

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 69–78	6 Abb., 3 Tab., 33 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	----------	-------------------------

Thermalsolebrunnen im Land Brandenburg

VOLKER MANHENKE, GOTTFRIED ECKHARD & WILFRIED ROCKEL

1. Einleitung

Die Landschaft Brandenburgs weist vom Fläming über den Spreewald und die Märkische Schweiz, von der Potsdamer über die Templiner Seenlandschaft bis zur Prignitz und Uckermark Landschafts- und Naturschutzgebiete auf, die für Erholung und Tourismus geeignet sind und entwickelt werden sollen. Die Attraktivität dieser Regionen könnte weiter erhöht werden, wenn die Infrastruktur auch im kulturellen Sektor und im Bäderwesen verbessert wird.

Bereits im 16. Jahrhundert wurden zahlreiche salzhaltige Quellen Brandenburgs auf die Möglichkeit der Salzgewinnung untersucht (vgl. SCHIRMEISTER 1996) und ab dem 17. Jahrhundert werden mineralische Quellen zum Gesundheitsbade genannt (s. KLÖDEN 1830/31). So entwickelte sich z. B. Bad Freienwalde unter dem Großen Kurfürsten und der Gesundbrunnen, ehemals bei Berlin, wurde von Friedrich I. genutzt. Als Kochsalzquellen werden im ersten Deutschen Bäderbuch (1907) u. a. das Admiralsgartenbad in Berlin mit einer artesischen Quelle aus liegenden Sanden des Rupelton (bis 250 m tief) und Hermsdorf (damals in der Mark) mit der "Kaiserin-Augusta-Viktoria Hermsdorfer Solquelle" (Bohrbrunnen) mit 20 °C warmer Sole von 39 g/l Salzgehalt aus 320 m tiefem Lias beschrieben. CARLÉ (1975) nennt neben jodhaltiger Thermalsole von Hermsdorf und dem Admiralspalast noch weitere Berliner Solebohrungen. Auch Bad Saarow am größten natürlichen Brandenburger See, dem Scharmützelsee, mit schwach thermaler Sole aus Kreide- und Juraschichten wird aufgeführt. Im Bäderbuch der DDR erscheinen die Kurorte Bad Freienwalde, Bad Liebenwerda und Bad Wilsnack als Moorbäder und u. a. Rheinsberg als Diabetiker-sanatorium.

Heute richtet sich das Interesse entsprechend der technologischen Möglichkeiten auf die Erschließung des im tieferen Untergrund vorliegenden Geopotentials heißer Salzsole z. B. für die Nutzung in Thermalbädern. In jüngster Zeit sind in Brandenburg sechs tiefe Thermalsolebrunnen - in der Balneologie stets als Quellen bezeichnet - mit Temperaturen bis 67 °C entstanden (Abb. 1), die auch in der letzten zusammenfassenden Veröffentlichung zur Balneogeologie (MICHEL 1997) noch nicht enthalten sind.

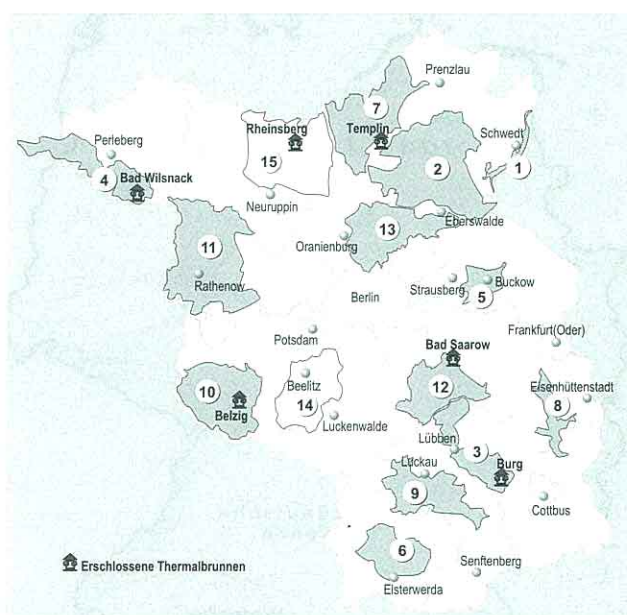


Abb. 1 Standorte der Thermalsolebrunnen in Brandenburg mit Darstellung der Großschutzgebiete:

1 Nationalpark Unteres Odertal, 2 Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin, 3 Biosphärenreservat Spreewald, 4 Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe-Brandenburg, 5 Naturpark Märkische Schweiz, 6 Naturpark Niederlausitzer Heidelandschaft, 7 Naturpark Uckermärkische Seen, 8 Naturpark Schlaubetal, 9 Naturpark Niederlausitzer Landrücken, 10 Naturpark Hoher Fläming, 11 Naturpark Westhavelland, 12 Naturpark Dahme-Heideseen, 13 Naturpark Barnim, 14 Naturpark Nuthe-Nieplitz-Auen, 15 Naturpark Stechlin-Ruppiner Land

(nach Landesanstalt für Großschutzgebiete)

Zur Förderung der Nutzung der Thermalsole für Kureinrichtungen und Thermalbäder war 1993 eine interministerielle Arbeitsgruppe unter Federführung des LGRB und Beteiligung von Vertretern des Wirtschafts-, Sozial-, Bau-, Landwirtschaftsministeriums und Umweltamtes gebildet worden. Sie hatte u. a. die Aufgabe,

- Vorkommen von Thermalsole,
- technologische Gewinnungsmöglichkeiten,

- Möglichkeiten der Abwasserbeseitigung,
- infrastrukturelle und rechtliche Rahmenbedingungen zu prüfen und Ministerien, Kommunen und Investoren fachlich zu beraten. Die Entwicklung von 1993 bis 1999 soll hier kurz dargestellt werden.

2. Vorkommen von Thermalsole

Die Abbildung 2 zeigt den großräumlichen Kenntnisstand über Deutschlands thermalsoleführende und auch für hydrothermale Energiegewinnung geeignete Gebiete.



