

KURZMITTEILUNG

Temperaturmessungen in Tiefbohrungen – Repräsentanz und Möglichkeit einer näherungsweise Korrektur

HORST BEER

1. Vorbemerkungen

Die Kenntnis der *Temperaturverteilung* in der Erdkruste ist von hohem wissenschaftlichen Interesse und trägt u. a. zur Klärung des geologischen Tiefenbaus und zur Bewertung geodynamischer Prozesse bei. Mit abgeleiteten Aussagen zum geothermischen Potential in erschließbaren Tiefenbereichen der oberen Erdkruste können gleichzeitig wirtschaftsrelevante Fragen zur Nutzung der hydrothermalen und „trockenen“, Erdwärme beantwortet werden. Die Kenntnis der Temperaturverteilung ist nicht zuletzt für das technisch sichere Niederbringen tiefer Bohrungen von Bedeutung.

Das Temperaturfeld der Erdkruste wird von verschiedenen Faktoren – vom aus dem Erdinneren aufsteigenden Wärmefluß, von radiogener Wärmeproduktion, von geo- und hydrodynamischen Prozessen und nicht zuletzt von der Wärmeleitfähigkeit der Gesteine – geprägt und ist damit neben seiner Tiefenabhängigkeit regional wie lokal differenziert.

Ausdruck der vertikalen Veränderung der Temperatur ist der *geothermische* oder *Temperaturgradient* ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$; $\text{K}/100\text{ m}$); sein reziproker Wert ist die *geothermische Tiefenstufe*. Mittels des geothermischen Gradienten und der gesteinspezifischen Wärmeleitfähigkeit kann der Wärmefluß (bzw. die terrestrische Wärmestromdichte) berechnet werden.

Temperaturwerte im oberen Teil der Erdkruste werden vorrangig durch *Messungen in Tiefbohrungen* ermittelt. Die tiefenbezogenen Werte werden mit kontinuierlichen Temperaturmessungen (in Abständen von Dekametern), durch Messungen bei Testarbeiten oder Messungen der Maximaltemperatur beim Bohraufschluß bestimmt. Mit dem Bohraufschluß – vor allem durch den Spülungsumlauf – wird das ursprüngliche Temperaturfeld im Bereich der Bohrung gestört. Die Bohrspülung fungiert praktisch als Wärmeaustauscher, indem sie im unteren Bohrungsabschnitt dem Gestein Wärme entzieht ($T_{\text{Sp}} < T_{\text{Gest}}$) und diese beim Aufstieg im oberen Bereich der Bohrung teilweise wieder abgibt ($T_{\text{Sp}} > T_{\text{Gest}}$). Die gemessenen Temperaturen sind dadurch mit Abweichungen behaftet: die tief liegenden Abschnitte der Bohrung sind „kälter“, die oberen Bereiche „wärmer“ als im ungestörten Zustand. Die Abweichungen sind um so größer, je kürzer die Standzeiten (kein Spülungsumlauf) vor der Messung sind und je länger die Aufschlußzeit der Bohrung ist, das bedeutet generell, je tiefer der Bohraufschluß ist.

Kontinuierliche Temperaturmessungen liegen von etwa 125 Tiefbohrungen im Land Brandenburg vor (zusammengestellt von E. HURTIG). Vermessen wurden dabei Tiefenbereiche bis 5500 m. Der Meßabstand liegt bei 50 m. In einzelnen Bohrungen wurde der Temperaturverlauf zweimal untersucht. Auf die Ergebnisse dieser Bohrungen mit Messungen nach unterschiedlich langen Stillstandszeiten stützt sich u. a. die hier vorgestellte Möglichkeit der näherungsweisen Temperaturkorrektur. Auch andere Temperaturmessungen in Tiefbohrungen (Maximaltemperatur, Testtemperatur) bedürfen einer Anpassung, sie sind jedoch nicht Gegenstand dieser Bewertung.

2. Bewertung der Repräsentanz von Temperaturmessungen

Entscheidende Ursachen für die Abweichungen der in Tiefbohrungen gemessenen Temperaturen von der initialen Temperaturverteilung sind die Standzeiten bis zur Messung und die Dauer des Bohraufschlusses, die etwa der Aufschlußtiefe (Meßtiefe) der Bohrung proportional ist. Weitere Einflußfaktoren, wie der interne technologische Ablauf des Bohrprozesses, sind derzeit nicht nachvollziehbar und können demzufolge nicht berücksichtigt werden. Daneben besitzen Wärmeflußparameter der durchteuften Gesteinsfolgen modifizierenden Einfluß.

Die verfügbaren Angaben zu den Standzeiten sind mit Unsicherheiten behaftet, da diese nicht klar definiert sind und der technologische Ablauf nicht immer ausreichend bekannt ist. Mit dieser Einschränkung können von etwa 80 % der temperaturvermessenen Bohrungen Angaben zur Standzeit in die Bewertung einbezogen werden. Die Standzeiten schwanken danach von weniger als 10 Stunden (h) bis mehrere Jahre (a). Als Aufschlußtiefe der Bohrung wird generell die Meßtiefe verwendet; die Aufschlußtiefe kann gegebenenfalls größer als die Meßtiefe sein.

In Abb. 1 sind die in den Bohrungen bei 100 m Tiefe gemessenen oder auf diese Tiefe extrapolierten Temperaturen in Abhängigkeit von den Standzeiten bis ca. 20 Tage (d) dargestellt. Der Tiefenbezug von 100 m wurde gewählt, um Temperatureinflüsse in Nähe der Erdoberfläche infolge des Jahresganges der Lufttemperatur zu eliminieren. Auffallend – und aufgrund der obengenannten Sicherheitsproblematik der dargestellten Kenngrößen nicht verwunderlich – ist eine große Streubreite der Werte, vor allem im Bereich von Standzeiten unterhalb von 50 h. Der Trend der Temperaturabnahme mit Zunahme der Standzeit ist jedoch ebenso sichtbar. Die Bereiche mit deutlich erkennbarer Meßpunktverdichtung wurden linear begrenzt und als direkter Bewertungsbereich weiter interpretiert. Die für 50 h-Intervalle der Standzeit berechneten Mittelwerte der Temperatur bei 100 m Tiefe zeigen den Trend einer asymptotischen Annäherung an einen Grenzwert, der oberhalb von ca. $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ als unterer Grenze der gemessenen/extrapolierten Temperaturwerte liegen sollte.

