Thurgau nennt Erdwärme namentlich als Regal. Dem Kanton steht daher das Recht der ausschliesslichen Nutzung der Erdwärme aus Tiefenwasser oder Festgestein bzw. deren Übertragung an Dritte zu. Eine gesetzliche Regelung bezüglich Geothermie besteht noch nicht. Die Ausarbeitung eines Gesetzes ist jedoch ohne Verfassungsänderung möglich.

**Ausschliess-
liches
Nutzungs-
recht**

Bei sämtlichen Gesetzesgrundlagen von Bund und Kanton Thurgau, z. B. auch hinsichtlich der Konzession für eine Wassernutzung, wird namentlich Bezug auf Öffentliches Wasser, Oberflächengewässer oder Grundwasser genommen. Als «Öffentliches Wasser» gelten im Kanton Thurgau Grundwasservorkommen mit einer mittleren Ergiebigkeit von gesamthaft über 500 Litern pro Minute, natürlich zu Tage tretendes Grundwasser, wenn dieses ein Oberflächengewässer mit ständiger Wasserführung speist, nicht in Privateigentum befindliche Oberflächengewässer sowie in Leitungen oder Kanälen abgeleitetes Wasser (Wassernutzungsgesetz, WNG, §1, RB 721.8).

**Tiefenwas-
ser nicht
erfasst**

Tiefenwasser ist sowohl auf nationaler als auch kantonaler Ebene grundsätzlich nicht berücksichtigt.

Die für die oberirdischen Anlagenteile eines Geothermiekraftwerkes notwendigen gesetzlichen Regelungen werden, einschliesslich der Raumplanung, der Rechte Dritter und dem Umweltschutz, weitgehend durch die bestehende nationale und kantonale Gesetzgebung abgedeckt. Hinsichtlich Raumplanung sind keine Koordinations- und Standortvorgaben im kantonalen Richtplan enthalten.

**Raum-
planung,
Rechte Drit-
ter, Um-
weltschutz**

Die unterirdischen Bauten bzw. Anlagenkomponenten werden gegenwärtig nicht berücksichtigt. Auf Bundesebene wird im Rahmen der zweiten Teilrevision des Raumplanungsgesetzes (RPG, SR 700) daran gearbeitet, diese Lücke zu schliessen.

Regelung zur Nutzung von Geothermie

Die Aspekte hinsichtlich Erkundung und Gewinnung von Erdwärme sind zu regeln. Dazu gehören insbesondere die Verfahren und Zuständigkeiten bezüglich der Bewilligungen für die Erkundung bzw. Konzessionen für die Nutzung von Wärme aus Tiefenwasser bzw. dem Festgestein, die dreidimensionale Gebietsabgrenzung im Untergrund, die Erstellung von Anforderungskatalogen für die Erteilung einer Bewilligung bzw. Konzession, die Aushändigung von Daten über den tiefen Untergrund, die Regelung von Nutzungs- oder Interessenskonflikten sowie Einsprachen.

Die Ausarbeitung entsprechender Regelungen sollte im Idealfall in Koordination mit dem Bund erfolgen. Ergänzend müssten für die grenzüberschreitende Aufsuchung bzw. Gewinnung von Erdwärme mit den Nachbarkantonen interkantonale Vereinbarungen getroffen werden.

Wichtige zu regelnde Aspekte

3.3 Förderungssystem

3.3.1 Untiefe Geothermie

Das kantonale Förderprogramm Energie 2012 (Stand vom 20. Februar 2012) bietet Ansätze zur Förderung der Untiefen Geothermie. Es werden Wärmepumpen, Anschlüsse an Wärmenetze und innovative Anlagensysteme finanziell unterstützt. Investitionen für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien können bei der Einkommenssteuer geltend gemacht werden.

Förderung gut

3.3.2 Tiefe Geothermie

Nationale Förderung

Der Bund fördert tiefengeothermische Projekte für die Stromproduktion. Zum einen ist dies die Risikodeckung zur teilweisen Absicherung des wirtschaftlich bedeutenden Fündigkeitsrisikos, zum anderen die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV). Diese wird wirksam, sobald die Anlage in Betrieb ist. Wärmeprojekte werden gegenwärtig nicht durch den Bund gefördert.

Förderung nur von Stromanlagen

Zahlreiche Änderungen werden gegenwärtig auf Bundesebene angedacht und wurden im Rahmen des «1. Hearings Teilprojekt Energiepolitische Instrumente» vom 29. September 2011 vorgestellt.

Angedachte Änderungen

Kantonale Förderung

Zur Förderung tiefergeothermischer Anlagen sieht das kantonale Förderprogramm Energie 2012, ausser der Finanzierungsbeteiligung an Machbarkeitsstudien, noch keine Fördermöglichkeiten tiefergeothermischer Projekte vor. Mit dem Fördermodell «Grob, Schlattingen» wurde per Ausnahmeregelung ein Wärmeprojekt gefördert, indem der Kanton eine Risikodeckung abgegeben hat.

**Förderung
per Aus-
nahme-
regelung**

3.4 Geologisch-technische Rahmenbedingungen

3.4.1 Untiefe Geothermie

Technologien

Im Kanton Thurgau stellen Erdwärmesonden in Form von Einzelsonden oder Grossanlagen mit meist 10–20, maximal bis zu 150 Sonden (Gemeinde Arbon) die mit Abstand häufigste Nutzungsform Untiefer Geothermie dar. Grundwasserwärmenutzungen finden sich ebenfalls im Kanton Thurgau, wenn auch in vergleichsweise geringer Anzahl. Räumliche Einschränkungen gibt es sowohl bei Erdwärmesonden als auch bei Grundwasserwärmenutzungen. Trotz der Einschränkungen aufgrund der prioritären Einstufung der Trinkwasserversorgung sind 71.5 Prozent der Bauzonenfläche für Erdwärmesonden freigegeben. Darin einbezogen sind Randzonen von Grundwassergebieten, welche nicht als Trinkwasserressource nutzbar sind. Bei Grundwasserwärmenutzungen kommen neben rechtlichen (Priorität Grundwasserschutz) auch systembedingte Einschränkungen zum Tragen, welche eine flächendeckende Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle verhindern. Zu letztgenanntem gehört z. B. die an einem bestimmten Ort nur begrenzt zur Verfügung stehende Grundwassermenge oder die Änderung der Grundwassertemperatur durch eine Nutzung.

**Häufigste
Systeme im
Kanton
Thurgau**

Potenzial, Wirkungsgradverbesserung

Das Potenzial Untiefer Geothermie ist gross. In Zonen, in denen Erdwärmesonden zulässig sind, kann der private Bedarf an Wärme oder, falls notwendig, an sommerlicher Gebäudekühlung durch diese abgedeckt werden.

Potenzial

Bei Erdwärmesondenfeldern besteht die Möglichkeit zur Verbesserung des Anlagenwirkungsgrades mittels saisonaler Wärmespeicherung.

**Wirkungs-
gradverbes-
serung**

Planung

In dicht besiedelten Gebieten ist aufgrund der geringen Abstände von Erdwärmesonden- oder Grundwasserwärmenutzungsanlagen eine gute, koordinierte Planung erforderlich.

Planung

Die Grundlage für eine koordinierte Planung ist ein effizientes und frei zugängliches Datenbewirtschaftungssystem für geologische Daten aus Bohrungen. Mit GeoCadast hat der Kanton ein effizientes System in einem Projektdurchlauf getestet.

**Planungs-
grundlage
Daten**

Wärmeabnehmerpotenzial, Deckung des Wärmebedarfs

Bei Untiefer Geothermie ist das Wärmeabnehmerpotenzial durch die einzelnen Gebäude bzw. Siedlungen definiert. Neben der Siedlungs- bzw. Einwohnerdichte ist der Gebäudestandard ein wichtiges Kriterium für die Bewertung des Abnehmerpotenzials. Einschränkungen hinsichtlich möglicher Nutzungs- oder Interessenskonflikte sind zu berücksichtigen.

**Wärmeab-
nehmerpo-
tenzial**

In den Gebieten, in denen Erdwärmesonden zulässig sind, könnten diese theoretisch den gesamten Wärmebedarf (ohne Prozesswärme) abdecken.

**Deckung
des
Wärme-
bedarfs mit
Untiefer
Geothermie**

Grundwasserwärmenutzungsanlagen werden gemäss Praxis des Amts für Umwelt ab einer Leistung von mindestens 150 kW bzw. 100 kW bei Minergie-Standard erlaubt. Die Grundwassermächtigkeit sollte dafür mindestens 10 m betragen. Bei idealer Anlagenanordnung wäre damit in den für Grundwasserwärmenutzungen möglichen Gebieten im Kanton Thurgau eine thermische Gesamtleistung von ca. 5.2 MW möglich. Bei 1'850 bzw. 4'000 Jahresbetriebsstunden kann eine einzelne Anlage rund 280 bzw. 600 MWh Wärme bereitstellen.

Erdwärmesondenbohrungen

Die Technologie ist zwischenzeitlich etabliert und allfällige technische und geologische Herausforderungen können durch geeignete Massnahmen beherrscht werden. Der Kanton hat diesbezüglich bereits zielführende Vorschriften erlassen.

**Erdwärme-
sonden-
bohrungen**

Qualitätssicherung

Der Qualitätssicherung kommt sowohl hinsichtlich des Bohrvorgangs als auch der Anlageninstallation grösste Bedeutung zu.

In geologisch schwierigen Regionen müssen Bohrungen von Geologen begleitet und dem Kanton ein Bericht abgeliefert werden. Nach Abschluss der Installation der Erdwärmesonden ist der kantonalen Fachstelle gemäss Bewilligungspraxis ein von der Bohrfirma auszufüllendes Bohrprotokoll abzuliefern.

**Bohr-
protokoll,
Bericht-
erstattung**

Eine Überprüfung der fachgerechten technischen Ausführung wird in der Regel nicht durchgeführt. Neben der Bohrung ist die einwandfreie Anlageninstallation mit korrekter Hinterfüllung der Erdwärmesonde von grösster Bedeutung. Zum einen um die Zuverlässigkeit sowie Wirtschaftlichkeit einer Anlage zu gewährleisten und zum anderen um den Gewässerschutz zu garantieren. Für die Überprüfung der Anlageninstallation sind die Gemeinden zuständig.

Verantwortlichkeit der Kontrolle

Nutzungs- und Interessenskonflikte

Bei Untiefer Geothermie sind mögliche Nutzungskonflikte zu beachten. Hauptkonflikt ist der grundsätzliche Schutz des Grundwassers. Freigaben von Grundwasserrandzonen etc. für Erdwärmesonden sind sorgfältig abzuwägen und die Bohrungen gemäss spezifischer Standortbedingungen durchzuführen. Nutzungskonflikte mit Verkehrsinfrastrukturen oder zwischen Untiefen Geothermieranlagen untereinander können durch eine koordinierte und kompetente Planung vermieden werden.

