



## Forschungsbedarf Geothermie

Um die Ziele des Bundesverbandes Geothermie und den erwarteten weiteren Ausbau der Geothermie durch bedarfsgerechte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten voranzubringen, wurde dieser Bericht erarbeitet. Dieser führt den Stand der oberflächennahen sowie der tiefen Geothermie und die größeren laufenden bzw. kürzlich abgeschlossenen Forschungsprojekte in Deutschland und Europa auf, um dann im dritten Teil stichwortartig den Forschungsbedarf darzustellen. Der Bericht stellt dabei die einzelnen Punkte wertneutral nebeneinander, wobei darauf geachtet wurde, dass die Technologie vollständig von der Ressource bis zur Bereitstellung von Strom, Wärme und/oder Kälte abgebildet wurde.

Dieser Bericht, der dank der Zuarbeit von Ernst Huenges, Rolf Bracke, Martin Sauter, Rüdiger Schulz, Stefanie Frick, Werner Bussmann, Burkhard Sanner und Horst Rüter entstanden ist, soll helfen, die Diskussion um den Forschungsbedarf im o.g. Sinne zu versachlichen. Dieser Bericht stellt ein sogenanntes „lebendes Dokument“ dar und soll kontinuierlich durch fachbezogene Beiträge verbessert werden können.

## Stand Herbst 2008

### Oberflächennahe Geothermie

- Oberflächennahe Erdwärme wird in einer Vielzahl von Anlagen, die aus einer Wärmequellen- und einer Wärmepumpenanlage bestehen, bereits heute genutzt. Das große technische Potenzial dieser Möglichkeit einer Wärmebereitstellung aus geothermischer Energie ist in Deutschland aber bei weitem nicht ausgeschöpft. Es werden hier ausschließlich Anlagen unterstützt, die eine ausreichend hohe Jahresarbeitszahl (> 4) haben und dementsprechend ökologisch sinnvoll sind.
- In Deutschland sind derzeit mehr als 120.000<sup>1</sup> derartiger Systeme installiert. Die jährliche Bereitstellung von Heizenergie (nur regenerativer Anteil) beträgt damit mehr als 15 PJ. In den letzten Jahren ist das jährliche Marktvolumen in Deutschland kontinuierlich auf einen Umsatz von über 500 Mio. €<sup>2</sup> im vergangenen Jahr angestiegen. In 2007 wurden ca. 27.000<sup>3</sup> erdgekoppelte Wärmepumpensysteme abgesetzt. Heute werden fast 20 % der Neubauten mit Erdwärme-Heizsystemen ausgestattet. Als Wärmequellen werden dabei ca. zum großen Teil Erdwärmesonden installiert, Der Rest verteilt sich auf andere Systeme (Grundwasseranlagen, Erdwärmekollektoren usw.). Vor allem im Bereich des Niedrig- und Passivhausbaus – und hier insbesondere bei der Klimatisierung (d. h. Heizung im Winter und Kühlung im Sommer) – ist diese Technologie technisch und wirtschaftlich bestens geeignet.
  - <sup>1</sup> Zahlen auf Basis BWP
  - <sup>2</sup> 27.000 Neuanlagen in 2007 x ca. 18.000 € pro Anlage
  - <sup>3</sup> Zahlen auf Basis BWP
- Der Einsatz im industriellen und gewerblichen Wärmemarkt ist aufgrund des niedrigen Temperaturniveaus auf spezielle Anwendungen begrenzt. In Deutschland dürften es derzeit maximal insgesamt 5 500 Anlagen sein.



### Forschungsbedarf Geothermie

- Die Technologie hat sich insbesondere als Heizsystem für die Bereitstellung von Gebäudewärme inzwischen etabliert. Mit steigenden Öl- und Gaspreisen wird die Anwendung zunehmend wirtschaftlicher.
- Um wirklich den entscheidenden Beitrag zur CO<sub>2</sub> Minderung im Bereich Wärme/ Kälte zu leisten sind Verfahren zur Nutzung und Marktdurchdringung im Gebäudebestand zu entwickeln.

