



**GEO THERMISCHE VEREINIGUNG E.V.**  
BUNDESVERBAND GEOTHERMIE

## Initiative

### Wissenschaftliches Bohrprogramm Geothermie

#### Vorbemerkung

Es ist politisches Ziel der Bundesregierung, den Anteil Erneuerbarer Energien an unserer Energieversorgung deutlich zu steigern. Geothermie aus tieferen Reservoiren wird dabei eine entscheidende Rolle spielen müssen und zwar sowohl bei der Stromerzeugung als auch bei der direkten Nutzung (ohne Wärmepumpe) im Wärmemarkt. Ein Nahziel ist es, vor 2020 mindestens ein Gigawatt elektrische Leistung zu installieren. Ursprünglich war dieses Ziel schon für 2010 formuliert worden. Im Bereich Wärmemarkt wird angestrebt zusammen mit der oberflächennahen Geothermie langfristig die Markführerschaft zu übernehmen. Das Gigawatt-Ziel für geothermisch erzeugten Strom wird ohne zusätzliche Anstrengungen wohl nicht erreicht werden, obwohl eine ganze Reihe von Stromprojekten in der Ausführung sind, die teilweise noch in 2007 ans Netz gehen werden. Darüber hinaus ist eine Vielzahl von Aufsuchungsgenehmigungen vergeben worden. All dies wird jedoch alleine nicht ausreichen, die vereinbarten Ziele zu erreichen.

Die schleppende Entwicklung vieler Projekte liegt neben der Wirtschaftlichkeit auch in den Risiken begründet, die Reservoire bohrtechnisch zu erschließen und die erforderlichen Eigenschaften der Reservoire anzutreffen. Beide Risiken können durch bessere Kenntnis des geologischen Untergrunds deutlich verringert werden. Bessere Kenntnisse führen zu erhöhter Planungssicherheit bei der Niederbringung kostenintensiver Tiefbohrungen und ermuntern potenzielle Investoren.

#### Notwendigkeit

Die Detailkenntnis der Struktur des geologischen Untergrundes in der Bundesrepublik Deutschland variiert regional sehr stark. Dies ist hauptsächlich eine Folge der unterschiedlichen Dichte von Explorationsbohrungen im jeweils relevanten Tiefenbereich. Für die Kohlenwasserstoffindustrie (28.000 Bohrungen), für den Steinkohlen- (>1.000 Bohrungen) und Braunkohlenbergbau (250.000 Bohrungen) wurden in der Nachkriegszeit Hunderttausende von Explorationsbohrungen niedergebracht, so dass über die entsprechenden Gebiete recht zuverlässige Informationen vorliegen. Die Geothermie kann, als sehr junger Industriezweig auf derartige geschichtlich gewachsene Informationen in den für sie interessanten Gebieten nicht zurückgreifen. Lediglich in Gebieten, die sich insbesondere mit Interessensgebieten der KW-Industrie überlappen bestehen aus deren Explorationstätigkeit teilweise brauchbare Daten, wobei nur wenige Kohlenwasserstoffbohrungen in die für die Geothermie relevanten Tiefen abgeteuft wurden..

Die für Geothermie interessanten Gebiete lassen sich unterteilen in Gebiete mit

- Heißwasserlagerstätten, Wasserführende Reservoire die zur Nutzung keine wesentliche Stimulation benötigen,
- Tiefreichende Störungszonen und
- Lagerstätten mit primär nur geringer oder keiner Wasserdurchlässigkeit genannt EGS (Enhanced Geothermal Systems), die zur Nutzung zusätzliche Stimulationsmaßnahmen erfordern (dazu gehören z.B. auch HDR- Reservoire (trockenes, dichtes Gestein))



Die bei weitem vielversprechendsten Erdwärmereservoirs sind nur durch EGS- Technologie zugänglich. Langfristig wird eine nennenswerte Stromversorgung aus Geothermie nur mit dieser Technologie möglich sein. In den nächsten Jahren werden sich allerdings realisierte Projekte auf eher Wasserführende Lagerstätten konzentrieren, die zum Teil aber noch zusätzliche Stimulationen zur Erzeugung geeigneter Wegsamkeiten für das vorhandene Tiefenwasser benötigen.