Nutzungs- und Interessenskonflikte

Nutzungsbedingungen und Verfahrensablauf

Bohrungen und Grundwassernutzungen sind im Kanton Thurgau bewilligungs- bzw. konzessionspflichtig. Der Kanton stellt unter www.umwelt.tg.ch Dokumente mit den dafür notwendigen Informationen zur Verfügung. Des Weiteren bietet das GIS-Portal des Kantons (www.thurgis.tg.ch) mit der Erdwärmennutzungskarte eine effiziente Vollzugshilfe, da insbesondere dargestellt ist, in welchen Gebieten Erdwärmesonden zulässig oder verboten sind.

Nutzungsbedingungen und Verfahrensablauf

3.4.2 Tiefe Geothermie

Technologien

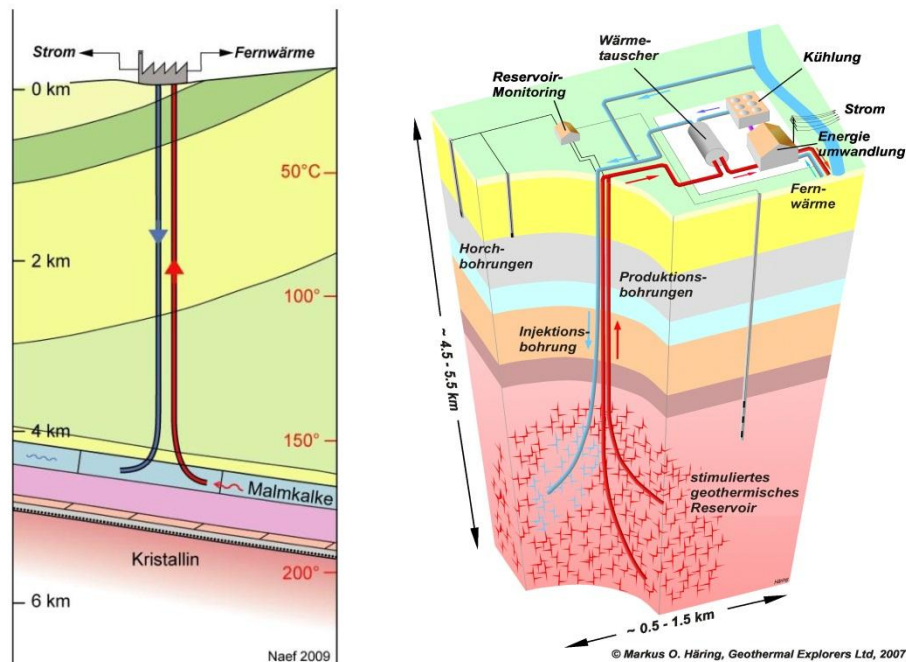
Bei Tiefer Geothermie wird zwischen hydrothermalen und petrothermalen Systemen unterschieden (*Figur 1*). Hydrothermale Systeme verwenden tief im Untergrund vorkommende, natürliche Aquifere (Wasser führende Schichten) als Wärmequelle. In der Regel werden 2 Bohrungen eingesetzt («Doublette»), eine Förder- und eine Reinjektionsbohrung. Es sind grundsätzlich auch Einzelbohrungen («Singletten») möglich, bei welcher das genutzte Tiefenwasser oberflächlich abgeleitet wird. Solche Systeme sind jedoch weniger effizient und langfristig nicht nachhaltig.

Technologien

Ist die natürliche Durchlässigkeit eines Aquifers für eine hydrothermale Anlage nicht ausreichend hoch, kann diese mittels chemischer und/oder hydraulischer Stimulationsmassnahmen verbessert werden.

Bei petrothermalen Systemen wird hingegen die Wärme des Festgesteins genutzt, wobei in einem ersten Schritt durch Einpressen von

Wasser künstliche Wasserwegsamkeiten generiert werden («hydraulische Stimulation») und damit ein grosser Wärmetauscher im Untergrund erzeugt wird.



Figur 2: Hydrothermale (links) und petrothermale (rechts) Systeme im Vergleich.
(Quellen: Naef, 2009 und Häring, 2007).

Stand der Technik

Hydrothermale Anlagen sind weltweit bereits seit Jahrzehnten in Betrieb und auch in der Schweiz für die Wärmeversorgung verwirklicht (z. B. in Riehen als Doublette, viele Thermalbäder als Singletten). Die Wirtschaftlichkeit wird insbesondere durch die Menge an förderbarem Tiefenwasser und die Pumpensysteme (Energiebedarf) beeinflusst. Bei Stromanlagen ist zusätzlich die eingesetzte Kraftwerkstechnologie (Wirkungsgrad der Energiewandlung) von Bedeutung.

Die Einsatzmöglichkeit hydrothormaler Energiegewinnung ist räumlich beschränkt, da diese an natürlich vorkommende Tiefenwässer (Aquifere) mit ausreichend hoher Schüttungsrate gebunden sind. Optimierungen der Stimulationsmethoden können dazu führen, dass die Anforderungen an die natürliche Durchlässigkeit, und damit die förderbare Wassermenge, für eine hydrothermale Nutzung sinken und gegenwärtig nicht nutzbare Schichten wirtschaftlich interessant werden. Gleichzeitig kann die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Geothermieprojekts durch verbesserte Kenntnisse über den Untergrund zusätzlich erhöht werden.

**Stand der
Technik**

**Potenzial-
hydro-
thormaler
Anlagen**

Mittel- bis langfristige Entwicklung

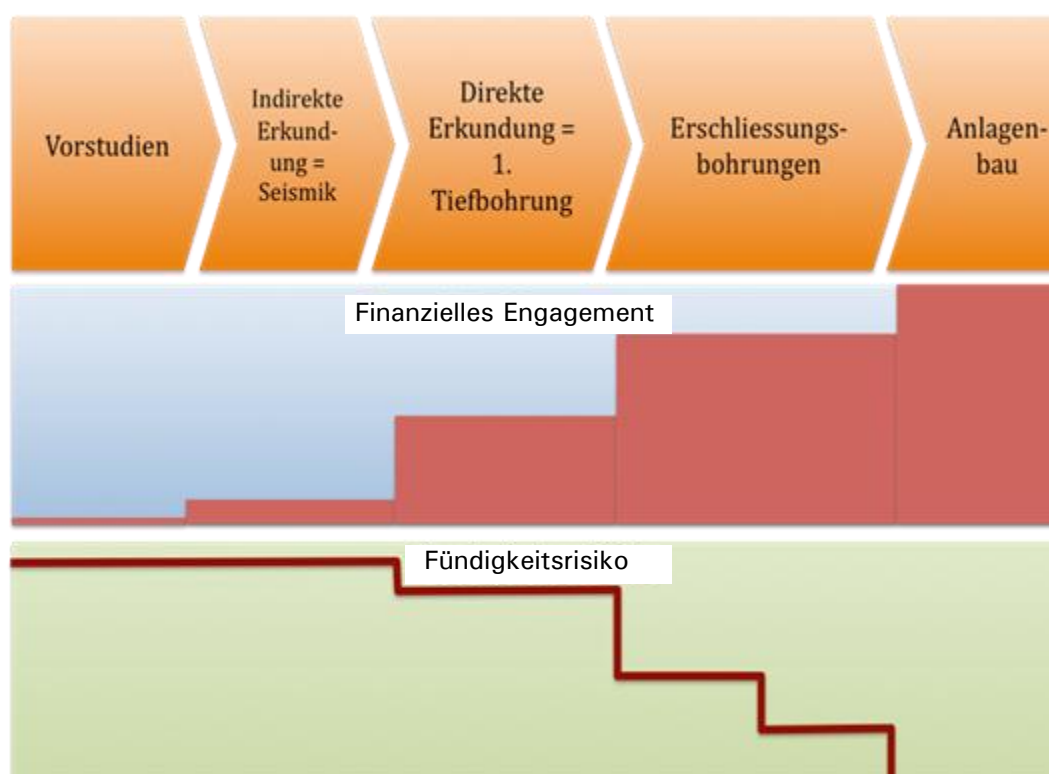
Mittel- bis langfristig liegt der Fokus in der Schweiz auf der weitgehend Standort unabhängigen petrothermalen Systemtechnologie, bei welcher die notwendigen Wasserwegsamkeiten im tiefen Untergrund künstlich geschaffen werden müssen. Dies wird erreicht, indem Wasser in den Untergrund gepresst wird, um geschlossene Risse zu öffnen.

Potenzial
petro-
thormaler
Anlagen

Verfahrensablauf, Standortwahl, Lebensdauer

Das Verfahren ist bei tiefeingeothermischen Projekten mehrstufig (*Figur 3*). Die Durchführung einer Bohrung ist mit sehr grossen Kosten verbunden. Um das Risiko eines Misserfolgs («Nicht-Fündigkeit») wegen der gegenwärtig noch wenig bekannten Untergrundverhältnisse zu reduzieren, sind sorgfältig durchgeführte Vorstudien sowie umfassende indirekte Erkundungsmassnahmen von ausserordentlicher Wichtigkeit.

Verfahrens-
ablauf



Figur 3: Typischer Verfahrensablauf eines tiefeingeothermischen Projekts.
(Quelle: Modifiziert nach ARGE Geothermie Espace).

Für ein tiefeingeothermisches Projekt müssen zunächst die geologischen Voraussetzungen erfüllt sein. Bei hydrothermalen Systemen sind dies Aquifere mit ausreichender Förderrate, während bei petrothermalen Systemen Gesteinseinheiten vorhanden sein müssen, welche sich gut und sicher hydraulisch erschliessen lassen. Dane-

Standort-
wahl

ben sind vorhandene oder neu angesiedelte Wärmeabnehmer entscheidend für die Wirtschaftlichkeit und damit ebenfalls ein Kriterium bei der Standortauswahl.

Geothermische Anlagen werden üblicherweise auf eine Lebensdauer von mindestens 20–30, eher 50 Jahren ausgelegt. Die Lebensdauer wird sowohl durch geologische als auch durch technische Faktoren beeinflusst.

Lebensdauer

Raumplanung und Integration in den Siedlungsraum

Die Standorte geothermischer Bauten und Anlagen sind unter Berücksichtigung raumplanerischer Rahmenbedingungen einschliesslich des Natur- und Landschaftsschutzes festzulegen.