### **Tiefe Geothermie**

- Die Nutzung Erdwärme aus größeren Tiefen hat in den letzten Jahren in Deutschland ein deutliches Wachstum erfahren. Den politischen Rahmen für diese positive Entwicklung bildete das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, das F&E-Ansätzen einen entscheidenden Impuls gegeben hat.
- Tiefe Geothermie wird in Deutschland auf zweierlei Weise genutzt, erstens zur Wärmeversorgung, meist ohne den Einsatz einer Wärmepumpe und zweitens zur Stromversorgung, meistens mit Wärmeauskopplung.
- Tiefe Geothermie im Niedertemperatur- Wärmemarkt ist in diesem Sektor die ökologischste Option, ist aber abhängig vom Ausbau geeigneter Nahwärmenetze.
- Die Novellierung des EEG hat die Erdwärmenutzung zur Stromerzeugung zudem auf eine solide finanzielle Basis gestellt und erstmals attraktive Anreize für langfristige Investitionen in Geothermieanlagen zur Stromerzeugung geschaffen.
- Erdwärme zur Stromerzeugung wird heute als ernst zu nehmende Option mit einem erheblichen und energiewirtschaftlich relevanten Potenzial für eine nachhaltige Energieversorgung wahrgenommen, die sowohl Grundlast und ggf. auch nachfragegerecht regulierbaren Spitzenlaststrom als auch Nutzwärme – sowohl in gekoppelter Erzeugung als auch jeweils getrennt – bereitstellen kann.
- Derzeit laufende F&E-Anstrengungen konzentrieren sich auf die Entwicklung von Konzepten zur Bereitstellung von Grundlaststrom aus Erdwärme. Der erfolgreiche Betrieb des ersten geothermischen Heizkraftwerkes in Deutschland am Standort in Neustadt-Glewe und der Inbetriebnahme des ersten größeren Kraftwerkes in Landau stellen hier Meilensteine dar und demonstrieren, dass Stromerzeugung auch unter hiesigen geologischen Bedingungen prinzipiell realisierbar ist. Anstehende Fragestellungen sind nunmehr die Erschließung von Optimierungs- und Kostenreduktionspotenzialen, um eine Stromerzeugung aus Erdwärme kostengünstiger und damit wettbewerbsfähig zu machen.
- Nach Branchenschätzungen gibt es in Deutschland mittelfristig Ansätze für ca. 50 Geothermieanlagen zur Strom- bzw. zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung vorrangig im Oberrheingraben, im Süddeutschen Molassebecken und im Norddeutschen Becken. Im Wesentlichen werden dabei zwei Konzepte verfolgt: die Erschließung und Nutzung von Hydrothermalsystemen (d. h. heißwasserhaltigen Lagerstätten wie beispielsweise in Landau, Unterhaching und in Groß Schönebeck) und die



## Forschungsbedarf Geothermie

Erschließung kristalliner Gesteinsformationen, die sog. HotDryRock(HDR)-Systeme (d. h. Lagerstätten mit hoher Temperatur und primär niedriger Durchlässigkeit wie beispielsweise in Soultz-sous-Forets (Frankreich)).

- In Soultz-sous-Forets, einem HDR-Standort im Kristallin, wurde 2008 eine wissenschaftliche Pilotanlage mit mehreren MW elektrischer Leistung in Betrieb genommen. Während die geothermische Heizzentrale in Unterhaching schon die Wärmeversorgung aufgenommen hat, laufen die Vorbereitungen für die Inbetriebnahme eines Kraftwerkes mit einer elektrischen Leistung von 1 bis 3 MW. Technologieentwicklungsprojekte wie das In-situ-Geothermielabor Groß Schönebeck und GeneSys (Horstberg) im Norddeutschen Becken zielen auf die Entwicklung innovativer Technologien zur gezielten Produktivitätssteigerung geothermischer Lagerstätten. Hier wurden in den letzten Jahren erfolgversprechende Ergebnisse erzielt, die es weiterzuführen gilt. Das In-situ- Geothermielabor Groß Schönebeck wurde mittlerweile mit einer zweiten Bohrung zu einer Dublette ausgebaut und erfolgreich separat in verschiedenen Teufenabschnitten stimuliert.

