

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	21 (2014), 1/2	S. 129–138	4 Abb., 1 Tab., 20 Zit.
------------------------------	---------	----------------	------------	-------------------------

Nutzung und Potenziale des tiefen Untergrundes in Brandenburg, Teil 2: Erdwärme-Erschließung durch Systeme der Tiefen Geothermie, Wärmespeicherung und Thermalsolegewinnung

Use and potential of the deep underground in the state of Brandenburg, part 2: Development of the geothermal energy by deep geothermal systems, storing of thermal energy, and usage of the thermal brine

MICHAEL GÖTHEL

1 Einleitung

Die Erdwärme kann als CO₂-freie Energie neben weiteren „Erneuerbaren Energien“ eine künftig wichtiger werdende Alternative zur konventionellen Energieversorgung darstellen. Erdwärme steht generell überall und jederzeit zur Verfügung. Bei sachgerechter Bewirtschaftung ist sie praktisch unerschöpflich.

Die „Tiefe Geothermie“ umfasst Nutzungssysteme, bei denen die geothermische Energie bzw. Erdwärme über Tiefbohrungen (Abb. 1) erschlossen wird und im Gegensatz zur „Oberflächennahen Geothermie“ direkt und ohne Temperaturerhöhung mittels Wärmepumpen genutzt werden kann. Nach dieser Abgrenzung beginnt die Tiefe Geothermie bei einer Tiefe von mehr als 400 m und einer Temperatur von über 20 °C. Von Tiefer Geothermie im eigentlichen Sinn sollte man jedoch erst bei Tiefen von über 1 000 m und bei Temperaturen größer als 60 °C sprechen (STACKEBRANDT & GÖTHEL 2007).

Mit dieser Definition unterscheidet der Personenkreis „Tiefe Geothermie“ des Bund-Länder-Ausschusses Bodenforschung die Tiefe Geothermie von der „Oberflächennahen Geothermie“ nach ihrer Einsatztiefe bzw. nach der Energiegewinnungstechnologie zwei Nutzungsformen der Geothermie. Während die Tiefe Geothermie dem Bergrecht unterliegt, wird aus genehmigungsrechtlichen Erwägungen für die Oberflächennahe Geothermie zumeist eine Tiefenauslegung bis zu 100 m gewählt. Ihren hauptsächlichen Einsatzbereich findet sie in der Versorgung von Wohnhäusern zu Heizungszwecken.

2 Geologische Voraussetzungen

Das Vorkommen von geothermischer Energie bzw. Erdwärme als alternative Energiequelle ermöglicht der gewaltige Wärmeinhalt der Erde. Der daran gebundene und zur Erdoberfläche gerichtete kontinuierliche Wärmestrom bedingt auf den Kontinenten eine Temperaturzunahme von durch-



Abb. 1: Anlage der Bohrung Neuruppin Sol Nn S2/2006 (Foto: M. GÖTHEL 2007)

Fig. 1: Drilling rig of the borehole Neuruppin Sol Nn S2/2006 (photo: M. GÖTHEL 2007)

schnittlich 3 °C pro 100 m Tiefe. Diese Erkenntnis wurde aus systematischen Temperaturmessungen bis zur Teufe von 1 268,6 m in der südlich von Berlin gelegenen und im Salzstock Sperenberg geteufte Bohrung Sperenberg Kb Sper I/1867 gewonnen (DUNKER 1872). Aus dieser mit einer End-

teufe von 1 271,7 m bis dahin tiefsten Bohrung der Welt wurde die geothermische Tiefenstufe von 33,7 m für 1 °C Temperaturzunahme aus Messungen bis zu einer Teufe von 1 268,6 m bis zum Oktober 1871 abgeleitet, die noch immer gültig ist. Jedoch ist diese Tiefenstufe durch die spezifische Wärmeleitfähigkeit der Gesteine Differenzierungen in der Vertikalen und Horizontalen unterworfen (BEER & HURTIG 1999). Während in Salzen, Quarz, basischen gesteinsbildenden Mineralen und silikatischen Bindemitteln eine hohe Wärmeleitfähigkeit nachgewiesen wurde, zeichnen sich Tonminerale, Glimmer und Feldspäte durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit aus (KARL, MANTHEY & SCHUSTER 1965). Mit zunehmender Porosität und Klüftigkeit nimmt die Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Mineralisation des Grundwassers ab. Mit zunehmendem Gebirgsdruck zur Tiefe nimmt die Wärmeleitfähigkeit zu. Infolge der hohen Wärmeleitfähigkeit des Salzes wird insbesondere in den Salinarstrukturen des Zechsteins ein intensiver, nach oben gerichteter Wärmefluss erzeugt. Dieser Schornsteineffekt bedingt unter der Salinarstruktur und an deren Basis eine Abnahme und im Top der Salinarstruktur eine Zunahme der Temperatur gegenüber der Umgebung. Die Temperaturverteilung zeigt deshalb in Brandenburg und Berlin eine deutliche Beziehung zur Lage der Zechsteinsalinar-Oberfläche. Temperaturmaxima sind mit hohen Mächtigkeiten und Zuwanderungsbereichen des Zechsteinsalinars verbunden, die eine Aufwölbung der Zechsteinsalinar-Oberfläche bewirken. Temperaturminima finden sich in Abwanderungsbereichen des Zechsteinsalinars, die eine Absenkung der Zechsteinsalinar-Oberfläche zur Folge haben. Dies wird insbesondere in den Randsenken der Salzdiapire deutlich. Die positiven Temperaturanomalien in 2 000 m Tiefe (BEER 2003a) der nordöstlichen Lausitz sind auf die an die Lausitzer Lagune gebundene hohe Mächtigkeit des Werrasteinsalzes und des Werraanhydrits (GÖTHEL 2012) zurückzuführen. Bei 4 000 m Tiefe (BEER 2003b) kommt der Mächtigkeitseinfluss der Unterrotliegend-Vulkanite der Norddeutsch-Polnischen Senke auf die Temperaturverteilung hinzu. Während höhere Temperaturen auf ihr Fehlen im Bereich der Westbrandenburg-Schwelle zurückzuführen sind, steht die negative Temperaturanomalie im Raum Berlin mit der hohen Mächtigkeit der Unterrotliegend-Vulkanite in Zusammenhang.