Die hohe Streubreite der dargestellten Beziehung ist neben der prinzipiell geringen Datensicherheit auch durch die unterschiedliche Aufschlußtiefe (bzw. Aufschlußdauer) oder die geologische und damit geothermische Position der

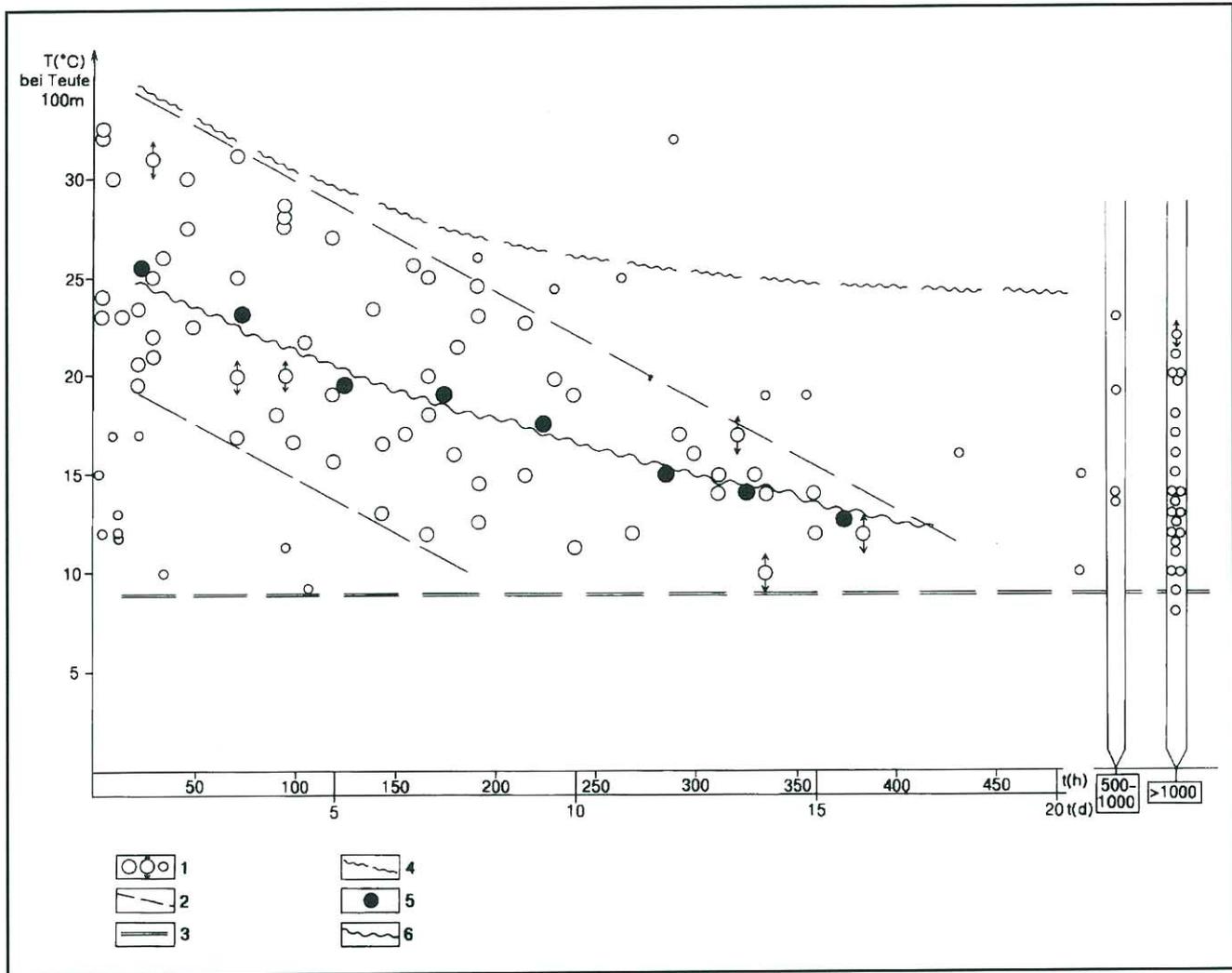


Abb. 1 Temperatur (T) in 100 m Tiefe in Abhängigkeit von der Standzeit ($t \leq 20$ Tage)

1 – Ergebnis von vermessener Bohrung (ca.-Wert) - zuverlässig/schwankend/außerhalb des Bewertungsbereiches, 2 – Grenzen des Bewertungsbereiches, 3 – untere Grenze der Temperaturmeßwerte, 4 – obere Grenze der Temperaturmeßwerte, 5 – Mittelwert der Temperatur für 50 h-Intervalle, 6 – angenäherter Temperaturverlauf nach Mittelwerten

Bohrungen bedingt. Bei Betrachtung des Standzeitenintervalls von ca. 2 d bis ca. 12 d (darüber und darunter vorwiegend Bohrungen im südlichen Randbereich der Nordostdeutschen Senke) ist festzustellen, daß mehr als 80 % der Bohrungen oberhalb des mittleren Trends Aufschlußtiefen von mehr als 4 000 m aufweisen, dagegen unterhalb dieser Grenze Bohrungen mit diesen Aufschlußtiefen nur noch etwa 20 % ausmachen. Das bedeutet, daß neben der Standzeit auch die Aufschlußtiefe der Bohrung als erkennbare Einflußgröße belegt werden kann.

Die weitere Auflösung der in Abb. 1 dargestellten Beziehung für größere Standzeiten (bis ca. 1 a) zeigt Abb. 2. Auch hier fällt eine hohe Schwankungsbreite auf. Das Erreichen des ursprünglichen Temperaturzustandes kann danach durchaus erst nach Monaten oder mehr als einem Jahr eintreten. Möglicherweise ist nach einer Standzeit von etwa zwei Wochen mit einer stärker verzögerten Temperaturanpassung zu rechnen, als sie nach Abb. 1 angezeigt ist.

Die standzeitbezogene Abhängigkeit der Temperaturverteilung zeigt die Abb. 3 am Beispiel der Bohrungen Gt Velten 2/90 (Gt Vt 2/90), Gt Neuruppin 1/88 (Gt Nn 1/88) und E Brandenburg 1Eh/68 (E Br 1Eh/68), wo Temperaturmessungen nach unterschiedlichen Standzeiten vorgenommen wurden. Das betrifft sowohl die bei Tiefe 100 m bestimmte bzw. extrapolierte Temperatur, als auch den kontinuierlich gemessenen Temperaturverlauf in den Bohrungen.