## Große aktuelle Forschungsprojekte

### Oberflächennahe Geothermie

- MIWFT NRW: Wärmeversorgung städtebaulicher Großprojekte aus Konversionsflächen der Montanindustrie, GeothermieZentrum Bochum (GZB)<sup>4</sup>
- EU: Groundhit GROUND source heat pumps of High Technology (CRES et al.) June 2004 - May 2008<sup>5</sup>
- BMBF: GeoJetting – geotechnical downhole High Pressure Abrasive Drilling. (GeothermieZentrum Bochum; 2007-2010).
- BMBF: Entwicklung und Erprobung eines skalierbaren Anlagenkonzeptes für zentrale Erdwärmetauscher zur Wärmeversorgung großer und wachsender Infrastrukturen – GEOSTAR (GeothermieZentrum Bochum; 2008-2011).
- IEA, BMWi:- Thermisches Monitoring an Nichtwohngebäuden mit Einsatz von oberflächennaher Geothermie und Validierung von Wärmeeintrag- und Entzug in den Untergrund - FH Biberach, Karlsruhe und Hannover.

### Speicherung

- BMWi: Thermische Unterspeicherung in Energiesystemen: Optimierung der Einbindung der Aquiferspeicher in die Wärme- und Kälteversorgung der Parlamentsbauten im Berliner Spreebogen GFZ, TU Berlin, Uni Lüneburg, GTN 07/ 2005 - 11/2008<sup>6</sup>

<sup>4</sup> <http://www.fh-bochum.de/geothermie/projekte/dortmundphoenix-see.html>

<sup>5</sup> [http://ec.europa.eu/energy/res/fp6\\_projects/doc/geothermal/presentations/groundhit\\_presentation.pdf](http://ec.europa.eu/energy/res/fp6_projects/doc/geothermal/presentations/groundhit_presentation.pdf)

<sup>6</sup> <http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb52/projects/Reichstag/welcome.html>

### Tiefe Geothermie



### *Gesamttechnologie*

- BMU: Evaluierung von Methoden und Instrumenten geothermischer Technologie zur Bereitstellung von Strom, Wärme und/oder Kälte, GFZ, 01.04.07 - 31.03.09<sup>7</sup>
- EU: ENhanced Geothermal Innovative Network for Europe, BRGM et al., 01.11.2005-30.04.2008<sup>8</sup>
- BMU: Technologieentwicklung zur Effizienzsteigerung des geothermischen Kraft-Wärme-Kopplungsprozesses am Standort Neustadt-Glewe, Erdwärme Kraft GbR, Berlin, GTN, Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH, 01.09.2005 – 31.01.08
- EU: European geothermal project for the construction of scientific pilot plant based on an Enhanced Geothermal System (EGS PILOT PLANT), GGA, BGR, MESY et al, 01.04.2001 – 01.04.2007
- Teilw. BMU: Geothermieprojekt Unterhaching, (4,8 Mio €)
- Potenzialstudie Tiefe Geothermie des Geologischen Dienstes NRW<sup>9</sup>

### *Erkundung*

- EU: Integrated Geophysical Exploration Technologies for Deep Fractured Geothermal Systems (I-GET), GFZ et al., November 2005 - April 2009<sup>10</sup>
- BMU: Einsatz von 3D-Seismik zur Reduzierung des Fündigkeitsrisikos bei Geothermieprojekten, Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), 01.11.2006-31.10.2009<sup>11</sup>
- BMU: Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland, GGA, GTN, LGRB, LUNG, LMU, 01.09.2005 – 31.05.2009
- BMU: Bereitstellung statistisch abgesicherter thermischer Gesteinseigenschaften für den flachen und tiefen Untergrund der Bundesrepublik Deutschland, RWTH Aachen, 01.09.2006 – 31.08.2009
- BMU: „Smart Tracers“, Tracerversuche zur Charakterisierung von sedimentären Geothermalreservoirs, Uni Göttingen, 1.9.06-31.8.09