Zur Charakterisierung von Standorten für die Nutzung der Tiefen Geothermie sind deshalb Kenntnisse über geologische Eigenschaften des tiefen Untergrundes notwendig (Abb. 2, vgl. hierzu auch Einlegeblatt zum vorhergehenden Beitrag M. GÖTHEL in diesem Heft). Diese sind vom geologischen Erkundungsstand, d. h. von den Informationen aus Tiefbohrungen und geophysikalischen (hauptsächlich seismischen) Messprofilen abhängig.

Im Land Brandenburg ist in derzeit 126 Tiefbohrungen und in Berlin in einer Tiefbohrung die Temperatur kontinuierlich in Intervallen von 50 m gemessen worden. Davon wurden 34 Bohrungen über 3 000 m geteuft. Der gemessene Temperaturverlauf aus solch einer kontinuierlich vermessenen

Bohrung wird insbesondere infolge des Spülungsumlaufs während des Bohrprozesses beeinflusst. Er kann jedoch korrigiert werden, um ihn den wahren Gebirgstemperaturen anzunähern (BEER 1996). Darüber hinaus liegen dem Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) von 183 Bohrungen Einzeltemperaturwerte aus Testmessungen vor. Diese Temperaturwerte können aus bohrtechnischen Gründen stärker beeinflusst sein und für regionale Aussagen nur begrenzt verwendet werden (BEER & MANHENKE 2001).

3. Technologien und Systeme der Tiefen Geothermie

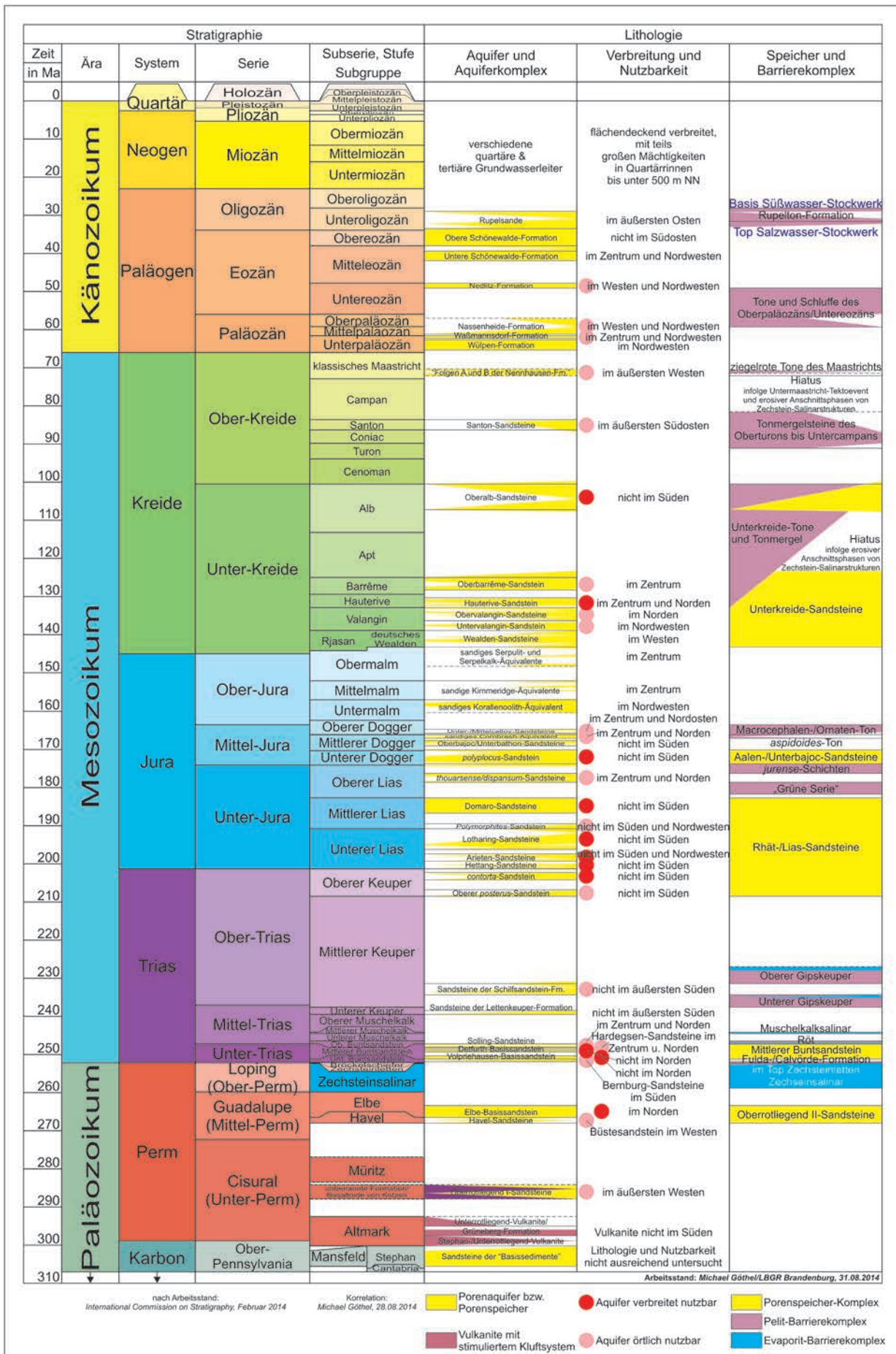
Die tiefengeothermische Erschließung ist zwar grundsätzlich und überall möglich, jedoch sind einige Verfahren bzw. Technologien der geothermischen Energieerzeugung noch in der Forschungsphase oder durch Pilotprojekte im Test. Gegenwärtig wäre die geothermische Stromerzeugung nur gekoppelt mit Heizungsnutzung ab Temperaturen des Untergrundes über 95 °C sinnvoll. Aus Kostengründen wird von Investoren oft die Nutzung bereits in der Vergangenheit ausgebaute Fördersonden aber auch verwahrter Erkundungsbohrungen erwogen (Tab. 1). Die Möglichkeit einer bakteriellen Infizierung von Schichtwässern solcher Fördersonden, wie sie in der Geothermiebohrung Prenzlau Gt Pr 3/89 dokumentiert wurde, ist dabei in Betracht zu ziehen.