Abb. 2 Sedimentbecken mit hydrothermalem Geopotential (nach ROCKEL et al. 1997)

Das **Norddeutsche Becken** bildet den Zentralabschnitt eines großen Senkungsraumes. Die zum Teil bis zu mehr als 5 000 m mächtigen Schichten über dem Permokarbon umfassen die gesamte Abfolge des Zechsteins bis zur Kreide, känozoische Sedimente sind ebenfalls fast geschlossen verbreitet (vgl. Abb. 6 bei MANHENKE, in diesem Heft). Hochporöse Sandsteine treten im Buntsandstein auf und sind vor allem im jüngeren Mesozoikum (Keuper-Unterkreide) weit verbreitet. Während mächtige Sandsteine des Buntsandsteins in der nördlichen und südlichen Randfazies (NE-Mecklenburg, Südbrandenburg) erbohrt wurden, ist das Auftreten der Sandsteine des jüngeren Mesozoikums vor allem an die zen-

tralen Beckenbereiche gebunden. Starken Einfluss auf die Lagerungsverhältnisse übt das mobile Zechsteinsalz aus. Der Bereich der Senke wird durch Salzstrukturen charakterisiert, die die mesozoischen Schichten vielfältig beeinflussen.

Die Salzablagerungen beeinflussen auch den Stoffbestand der in den mesozoischen Schichten enthaltenen Thermalösungen. Grundsätzlich handelt es sich um natriumchloridische Salzlösungen. MÜLLER (1969) hat eine Untergliederung nach den Hauptkationenanteilen Na^+ , K^+ , Ca^{++} und Mg^{++} vorgenommen, wobei hier der Na-Ca-Mg-Typ 1 vorliegt, der für diagenetisch veränderte Wässer und Ablaungslösungen einschließlich Infiltrationslösungen steht, im Gegensatz zu rein salinaren Reliktlösungen von $> 300 \text{ g/l}$ im Plattendolomit und zu Ozeanwasser des Na-Mg-Ca-Typs mit höherem Sulfatanteil.

LEHMANN (1974), MÜLLER & PAPENDIECK (1975) und VOIGT (1977) bringen weitere Gliederungsaspekte hinzu und versuchen z. T. durch die Klassifizierung nach Spurenelementen wie Bor, Brom, Jod, Strontium, Lithium genetische Unterscheidungen zu belegen.

Die Sole in den Schichten des Buntsandstein wurde sicherlich nicht nur postsalinar, bezogen auf das Zechsteinsalz, sondern auch subsalinar, bezogen auf Rötosalze, beeinflusst. KLECZKOWSKI (1979) fasst so zusammen: Die Genese der Sole wird auf die Einwirkung des Zechstein-Trias- und Jura-Salinars und synsedimentär umgewandeltes Meerwasser zurückgeführt. Paläoinfiltration und Infiltration sowie sekundäre Versalzung seit den altkimmerischen Bewegungen (dem Beginn der alpidischen Ära in der oberen Trias), die mit dem Aufstieg halokinetischer Strukturen verbunden sind, führen zu sekundären Veränderungen des Salzgehaltes.

Die in den sechs neuen Brandenburger Solebrunnen gewonnenen Analysen zeigen weitgehende Übereinstimmung in den prozentualen Anteilen (s. Pkt. 4).

Für die Bewertung der **Gewinnbarkeit** der Sole liegen folgende Erfahrungen vor.

Die Gewährleistung einer langfristigen stabilen Förderung und Reinjektion erfordert neben einer ausreichenden Verbreitung auch eine bestimmte lithologische Ausbildung des Nutzhorizontes. Erforderlich sind ausreichend mächtige, hochporöse und matrixarme Sandsteine, deren primär angelegte Porenraumstruktur und Korngefüge nur geringfügig diagenetisch verändert sind. ROCKEL et al. (1997) geben für eine energetische Nutzung mit größeren Thermalsolemengen folgende Orientierungswerte an:

- Nutzporosität $> 20 \%$,
- Permeabilität $> 0,5 \times 10^{-12} \text{ m}^2$,
- Mächtigkeit $> 20 \text{ m}$.

Für balneologische Nutzung mit relativ geringen Fördermengen eignen sich auch Sandsteine mit ungünstigeren Parametern.

Die intensive Suche nach Erdöl und Erdgas in der DDR und damit verbundene Forschungsarbeiten erbrachten wesentliche Kenntnisse auch über die detaillierte Verbreitung der thermalsoleführenden Sandsteine im Untergrund Brandenburgs

(u. a. DIENER et al. 1984, 1988-92). So konnten SCHWAB et al. (1993) in einer LGRB-Studie 13 dem Brandenburger Kurort- und Bäderverband e. V. angehörende Orte bewerten. Aus geologischer Sicht wurden die Standorte Bad Wilsnack, Templin, Rheinsberg, Neuruppin, Perleberg und Wusterhausen als besonders geeignet, Belzig, Wandlitz, Neu Fahrland und Buckow als gut geeignet, Bad Saarow und Bad Freienwalde als bedingt geeignet und lediglich Bad Liebenwerda als ungeeignet ausgewiesen. Dabei wurde darauf aufmerksam gemacht, dass für eine Thermalbadentwicklung grundsätzliche technologische Probleme (maßgebende Mengenbilanz durch Verschnitt mit Süßwasser; zusätzliche, möglichst geothermi-

sche Nachaufheizung; Entsorgung abgebadeter Wässer über Vorflut und/oder Rückverpressung in den tiefen Untergrund) zu lösen sind.

Die in den Jahren 1996-99 geteufte Thermalsolebohrungen (Tab. 1) erbrachten - als besonders höffig und als Nutzhorizont ausgebaut - in Bad Saarow und Templin **Liasandsteine** des Hettang-Sinemur mit effektiven Mächtigkeiten von 18 bzw. 30 m und in Rheinsberg, Bad Wilsnack und Belzig **Contorta-** bzw. **Posterasandsteine** des oberen Keuper mit 2-22 m, in Burg den **Volpriehausen-Sandstein** mit 12 m Mächtigkeit.