### *Erschließung*

- BMU: Langzeit-Korrosionsuntersuchungen und -Monitoring in salinarem Thermalwasser, GFZ 01.07.2008 - 30.06.2011.
- BMU: Entwicklung einer Förderpumpe für den Einsatz im Bereich der geothermischen Energiegewinnung - Temperaturbereich 150°/160°C, Flowserve Hamburg GmbH, 01.08.2006 – 31.07.2009
- BMU: Verbundprojekt: Hot-Dry-Rock-Projekt Soultz: Zweite Phase der Erstellung einer wissenschaftlichen Pilotanlage, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), MeSy Geo Meßsysteme GmbH, GTC Kappelmeyer GmbH, 01.04.2004 – 30.09.2008
- BMU, BMWA: Hydrogeothermische Modellierung des HDR-Wärmetauschers Soultz, GGA<sup>12</sup>



**GEOTHERMISCHE VEREINIGUNG**  
BUNDESVERBAND GEOTHERMIE E.V.

### Forschungsbedarf Geothermie

- BMU: Verbundprojekt: GeneSys Horstberg II - Methoden und Konzepte zur Erdwärmegewinnung aus gering permeablen Sedimentgesteinen, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), 01.04.2005-31.12.2008
- BMU: Direktwärmenutzung aus gering permeablen Sedimentgesteinen (GENESYS) 13
- BMU: Verbundprojekt: Langfristige Betriebssicherheit geothermischer Anlagen, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), GTN GmbH, Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.v., 01.05.2004- 31.12.2008
- BMU: Entwicklung einer neuen Bohranlagentechnik für tiefe Geothermie, Herrenknecht Vertical GmbH, 01.08.2005 - 31.07.2008
- BMU: Anpassung der Bohrtechnologie an die Erfordernisse der Geothermie, Herrenknecht Vertical GmbH, 01.08.2006 – 31.12.2009
- BMU: Multihorizontansatz zur Erschließung ökonomisch relevanter Fließraten am Beispiel des Geothermieprojektes Landau, geox GmbH, 1.6.2005-31.5.2008
- NRW / EU: Entwicklung einer neuen Bohranlagentechnik für Explorationszwecke nach dem Coiled-Tubing-Prinzip; GZB, 2008-2012.

<sup>7</sup> <http://www.gfz-potsdam.de/geothermie>

<sup>8</sup> <http://engine.brgm.fr/>

<sup>9</sup> [http://www.gd.nrw.de/a\\_pjgt01.htm](http://www.gd.nrw.de/a_pjgt01.htm)

<sup>10</sup> <http://www.i-get.it/> oder <http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb52/projects/IGET/welcome.html>

<sup>11</sup> <http://www.gga-hannover.de/index2.htm>

### *Monitoring*

- EU: High Temperature Instruments for supercritical geothermal reservoir characterization and exploitation, ISOR et al. , 2006-2009

### *Wandlung*

- EU: Efficient low temperature geothermal binary power (LOW-BIN), CRES et al., 2006-2008

## **Forschungs- und Entwicklungsbedarf**

### **Oberflächennahe Geothermie**

#### *Wärmequellenanlage*

GTV-BV Entwurf von Huenges et al 05.11.2008



### Forschungsbedarf Geothermie

- Entwicklung von Optimierungsverfahren zur optimalen Positionierung und Verteilung von Sondenfeldern, angepasst an entsprechendem Untergrund.

<sup>12</sup> <http://www.gga-hannover.de/index2.htm>

<sup>13</sup> <http://www.gga-hannover.de/index2.htm>

- Kostensenkung durch Verbesserung der Bohrverfahren. Hier sind Technologien zu entwickeln, die schneller, kostengünstiger und speziell auf die Bedürfnisse der Geothermie abgestimmt sind. Gefragt sind u.a. Verfahren mit einem geringeren Energiebedarf für die Bohrtechnik und deren Hilfsaggregate sowie emissionsarme, d.h. schmierölfreie, Bohrwerkzeuge.
- Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Erdwärmesonden durch Verbesserung der Komplettierung und der verwendeten Materialien
- Entwicklung alternativer Wärmeentzugsarbeitsmittel (CO<sub>2</sub>) bzw. Weiterentwicklung der Direktverdampfungsverfahren (auf der Basis von nichtwassergefährdenden Arbeitsmedien).
- Entwicklung geeigneter zeitlich-räumlicher Monitoringwerkzeuge.
- Gebirgsoffene Mehr- und Einbohrlochanlagen mit und ohne Gebirgsstimulation zur Erhöhung der untertägigen Wärmetauscherfläche und zur Verbesserung der Volumenströme sowie Entwicklung von Instrumenten zur Quantifizierung der relevanten Wärmetransportprozesse (Numerisch, Tracer).
- Mitteltiefe Erdwärmesysteme zur Versorgung größerer (Bestands-)Objekte und Infrastrukturen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Großprojekte mit multiplen Abnehmern oftmals über viele Jahre entwickelt werden. Um die Wirtschaftlichkeit der Geothermie in Konkurrenz zu anderen Wärmeerzeugern gewährleisten zu können, müssen zur Reduktion der Erstinvestition „mitwachsende“ Erdwärmetauschersysteme entwickelt werden.