3.1 Hydrothermale Systeme

Bei der hydrothermalen Geothermie wird die Erdwärme im Wesentlichen über das Trägermedium Wasser der wärmetechnischen Nutzung zugeführt, welches aus den so genannten Aquiferen (wasserführenden Schichten mit entsprechender Porosität oder Klüftigkeit und anderen Durchflusseigenschaften) gewonnen wird. Solche Aquifere sind in Brandenburg (GÖTHEL 2006) in unterschiedlichen Tiefen vorhanden. Ein wichtiges Tiefenniveau befindet sich um 2 000 m mit Temperaturwerten (in Brandenburg) von ca. 60 bis 95 °C. Höhere Porositäten können Küstensande wegen ihrer besseren Sortierung gegenüber Flusssanden

*Abb. 2:
Stratigraphische Zuordnung und Verteilung von
Aquifer- bzw. Speichergesteinen und
Barrieregesteinskomplexen zur Eignung bei der
Hydrothermalen Geothermie, der Kälte/
Wärmespeicherung und als Porenspeicher in
Brandenburg einschließlich Berlin*

*Fig. 2:
Stratigraphic correlation and distribution of
aquifer storage rocks, and barrier rock complexes
for the qualification as hydro-geothermal systems,
storing of cold and thermal energy, and pore storage
in the state Brandenburg including Berlin*



Tiefbohrung					Nutzaquifer				
Boden-schatz nach Bergrecht	Erkundungs-objekt	Bezeichnung	Bohrungs-ausbau	End-teufe in m	stratigraphische Zuordnung	Teufe in m	Schicht-temperatur in °C	Gesamt-mineralisation in g/l	balneologische Prädikatisierung
Sole	Berlin, Reichstag	Sol B 1/96	Förder- und Injektionsbohrung	559,7	Unterer Lias, überwiegend Lotharing-Sandsteine (Wärmespeicher)	270,6 – 315,3	19,4	28,5	Thermalsole
	Berlin, Reichstag	Sol B 2/98	Förder- und Injektionsbohrung	320,0	Unterer Lias, überwiegend Lotharing-Sandsteine (Wärmespeicher)	294,8 – 320,0	19,6	keine Angabe	
Sole	Berlin-Spandau, Zitadelle	Sol B II/1880	nicht in Betrieb	486,2	"Glaukonitsande" des Mittelbozäns und Obereozäns/Unteroligozäns	313,5 – 385,7	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Sole	Bad Belzig	Sol Bg 1/96	Förderbohrung	786,5	Rhätkeuper, <i>contorta</i> -Sandstein	774,0 – 779,0	34	186	jodhaltige Thermalsole
Sole	Bad Saarow-Pieskow	Sol SrwPk 2/96	Förderbohrung "Catharinenquelle"	457,0	Unterer Lias, Sandsteine des Hettangs und Sinemurs	420,2 – 450,4	21 – 22	24 – 25	Thermalsole
	Bad Saarow-Pieskow	Sol SrwPk 3/97	Injektionsbohrung	258,5	Unterer Dogger, <i>polylocus</i> -Sandstein und Unterkreide, Oberalb-Sandstein	225,4 – 245,4 247,2 – 257,7	16 – 17	21	Sole
Sole	Bad Wilsnack	Sol Wlk 1/96	Förderbohrung	1017,5	Rhätkeuper, <i>contorta</i> -Sandstein	999,4 – 1008,4	48	161	jod- und eisenhaltige Thermalsole
Sole	Burg (Cottbus)	Sol BuC 1/98	Förderbohrung	1350,0	Unterer/Mittlerer Buntsandstein, hauptsächlich Volpriehausen-Basissandstein	1296,1 – 1307,3	55	238	Thermalsole
Sole, Erdwärme	Groß Schönebeck	E GrSk 3/90	als Gt GrSk 3a/2000 vertieft	4240,0	Oberrotliegend II, oberer Mirow-Sandstein und Elbe-Basissandstein (effektiver Speicher)	4108,1 – 4187,7 4192,3 – 4200,4	139 – 140	keine Angabe	methanhaltiges Schichtwasser
	Groß Schönebeck	Gt GrSk 3a/2000	Förderbohrung, Gel-Stützmittel-Fracs (Stimulationstests)	4308,1 (4294,0 TVD)	Oberrotliegend II, oberer Elbe-Basissandstein (Eldena-Schichten)	4084,9 – 4141,9	137 – 142	256	
			Injektionsbohrung, Gel-Stützmittel-Frac		Oberrotliegend II, unterer Elbe-Basissandstein (Rambow-Schichten)	4141,9 – 4192,3	137 – 143	keine Angabe	
					Hauptzuflusszone (Scherzone) Unterrotliegend-Vulkanit/Mirow-Konglomerat	4225,0 – 4247,0	148	265	
					Unterrotliegend-Vulkanit	4230,5 – 4308,1	149	keine Angabe	
			Injektionsbohrung, Gel-Stützmittel-Frac		Oberrotliegend II, Elbe-Basissandstein, künstliches Klufsystem	4085,0 – 4192,3	keine Angaben	keine Angaben	
	Groß Schönebeck	Gt GrSk 4/2005	geneigte Förderbohrung, Gel-Stützmittel-Fracs	4400,4 (4245,0 TVD)	Oberrotliegend II, oberer Elbe-Basissandstein (Eldena-Schichten), künstliches Klufsystem	4118,0 – 4122,0			
			geneigte Förderbohrung, Gel-Stützmittel-Fracs		Oberrotliegend II, unterer Elbe-Basissandstein (Rambow-Schichten), künstliches Klufsystem	4204,0 – 4209,0			
			geneigte Förderbohrung, massiver Wasser-Frac		Klufsystem im Unterrotliegend-Vulkanit	4354,0 – 4389,0			