Tab. 1 Thermalsolebrunnen im Land Brandenburg

Brunnendaten und Nutzhorizont	Standorte					
	Bad Saarow	Templin	Bad Wilsnack	Belzig	Rheinsberg	Burg
Jahr der Fertigstellung des Brunnens	1996	1996	1997	1996	1995	1999
Nutzhorizont: Stratigraphie	Lias: Hettang - Sinemur	Lias: Hettang - Untersinemur	Oberer Keuper: Postera - Sandstein	Oberer Keuper: Contorta - Sandstein	Oberer Keuper: Contorta - Sandstein	Mittlerer Buntsandstein: Volpriehausen - Sandstein
Lithologie	Mittel- bis Feinsandstein, wechselnd siltig	Sandstein Mergelsteinlage	Mittel- bis Feinsandstein	Fein- bis Mittelsandstein, obere 5,4 m fein und siltig	Fein- bis Mittelsandstein	Mittelsandstein
Teufe (m unter Gelände)	428,6 - 449,9	1 615,5 - 1 650,3	999,6 - 1 008,8	773,0 - 780,4	1 647,0 - 1 668,8	1 296,0 - 1 308,0
effektive Mächtigkeit (m)	17,7	30	9,1	2	21,8	12
Porosität (%)	ca. 10	21,3	34,6	28	28,7	ca. 21 - 23
Schichttemperatur (°C)	22	67,4 (1 570 m)	48,1	34,2 (747 m)	67	ca. 55
Mineralisation (g/l)	24,6	163	161	186	166	240 - 260
stationärer Wasserspiegel (m unter NN)	+ 36,5	- 37	- 30	- 2	- 36	ca. - 10
geplante Förderleistung (m³/h)	Ist: 6 - 7,5	5 - 10	max. 30	max. 5	5 (30 - 50 bei energetischer Nutzung)	5 - 10
Prädikatisierung des Schichtwassers	Thermalsole	natürliches Heilwasser, jodhaltige Thermalsole	natürliches Heilwasser, jod- und eisenhaltige Thermalsole	natürliches Heilwasser, jodhaltige Thermalsole	natürliches Heilwasser, jod- und eisenhaltige Thermalsole	in Untersuchung

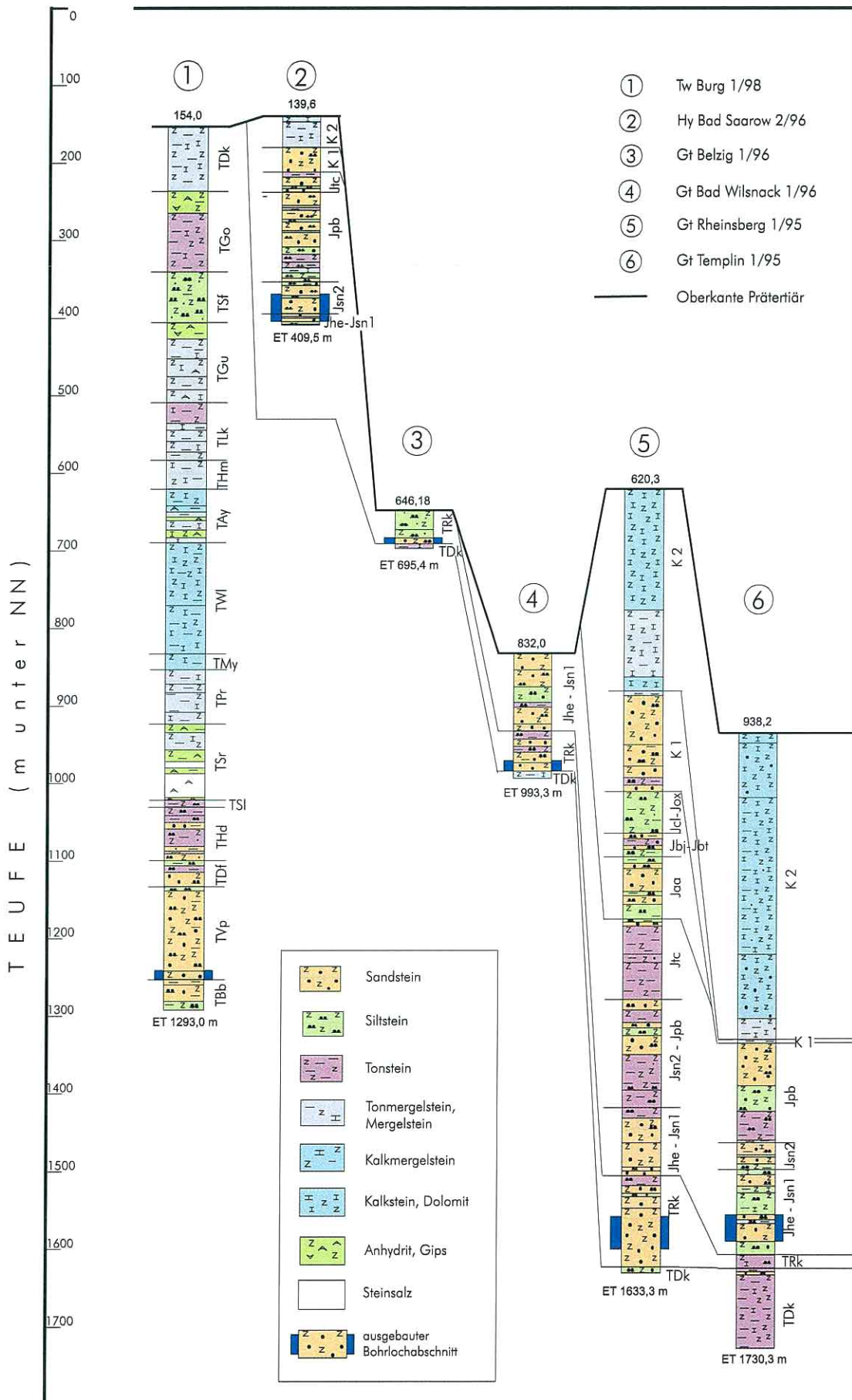


Abb. 3 Bohrprofile der Thermalsolebrunnen in Brandenburg (ohne Känozoikum)

Neben den in der Tabelle 1 ausgewiesenen Nutzhorizonten wurden in jeder Bohrung weitere poröse solehaltige Sandsteine als mögliche nutzbare Bereiche ermittelt (s. Abb. 3). Die **Porositäten** sind - meist nur nach geophysikalischer Bewertung der Bohrlochmessung ermittelt - im Keupersandstein sehr hoch (28-38 %), im Liassandstein sind sie etwas geringer (21 %, für Bad Saarow werden nur ca. 10 % angegeben). In Burg ist im mittleren Buntsandstein eine geeignete Nutzschiebt von ca. 12 m Mächtigkeit mit einer Porosität von ca. 21-23 % festgestellt worden.

Die **Teufenlage** der Thermalsolehorizonte folgt der jeweiligen Senkenposition, modifiziert durch salzaufwölbungsbedingte Hochlagen. Als stratigraphisch tiefster Nutzhorizont ist in Richtung zum Senkenrand der mittlere Buntsandstein bei Burg in rd. 1 300 m Tiefe erschlossen worden. Die stratigraphisch jüngeren Nutzhorizonte des oberen Keupers bis Lias wurden bei Belzig in weniger als 800 m Tiefe, zum Senkeninneren hin bei Bad Wilsnack in 1 000 m, bei Templin und Rheinsberg in rd. 1 650 m Tiefe angetroffen. In Bad Wilsnack und in Bad Saarow - hier bei nur knapp 450 m Tiefe - haben Salzbewegungen im Untergrund zur relativ geringen Teufenlage beigetragen.