### *Wärmepumpen*

- Die Wärmepumpe selbst hat Einfluss auf die Jahresarbeitszahl der Geothermieanlage. Bei modernen Anlagen sollte eine Jahresarbeitszahl von 5 angestrebt werden. Zur Steigerung der Effizienz werden neben den vorgenannten Technologien auch Kompressoren mit geregelter (zweistufig/stufenlos) Drehzahl, Economiser sowie Kondensatkühlung eingesetzt bzw. entwickelt.
- Schwerpunkte der Entwicklung bei den Kompressor-Wärmepumpen waren und sind die eingesetzten Kältemittel mit dem Ziel eines möglichst geringen GWP (Global Warming Potential). Zur Diskussion stehen neben dem heute vor allem eingesetzten R134a (GWP 1 300) u. a. auch Trifluoressigsäuren (TFA), Fluorwasserstoff (HF) und CO<sub>2</sub>. Allerdings sind die Umwelteffekte bei TFA und HF noch nicht endgültig geklärt.
- In Europa wird die Anwendung der Erdwärmepumpe als wichtiger Bestandteil zur Erreichung der Ziele hinsichtlich Energieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Reduzierung angesehen.



### Forschungsbedarf Geothermie

- Die Entwicklung der Absorptionswärmepumpen, auch der Gaswärmepumpe, sollte in die Wirtschaftlichkeit führen.

### *Integration in Versorgungssysteme*

- Eine wesentliche F&E-Aufgabe liegt in der Weiterentwicklung der Nutzung von Geothermieanlagen zur Wärmespeicherung. Der Betrieb des Wärme- und Kältespeichers am Reichstag in Berlin liefert hierzu wichtige Erfahrungen. Angesichts der spezifischen Be- und Entladecharakteristika derartiger Speicher muss die Einbindung in spezielle Versorgungsaufgaben optimiert werden.
- Von großer Bedeutung beim erfolgreichen Einsatz von oberflächennahen Geothermiesystemen ist die Abstimmung des gesamten Heizsystems und des Gebäudewärmebedarfs an die Charakteristik der Wärmebereitstellung durch eine Wärmepumpe; beim Einsatz von Wärmepumpen kann nur mit einem Niedrigtemperatur-Heizsystem die höchste Effizienz (hohe Arbeitszahl) erreicht werden. Hierzu gehört insbesondere die Entwicklung von Niedertemperatur- Wärmeverteilsystemen für Bestandsbauten (z.B. NT-Radiatoren).
- Ein wesentlicher Punkt für den erfolgreichen Einsatz von oberflächennahen Geothermiesystemen ist die Abstimmung zwischen Heizsystem, dem Gebäudewärmebedarf sowie dem Benutzerverhalten. Dies ist insbesondere im Bereich der Altbausanierung der Schlüssel zum Erfolg.
- Ein hohes Marktpotenzial liegt im Bereich der Heizungsmodernisierung (Gebäudebestand) (ca. 3 Mio. alte Wärmeerzeuger stehen in Deutschland in nächsten Jahren zum Austausch an). Dazu sind aufgrund der begrenzten Vorlauftemperatur (max. 55 °C) das Heizsystem oder/und auch der Gebäudewärmebedarf, z. B. durch Isolierung an der Gebäudehülle, anzupassen.
- Regelung und Steuerung komplexer Niedertemperaturnetze mit mehreren Wärmequellen und Wärmeerzeugern unter Einbindung weiterer eventuell auch nichtgeothermischer Energieerzeuger (z.B. Biomasse-BHKW, Stirling-Motoren, Solarwärme). Hier sollten Demonstrationsvorhaben initiiert werden.
- Für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie sind in den letzten Jahren Normen bzw. Richtlinien erarbeitet worden. Diese positive Entwicklung muss fortgeführt werden. Zum verstärkten Bau von Wärmequellenanlagen müssen „Häuslebauern“ die notwendigen ortsspezifischen Informationen über den Untergrund verfügbar gemacht werden. Diesbezügliche Aktivitäten, wie sie z. B. von der EnergieAgentur.NRW bereits realisiert werden, sollten bundesweit verwirklicht werden.

