



Bern, 3. März 2017

Konzipierung und Umsetzung von Fördermassnahmen für die Nutzung der tiefen Geothermie in der Schweiz

Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Motion (11.3562) von Ständerat Felix Gutzwiller vom 15. Juni 2011, der Motion (11.3563) von Ständerat Felix Gutzwiller vom 15. Juni 2011 und der Motion (11.4027) von Nationalrätin Kathy Riklin vom 30. September 2011.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
1. Einleitung	8
1.1. Übersicht des Berichts	8
1.2. Ausgangslage	8
1.3. Hemmnisse	9
1.3.1. Reservoir-Erschliessung	9
1.3.2. Exploration/Fündigkeit	10
1.3.3. Kompetenzen	10
1.3.4. Rechtsschutz und Investitionssicherheit	10
1.4. Entwicklungsstand und Potenziale	11
1.5. Bestehende Fördermassnahmen.....	13
1.5.1. Förderung der Geothermie	13
1.6. Die Motion 11.3562	15
1.7. Die Motion 11.3563	16
1.8. Die Motion 11.4027	17
2. Hauptteil	18
2.1. Ausgangslage	18
2.1.1. Allgemeine technische, ökonomische, kommerzielle, organisatorische und gesellschafts- politische Risikofaktoren	18
2.1.2. Die Rolle des Staates	18
2.2. Gesetzliche Grundlagen	20
2.3. Einordnung der Motionen.....	20
2.4. Handlungsfelder der Motionen 11.3562, 11.3563 und 11.4027	22
2.4.1. Technische Handlungsfelder	22
2.4.2. Ökonomische Handlungsfelder.....	29
2.4.3. Gesellschafts-politische und regulatorische Handlungsfelder	32
3. Fazit	34
Quellenverzeichnis	36



Glossar und Abkürzungsverzeichnis

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAV	Bundesamt für Verkehr
BFE	Bundesamt für Energie
eCH	EnergieSchweiz
F&E	Forschung & Entwicklung
Direkte Nutzung	Ein geothermisches Nutzungskonzept, bei welchem dem heissen Thermalwasser die geothermische Wärme über Wärmetauscher entzogen wird und einem anderen Medium übertragen wird. Dieses heisse Medium (oft Wasser) wird unmittelbar in ein Wärmenetz eingespeist.
Erkundung	Die Erkundung umfasst Prospektion (siehe unten) und Exploration (siehe unten) des tiefen Untergrunds mit dem Ziel, ein Geothermie-Reservoir nachzuweisen.
Erschliessung / Errichtung	Die Erschliessung / Errichtung umfasst die Arbeiten und Bauten im tiefen Untergrund, um die Bereitstellung von Heisswasser an den Bohrlochkopf für die Stromproduktion oder direkte Wärmenutzung, sowie für die Rückführung des gekühlten Wassers in die dafür vorgesehene geologische Schicht sicher, zuverlässig und sauber zu ermöglichen. Anstatt des Heisswassers können auch andere wärmespeichernde Substanzen genutzt werden, wie zum Beispiel natürlich vorkommendes salzhaltiges Thermalwasser mit gelösten Gasen.
Exploration	Die Exploration nach einem Geothermie-Reservoir erfolgt mittels einer Bohrung und dient der Bestätigung eines vermuteten Geothermie-Reservoirs und der Bestimmung des Ertragspotenzials.
Fündigkeit	Die Wahrscheinlichkeit eine geologische Anordnung vorzufinden, bestehend aus einer Wärmequelle, dem Wärme-Migrationsweg, den Wärme- oder Fluidspeicherbedingungen und den technischen Möglichkeiten der Nutzung unter ökonomisch sinnvollen Bedingungen.
Hydraulische Stimulation /	Eine Technologie, welche routinemässig für die Verbesserung der Fluid- oder Gaswegsamkeit im bohrlochnahen (Grössenordnung 0.1-10 m) und zunehmend



hydraulische Frakturierung	auch für das bohrlochfernere (Grössenordnung 10-100 m) Gestein eingesetzt wird, um die Fördereffizienz der im Gestein gespeicherten Wärme zu erhöhen. Im Wesentlichen wird ein Stimulationsfluid (typischerweise Wasser) mit Hochdruck in die geologische Formation verpresst, um das Gestein zu frakturieren; entstanden Poren und Risse erhöhen die Wegsamkeit.
Hydrothermale Geothermie	Natürlich vorkommendes Heisswasser wird für die Bereitstellung von Wärme (typischerweise bei Temperaturen ab 60°C) direkt genutzt ohne dass eine Wärmepumpe notwendig ist. Falls Heisswasser typischerweise ab 100°C vorhanden ist, kann auch eine Strombereitstellung erfolgen.
KTI	Kommission für Technologie und Innovation
Petrothermale Geothermie	Trotz mangelnder natürlicher Heisswasservorkommen kann natürlich vorkommende Gesteinswärme dennoch genutzt werden für die Bereitstellung von Wärme und Strom. Die Nutzung erfolgt, nachdem ein Wärmereservoir durch eine Stimulation und Frakturierung, typischerweise mit ingenieurwissenschaftlichen Methoden hydraulisch erfolgt, durchlässig für Fluide gemacht worden ist. Durch das nun durchlässige Wärmereservoir wird ein Fluid zirkuliert, das dem Gestein die Wärme entzieht. Natürlich vorkommendes Heisswasser kann Teil dieses Kreislaufs sein.
Prospektion	Die Prospektion umfasst Untersuchungen, die einerseits der indirekten Charakterisierung des Untergrunds eines vermuteten Geothermie-Reservoirs und andererseits der Bestimmung des obertägigen Standortes sowie des unterirdischen Landepunktes einer Explorationsbohrung dienen.
SCCER	Swiss Competence Centers for Energy Research; für die tiefe Geothermie ist insbesondere das SCCER-Supply of Electricity SoE von Bedeutung.
swisstopo	Bundesamt für Landestopographie; von ausserordentlicher Bedeutung ist die Landesgeologie bei swisstopo, das Kompetenzzentrum des Bundes für die Erhebung, Analyse, Lagerung und Bereitstellung geologischer Daten.
Tiefe Geothermie	Im Unterschied zur oberflächennahen oder untiefen Geothermie, die in erster Linie über Erdwärmesonden und Wärmepumpen indirekt genutzt wird, bezieht sich die tiefe Geothermie auf die direkte Nutzung der Geothermie für die Bereitstellung von Wärme und Strom. Hierzu werden gemäss dem heutigen Stand der Technik Heisswassertemperaturen ab 60°C benötigt, die in grösseren Tiefen



	<p>vorzufinden ist. Der geothermale Gradient in der Schweiz beträgt im Schnitt zwischen 25°C-35°C pro Kilometer, kann aber auch sehr viel höher (z.B. über 60°C im Rhône Tal des Wallis) oder auch tiefer sein (im Hauptalpenkamm). Daher gibt es keine einheitliche Abgrenzung in der Tiefe zwischen den verschiedenen Nutzungskonzepten. Kantonale Gesetze handhaben in unterschiedlicher Weise die Unterscheidung zwischen untiefer und tiefer Geothermie und orientieren sich nach Nutzungskonzepten, Bewilligungs- und Aufsichtspraxis.</p>
--	--



Zusammenfassung

Die Nutzung der tiefen Geothermie in der Schweiz beruht auf zwei Konzepten: der hydrothermalen Geothermie einerseits und der petrothermalen Geothermie andererseits. Hydrothermale Geothermie bedeutet die Nutzung von in nutzbarer Menge natürlich vorkommendem Heisswasser für die direkte Bereitstellung von Wärme oder Strom. Petrothermale Geothermie bedeutet die Erschliessung¹ eines natürlich vorkommenden Wärmereservoirs durch die Erzeugung eines grossflächigen unterirdischen Wärmetauschers mit ingenieurtechnischen Massnahmen. Durch den Wärmetauscher wird mit Pumpleistung Wasser zirkuliert, das dem heissen Gestein Wärme entzieht und dann auf der Oberfläche für die direkte Wärme- und Strombereitstellung genutzt wird.

Während die hydrothermale Geothermie weltweit erprobt ist, aber in der Schweiz auf Grund der mangelnden Kenntnisse des tiefen Untergrunds und der mangelnden Erfahrung noch in den Kinderschuhen steckt, ist die petrothermale Geothermie zwar in einzelnen Regionen der Welt pilotiert und demonstriert, aber noch nicht weit verbreitet nutzbar. Der Grund hierfür ist der noch unreife Technologiegrad.

Die Energiestrategie 2050 der Schweiz strebt unter anderem einen signifikanten Zubau von Strom- und Wärmebereitstellung aus neuen erneuerbaren Energien an. Auf der anderen Seite zielt die Klimapolitik der Schweiz auf eine weitgehende Dekarbonisierung des Energiesektors ab. In der Energiestrategie 2050 zählt die Geothermie daher zu den förderbaren Technologien.

Diese Ziele verfolgen auch die drei vom Parlament überwiesenen Motionen 11.3562 («Tiefe Geothermie. Offensive»), 11.3563 («Tiefe Geothermie. Schweizweite geologische Erkundung») und 11.4027 («Aktionsplan für die Geothermie»), die den Bundesrat beauftragen, über besondere Massnahmen die Nutzung der tiefen Geothermie zu fördern. Die Motionen adressieren Risiken in der Technik, Ökonomie, und Gesellschaftspolitik, die mittels einer Reihe von Massnahmen reduziert werden sollen.

Im Rahmen der am 30. September 2016 vom Parlament beschlossenen Totalrevision des Energiegesetzes (EnG), und der Teilrevision des CO₂-Gesetzes sowie die damit einhergehenden Revisionen der Energieverordnung (EnV), der Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emission (CO₂-Verordnung), sollen wesentliche Elemente der parlamentarischen Aufträge umgesetzt werden: Im total revidierten Energiegesetz sind drei Förderinstrumente (Geothermie-Erkundungsbeiträge, Geothermie-Garantie, Einspeiseprämien) für Geothermie-Stromprojekte verankert. Im neu teil-revidierten CO₂-Gesetz ist das Förderinstrument (Investitionsbeitrag) zur Unterstützung von Projekten zur direkten Nutzung der Geothermie für die Wärmebereitstellung, verankert. Die Förderinstrumente könnten am 1. Januar 2018 in Kraft treten. Gegen das Energiegesetz ist das Referendum zustande gekommen: Die Volksabstimmung dazu findet am 21. Mai 2017 statt. Lehnen die Stimmbürgerinnen und Stimmbürger das erste Massnahmenpaket ab, werden auch die geplanten Massnahmen für die Geothermie hinfällig.

Mit diesen Instrumenten für die Erkundung der Schweiz nach geothermischen Ressourcen im Untergrund und einer Nutzung durch Strom- und Wärmeprojekte werden die Rahmenbedingungen beträchtlich verbessert. Ökonomische Barrieren werden sich konsequenterweise auch senken, da Beiträge und Garantien sich positiv auf Projekt-Cashflows niederschlagen. Weiter ist angedacht, den höheren Kosten für die Erschliessung² petrothermaler Ressourcen dadurch Rechnung zu tragen, dass petrothermale Geothermie-Stromprojekte zusätzlich zu den Einspeisevergütungen für Strom aus hydrothermalen Geothermieanlagen 7,5 Rp./kWh Elektrizität erhalten könnten. Wenn auch die Kompetenz der Regelung über die Nutzung des Untergrunds weitgehend bei den Kantonen liegt, unterstützt der Bundesrat die

¹ Siehe Glossar.

² Siehe Glossar.



gesellschaftspolitische Risikominderung ab, indem er den Kantone im Sinne einer «soft regulation» mit der Erstellung von Richtlinien und Leitfäden unterstützend zu Seite steht.



1. Einleitung

1.1. Übersicht des Berichts

Im **ersten Kapitel** werden die Ausgangslage bei der Nutzung der tiefen Geothermie dargelegt sowie deren Hemmnisse und eine kurze Beleuchtung des momentanen Entwicklungsstands. Weiter wird die heutige Förderung der tiefen Geothermie dargelegt. Vor diesem Hintergrund werden die Inhalte und Beweggründe der Motionen 11.3562, 11.3563 und 11.4027 wiedergegeben, der Stand des politischen Prozesses erklärt und verwandte Geschäfte aufgeführt.

Im zweiten **Kapitel**, dem Hauptteil des Berichts, werden fünf systematische Risikokategorien beschrieben, die bei der Nutzung der tiefen Geothermie anfallen, wobei kurz die Rolle des Staates dargestellt wird. Die Aufträge an den Bundesrat werden nach drei (technischen, ökonomischen und gesellschaftspolitischen) der fünf Kategorien geordnet. Aufbauend auf den möglichen gesetzlichen Grundlagen werden danach die Massnahmen beschrieben, die der Bundesrat in Erfüllung der Motionen unternehmen würde.

Im **dritten Kapitel** wird ein kurzes zusammenfassendes Fazit gezogen.

1.2. Ausgangslage

Strom aus einheimischer Geothermie ist traditionell als dezentraler Grundlaststromlieferant vorgesehen und geothermische Wärme kann direkt mit Fernwärmenetzen genutzt werden. Jedoch haben Fortschritte in der Kraftwerk- und Regelungstechnik von Geothermie-Stromanlagen dazu geführt, dass flexible Betriebsarten möglich geworden sind, um Systemdienstleistungen zu liefern wie Netzstützung, Netzregulierung, als rotierende und nicht-rotierende Reserven für die Strombereitstellung, sowie als Ersatz- und zusätzliche Kraftwerke.

Heute wird in der Schweiz kein Strom und nur sehr selten Wärme aus der tiefen Geothermie für Konsumentinnen und Konsumenten bereitgestellt – trotz des grossen Ressourcenpotenzials in der Schweiz³.

Die Haupthemmnisse, die zum heutigen Mangel an realisierten Projekten führen, sind primär die im Vorfeld hohen Investitionskosten und das hohe Risiko der Fündigkeit. Letzteres hängt eng mit dem geringen Wissensstand über den einheimischen Untergrund zusammen.