In der Bohrung Gt Vt 2/90 wurde während der Aufschlußarbeiten (12.05.90 - minimale Standzeit) eine Temperaturmessung durchgeführt. Nach einer Stillstandszeit von etwa vier Jahren (1994) wurde eine Zweitmessung vorgenommen (vgl. Abb. 3 a). Die sich danach eingestellte initiale Temperaturverteilung weicht deutlich von der Erstmessung ab (T_{max} ca. 8–10 °C). Bei vergleichbarem Kurvenverlauf – als Widerspiegelung der spezifischen Wärmeleitfähigkeit des vermessenen geologischen Profils (aber unterschiedlichen Gradienten) – schneiden sich beide Kur-

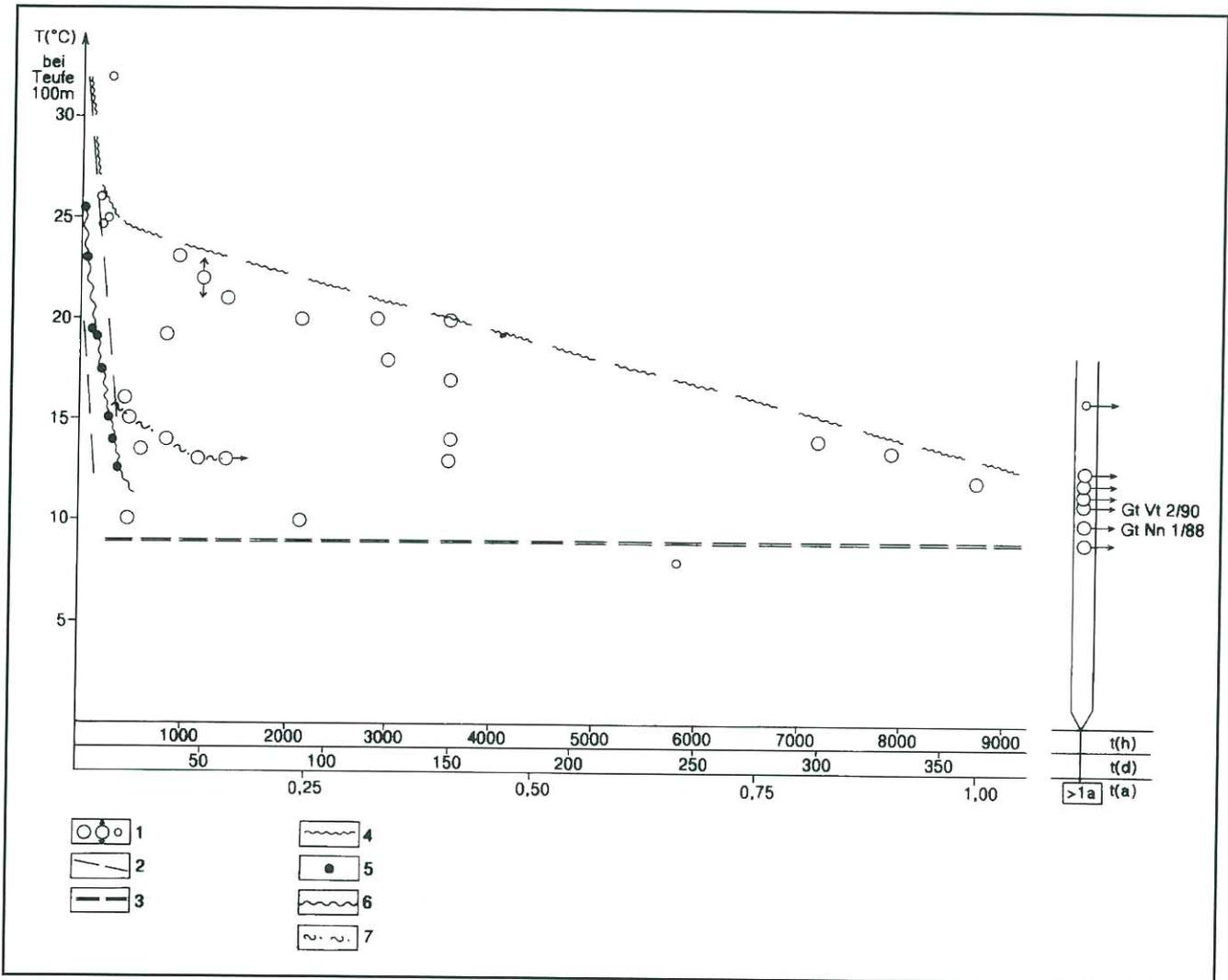


Abb. 2 Temperatur (T) in 100 m Tiefe in Abhängigkeit von der Standzeit ($t \leq 1$ Jahr)

1 – Ergebnis von vermessener Bohrung (ca.-Wert) - zuverlässig / schwankend / außerhalb des Bewertungsbereiches, 2 – Grenzen des Bewertungsbereiches, 3 – untere Grenze der Temperaturmeßwerte, 4 – obere Grenze der Temperaturmeßwerte, 5 – Mittelwert der Temperatur für 50 h-Intervalle, 6 – angenäherter Temperaturverlauf nach Mittelwerten, 7 – möglicher Temperaturverlauf bei Standzeiten ca. 10 d

ven etwa in der Mitte des vermessenen Tiefenintervalls, was sich mit einem Bilanzausgleich der positiven und negativen Temperaturanteile plausibel erklären läßt. Die Temperatur an der Erdoberfläche liegt bei ca. 7 °C, in 100 m Tiefe bei ca. 11–12 °C (ein Abfall um ca. 2 °C bei etwa 80 m kann als technischer Einfluß angesehen werden).

Der nahezu identische Kurvenverlauf zweier Messungen in der Bohrung Gt Nn 1/88 nach etwa drei bzw. sechs Jahren Stillstandszeit belegt die generelle Aussage zur Repräsentanz von Temperaturmessungen in Abhängigkeit von der Stillstandszeit (vgl. Abb. 3 b). Der detaillierte Kurvenverlauf zeigt jedoch die gleiche Erscheinung (Schnittpunkt beider um > 1 °C abweichenden Kurven) wie in der Bohrung Gt Vt 2/90, was auf einen langanhaltenden absoluten Temperatenausgleich hinweist.