**Raum-
planung**

Bei Stromprojekten sollte die anfallende Restwärme genutzt werden, um die Wirtschaftlichkeit sowie die rationelle Energienutzung zu optimieren. Die allfällig notwendige Rückkühlung erfolgt mittels Luft oder, wegen des deutlich besseren Wirkungsgrades, bevorzugt mittels Wasser, welches aus Oberflächengewässern oder untiefem Grundwasservorkommen entnommen werden könnte.

**Rück-
kühlung**

Geothermie-Kraftwerke einschliesslich Kühlanlagen sind im Vergleich zum Flächenverbrauch anderer erneuerbarer Energien eher klein und sind architektonisch ansprechend zu gestalten. Sie sind gut in den Siedlungsraum zu integrieren (*Figur 4 bis Figur 6*).

**Integration
in den Sied-
lungsraum**



Figur 4: Geothermie-Kraftwerk Unterhaching, Südbayern.
Am Rand eines Wohn- und Gewerbequartiers werden Strom und Wärme produziert.



Figur 5: Brunnenkopf des Geothermie-Kraftwerks Unterhaching, Südbayern. Die Gesamthöhe beträgt ca. 3 m.



Figur 6: Kühlanlage des Geothermie-Kraftwerks Unterhaching, Südbayern. Blick auf die Westfassade. Im Vordergrund ein Grundwasserbrunnen für die Kühlwassergewinnung.

Wärmeabnehmerpotenziale

Es sind drei Grundtypen potenzieller Wärmeabnehmer vorhanden. Dies sind industrielle Grossabnehmer, welche oft höhere Temperaturen benötigen, dicht bebaute Siedlungsräume (Nah- und Fernwärmeverbundsysteme) sowie Thermalbäder. Eine Kaskadennutzung, bei der verschiedene Wärmeabnehmer in der Reihenfolge der benötigten Temperatur beliefert werden, ist am effizientesten.

**Grundtypen
von Wärme-
abnehmern**

Das Wärmeabnehmerpotenzial im Kanton Thurgau ist bisher noch nicht detailliert erfasst worden. Grundsätzlich sind dicht besiedelte Gebiete (z.B. die Regionen Frauenfeld, Weinfelden, Kreuzlingen, Romanshorn, Arbon) für eine dezentrale Wärmeversorgung mittels Tiefer Geothermie interessant. Des Weiteren können anhand von Wärme- oder Stromgrossverbrauchern potenzielle Wärmeabnehmer ermittelt werden. Zukünftige Wärmegrossabnehmer könnten über die Raumplanung gezielt in geologisch besonders geeigneten Standortgebieten angesiedelt werden.

**Potenzielle
Wärme-
abnehmer
im Kanton
Thurgau**

Datenbewirtschaftung

Ein koordiniertes Management der Daten aus dem tiefen Untergrund ist erforderlich, um tiefengeothermische Projekte gut planen und effizient durchführen zu können. Die Daten stammen aus der indirekten (z. B. Seismik) und direkten Erkundung (Bohrung), sind sehr komplex und vielfach kantonsübergreifend. In der Kohlenwasserstoffindustrie und bei der Nagra sind bereits Daten aus dem tiefen Untergrund vorhanden. Swisstopo hat vom Bund den Auftrag erhalten, ein solches Managementsystem aufzubauen und zu betreiben.

**Daten-
bewirtschaf-
tung**

Nutzungs- und Interessenskonflikte

Bei tiefengeothermischen Projekten müssen mögliche Nutzungs- oder Interessenskonflikte berücksichtigt werden. Zum Beispiel tangiert der für eine radioaktive Tiefenlagerung angedachte potenzielle Standort «Zürich Nordost» den Kanton Thurgau. Ein 0.3 km² grossen Gebiet, das an der Kantonsgrenze südöstlich von Schlatt liegt, ist gegenwärtig nur für Bohrungen bis maximal 400 m Tiefe freigegeben.

**Nutzungs-
und Interes-
senskonflik-
te**

Öffentlichkeitsarbeit

Um tiefengeothermische Projekte realisieren zu können, muss eine breite Akzeptanz vorhanden sein. Hierfür ist ein gutes Informations- und Kommunikationskonzept notwendig. Es sind zum einen Behörden und Politiker und zum anderen Verbände, Interessensgruppierungen sowie insbesondere auch die Thurgauer Bevölkerung zu informieren und einzubinden.

**Öffentlich-
keitsarbeit**

Allfällige Risiken

Es müssen Risiken hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Umwelt und allfälliger Seismizität betrachtet werden.

Das grösste wirtschaftliche Risiko der gegenwärtig meist verwendeten hydrothermalen Technologie ist die «Nicht-Fündigkeit». Verbesserte Untergrundkenntnisse sowie optimierte Stimulationsverfahren werden dieses Risiko senken können.

**Fündigkeits-
risiko**

Induzierte Seismizität ist bei der Tiefen Geothermie grundsätzlich nicht auszuschliessen, insbesondere im Zusammenhang mit der Untergrunderschliessung bei petrothermalen Systemen, da dort das Gestein aufgebrochen wird. Die möglichen Erschütterungen sind jedoch gemäss gegenwärtigem Kenntnisstand nicht stärker einzustufen als beispielsweise diejenigen beim Rammen von Pfählen oder durch den Schwerlastverkehr. Unter zahlreichen nicht spürbaren Mikrobeben könnten jedoch einige wenige spürbar sein. Die Art des Untergrunds und das verwendete Stimulationsverfahren haben grossen Einfluss darauf. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens sowie die Intensität von allfällig wahrnehmbaren Erschütterungen auf ein Minimum zu reduzieren sind Forschungsschwerpunkte. Pilot- und Demonstrationsanlagen ermöglichen insbesondere, optimierte und an die Untergrundverhältnisse angepasste Stimulationsverfahren einzusetzen und weiter zu verbessern. Diese Anlagen sind, wegen der Abhängigkeit von den standortspezifischen geologischen Rahmenbedingungen, in verschiedenen Gebieten zu errichten, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Ein seismisches Messnetz überwacht die Arbeiten und ein im Voraus aufgestellter Massnahmenplan ermöglicht, sofort reagieren zu können, falls ein Ansteigen der Intensität aufgezeichnet werden sollte.

**Induzierte
Seismizität**

Gemäss heutigem Wissenstand ist das Gefährdungspotenzial im Kanton Thurgau gering. Eine Minimierung könnte durch verbesserte Untergrundkenntnisse sowie optimierte Stimulationsverfahren erreicht werden.

**Potenzial im
Kanton
Thurgau**

Die Umweltgefährdung und die Beeinträchtigung der Bevölkerung durch Tiefe Geothermie sind als gering zu klassieren (BMU, 2009).

**Umwelt-
risiken**

4 FOLGERUNGEN UND MASSNAHMEN

Der Kanton Thurgau will eine zukunftsfähige «wirtschaftliche, ökologische und nachhaltige Energiewirtschaft» verwirklichen. Die gesteckten Ziele für die Geothermie sind, die Untiefe Geothermienutzung auszubauen, die Anlageneffizienz zu optimieren und insbesondere geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, um in 10 Jahren einheimischen Strom mittels Tiefengeothermie produzieren zu können. Zur Realisierung dieser Vision müssen entsprechende Massnahmen eingeleitet werden.

**Realisierung
der Vision**

Erdwärme gilt im Kanton Thurgau als Regal. Dem Kanton steht daher das ausschliessliche Nutzungsrecht bzw. dessen Vergabe an Dritte zu. Es besteht somit für den Kanton die Möglichkeit, entsprechende Regelungen auch für die Nutzung der tiefen Erdwärme ohne Verfassungsänderung zu erlassen.

Die rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen sowie das heutige Förderungssystem wurden analysiert, die eingesetzten Technologien, deren Potenziale und Nutzungsmöglichkeiten sowie die daraus resultierenden Stärken und Schwächen charakterisiert und beurteilt. Für den Kanton Thurgau lassen sich, unter Berücksichtigung der sich aus den gegenwärtigen Rahmenbedingungen ergebenden Chancen und Risiken, Massnahmenbündel für eine effiziente Umsetzung der energiepolitischen Strategie ableiten.

Für die Realisierung der vorgeschlagenen Massnahmen lassen sich einmalige und/oder jährlich anfallende Kosten grob abschätzen. Bei den Personalkosten sind behördeninterne Kosten (d. h. zuständige kantonale Fachstellen) bzw. Arbeiten von Drittfirmen berücksichtigt.

4.1 Folgerungen Untiefe Geothermie

Die Untiefe Geothermie ist im Kanton Thurgau etabliert, die notwendigen rechtlichen Rahmenbedingungen sind vorhanden (*Kap. 3.2.1*).

**Rechtsrah-
men
gegeben**

Im Kanton Thurgau wird die Nutzung Untiefer Geothermie direkt finanziell gefördert

Förderung

Das nutzbare Wärmepotenzial ist grundsätzlich grösser als der Bedarf (<i>Kap. 3.4.1</i>). Jedoch kann bei grosser Bedarfsdichte ohne koordinierte und fachgerecht durchgeführte Planung die Nachfrage nach Wärme aus dem Untergrund unter Umständen nicht wirtschaftlich gedeckt werden bzw. können Anlagen nicht effizient arbeiten. Nutzungskonflikte zwischen den einzelnen Anlagen sind wegen zu geringer Abstände möglich.	Anlagen- effizienz
Der boomende Markt im Bereich Erdwärmesonden erfordert Massnahmen bezüglich Qualität der Anlagen (<i>Kap. 3.4.1</i>).	Qualitäts- sicherung
In einzelnen Gebieten besteht ein Nutzungskonflikt zwischen Erdwärmennutzung und Grundwasserschutz (<i>Kap. 3.4.1</i>).	Priorität Grund- wasser
Ein im Vergleich dazu geringeres Konfliktpotenzial ist im Kanton Thurgau im Zusammenhang mit dem Bau von Verkehrsinfrastrukturen (Tunnels), Leitungen (Strom, Gas) sowie die Rohstoffgewinnung (Kies, Ton etc.) zu sehen.	Geringes Konflikt- potenzial
Gute Kenntnisse des Untergrundes und qualifiziertes Personal bei Behörden und/oder neutralen Beratungsfirmen ermöglichen es, allfällige Auflagen, z. B. bei Erdwärmesondenbohrungen, zu kontrollieren und gegebenenfalls durchzusetzen (<i>Kap. 3.4.1</i>). Zusätzlich wird die Branche zu qualifizierter Arbeit motiviert und es wird des Weiteren möglich, bei schwierigen Untergrundverhältnissen bzw. Ereignissen (z. B. artesischen Austritten), die Bohrunternehmung bzw. den Bauherrn wirksam zu unterstützen.	Vorausset- zungen

4.2 Folgerungen Tiefe Geothermie

Für die Vergabe der Erkundungs- sowie Nutzungsrechte der Tiefen Geothermie gibt es im Kanton Thurgau keine spezifischen gesetzlichen Vorschriften. Ein Erlass ist, aufgrund des Regalrechts, ohne Verfassungsänderung möglich. Es ist zu überprüfen, inwiefern bestehende Gesetze angepasst werden müssen und ob und wie allenfalls die Erkundung, Erschliessung und Nutzung des tiefen Untergrundes in einem neuen Gesetz geregelt werden muss. Für Anlagen, welche in den Grenzregionen zu benachbarten Kantonen geplant sind, müssen interkantonale Regelungen zur Klärung der Hoheitsansprüche an der Ressource Erdwärme erarbeitet werden.	Umsetzung Regalrecht
Die Raumplanung berücksichtigt noch keine geothermischen Anlagen. Im kantonalen Richtplan wird Geothermie nur am Rand erwähnt. Des Weiteren schliesst die Raumplanung die Nutzung des tiefen Untergrundes gegenwärtig noch nicht mit ein (<i>Kap. 3.2.2</i>).	Raumpla- nung
Bezüglich Förderung und Risikodeckung gibt es Instrumente des Bundes. Die Risikodeckung kommt nur bei Bohrprojekten, welche die Stromproduktion zum Ziel haben, zum Tragen und die KEV wird	Förde- rungsmass- nahmen

erst dann ausbezahlt, wenn Strom produziert wird (*Kap. 3.3.2*).