### **Tiefe Geothermie**

- Wärmebereitstellung durch Nutzung tiefer Lagerstätten ohne den Einsatz von Wärmepumpen stellt die umweltfreundlichste Option der zukünftigen geothermischen Energiebereitstellung dar. Die Orte der Wärmequellen und der größeren Abnehmerstrukturen weichen voneinander ab, so dass der



## Forschungsbedarf Geothermie

Forschungs und Entwicklungsansatz darauf gezielt sein muss, entweder durch geeignete Technologien die Erdwärmennutzung ortsunabhängiger zu machen und/oder den Ausbau der Heiznetze voranzubringen.

- Der verstärkte Ruf nach einer grundlastfähigen Energieversorgung mit regenerativen Energien sollte eine weitere Förderung der tiefen Geothermie ausreichend rechtfertigen. Aufgrund des noch frühen Standes der Technik gilt es, die F&E-Ansätze und Erfolge zukünftig in adäquaten Programmen nicht nur fortzuschreiben, sondern auszuweiten. Zusätzlich sollten europaweite F&E-Aktivitäten und nationale Förderprogramme und Kompetenzen zukünftig stärker zusammengeführt und vernetzt werden. Um zuverlässige und langfristige Erfolge in der geothermischen Technologieentwicklung zu erzielen, muss Planungssicherheit für langfristig ausgerichtete F&E-Vorhaben und investierende Unternehmen geschaffen werden.
- Die technische Realisierbarkeit sollte in den nächsten Jahren anhand von mehreren Anlagen in Gebieten normaler geothermischer Verhältnisse (mögliche Energiegewinnung aus mittleren Tiefen zwischen 3 000 und 4 000 m) gezeigt werden. Diese Realisierung schließt die Sicherstellung eines ausreichenden und nachhaltigen Thermalwasserkreislaufes und die Optimierung der obertägigen Umwandlungstechnologien (Strom, Wärme, Kälte) mit ein.
- Schwerpunktmäßig sollten die geothermischen Technologien gefördert und weiterentwickelt werden, die nicht auf geothermische Anomalien beschränkt und somit weltweit auf andere Standorte übertragbar und exportfähig sind. Entwicklung einer umfassenden Strategie zur Einbindung der untertägigen Bergbauinfrastruktur in Thermalwassernetze auf Bergbaukonversionsflächen (stillgelegte und stillzulegende Steinkohlegruben).
- Die aktuelle Klimadiskussion und die Entwicklung von CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategien erfordern eine Quantifizierung der Emissionen, die eine geothermische Anlage im Bau, Betrieb und mit dem Rückbau, also im ganzen Lebenszyklus, verursacht. Diese Untersuchungen sind unbedingt notwendig, um belastbar mittelfristig den Klimaschutzbeitrag durch den Ausbau der Geothermie zertifizieren zu können.

### *Erkundung*

- Im Zentrum der F&E Aktivitäten sollte ein umfangreiches „Wissenschaftliches Bohrprogramm Geothermie“ stehen. Eine ausreichende Zahl (50-100) Explorationsbohrungen sollten öffentlich finanziert werden. Ziel ist die regionale und lokale Steigerung der für die Nutzung der Erdwärme unerlässlichen geowissenschaftlichen Informationen. Die Option kostengünstiger Explorationsbohrungen sollten evaluiert werden.
- Aufbau eines Systems zur Datensicherung und zum Austausch geowissenschaftlicher Daten
- Vor Abteufen einer Bohrung in eine geothermische Lagerstätte ist eine Reihe von Parametern in Kenntnis zu bringen. Die Wärmeverteilung im Untergrund, das Spannungsregime und potenzielle Wegsamkeiten sind neben dem



## Forschungsbedarf Geothermie

strukturellen Inventar des Untergrundes die Schlüsselemente einer notwendigen zu entwickelnden Explorationstechnologie.