Sole, Erdwärme	Tiefbohrung				Nutzaquifer				
	Neuruppin	Sol Nn S1/2006	Förderbohrung	1702,0	Unterer Dogger, <i>polylocus</i> -Sandstein	1620,0 – 1674,2	63	191	jodhaltige Thermalsole
	Neuruppin	Sol Nn S2/2006	geneigte Injektionsbohrung	1929,5 (1675,0 TVD)	Unterer Dogger, <i>polylocus</i> -Sandstein	1869,8 – 1929,5	keine Angabe	keine Angabe	
Erdwärme	Prenzlau	Gt Pr. 2/85	als Gt Pr. 2a/94 vertieft	1455,0	Unterer Lias, Sandsteine des Hettangs und Sinemurs	980,0 – 1034,0 1075,0 – 1089,0 1115,0 – 1125,5	47	keine Angabe	Thermalsole
	Prenzlau	Gt Pr. 2a/94	Tiefe Erdwärmesonde	2790,0	Zechstein, Ohre-Formation (keine Aquifer- Nutzung)	2786,0	108		
Sole, Erdwärme	Prenzlau	Gt Pr. 1/86	Förderbohrung, nicht in Betrieb	1450,0	Unterer Lias, Sandsteine des Hettangs und Sinemurs	963,9 – 1026,0 1043,1 – 1063,0 1084,8 – 1096,0	44 – 46	keine Angabe	Thermalsole
	Prenzlau	Gt Pr. 3/89	derzeit als Förderbohrung, geplant als Förder- und Injektionsbohrung	1048,0	Unterer Lias, Sandsteine des Hettangs und Sinemurs	961,5 – 992,8 1009,8 – 1016,5 1022,0 – 1041,0	44	93	Thermalsole
	Prenzlau	Gt Pr. 4/geplant	geplant als Injektions- und Förderbohrung		Unterer Lias, Sandsteine des Hettangs und Sinemurs				
Sole	Rheinsberg/ Mark	Sol RhM 1/95	Förderbohrung, nicht in Betrieb	1706,0	Rhätkeuper, <i>contorta</i> -Sandstein	1607,7 – 1698,0	67	172	jod- und eisen- haltige Thermalsole
Sole	Templin	Sol TI 1/95	Förderbohrung	1788,1	Unterer Lias, Sandsteine des Oberhettangs und Untersinemurs	1615,5 – 1622,7 1627,7 – 1650,3	68	164	jodhaltige Thermalsole

Tab. 1: Nutzaquifere zur Sole- und Erdwärme-Aufsuchung bzw. Gewinnung sowie Kälte-/Wärmespeicherung bestehender Rechstittel nach dem Bundesberggesetz (BBergG) in Brandenburg einschließlich Berlin

(unter Verwendung von Werten zu Groß Schönebeck von GIESE et al. 2002, HURTER 2002, LENZ & HOFFMANN 2003, WOLFGRAMM et al. 2003, ZIMMERMANN & MOECK 2008, TVD = vertikale Tiefe unter Berücksichtigung der Neigungsmessungen in der Bohrung)