Konventionelle geothermische oder hydrothermale Ressourcen bedingen das Zusammenspiel dreier Faktoren; 1. Hoher Temperaturen im Untergrund; 2. Präsenz Wasser führender Gesteinsschichten oder geologischer Strukturen, die 3. eine genügend grosse Wasserwegsamkeit des Gesteins für eine wirtschaftlich nachhaltige Heisswasser Schüttung auf der Erdoberfläche aufweisen.

Nebst der hydrothermalen Geothermie stellt die petrothermale Geothermie, auch Engineered Geothermal Systems beziehungsweise EGS genannt, ein weiteres Nutzungsverfahren dar, welches lediglich eine genügend hohe Temperatur im tiefen Untergrund zur Nutzung bedingt. Weil die Notwendigkeiten einer Heisswasser führenden Schicht oder geologischen Struktur mit genügend hoher Wasserdurchlässigkeit entfallen, ist EGS höchst attraktiv. Kaltes Wasser wird in einem quasi geschlossenen Kreislauf

³ «Energy from the Earth. Deep Geothermal as a Resource for the Future?» TA-SWISS Study TA/CD 62/2015, Stefan Hirschberg, Stefan Wiemer, Peter Burgherr (eds.), vdf Hochschulverlag AG, 524 Seiten, ISBN 978-3-7281-3654-1 (Buch) / Download open access (TA 62/2015 e)



in den Untergrund gepresst, um eine mehrere Quadratkilometer grosse Wärmetauschfläche im heissen Gestein mittels hydraulischer (angedacht sind auch thermische oder chemische) Frakturierungs- und Stimulationsverfahren ingenieurtechnisch zu erschliessen. In der Produktionsphase dienen mindestens zwei Bohrlöcher der Zuführung von Wasser in das Reservoir und der zutage Förderung des Wassers, welches auf dem Weg durch das Reservoir dem Gestein die Wärme entzieht.

Für beide Nutzungskonzepte und in Anbetracht der Qualität einheimischer Ressourcen wird an der Oberfläche für Stromprojekte dem Heisswasser die Wärme entzogen und mit Hilfe von binären Kraftwerksanlagen (z.B. Organic Rankine Cycle oder Kalina Cycle) Strom produziert. Dem Heisswasser kann danach noch weitere Wärme entzogen werden für den Absatz nützlicher Wärme mittels existierender Wärmenetze. Das so gekühlte Heisswasser wird nun wieder in das unterirdische Reservoir rückgeführt und die Zirkulation und Erwärmung des gekühlten Wassers beginnt von neuem.

Der Einsatz des EGS Konzepts erweitert das Potenzial der Geothermie, da die Ressourcen quasi unbegrenzt sind. Aber aufgrund der operativen und technischen Risiken ist die EGS Technologie zurzeit nicht marktreif. Seit rund zehn Jahren werden in Länder wie USA, Island, Deutschland, Frankreich, Australien Fortschritte in der Technologieentwicklung erzielt.

Ziel dieses Berichts ist es, zu erläutern, welche Massnahmen der Bundesrat ergriffen hat, um Rahmenbedingungen für die Nutzung der tiefen Geothermie zu verbessern. Alle drei der vom Parlament überwiesenen Motionen behandeln dieses Thema und sollen somit gemeinsam und aufeinander abgestimmt behandelt werden. Die Anliegen der Motionäre greifen technische, ökonomische, kommerzielle, organisatorische und politisch-gesellschaftliche Risiken und Barrieren auf, welche die Nutzung der Geothermie für die direkte Wärme- und Strombereitstellung erschweren. Dementsprechend reagiert der Bundesrat und analysiert, wie die Nutzung der Geothermie am effizientesten gefördert werden kann. Es ist dem Bundesrat ein sehr wichtiges Anliegen, Verzerrungen dieser Eingriffe im Energiemarkt zu minimieren.

1.3. Hemmnisse

1.3.1. Reservoir-Erschliessung⁴

Bohrkosten beanspruchen den grössten Teil der Kapitalinvestitionen und sind somit der Schlüssel zu tieferen, wettbewerbsfähigen Strom- und Wärmegestehungskosten. Einerseits fehlen in der Schweiz lokale Erfahrungen, die einer operativen Kostenreduktion durch Effizienzgewinne zugrunde liegen, andererseits sind aber auch aufgrund der Kosten, des Niveaus der Risiken und der Risikobereitschaft die Anzahl vorgenommener Bohrungen sehr gering. Bei EGS oder petrothermale Systeme sind nicht nur die Bohrkosten sondern auch die hydraulische Stimulation und Frakturierung des Reservoirs mit signifikanten Kosten verbunden. Zudem ist der Einsatz dieser Technologie technisch noch nicht so ausgereift, dass zuverlässig und sicher Reservoirs erschlossen werden können. Die Reservoir-Erschliessung beim Basler EGS Projekt 2006 war zwar ein technischer Erfolg, jedoch ging das Projekt einher mit gesellschaftlich und politisch inakzeptablen spürbaren Erschütterungen. In den letzten fünf Jahren wurden vor allem in Australien und den USA EGS-Pilotprojekte und -tests durchgeführt, die eine sichere und akzeptable Erschliessungsmethode in Aussicht stellen.

⁴ Siehe Glossar.



1.3.2. Exploration⁵/Fündigkeit⁶

Die Fündigkeit eines Geothermie-Reservoirs wird zur Hauptsache durch drei geologische Faktoren bestimmt, die man über ihre Wahrscheinlichkeit $P_{\text{Fündigkeit}}$, gemeinsam aufzutreten, multiplikativ verknüpft: $P_{\text{Temperatur}} * P_{\text{geeignete Schicht/Struktur}} * P_{\text{Ergiebigkeit}} = P_{\text{Fündigkeit}}$. Während die Wahrscheinlichkeit eine gewünschte Temperatur in einer gewissen Tiefe zu finden hoch ist, sind die Wahrscheinlichkeit, eine Wasser führende Schicht oder geologische Struktur zu finden und die Wahrscheinlichkeit einer genügend grossen Ergiebigkeit geringer. So kann ein Projekt beispielsweise eine Gesamtwahrscheinlichkeit der Fündigkeit von rund 23 % haben (90 %*50 %*50 %). Komplementär hat es daher eine 77 %-ige Gesamtwahrscheinlichkeit einer nicht ausreichenden Fündigkeit. Die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit der Fündigkeit ist somit zentral für die Prospektions- und Explorationsphase eines Vorhabens.

1.3.3. Kompetenzen

Die Ausrichtung auf Geothermie-Strom durch einheimische Energieversorger steckt in den Kinderschuhen. Kompetenzen und Portfolio-Management Konzepte sind im Aufbau. Die Entschlüsselung des Geothermie Potenzials erfordert auch die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen petrothermalen Technologie.

1.3.4. Rechtsschutz und Investitionssicherheit

Aufgrund einer unbedeutenden schweizerischen Bergbaugeschichte sind Gesetze und Regelungen für die Entwicklung des Untergrunds als funktionaler Raum und Ressourcenquelle nur dürftig und von Kanton zu Kanton sehr unterschiedlich entwickelt. Dies führt dazu, dass heute die Geothermie-Industrie und -Projektentwickler einen zeitlich längeren, ineffizienten und «ad-hoc» Prozess mit den Kantonen und Gemeinden entwickeln müssen, um nach geothermischen Ressourcen zu prospektieren, Explorations-tätigkeiten zu betreiben, entdeckte geothermische Reservoirs zu entwickeln und nach Ablauf der Lebenszeit wieder rückzubauen. Wenn auch die tiefe Geothermie umweltfreundlich und erneuerbar ist, so ist deren Erschliessung nicht frei von Gefahren und Risiken. Hohe Standards bezüglich des Gesundheitsschutzes, der Sicherheit und des Umweltschutzes sind bei den Arbeiten zur Erschliessung geothermischer Ressourcen unbedingt systematisch einzuhalten. Es fehlen in der Schweiz Geothermie-spezifische Standards und minimale Anforderungen, an denen sich die Industrie orientieren muss, um Lizenzen zu bekommen. In deren Abwesenheit hält sich die Industrie mehr oder weniger an Industrie-Standards, die aber auch sehr von Land zu Land variieren.

⁵ Siehe Glossar.

⁶ Siehe Glossar.



1.4. Entwicklungsstand und Potenziale⁷

Von 2006-2016 hat es in der Schweiz diverse Versuche gegeben, «greenfield» (auf der grünen Wiese) Geothermie-Projekte umzusetzen. Greenfield-Projekte sind mit einem sehr hohen Risiko eines Misserfolgs verbunden.

So war das petrothermale oder «EGS» Projekt in Basel im Jahre 2006 zwar ein technischer Erfolg – die hydraulische Stimulation und Frakturierung haben die Wasserwegsamkeit des zu entwickelnden unterirdischen Reservoirs in 4'500 m Tiefe erwartungsgemäss um mehr als drei Grössenordnungen erhöht – jedoch ging die Stimulation mit – über das dortige akzeptable Mass hinausgehender – spürbarer Seismizität einher. Die Spannungen im und Festigkeiten des Gesteins waren weitgehend unbekannt.

Die Tiefbohrung (2009/2010) der Elektrizitätswerke Zürich ewz im Zürcher Sonnengarten war motiviert durch eine günstige obertägige Abnehmerstruktur und vorhandener Wärmekunden, hat aber aufgrund der mangelnden Kenntnis des tiefen Untergrund anstatt der erhofften Heisswasserschüttung nur eine «trockene» Bohrung ergeben. Eine systematische Erkundung des stadtzürcherischen tiefen Untergrunds vor Abteufung der Bohrung wurde nicht durchgeführt.

Die Tiefbohrung der Sankt Galler Stadtwerke im Jahr 2013 beruhte auf einem systematischen Prospektionsprogramm. So wurde eine flächen- und raumdeckende 3-D Seismik-Kampagne mit Erfolg durchgeführt, welche die Struktur und die geologische Zusammensetzung des St. Galler Untergrunds mit Hilfe von aufgezeichneten und analysierten Schallwellen illuminierte. Aufgezeichnete Schallwellen reflektieren und brechen an Gesteinssichten und liefern so die Grundlage für ein geologisches Modell. In St. Gallen wurde jedoch anstelle des erwarteten Heisswassers eine, vermutlich räumlich begrenzte, Erdgaslagerstätte erbohrt. Im Zuge der notwendigen Sicherungsmassnahmen im Bohrloch, um das vorgefundene Erdgas in die Gesteinsformation zurückzudrängen, kam es an der Oberfläche zu spürbaren Erdbeben.

Diese drei abgebrochenen Projekte illustrieren einerseits die Notwendigkeit von vorgelagerten Prospektions- und Erkundungsarbeiten und andererseits die Unwägbarkeit des tiefen Untergrunds, welche Ressource man «bei Erfolg» findet. Bestätigt sich eine gewünschte Ressource in einem «greenfield» Projekt, so kann daraus ein «brownfield» Projekt werden, in dem das Fündigkeitsrisiko erheblich gesenkt werden kann wie z.B. im bayerischen Molassebecken im Grossraum München, wo seit knapp 15 Jahren nach einem erfolgreichen Erstprojekt in Unterhaching nun eine grosse Anzahl weitere Projekte realisiert wurde.

Ökonomisch betrachtet gilt für die Schweiz heute, dass die erwarteten Kapitalwerte (Net Present Values bei einem gewissen Kapitalkostensatz) von Geothermie-Projekten – aufgrund der niedrigen Erfolgswahrscheinlichkeit, eine Ressource zu finden – für Investoren nicht attraktiv sind. Für derartige Projekte wird der erwartete Net Present Value folgendermassen dargestellt: $EMV \text{ (estimated monetary value)} = POS * NPV_{\text{fündig}} + (1-POS) * NPV_{\text{nicht-fündig}}$, wobei POS die «Probability of Success» oder die Erfolgswahrscheinlichkeit ist, ein unterirdisches geothermisches Reservoir zu finden und zu entwickeln. Selbst wenn die Auffindung erfolgreich ist, gilt zudem, dass die Wärme- und Stromgestehungskosten in einem technisch erfolgreichen Projekt noch nicht wettbewerbsfähig sind, was sich in einem negativen NPV_{Erfolg} widerspiegelt.

⁷ Dieses Kapitel beruht auf der von TA-SWISS durchgeführten Studie zu den Potenzialen und Risiken der Tiefengeothermie. Das Bundesamt für Energie nahm den Vorsitz der Begleitgruppe ein und hat diese Studie teilfinanziert: «Energy from the Earth. Deep Geothermal as a Resource for the Future?» TA-SWISS Study TA/CD 62/2015, Stefan Hirschberg, Stefan Wiemer, Peter Burgherr (eds.), vdf Hochschulverlag AG, 524 Seiten, ISBN 978-3-7281-3654-1 (Buch) / Download open access (TA 62/2015 e)



Für ein heute in der Schweiz hypothetisches Geothermie-Projekt werden die Stromgestehungskosten auf rund 40 Rp./kWh geschätzt. Bei den gegenwärtigen Marktpreisen für Strom und Wärme wäre das Projekt ohne Förderung nicht wettbewerbsfähig⁸. Die Komponente Untergrund bei den Stromgestehungskosten schlägt mit rund 31 Rp./kWh, die Komponente obertägige Energiewandlung mit rund 9 Rp./kWh zu Buche. Spezifische Kapazitätskosten betragen rund CHF 25'000 pro kW_{elektrisch}, wovon 75 % auf den Untergrund und 25 % auf obertägige Anlagen zurückzuführen sind. Man beachte: ein modernes Geothermie-Kraftwerk hat eine Jahresauslastung von 90-95 % (daher oft Grundlast) im Gegensatz zu volatilen Anlagen (Wind, Sonne), die eine auf ein Jahr normalisierte Auslastung von ~ 10-30 % haben.