Die in den Nutzhorizonten gemessenen **Temperaturen** liegen zwischen 22 bis 67 °C. Eine eindeutig gerichtete und ziemlich gleichmäßige Zunahme der Schicht- und damit auch Thermalsoletemperatur von etwa 10 °C normaler Grundwassertemperatur um 3-3,5 °C pro 100 m Teufe ist zu erkennen (s. Abb. 4), wobei im mittleren und südwestlichen Brandenburg 3 °C, im nördlichen und südöstlichen eher 3,5 °C zu verzeichnen sind.

Die ermittelten **Salzgehalte** liegen zwischen 25 g/l (Bad Saarow) - 260 g/l (Burg).

In Bad Saarow dürfte Süßwasser infiltriert sein. Für diese Deutung spricht auch der im Nutzhorizont ermittelte Soledruckspiegel von + 35,6 m NN, was etwa dem des Süßwasserstockwerkes entspricht. Die Sole im Buntsandstein (Burg) weist generell die höheren Salzgehalte gegenüber der Sole der Formationen vom Oberen Keuper/Rät und jünger auf. Die von MÜLLER & PAPENDIECK (1975) dargestellte Erhöhung der Dichte entsprechend des Salzgehaltes mit zunehmender Teufe ist allerdings durch lokale Effekte überdeckt. Die in den Solebrunnen von Bad Wilsnack, Templin, Rheinsberg und Belzig ermittelten Salzgehalte des Komplexes Oberer Keuper-Lias sind mit 161-186 g/l nahezu gleich, obwohl sie in sehr unterschiedlichen Teufen zwischen 780 - 1 670 m auftreten (vgl. Abb. 4). Lokale Faktoren können offenbar zu größerer und z. T. teufenunabhängiger Streuung führen, wodurch eine gerichtete Erhöhung mit der Teufe gestört ist (vgl. ROCKEL et. al. 1997, Abb. 9).

Die Salzgehalte der Sole von Bad Wilsnack und Belzig sind, verglichen mit ihrer Teufenlage, anomal hoch. Dies könnte in Bad Wilsnack durch die Nähe des gleichnamigen Salzstockes bedingt sein, der bis in tertiäre Schichten aufgedrungen ist, und in Belzig auf den Einfluss einer Salzkissenstruktur zurückgeführt werden.

Die **Soledruckspiegel** in den Brunnen (außer in Bad Saarow) liegen im Nutzhorizont weit unter NN (Tab. 1) und etwa zwischen 55 bis über 90 m tiefer als im Grundwasser des Süßwasserstockwerkes. Der Druckgradient, bezogen auf NN, nimmt nach Norden ab. Ohne eine Korrektur nach der Dichteveränderung (vgl. u. a. VOIGT 1975) vorzunehmen und ohne Überprüfung der regionalen Zusammenhänge - wobei im Allgemeinen der Rät-Jura-Unterkreidekomplex als zusammengehörendes Aquiferstockwerk angesehen wird (MÜLLER

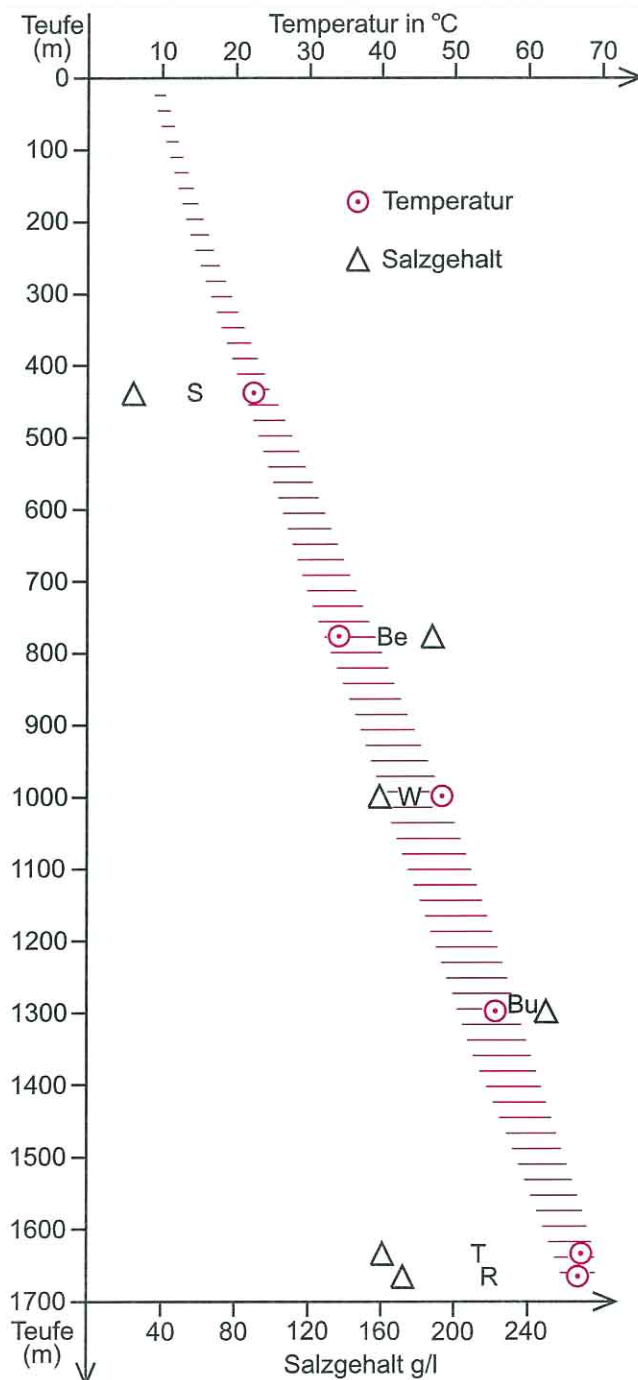


Abb. 4 Verhältnis der Thermalsoletemperatur zur Teufe und der Salzgehalte der sechs Brandenburger Solebrunnen (S - Bad Saarow, Be - Belzig, W - Bad Wilsnack, Bu - Burg, T - Templin, R - Rheinsberg)

1969) - ergäbe sich z. B. im Contorta-Sandstein zwischen Belzig und Rheinsberg eine fiktive Filtergeschwindigkeit nach DARCY von 0,9 mm/a, das wären 900 m in 1 Mio Jahren. Ohne in eine Diskussion über die Dynamik von Solen einzutreten, wobei aktuelle Infiltrations- und Abflussmöglichkeiten zu untersuchen wären, wird berechtigt eingeschätzt, dass die mögliche natürliche Dynamik der Sole für die Nutzung keine Rolle spielt (vgl. GINZEL & VOIGT 1991, ECKHARDT 1998).