Für die Phase der Erkundung (z. B. durch Seismik) oder für Wärme-
projekte generell gibt es von Seiten des Bundes keine Förderung.
Diese Lücken können durch den Kanton Thurgau geschlossen und
wichtige Anreize geschaffen werden.

Tiefengeothermieprojekte zur reinen Wärmenutzung können einen
wichtigen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten, liefern zusätzlich
wichtige Erkenntnisse über den Untergrund und ermöglichen es, re-
levante Erfahrungen in der Tiefenerkundung und -erschliessung zu
sammeln. Eine Risikodeckung analog dem Geothermieprojekt «Grob,
Schlattingen» würde für die Zukunft einen wichtigen Beitrag liefern.

Für eine erste Phase der geothermischen Erkundung ist die Verfüg-
barkeit bestehender Untergrundinformationen wichtig (*Kap. 3.4.2*).
Dies sind Daten aus der Erdöl- und Erdgasexploration sowie der
Nagra. Es ist abzuklären, inwiefern der Kanton Thurgau als Konzes-
sions- bzw. Bewilligungsgeber Rechte an bisherigen Daten hat bzw.
Daten erhalten kann und es muss sichergestellt werden, dass für
neue Daten klare Regelungen bestehen, damit die Resultate künfti-
ger Arbeiten dem Kanton zur Verfügung stehen. Dabei sind die Ei-
gentumsrechte von Privatunternehmen zu berücksichtigen.

Ein thermisches Kraftwerk, wie beispielsweise eine Geothermiean-
lage, braucht eine sogenannte Rückkühlung (*Kap. 3.4.2*), da nicht
die gesamte Wärme in Strom konvertiert werden kann. Nach heuti-
ger Ausgangslage muss diese Abwärme genutzt werden, damit die
Wirtschaftlichkeit optimiert werden kann. Auch aus ökologischen
Gründen ist eine solche Abwärmenutzung sinnvoll.

**Effiziente
Energienut-
zung**

Entsprechend braucht es bei der Planung von Geothermieprojekten
Kenntnisse der bestehenden Wärmeabnehmerstrukturen. Mittel- und
langfristig können bestehende Abnehmerstrukturen auf eine solche
Nutzung angepasst oder neue erstellt werden.

**Wärmeab-
nehmer
wichtig**

Die Energiewirtschaft wird umstrukturiert. Hierfür müssen neue, zu-
kunftsfähige Energiequellen wie die Geothermie erschlossen wer-
den. Insbesondere die Tiefe Geothermie ist im Allgemeinen wenig,
teilweise nur namentlich, bekannt. Die allfällig bedeutende Rolle der
Geothermie als nachhaltige, einheimische, Bandlast liefernde und an
der Erdoberfläche wenig Platz verbrauchende Energiequelle muss
ebenso vermittelt werden, wie die noch bestehenden Herausforde-
rungen. Nur wenn eine breite Akzeptanz erreicht wird, kann die Tie-
fe Geothermie einen Beitrag zur zukünftigen Stromversorgung leis-
ten.

**Öffentlich-
keitsarbeit
entschei-
dend**

Bei Geothermieprojekten fallen bei der Erkundung und Erschliessung
grosse Mengen komplexer Daten an, die, wenn entsprechend greif-
bar, für weitere Projekte einen wichtigen Förderfaktor darstellen.
Die Handhabung solcher Daten ist aufwändig und anspruchsvoll und
deren Verfügbarkeit von übergeordnetem Interesse. Die Swisstopo

**Daten-
bewirtschaf-
tung als
Grundlage**

(Bundesamt für Landestopographie) hat diesbezüglich künftig eine wichtige Aufgabe wahrzunehmen. Dazu braucht es aber die Kooperation mit den Kantonen als hoheitliche Verwalter des Untergrundes.

Zur Klärung allfälliger Nutzungskonflikte sollten Prioritäten gesetzt werden (*Kap. 3.4.2*). Es ist eine Gesamtinteressensabwägung erforderlich.

**Nutzungs-
konflikte**

4.3 Massnahmen

Bezüglich der Untiefen Geothermie bezwecken die Massnahmen, dass diese zukünftig verstärkt genutzt, die Anlageneffizienz erhöht und die Betriebssicherheit hinsichtlich Wärmeversorgung und Umweltschutz optimiert wird.

**Ziel
Untiefe
Geothermie**

Bezüglich der Tiefen Geothermie zielen die Massnahmen darauf ab, geeignete Rahmenbedingungen für eine effiziente, wirtschaftliche sowie sichere Erschliessung und Nutzung der Tiefen Geothermie zu schaffen. Insbesondere soll der Weg hin zu einer zukünftigen, tiefengeothermischen Stromproduktion bereitet werden.

**Ziel
Tiefe
Geothermie**

Die Bewertung der Priorität bezieht sich hinsichtlich der Untiefen Geothermie auf die Optimierung der Rahmenbedingungen sowie die Verbesserung der Qualitätssicherung. Hinsichtlich der Tiefen Geothermie spiegelt die Prioritätsklassierung den Effekt einer Massnahme auf die Förderung Tiefer Geothermie wider.

Priorität

Die Wirksamkeit beschreibt den Effekt auf die verstärkte Nutzung Untiefer Geothermie bzw. die Auswirkungen auf eine tiefengeothermische Stromproduktion.

Wirksamkeit

4.3.1 Gesetzliche Grundlagen, Verfahren, Interne Koordination

Massnahme Nr. 1	Tiefe Geothermie
Gesetzliche Grundlagen, Verfahren, Interne Koordination	
Gesetz zur Nutzung des tiefen Untergrundes	
Die Schaffung der gesetzlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich der Erkundung, Erschliessung und Nutzung des tiefen Untergrundes ist die Grundlage für eine nachhaltige und wirtschaftliche Nutzung der Tiefen Geothermie, welche gleichzeitig allen Beteiligten Rechtssicherheit gewährleistet. Insbesondere die Aspekte Bewilligung, Konzession und Nutzungsentgelt sind zu klären und z. B. die Vergabekriterien zu definieren. Die Thematik dreidimensionale Raumplanung sollte bei der Gesetzesformulierung berücksichtigt werden. Durch die Vergabe von an bestimmte Tiefenstockwerke gebundenen Konzessionen kann die Untergrundnutzung optimiert und können allfällig Nutzungskonflikte vermieden werden.	

Eine Zusammenarbeit mit dem Bund und/oder anderen Kantonen hinsichtlich des Regalrechts ist für Anlagen in Kantonsgrenzregionen notwendig. Vereinbarungen mit dem angrenzenden Baden-Württemberg, Deutschland, könnten ergänzend getroffen werden.

Massnahmen:

- Gesetz zur Nutzung der Erdwärme bzw. des Untergrunds.
- Interkantonale Regelungen für die Kantonsgrenzregionen.
- Regelungen für die Grenzregionen.

Akteure:

Kanton: Departement für Bau und Umwelt (Federführung), Departement für Inneres und Volkswirtschaft.

Priorität:	Gross	
Wirksamkeit:	Gross, indirekt	

Kostenschätzung	[kCHF]
Einmalig:	Intern
Jährlich:	–

Massnahme Nr. 2	Untiefe und Tiefe Geothermie
Gesetzliche Grundlagen, Verfahren, Interne Koordination	
Raumplanung / Nutzungskonflikte	
In der Raumplanung und speziell auch im kantonalen Richtplan wird die Geothermie noch nicht explizit behandelt. Um die Entwicklung und Nutzung zu fördern, müsste die Geothermie grössere Bedeutung finden. Es ist sinnvoll, unter Berücksichtigung geltender rechtlicher Regelungen sowie Technologie spezifischer Standortanforderungen (vgl. <i>Kap. 3.4</i>), zumindest Koordinations- und Standortvorgaben aufzunehmen. Bei der Tiefen Geothermie sind obertägige Bauten und Anlagen (Kraft- oder Heizwerke) notwendig. Das bestehende nationale Raumplanungsgesetz (RPG, SR 700) und das kantonale Planungs- und Baugesetz (RB 700) sowie die zugehörigen Verordnungen regeln grundsätzlich deren Erstellung und Betrieb. Anpassungen zwecks Förderung sind zu prüfen. Der Untergrund wird bisher noch nicht von der Raumplanung erfasst. Insbesondere tiefegeothermische Anlagen nutzen jedoch einen verhältnismässig grossen Raum im Untergrund. Weitere Nutzungsformen sind möglich. Die Ausdehnung der Raumplanung auf den tiefen Untergrund ist daher Grundvoraussetzung für dessen effiziente sowie rechtssichere wirtschaftliche Nutzung. Auf nationaler Ebene wird das RPG im Rahmen der 2. Teilrevision auf den Untergrund ausgedehnt. Es ist zu prüfen, ob das kantonale Planungs- und Baugesetz entsprechend der neuen, nationalen Regelung geändert werden muss. Allfällige Konflikte zwischen den verschiedenen Nutzungsformen des Untergrundes müssen gelöst werden. Neben der Geothermie sind z. B. Verkehrsinfrastrukturen, Erdöl- und Erdgas, CO₂-Einbringung (Sequestrierung) oder die Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle in Betracht zu ziehen. Der Natur- und Landschaftsschutz ist ebenfalls zu berücksichtigen. Der Aspekt	

Nutzungskonflikt könnte beim Gesetz zur Nutzung der Erdwärme bzw. des Untergrunds (Massnahme Nr. 1) oder bei einer allfälligen Erweiterung des kantonalen Planungs- und Baugesetz auf den Untergrund aufgegriffen werden. Empfehlenswert ist, dass der Kanton hinsichtlich der verschiedenen Nutzungsarten die Reihenfolge der Priorisierung definiert. Dies ist Grundlage für die Anpassung des kantonalen Richtplans.