Die Erlangung der Wettbewerbsfähigkeit und der Abbau von Förderungen der öffentlichen Hand fokussieren sich somit primär auf die Kostenreduktion der untertägigen Komponente, da dort das grösste Potenzial liegt, und sekundär auf die obertägigen Komponente⁹. Die Senkung der Bohrkosten und eine Optimierung der Kraftwerksanlagen tragen erwartungsgemäss zur Wettbewerbsfähigkeit bei. Neben Forschungs- und Entwicklungsaufgaben, stellen aber primär die Gewinnung von Erfahrung, Standardisierung und Vereinfachung starke Kostensenkungstreiber dar.

Das EGS- oder petrothermale Konzept der Wärmeerschliessung im Untergrund ist auf Grund der Ressourcenqualität der Schweiz besonders wichtig, da die Fündigkeit für hydrothermale Geothermievorkommen nicht nur aus Zufall, sondern auf Grund der geologischen Gegebenheiten tief sein kann. Das Engineering des künstlichen, Kubikkilometer-grossen Wärmetauschers mit Quadratmeter-grossen Wärmeaustauschflächen wird mittels hydraulischer Stimulationen und Frakturierungen erzielt. Damit verknüpft sind Besonderheiten in der Komplettierung der EGS-Bohrlöcher, welche die hydraulische Abdichtung einzelner Bohrlochabschnitte ermöglichen sollen. Dieses Neuland muss sowohl über Forschung und Entwicklung wie auch über von der Industrie geführte Pilot- und Demonstrationsprojekte vorangetrieben werden. Die EGS-Mehrkosten erhöhen die Stromgestehungskosten im Vergleich zu hydrothermalen Projekten. Auch ist die Planbarkeit des Engineering heute noch nicht gegeben, insofern als Design und Ausführung der Stimationsarbeiten zurzeit nicht zuverlässig zum Erfolg führen. Auch müssen die Sicherheitsprozesse verbessert werden, um Risiken zuverlässig auf ein – im Sinne von Gesundheit, Sicherheit und Umweltschutz-ALARP-Niveau («as low as reasonably practicable») zu senken. Gleichzeitig zeigen seit 2006 die Lehren aus dem Basler EGS-Projekt und anderer, seitdem durchgeführter Stimulationen in Australien, den USA und Indonesien, dass neue Stimationskonzepte ein grosses Potenzial haben, den Kostenreduktionspfad in die Wettbewerbsfähigkeit zu realisieren.

Werden Technologieentwicklungen und Effizienzpotenziale berücksichtigt, so kann die tiefen Geothermie ihr Potenzial umsetzen und einen Beitrag zur zukünftigen Strombereitstellung liefern. Der Wärmeabsatz kann bei existierenden Wärmeverteilnetzen die ökonomische Attraktivität markant erhöhen. Die kombinierte Wärme-Kraft Nutzung ist ein besonderes Geschäftsmodell, da Bau und Betrieb eines Wärmenetzes eine starke Synergie mit Unternehmungen mit prinzipiell anders gelagerten Kernkompetenzen bedingt. Hier besteht in den Agglomerationszonen sehr grosses Potenzial.

Aufgrund der energieintensiven Abteufung von Bohrlöchern, der Verwendung von Eisen und Stahl im Bau, der Komplettierung von Bohrlöchern und des Baus von Kraftwerksanlagen, werden CO₂-äquivalente Gase emittiert. Sie liegen für den Gesamtlebenszyklus mit 30-85 kg pro CO₂-äquivalent pro MWh bereitgestelltem Strom rund eine Grössenordnung über Strom aus Kernkraftwerken, aber rund eine bis

⁸ Die Angaben beruhen auf Grundlagen, welche im BFE-Forschungsprogramm und im Marktbereich Geothermie des BFE analysiert und erarbeitet wurden und laufend aktualisiert werden. Zu ähnlichen Resultaten kam die TA-SWISS Studie.

⁹ Bergur Sigfusson, Andreas Uihlein; 2015 JRC Geothermal Energy Status Report; EUR 27623 EN; doi: 10.2790/757652.



eine halbe Grössenordnung tiefer als Kohle und Gas (ohne Carbon Capture and Storage). Sie sind damit mit Kleinwasserkraft, Wind oder PV vergleichbar.

1.5. Bestehende Fördermassnahmen

Die direkte Förderung von Geothermie konzentriert sich derzeit auf die Bereitstellung von Strom. Sie umfasst eine Reihe von projekt-ökonomischen Massnahmen, aber auch indirekten Massnahmen im Rahmen der Forschungs- und Innovationsförderung. Letztere haben nicht eine unmittelbare Wirkung, sondern dienen unter anderem dazu, Technologien und Prozesse zu entwickeln, die die Fündigkeitswahrscheinlichkeit erhöhen, die Gesteungskosten senken und der Sicherheit dienlich sind.

1.5.1. Förderung der Geothermie

Abgesehen von der Sicherheitsforschung, lassen sich die Massnahmen konzeptionell auf die für die Industrie relevanten Barwerte abbilden:

$$EMV = POS \cdot NPV_{\text{fündig}} + (1-POS) \cdot NPV_{\text{nicht-fündig}}$$

wobei der EMV oder der erwartete Barwert eines Vorhabens («estimated monetary value EMV») aus der Summe des Produktes aus Barwert ($NPV_{\text{fündig}}$) eines fündigen Vorhabens multipliziert mit einer gewissen Fündigkeitswahrscheinlichkeit («probability of success POS») und des Produktes aus Barwert eines nicht-fündigen Vorhabens $NPV_{\text{nicht-fündig}}$ besteht, welches mit der Wahrscheinlichkeit der Nicht-Fündigkeit multipliziert wird.

Um die Rahmenbedingungen zu verbessern, setzt die öffentliche Hand drei Hebel an, um direkt und indirekt die ökonomische Attraktivität von tiefen Geothermieprojekten für die Strombereitstellung zu fördern.

Fündigkeit: Kalkulation des erwarteten Barwerts –
keine Förderung

Fallstudie: die Erfolgswahrscheinlichkeit der Fündigkeit POS wird auf rund 35 % geschätzt (nach Durchführung der 3-D Seismik-Kampagne). Das Projekt hat eine Lebensdauer von 25 Jahren. Produktionsbeginn ist im 4. Jahr nach einer 3-jährigen Bauphase. Betriebskosten belaufen 3 % der Investitionen.

Der $NPV_{\text{fündig}}$ beträgt bei Verkauf von Strom (7 Rp./kWh) und Wärme (Fr. 25/GJ) und bei einem WACC von 3.83 % rund CHF -66 Millionen. Der Einfachheit halber wird ein WACC gleich dem der Investitionen in das Stromnetz angenommen. Im Falle einer 65 %igen Wahrscheinlichkeit einer Nicht-Fündigkeit nach dem Abteufen des ersten Bohrlochs, beträgt der $NPV_{\text{nicht-fündig}}$ rund CHF -38 Millionen. Der EMV des Projektes beträgt somit:

$$EMV \text{ (CHF)} = 0.35 \cdot (-66 \text{ Mio.}) + 0.65 \cdot (-38 \text{ Mio.}) = -48 \text{ Mio.}$$

Es wird zu keinem positiven Investitionsentscheid kommen.



1.5.1.1. Geothermie Garantie für Geothermie-Stromprojekte

Das existierende Förderinstrument «Geothermie Garantie»¹⁰ erhöht nicht die Erfolgswahrscheinlichkeit, sondern erhöht den Kapitalwert des Misserfolgs von einem negativen auf einen rund 50 % weniger negativen Wert. Die Risikogarantie des Bundes, die der Projektant in Anspruch nehmen kann, erfolgt jedoch *ex post* (nach getätigten Investitionen), setzt daher eine hohe Eigenmittelverfügbarkeit voraus und bevorzugt kapitalkräftige Investoren.

Fündigkeit: Kalkulation des erwarteten Barwerts –
mit Förderung (Geothermie Garantie und KEV)

Fallstudie: die Erfolgswahrscheinlichkeit der Fündigkeit POS auf rund 45 % geschätzt, nachdem eine neue Erkundungstechnologie eingesetzt wurde. Das Projekt hat eine Lebensdauer von 25 Jahren. Produktionsbeginn ist im 4. Jahr nach einer dreijährigen Bauphase. Betriebskosten betragen 3 % der Investitionen. Der NPV_{fündig} beträgt bei Verkauf von Strom (15 Jahre

40 Rp./kWh, danach 7 Rp./kWh) und Wärme (25 CHF/GJ) und bei einem WACC von 3.83 % rund CHF -1.4 Millionen. Im Falle einer 55 %-igen Wahrscheinlichkeit einer Nicht-Fündigkeit nach dem Abteufen des ersten Bohrlochs, erhält der Projektant im Rahmen der Geothermie-Garantie 50 % der getätigten Investitionskosten zurück. Der NPV_{nicht-fündig} beträgt rund CHF -10.3 Millionen. Der EMV des Projektes beträgt somit:

$$\text{EMV (CHF)} = 0.45 \cdot (-1.4 \text{ Mio.}) + 0.55 \cdot (-10.3 \text{ Mio.}) = -6.3 \text{ Mio.}$$

Grundsätzlich wird auch kein Mehrwert mit diesem Projekt erzeugt, wenn das Projekt eine 100 %-ige Fündigkeitswahrscheinlichkeit hätte. Es wird höchstwahrscheinlich nicht zu einem positiven Investitionsentscheid kommen. Jedoch kann durch den Aufbau von Erfahrungen («learning by doing») und Technologieentwicklung zu Kostenreduktionen kommen.

1.5.1.2. Kostendeckende Einspeisevergütung KEV für Geothermie-Strom¹¹

Die KEV existiert heute für Geothermie-Stromprojekte und garantiert über 20 Jahre einen Abnahmepreis je nach der installierten Anlagenleistung für die Strombereitstellung zwischen 22.7 und 40 Rp./kWh. Der Barwert des Erfolgsfalls wird erhöht, indem der Gesetzgeber über den Netzzuschlag eine Einspeisevergütung vornimmt und somit die Einnahmeflüsse aus dem Stromabsatz verstärkt.

1.5.1.3. Forschungs- und Innovationsförderung (einschliesslich der Pilot- und Demonstrationsprojektförderung des BFE und der Innovationsförderung der KTI)

Durch Forschung und Innovation werden Technologien entwickelt, die die Fündigkeitswahrscheinlichkeit erhöhen – hier handelt es sich grundsätzlich um Instrumente, Prozesse und erdwissenschaftliche Methoden. Weiter wird durch Forschung und Innovation der Barwert eines Vorhabens erhöht, indem beispielsweise effizienter und wirksamer ein Geothermie-Reservoir erschlossen wird. Weiter kann der

¹⁰ Vgl. EnV Art. 17a (SR730.01)

¹¹ Vgl. Anhang 1.4 EnV (SR 730.01)



Gesetzgeber über die Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekte, welche vom BFE verwaltet wird, punktuell einzelne Vorhaben teilweise fördern.

1.5.1.4. Keine programmatische Förderung für die direkte Wärmenutzung der Geothermie

Geothermie Wärmeprojekte haben das Ziel, natürlich heisses Wasser direkt und gegebenenfalls zur Optimierung der energetischen Nutzung kaskadenartig tiefere Temperaturniveaus mit Hilfe von Wärmepumpen zu nutzen. Für derartige Projekte gibt es bis zum allfälligen Inkrafttreten des ersten Massnahmenpakets der Energiestrategie 2050 keine Fördermassnahmen mit Ausnahme der Forschungs- und Innovationsförderung.

Dieser Sachverhalt illustriert die Herausforderungen der lokalen Energiewirtschaft, in die Geothermie einzusteigen. Einzig ein strategischer Ansatz und die Fähigkeit, technische, ökonomische, kommerzielle, organisatorische und gesellschaftlich-politische Risiken generell zu senken, veranlassen Player sich in diesem Geschäft langfristig zu engagieren.

1.6. Die Motion 11.3562

Die Motion 11.3562 mit dem Titel «Tiefe Geothermie. Offensive» wurde von Felix Gutzwiller (FDP, ZH) am 15. Juni 2011 im Ständerat eingereicht.

Eingereichter Text

Der Bundesrat wird beauftragt, für Investitionen in Tiefe-Geothermie-Projekte zur Stromgewinnung gute Voraussetzungen zu schaffen. Folgende Massnahmen sollen dazu dienen:

- Schaffung einer Geothermie-Task-Force und Lancierung einer Kommunikationsoffensive zur Erhöhung der gesellschaftlichen und politischen Akzeptanz der tiefen Geothermie;
- Schaffung von rückzahlbaren Anschubfinanzierungen für Pilotprojekte (z. B. steuerliche Anreize, Bürgschaften, zinslose Darlehen);
- Ausbau der Fündigkeitsrisikogarantie;
- klare rechtliche Regeln für die Exploration und Standortsicherung;
- einheitliche und beschleunigte Bewilligungsverfahren;
- politische Unterstützung von Bund, Kantonen und Gemeinden bei der Standortsuche und Standortwahl;
- aktive Beteiligung der Schweiz an internationalen Forschungs- und Pilotprojekten.

Der Bundesrat hat am 7. September 2011 eine Ablehnung der Motion beantragt. Dies mit der Begründung, dass er die Massnahmen des Motionärs im Rahmen der Ausarbeitung der Energiestrategie 2050 prüft.

Am 7. März 2012 nahm der Nationalrat die Motion mit folgender Änderung (hier unterstrichen) an:

Der Bundesrat wird beauftragt, für Investitionen in Tiefe-Geothermie-Projekte zur Strom- und Wärmegewinnung gute Voraussetzungen zu schaffen. Folgende Massnahmen sollen dazu dienen (...)

Dieser Änderung stimmte am 30. Mai 2012 der Ständerat zu und überwies dem Bundesrat diese Motion.



1.7. Die Motion 11.3563

Die Motion 11.3563 mit dem Titel «Tiefe Geothermie. Schweizweite geologische Erkundung¹²» wurde von Felix Gutzwiller (FDP, ZH) am 15. Juni 2011 im Ständerat eingereicht.