Auch die Tiefenlagen der Soledruckspiegel weit unter Meeresniveau belegen, dass die Thermalsole generell an keinem kurzzeitigen aktuellen Wasserkreislauf beteiligt ist.

Alle in den Jahren 1996-1999 geteufte Thermalsolebohrungen haben somit geeignete Thermalsole für eine balneologische Nutzung erschlossen. Für die Standorte Templin und Rheinsberg sind aufgrund der erreichbaren Produktivitäten und den gegebenen Temperaturen auch günstige Bedingungen für eine energetische Nutzung zur Wärmeabgewinnung gegeben.

3. Technologische Gewinnungsmöglichkeiten und Solebeseitigung

Der Aufschluss der Thermalsole erfolgt über Rotarybohrungen mit einem Durchmesser von 200 - 300 mm im Nutzhorizont. In einer zweiten Bohrung (**Injektionsbohrung**) kann die abgekühlte Sole nach der Nutzung wieder in den Untergrund reinfiltiert werden (Abb. 5).

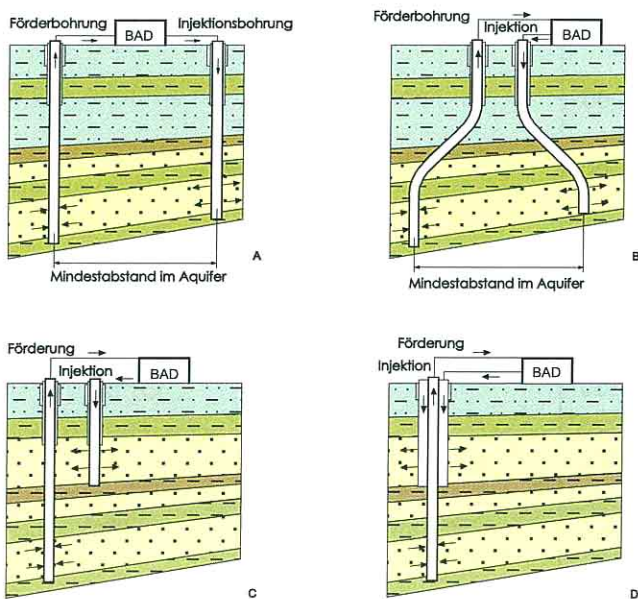


Abb. 5 Aufschlussvarianten bei Gewinnungs- und Infiltrationsbohrungen

(a: normale Doublettenvarianten mit Förder- und Infiltrationsbohrungen in einem Nutzhorizont; b: Doublettenvariante mit Förder- und Infiltrationsbohrung als Ablenkbohrungen von einem Standort aus; c: Doublettenvariante mit zwei genutzten Reservoirs; d: Aufschlusskonzept mit einer Bohrung und zwei genutzten Reservoirs (ROCKEL et al. 1997)

Als Probleme können auftreten:

- Absanden gering verfestigter, bindemittelarmer Speichergesteine,
- bakteriell verursachte Blockierungen,
- Korrosion der technischen Ausrüstungen.

Die von 1987 - 1989 arbeitende **Geothermische Heizentrale** (GHZ) in Prenzlau wurde wegen Absanden des Speichers und Bakterienbefall technologisch nicht beherrscht. Die Bohrung wurde später verteuft und als tiefe Erdwärmesonde in geschlossenem Kreislauf betrieben (s. MANHENKE, in diesem Heft).

Grundlage für die Empfehlungen der o. g. interministeriellen AG an die Landesregierung zur Ausgabe von Fördermitteln war auch die Absicherung der technologischen Machbarkeit. Dazu wurden die neuesten, in Neustadt-Glewe (Mecklenburg-Vorpommern) gewonnenen Ergebnisse herangezogen. Dort wurde der letzte Nachweis der technologischen Reife des Verfahrens der Solegewinnung, der Wärmenutzung und der Reinfiltration in den Untergrund in der mit zwei Bohrungen und Pumpversuchen 1988-90 vorbereiteten Geothermieranlage erbracht. 1995 begann die Förderung und derzeit wird im Regelbetrieb 90-120 m³ Thermalsole pro Stunde mit Temperaturen zwischen 92 - 98 °C Fördertemperatur und 220 g/l Salzgehalt aus 2 250 m tief gelegenen Contortasandstein zur Wärmeabgewinnung gefördert und in einer zweiten - 1 780 m entfernten - Bohrung mit 45 °C wieder reinjiziert. Im Erdwärmeheizwerk werden 6 MW (1996 = 13 812 MWh/a) als Grundlast durch die Geothermie erzeugt. Eine balneologische Nutzung erfolgt nicht.

Die Betriebserfahrungen zeigen, dass mögliche technologische Probleme und Gefährdungen grundsätzlich beherrschbar sind.

Sauerstoffzutritt, der zu Ausfällungsproblemen, insbesondere des Eisen in der Sole führen könnte, wird verhindert. Die vor der Reinfiltration angebrachten Filter befinden sich in Stickstoffatmosphäre und brauchen nur in dreimonatigen Abständen gewechselt werden. Die Injektionsbohrung saugt die reinfiltierte Sole regelrecht auf (MENZEL 1998).

Ein jeweils örtlich zu lösendes Problem besteht in der Verbringung der genutzten salzhaltigen Wässer.

Auch bei der balneologischen Nutzung kann die abgebadete Sole aufgrund des Salzgehaltes und der eventuellen Ansammlung von Keimen nicht direkt in die Vorflut gegeben werden. In Bad Saarow werden die abgebadeten Wässer nach Mikrofiltration entsprechend Variante c (Abb. 5) in einen Schluckbrunnen im Unterkreidesandstein versenkt.

Die **Abwasserentsorgung** kann bei geeigneten Bedingungen und nach entsprechender Aufbereitung auch in Fließgewässer erfolgen. Die AG hat durch den Vertreter des LUA dazu einen Eckwerteentwurf vorgelegt, der einen möglichen Auffüllwert bis zu 200 mg/l Chlorid in Fließgewässer zur Diskussion stellt. Für den Standort Templin wurde eine Abwasserentsorgung über das Hammerfließ als mögliche Variante vorgeschlagen.