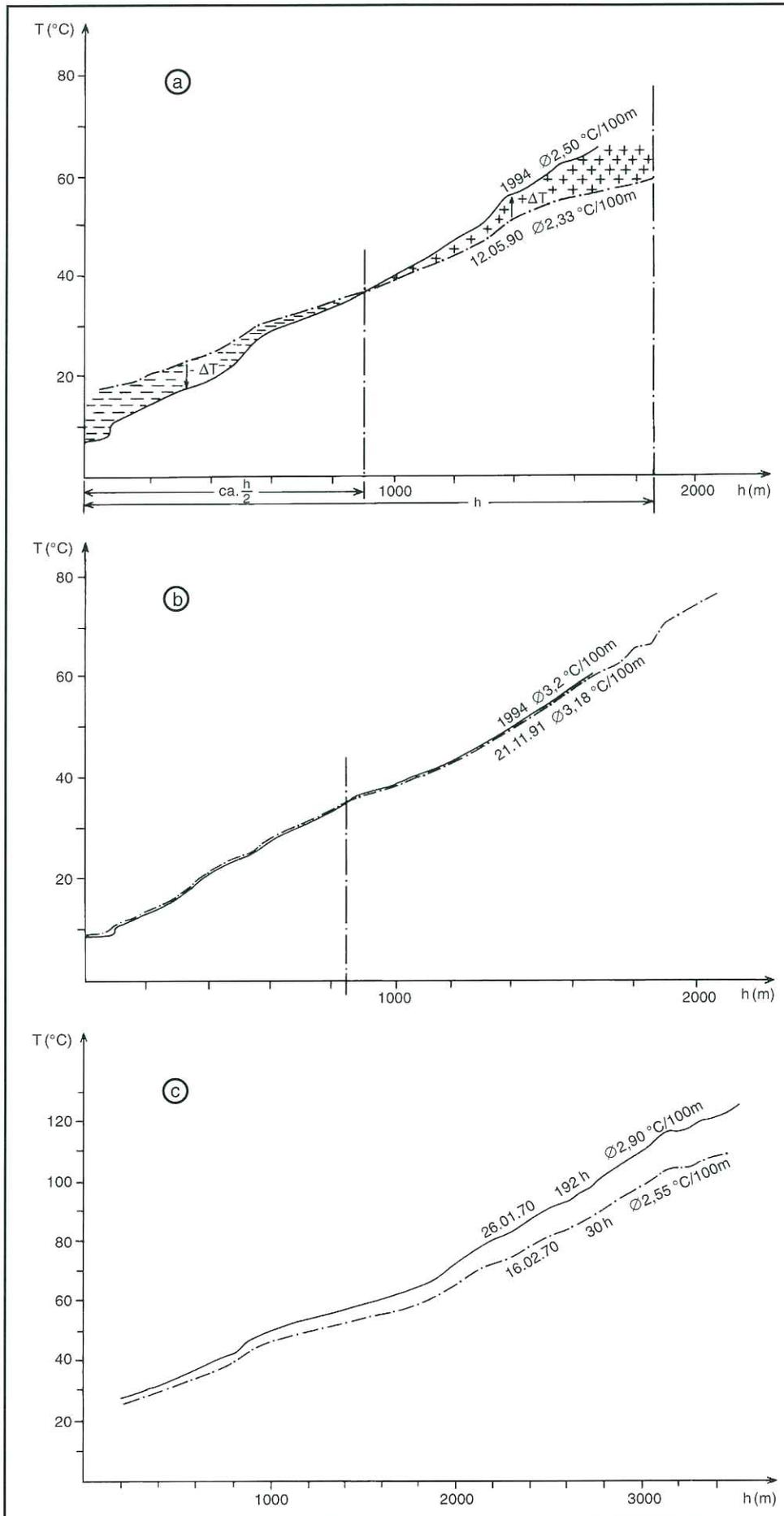
Zwei in der Bohrung E Br 1Eh/68 bei geringeren Standzeiten (30 h/192 h) während des Bohraufschlusses vorgenom-

mene Temperaturmessungen zeigen zwar die gleiche Abhängigkeit von der Standzeit, nämlich höhere Temperatur an der Bohrlochsohle bei längerer Standzeit ($\Delta T = 15$ °C), und mit abnehmender Tiefe Annäherung an den Temperaturverlauf bei geringerer Standzeit. Die Kurven schneiden sich, wie zu erwarten wäre, jedoch nicht (vgl. Abb. 3 c). Inwieweit möglicherweise bohrtechnologische oder meßtechnische Einflüsse diese Erscheinung hervorgerufen haben, kann nicht nachvollzogen werden. Diese Erscheinung zeigt zugleich Probleme der Repräsentanz bzw. Vergleichbarkeit von Temperaturmessungen auf.

Abb. 3 (rechts)

Verlaufskurven von Temperaturmessungen in Abhängigkeit von der Standzeit

a – Bohrung Gt Vt 2/90, b – Bohrung Gt Nn 1/88, c – Bohrung E Br 1Eh/68



3. Korrektur von Temperaturmessungen

Im Ergebnis der dargestellten und interpretierten Temperaturdaten von Bohrungen in Brandenburg, gestützt durch das überzeugende Beispiel der Bohrung Gt Vt 2/90 (vgl. Abb. 3 a), kann der in Bohrungen gemessene und vorwiegend bohrtechnologisch beeinflusste Temperaturverlauf nach folgenden Prämissen näherungsweise auf ungestörte ursprüngliche Verhältnisse korrigiert werden:

- Bilanzausgleich der Temperaturverteilung (gemessen/initial $\Delta T = 0$) etwa in der Mitte des aufgeschlossenen (vermessenen) Profils
- Ausschaltung oberflächennaher Temperaturbeeinflussung durch Ermittlung von Temperaturwerten bei 100 m Tiefe als Bezugsparameter.

Die bei 100 m Tiefe gemessenen (extrapolierten) Temperaturwerte in den Bohrungen sind in ihrer Höhe als wesentliches Maß der Beeinflussung und damit der durch zuführenden Korrektur anzusehen.

- Festlegung eines Wertes von 12 °C als Bezugsgröße der bei 100 m Tiefe geltenden unbeeinflussten Temperatur.

Diese Größe ist begründet aus dem Ergebnis der Bohrung Gt Vt 2/90, wird gestützt durch das Gros der Meßergebnisse von Bohrungen mit langer Stillstandszeit (vgl. Abb. 2) und steht im Einklang mit einer mittleren Temperatur von 8 °C an der Erdoberfläche. Lokal mögliche Abweichungen von diesem Bezugswert werden nicht berücksichtigt.