Eingereichter Text

Der Bundesrat wird beauftragt, ein Programm zur schweizweiten Erkundung des Untergrunds zu organisieren und zu finanzieren. Ziel muss es sein, Aufschluss darüber zu erhalten, ob und wie sich der Untergrund für die tiefe Geothermie zur Stromgewinnung eignet.

Der Bundesrat hat am 7. September 2011 die Ablehnung der Motion beantragt. Dies mit der Begründung, dass er bereits heute im Rahmen bestehender Instrumente geeignete Initiativen und Projekte zur schweizweiten Erkundung des Untergrunds fördern kann.

Der Ständerat hat am 29. September 2011 die Motion angenommen.

Am 7. März 2012 hat der Nationalrat die Motion mit folgender Änderung (hier unterstrichen) angenommen: *Der Bundesrat wird beauftragt, ein Programm zur schweizweiten Erkundung des Untergrundes zu organisieren und zu finanzieren. Ziel muss es sein, Aufschluss darüber zu erhalten, ob und wie sich der Untergrund für die tiefe Geothermie zur Strom- und Wärmegewinnung eignet.*

Dieser Änderung hat am 30. Mai 2012 der Ständerat zugestimmt.

¹² Siehe Glossar.



1.8. Die Motion 11.4027

Die Motion 11.4027 mit dem Titel «Aktionsplan für die Geothermie» wurde von Kathy Riklin (CVP, ZH) am 30. September 2011 im Nationalrat eingereicht.

Eingereichter Text

Der Bundesrat wird gebeten, einen Aktionsplan vorzulegen, welcher die Förderung der Geothermie in der Schweiz zusammen mit den Stromproduzenten und anderen Akteuren in konkreten Schritten darlegt.

Der Aktionsplan soll folgende Bereiche beinhalten:

- Exploration und Erforschung von Standorten mit Bohrungen und seismischen Messungen;
- Erstellung eines nationalen Richtplans zur Erfassung der für Tiefengeothermie geeigneten Standorte;
- Schaffung einer praktikablen Risikoabdeckung für die teuren Tiefbohrungen;
- Entwicklung allgemeiner Richtlinien auf Bundesebene für tiefengeothermische Energieprojekte, inklusive Überwachung des Risikos induzierter Seismizität;
- Planung und Bau von Pilot- und Demokraftwerken mit finanzieller Unterstützung von Bund und Kantonen;
- Schaffung eines nationalen Forschungsprogramms und internationale Zusammenarbeit im Forschungsbereich.

Der Bundesrat hat am 23. November 2011 eine Ablehnung der Motion beantragt. Dies mit der Begründung, dass mit den bereits existierenden und eingeleiteten oder sich noch in Abklärung befindenden Massnahmen die Grundlagen für ein gezieltes Förderprogramm zur Entwicklung der Tiefengeothermie bereits vorbereitet werden.

Am 20. März 2014 wurde die Motion vom Ständerat mit folgender Änderung unter Berücksichtigung des Änderungsantrags des Bundesrates angenommen:

Der Bundesrat wird gebeten aufzuzeigen, wie die Förderung der Geothermie in der Schweiz zusammen mit den Stromproduzenten und anderen Akteuren in konkreten Schritten verbessert werden kann. Dabei sollen folgende Bereiche berücksichtigt werden:

- Exploration¹³ und Erforschung von Standorten mit Bohrungen und seismischen Messungen;
- Entwicklung allgemeiner Richtlinien auf Bundesebene für tiefengeothermische Energieprojekte, inklusive Überwachung des Risikos induzierter Seismizität.

Dieser Änderung stimmte am 17. Juni 2014 der Nationalrat zu.

¹³ Siehe Glossar.



2. Hauptteil

2.1. Ausgangslage

2.1.1. Allgemeine technische, ökonomische, kommerzielle, organisatorische und gesellschafts-politische Risikofaktoren

Die Erschliessung¹⁴ von unterirdischen Ressourcen umfasst ein komplexes Zusammenspiel von Planung, Bau, Betrieb und Rückbau von Anlagen, die sich zu weiten Teilen im Untergrund befinden und die einer Vielzahl von Risiken ausgesetzt sind. Die Risiken sind technischer, ökonomischer, kommerzieller, organisatorischer und gesellschafts-politischer Natur.

(i) Die Erschliessung tiefegeothermischer Reservoirs wird zum einen durch technische Faktoren beeinflusst. Dabei sind die geologischen Risiken und insbesondere die Fündigkeit, diejenige mit der grössten Unsicherheit. Die Erschliessung und die Nutzung des Reservoirs werden durch technische Risiken beeinflusst, die durch adäquate Planung und Projektmanagement und durch ein nachhaltiges Konzept des Reservoir-Managements bestimmt werden. Selbstverständlich sind Betrieb, Wartung und Erhalt der Anlagen wichtig für eine Minderung technischer Risiken. Ebenso ist die umfängliche Sicherheit in Bezug auf Arbeits-, Gesundheits-, und Umweltschutz zentral für die Minderung allfälliger technischer Risiken.

(ii) Zu ökonomischen Faktoren, die Geothermieprojekte beeinflussen, zählen Kostenschätzungen, die Projektfinanzierung, Wechselkursrisiken, das Marktumfeld und das regulatorische Umfeld, welches Preisbildung und Preis bestimmen, sowie Steuern und Abgaben.

(iii) Kommerzielle Faktoren umfassen Vertragswesen, Regulierungen, Verkaufspreise, Wettbewerb, gesetzliche Auflagen sowie Versicherungen.

(iv) Die organisatorischen Risiken sind zumeist projektintern gelagert und umfassen beispielsweise Lieferketten, Ausbildung und fachliche Kompetenzen, sowie Rechte an Immaterialgütern.

(v) Letztlich bewegen sich Projekte immer in einem gesellschaftlichen, politischen und regulatorischen Umfeld, das berücksichtigt werden muss.

Unternehmer versuchen im Laufe der Planung, des Baus, des Betriebs und des Rückbaus die Vielzahl einzelner Risiken zu minimieren, zu vermeiden oder an eine dritte Partei zu transferieren. Beim Risikotransfer geht es darum, das Risiko der Organisation zu übergeben, die besser geeignet ist, ein Risiko zu tragen wie beispielsweise Versicherungen.

2.1.2. Die Rolle des Staates

Die Nutzung der tiefen Geothermie zur Wärmeengewinnung und zur Stromerzeugung ist ein riskantes unternehmerisches Unterfangen. Die hohen Investitionskosten, der lange Zeithorizont und die Unsicherheiten u.a. betreffend Fündigkeit und Absatzpreise sind Faktoren, die den Investitionsentscheid beeinflussen. Solange die erwarteten Gewinne im Vergleich zu alternativen Investitionsmöglichkeiten risikobereinigter sind, wird in Geothermieprojekte nicht oder wenig investiert. Dies allein stellt aber kein Marktversagen dar, das einen Eingriff des Staates rechtfertigen könnte.

¹⁴ Siehe Glossar.



Die Prospektion und die Exploration nach Geothermie-Reservoiren weisen positive lokale bzw. regionale Externalitäten auf. Wenn ein Reservoir gefunden wird, können mehrere Projekte realisiert werden. Durch ungenügende kantonale Konzessionsverfahren können dadurch Anreize zum Trittbrettfahren entstehen (abwarten, während andere die Erkundungskosten tragen), welche dazu führen, dass weniger in die Erkundung investiert wird als volkswirtschaftlich gesehen optimal wäre.

Zudem sind sowohl Strom als auch Wärme homogene Endprodukte. Eine Produktdifferenzierung ist über Zertifikate aber möglich. Gewisse Externalitäten (z.B. Sicherheitsrisiken, Treibhausgase) spiegeln sich heute aber nicht vollständig im Strom- und Wärmemarkt, was die Preissignale im Energiemarkt zu Lasten der erneuerbaren Energien verzerrt.

Im Hinblick auf die Entwicklung und Nutzung der tiefen Geothermie und insbesondere auf die Hemmnisse (Kapitel 1.3) und Risiken gibt es hier ein natürliches Spannungsfeld innerhalb der Risikoverteilung. Die Industrie wünscht einen möglichst weitgehenden Transfer von Risiken auf die Allgemeinheit, während der Staat auf rechtliche Grundlagen gestützt idealerweise nur die Marktverzerrungen reduzieren soll und in seltenen Fällen Risiken übernehmen kann.

Die Rolle des Staats ist die Schaffung optimaler Rahmenbedingungen, damit die private Wirtschaft unter den Bedingungen der nachhaltigen Entwicklung die tiefe Geothermie nutzen kann. Darüber hinaus hat sich der Bund ambitionierte Richtwerte für den Ausbau der Elektrizität aus erneuerbaren Energien sowie Ziele für die Reduktion von Treibhausgasemissionen gesetzt und hat daher ein starkes Interesse, erneuerbare Energien, unter anderem die Geothermie, stärker zu nutzen.

Vor diesem Hintergrund hat der Bundesrat mit der Energiestrategie 2050 eine Reihe von Massnahmen geprüft, die zu einer erhöhten Nutzung der Geothermie beitragen sollen. Einige dieser Einzelmassnahmen, die Erweiterung der anrechenbaren Kosten und eine Erhöhung des maximalen Garantiebetrags auf 60 % der anrechenbaren Kosten im Rahmen der Geothermie-Garantie, hat der Bundesrat in seiner Botschaft vom 4. September 2013 zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 (Revision des Energierechts) und zur Volksinitiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie (Atomausstiegsinitiative)» aufgenommen.¹⁵

Zudem hat das Parlament in den Beratungen zum gleichen Geschäft zusätzliche Massnahmen für die Erkundung nach Geothermiereservoirs für die Stromproduktion sowie für die direkte Wärmenutzung der Geothermie verabschiedet.

Gegen das Energiegesetz ist das Referendum zustande gekommen: Die Volksabstimmung dazu findet am 21. Mai 2017 statt. Lehnen die Stimmbürgerinnen und Stimmbürger das erste Massnahmenpaket ab, werden auch die geplanten Massnahmen für die Geothermie hinfällig.¹⁶

Schliesslich hat der Bundesrat in seiner Botschaft vom 17. Oktober 2012 zum Aktionsplan «Koordinierte Energieforschung Schweiz» in den Jahren 2013-2016¹⁷ eine Reihe von Massnahmen zur Stärkung der Energieforschung vorgeschlagen, die am 13. März 2013 vom Parlament angenommen wurde. So wurden beispielsweise das Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity geschaffen, das sich neben der Forschung und Entwicklung der Wasserkraft auch der tiefen Geothermie widmet.

¹⁵ 13.074 BBl 2013 7561

¹⁶ Dieser Hinweis gilt für alle Massnahmen, die im Zusammenhang mit dem ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie angedacht sind und in diesem Bericht erwähnt werden.

¹⁷ 12.079 BBl 2012 9017



2.2. Gesetzliche Grundlagen

Im Rahmen des ersten Massnahmenpakets der Energiestrategie 2050 wurde am 30. September 2016 das Energiegesetz total revidiert. Die entsprechende totalrevidierte Energieverordnung (EnV) und die Verordnung über die Förderung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien (EnFV) werden die ausführenden Bestimmungen enthalten, welche die Umsetzung der parlamentarischen Aufträge ermöglichen sollten. Zudem wurden auch

Änderungen des CO₂-Gesetzes beschlossen. Die Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emissionen mit Änderung vom 1. Januar 2018 enthält ausführende Bestimmungen, welche ebenfalls die Umsetzung der parlamentarischen Aufträge ermöglichen.

Weiter beruht der Bericht darauf, dass die Ausführungsbestimmungen so umgesetzt werden, wie sie ab dem 1. Februar 2017 in die Vernehmlassung geschickt wurden. Das Gesetz und die entsprechenden Verordnungen treten nur in Kraft, wenn das Volk in der Referendumsabstimmung vom 21. Mai 2017 dem ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie zustimmt.

2.3. Einordnung der Motionen

Vor dem Hintergrund der Ausgangslage und der Rolle des Staates (Kapitel 2.1.2) lassen sich die in den Motionen enthaltenen Aufträge, Massnahmen und Aktionen in fünf Handlungsfelder gemäss der in Kapitel 2.1.1 beschriebenen Risikofaktoren kategorisieren:



Mo. 11.4027 (NR Riklin)	Mo. 11.3562 (SR Gutzwiller)	Mo. 11.3563 (SR Gutzwiller)
I. Technische Risikominderung		
1. Exploration und Erforschung von Standorten mit Bohrungen und seismischen Messungen	2. Ausbau der Fündigkeitsrisikogarantie	3. Bund soll schweizweite Erkundung des Untergrunds organisieren und finanzieren mit dem Ziel abzuklären, ob und wie sich der Untergrund für die tiefe Geothermie zur Strom- und Wärme Gewinnung eignet.
	4. Aktive Beteiligung an internationalen Forschungs- und Pilotprojekten	
II. Ökonomische Risikominderung		
	5. Schaffung von rückzahlbaren Anschubfinanzierungen für Pilotprojekte (z. B. steuerliche Anreize, zinslose Darlehen)	
III. Kommerzielle Risikominderung		
<i>Keine Aufträge</i>		
IV. Organisationelle Risikominderung		
<i>Keine Aufträge</i>		
V. Politische/Regulatorische/Gesellschaftliche Risikominderung		
6. Entwicklung allgemeiner Richtlinien auf Bundesebene für tiefengeothermische Energieprojekte, inklusive Überwachung des Risikos induzierter Seismizität.	7. Einheitliche und beschleunigte Bewilligungsverfahren	
	8. Klare rechtliche Regeln für die Exploration und Standortsicherung.	
	9. Politische Unterstützung von Bund, Kantonen und Gemeinden bei der Standortsuche und Standortwahl	
	10. Schaffung einer Geothermie-Task-Force und Lancierung einer Kommunikationsoffensive zur Erhöhung der gesellschaftlichen und politischen Akzeptanz der tiefen Geothermie	

Tabelle 1: Zuordnung der 10 Einzelaufträge der drei Motionen in übergeordnete Risikokategorien, wie sie bei der Erschliessung von Geothermie Ressourcen auftreten.