4. Balneologische Solenutzung

Bei einer Nutzung als **Bade- und Heilwasser** sind neben der Wärme auch die Inhaltsstoffe der Sole von Interesse. Aus den sechs Brandenburger Thermalsolebrunnen liegen Angaben vor (s. Tab. 2 u. 3). Für Burg stand erst eine Kurzanalyse zur Verfügung.

Neben den Hauptbestandteilen sind Spurenelemente wie Jod, Barium, Cäsium, Rubidium und Zink unter 0,01 Masse-% enthalten.

- die Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser mit der Verordnung zur Änderung der Mineral- und Tafelwasserverordnung (1984 und 1990),
- die Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zur Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser (Bundesanzeiger Nr. 225 vom 30. November 1984) zu berücksichtigen. Ein Heilwasser kann mit Eisen, Jodid, Sulfidschwefel, Radon, freiem gelöstem Kohlenstoffdioxid, Fluorid und der Wassertemperatur besonders wertbestimmende Bestandteile bzw. Eigenschaften besitzen.

Tab. 2 Chemische Hauptbestandteile der Thermalsole

Prozentuale Massenanteile	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Sr ⁺⁺	NH ₄ ⁺	Fe ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻
	Kationen gesamt = 100 %							Anionen gesamt = 100 %			
Bad Saarow	91,3	5,5	2,5	0,4	0,2	0,05	0,02	96,4	1,9	1,6	0,1
Templin	94,3	3,4	1,6	0,5	0,1	0,07	0,1	97,6	2,1	0,2	0,1
Bad Wilsnack	93,6	4,0	1,6	0,6	0,1	0,06	0,03	98,9	0,9	0,1	0,1
Belzig	95,9	2,0	1,4	0,5	0,03	0,04	0,02	96,7	3,0	0,2	0,1
Rheinsberg	94,2	3,7	1,3	0,6	0,1	0,06	0,06	97,2	2,5	0,2	0,1
Burg	94	3,8	1,2	0,9				99	1		

Die Thermalsole enthält meist geringe Anteile von 2 - 6 cm³/l an gelösten Gasen, überwiegend Kohlenstoffdioxid, Stickstoff und Methan, z. T. auch Wasserstoff und Spuren von Helium. Die hier vorliegenden Analysen weisen z. T. auch Spuren von H₂S (Templin 0,02 mg/l) aus. Borat/Borsäure - nicht außergewöhnlich bei konzentrierter Sole - wurde mit relativ hoher Konzentration zwischen 13 - 100 mg/l ermittelt. Die pH-Werte liegen im neutralen bis leicht sauren (6,2 - 7,2), in Belzig im schwach basischen Bereich (7,6 - 7,7). In der Sole herrscht reduzierendes Milieu (Redoxspannung -9 bis -132 mV).

Hinsichtlich der balneologischen Verwendung sind einige Vorschriften, wie

- die Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen des Deutschen Bäderverbandes (1991),

Nach den Begriffsbestimmungen betragen die balneologisch anerkannten Mindestwerte beim Eisen 20 mg/l, beim Jodid 1 mg/l; ab Überschreitung der Konzentration an Natrium- und Chloridionen jeweils über 240 mmol/l (d. h. etwa 5,5 g/l bzw. 8,5 g/l) kann das Wasser als Sole bezeichnet werden, ab 20 °C mit dem Zusatz "Therme" (s. Tab. 3).

Die Thermalsole bietet damit die Voraussetzung zur Nutzung in

- Freizeitbädern und
- Therapieeinrichtungen.

Dabei dürften Einsatzmöglichkeiten sowohl bei der Therapie von Erkrankungen des Bewegungsapparates, rheumatischen Erkrankungen, Lähmungen, Unfallfolgen, Nervener-

Tab. 3 Heilwasserkennwerte der Brandenburger Thermalsole

	Eisen mg/l	Jodid mg/l	Temperatur °C	Gesamtmineralisation g/l	Natürliche Heilwassercharakteristik
Bad Saarow	2,2	0,5	22	24,6	Thermalsole
Templin	19,4	5	67	163	jodhaltige Thermalsole
Bad Wilsnack	22,1	6,9	48	161	jod- und eisenhaltige Thermalsole
Belzig	12,1	1,5	34	186	jodhaltige Thermalsole
Rheinsberg	37,7	7,5	67	166	jod- und eisenhaltige Thermalsole
Burg	n. b.	n. b.	ca. 55	ca. 250	noch nicht bestimmt

krankungen, Alterserscheinungen in Bewegungs- und Wannenbädern, als auch bei Erkrankung der Atemwege in Form von Inhalationen zu erschließen sein (KELLNER et al. 1992).

Eine kurörtliche Standortentwicklung ist allerdings von weiteren territorial - infrastrukturellen Bedingungen abhängig. Für Therapie- und Kureinrichtungen gelten hohe Anforderungen an Umwelt, Klima, Luftqualität, Natürlichkeit der Landschaft, verkehrs- und wohntechnische Erschließung. Günstig sind zusätzliche kulturelle und historische Attraktionen.

Brandenburgs bisher erschlossene Thermalsolebrunnen sind sämtlich in natürlich erhaltenen Landschaften inmitten von geschützten Naturparks (vgl. Abb. 1) gelegen und erfüllen alle Anforderungen zu Umwelt, Klima und Luftqualität. Sie bieten Möglichkeiten zum Erwandern der Natur, zur Nutzung oft ausgedehnter Seen- und Hügellandschaften, z. T. verbunden mit geschichtlichen Sehenswürdigkeiten.

Der Statusreport zur tiefen Geothermie des LGRB (KOPF 1998) weist folgenden Stand der Brandenburger Solebrunnen aus:

Mit einer hohen finanziellen Förderung durch das Land Brandenburg wurde bisher die **Saarow-Therme** innerhalb eines größeren Kurparkzentrums unweit von Berlin durch die Kur- und Fremdenverkehrs GmbH in Bad Saarow in Betrieb genommen und erfreut sich seit Ende 1998 regen Besuchs (Abb. 6). Bad Saarow am Scharmützelsee, dem "Märkischen Meer

in der Märkischen Schweiz", ist u. a. mit dem Naturpark Dahme-Heideseen landschaftlich und wegen nur 40 min Fahrzeit von Berlin auch verkehrstechnisch sehr gut gelegen.

1997 wurde aus dem Solebrunnen **Rheinsberger Prinzenquelle** in geringem Umfang Sole gefördert und zu Badezwecken an Heileinrichtungen in der Region verkauft. Rheinsberg innerhalb des vorgesehenen Naturparkes Stechlin-Ruppiner Land ist mit dem geschichtsträchtigen Rheinsberger Schloss und dem Kulturhöhepunkt Rheinsberger Sommer eine der touristischen Attraktionen im Land Brandenburg.