Die in den Bohrungen ermittelte Temperaturverteilung kann somit in erster Näherung korrigiert werden nach:

- obere Hälfte der Bohrung

$$T_{\text{korrigiert}} = T_{M,n} - \Delta T_n = T_{M,n} - \frac{T_{M,100} - T_{S,100}}{\frac{h^x}{2}} \left(\frac{h}{2} - h_n \right)$$

- untere Hälfte der Bohrung

$$T_{\text{korrigiert}} = T_{M,n} - \Delta T_n = T_{M,n} + \frac{T_{M,100} - T_{S,100}}{\frac{h^x}{2}} \left(h_n - \frac{h}{2} \right)$$

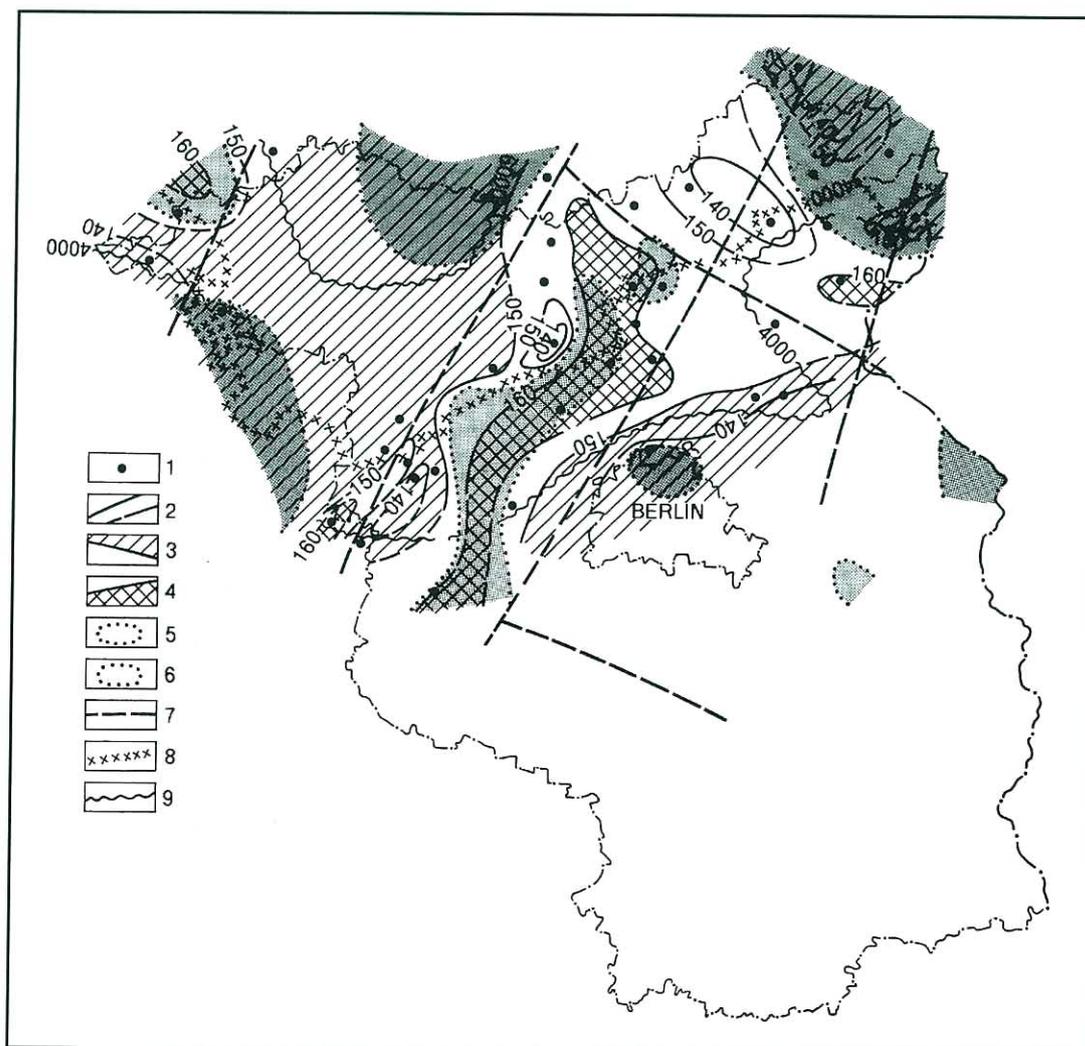


Abb. 4 Temperaturverteilung (korrigiert) in Brandenburg bei 4 000 m Tiefe

1 - Bohrung mit korrigiertem Temperaturwert, 2 - Isotherme sicher/wahrscheinlich, 3 - Temperaturminimum (< 150 °C), 4 - Temperaturmaximum (> 160 °C), 5 - vulkanitfreies Gebiet im Permokarbon, 6 - Vulkanitmaximum im Permokarbon (> 1 000 m), 7 - regionale Tiefenstörung, 8 - 4 000 m-Isobathe der Zechsteinbasis, 9 - Isobathe der Vulkanitoberfläche (m)