### *Heißwasser- Aquifere*

Geeignete Reservoirs finden sich insbesondere

- Im Norddeutschen Becken
- Im Oberrheingraben
- In der Bayrischen Molasse

Temperatur und maximale Ergiebigkeit des tiefen Grundwasserleiters sind durch die Natur vorgegeben; die Erschließung birgt deshalb vor allem ein Fündigkeitsrisiko. Nach Einschätzung der TAB-Studie ist der Aquifer mit dem kleinsten technischen Potenzial, der Malmkarst im Süddeutschen Molassebecken, hinsichtlich der Fließrate der qualitativ beste. Hier kann das Fündigkeitsrisiko quantifiziert werden, so dass die Investitionskosten ggf. über privatwirtschaftliche Versicherungslösungen abgesichert werden können. Bei den Aquifere des Oberrheingrabens reichen die zur Verfügung stehenden (strukturellen und hydraulischen) Daten aus dem tiefen Untergrund in der Regel nicht aus, um gesicherte Aussagen zur Erfolgswahrscheinlichkeit liefern zu können. Dies trifft teilweise auch auf die tiefen Aquifere in Norddeutschland zu. Trotz bestmöglicher Vorbereitung von Projekten schrecken private Investoren in diesen Regionen vor (Fehl-) Investitionen zurück. Für diese Gebiete wird analog zum Vorgehen in der Erdöl-/Erdgas-Industrie vorgeschlagen:

- Optimierte seismische Erkundung,
- Abteufen von Erkundungsbohrungen,
- Erprobung von Stimulationsverfahren zur Steigerung der Ergiebigkeit (z. B. Frac-Tests, Säureinjektion) in diesen Bohrungen,
- im Erfolgsfall geothermische Nutzung zur Strom- und Wärmeversorgung.

In allen drei Regionen sind diese Reservoirtypen nicht ausreichend exploriert, um Geothermie- Projekte relativ risikolos entwickeln zu können. In weiten Zonen lassen sich zwar die in der Tiefe anzutreffenden Temperaturen relativ zuverlässig vorhersagen, nicht jedoch die erreichbaren Fördermengen der Tiefbrunnen. Ferner ist für die meisten Standorte die erzielbare Ergiebigkeit durch die Anwendung der Verfahren der geothermischen Reservoirstimulation angesichts geringer Anzahl an durchgeführten Projekten noch nicht vorhersehbar. Diese Daten lassen sich nur durch eine ausreichende Zahl von Explorationsbohrungen gewinnen. Neben dem reinen Niederbringen der Bohrung sind auch geeignete Messungen in und an den Bohrungen und im Umfeld durchzuführen. Die Explorationsaufgabe stellt sich für die drei großen Gebiete etwas unterschiedlich dar. Hohe Wassermengen sind in allen drei Regionen an unterirdische Strukturen gebunden, sog. Störungszonen. Diese Zonen sind dort für die geothermische Nutzung geeignet, wo sie in expansivem Umfeld stark zerklüftet und offen sind. Diese Zonen können über 100m breit sein. Deshalb sind zur Abbildung der Strukturen Umfelduntersuchungen wie z.B. die 3D-Seismik notwendig. Ein geeigneter Standort für die Position der Tiefbohrung sowie der Bohrfad kann dann gezielt festgelegt werden

### *Tiefreichende Störungszonen*

Die Erschließung der Störungszonen setzt eine intensive seismische Erkundung (3D-Seismik) des Untergrunds voraus. Die Lage (Einfallen und Verlauf) und die Breite der Störungszone muss vor der Erschließungsbohrung bekannt sein. Dies ermöglicht das Aufschließen der wasserführenden Zone durch einen



geneigten und zur Lage der Störungszone optimal ausgerichteten Bohrverlauf. Bei nicht ausreichendem Anschluß an die Störungszone kann die Bohrung verlängert oder verzweigt (Side-Track) werden. Neben der Bohrtechnik bieten Stimulationsverfahren hydraulische Stimulation mittels Wasser-Fracs und geg. Säuerungen die Möglichkeit die Störungszone optimal zu Erschließen und die Wassermengen zu maximieren.

Zur Erprobung und Optimierung dieser Verfahren wird folgender Ablauf vorgeschlagen:

- Vorerkundung durch 3D-Seismik
- Pilotbohrungen in wissenschaftlich ausgewählte Tiefreichende Störungszone,
- Hydraulische Tests in Störungen zur Untersuchung ihrer hydraulischen Eigenschaften,

Weitere bohrtechnische Erschließung, Säuerungen und Wasser-Fracs in oder an Störungen zur Verbesserung ihrer hydraulischen Eigenschaften.

### *Enhanced Geothermal Systems*

Die Nutzung des wenig undurchlässigen tiefen Untergrunds mit dem EGS-Verfahren birgt theoretisch kein Fündigkeitsrisiko, da Bohrtiefe und mithin Temperatur wählbar sind und die für den Wärmeentzug benötigten Riss-Systeme künstlich geschaffen werden. Trotz der erfolgreichen Experimente, besonders im Projekt Soultz, besteht jedoch noch ein beträchtliches methodisches Risiko. Die bisherigen Bohrlochabstände und Fließraten sind für eine kommerzielle Anwendung noch zu niedrig. Hier könnte neben dem Konzept zwischen zwei vertikalen Bohrungen ein Rissystem aufzubauen ein alternatives Konzept zum Durchbruch führen: Mit Hilfe der Horizontalbohrtechnik werden zwei übereinanderliegende Zonen erschlossen, die über hydraulische Stimulation mit senkrechten Rissen verbunden werden:

- Errichtung einer Dublette mit tiefliegenden Horizontalbohrungen in 5 km und 3 km.