- Geophysikalische Methoden sind geeignet, den Aufbau, die Geometrie und die Qualität geothermischer Reservoire zu bestimmen. Jedoch müssen vorhandene Methoden verbessert werden, zum Beispiel durch die Kombination verschiedener sensitiver Techniken (passive and aktive Seismik (2D, 3D), Magnetotelluric, etc.).
- Die Reservoir Imaging Strategie sollte großräumige Ansätze beinhalten und diese durch hochauflösende Experimente ergänzen. Die Interpretation Geophysikalischer Strukturen muss durch Labor und Bohrlochuntersuchungen sowie moderner Modellieretechniken unterstützt werden, so dass die Basis für eine Reservoircharakterisierung gegeben wird.
- Die Erfahrungen aus der Hydrocarbon Exploration müssen für Enhanced Geothermal Systems (EGS) modifiziert werden. EGS erfordern mehr Kenntnis über Kluft- und Störungssysteme und mit besonderer Berücksichtigung der Wasserführung.
- Entwicklung von Methoden zur Quantifizierung der Risiken der Erschließung geothermischer Lagerstätten unter Berücksichtigung der geologisch/hydrogeologischen Gegebenheiten, evtl. Alternativplänen im Falle ungünstiger Bedingungen, Bohrrisiken etc. einschließlich der jeweiligen Unsicherheiten, als Grundlage für entsprechende Fündigkeitsversicherungen. Die Abschätzung des Bohrrisikos kann durch Szenarienrechnungen (verschiedene Reservoireigenschaften) zur realistischen Abschätzung möglicher Schadenshöhen führen. Eine Minimierung der Schadenshöhe bei Fehlbohrungen kann durch gezielte Einplanungen (vor Bohrbeginn) alternativer Nutzungsstrategien, z.B. Wärmenutzung, Energiespeicherung, CO<sub>2</sub>-Speicherung, Schadstoffverpressung, etc. erreicht werden.
- Entwicklung von Methoden zur Erkundung des Spannungsregimes im Umfeld eines Geothermieprojektes mit dem Ziel eventuell notwendige Stimulationsmaßnahmen zu optimieren und das Risiko induzierter Seismizität zu senken.

### *Erschließung*

- (Geo-)Wissenschaftlich sollten systematische F&E-Ansätze mit dem Ziel einer kosten- und risikosenkenden sowie produktivitätssteigernden Lagerstättenerschließung sowie das Monitoring des Untergrundes weitergehend untersucht werden. Anschließend muss der Anlagenbau auf Gebiete unterschiedlicher Geologie bzw. geothermischer Verhältnisse ausgeweitet werden, um dann die Standardisierung durch die Entwicklung ortsunabhängiger, kostengünstiger Lösungen für die geothermische Energieversorgung anzustreben. Hierzu sind In-situ-Experimente unverzichtbar. So muss an verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen geologischen Bedingungen in Deutschland der Nachweis einer möglichen nachhaltigen Lagerstättennutzung erbracht werden, da dies die Kosten des Anlagenbetriebs ganz wesentlich bestimmt. Das Ziel, bedarfsgerecht und



### Forschungsbedarf Geothermie

damit weitgehend planungssicher die nachhaltige Produktivität von Lagerstätten sicherzustellen, ist aber noch nicht erreicht.