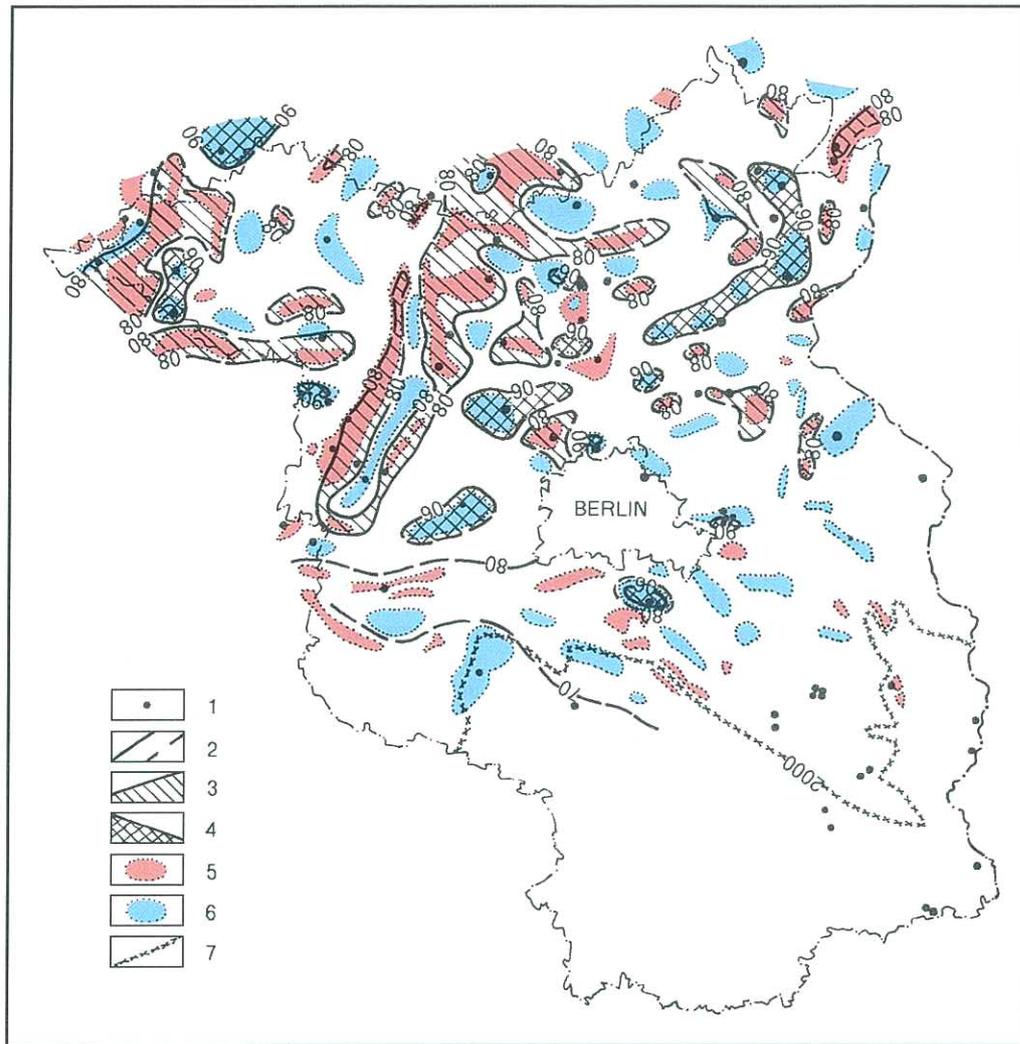


Abb. 5 Temperaturverteilung (korrigiert) in Brandenburg bei 2 000 m Tiefe

1 – Bohrung mit korrigiertem Temperaturwert, 2 – Isotherme sicher/wahrscheinlich, 3 – Temperaturminimum (< 80 °C), 4 – Temperaturmaximum (> 90 °C), 5 – Abwanderungsgebiet des Zechsteinsalzes, 6 – Akkumulationsgebiet des Zechsteinsalzes, 7 – 2 000 m-Isobathe der Zechsteinoberfläche

Dabei bedeuten:

- $T_{\text{kor},n}$ = korrigierte Temperatur in Teufe n (°C)
- $T_{\text{M},n}$ = gemessene Temperatur in Teufe n (°C)
- T_n = Korrekturwert der Temperatur in Teufe n (°C)
- $T_{\text{M},100}$ = gemessene (bzw. extrapolierte) Temperatur bei Teufe 100 m (°C)
- $T_{\text{S},100}$ = abgeleitete Temperatur bei Teufe 100 m (12 °C)
- h = aufgeschlossene (vermessene) Teufe der Bohrung (m)
- h^x = aufgeschlossene (vermessene) Teufe der Bohrung (minus 200 m) (m)
- h_n = Teufe n für Korrektur (m)

4. Geologische Bewertung der Ergebnisse

Nach dem abgeleiteten Näherungsverfahren wurden die gemessenen Temperaturen korrigiert und als Beispiele für zwei Tiefenniveaus (4 000 m, 2 000 m) flächenhaft darge-

stellt. Die Verteilung der Temperatur folgt weitgehend dem geologischen Bau des Untergrundes.

Aussagen zur Temperaturverteilung nach korrigierten Werten für den 4 000 m - Tiefenbereich sind aufgrund des Aufschlußstandes nur für den Nordteil des Landes möglich. Der herzynisch-rheinisch konturierte Blockbau des präsalinaren Untergrundes mit seinem begleitenden geologischen Inventar (z. B. Vulkanitmaxima, Vulkanitminima bzw. Vulkanitfreiheit) prägt die Verteilung des Temperaturfeldes (Abb. 4): Temperaturmaxima und Vulkanitminima entsprechen sich (z. B. > 160 °C in der vulkanitfreien Zone des nordwestlich Berlin gelegenen Blockes); der Verlauf der Isothermen folgt im wesentlichen der strukturektontischen Gliederung (die Aufschlußdicke ist allerdings z. T. unzureichend).

Im 2 000 m-Tiefenbereich spiegelt der Verlauf der Isothermen oft bis in den lokalen Rahmen den geologischen Bau des salinaren Stockwerkes wider (vgl. Abb. 5): Maxi-

ma der Temperatur korrelieren mit Salzakkumulationen des Zechsteins („Schornstein“-Effekt infolge hoher spezifischer Wärmeleitfähigkeit des Salzes); Temperaturminima sind an Salzabwanderungsgebiete gebunden. Eine Temperaturprognose in nicht temperaturvermessenen Bereichen ist damit möglich. Mit abnehmender und weniger differenzierter Mächtigkeit des Zechsteins nach Süden bei gleichzeitigem regionalen Anstieg über die Bezugsteufe von 2 000 m verliert sich diese Beziehung, und es werden andere geologisch-geothermische Zusammenhänge wirksam.

5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Auf der Basis einer Vielzahl von Temperaturmessungen in Tiefbohrungen und im Zusammenhang mit Doppelmessungen in Einzelbohrungen wird versucht, die durch den Aufschlußprozeß hervorgerufenen Abweichungen der gemessenen Temperaturverteilung vom natürlichen ungestörten Temperaturfeld quantitativ zu ermitteln.

Untersucht wird die Abhängigkeit der Temperaturabweichung von der Standzeit, der Aufschlußtiefe und der oberflächenunbeeinflussten Temperatur bei 100 m Tiefe. Weitere Einflußfaktoren (z. B. Wärmefluß des Gesteins) bleiben unberücksichtigt. Die Ausgangsdaten sind z. T. (Standzeit) von begrenzter Sicherheit; mögliche weitere bohrtechnologische Einflußfaktoren gehen nicht ein. Trotz hoher Streubreite der untersuchten Beziehungen sind Trends deutlich erkennbar.