Tab. 1: Aquifer storages to the prospecting and production of permits and authorisations of existing legal titles of brine and geothermal energy under the Bundesberggesetz (BBergG) in the state Brandenburg including Berlin (according to data from Groß Schönebeck to GIESE et al. 2002, HURTER 2002, LENZ & HOFFMANN 2003, WOLFGRAMM et al. 2003, ZIMMERMANN & MOECK 2008; TVD = Total Vertical Depth)

erreichen. Ab 120 °C wird Feldspat durch chemische Diagenese alteriert und führt zur Verringerung des Porenraums in Heißwasser-Aquiferen. In Brandenburg werden gegenwärtig permeable Sandsteine mit einer Mächtigkeit größer 20 m (BEER & MANHENKE 2001) über dem Zechsteinsalinar genutzt (Abb. 2). Eine hydrothermale Energiegewinnung erfolgt in der Regel im Dublettenbetrieb, um das hydraulische Gleichgewicht im genutzten Aquifer aufrecht zu erhalten. In einer Produktionsbohrung wird dabei das thermale Wasser zu Tage gefördert. Über Tage wird dem Wasser dann die Wärme entzogen. Danach wird das abgekühlte Wasser im geschlossenen Kreislauf über eine Injektionsbohrung wieder in den genutzten Aquifer gepresst. Der Abstand von Förder- und Injektionsbohrung wird so gewählt, dass eine Nutzung des Aquifers in Abhängigkeit von seinen hydraulischen Eigenschaften 20 bis 30 Jahre garantiert ist. Die derzeitige Leistung beträgt mehr als 2000 kW_{th}.

3.2 Tiefe Erdwärmesonde

Bei dieser in Brandenburg praktizierten Technologie wird die Erdwärme von der Bohrlochwand an ein in die Tiefbohrung eingeleitetes Speichermedium abgegeben und über dieses für Heizungszwecke gefördert. Die Effektivität dieses Systems ist vor allem vom Speichermedium abhängig. Die Speichermedien werden derzeit weiter entwickelt. Die derzeitige Leistung beläuft sich zwischen 150 bis 500 kW_{th}.

3.3 Petrothermale Systeme

Bei den Stimulierten Geothermalen Systemen (Enhanced Geothermal Systems, EGS) wird die im Gestein gespeicherte Energie in der Regel über künstlich geschaffene Zirkulationswege (Brüche, wie Klüfte und Störungen) genutzt (Abb. 2), wodurch eine gewisse Unabhängigkeit vom Trägergestein erreicht wird. Jedoch eignen sich nicht alle Gesteine für die dazugehörigen Verfahren, wie das trockene Heißgestein-System (Hot Dry Rock system, HDR) bzw. das geklüftete Heißgestein-System (Hot Fractured Rock system, HFR). Diese Verfahren werden in der Regel in größeren Tiefen (mehr als 4 000 m) und damit in höheren Temperaturbereichen (in Brandenburg 125 bis 150 °C) angewendet und würden sich damit auch für die Stromerzeugung in Brandenburg eignen. Momentan existieren dazu Forschungs- und Pilotprojekte.

4 Wärmespeicherung im tiefen Untergrund

Bei dieser Technologie wird keine Erdwärme als Bodenschatz gewonnen, sondern erwärmtes Wasser im tiefen Untergrund gespeichert und bei Bedarf gewonnen. Für die Speicherung der erwärmten Wässer können wie bei der Hydrothermalen Geothermie Porenaquifere bzw. Porenspeicher (Abb. 2) im Dublettensystem genutzt werden.

5 Bergrechtliche Genehmigungsverfahren

Die Erkundung und Erschließung von Thermalwasser für energetische und balneologische Zwecke unterliegt in der Bundesrepublik Deutschland den Bestimmungen des Bundesberggesetzes (BBergG) vom 13. August 1980 (zuletzt geändert am 7. August 2013). Erdwärme und Sole gelten danach als bergfreie Bodenschätze (§ 3 Abs. 3 Satz 2 BBergG). Der Geltungsbereich des BBergG erstreckt sich auf die **Aufsuchung** und die **Gewinnung** von Erdwärme einschließlich der Weiterleitung des Thermalwassers. Um einen bergfreien Bodenschatz erkunden („aufsuchen“) zu können, benötigt man für ein Aufsuchungsfeld eine **bergrechtliche Erlaubnis**. Um den bergfreien Bodenschatz schließlich gewinnen bzw. abbauen zu können, ist dann eine **bergrechtliche Bewilligung** nötig (§ 6ff BBergG; vgl. hierzu auch Beitrag K. PULZ & J. HACKL, dieses Heft). Hierbei handelt es sich um Rechtstitel, die dem Inhaber das ausschließliche Recht zum Aufsuchen und Gewinnen von Erdwärme im jeweiligen Feld einräumen. Die bergrechtliche Erlaubnis zur Aufsuchung von Erdwärme sowie die bergrechtliche Bewilligung zur Gewinnung von Erdwärme wird im Land Brandenburg von der Bergverwaltung des LBGR Brandenburg in Cottbus erteilt. Dabei bezieht die Bergbehörde in einem Beteiligungsverfahren die von dem jeweiligen Projekt berührten Behörden (insbesondere Wasserwirtschaftsverwaltung und Naturschutzbehörde) mit ein.

Die eigentliche Nutzung der Erdwärme in einem **Thermalbad**, einer geothermischen Heizzentrale oder einem Erdwärmekraftwerk ist einer Weiterverarbeitung gleichzustellen (§ 4 Abs. 3 BBergG) und unterliegt damit gemäß § 2 BBergG nicht dem Bergrecht.

6 Bergbauberechtigungen auf Sole und Erdwärme in Berlin und Brandenburg

Zur geothermischen Untersuchung wurden Bohrungen der Erkundungsobjekte Berlin-Wartenberg (Gt BWbr 2/86), Neuruppin (Gt Nn 1/88, Gt Nn 2/87), Pritzwalk (Gt Pt 2/89) und Velten (Gt Vet 2/90) geteuft, zu denen keine bergbaulichen Rechtstitel bestehen.