Zum anderen muss die Übertragbarkeit der bisherigen Erfahrungen auf beliebige Standorte ermöglicht werden. Die Standortbedingungen, insbesondere Gesteinseigenschaften, tektonische Spannungen, Kluftgitter und Existenz von Störungen haben einen erheblichen Einfluss auf Ausbildung und Eigenschaften der geschaffenen oder stimulierten Riss-Systeme. Es ist daher zzt. noch nicht sicher, ob das Hot-Dry-Rock-Verfahren an allen Standorten in den ausgewiesenen Kristallingebieten anwendbar ist und welcher Anteil des riesigen Potenzials tatsächlich nutzbar ist. Aus den genannten Gründen ist vor allem erforderlich:

- Errichtung von Demonstrationsvorhaben unter unterschiedlichen Standortbedingungen.

## **Inhalte**

Das übergeordnete Ziel, d.h. der Geothermie ausreichende Information zur risikoarmen Entwicklung von Geothermie-Projekten zur Verfügung zu stellen, lässt sich nur durch ein gezieltes und systematisches Bohrprogramm erreichen, d.h. die Erkundung und Charakterisierung bestimmter Reservoirtypen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die gewonnenen Erkenntnisse verallgemeinerbar sind und auf andere Standorte übertragbar sind. Insgesamt müssten für etwa zehn verschiedene Reservoirtypen mindestens 50 Bohrungen in einem Zeitraum von 10 Jahren abgeteuft werden, wenn eine verlässliche Aussage erreicht werden soll. Verglichen mit den zahlreichen Bohrungen aus der Kohlenwasserstoff-Industrie und aus dem Kohlebergbau sind die 50 Bohrungen immer noch eine sehr kleine Zahl, dennoch ist zu erwarten, dass das Programm wesentlich zur Erweiterung geologischer, hydraulischer und geomechanischer Informationen in geothermisch interessanten Gebiete beiträgt. Langfristig können weitere Informationen aus bereits laufenden und zukünftigen durch private Initiativen realisierten Projekten erwartet werden. Die wissenschaftlichen Bohrungen umfassen außer dem Niederbringen der Bohrung geeignete Messungen und Tests zur Charakterisierung des unmittelbaren Bohrlochumfeldes sowie des Reservoirs selbst, sowie weitere



geologische und vorgeschaltete geophysikalische Untersuchungen (insbesondere 3D-Seismik) im Umfeld der Bohrungen. Eine Weiterentwicklung der Bohrtechnik und eine bessere Anpassung an die besonderen Belange der Geothermie soll das Bohrprogramm ergänzen.

### *Bohrungen*

Das Niederbringen einer Tiefbohrung, die Reservoircharakterisierung und die möglicherweise notwendige Reservoirstimulation sind das Herzstück des Wissenschaftlichen Bohrprogramms Geothermie. Genaue Bedingungen unter denen derartige Projekte beantragt werden können werden durch eine *wissenschaftliche Steuerungsgruppe (Kuratorium)* vorgegeben. Wesentlich wird hierbei sein:

- Seismische Vorerkundung
- Relevanz der Lage der Bohrung zu übergeordneten Explorations- und Erschließungszielen
- Typ des zu untersuchenden Reservoirs (Strukturgeologische Geometrie, etc)
- Abstand zu bereits bestehenden oder beantragten Bohrprojekten
- Schlüssiges Nachnutzungskonzept
- Kompetenz des Antragstellers und der wissenschaftlichen Betreuung
- Kompetenz des Antragstellers zur technisch wirtschaftlichen Abwicklung des Projekts

### *Umfelduntersuchungen*

Als wichtigste Umfelduntersuchung vor der eigentlichen Bohrtätigkeit ist die Erstellung eines 3D-Seismikmodells unerlässlich. Solche Untersuchungen sind erforderlich zur Erkundung der Geometrie des Reservoirs und Störungsmuster und damit essentiell für die Festlegung des Bohrungsstandortes. Geophysikalische und hydraulische Untersuchungen im Bohrloch und damit die Beurteilung über die Ergiebigkeit einer Geothermiebohrung sind nur unter Einbeziehung der Umfelduntersuchungen sinnvoll interpretierbar.