2.4. Handlungsfelder der Motionen 11.3562, 11.3563 und 11.4027

Die Motionen 11.3562, 11.3563 und 11.4027 umfassen drei (technische, ökonomische und gesellschafts-politische) Handlungsfelder, denen gemeinhin in der Erschliessung geothermischer Ressourcen begegnet wird. In diesem Teilkapitel wird die Umsetzung der vom Parlament angeordneten Aufträge, Massnahmen und Aktionen beschrieben. Die Reihenfolge wurde gegenüber den Motionstexten verändert, um eine optimale inhaltliche Abstimmung mit den Handlungsfeldern, denen Einzelaufträge zugeordnet wurden, zu gewährleisten (**Tabelle 1**).

2.4.1. Technische Handlungsfelder

Das Hauptthema der sehr kleinen Wahrscheinlichkeit ein Geothermie-Reservoir im Untergrund der Schweiz vorzufinden, beruht auf der Tatsache, dass nur sehr wenig über den Untergrund bekannt ist. So gibt es beispielsweise gemäss swisstopo nur 16 Bohrungen, die in Tiefen von über 3000 m, und lediglich punktuell Aufschluss geben über die Beschaffenheit des schweizerischen Untergrunds. Mit Hilfe indirekter erdwissenschaftlicher Methoden (z.B. seismische Methoden) können wertvolle Informationen über die Struktur des Untergrunds gesammelt werden. Auch diese sind in der Schweiz sehr rar.

Die Motionen beauftragen daher den Bundesrat, eine schweizweite Erkundung des Untergrunds zu organisieren und zu finanzieren mit dem Ziel abzuklären, ob und wie sich der Untergrund für die tiefe Geothermie zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung eignet (Mo. 11.3563). Ein eng verwandtes Ziel unter dem Einsatz eines spezifischen Erkundungsinstrumentes (die Reflexions- und Refraktionsseismik gefolgt von Tiefbohrungen) ist der Auftrag an den Bundesrat, die Erkundung (Exploration und Erforschung) von Standorten für die Nutzung der tiefen Geothermie für Strom- und Wärmebereitstellung vorzunehmen (Mo. 11.4027). Dazu soll gemäss der Mo. 11.3562 der Ausbau der «Fündigkeits-Risikogarantie», sowie die aktive Beteiligung an internationalen Forschungs- und Pilotprojekten dienen.

Der Bundesrat sieht die Prospektion, Exploration und Erforschung von möglichen Standorten für die Nutzung tiefegeothermischer Ressourcen als eine Aufgabe der Industrie mit subsidiärer Unterstützung der Hochschulen und Forschungseinrichtungen einerseits, und den Verwaltungseinheiten von Bund (insbesondere dem Kompetenzzentrum des Bundes für Geoinformation, swisstopo) und den entsprechenden kantonalen Dienststellen für Geologie und Energie andererseits.

Jedoch erkennt der Bundesrat (Kapitel 2.1.2), dass die Kosten der Prospektion, der Exploration und der Erschliessung sowie die Risiken von einzelnen Projektanten getragen werden, auch wenn vom potenziellen Nutzen dieser Arbeiten auch andere Akteure profitieren können – so kann ein Transfer des Fündigkeitsrisikos auf die öffentliche Hand begründet werden. Bundesrat und Parlament haben folgende Massnahmen im Rahmen des 1. Massnahmenpakets vorgesehen, um die schweizweite Erkundung des Untergrunds zu organisieren und zu finanzieren.



2.4.1.1. Massnahme 1: Geothermie-Erkundungsbeiträge und Geothermie-Garantien – Ausbau eines bestehenden Förderinstruments und Einführung eines neuen Förderinstruments (Aufträge 1, 2, 3, und 5)

Das Parlament hat am 30. September 2016 im Rahmen der Totalrevision des Energiegesetzes folgenden Gesetzesartikel angenommen, welcher auf Geothermie-Stromprojekte Anwendung finden soll:

Art. 33 Geothermie-Erkundungsbeiträge und Geothermie-Garantien

¹An die Kosten für die Erkundung von geothermischen Ressourcen zur Produktion von Elektrizität können Beiträge geleistet werden. Deren Höhe beträgt höchstens 60 Prozent der anrechenbaren Investitionskosten.

²Zur Risikoabsicherung von Investitionen im Rahmen der Erkundung von geothermischen Ressourcen und der Errichtung von Geothermie-Anlagen zur Produktion von Elektrizität können Garantien geleistet werden. Deren Höhe beträgt höchstens 60 Prozent der anrechenbaren Investitionskosten.

³Für die Erkundung von geothermischen Ressourcen kann entweder der Beitrag oder die Garantie in Anspruch genommen werden.

⁴Der Bundesrat regelt die Einzelheiten, insbesondere die anrechenbaren Investitionskosten und das Verfahren.

In Artikel 33 EnG wird das Förderinstrument Erkundungsbeitrag («Suchen und Finden» von Geothermie-Reservoir) eingeführt. Dieses ergänzt das bereits heute bestehende Förderinstrument «Geothermie-Garantie». Der Erkundungsbeitrag federt im Voraus das Fündigkeitsrisiko markant ab, wodurch eine höhere Investitionsbereitschaft erzielt werden soll. Man kann entweder den Erkundungsbeitrag für das «Suchen und Finden» beantragen oder die Geothermie-Garantie. Letztere bleibt bei Inanspruchnahme des Erkundungsbeitrags nur noch für die Errichtung¹⁸ erhalten, wobei der Schadenfall mit geringerer Wahrscheinlichkeit eintritt (Errichtung folgt nur nach erfolgreicher Erkundung). Diese Förderinstrumente werden über den Netzzuschlag finanziert (maximal 0,1 Rp./kWh pro Jahr). Sie laufen bis zum 1. Januar 2031, danach dürfen keine neuen Verpflichtungen mehr eingegangen werden.

Bei den Erkundungsbeiträgen¹⁹ wird, wie in der Ressourcenindustrie üblich, unterschieden zwischen der Prospektion einerseits und der Exploration andererseits. Im Rahmen der Prospektion wird eine vermutete Geothermie-Ressource grossflächig durch erdwissenschaftliche Methoden indirekt charakterisiert, um die Erfolgswahrscheinlichkeit einer späteren Fündigkeit zu erhöhen. In einem zweiten Schritt erfolgt die Exploration mit dem Ziel, durch eine Explorationsbohrung den Nachweis einer Geothermie-Ressource zu erbringen und deren Ertragspotenzial zu bestimmen.

Im Zuge der Totalrevision des Energiegesetzes, hat das Parlament am 30. September 2016 zudem entschieden, die Geothermie-Garantie (im allgemeinen Sprachgebrauch wird sie auch «Risiko-Garantie» genannt) von 50 % auf 60 % zu erhöhen²⁰. Zudem plant der Bundesrat, dass neu auch Prospektionsarbeiten im angemessenen Rahmen durch die Geothermie-Garantie gedeckt werden können. Die Geothermie-Garantie ermöglicht einen Garantieschutz über die Prospektions- und Explorationsphase hinaus: sie gilt auch in der Phase der Errichtung der gesamten unterirdischen Anlagen, die notwendig sind, um die tiefe Erdwärme zu nutzen.

¹⁸ Siehe Glossar.

¹⁹ Die ausführenden Bestimmungen sollen in der geplanten totalrevidierten Energieverordnung (EnV) aufgenommen werden (vergleiche Art. 25-28 des 2. Abschnitt: Geothermie-Erkundungsbeiträge und Geothermie-Garantie, sowie Anhang 2 gemäss der Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017)

²⁰ Die ausführenden Bestimmungen sollen in der geplanten totalrevidierten Energieverordnung (EnV) aufgenommen werden (vergleiche Art. 25-28 des 2. Abschnitt: Geothermie-Garantien und Geothermie-Erkundungsbeiträge, sowie Anhang 1 gemäss der Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017)



2.4.1.2. Massnahme 2: Förderung von Projekten zur direkten Nutzung der Geothermie für die Wärmebereitstellung zur langfristigen Verminderung der CO₂-Emissionen bei Gebäuden (Aufträge 1, 3 und 5)

Geothermie Wärmeprojekte haben das Ziel, natürlich heisses Wasser direkt zu nutzen. Zur Optimierung und um die vorbleibende Restenergie weiter zu nutzen, können zudem tiefere Temperaturniveaus mit Hilfe von Wärmepumpen genutzt werden. Eine Studie²¹ des Bundesamts für Energie zur ökonomischen Analyse des Geothermie-Wärmeprojekts in Riehen/BS hat aufgezeigt, dass das Fündigkeitsrisiko – wie bei Geothermie-Stromprojekten – das grösste technische Hemmnis für derartige Projekte ist. Da auch hier das Potenzial vermutlich hoch ist, wie beispielsweise Studien der Kantone GR, SG, TG, ZH, SO, AG, NE, LU, FR und GE gezeigt haben, hat das Parlament neu den Artikel 34 im CO₂-Gesetz (SR 640.71) aufgenommen, der noch unter dem Vorbehalt der Annahme in der Volksabstimmung steht:

Art. 34 Verminderung der CO₂-Emissionen bei Gebäuden

¹Ein Drittel des Ertrags aus der CO₂-Abgabe, höchstens aber 450 Millionen Franken pro Jahr wird für Massnahmen zur langfristigen Verminderung der CO₂-Emissionen bei Gebäuden einschliesslich Senkung des Stromverbrauchs im Winterhalbjahr verwendet. Zu diesem Zweck gewährt der Bund den Kantonen Globalbeiträge an Massnahmen nach den Artikeln 47, 48 und 50 des Energiegesetzes vom 30. September 2016 (EnG).

²Der Bund unterstützt zur langfristigen Verminderung der CO₂-Emissionen bei Gebäuden Projekte zur direkten Nutzung der Geothermie für die Wärmebereitstellung. Er setzt dafür einen kleinen Teil der in Absatz 1 vorgesehenen Mittel ein, höchstens aber 30 Millionen Franken. Der Bundesrat legt die Kriterien und Einzelheiten der Unterstützung sowie den jährlichen Höchstbetrag der Finanzhilfen fest.

Damit hat das Parlament ein allfälliges weiteres Förderinstrument für die Geothermie ins Leben gerufen, welches die direkte Nutzung²² fördert. In den meisten Fällen wird es sich hier um Projekte handeln, die geothermische Ressourcen aus rund 2'000 m Tiefe zu nutzen beabsichtigen. In Übereinstimmung mit den Resultaten der Studie des Geothermie-Wärmeprojektes Riehen, wird die Förderung²³ hier auch in einem 2-stufigen Verfahren eingesetzt, welches – ähnlich wie bei den Erkundungsbeiträgen für Geothermie-Stromprojekte – Vorhaben dadurch unterstützt, dass zuerst Prospektionsarbeiten unterstützt werden, die, falls die Fündigkeitswahrscheinlichkeit hoch ist, gefolgt werden von einer Unterstützung der Erschliessungsarbeiten des Untergrunds. Die Erschliessungsarbeiten umfassen in der Hauptsache eine Tiefbohrung, welche das Reservoir nachweist, und, je nach kantonalen Vorschriften und Natur des vorgefundenen Reservoirs, eine zweite Bohrung, um den hydrologischen Kreislauf zu schliessen.

²¹ conim AG, 2015, Wärmeverbund Riehen AG «Ökonomische Analyse einer direkten Nutzung der Geothermie für die Wärmebereitstellung» (siehe http://conim.ch/cms/wp-content/uploads/Bericht_Riehen_final_15042015.pdf)

²² Siehe Glossar.

²³ Die ausführenden Bestimmungen sollen in der geplanten Änderung der Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emissionen (CO₂-Verordnung) aufgenommen werden, sofern das erste Massnahmenpaket in der Volksabstimmung angenommen würde (vergleiche Art. 113a-d im 9. Kapitel: Verwendung der Erträge aus der CO₂-Abgabe, 1a, Abschnitt: Unterstützung von Projekten zur direkten Nutzung der Geothermie für die Wärmebereitstellung, sowie Anhang 14 gemäss der Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017)



2.4.1.3. Massnahme 3: Koordination der Erkundungsarbeiten (Aufträge 3 und 9)

Im Zuge der Erkundungs-, Erschliessungs- und Errichtungsarbeiten für Geothermie Wärme- und Stromprojekte werden sehr grosse Mengen an Daten zum schweizerischen Untergrund generiert. Diese Daten werden im Laufe der Gültigkeit dieser Fördermassnahmen durch realisierte Projekte, den Wissensstand über den schweizerischen Untergrund erheblich ausbauen.

Teilfazit 1

Mit der Einführung und dem Ausbau der Instrumente (i) Erkundungsbeiträge und (ii) Geothermie-Garantie für Geothermie-Stromprojekte und (iii) Beiträge zur direkten Nutzung der Geothermie durch einen Teil der CO₂-Abgabe, haben Parlament und Bundesrat den Anliegen der Motionäre 11.3563 und 11.4027 durch eine pragmatische, subsidiäre, projektorientierte Förderung, die zudem zeitlich terminiert ist, Rechnung getragen. Die Koordination für eine geordnete Umsetzung obliegt dem BFE, swisstopo und den Standortkantonen.

swisstopo, das Kompetenzzentrum des Bundes für Geoinformation, und insbesondere die Landesgeologie sollen zentral in der Umsetzung und im Vollzug dieser Fördermassnahmen integriert werden; ebenso wären die Standortkantone im Expertengremium vertreten, in denen Erkundungen für Geothermieprojekte stattfinden²⁴. Dadurch wird ein koordinierter Ansatz zur Erkundung und Exploration nach Standorten für die Nutzung der tiefen Geothermie sichergestellt.

Um eine effiziente Koordination zu ermöglichen, hat der Bundesrat die Handhabung der Geodaten (alle während der Laufzeit des Vorhabens erhobenen primären Daten, Analysen und Interpretationen) neu explizit geregelt²⁵. Dies, um sowohl den Ansprüchen der Projektanden auf Vertraulichkeit im Rahmen einer kommerziellen Nutzung als auch dem öffentlichen Interesse (positive lokale Externalität der Aufindung eines nutzbaren Reservoirs) an der Nutzbarmachung der Geothermie gerecht zu werden.