In **Templin** erfolgte 1998 die Grundsteinlegung für ein vom Land gefördertes Kurzentrum. Templin als Stadt der Seen und Wälder - umgeben vom Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin und dem Naturpark Uckermarkische Seen - kann mit seiner 1 735 m langen mittelalterlichen Stadtmauer aus dem 14. Jahrhundert neben weiteren historischen, kulturellen und medizinischen Rehabilitations-Angeboten aufwarten.

Die Kreisstadt **Belzig** verfügt seit langem über ein Kurortkonzept und wurde 1997 Luftkurort. Im Naturpark Hoher Fläming gelegen, sind von hier nicht nur der Hohe und Niedere Fläming, sondern auch mittelalterliche Burgen zu erwandern.

Für **Bad Wilsnack** als alter anerkannter Kurort - im Naturpark Elbtalaue gelegen und dem UNESCO-Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe angehörend - spricht u. a. seine Tradition als mittelalterlicher Wallfahrtsort und seine Nähe zu Niedersachsen und Hamburg. Bad Wilsnack galt bis 1945 als Modebad.

Die jüngst erschlossene Spreewaldsole und Therme in **Burg** im Biosphärenreservat Spreewald kann auf die Anziehungskraft des Spreewaldes und die Nähe der Stadt Cottbus setzen.

Das Interesse an einer Thermalsoleerschließung in Brandenburg übertraf alle Erwartungen der AG. Zusätzlich zu den 6 bereits genannten Vorhaben wurde für weitere 16 Standorte beim LGRB zu den geologischen Möglichkeiten für eine Thermalsoleerschließung und -nutzung angefragt. Diese Aktivitäten folgen offenbar solchen Vorbildern wie dem Niederbayerischen Bäderdreieck und dem südlichen Kärnten. Auch Niedersachsen verfügt über zahlreiche Heilbäder. Besonders Niederbayern hat gezeigt, dass auch ohne hundertjährige Tradition Kur- und Erlebnisbäder entwickelt werden können. Mit einem täglichen Umsatz von 135 DM/Gast und einem Arbeitsplatz je 2,5 Kur- und Tagesgästen wurden die Bäder zum tragenden Wirtschaftszweig der Region. Dafür müssen Besucherzahlen von mehr als 1 000 - 3 000 pro Tag angestrebt werden. Das bedeutet, dass eine überlegte Standortauswahl im Land Brandenburg zu treffen ist. Die Entwicklung von Thermalbädern erfordert daher eine Bündelung von Fördermitteln auf Standorte, die auch über ein ausreichendes Einzugsgebiet verfügen.

Der wirtschaftliche Schwellenwert für ein Kur- und Gesundheitstouristisches Thermal- und Erlebnisbad wird mit 350 000 Besuchertagen im Jahr, d. h. durchschnittlich 1 000 Besuchern pro Tag angegeben. Als Kenngrößen gelten dabei (vgl. MASCHKE u. a. 1995):



Abb. 6 Saarow Therme mit Kurpark
(mit freundlicher Genehmigung der Kur- und Fremdenverkehrs GmbH, Bad Saarow)
Aufnahme: Graphische Kunstanstalt Bad Saarow

- Einzugsgebiet:** Wohnortausflügler bis zu 90 min einfache Fahrzeit
Urlaubsausflügler bis zu 45 min einfache Fahrzeit
- Besucherpotential:** Wohnortausflügler: 3 % der Bevölkerung des Einzugsgebietes machen ca. 5-10 Besuche/Jahr im Bad, mit zunehmender Beliebtheit ist eine Steigerung der Besucherintensität zu erwarten. Zur Auslastung auch außerhalb der Urlaubssaison sind etwa 0,5 - 1 Mio Einwohner im Einzugsgebiet erforderlich.
Urlaubsausflügler: durchschnittlich 4,5 Übernachtungen, 15 % machen 1-2 Besuche/Aufenthalt im Bad
Kurpatienten: ca. 3 Wochen Aufenthalt, Bäder entsprechend ihres Kurprogrammes und 1-2 Besuche pro Aufenthalt im allgemeinen Bad
- Bewertung:** Maßgeblich für die Anziehungskraft auf mögliche Besucher sind Attraktivität, Umfeld und Infrastruktur und eine spezielle Ausrichtung jedes Standortes (z. B. Rheinsberg in Verbindung mit dem Rheinsberger Sommer, Richtung Kultur etc.)

Diese Wirtschaftskriterien sind von den fördermittelgebenden Ministerien und Institutionen und auch von den potentiellen Betreibern zu bedenken. Die AG hat zunächst die Konzentration auf eine Anzahl von drei Standorten für das Land Brandenburg empfohlen.

Zusammenfassung

Die sechs im Land Brandenburg erschlossenen Thermalsolebrunnen, Bad Saarow, Templin, Bad Wilsnack, Belzig, Rheinsberg und Burg, ihre hydrogeologischen Grundlagen und Kennwerte sowie technologische und infrastrukturelle Bedingungen werden dargestellt.

Summary

There are six recovered wells of thermal brines in Brandenburg, Bad Saarow, Templin, Bad Wilsnack, Belzig, Rheinsberg and Burg. Their hydrogeological basis, parameters as well as their technological and infrastructural conditions are presented.