Massnahmen:

- Ausdehnung der Raumplanung auf den Untergrund.
- Anpassung der obertägigen Raumplanung in Bezug auf die Nutzung der Tiefen Geothermie und der Erdwärmeverteilnetze.
- Vertiefte Behandlung von Geothermie im kantonalen Richtplan.
- Überprüfung der Nutzungszonen in geologisch für Stromerzeugungsanlagen geeigneten Gebieten hinsichtlich der gezielten Ansiedelung von Wärmeabnehmern (vgl. Massnahme Nr. 11).
- Erarbeiten einer Prioritätenliste für die verschiedenen Untergrundnutzungen bzw. Interessen.
- Hinsichtlich der oberirdischen Nutzung sind die Interessen sinnvoll abzuwägen.

Akteure:

Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Raumplanung; externe Auftragnehmer.

Priorität: Gross 

Wirksamkeit: Gross, indirekt 

Kostenschätzung [kCHF]

Einmalig: 250

Jährlich: –

Massnahme Nr. 3	Untiefe und Tiefe Geothermie
Gesetzliche Grundlagen, Verfahren, Interne Koordination	
Kantonale Koordinationsstelle	
Kompetenzbündelung Bisher sind die Zuständigkeiten für die Belange Untiefer Geothermie auf verschiedene kantonale und kommunale Behörden verteilt. Bei Neuinstallationen haustechnischer Anlagen zur Aufbereitung und Verteilung von Wärme, dazu gehören EWS-Anlagen, sind die Gemeinden für die Kontrollen zuständig (Energieverordnung). Es fehlen zum Teil die notwendigen personellen Ressourcen und/oder das Know-how. Dies führt zu unterschiedlichen und teils länger dauernden Bewilligungsverfahren. Die zukünftige Erschliessung und Nutzung der Tiefen Geothermie setzt ebenfalls eine koordinierte Planung und ein entsprechendes Fachwissen der zuständigen Behörden voraus. Die Bündelung der Ressourcen und der Aufbau von Fachwissen in einem kantonalen Kompetenzzentrum Geothermie würden die effiziente und kompetente Bearbeitung sämtlicher Geothermie-Aspekte gewährleisten und die Entwicklung der Tiefen Geothermie im Kanton Thurgau fördern.	

Qualitätssicherung

Bei Untiefer Geothermie ist verstärkt die Qualität der Bohrung sowie der Anlageninstallation sicherzustellen, um den Schutz der Umwelt (Grundwasser) sowie den zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen zu gewährleisten (Kap. 3.4.1). Die Verantwortung für die Qualitätssicherung sollte dem durchführenden Bohrunternehmen zugewiesen werden und deren Kontrolle vor Ort grundsätzlich durch die Bauherren erfolgen. Seitens des Kantons sollte eine Liste mit Anforderungen definiert werden, welche die Sicherung von Qualitätsstandards gewährleisten. Der Nachweis über die Erfüllung der Anforderungen sollte für den Erhalt der Bohrbewilligung Voraussetzung sein (z. B. Qualifikation des Geräteführers, Anwesenheit eines Geologen/in mit regionalen Kenntnissen, Rückstellprobe des verwendeten Hinterfüllmaterials etc.). Die Einhaltung der vom Kanton geforderten Qualitätsstandards hinsichtlich der Bohrausführung bzw. der Anlageninstallation sollte stichprobenhaft kontrolliert werden. Dies kann direkt durch die kantonale Fachstelle oder per Dienstleistungsauftrag durch ein unabhängiges Fachunternehmen («Inspektorat») durchgeführt werden.

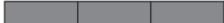
Datenbewirtschaftung

Für den Erfolg tiefengeothermischer Projekte sind die Kenntnisse über den tiefen Untergrund von zentraler Bedeutung.

Insbesondere die Kohlenwasserstoffindustrie und die Nagra haben bereits Arbeiten zur Erkundung des tiefen Untergrunds durchgeführt (vgl. Massnahme Nr. 7). Die daraus gewonnenen Informationen sind bisher jedoch nur teilweise öffentlich zugänglich und nicht zentral erfasst. Ein zentraler und öffentlich zugänglicher «Datenpool» ist jedoch essenziell für die möglichst rasche Evaluation der wirtschaftlichen und technischen Machbarkeit tiefengeothermischer Projekte für die verschiedenen Regionen (vgl. Massnahme Nr. 8). Die Daten aus den Erkundungskampagnen sind komplex, umfangreich und oft kantonsübergreifend. Die Handhabung daher anspruchsvoll und insbesondere das Gesamtbild der Daten aussagekräftig. Eine Zusammenarbeit mit dem Bund bzw. anderen Kantonen ist daher für die rasche Untergrunderkundung bzw. -evaluation empfehlenswert. Swisstopo baut gegenwärtig im Auftrag des Bundes ein entsprechendes Managementsystem für Daten aus dem tiefen Untergrund auf.

Massnahmen:

- Schaffung einer kantonalen Fachstelle (Kompetenzzentrum Geothermie) für einen effizienten Verfahrensablauf sowie die effiziente Förderung der Tiefengeothermie.
- Erwerben von Fachkompetenzen, welche für eine effiziente und zielführende Projektabwicklung einschl. Bewilligungsverfahren notwendig sind.
- Aktive Mitarbeit der kantonalen Fachstellen am derzeit anlaufenden Prozess der tiefengeothermischen Technologieentwicklung.
- Festlegung von Anforderungen bei Untiefer Geothermie, um die Qualitätsstandards zu sichern.
- Zuweisung der Verantwortung für die Qualitätssicherung bei Untiefer Geothermie an das ausführende Unternehmen.
- Stichprobenhafte Kontrolle der Qualitätssicherung bei Bohrungen bzw. Anlageninstallationen.
- Festlegen des Datenmanagements der anfallenden Tiefendaten. Eine Zusammenarbeit mit der Swisstopo ist anzustreben.

Akteure: Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt, Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie, Rechtsdienst; externe Auftragnehmer, Swisstopo.		
Priorität:	Gross	
Wirksamkeit:	Gross, indirekt	
Kostenschätzung	[kCHF]	
Einmalig:	120	
Jährlich:	150 (100 Stellenprozent)	

Massnahme Nr. 4	Tiefe Geothermie
Gesetzliche Grundlagen, Verfahren, Interne Koordination	
Wegleitungen / Verfahren	
Wegleitungen bezüglich der verschiedenen Verfahrensschritte von Projekten sind ein wirkungsvolles Instrument, um einen effizienten und reibungslosen Ablauf zu ermöglichen. Bei Geothermieprojekten sollten die Phasen der Erkundung, Erschliessung sowie Nutzung erfasst und die Rahmenbedingungen für hydro- sowie petrothermale Projekte definiert werden. Eine Zusammenarbeit mit dem Bund, anderen Kantonen sowie Projektentwicklern ist empfehlenswert. Massnahme: ➤ Erarbeitung von Wegleitungen für Bauherren, Investoren und Projektentwickler. Akteure: Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt; externe Auftragnehmer.	
Priorität:	Gross 
Wirksamkeit:	Mittel 
Kostenschätzung	[kCHF]
Einmalig:	40
Jährlich:	–

4.3.2 Förderung, Risikodeckung

Massnahme Nr. 5		Untiefe Geothermie
Förderung, Risikodeckung		
Kantonales Energieförderprogramm		
Das bestehende kantonale Energieförderprogramm beinhaltet folgende Massnahmen: – Erdwärmesondenheizungen werden gegenwärtig durch einen Förderbeitrag für die Wärmepumpe unterstützt. – Bei Grossanlagen mit Wärmenetz werden Fördermittel für den Anschluss ausgerichtet. – Für «innovative Anlagenkonzepte» kann ein einmaliger Zuschuss beantragt werden (z. B. für den Bau neuartiger Erdwärmesondenfelder mit saisonaler Wärmespeicherung). Diese Fördermöglichkeiten wirken sich sowohl hinsichtlich einer verstärkten Nutzung als auch einer Effizienzverbesserung der Anlagensysteme positiv aus. Massnahme: ➤ Die im Förderprogramm Energie 2012 enthaltenen Förderansätze sollten beibehalten werden. Akteure: Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie.		
Priorität:	Gross	
Wirksamkeit:	Gross	
Kostenschätzung [kCHF]		
Einmalig:	–	
Jährlich:	200 (aus dem kantonalen Energiefonds, wie bisher)	

Massnahme Nr. 6		Untiefe und Tiefe Geothermie
Förderung, Risikodeckung		
Dezentrale Gemeinschaftsanlagen / Wärmenetze		
Gemeinschaftsanlagen sind eine wirtschaftlich wie energetisch sinnvolle Form der Wärmeversorgung grösserer Gebäude oder Quartiere. Im kantonalen Förderprogramm sollte aufgenommen werden, dass z. B. Contracting-Nehmern ein einmaliger Förderzuschuss («Vertragsabschlussprämie») gewährt wird. Finanzbedarf besteht, falls grössere Wärmenetzweiterungen vorgenommen oder längere Wärmenetzstrecken neu verlegt werden müssen. Seitens Energieversorgungsunternehmen wäre die Vereinfachung und klare Regelung des Bewilligungsverfahrens notwendig für die		

Förderung des Wärme-Contractings (vgl. Massnahme Nr. 3). Die Vorteile des Wärme-Contractings sind in der Bevölkerung wenig bekannt. Eine verstärkte Information zum Ausbau dieser rationellen Energienutzung wäre sinnvoll. Massnahmen: ➤ Einführung eines einmaligen Zuschusses («Vertragsabschlussprämie»). ➤ Finanzielle Förderung der Erweiterung oder des Neubaus von Wärmenetzen. ➤ Vereinfachung des Bewilligungsverfahrens bei Wärme-Contracting und klare Zuweisung der Zuständigkeit (kantonale Fachstelle). ➤ Information und Beratung. Akteure: Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie; externe Auftragnehmer.		
Priorität:	Mittel	
Wirksamkeit:	Gross	
Kostenschätzung	[kCHF]	
Einmalig:	50 (aus dem kantonalen Energiefonds, neu)	
Jährlich:	200 (aus dem kantonalen Energiefonds, neu)	