Bergbauberechtigungen zur Aufsuchung von Erdwärme, für die eine Anwendung der Hydrothermalen Geothermie in Frage käme, bestehen in den Erlaubnisfeldern Beeskow, Finowfurt–Eberswalde einschließlich Schorfheide und Schönefeld–Waltersdorf (Abb. 3). Im Erlaubnisfeld Berlin-Tempelhof sind derzeit eine Tiefe Erdwärmesonde und möglicherweise ein Aquifer-Wärmespeicher vorgesehen.

Aus einer Tiefen Erdwärmesonde wird zur Zeit die geothermische Energie am Thomas-Müntzer-Platz in Prenzlau mit einer NH₃-Wärmepumpe aus dem Speichermedium Wasser gewonnen und ist mit maximal 500 kW_{th} Bestandteil der Heizungsversorgung im Fernwärmenetz der Stadtwerke

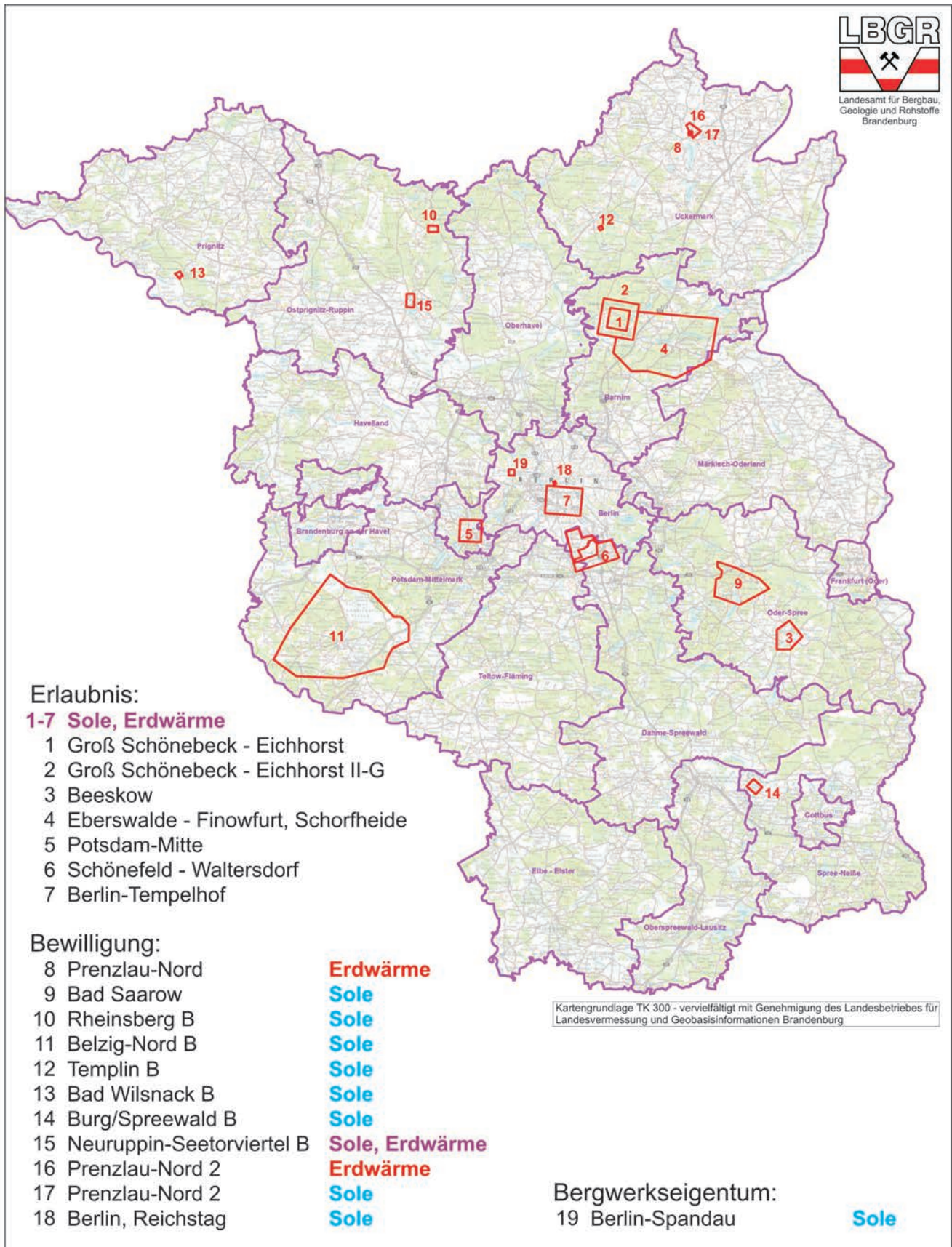


Abb. 3: Berechtsamsfelder nach dem Bundesberggesetz (BBergG) zur Aufsuchung und Gewinnung von Sole und Erdwärme einschließlich Kälte-/Wärmespeicherung in Brandenburg und Berlin, Stand Februar 2014

Fig. 3: Fields of permits and authorisations of brine and geothermal energy, enhanced storing of cold and thermal energy under the Bundesberggesetz (BBergG) in the state Brandenburg including Berlin, status February 2014

Prenzlau GmbH. Ohne Wärmepumpe würde die Wärmeleistung der Tiefenbohrung 80 bis 120 kW_{th} betragen. Dazu wurde die Geothermiebohrung Prenzlau Gt Pr 2/85 vertieft und zur Tiefen Erdwärmesonde Prenzlau Gt Pr 2a/94 ausgebaut (Tab. 1).