Literatur

- BEER, H. & G. ECKHARDT (1997): Tiefliegende Bodenschätze. - Karte 16 in: STACKEBRANDT, W., EHMKE, G. & V. MANHENKE (Hrsg.): Atlas zur Geologie von Brandenburg, LGRB, Kleinmachnow
- BRANDT, W. (1996): Balneologische und energetische Nutzung geothermaler Schichtwässer im Land Brandenburg. - *Geothermische Energie* 5, 17, S. 11-13, Geeste
- BRANDT, W., KELLNER, T., LENZ, G., ROCKEL, W. & M. STÖWER (1997): Geologischer Abschlußbericht zur Thermalwasserbohrung Gt Belzig 1/96. - *Geothermie Neubrandenburg*, Wildau (unveröff.)
- BRANDT, W., ROCKEL, W., STÖWER, M., KELLNER, T. & G. LENZ (1997): Geologischer Abschlußbericht zur Thermalwasserbohrung Gt Bad Wilsnack 1/96. - *Geothermie Neubrandenburg*, Wildau (unveröff.)
- BRANDT, W., BECKER, U., KELLNER, T., LENZ, G., ROCKEL, W. & M. STÖWER (1997): Geologischer Abschlußbericht zur Thermalwasserbohrung Gt Templin 1/95. - *Geothermie Neubrandenburg*, Wildau (unveröff.)
- BUSSMANN, W., BACHMANN, I., EICHELBRÖNNER, M., ROTTLUFF, F., RUMMEL, F., SANNER, B. & R. SCHULZ: Geothermische Energie - ein Leitfaden für Städte und Gemeinden. - Hrsg. Forum für Zukunftsenergien e. V. Bonn mit Unterstützung des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Brandenburg, Potsdam
- CARLÉ, W. (1975): Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. - Stuttgart
- Deutscher Bäderverband e. V. (Hrsg.) (1991): Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen. - Bonn
- Deutsches Bäderbuch (1907). - Leipzig
- DIENER, I., KATZUNG, G., KÜHN, P. u. a. (1984): *Geothermie-Atlas der DDR*. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- DIENER, I., TESCH, M., WORMBS, J. u. a. (1988-92): Geologische Grundlagen für die Geothermienutzung in Nordost-Deutschland (Blätter 1 : 200 000; Neuruppin, Neubrandenburg/Torgelow, Berlin/Frankfurt, Eberswalde/Bad Freienwalde, Brandenburg/Magdeburg, Finsterwalde/Cottbus). - Zentrales Geologisches Institut, Berlin (unveröff.)
- ECKHARDT, G. (1998): Trennung zwischen Grundwasser (Wasserrecht) und Sole (Bergrecht). - *Brandenburg. geowiss. Beitr.* 5, 2, S. 8, Kleinmachnow
- ECKHARDT, G. & V. MANHENKE (1997): Tiefliegende Geopotentiale und ihre wirtschaftliche Nutzung. - In: Tätigkeitsbericht 1993-1996, LGRB, Kleinmachnow
- EMSHOFF, B. (1997): Ergebnisdokumentation Teil 3 – Erschließung des Infiltrationshorizontes in Bad Saarow-Pieskow. – *Hydrogeologie Berlin-Brandenburg*, Berlin (unveröff.)
- GINZEL, G. & H.-J. VOIGT (1991): Die geologischen Rahmenbedingungen für die Mineralwasservorkommen in den fünf neuen Bundesländern. - *Der Mineralbrunnen* 2, S. 38-42, Bonn
- HOTH, P., SEIBT, A., KELLNER, T. & E. HUENGES (1997): *Geothermie Report 97-1: Geowissenschaftliche Bewertungsgrundlagen zur Nutzung hydrogeothermaler Ressourcen in Norddeutschland*. - GeoForschungsZentrum Potsdam
- JORDAN, H. (Hrsg.) (1967): *Bäderbuch der Deutschen Demokratischen Republik*. - Leipzig
- KELLNER, T., BACHMANN, J., EGGERT, B. & B. ROHSTOCK (1992): Möglichkeiten der balneologischen Nutzung mineralisierter Tiefenwässer im Land Brandenburg. - *Geothermie-Engineering GmbH Neubrandenburg*, im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie, Potsdam (unveröff.)

- KLÖDEN, K. F. (1830/1831): Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis der Mark Brandenburg. - Drittes und Viertes Stück, Berlin
- KOPF, M. (1998): Statusreport Tiefe Geothermie. - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)
- KLECZKOWSKI, A. S. (1979): Sole und Tiefengrundwässer im polnisch-norddeutschen Flachland. - Geol. Jb., C 22, S. 141-148, Hannover
- LEHMANN, H.-W. (1974): Geochemie und Genesis der Tiefenwässer der Nordostdeutschen Senke. - Z. angew. Geol., 20, S. 502-509 und 551-557, Berlin
- MASCHKE, J., HARRER, B. & M. FEIGE (1995): Vorschläge für eine wirtschaftlich tragfähige Bäderlandschaft in Mecklenburg-Vorpommern. - Deutsches Wirtsch. wiss. Inst. f. Fremdenverkehr, München, Berlin (unveröff.)
- MENZEL, H. (1998): Nutzung der Geothermie zur Abdeckung des Wärmebedarfes eines Wohn- und Industriegebietes in Neustadt-Glewe. - Schlussbericht, Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH, Westmecklenburg. Energievers. AG, Schwerin (unveröff.)
- MICHEL, G. (1997): Mineral- und Thermalwässer - Allgemeine Balneogeologie. - Lehrbuch der Hydrogeologie Band 7, Berlin, Stuttgart
- MÜLLER, E. P. (1969): Zur Geochemie der Tiefenwässer und der organischen Substanz im Nordteil der DDR. - Z. angew. Geol. 15, S. 113-124, Berlin
- MÜLLER, P. & G. PAPENDIECK (1975): Zur Verteilung, Genese und Dynamik von Tiefenwässern unter besonderer Berücksichtigung des Zechsteins. - Z. geol. Wiss., 3, S. 167-196, Berlin
- ROCKEL, W., HOTH, P. & P. SEIBT (1997): Charakteristik und Aufschluss hydrogeothermaler Speicher. - Geowissenschaften 15, 8, S. 244-252, Berlin
- ROCKEL, W., LENZ, G. & T. KELLNER (1995): Geologischer Bericht zur Thermalwasserbohrung Gt Rheinsberg 1/95. - Geothermie Neubrandenburg, Zeuthen (unveröff.)
- SCHIRRMESTER, W. (1996): Aus der Literatur überlieferte Angaben über natürliche Salzwasseraustritte an der Grundwasseroberfläche/Geländeoberfläche in Brandenburg. - Brandenburg. geowiss. Beitr. 3, 1, S. 94-96, Kleinmachnow
- SCHWAB, G., STACKEBRANDT, W., MANHENKE, V., BEER, H., ECKHARDT, G. & B. RECHLIN (1993): Geologische Voraussetzungen für die Nutzung von Thermal- und Mineralwässern im Land Brandenburg. - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)
- VOIGT, H.-J. (1975): Zur Dynamik der mineralisierten Schichtwässer im Nordteil der DDR. - Z. angew. Geol. 21, S. 164-168, Berlin
- VOIGT, H.-J. (1977): Zur Geochemie der Spurenelemente Brom, Jod, Bor, Strontium und Lithium in den Mineralwässern des Nordteiles der DDR. - Z. angew. Geol. 23, S. 395-402, Berlin
- Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 132
- Anschrift der Autoren:
 Dr. Volker Manhenke,
 Dipl.-Geol. Gottfried Eckhardt
 Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
 Stahnsdorfer Damm 77
 14532 Kleinmachnow
- Dipl.-Geol. Wilfried Rockel
 Am Hang 12
 15711 Königs Wusterhausen