Als Bezugsgrößen der Korrektur der gemessenen Temperatur werden die bei 100 m Tiefe gemessene/extrapolierte sowie abgeleitete unbeeinflusste Temperatur von 12 °C und die halbe Aufschlußtiefe (Meßtiefe) abgeleitet und verwendet. Aufgrund der begrenzten statistischen Sicherheit der Bezugsgrößen und der Beschränkung auf einzelne, jedoch wesentliche Parameter, die die Abweichungen bedingen,

besitzt das vorgeschlagene Verfahren Näherungscharakter. Eine Vervollkommnung und Präzisierung nach weiteren Einflußfaktoren ist prinzipiell möglich und notwendig. Es ist jedoch unklar, ob z. B. eine aufschlußtechnologische Aufarbeitung der Bohrungen überhaupt vorgenommen werden kann und diese dann zu einer sichtbaren Erhöhung der Zuverlässigkeit von Ausgangsdaten führt.

Das Korrekturverfahren ist einfach zu handhaben und liefert, wie deren geologische Interpretation zeigt, brauchbare Erstergebnisse. Weiterführende Präzisierungen unter Einbeziehung gesteins- und gebietsspezifischer Wärmeleitfähigkeits- und Wärmeflußuntersuchungen stellen vorrangige Aufgabenstellungen dar.

Literatur

- HURTIG, E. (1994): Temperaturdaten und Temperaturkurven - Zusammenstellung Land Brandenburg, unveröff., Potsdam
 KATZUNG, G. u. a. (1984): Geothermie-Atlas der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin
 SCHELLSCHMIDT, R. (1995): Temperaturkurven der Bohrungen Gt Neuruppin 1/88, Gt Pritzwalk 2/89, Gt Velten 2/90, unveröff., Hannover
 Archivunterlagen des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 91

Anschrift des Autors:

Dipl.-Geol. Horst Beer

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow

KURZMITTEILUNG

Aus der Literatur überlieferte Angaben über natürliche Salzwasseraustritte an der Grundwasseroberfläche/Geländeoberfläche in Brandenburg

WALTER SCHIRRMEISTER

Die Beschreibung von „Salzwasserquellen in Brandenburg“ erscheint auch unter geologisch Interessierten als ein Versuch der Darstellung exotischer Verhältnisse. Im allgemeinen wird es als selbstverständlich angesehen, daß sich unter dem Grundwasserspiegel in unserem Raum Süßwasser befindet. Tatsächlich sind aber an die hundert Stellen gefunden worden, an denen Salzwasser an der Erdoberfläche austritt, wenige 10 m unter der Oberfläche gefunden oder in Flachbrunnen gefördert wurde.

Salzwasseraustritte sind in ihrer Lage seit über 500 Jahren bekannt. Im ausgehenden Mittelalter wurde sogar mit mehr oder weniger Erfolg in Salzbrunn (etwa von 1580 bis in den Dreißigjährigen Krieg) und wahrscheinlich auch in Brandenburg, Trebbin und Storkow ein Salinenbetrieb versucht. Reste der Brunnen könnten im Moorboden auch heute noch vorhanden sein.

Eine erste umfassende Beschreibung dieser Stellen haben BEKMANN (1751) [1] und KLÖDEN (1830) [2] gegeben. Im 19. und bis über die Hälfte des 20. Jahrhunderts hinaus waren es vor allem Botaniker, welche bei floristischen Untersuchungen auch die Halophyten kartierten. Erst seit

den siebziger Jahren bearbeiten Hydrogeologen die Salzwasseraustritte und versuchen die Hydrodynamik und Hydrogeochemie zu erfassen.

Zahlreiche der aufgelisteten Salzwasservorkommen sind durch Meliorationen in den vergangenen zwei Jahrhunderten „verschwunden“ oder überbaut worden. Verschwunden ist aber nur die Austrittsstelle an der Geländeoberfläche. Die Tatsache, daß infolge bestimmter hydrogeologischer und hydrodynamischer Bedingungen Salzwasser bis an die Grundwasseroberfläche gelangt (HANNEMANN & SCHIRRMEISTER [17]), ist geblieben. Damit sind auch diese historischen Angaben für regionale Untersuchungen des Salzwasseraustritte von großer Bedeutung.

Die Forschungsgeschichte der Salzwasseraustritte hat logischerweise dazu geführt, daß diese hauptsächlich im Interessenkreis der Botaniker und damit des Naturschutzes lagen. Konzentrierte Quellaustritte in exponierter Lage und möglicherweise mit einer typischen hydrogeochemischen Charakteristik des Wassers sind aber mindestens genauso ein Geotop wie große Geschiebe oder Festgesteinsaufschlüsse in Brandenburg. Die Salzstellen von Trechwitz und Salzbrunn-Brachwitz sowie Storkow sind sicherlich als Geotop auszuweisen.

Die nachstehende Liste der in der Literatur erwähnten, meist diffusen Salzwasseraustritte soll die weiteren Untersuchungen auf diese hydrogeochemisch interessante und wichtige Erscheinung lenken. Neben relativ bekannten in Mittelbrandenburg sollte das Augenmerk auf die „randlichen“ Salzwasseraustritte gelegt werden, etwa in der Niederlausitz östlich Luckau, direkt über dem Zechsteinausbiß; und in der Uckermark bei Biesenbrow und am Ober-Ücker-See.

Tab. 1 Liste der Salzwasseraustritte

Nr.	TK25	Ort	Quelle	Erste/letzte Erwähnung (-): nicht mehr gefunden	Bemerkungen
1	2748	Potzlowsee, Nordufer	[4], [6]	1864/1959	
2	2748	Potzlowsee, Ostufer	[4], [6]	1864/1959	
3	2848	Seehausen	[4], [6]	1864/1958	
4	2850	Biesenbrow	[1], [2], [4], [6]	1859/1959(-)	Nach [1] Salzsiederei um 1600.
5	2950	Greiffenberg	[2], [4]		
6	3233	Lobeofsund	[3], [4], [6]	1859/1956(-)	
7	3233	Mangelshorst	[4], [6]	1859/1956	
8	3239	Prietzen	[6]	1861/1962	
9	3242	Königshorst	[3]		
10	3242	Tarnow	[3]		
11	3243	Linum	[3]		
12	3341	Brädikow	[3], [4], [6]	1859/1959(-)	Historisch war eine ausgeprägte Halophytenflora auf ca. 25 km von Brädikow bis östlich Nauen vorhanden, insgesamt ca. 1,5 km ² .
13	3341	Pessin	[2], [3]		
14	3341	Senzke	[3]		
15	3342	Selbelang	[2], [3], [4], [6]	1834/1959(-)	
16	3343	Nauen	[2], [6], [7]	/1961	
17	3343	Nauen, Jägelitzwiesen	[3], [4]	1859/1961	
18	3343	Nauen, Weinberg	[3], [4], [6]	1859/1956(-)	
19	3441	Mützlitz	[4], [6]	1898/1956(-)	