Getestet wird gegenwärtig ein Stimuliertes Geothermisches System in Unterrotliegend-Vulkaniten und Oberrotliegend II-Sedimenten (Abb. 2, Tab. 1) im Forschungsobjekt Groß Schönebeck–Eichhorst durch das Deutsche GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ). Dazu wurde zuerst die Bohrung Groß Schönebeck E GrSk 3/85 der Erdöl/Erdgas-Erkundung als Geothermiebohrung Groß Schönebeck Gt GrSk 3a/2000 vertieft und vor allem hydraulische Stimulationen durchgeführt (Tab. 1). Für das System einer Bohrungsdublette erfolgte das geneigte Abteufen der Geothermiebohrung Groß Schönebeck Gt GrSk 4/2005. Mit einer Temperatur von maximal 149 °C (HURTER 2002) wird nach Abschluss der laufenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten die Errichtung eines kommerziellen Geothermiekraftwerkes zur Stromproduktion angestrebt.

Zur Versorgung von Parlamentsbauten am Reichstag in Berlin mit Strom, Wärme und Kälte werden u. a. neben einem Aquifer-Kältespeicher, der einen quartären Grundwasserleiter nutzt, ein saisonaler Aquifer-Wärmespeicher betrieben (KRANZ et al. 2008). Im Sommerbetrieb wird über eine Bohrungsdublette einem Porenaquifer des Lias (Abb. 2, Tab. 1) Schichtwasser mit einer ursprünglichen Temperatur von 19 °C (ROCKEL, BRANDT & SEIBT 1999) entzogen und mit einer Injektionstemperatur von 50 bis 70 °C wieder zugeführt und gespeichert. Im Winterbetrieb wird die Fließrichtung umgekehrt und das im Sommer erwärmte und gespeicherte Wasser mit einer Temperatur von 35 bis 65 °C entnommen. Im Erlaubnisfeld Potsdam-Mitte ist die Aquifer-Kälte-/Wärmespeicherung unter Nutzung des

Sandsteins im basalen Dogger (Abb. 2) vorgesehen. Eine Bewilligung zur Gewinnung von Sole und Erdwärme besteht für das Feld Prenzlau-Nord 2, in dem derzeit geplant ist, die als Fördersonde ausgebaute Geothermiebohrung Prenzlau Gt Pr 3/90 mit einer zu teufenden Geothermiebohrung Prenzlau Gt Pr 4 zu einem Aquifer-Wärmespeicher-Dublettsystem auszubauen.

Die geothermalen Wässer der Aquifere sind Salinarwässer und deshalb nicht nur wärmetechnisch, sondern auch für balneologische Zwecke nutzbar (MANHENKE, ECKHARDT & ROCKEL 1999). Ihre Temperatur und Mineralisation bestimmt die Prädikatisierung der Wässer nach den Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen des Deutschen Bäderverbandes (2005). Danach können ab einer Konzentration der Natrium- und Chlorid-Ionen von 5,5 bzw. 8,5 g/l das Grundwasser als „Sole“ und ab 20 °C als „Thermalsole“ bezeichnet werden. Der Mindestwert für jodhaltige Thermalsole beträgt 1 mg/l Jodid, der von eisenhaltiger Thermalsole 20 mg/l Eisen. Thermalsolebrunnen Brandenburgs sind derzeit in Bad Belzig, Bad Saarow, Bad Wilsnack, Burg/Spreewald, Neuruppin-Seetorviertel und Templin in Betrieb (Tab. 1). An diesen Standorten erfolgt die Förderung der Thermalsole aus Nutzaquifere des basalen Doggers, Lias, Rhätkeupers und mittleren Buntsandsteins (Abb. 2, Tab. 1). Das abgebadete Wasser wird am Standort Neuruppin-Seetorviertel mit einer geneigten Injektionsbohrung in denselben Porenaquifer des basalen Doggers (Abb. 2) entsorgt, aus dem die Thermalsole gefördert wird. Das abgebadete Wasser der Catharinenquelle in Bad Saarow (Abb. 4, Tab. 1) kann über eine Injektionsbohrung in Sandsteine des basalen Doggers und der dort darüber lagernden Unter-Kreide gepresst werden. Diese Entsorgung ist bei den anderen Thermalsolebrunnen Brandenburgs nicht möglich. Eine Bergbauberechtigung zur Gewinnung von Sole



Abb. 4:
Die in der Saarow-Therme verwendete natürliche Thermalsole stammt aus der Catharinenquelle der Solebohrung Bad Saarow-Pieskow Sol SrwPk 2/96 (Foto: E. WETZEL 2014).

Fig.: 4:
The thermal brine of the Saarow-Therme is natural produced by the Catharinenquelle from the brine-borehole Bad Saarow-Pieskow Sol SrwPk 2/96 (photo: E. WETZEL 2014).

und Erdwärme besteht außerdem für das Bewilligungsfeld Rheinsberg (Abb. 3, Tab. 1), wurde aber bisher nicht in Betrieb genommen. Zur Aufsuchung von Sole wurde die Bohrung Wendisch Rietz (Sol WenRi 1/2001) geteuft, zu der keine Bergbauberechtigung mehr besteht. Erwähnenswert sind einige Bohrungen, die bereits zur Zeit des Deutschen Kaiserreiches in Berlin geteuft und damals als „Solquelle“ ausgewiesen wurden. Bekannt sind die Solquellen „Admiralsgartenbad“, „Am Weddingplatz“, „Bonifacius“, „Louise“, „Paul“ und „Victoria“. Als „Solbohrung“ wurde damals die Bohrung Berlin-Hirschgarten (Kal BHi 1/1889) bezeichnet. Die Bohrung Berlin-Spandau, „Zitadelle Spandau II“ von 1880 gehört zu einem bestehenden Bergwerkseigentum. Hier könnte Sole aus Aquiferen des Eozäns gewonnen werden.