### *Technologieentwicklung*

Das skizzierte Forschungsprogramm soll insbesondere auch die Entwicklung von Messtechnik, speziell konzipiert für die Anforderungen der Geothermie umfassen. Dies beinhaltet u.a. auch die „Downhole“-Messtechnik, (Seismic) Prediction while Drilling ((S)PWD) „Measurement While Drilling (MWD)“-Technik, die erlauben, bereits während des Bohrfortschritts die vorausliegenden Schichten und Störungen zur erfassen, Aussagen zu den Reservoircharakteristiken zu machen und damit die Bohrung an die entsprechenden Erfordernisse anzupassen.

Bei einem mehrjährigen wissenschaftlichen Programm wird die Bohrtechnik und die EGS- Technologie während der Programmlaufzeit fortschreiten. Dieses kann und soll durch das Programm begleitet werden. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass die besonderen Belange der Geothermie berücksichtigt werden und dass Weiterentwicklungen, die aus der Kohlenwasserstoffindustrie bekannt werden zeitnah für die Geothermie genutzt werden.

## **Struktur/ Organisation**

### *Wissenschaftliche Steuerungsgruppe(Kuratorium)*

Letzte Verantwortung für den wissenschaftlichen Erfolg des Programms trägt eine hochkarätig besetzte wissenschaftliche Steuerungsgruppe (Kuratorium). Sie ist für die wissenschaftliche Bewertung der Anträ-



ge, für Evaluierungen und Ergebnisabnahme zuständig. Ihre Mitglieder werden vom Ministerium bestimmt.

### *Projekträger*

Beim zuständigen Projekträger wird eine Sondergruppe zur Betreuung des Wissenschaftlichen Bohrprogramms Geothermie eingerichtet. Diese Gruppe ist für die kaufmännisch- administrative Abwicklung der Projekte zuständig

### *Geschäftsstelle*

Eine einzurichtende Geschäftsstelle nimmt das Tagesgeschäft wahr. Sie organisiert das Zusammenspiel der anderen Organe.

### *Technical Support Team*

Tiefbohren ist technisch hoch komplex und stellt hohe Anforderungen an administrative und technische Abläufe. Die großen Unternehmen der Kohlenwasserstoffindustrie unterhalten Spezialabteilungen zur Betreuung ihrer Bohrungen bei denen sich entsprechendes Wissen über Jahre angesammelt hat. Die Auftraggeber von Bohrungen zur Geothermie können dies nicht leisten. Sie führen in der Regel nur ein Projekt durch (Stichwort ‚Bürgermeisterprojekte‘). Es ist daher ein wesentlicher Bestandteil des Wissenschaftlichen Bohrprogramms Geothermie, technisches Wissen und Erfahrung mit geothermischen Tiefbohrungen an einer Stelle zu sammeln und so alle positiven Effekte einer Lernkurve zusammenzuführen. Das Technical Support Team ist zunächst nur für die Bohrungen des Programms zuständig. Die Wissenskonzentration in diesem Team gestattet aber auch die Verbreitung und Nutzung des Wissens für andere, extern finanzierte, Geothermie- Tiefbohrungen.

## **Mittelbedarf**

Wegen der hohen Kosten einer einzelnen Bohrung sind die Gesamtkosten des Programms nicht unerheblich. Bei Kosten von ca. 6 Mio. € pro Bohrung würde ein 50-Bohrungen Programm Gesamtkosten von ca. 300 Mio. € umfassen. Hinzu kommen Kosten für die begleitende Forschung sowie Umfelduntersuchungen und möglicherweise Mittel für Projekte die technische Weiterentwicklungen zum Ziel haben. Dabei ist von einem zusätzlichen Bedarf von ca. 1 Mio. € je Bohrung auszugehen. Diese Kosten werden sich auf einen längeren Zeitraum verteilen (10 Jahre). Es ist davon auszugehen, dass eine größere Zahl der Bohrungen anschließend kommerziell genutzt werden kann. Deshalb kann hieraus ein entsprechend hoher Mittelrückfluss erwartet werden. Es ist damit zu rechnen, dass, bei einer geeigneten Ausformulierung des Programms davon auszugehen ist, dass die Zuschüsse weniger als 50% der Gesamtkosten betragen werden. Es ist zu überlegen, das geothermische Bohrprogramm mit der Geothermischen Technologieentwicklung im Rahmen der Programmforschung der deutschen Helmholtz Gemeinschaft abzugleichen. In diesem Fall bestünde die Option durch Einsatz der Bohranlage des GeoForschungsZentrums Potsdam für das Bohrprogramm Synergien zu generieren.

Ähnliche Überlegungen werden im Rahmen des ENGINE Projektes der EU Kommission diskutiert. Das ENGINE- Netzwerk organisiert eine Stakeholdergruppe, die aus Industrievertretern (ENEL, Herrenknecht, Schlumberger, EnBW, RWE DEA u.a.) zusammengesetzt ist und auf europäischer Ebene ein Geothermisches Bohrprogramm vorantreibt.