Massnahme Nr. 7	Tiefe Geothermie
Förderung, Risikodeckung	
Vorhandene Untergrunddaten	
Es sind bereits Daten über den tiefen Untergrund vorhanden, die im Rahmen der Kohlenwasserstoffexploration seit den 1960er Jahren gewonnen wurden. Da das Verfahren zwischenzeitlich verbessert wurde und die Bedürfnisse der Tiefen Geothermie damals nicht von Interesse waren, ist ein Reprocessing bzw. eine Neuinterpretation der bestehenden Daten empfehlenswert. Die verbesserten Untergrundkenntnisse können bei hydrothermalen Projekten zu einer Senkung des Fündigkeitsrisikos und bei petrothermalen Projekten zu einer höheren Prognosegenauigkeit hinsichtlich des Antreffens geeigneter Gesteinsschichten führen. Massnahmen: ➤ Beschaffung/Bereitstellung der bestehenden tiefen Untergrunddaten. ➤ Finanzielle Förderung des Reprocessings bzw. der Neuinterpretation. ➤ Übergabe der Daten an Swisstopo (vgl. Massnahme 3). ➤ Nutzungsvereinbarung mit Swisstopo. Akteure: Kanton; Swisstopo, externe Auftragnehmer.	
Priorität:	Gross
Wirksamkeit:	Gross

Kostenschätzung	[kCHF]
Einmalig:	500
Jährlich:	–

Massnahme Nr. 8	Tiefe Geothermie
Förderung, Risikodeckung	
Erkundung	
Die Phase der indirekten Erkundung wird auf Bundesebene nicht gefördert. Dies, obwohl in dieser Phase wegen des wenig bekannten Untergrunds die Chancen auf einen Erfolg noch nicht prognostizierbar sind. Die angedachten Massnahmen des Bundes zur verstärkten Förderung der Tiefen Geothermie berücksichtigen auch weiterhin nicht explizit diese wichtige Phase. Eine finanzielle Unterstützung von insbesondere seismischer Erkundung in potenziellen Standortgebieten (Wärme- und Wärme-/Stromprojekte) schliesst eine bedeutende Lücke und ist von grosser Wichtigkeit. In diesem Zusammenhang ist empfehlenswert, dass der Kanton im neuen Gesetz (vgl. Massnahme Nr. 1) verankert, dass die Daten aus der Erkundung dem Kanton auszuhändigen sind, z. B. bei Ablauf der Bewilligung. Ergänzt mit der Erfassung und dem Reprocessing bzw. der Neuinterpretation bestehender Daten sowie deren effizienter und koordinierter Bewirtschaftung (vgl. Massnahme Nr. 7) können die Untergrundkenntnisse zielführend verbessert sowie öffentlich zugänglich gemacht werden. Massnahme: ➤ Förderung der indirekten Erkundung des Untergrundes durch Dritte, insbesondere Seismikkampagnen. Akteure: Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie, Departement für Bau und Umwelt.	
Priorität:	Mittel 
Wirksamkeit:	Gross 
Kostenschätzung	[kCHF] (Annahme 2 Standorte)
Einmalig:	2'000
Jährlich:	–

Massnahme Nr. 9		Tiefe Geothermie
Förderung, Risikodeckung		
Risikodeckung		
Das Antreffen von Aquiferen mit ausreichend hoher Förderrate bzw. von Gesteinen, welche sich gut und sicher hydraulisch stimulieren lassen, ist unsicher. Der Bund gewährt daher eine Risikodeckung für Stromprojekte und denkt gegenwärtig deren Aufstockung und Ausdehnung (z. B. auf die Erkundungsarbeiten) an. In Abhängigkeit der neuen Risikodeckung des Bundes für Stromprojekte, kann eine Erhöhung durch den Kanton unterschiedlich sinnvoll sein. Wärmeprojekte sind eine wichtige Ergänzung für eine dezentrale Wärmeversorgung mittels erneuerbarer Energiequellen. Des Weiteren liefern Wärmeprojekte wertvolle Informationen über den tiefen Untergrund, welche auch Projekten zur Stromproduktion zugutekommen. Eine nationale Risikodeckung für Wärmeprojekte ist auch für die Zukunft nicht angedacht. Die Gewährung einer solchen Risikodeckung ist daher eine sinnvolle Massnahme zur Förderung der Tiefen Geothermie, evtl. in Form zinsloser Darlehen. Für das Wärmeprojekt Grob, Schlattingen, wurde eine Risikodeckung per Ausnahmeregelung gesprochen. Für den Fall eines Erfolgs bzw. Teilerfolgs ist die Abgabe eines Nutzungsentgelts pro kWh erzeugte Wärme vereinbart worden. Massnahmen: ➤ Risikodeckung für geeignete und aussichtsreiche Wärmeprojekte (z. B. Modell Grob, Schlattingen). ➤ Allenfalls Ergänzung der nationalen Risikodeckung des Bundes. Akteure: Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie.		
Priorität:	Gross	
Wirksamkeit:	Gross	
Kostenschätzung	[kCHF] (Annahme 3–4 Wärmeprojekte à 2–3 Mio. CHF und 2–3 Stromprojekte) Einmalig: 10'000 und 6'000 (aus dem kantonalen Energiefonds, neu) Jährlich: Einnahmen durch Nutzungsentgelt: 150 (Annahme 2 erfolgreiche Wärmeprojekte mit 15 l/sec, Temperaturabkühlung gefördertes Fluid 20°C, 6'000 Betriebsstunden) 600 (Annahme 1 erfolgreiches Stromprojekt mit 40 l/sec, Temperaturabkühlung gefördertes Fluid 60°C, 6'000 Betriebsstunden)	

Massnahme Nr. 10		Tiefe Geothermie
Förderung, Risikodeckung		
Angewandte Forschung		
Die Stärken der Tiefen Geothermie sind vielfältig. Insbesondere die petrothermale Technologie ist jedoch noch jung und es besteht insgesamt für eine allfällige wirtschaftliche Nutzung noch Optimierungsbedarf. Die Untersuchungserschliessung sowie die Stimulationsverfahren sind wichtige Forschungsschwerpunkte, der Einfluss der standortspezifischen Untergrundverhältnisse ist dabei gross. Bedeutende Ergebnisse sind daher nur mittels angewandter Forschung in Pilot- und Demonstrationsanlagen zu erzielen, welche an verschiedenen «geologischen Standorten» errichtet werden sollten. Die Verbesserung der Kenntnisse über den tiefen Untergrund ist, wegen dessen Einflusses auf den Erfolg eines Tiefen Geothermieprojektes, von ebensolchem Interesse. Forschungsarbeiten zur Optimierung der Reservoirerschliessungsmethoden bzw. der Stimulationsverfahren sowie Zusatzuntersuchungen, welche Informationen über den tiefen Untergrund liefern (z. B. geophysikalische Bohrlochmessungen), sollten daher finanziell unterstützt werden. Massnahmen: ➤ Bereitstellung von Mitteln für Zusatzuntersuchungen bei Bohrungen im Interesse des Kantons Thurgau (z. B. Kerne, Logs, Tests). ➤ Bereitstellung von Mitteln für Forschungsarbeiten an Hochschulen bzw. Universitäten zur Verbesserung der Reservoirerschliessung und der Stimulationsverfahren im Interesse des Kantons Thurgau. Akteure: Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft.		
Priorität:	Gross	
Wirksamkeit:	Gross, indirekt	
Kostenschätzung	[kCHF] (Annahme 5–8 Projekte)	
Einmalig:	2'000	
Jährlich:	–	

4.3.3 Grundlagen

Massnahme Nr. 11		Untiefe und Tiefe Geothermie
Grundlagen		
Abnehmerpotenziale		
Die Kenntnisse bestehender und zukünftiger Wärmeabnehmerpotenziale sind die Grundlage für eine mittel- und langfristige, koordinierte Energieplanung. Sie ermöglichen die Anpassung des Kapitels Energie im kantonalen Richtplan. Insbesondere in dicht besiedelten Gebieten sind diese Kenntnisse von übergeordneter Bedeutung. Berücksichtigt werden sollte, neben der Bebauungs- bzw. Einwohnerdichte, insbesondere auch der Wärmebedarf der Gebäude. Auch bei tiefengeothermischen Stromerzeugungsanlagen wird die Wirtschaftlichkeit durch die Anwesenheit von potenziellen Wärmeabnehmern oder durch die Möglichkeit, diese anzusiedeln zu können, beeinflusst. Bei Tiefer Geothermie sind neben Wohnquartieren auch industrielle und gewerbliche Grossabnehmer bzw. Thermalbäder relevant. Die Menge, das Temperaturniveau und der Jahresgang des Wärmebedarfs sind zu ermitteln. Die Planung effizienter Kaskadennutzung wird dadurch möglich. Die Kenntnis der vorhanden potenziellen Abnehmerstrukturen ermöglicht, in geologisch für eine tiefengeothermische Stromerzeugung geeigneten Gebieten, bei nicht ausreichendem Abnehmerpotenzial die Raum- und Zonenpläne auf eine allfällige Ansiedlung von Wärmebezügern (z. B. landwirtschaftliche Betriebe / Gärtnereien, Thermalbäder, Wohnsiedlungen oder Industrie- und Gewerbegebiete) zu überprüfen und diese allenfalls anzupassen (vgl. Massnahme Nr. 2).		
Massnahmen: ➤ Analyse des Wärmeabnehmerpotenzials insbesondere in dicht besiedelten Gebieten. ➤ Erfassung von potenziellen industriellen und gewerblichen Grossabnehmern bzw. Thermalbäder. Akteure: Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie, Departement für Bau und Umwelt, Amt für Raumplanung; Gemeinden, Energieversorgungsunternehmen (Wärme, Strom), externe Auftragnehmer.		
Priorität:	Gross	
Wirksamkeit:	Gross, indirekt	
Kostenschätzung	[kCHF]	
Einmalig:	100	
Jährlich:	120	