Literatur

- BEER, H. (1996): Temperaturmessungen in Tiefbohrungen – Repräsentanz und Möglichkeit einer näherungsweisen Korrektur. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **3**, 2, S. 28 – 34, Kleinmachnow
- BEER, H. (2003a): Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg – Karte der Geotemperatur in 2000 m Tiefe, 1 : 300 000. – LGRB, Kleinmachnow
- BEER, H. (2003b): Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg – Karte der Geotemperatur in 4000 m Tiefe, 1 : 300 000. – LGRB, Kleinmachnow
- BEER, H. & E. HURTIG (1999): Das geothermische Feld in Brandenburg. – Brandenburg. Geowiss. Beitr. **6**, 1, S. 57 – 68, Kleinmachnow
- BEER, H. & V. MANHENKE (2001): Erdwärme- und Thermalsolenutzung in Ostbrandenburg. – Z. geol. Wiss. **29**, 1/2, S. 211 – 222, Berlin
- Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt durch Artikel 4 Absatz 71 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert
- Deutscher Bäderverband e. V. (Hrsg.) (2005): Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen. – 95 S., Bonn
- DUNKER, E. (1872): Ueber die Benutzung tiefer Bohrlöcher zur Ermittlung der Temperatur des Erdkörpers und die deshalb in dem Bohrloche I zu Sperenberg auf Steinsalz angestellten Beobachtungen. – Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preußischen Staate **20**, S. 206 – 238, Berlin
- GIESE, L. B., SEIBT, A., WIERSBERG, T., ZIMMER, M., ERZINGER, J., NIEDERMANN, S. & A. PEKDEGER (2002): Geochemie der Formationsfluide. – Scientific Technical Report **STR02/14**, S. 145 – 170, GeoForschungsZentrum Potsdam
- GÖTHEL, M. (2006): Fortschritte bei der Unterscheidung von Aquiferen in der Trias und im Jura von Brandenburg unter spezieller Berücksichtigung der Sequenzstratigraphie. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **13**, 1/2, S. 91 – 115, Kleinmachnow
- GÖTHEL, M. (2012): Aktuelle Informationen zur stratigraphischen Zuordnung eustatisch und tektonisch kontrollierter Ablagerungssequenzen des Zechsteins im Rahmen der plattentektonischen und paläogeographischen Situation zwischen Gondwana und dem geotektonischen Puzzle Europas. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **19**, 1, S. 29 – 42, Kleinmachnow
- HURTER, S. (2002): Logging Interpretation in Groß Schönebeck: well deviation, caliper, pressure, temperature, mud resistivity. – Scientific Technical Report **STR02/14**, S. 87 – 107, GeoForschungsZentrum Potsdam
- KARL, R., MANTHEY, W. & K. SCHUSTER (1965): Gesteinsphysikalische Parameter, Schallgeschwindigkeit, Wärmeleitfähigkeit. – Freiburger Forschungsheft **C 197**, 76 S., Leipzig
- KRANZ, S., BARTELS, J., GEHRKE, D., HOFFMANN, F. & M. WOLFGGRAMM (2008): Wärme- und Kältespeicherung in Aquiferen. – bbr – Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau **59**, 7/8, S. 34 – 43, Bonn
- LENZ, G. & F. HOFFMANN (2003): Bericht über die im 1. Quartal 2002 durchgeführten Test- und Stimulationsarbeiten in der Bohrung Groß Schönebeck 3/90. – In: HUENGES, E. & M. WOLFGGRAMM (Hrsg.): Sandsteine im In-situ-Geothermielabor Groß Schönebeck – Reservoircharakterisierung, Stimulation, Hydraulik und Nutzungskonzepte. – Scientific Technical Report **STR04/03**, S. 67 – 92, GeoForschungsZentrum Potsdam
- MANHENKE, V., ECKHARDT, G. & W. ROCKEL (1999): Thermalsolebrunnen im Land Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **6**, 1, S. 69 – 78, Kleinmachnow
- ROCKEL, W., BRANDT, W. & P. SEIBT (1999): Ein mesozoischer Aquifer im Zentrum Berlins als saisonaler Wärmespeicher für Parlamentsbauten. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **6**, 1, S. 91 – 101, Kleinmachnow
- STACKEBRANDT, W. & M. GÖTHEL (2007): Tiefengeothermie in Brandenburg – Ein allgemeinverständlicher Statusreport aus dem Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe des Landes Brandenburg. – Bericht LBGR Brandenburg, 5 S., Cottbus (unveröff.)

WOLFGRAMM, M., RAAB, S., SEIBT, A., TRAUTWEIN, U., ZIMMERMANN, G., HOLL, H.-G. & T. KELLNER (2003): Hydraulische und chemische Eigenschaften eines Rotliegend-Sandsteins im Durchströmungsversuch. – In: HUENGES, E. & M. WOLFGRAMM (Hrsg.): Sandsteine im In-situ-Geothermieslabor Groß Schönebeck – Reservoircharakterisierung, Stimulation, Hydraulik und Nutzungskonzepte. – Scientific Technical Report **STR04/03**, S. 9 – 28, Geoforschungszentrum Potsdam

ZIMMERMANN, G. & I. MOECK (2008): Geothermie Forschungsbohrung in Groß Schönebeck – von der Planung bis zur Stimulation. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **15**, 1/2, S. 155 – 164, Kleinmachnow