Empfänger von Beiträgen zur Erkundung des tiefen schweizerischen Untergrunds und zur Erschliessung des Untergrunds für Geothermie-Wärme- und Stromprojekte müssen sämtliche Daten swisstopo zur Verfügung stellen. swisstopo darf diese im Rahmen seiner rechtlichen Grundlagen nutzen und bearbeiten. Nach einer kurzen Schutzfrist werden die erhobene Daten (Roh- oder primäre Daten sowie computer-gestützte, prozessierte Rohdaten) der Öffentlichkeit zugänglich und verfügbar gemacht. Auch im Falle einer ganzen oder teilweisen Ausbezahlung der Geothermie-Garantie macht swisstopo die primären Daten der Öffentlichkeit zugänglich und verfügbar. Die Erhebung der primären Daten ist zwar mit Kosten verbunden, doch haben die Daten keinen intrinsischen Wert für die Durchführung eines Vorhabens. Ein Mehrwert wird erst dann erzeugt, wenn primäre Daten analysiert und interpretiert und so für unternehmerische Entscheide genutzt werden.

Solche vom Antragssteller interpretierten Daten bleiben vertraulich und kommen nur swisstopo und der Bundesverwaltung zugute (um unter anderem den mit diesem Förderprogramm erzeugten Fortschritt

²⁴ Die Zusammensetzung des Expertengremiums für die Evaluation von Anträgen wird von Fall zu Fall neu bestimmt, um Interessenskonflikte zu vermeiden, wobei jedoch swisstopo für die erdwissenschaftlichen Fragen und die Vertretung des Standortkantons für die Fragen der Bewilligungen, Konzessionen, Aufsicht und Vollzug vorgesehen ist (vergleiche Art. 25 EnV und Anhang 1.2 sowie Anhang 3.2. Ebenso in der CO₂-Verordnung Art. 113b und Anhang 14.3 gemäss Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017).

²⁵ Die nachhaltige Verfügbarmachung, die Nutzung und Bearbeitung von Geodaten durch swisstopo sowie die Veröffentlichung von primären Daten sollen in der geplanten totalrevidierten Energieverordnung EnV aufgenommen werden (vergleiche Anhang 1.4 und Anhang 2.5 gemäss Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017). Ebenso in der geplanten Änderung der CO₂-Verordnung (vergleiche Anhang 14.5 gemäss Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017).



zu bewerten), dürfen aber nicht der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Dadurch wird ein koordinierter Ansatz zur Erkundung und Exploration nach Standorten für die Nutzung der tiefen Geothermie sichergestellt. Die Sicherung der Rechte an der Erkundung und Nutzung geothermischer Ressourcen und Reserven steht unter kantonaler Hoheit.

2.4.1.4. Massnahme 4: Verbesserte Rahmenbedingungen für die aktive Beteiligung an internationalen Forschungs- und Pilotprojekten (Auftrag 4)

Seit Annahme der Motionen und der Positionierung der Geothermie innerhalb der Energiestrategie 2050 haben sich die Rahmenbedingungen für die aktive Beteiligung an nationalen und internationalen Forschungs- und Pilotprojekten entscheidend verbessert. Die Schweiz hat stark in den Aufbau von institutionellen und personellen Kapazitäten investiert. Gleichzeitig haben sich neue Forschungsinfrastrukturen gebildet, die eine wichtige Grundlage für eine erfolgreiche Beteiligung an internationalen Forschungs- und Pilotprojekten bilden. Parallel dazu haben sich das Geothermie Forschungsprogramm der Ressortforschung sowie das Pilot- und Demonstrationsprogramm des Bundesamts für Energie stärker auf eine internationale Zusammenarbeit fokussiert. Einerseits wird eine engere und direktere Zusammenarbeit mit europäischen Partnern angestrebt und die Zusammenarbeit mit nicht-europäischen Partnern im Rahmen der Technologiekoooperationsprogrammen der Internationalen Energieagentur (IEA) und im Rahmen der International Partnership for Geothermal Technology andererseits verfolgt.

- **Kapazitätsaufbau mittels Schweizerischer Kompetenzzentren für die Energieforschung SCCER**

Wie im Kapitel über die Rolle des Staates beschrieben (Kapitel 2.1.2), hat das Parlament die Botschaft des Bundesrates vom 17. Oktober 2012 zum Aktionsplan «Koordinierte Energieforschung Schweiz» Massnahmen in den Jahren 2013-2016 (12.079 BBl 2012 9017) mit einer Reihe von Massnahmen zur Stärkung der Energieforschung am 13. März 2013 angenommen. Ein zentrales Element des Aktionsplans war die Schaffung von acht Schweizerischen Kompetenzzentren für die Energieforschung (Swiss Competence Centers for Energy Research SCCER) in 8 Bereichen. Ein SCCER beschäftigt sich mit der Strombereitstellung (Supply of Electricity SoE) aus Geothermie und Wasserkraft. Im Zuge des Aufbaus wurden nun rund 55 Vollzeitäquivalentstellen für die Geothermie Forschung und -Innovation geschaffen. Das Leading House ist die ETH-Zürich, in enger Zusammenarbeit mit der EPF-Lausanne, den Universitäten Genf, Bern und Lausanne, sowie dem Paul Scherrer Institut, und der Hochschule für Technik Rapperswil. Für den Kapazitätsaufbau wurden für die Periode 2013-2016 CHF 12 Mio. bereitgestellt. Nach einer positiven Evaluation wurde der Folgeantrag für die Periode 2017-2020 gutgeheissen und somit fliessen Finanzmittel von CHF 18.2 Mio. in das SCCER-SoE.

- **Beteiligung und Finanzierung an Forschungsrahmenabkommen der Europäischen Kommission (Framework Programme FP7 und Horizon 2020)**

Mit der Motion Riklin (Mo 10.3142 n) hat das Parlament den Bundesrat beauftragt, die nötigen Massnahmen in die Wege zu leiten, um den Schweizer Forschungsinstitutionen sowie der schweizerischen Industrie ein gleichberechtigtes Mitwirken an dem von der Europäischen Kommission lancierten Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) zu ermöglichen. Ein Element ist die Beteiligung an transnationalen Ausschreibungen im Rahmen des 7. Forschungsrahmenabkommens (FP7 2007-2013) und von Horizon 2020 (2014-2020). Auf Grund des «Drittstaat»-Status erhielt die Schweiz zwischen 2014 und 2016 als Folge der Annahme der Volksinitiative «Gegen Masseneinwanderung» und der daraus resultierenden Teilassoziierung an Horizon 2020 keine finanziellen Mittel von der Europäischen Kommission; diese wurden vom Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation SBFI im Rahmen von Über-



gangsmassnahmen geleistet. Dieser Status erschwerte zudem die Ausübung von Koordinationsaufgaben und Führungsrollen von Teilnehmenden an Projekten. Nichtsdestotrotz beteiligten sich schweizerische Akteure mit bemerkenswerten Erfolg. So konnte die Schweiz in den Horizon 2020 Projekten (beispielsweise DESTRESS und ThermoDrill) und FP7 (beispielsweise IMAGE und GEISER) teilnehmen.

Seit dem 1. Januar 2017 ist die Schweiz vollasoziiert an Horizon 2020. Dies bedeutet, dass Schweizer Projektpartner ihre Fördergelder wieder direkt von der Europäischen Kommission erhalten und gleichberechtigt mit ihren europäischen Partnern Projekte initiieren und koordinieren können. Dies wird auch durch die Beteiligung des BFE am European Research Area Network (ERA-NET) Geothermie (2012-2016) und dem Nachfolgeprojekt GEOTHERMICA (2017-2021) gewährleistet.

- **Beteiligung des Forschungsprogramms Geothermie des Bundesamt für Energie BFE an den European Research Area Networks (ERA-NET) Geothermal (2012-2016) und GEOTHERMICA (2017-2021)**

Ein zentrales Instrument des SET-Plan sind European Research Area Networks ERA-NETs – eine vernetzende Plattform für Kooperation, Koordination und Informationsaustausch von themenspezifischen nationalen Forschungsprogrammen, die von der Europäischen Kommission finanziell unterstützt wird.

Das einzige dauerhafte Forschungsförderprogramm des Bundes, welches sich der tiefen Geothermie widmet, wird innerhalb der Ressortforschung des BFE betrieben. Daher vertritt das BFE die Schweiz in den oben erwähnten ERA-NETs zum Thema Geothermie.

Von 2012-2016 gab es ein von der Europäischen Kommission mit € 2 Mio. gefördertes Geothermal ERA-NET bestehend aus Island, Frankreich, die Niederlande, Deutschland, Schweiz, Italien, Portugal, Slowakei, Slowenien, Ungarn und die Türkei. Diese Vernetzung hat dazu geführt, dass in Folge im neuen ERA-NET GEOTHERMICA (2017–2021) die Mitgliederzahl gestiegen ist (neu sind Dänemark, Rumänien und Belgien beigetreten). Neben weiteren Koordinationsarbeiten, werden nun rund € 32 Mio. an finanziellen Mitteln bereitgestellt – davon rund € 9 Mio. durch die Europäische Kommission – damit die beteiligten Länder Mitte 2017 eine gemeinsame Ausschreibung für Pilot- und Demonstrationsprojekte lancieren können. Die Schweiz kommt nicht in den Genuss von Finanzmitteln der Europäischen Kommission.

- **Aufbau und Beteiligungen an nationalen und internationalen Forschungsinfrastrukturen**

Neben dem Kapazitätsaufbau und dem Zugang zu kompetitiv vergebenen Projektmitteln für internationale Forschungs- und Pilotprojekte spielt in der Geothermieforschung und -pilotierung der Zugang zu Forschungsinfrastrukturen eine grosse Rolle. So hat das SCCER-SoE eine temporäre Forschungsinfrastruktur am Felslabor Grimsel aufgebaut. Auch wird im von swisstopo betriebenen Felslabor Mont Terri des Kantons Jura zunehmend Geothermie-Forschung in internationaler Zusammenarbeit unternommen. Vor allem werden an solchen Felslaboreinrichtungen grossskalige Experimente unternommen, die nicht in industriellen Anlagen ausgeführt werden. Unter der Leitung der ETH-Zürich wird das Grimsel Test Labor auf europäischer Ebene über das European Plate Observatory EPOS vernetzt, einer Forschungsinfrastruktur des «European Strategic Forum on Reserach Infrastructures ESFRI». Weiter fungieren die Forschungsinfrastrukturen als wichtige Plattformen für den Wissensaustausch zwischen Forschenden und der Industrie einerseits und andererseits zwischen in- und ausländischen Forschenden.

- **Beteiligungen der Schweiz am IEA Geothermal Technology Collaboration Program TCP**

Die Schweiz beteiligt sich seit den 90er Jahren am Geothermal TCP der Internationalen Energieagentur (IEA), einer Forschungs- und Kollaborationsplattform, an der die USA, Mexico, Island, Norwegen, das



Vereinigtes Königreich, die Europäische Kommission, Frankreich, Spanien, Italien, die Schweiz, Deutschland, Australien, Neuseeland, Süd-Korea, Australien und Japan teilnehmen. Die Schweiz nimmt die Leitung oder Co-Leitung in den Arbeitsgruppen «Direkte Nutzung²⁶ der Geothermie» und «Emerging Geothermal Technologies» ein und vernetzt so Forschungsinstitutionen und die schweizerische Industrie mit Ländern ausserhalb der EU. Der Einsitz in die Arbeitsgruppen erfolgt in Zusammenarbeit mit dem BFE durch Forschende der schweizerischen Industrie und den Forschergruppen des tertiären Bildungsbereichs.

- **Beteiligungen der Schweiz an der International Partnership for Geothermal Technology IPGT**

Dieser Staatsvertrag mit den USA, Island, Australien und Neuseeland begründet die Zusammenarbeit im Bereich der petrothermalen Geothermie. Die Schweiz ist mit dem BFE und einem Vertreter der schweizerischen Geothermie-Industrie im «Steering Committee» vertreten; die Rolle des Chairs wurde 2016 von der Schweiz an Neuseeland abgegeben. Vertreter von Industrie und Forschungsgruppen sitzen ein in diversen Arbeitsgruppen wie «Erkundung», «Reservoir-Modellierung», «Stimulationstechnologien und Bohrloch-Zonenisolierung» und «Induzierte Seismizität». In den letzteren beiden Arbeitsgruppen nehmen Schweizer Vertreter die Arbeitsgruppenleitung wahr.

Dieser institutionelle Rahmen, der durch den Bundesrat ermöglicht und vom BFE koordinativ mitgesteuert wird, hat dazu beigetragen, dass die schweizerische Forschungs- und Industrielandschaft erfolgreich in Horizon 2020-Projekten teilnimmt, neue Gelegenheiten zur Beteiligung an Ausschreibungen für internationalen Forschungs- und Innovationsprojekte wahrnehmen kann (ERA-NET GEOTHERMICA), und sich im Rahmen der verfügbaren Finanzmittel auch an IPGT-Projekten beteiligen kann, wie mit Island und Neuseeland geschehen. Weiter erlauben die Statuten des Schweizerischen Nationalfonds SNF, dass auch internationale Forschungsvorhaben im Rahmen von beispielsweise des SINERGIA- SNF-Förderprogramms durchgeführt werden können.