Massnahme Nr. 12		Untiefe Geothermie
Grundlagen		
Geodatenbank		
Es wird ein Instrument für die Erfassung von Untergrunddaten sowie Ereignissen (z. B. artesische Austritte) benötigt. Dies, um vor allem die Untergrundkenntnisse verbessern und allfällige Risiken bereits vor Durchführung der Arbeiten identifizieren zu können. Die bestehenden Daten sollten rückerfasst werden. Die Datenbank kann durch den Kanton (Kantonale Fachstelle Geothermie) oder durch ein beauftragtes Dienstleistungsunternehmen bewirtschaftet werden. Massnahmen: ➤ Aufbau eines öffentlich zugänglichen Datenbewirtschaftungssystems. Einführung von GeoCadast. ➤ Rückerfassung bestehender Daten. Akteure: Kanton: Departement für Bau und Umwelt; externe Auftragnehmer.		
Priorität:	Gross	
Wirksamkeit:	Mittel	
Kostenschätzung	[kCHF]	
Einmalig:	400	
Jährlich:	–	

Massnahme Nr. 13		Untiefe Geothermie
Grundlagen		
Erdwärmenutzungskarte		
Neubeurteilung der Erdwärmenutzungskarte hinsichtlich der Freigabe weiterer Gebiete mit nicht nutzbaren Grundwasservorkommen. Eventuell kann eine Gebietsaufteilung in Bezug auf Wärme-Contracting durchgeführt werden, welche ergänzend in die bestehende oder in eine neue Karte aufgenommen wird. Anbieter von Wärme-Contracting besitzen in der Regel das notwendige Know-how, um den Schutz des Grundwassers ausreichend zu gewährleisten. Massnahmen: ➤ Überprüfung bisheriger Nutzungsgebiete für Erdwärmesonden, hinsichtlich deren Erweiterung um Teilzonen. ➤ Eventuell separate Gebietseinteilung für Wärme-Contracting. Akteure: Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt, Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie.		
Priorität:	Mittel	
Wirksamkeit:	Gross	

Kostenschätzung	[kCHF]
Einmalig:	20
Jährlich:	–

Massnahme Nr. 14	Untiefe Geothermie
Grundlagen	
Grundwasserwärmenutzung	
Die Grundwassernutzung als Wärmequelle ist effizient und wirtschaftlich, bedarf jedoch einer koordinierten Planung, insbesondere wenn diese verstärkt genutzt werden soll. Um insbesondere die Anlagenauslegung und den Mindestabstand zu benachbarten Anlagen berechnen zu können, und damit die Anlageneffizienz zu optimieren, sind sowohl Kenntnisse über das Grundwasser als auch kantonale Regelungen wichtig. Massnahmen: ➤ Regelung der Grundwasserwärmenutzung unter Berücksichtigung der lokalen Wärmebezüger. ➤ Erweiterung der bestehenden Grundwassermodelle. ➤ Grundwassermodell Thurtal: Verfeinerung in relevanten Gebieten, thermische Kopplung. Akteure: Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt, Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie.	
Priorität:	Mittel 
Wirksamkeit:	Mittel, indirekt 
Kostenschätzung	[kCHF]
Einmalig:	300
Jährlich:	–

4.3.4 Information, Schulung

Massnahme Nr. 15	Untiefe Geothermie
Information, Schulung	
Information / Schulung	
Die Information und Schulung von Entscheidungsträgern und Planern ist notwendig, damit diese aktiv den Prozess der koordinierten und fachgerecht durchgeführten Energieplanung unterstützen können. Massnahme: ➤ Information und Schulung von Entscheidungsträgern und Planern.	

Akteure: Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt, Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie.		
Priorität:	Gross	
Wirksamkeit:	Gross	
Kostenschätzung [kCHF]		
Einmalig:	–	
Jährlich:	20 (aus dem kantonalen Energiefonds, neu)	

Massnahme Nr. 16		Untiefe und Tiefe Geothermie
Information, Schulung		
Öffentlichkeitsarbeit		
Der Erfolg von Projekten der Tiefen Geothermie hängt, trotz der zu berücksichtigenden geologisch-technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Faktoren, von der gesellschaftlichen Akzeptanz ab. Dafür ist ein gut geplantes Informations- und Kommunikationskonzept notwendig, welches auf eigene Behörden, Städte und Gemeinden, Politiker, Umweltverbände und Organisationen sowie die Thurgauer Bevölkerung ausgerichtet werden sollte. Die Kommunikation und Information zum Thema Energiezukunft unter besonderer Berücksichtigung der Tiefen Geothermie ist daher zur Verbesserung der Akzeptanz besonders wichtig. Die Themen induzierte Seismizität sowie die Grösse und Gestalt von geothermischen Kraftwerken einschliesslich Kühlanlagen sollten berücksichtigt werden. Massnahmen: ➤ Umfassende Information und Kommunikation. ➤ Einbezug bzw. Berücksichtigung der oben genannten Parteien hinsichtlich der Entscheidungsfindungen zur Neugestaltung der Energiewirtschaft. Akteure: Kanton; Verein Thurgauer Gemeinden VTG, Verein Geothermie Thurgau VGTG, Energieversorgungsunternehmen, externe Auftragnehmer.		
Priorität:	Mittel	
Wirksamkeit:	Gross, indirekt	
Kostenschätzung [kCHF]		
Einmalig:	–	
Jährlich:	50	

4.3.5 Zusammenstellung der Massnahmen

Nr .	Massnahmen-Bezeichnung	Untiefe / Tiefe	Priorität	Wirksamkeit	Kosten [kCHF]		Akteure
					Einmalig	Jährlich	
Gesetzliche Grundlagen, Verfahren, Interne Koordination							
1	Gesetz zur Nutzung des tiefen Untergrundes	Tiefe			Intern	–	Kanton: Departement für Bau und Umwelt (Federführung), Departement für Inneres und Volkswirtschaft
2	Raumplanung / Nutzungskonflikte	Untiefe / Tiefe			250	–	Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Raumplanung; externe Auftragnehmer
3	Kantonale Koordinationsstelle	Untiefe / Tiefe			120	150 ¹	Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt, Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie, Rechtsdienst; externe Auftragnehmer, Swisstopo
4	Wegleitungen / Verfahren	Tiefe			40	–	Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt; externe Auftragnehmer
Förderung, Risikodeckung							
5	Kantonales Energieförderprogramm	Untiefe			–	200 ²	Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie
6	Dezentrale Gemeinschaftsanlagen / Wärmenetze	Untiefe / Tiefe			50 ³	200 ³	Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie; externe Auftragnehmer
7	Vorhandene Untergrunddaten	Tiefe			500	–	Kanton; Swisstopo, externe Auftragnehmer
8	Erkundung	Tiefe			2'000 ⁴		Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie, Departement für Bau und Umwelt
9	Risikodeckung	Tiefe			10'000 ^{3,5} und 6'000 ^{3,6}	Einnahmen ⁷	Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie
10	Angewandte Forschung	Tiefe			2'000 ⁸	–	Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft

Grundlagen							
11	Abnehmerpotenziale	Untiefe / Tiefe			100	120	Kanton: Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie, Departement für Bau und Umwelt, Amt für Raumplanung; Gemeinden, Energieversorgungsunternehmen, externe Auftragnehmer
12	Geodatenbank	Untiefe			400	–	Kanton: Departement für Bau und Umwelt; externe Auftragnehmer
13	Erdwärmenutzungskarte	Untiefe			20	–	Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt, Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie
14	Grundwasserwärmenutzung	Untiefe			300	–	Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt, Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie
Information, Schulung							
15	Information / Schulung	Untiefe			–	20 ³	Kanton: Departement für Bau und Umwelt, Amt für Umwelt, Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abteilung Energie
16	Öffentlichkeitsarbeit	Untiefe / Tiefe			–	50	Kanton; Verein Thurgauer Gemeinden VTG, Verein Geothermie Thurgau VGTG, Energieversorgungsunternehmen, externe Auftragnehmer

Einmalige Kosten Total 21'780

Davon Energiefonds: 16'050 (73.7 %)

Jährliche Kosten Total

740

Davon Energiefonds: 420 (56.7 %)

Jährliche Einnahmen⁷

750

Für die Massnahme Nr. 3 muss mit einer zusätzlichen 100%-Stelle gerechnet werden. Weitere 100 Stellenprozente werden von bestehenden personellen Kapazitäten gebunden. Insgesamt werden für die Umsetzung der Massnahmen verwaltungsintern also 200 Stellenprozente benötigt.

¹ 100 Stellenprozent

² Finanzierung aus dem kantonalen Energiefonds, wie bisher

³ Finanzierung aus dem kantonalen Energiefonds, neu

⁴ Annahme 2 Standorte

⁵ Annahme 3–4 Wärmeprojekte à 2–3 Mio. CHF

⁶ Annahme 2–3 Stromprojekte

⁷ Einnahmen durch Nutzungsentgelt pro kWh erzeugter Wärme bzw. Strom; Annahme 2 erfolgreiche Wärmeprojekte mit 15 l/sec, ΔT 20°C, 6'000 Betriebsstunden und 1 erfolgreiches Stromprojekt mit 40 l/sec, ΔT 60°C, 6'000 Betriebsstunden

⁸ Annahme 5–8 Projekte

5 GLOSSAR

Arteser / Artesischer Austritt

Liegt ein Grundwasser führender Horizont unterhalb einer undurchlässigen Schicht, kann in diesem ein hoher hydraulischer Überdruck bestehen. Bei einem sogenannten Arteser liegt die Grundwasserdrukfläche über der Geländeoberfläche. Bohrt man einen solchen Arteser an, tritt das Wasser an der Erdoberfläche aus (= artesischer Austritt).

Aquifer

Locker- oder Festgesteinshorizont, welcher wasserdurchlässig ist und somit als Grundwasserleiter wirken kann.

Chemische Stimulation

Diese dient der Verbesserung der Durchlässigkeit natürlicher Aquifere (hydrothermale Systeme) oder künstlich geschaffener Wärmetauscher (petrothermale Systeme) und kann bei karbonatischen Gesteinen bzw. Zementationen verwendet werden.

Dublette

Bei einer Dublette verfügt die tiefengeothermische Anlage über zwei Bohrungen: Eine Förder- und eine Injektionsbohrung. Der Tiefenwasserkreislauf ist geschlossen.

Durchlässigkeit

Die Durchlässigkeit eines Gesteins beschreibt die Möglichkeit, ob und wie viel Wasser durch vorhandene Hohlräume das Gestein / das Gebirge durchfließen kann.

Energie

Es gibt unterschiedlichste Energieformen, z. B. thermische und elektrische Energie. Thermische Energie wird auch als Wärme, elektrische Energie als Strom bezeichnet. Energie kann von einer Form in eine andere wechseln. Wärme kann beispielsweise in Strom umgewandelt werden, wobei die Konvertierung thermodynamisch bedingt nicht vollständig möglich ist. Energie wird mit der Einheit Wh angegeben. In der Geothermie werden meist kWh (= 1000 Wh) oder MWh (= 1 Mio. Wh) verwendet. Für die eindeutige Unterscheidung von elektrischer bzw. thermischer Energie wird beispielsweise kWh_{el} bzw. kWh_{th} verwendet.