- Hauptprobleme der Erschließung liegen im Erkennen der Fließwege während und nach der Reservoirstimulation und im Mangel an hinreichend druck- und temperaturresistenten Packern. Neuartige Ansätze, welche induzierte Mikrobeben mit operativen Größen wie Injektionsdruck und Fließrate verknüpfen, müssen weiter bestätigt und mit Daten aus Langzeitbeobachtungen kalibriert werden. Ein Nachweis der Fähigkeit, das seismische Risiko kontrollieren zu können, wird als Schlüssel für die Gewinnung öffentlicher Akzeptanz der EGSTEchnologie in besiedelten Regionen gesehen.
- Dringender F&E-Bedarf besteht darin, mit innovativen Bohrtechnologien und -strategien eine Kostenreduktion zu erreichen. Die Erhöhung der Lebensdauer von Bohrwerkzeugen, die Reduktion vom Energie- und Materialverbrauch während der Bohrung und speziell für die Geothermieanwendung zu entwickelnde Komplettierungssysteme stehen hier genauso im Blickpunkt wie speicherschonende Aufschlussverfahren. Unverzichtbar ist die Entwicklung von robusten, für hohe Temperaturen adaptierte Förderpumpen.

### *Thermalwasserkreislauf*

- Es ist erforderlich, quantitative Daten zur Beurteilung der Langzeitentwicklung des geothermischen Reservoirs zu erheben, d.h. ein standardisiertes Monitoringprogramm zur Entwicklung des geothermischen Reservoirs an den produzierenden Standorten sollte aufgelegt werden. Auf dieser Basis wäre es möglich Prognosemodelle in Abhängigkeit vom Typ der Anlage, den operativen Variablen und dem Typ des Reservoirs (hydro-, petrothermal) prüfen zu können.
- Dieses Monitoringprogramm sollte die Veränderung des Reservoirs an folgenden Variablen –(änderungen) messen: a) Temperatur, b) Wärmefluss, c) Durchlässigkeit, d) Skineffekte, e) spezifische Oberfläche.
- Entwicklung von Modellinstrumentarien zur Simulation von Prozesskopplungen (THMC-Modelle) und damit zur Prognose des Wärmeentzugs über die Zeit. Ferner ist die Ermittlung konstitutiver Beziehungen für verschiedene relevante Parameter bei variablen Zustandsvariablen (p, T, C, Spannung) als Eingabekennwerte für die Modelle voranzutreiben.
- Entwicklung von Charakterisierungsmethoden (erfasstes Reservoirvolumen, Wärmetauschkfläche) durch Hydraulik- und Tracerexperimente (Smart Tracer – DOE Bericht) sowie die Entwicklung von Prognosemodellen für den Langzeitbetrieb, die die Prozesskopplung hydraulisch-thermisch-mechanisch-chemischer Prozesse, d.h. die Änderung der Reservoirigenschaften durch den Wärmeentzug, berücksichtigen.
- Zur Erweiterung der ökologisch sinnvollen Kaskadennutzung des geförderten Tiefenwasser z.B. für Treibhäuser bzw. zu balneologischen Zwecken muss die Anpassung der Schnittstellen an den Übergabestationen optimiert werden.



**GEOTHERMISCHE VEREINIGUNG**  
BUNDESVERBAND GEOTHERMIE E.V.

#### Forschungsbedarf Geothermie

- CO<sub>2</sub>-Speicherung im Untergrund und gleichzeitige geothermische Nutzung bedeutet zunächst einen Nutzungskonflikt insbesondere für tiefe und somit heiße Salzwasser Lagerstätten. Die eventuell auch mögliche gemeinsame Nutzung mag eine Option der Zukunft sein, wenngleich angesichts der vielen offenen Fragen beide Systeme zunächst für sich studiert werden sollten. Langfristig könnte die gemeinsame Nutzung eine Kostenteilung und somit höhere Wirtschaftlichkeit ermöglichen.

#### *Wandlung*

- Notwendig sind auch F&E-Arbeiten zum Thema "effiziente Energiewandlung" (z. B. von Niedertemperaturwärme in Strom und in Kälte) und auch zur besseren Einbindung der Geothermie in (vorhandene) Energiesysteme.
- Des Weiteren müssen erfolgreich Demonstrationsvorhaben etabliert werden, um neue und unausgereifte Techniken in der Anwendung zu erproben und zur Marktreife weiterentwickeln zu können – und nicht zuletzt auch, um die Technologie potenziellen Kunden zu präsentieren. Im Mittelpunkt stehen dabei Materialfragen und die Weiterentwicklung verfahrenstechnischer Prozesse mit dem Ziel, Qualität und Wirkungsgrade der Anlagen zu steigern.