Teilfazit 2

Der Bundesrat hat seit Annahme der Motionen die schweizerische Energieforschungslandschaft im Bereich der tiefen Geothermie nachhaltig gestärkt und damit neue Perspektiven für die internationale Forschungszusammenarbeit geschaffen. Personelle und institutionelle Kapazitäten wurden durch die Einrichtung des SCCER-SoE massiv gestärkt. Im Bereich der Forschungsinfrastrukturen werden einheimische Forschungsinfrastrukturen ausgebaut, deren internationale Positionierung über die Teilnahme am European Plate Observatory System EPOS, einer European Strategic Forum Research Infrastructure, gestärkt wird. Diese Einrichtungen eröffnen weitere Möglichkeiten für die Realisierung internationaler Forschungs-, Pilot- und Demonstrationsprojekte. Die Beteiligung an europäischen Forschungsrahmenabkommen wird – entsprechend den politischen Gegebenheiten – so weit wie möglich verstärkt. Die Beteiligung am Geothermal Technology Collaboration Program der Internationalen Energieagentur IEA, sowie an der International Partnership for Geothermal Technology IPGT eröffnet den Zugang zu und eine aktive Beteiligung an Projekten ausserhalb Europas, soweit es verfügbare Finanzmittel der Schweiz zulassen.

²⁶ Siehe Glossar.



2.4.2. Ökonomische Handlungsfelder

Verursacht durch die Hemmnisse, die einerseits durch die noch nicht gemeisterten Herausforderungen in der Erschliessung von Geothermie-Reservoirs (Kapitel 1.3.1) und durch den mangelhaften Kenntnisstand des tiefen Untergrunds der Schweiz (Kapitel 1.3.2) gegeben sind, ergeben sich ausserordentliche projektökonomische Konsequenzen für Projektentwickler.

Aus diesem Grund hat das Parlament zur Abfederung der projektökonomischen Konsequenzen dieser Hemmnisse den Bundesrat beauftragt, rückzahlbare Anschubfinanzierungen für Pilotprojekte (z. B. steuerliche Anreize, zinslose Darlehen) zu schaffen.

2.4.2.1. Anreize durch Erlass von Nutzungsgebühren und Abgaben, sowie steuerliche Anreize (Auftrag 5)

Kantone setzen Anreize über Konzessionsbedingte- und ähnliche Abgaben; diese Anreize werden seit einigen Jahren auf kantonaler Ebene im Rahmen von Gesetzen zur Nutzung des kantonalen Untergrunds eingesetzt, um der Nutzung der tiefen Geothermie entgegen zu kommen. So werden beispielsweise Nutzungsgebühren und Abgaben erlassen oder ermässigt werden (z.B. der Kanton AG erlässt jegliche Konzessionsgebühren).

Wie in den Berichten «Finanzielle Belastung der Schweizer Elektrizität durch Abgaben an die Gemeinden im Jahr 2009 mit Vergleich zur Belastung im Jahr 2007» und «Strompreisentwicklung in der Schweiz – Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 08.3280 Stähelin vom 4. Juni 2008» dargelegt, belaufen sich die Abgaben und Leistungen an die Gemeinden, Kantone und Bund auf 0.56-2.43 Rp./kWh je nach Verbraucherkategorie. Das geringe Steueraufkommen erschwert eine Gewährung von Steuerrabatten. Daher befürwortet der Bundesrat auch nicht eine schweizerische Variante des (mit sehr grossem Erfolg eingesetzten) «[1603 Program](#)» der US-Amerikanischen Tresorie. Beim «1603 Program» haben Projektentwickler die Wahl zwischen Steuergutschriften für getätigte Investitionen auf Einkünfte aus dem Stromverkauf, oder eines Barzuschussäquivalents in der Höhe von 10-30 % der getätigten Kapitalinvestitionen. Weitere steuerliche Anreize betreffend die direkten Steuern wie beschleunigte Abschreibungen, separate Steuergutschriften für Investitionen und Energiebereitstellung, aber auch optimierte Strukturierung von Konzessionsgebühren sind nach Einschätzung des Bundesrates hinsichtlich des nur kleinen Geothermie-Sektors noch nicht diskussionsbereit und bedürften ausserdem einer grundlegenden verfassungsrechtlichen Prüfung.

2.4.2.2. Konsequenzen der neuen Förderinstrumente auf die Rentabilität von Geothermieprojekten (Auftrag 5)

Sowohl Erkundungsbeiträge für Geothermie-Stromprojekte als auch die Förderung der direkten Nutzung der Geothermie über die CO₂-Abgabe dürften positive Konsequenzen für die Rentabilität von Projekten haben. Die Umsetzung der Artikel 33 des EnG (Geothermie-Erkundungsbeiträge und Geothermie-Garantien) und Artikel 34 Absatz 2 des CO₂-Gesetzes (Förderung direkte Nutzung der Geothermie), ebenso wie die Umsetzung des Artikels 19 des EnG (Teilnahme am Einspeisevergütungssystem), die noch unter dem Vorbehalt der Volksabstimmung stehen, hätten positive Auswirkungen auf die erwartete Rentabilität der Projekte, indem einerseits die negativen finanziellen Auswirkungen einer Nichtfündigkeit abgedeckt werden, sowie die Einnahmen vom Marktwert des Stromes und Wärme entkoppelt werden.



Um die Auswirkungen auf die Rentabilität der Projekte durch einen maximalen Geothermie-Erkundungsbeitrag und die ausgeweitete Geothermie-Garantie zu illustrieren, sei auf das Beispiel in Kapitel 1.5.1.2 verwiesen. In der Neukalkulation käme es nun zu einem Erkundungsbeitrag von 60 % an die erste Bohrung, die das Geothermie-Reservoir nachweist. Der Projektentwickler führt nun das Projekt mit einer 2. Bohrung, die notwendig ist, um das geförderte Thermalwasser (nach Wärmeentzug auf der Oberfläche) wieder in den Untergrund rückzuführen. Der Erfolgsfall, der nach erfolgreicher Prospektion mit 45 %-iger Wahrscheinlichkeit eintreten kann, hat einen Nettobarwert (unter denselben Randbedingungen und Annahmen wie das zuvor genannte Beispiel) von Fr. 15.6 Mio. – also ein marginal profitables Projekt im Erfolgsfall.

Es ist zu erwarten, dass sich Projektanten die Errichtungsphase des unterirdischen Geothermie-Reservoirs mit der Geothermie-Garantie absichern lassen. Die Errichtungsphase umfasst die zweite Bohrung und den Nachweis der Vervollständigung der Reservoirs durch Zirkulationstests zwischen den Bohrungen. Da selbst in diesem Fall der erwartete «Fündigkeitsrisiko»-gewichtete Barwert des Projektes negativ ist, werden hier Fehlanreize vermieden. Zudem wird eine zweite Bohrung erwartungsgemäss nur bei einer erfolgreichen ersten Bohrung ausgeführt. Schliesslich gäbe es neben der Beurteilung durch ein Expertengremium, als letztes Mittel eine Rückforderung²⁷ in den ausführenden Bestimmungen zu diesen Förderinstrumenten, sofern ein übermässiger Gewinn erwirtschaftet wird. Ähnliche Argumente können für Beiträge zur direkten Nutzung der Geothermie angeführt werden.

Der Bundesrat ist daher der Meinung, dass die neuen Förderinstrumente nicht nur die technischen Handlungsfelder (Kapitel 2.4.1) abdecken, sondern dass sich auch die ökonomischen Randbedingungen durch den Finanzmittelfluss stark verbessert haben.

Geothermie- Stromprojekte:
Kalkulation des erwarteten Barwerts –
mit den neuen und erweiterten Förderinstrumenten (Geothermie Garantie
und KEV)

Fallstudie: die Erfolgswahrscheinlichkeit der Fündigkeit POS auf rund 45 % geschätzt, nachdem eine neue Erkundungstechnologie eingesetzt wurde. Das Projekt hat eine Lebensdauer von 25 Jahren. Das Projekt kommt in den **Genuss des Geothermie-Erkundungsbeitrags von 60 %**. Produktionsbeginn ist im 4. Jahr nach einer dreijährigen Bauphase. Betriebskosten betragen 3 % der Investitionen. Der NPV_{fündig} beträgt bei Verkauf von Strom (15 Jahre 40 Rp./kWh, danach 7 Rp./kWh) und Wärme (CHF 25/GJ) und bei einem WACC von 3.83 % rund CHF 15.6 Mio.; der IRR oder interne Zinsfuss beträgt 6.7 % und somit wird – im Erfolgsfall – ein kleiner ökonomischer Mehrwert erzeugt. Im Falle einer 55 %-igen Wahrscheinlichkeit einer Nicht-Fündigkeit nach dem Abteufen des ersten Bohrlochs, erhält der Projektant im Rahmen der Geothermie-Garantie **60 %** der getätigten Investitionskosten zurück. Der NPV_{nicht-fündig} beträgt rund CHF -26.6 Mio. Der Estimated Monetary Value des Projektes beträgt somit:

$$EMV \text{ (CHF)} = 0.45 \cdot (15.6 \text{ Mio.}) + 0.55 \cdot (-26.6 \text{ Mio.}) = -7.6 \text{ Mio.}$$

Wenn auch mit dem nach der Fündigkeitsrisiko gewichteten Barwert des Projektes kein Mehrwert erzeugt wird, wird das Hemmnis «Fündigkeit» weit abgebaut.

²⁷ Siehe Art. 28 Rückforderung der geplanten totalrevidierten Energieverordnung gemäss Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017 und Art. 113d Rückforderung der Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emissionen gemäss der Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017.



Teilfazit 3

Eine effiziente Anreizsetzung über Steuern und Abgaben erfolgt in zunehmend mehr Kantonen der Schweiz über die kantonalen Gesetze zur Nutzung des Untergrunds. Dort wird meistens auf Konzessionsgebühren für die Geothermie verzichtet oder sie werden sehr tief gehalten. Weitere Steueranreize sind auf Grund des geringen Steuersubstrats nicht empfehlenswert. Die Einführung der neuen Förderinstrumente für Geothermie-Strom- und Wärmeprojekte würden positive Auswirkungen auf projektökonomische Aspekte der Projektentwicklung und reflektieren die lokalen Externalitäten, die auf die Allgemeinheit übertragen werden könnten. Der Bundesrat plant petrothermale Geothermieranlagen als neue Kategorie in das Einspeisevergütungssystem aufzunehmen. Die Vergütungssätze würden im Vergleich zur bereits existierenden Kategorie der hydrothermalen Geothermieranlagen um 7,5 Rp./kWh produzierte Elektrizität erhöht, um den zusätzlichen Kosten für die Reservoir-Stimulation Rechnung zu tragen.

Wenn auch in erster Linie Instrumente zum Transfer des technischen Fündigkeitsrisiko, würden Geothermie-Erkundungsbeiträge und die Geothermie-Garantie eine starke Wirkung auf die Rentabilität von Projekten haben, da der erwartete Barwert von Geothermieprojekten erhöht würde. Das Risiko einer Fehlanreizsetzung würde minimiert werden, wobei eine Rückforderung das letzte Mittel wäre, um übermässige Gewinne zu verhindern.

2.4.2.3. Massnahme 5: Erfassung petrothermaler/EGS Nutzungskonzepte in einer eigenen Kategorie für die Einspeisevergütung (Auftrag 5)

Der Bundesrat hat zudem erkannt, dass das petrothermale oder EGS-Konzept für die Nutzung einheimischer geothermischer Ressourcen technisch machbar ist und von der Industrie in die Wirtschaftlichkeit geführt werden soll.

Diese von der Industrie weitergeführte Technologieentwicklung beruht auf einem möglicherweise begrenzten Potenzial für die hydrothermale tiefen Geothermie in der Schweiz, da hierfür im Untergrund Wasser in gewünschter Menge und Temperatur erstens vorhanden sein und zweitens auch gefunden werden müssen. Erschwert wird die Auffindung dadurch, dass mit zunehmender Tiefe die Kenntnisse über allfällige Wasservorkommen stark abnehmen. In der Schweiz liefern 16 Bohrungen punktuelle Informationen über den Untergrund ab 3'000 Meter Tiefe.

Bei petrothermalen Konzepten sind die Potenziale sehr viel grösser; dabei wird die Wasserwegsamkeit des Untergrunds mittels hydraulischer Stimulation und Frakturierung erhöht werden und so kann, selbst bei geringer natürlich vorkommender Wassermenge die Erdwärme dennoch genutzt werden. Die technische Erstellung dieser Durchlässigkeit im Untergrund ist kostenintensiv, da neben der hydraulischen Stimulation und Frakturierung auch komplexe Bohrpfade und Bohrkompletierungen notwendig sind. Verglichen mit Strom aus hydrothermalen Geothermieranlagen sind gemäss BFE-Berechnungen die Gestehungskosten für Strom aus petrothermalen Geothermieranlagen, je nach eingesetztem Stimulationsverfahren, zwischen 5- 17 Rp./kWh höher. Der Anstieg ist bei kombinierten Wärme-Stromprojekten tiefer und hängt sehr stark von der relativen Verteilung der inwertgesetzten Strom- und Wärmemenge ab. Daher plant der Bundesrat in der Verordnung über die Förderung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien (EnFV) in den Anhängen die Kategorie «Petrothermale Geothermieranlagen» einzuführen und die Vergütungssätze gegenüber hydrothermalen Geothermieranlagen um 7,5 Rp./kWh produzierter Elektrizität zu erhöhen, um zusätzlichen Kosten Rechnung zu tragen.



Teilfazit 4

Die Kompetenz der Regelung über die Nutzung des Untergrunds liegt weitgehend bei den Kantonen, die ihrerseits die Nutzung des Untergrundes an die Gemeinden delegieren können. In der Bundesverfassung gibt es keine explizite Regelung über die Nutzung des Untergrundes. Nichtsdestoweniger unterstützt der Bund, wie im Postulatsbericht Riklin 11.3229 dargelegt, die Bestrebungen der Kantone. Konkret erarbeitet der Bund mit dem Schweizerischen Erdbebendienst Richtlinien zur Überwachung des Risikos der induzierten Seismizität.

2.4.3. Gesellschafts-politische und regulatorische Handlungsfelder

Der Bundesrat hat in seiner [Botschaft](#) zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 (Revision des Energierechts) und zur Volksinitiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie (Atomausstiegsinitiative)» vom 4. September 2013 die Bedeutung der Geothermie in der Umsetzung der Energiestrategie 2050 klar zum Ausdruck gebracht.