Entzugsleistung

Die Entzugsleistung ist die Wärmemenge, die ein technisches System dem Untergrund pro Zeiteinheit entzieht. Sie wird in Watt angegeben.

Erdbebengefährdung

Die Erdbebengefährdung beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der an einem bestimmten Ort an der Erdoberfläche Erschütterungen einer bestimmten Stärke auftreten.

Erdbebenrisiko

Das Erdbebenrisiko wird nicht nur durch die Erdbebengefährdung, sondern auch durch weitere Faktoren bestimmt. Dies sind insbesondere Besiedlungsdichte, Bauwerkstabilität und vorhandene Vermögenswerte.

Erdwärmeentzug

Der spezifische Wärmeentzug ist die Wärmemenge, welche mittels Erdwärmesonden aus dem Untergrund gewonnen werden kann.

Erdwärmesonde (EWS)

Erdwärmesonden sind vertikal in den Untergrund gebohrte Wärmetauscher von mehreren Dekametern bis ca. 400 Metern Länge. Erdwärmesonden können mit unterschiedlichen Wärmeträgermedien betrieben werden. Am meisten verbreitet sind Doppel-U-Sonden mit Sole (Wasser mit Zusatz von Frostschutzmittel) oder reinem Wasser als Wärmeträger. Erdwärmesonden werden sowohl als Einzelanlagen als auch als Erdwärmesonden-Felder mit 10 bis mehrere Hundert miteinander gekoppelte Erdwärmesonden erstellt.

Erkundung

Unter Erkundung wird die Erforschung der Untergrundverhältnisse verstanden. Es gibt indirekte (geophysikalische Untersuchungen) und direkte Methoden (Bohrungen). Ziel ist es, Informationen über die entscheidenden geologischen Parameter wie z. B. Untergundaufbau (Tiefenlage Zielhorizont), Durchlässigkeit oder vorhandene Störungen etc. zu erhalten. Die gewonnenen Daten werden interpretiert und darauf basierend Untergrundmodelle erstellt.

Erschliessung

Die Erschliessung umfasst insbesondere den Bohrvorgang. Allfällig durchgeführte Stimulationsmassnahmen und Tests werden ebenfalls

dieser Projektphase zugeteilt.

GeoCadast

GeoCadast ist eine Internet-Applikation, welche insbesondere die dezentrale Erfassung von Bohrungsinformationen erlaubt. GeoCadast ist durchgängig zweisprachig und es kann in allen Ebenen jederzeit zwischen Deutsch und Französisch umgeschaltet werden. Diese Applikation wurde ursprünglich vom Kanton Waadt entwickelt (<http://www.vd.ch/fr/themes/territoire/geologie/cadastre-geologique/>).

Das Amt für Umwelt des Kantons Thurgau hat einen Testlauf durchgeführt, mangels Ressourcen ist die Anwendung jedoch vorübergehend gestoppt.

Gewinnung

Bei der Gewinnung wird die im Untergrund gespeicherte Erdwärme durch eine oder mehrere Bohrungen an die Erdoberfläche transportiert. Die gewonnene Wärme stammt entweder aus Tiefenwasser (hydrothermal) oder Festgestein (petrothermal).

Hydraulische Stimulation

Durch das Einpressen von Wasser unter hohem Druck werden Schwächezonen im Gestein so aufgedrückt und gegeneinander bewegt, dass sich die ursprünglich geringe Durchlässigkeit im Untergrund erhöht. Damit können auch ursprünglich relativ wasserundurchlässige Gesteine als Wärmetauscher für geothermische Anlagen genutzt werden.

Hydrothermale Systeme

Hydrothermale Systeme nutzen im Untergrund vorhandene heisse Tiefenwässer als Wärmequelle. Ist die natürliche Fließrate im Untergrund für eine wirtschaftliche Nutzung nicht hoch genug, kann zur Verbesserung eine chemische und/oder hydraulische Stimulation durchgeführt werden, um die Fließrate zu steigern.

Induzierte Seismizität

Induzierte Seismizität ist unmittelbar auf menschliche Tätigkeiten zurückzuführen. Sie kann immer dann auftreten, wenn die natürlichen Spannungszustände im Untergrund durch menschliche Eingriffe verändert werden, wie beispielsweise beim Bergbau, beim Aufstauen künstlicher Seen oder auch bei hydraulischen Stimulationen. Bewirkt eine menschliche Aktivität hingegen das verfrühte Auftreten eines natürlichen Erdbebens, spricht man von getriggelter Seismizität.

KW

Kilowatt. Einheit der thermischen bzw. elektrischen Leistung (siehe «Leistung»).

KWh

Kilowattstunde. Einheit von Energie, wie z. B. Wärme (siehe «Energie»).

Leistung

Die Leistung einer Anlage beschreibt, wie viel thermische bzw. elektrische Energie (Wärme bzw. Strom) pro bestimmte Zeiteinheit erzeugt werden kann. Leistungen werden in Watt [W] angegeben. In der Tiefen Geothermie werden in der Regel MW (= 1 Mio. W) verwendet. Zur eindeutigen Unterscheidung von thermischer und elektrischer Leistung wird auf die Bezeichnung MW_{th} bzw. MW_{el} zurückgegriffen.

Petrothermale Systeme

Bei petrothermalen Systemen wird die Wärme aus dem Festgestein gewonnen. Um diese an die Oberfläche zu fördern, wird Wasser in den tiefen Untergrund gepumpt. Um die Wärme aufnehmen zu können, muss das zugeführte Wasser jedoch durch das Gestein zirkulieren können. Aus diesem Grund erfolgt eine hydraulische Stimulation, welche den künstlichen «Durchlauferhitzer» erzeugt.

Reprocessing

Bei einem Reprocessing werden bestehende seismische Rohdatensätze, welche innerhalb der letzten rund 50 Jahre meist im Zuge der Kohlenwasserstoffexploration gewonnen wurden, neu bearbeitet. Dies ermöglicht nicht nur Störsignale zu reduzieren bzw. zu eliminieren, sondern gleichzeitig auch die seismischen Signale zu verbessern.

Singlette

Bei einer Singlette verfügt die tiefegeothermische Anlage nur über eine Förderbohrung. Nach dem Wärmeentzug wird das geförderte Tiefenwasser unter Berücksichtigung geltender gewässerschutzrechtlicher Regelungen in ein Oberflächengewässer eingeleitet.

Stimulation

Stimulationsmassnahmen werden durchgeführt, um die natürliche Förderrate aus Aquiferen zu erhöhen oder um einen künstlichen Wärmetauscher zu erzeugen. Es wird zwischen chemischer und

hydraulischer Stimulation unterschieden, welche einzeln oder kombiniert eingesetzt werden können.

Thermische Leistung

Siehe «Leistung».

Wärme

Thermische Energie (siehe «Energie»).

6 UNTERLAGEN

Gesetzliche Unterlagen des Bundes

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Oktober 1991 (Stand am 1. Januar 2011, SR 814.20).

Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober (Stand am 1. August 2011, SR 814.201).

Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG) vom 22. Juni 1979 (Stand am 1. Juli 2011, SR 700).

Raumplanungsverordnung (RPV) vom 28. Juni 2000 (Stand am 1. September 2009, SR 700.1).

Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG) vom 7. Oktober 1983 (Stand am 1. August 2010, SR 814.01).

Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte (Wasserrechtsgesetz – WRG) vom 22. Dezember 1916 (Stand 1. Januar 2011, SR 721.80).

Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (Stand am 1. Januar 2011, SR 101).

Energieverordnung (EnV) vom 7. Dezember 1998 (Stand am 1. Oktober 2011, SR 730.01).

Planungs- und Baugesetz vom 16. August 1995 (RB 700).

Gesetzliche Unterlagen des Kantons

Gesetz über die Energienutzung (Energienutzung – G) vom 10. März 2004 (RB 731.1).

Verordnung des Regierungsrates zum Gesetz über die Energienutzung vom 9. November 2010 (RB 731.11).

Einführungsgesetz zum Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (EG GSchG) vom 5. März 1997 (RB 814.20).

Verordnung des Regierungsrates zum Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer und zum Einführungsgesetz zum Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 16. September 1997 (RB 814.211).

Planungs- und Baugesetz vom 16. August 1995 (RB 700).

Verordnung des Regierungsrates zum Planungs- und Baugesetz vom 26. März 1996 (RB 700.1).

Verordnung des Regierungsrates zur Umweltschutzgesetzgebung vom 20. Dezember 1988 (RB 814.03).

Verordnung des Regierungsrates zur Umweltverträglichkeitsprüfung vom 15. Dezember 1992 (RB 814.011).

Wassernutzungsgesetz vom 25. August 1999 (RB 721.8).

Verordnung des Regierungsrates zum Wassernutzungsgesetz vom 7. Dezember 1999 (RB 721.81).

Verfassung des Kantons Thurgau vom 16. März 1987 (Stand am 8. Dezember 2010, RB 131.228).

Gesetz zum Schutz und zur Pflege der Natur und der Heimat vom 8. April 1992 (RB 450.1).

Kantonaler Richtplan Thurgau (KRP TG) vom Juni 2009.

Gesetzliche Unterlagen Deutschlands

Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Artikel 15a des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist. <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbergg/gesamt.pdf>.

Publizierte Unterlagen

Amt für Umwelt des Kantons Thurgau, 2006: Wassernutzungsgesetz – Hinweise für die Konzessionierung (Stand 12/06).

Amt für Umwelt des Kantons Thurgau: Merkblatt zur Bewilligung der Nutzung von Umweltwärme und geothermischer Energie (Erdwärme) mit Wärmepumpen (Stand am 11. November 2010).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2009: Bericht der Bundesregierung über ein Konzept zur Förderung, Entwicklung und Markteinführung von geothermischer Stromerzeugung und Wärmenutzung.

Departement für Inneres und Volkswirtschaft des Kantons Thurgau, 2010: Förderprogramm Energie 2012 – Fördersätze und Bedingungen (Stand vom 20. Februar 2012).

Departement für Inneres und Volkswirtschaft des Kantons Thurgau, 2007: Verstärkte Förderung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz – Schlussbericht der Arbeitsgruppen an den Regierungsrat vom Februar 2007.

Dr. Roland Wyss GmbH, Geowatt AG, Dr. Heinrich Naef, Dr. von Moos AG, mbn Geologie AG, 2009: Geothermie-Potentialstudie Thurgau-Schaffhausen, Schlussbericht.

Konkordat betreffend die Schürfung und Ausbeutung von Erdöl vom 24. September 1995 (RB 931.1).