Um eine auf Fakten basierende Erhöhung der gesellschaftlichen und politischen Akzeptanz der tiefen Geothermie zu erreichen, wurde zwischen 2012 und 2014 vom Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS, einem Kompetenzzentrum der Akademien der Wissenschaften Schweiz, eine Studie zur tiefen Geothermie erstellt – unter Einbezug aller Interessenvertreter der Schweiz²⁸. Die tiefe Geothermie – so die Studie – geniesst in der Schweiz zurzeit bei der Bevölkerung im Allgemeinen einen positiven Zuspruch und hat sowohl Chancen aber auch Risiken (bereits erfüllte **Aufträge 9 und 10**).

Mit den bereits oben erwähnten Massnahmen ist die politische Unterstützung des Bundes an Kantone und Gemeinden angezeigt, um die Standortsuche und Standortwahl aus technischer, ökonomischer Sicht zu unterstützen. Im Folgenden wird ausgeführt, wie der Bund die Kantone bei Bedarf in regulatorischen Fragen unterstützt.

Die Kompetenz der Regelung über die Nutzung des Untergrunds liegt weitgehend bei den Kantonen, die ihrerseits die Nutzung des Untergrundes an die Gemeinden delegieren können. In der Bundesverfassung gibt es keine explizite Regelung über die Nutzung des Untergrundes.²⁹ Die Regelung des Konzessions- und Bewilligungswesen für Geothermie-Projekte geschieht daher in kantonalen Gesetzen. Dieser kantonale Gesetzgebungssektor ist sehr dynamisch mit Revisionen und neuen Gesetzesprojekten³⁰. Die Bundesverwaltung unterstützt auf Anfrage die Kantone in der Bereitstellung von Grundlagen für diese Arbeiten. Je nach gesetzgeberischen Ansatz werden Konzessionsvergaben für Prospektion, Exploration und Nutzung vorgefundener Reservoirs sowie die dazu notwendigen Bewilligungen unterschiedlich behandelt.

²⁸ «Energy from the Earth. Deep Geothermal as a Resource for the Future?» TA-SWISS Study TA/CD 62/2015, Stefan Hirschberg, Stefan Wiemer, Peter Burgherr (eds.), vdf Hochschulverlag AG, 524 Seiten, ISBN 978-3-7281-3654-1 (Buch) / Download open access (TA 62/2015 e)

²⁹ Für eine detaillierte Behandlung dieses Themas vergleiche [Bericht](#) des Bundesrates zur Nutzung des Untergrundes in Erfüllung des Postulats 11.3229, Kathy Riklin, vom 17. März 2011

³⁰ Vergleiche das Kapitel 7 [«Tiefen Geothermie – Rechtslage und Empfehlungen»](#) von René Wiederkehr und Andreas Abegg der TA-SWISS Studie zur Tiefengeothermie



Ebenso werden die Aufsichtspflichten von Kanton zu Kanton unterschiedlich wahrgenommen und geregelt. Der Bund hat dahin gehend ebenfalls keine rechtliche Kompetenz. Der Vollzug verläuft von Kanton zu Kanton unterschiedlich. Ob eine überkantonale Aufsichtseinrichtung dienlich ist, wird stark von den kantonalen Bedürfnissen und dem Aktivitätsgrad abhängen. Bis heute wird zwar mittel- bis langfristig der Bedarf gesehen, jedoch muss sich der konkrete Wunsch erst kristallisieren.

Der Bundesrat hat in seinem Bericht vom 5. Dezember 2014 auf das Po. Riklin 11.3229 («Nutzung des Untergrunds») bereits detailliert Auskunft darüber gegeben, wie der Bund beabsichtigt, allgemeine Richtlinien für tiefengeothermische Projekte mittels einer «soft regulation» auf kantonalen Ebene zu etablieren. Der Bund verfolgt den Ansatz eine «weiche» Gesetzgebung zu schaffen – jedoch ohne rechtliche Kompetenz – durch Beratung und durch die unterstützende Nutzung von ad-hoc Plattformen und virtuellen Netzwerken, um so den Kantonen auf Wunsch bei Umsetzung und Vollzug ihrer jeweiligen Massnahmen, Verordnungen und Richtlinien tatkräftig zur Seite zu stehen.

Das Parlament hat zudem am 30. September 2016 mit der Annahme des total revidierten Energiegesetzes – insbesondere den Artikeln 10, 11, 12 und 14 – die gesetzliche Grundlage geschaffen, dass durch systematische und zielorientierte Raumplanung der Ausbau erneuerbarer Energien und damit auch Geothermie-Projekte gefördert werden könnten. Unter Vorbehalt der Volksabstimmung tritt das revidierte Gesetz am 1. Januar 2018 in Kraft.

Massnahme 6 (Aufträge 7, 8 und 9): Für die Erstellung allgemeiner Richtlinien für die Überwachung des Risikos induzierter Seismizität (Motion 11.4027) hat das Bundesamt für Energie den Schweizerischen Erdbebendienst seit 2011 beauftragt, die kantonalen Behörden dabei zu unterstützen, über kantonale Grenzen hinweg einheitliche Qualitätsstandards in der Handhabung seismologischer Fragestellung, bei Genehmigungsverfahren und der Projektdurchführung zu etablieren. Der SED bietet daher den Kantonen eine kompetente und projektbegleitende seismologische Beratung und Überwachung an.



3. Fazit

Die tiefen Geothermie ist umweltfreundlich, jedoch ist sie nicht frei von Gefahren und Risiken, die auf ein so gering wie praktikabel mögliches Niveau gesenkt werden müssen. Verglichen mit anderen Formen erneuerbarer Energien benötigt sie weniger Materialien, deren Abbau die Natur belastet, und auch der Ausstoss von CO₂ ist minimal – selbst dann, wenn nicht nur der Betrieb, sondern auch der Bau betreffender Anlagen bei der Bilanzierung der Umweltfolgen berücksichtigt wird. Als eine der wenigen «neuen» erneuerbaren Energiequellen hängt die Geothermie nicht von Witterungsbedingungen ab, sondern kann sowohl Bandenergie liefern, aber auch flexibel eingesetzt werden. Dies fällt umso mehr ins Gewicht, als es künftig darum gehen wird, unregelmässig anfallende Stromspitzen aus anderen erneuerbaren Energiequellen auszugleichen.

Energie aus dem Erdinneren könnte einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit der Schweiz leisten und ihre Abhängigkeit von ausländischen Energielieferanten verringern. Gelingt es, die Wärme, die nicht zur Stromproduktion benötigt wird, in Fernwärmenetze einzuspeisen und zu verkaufen, werden auf Grund von Kenntnis- und Erfahrungsgewinn und Technologieentwicklung die Kosten für geothermisch erzeugte Elektrizität am Markt durchaus konkurrenzfähig und liegen gar unter jenen der meisten anderen Formen erneuerbarer Energie.³¹

Der Bundesrat sieht mit der Energiestrategie 2050 ein gewisses Potenzial für die langfristige Nutzung der Geothermie. Theoretisch ist das Potenzial sehr gross: in vier bis fünf Kilometern unter der Erdoberfläche lagert so viel Erdwärme, dass sie ein Vielfaches des Schweizer Strom- und Wärmebedarfs decken könnte. In Realität kann vermutlich nur ein kleiner Teil dessen wirtschaftlich genutzt werden können.

Der Bundesrat hat mit einem Massnahmenpaket, das die parlamentarischen Aufträge aus den Motionen 11.3562, 11.3563 und 11.4027 umfasst, Rahmenbedingungen geschaffen, die dieses Potenzial über Technologieentwicklung, Forschung und Innovation nutzbar machen. Damit kommt er aber auch Projektentwicklern entgegen, indem gewisse Risiken und Kosten auf die Allgemeinheit übertragen werden.

Fazit 1: Mit der geplanten Einführung und dem Ausbau der Instrumente (i) Erkundungsbeiträge und (ii) Geothermie-Garantie für Geothermie-Stromprojekte und (iii) Beiträge zur direkten Nutzung der Geothermie durch einen Teil der CO₂-Abgabe, die noch unter dem Vorbehalt des Referendums stehen, haben Parlament und Bundesrat den Anliegen der Motionäre 11.3563 und 11.4027 durch eine pragmatische, subsidiäre, projekt-orientierte Förderung, die zudem zeitlich terminiert ist, Rechnung getragen. Die Koordination für eine geordnete Umsetzung obliegt dem BFE, swisstopo und den Standortkantonen.

Fazit 2: Der Bundesrat hat seit Annahme der Motionen die schweizerische Energieforschungslandschaft im Bereich der tiefen Geothermie nachhaltig gestärkt und damit neue Perspektiven für die internationale Forschungszusammenarbeit geschaffen. Personelle und institutionelle Kapazitäten wurden durch die Einrichtung des SCCER-SoE massiv gestärkt. Im Bereich der Forschungsinfrastrukturen werden einheimische Forschungsinfrastrukturen ausgebaut, deren internationale Positionierung über die Teilnahme am European Plate Observatory System EPOS, einer European Strategic Forum Research Infrastructure, gestärkt wird. Diese Einrichtungen eröffnen weitere Möglichkeiten für die Realisierung internationaler Forschungs-, Pilot- und Demonstrationsprojekte. Die Beteiligung an europäischen Forschungsrahmenabkommen wird – entsprechend den politischen Gegebenheiten – so weit wie möglich

³¹ ³¹ «Energy from the Earth. Deep Geothermal as a Resource for the Future?» TA-SWISS Study TA/CD 62/2015, Stefan Hirschberg, Stefan Wiener, Peter Burgherr (eds.), vdf Hochschulverlag AG, 524 Seiten, ISBN 978-3-7281-3654-1 (Buch) / Download open access (TA 62/2015 e)



verstärkt. Die Beteiligung am Geothermal Technology Collaboration Program der Internationalen Energieagentur IEA Geothermal TCP, sowie an der International Partnership for Geothermal Technology IPGT eröffnet den Zugang zu und eine aktive Beteiligung an Projekten ausserhalb Europas soweit es verfügbare Finanzmittel der Schweiz zulassen.

Fazit 3: Eine effiziente Anreizsetzung über Steuern und Abgaben erfolgt in zunehmend mehr Kantonen der Schweiz über die kantonalen Gesetze zur Nutzung des Untergrunds. Dort wird meistens auf Konzessionsgebühren für die Geothermie verzichtet oder sie werden sehr tief gehalten. Weitere Steueranreize sind auf Grund des geringen Steuersubstrats nicht empfehlenswert. Die Einführung der neuen Förderinstrumente für Geothermie-Strom- und Wärmeprojekte würden positive Auswirkungen auf projektökonomische Aspekte der Projektentwicklung haben und reflektieren die positiven lokalen Externalitäten, die auf die Allgemeinheit übertragen werden könnten. Der Bundesrat plant petrothermale Geothermieanlagen als neue Kategorie in das Einspeisevergütungssystem aufzunehmen. Die Vergütungssätze sollen im Vergleich zur bereits existierenden Kategorie der hydrothermalen Geothermieanlagen um 7,5 Rp./kWh produzierte Elektrizität erhöht werden, um den zusätzlichen Kosten für die Reservoir-Stimulation Rechnung zu tragen.

Wenn auch in erster Linie Instrumente zum Transfer des technischen Fündigkeitsrisiko, würden Geothermie-Erkundungsbeiträge und die Geothermie-Garantie eine starke Wirkung auf die Rentabilität von Projekten haben, da der erwartete Barwert von Geothermieprojekten erhöht würde. Das Risiko einer Fehlanreizsetzung ist minimiert worden, wobei eine Rückforderung das letzte Mittel ist, um übermässige Gewinne zu verhindern.

Fazit 4: Die Kompetenz der Regelung über die Nutzung des Untergrunds liegt weitgehend bei den Kantonen, die ihrerseits die Nutzung des Untergrundes an die Gemeinden delegieren können. In der Bundesverfassung gibt es keine explizite Regelung über die Nutzung des Untergrundes. Nichtsdestoweniger unterstützt der Bund wie im Postulatsbericht Riklin 11.3229 detailliert die Bestrebungen der Kantone. Konkret erarbeitet der Bund zusammen mit den Bewilligungs-, Vollzugs- und Aufsichtsbehörden der Kantone, Richtlinien für Tiefbohrungen und assoziierten Arbeiten, und mit dem Schweizerischen Erdbebendienst Richtlinien zur Überwachung des Risikos der induzierten Seismizität.



Quellenverzeichnis

BFE 2012: Energiestrategie 2050 – Erstes Massnahmenpaket, [Zusammenstellung der Massnahmenbeschriebe \(Arbeitsdokumente\)](#), pp. 115-140 Dezember 2012.

CO₂-Verordnung: Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emissionen (CO₂-Verordnung) gemäss Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017; abrufbar unter: https://www.admin.ch/ch/d/gg/pc/documents/2833/Energiestrategie-2050_Entwurf-CO2-V_de.pdf .

Energy from the Earth. Deep Geothermal as a Resource for the Future?, TA-SWISS Study TA/CD 62/2015, Stefan Hirschberg, Stefan Wiemer, Peter Burgherr (eds.), vdf Hochschulverlag AG, 524 Seiten, ISBN 978-3-7281-3654-1 (Buch) / Download open access (TA 62/2015 e).

EnG: Energiegesetz (EnG) vom 30. September 2016, Referendumsvorlage: BBl 2016 7683. Das Bundesgesetz ist noch nicht angenommen worden.

EnV: Energieverordnung (EnV) gemäss Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017; abrufbar unter: https://www.admin.ch/ch/d/gg/pc/documents/2833/Energiestrategie-2050_Entwurf-EnV_de.pdf .

EnFV: Verordnung über die Unterstützung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien (EnFV) gemäss Vernehmlassungsvorlage vom 1. Februar 2017; abrufbar unter: https://www.admin.ch/ch/d/gg/pc/documents/2833/Energiestrategie-2050_Entwurf-EnFV_de.pdf .

Sigfusson, Bergur and Andreas Uihlein; 2015 JRC Geothermal Energy Status Report; EUR 27623 EN; doi: 10.2790/757652.