20	3442	Päwesin	[4], [6], [7] [12]	/1971	
21	3443	Bei Zeestow	[3], [4], [6]		
22	3444	Paretz	[12]	1956	
23	3540	Plaue am Wendsee	[6], [12]	/1956	
24	3541	Brandenburg	[2]		Saline „Der Born bei Brandenburg“ nach [2]
25	3542	Deetz	[4], [6], [7] [12]	1857/1971	
26	3543	Golm bei Potsdam	[12]		
27	3543	Uetz	[2], [4], [7] [12]	1796/1971	
28	3544	Potsdam, Griebnitzsee	[6]	1859/1913	
29	3544	Potsdam, Neues Palais	[2], [4], [6]	1859/1971(-)	
30	3544	Potsdam, Sacrower See	[6]	1960	
31	3544	Potsdam, Schlaatz	[11]	1975	
32	3544	Potsdam-Babelsberg	[3], [6]		
33	3548	Alt Buchhorst	[4]		
34	3641	Meßdunk bei Reckahn	[12],	1956	
35	3642	Rietz am Rietzer See	[4], [6], [12], [16]	/1994	
36	3642	Schenkenberg	[6], [7]	1956/1974	
37	3642	Trechwitz	[4], [7] [10], [12], [14]	1910/1992	Seit 1986 Flächennaturdenkmal; Halophyten zurückgegangen
38	3647	Gosen	[7]	1974	
39	3744	Blankensee	[3], [4], [6]	1859/1974	
40	3744	Grössinsee	[2], [3], [4], [6]	1861/1962	
41	3744	Schiaß	[2], [3], [4], [6]	1859/1961	
42	3744	Tremsdorf	[2] [3], [4], [6]	1859/1974	
43	3745	Gröben, westlich vom Gröbener Kietz	[4], [6], [12], [14]	/1974	
44	3745	Gröben, nördlich von Gütchensdorf	[4]	/1974	
45	3745	Gröben, Nordwestecke des Gröbener Sees	[4]	/1974	
46	3745	Trebbin	[2]		
47	3746	Dabendorf	[6], [7], [8]	1962/1974	
48	3746	Sutschketal, östlich Mittenwalde	[6]	1941/1956	
49	3746	Telz	[7]	1974	
50	3746	Zossen	[7], [8]	1974	
51	3746	Zossen, Weinberge	[7], [8]	1974	
52	3747	Mittenwalde	[6], [7], [8]	1962/1974	
53	3749	Storkow Luch (Philadelphia)	[2], [4], [6], [8], [12], [14]	1830/1992	
54	3749	Storkow, Marstall	[3], [4], [6], [8], [12], [14]	1859/1992	
55	3843	Birkhorst	[6], [15]	1962	
56	3843	Brachwitz Bruch auch Brachwitz Busch	[4], [6], [7] [12], [14], [15]	1960/1995	
57	3843	Brachwitz-Mordell- wiesen	[3], [4], [6], [7] [12], [14], [15]	1860/1995	
58	3843	Salzbrunn	[2], [4], [6], [7] [12], [14], [15]	1751/1993	
59	3846	Mellensee	[4], [6], [9] [12]		anthropogen!
60	3846	Sperenberg (Krummer See)	[4], [6]		
61	3944	Grüna bei Jüterbog			
62	4047	Jetsch	[14]	1960/1992	
63	4047	Zützen, Moorwiesen	[14]	1960/1992	
64	4148	Cahnsdorf	[4], [6], [13], [14]	1839/1989	
65	4148	Frankendorf	[4], [13], [14]	1839/1989	
66	4148	Lichtenau	[14]	1989	
67	4148	Luckau	[13], [14]	1989	
68	4148	Wilmersdorf	[14]	1989	
69	4251	Cottbus	[4]		
70	4448	Sorno	[4]	1743	fraglich

Literatur (Auswahl)

- ASCHERSON, P. (1859): Die Salzstellen der Mark Brandenburg in ihrer Flora nachgewiesen. - Z. dt. geol. Ges. **11**, S. 90–100, Berlin [3]
- BEKMANN, J. C. (1751): Historische Beschreibung der Chur und Mark Brandenburg, Bd.1, Berlin [1]
- GLANDER, H. (1982): Mineralwasseraustritte im Nordteil der DDR aus alter und neuer Sicht, dargestellt am Beispiel der Salzstellen Zossen, Dabendorf, Mittenwalde und Storkow. - Z. angew. Geol. **28**, 2, S. 76–80, Berlin [8]
- HANNEMANN, M. & W. SCHIRRMEISTER: Paläohydrogeologische Grundlagen der Entwicklung der Süß-/Salzwassergrenze und der Salzwasseraustritte in Brandenburg. - Brandenburgische Geowiss. Beitr., Kleinmachnow [17] (in Vorbereitung)
- HERMSDORF, A. & B. HOFFMANN (1994): Untersuchungen der oberflächennahen Versalzungserscheinungen im Bereich des Rietzer Sees, LGRB Kleinmachnow [16] (unveröff.)
- HUCKE, K (1922): Geologie von Brandenburg, Stuttgart (Encke) [4]
- ILLIG, H. (1989): Salzpflanzen im Luckau- Calauer Becken. - Biol. Studien 18, S. 44–49, Luckau [13]
- JAHNKE, G. W. (1979): Objekt Trechwitz, Anhang 2 des Zwischenberichtes zum Forschungsthema Regimeuntersuchungen Hydrogeologie, Zentr. Geol. Institut, Berlin [10] (unveröff.)
- KLÖDEN, K. F (1830): Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis der Mark Brandenburg Bd. 3 (Programm der Gewerbeschule), Berlin [2]
- LEHMANN, H.-W. (1971): Zur Diagnostizierung des Einflusses mineralisierter Tiefenwässer auf Süßwasserhorizonte am Beispiel des Salzstockes Sperenberg. - Z. angew. Geol. **21**, S. 168–171, Berlin [9]
- MARKGRAF, F. (1941): Bericht über den Frühjahrsausflug nach der Sutschke. - Verh. bot. Verein Brandenbg 81, 216–217, Berlin [5]
- MÜLLER-STOLL, W. R. & H. G. GÖTZ (1962): Die märkischen Salzstellen und ihre Salzflora in Vergangenheit und Gegenwart. - Wiss. Z. Päd. Hochh. Potsdam, math. nat. Reihe 7, 1/2, S. 243–269, Potsdam
- (1987): Pflanzengesellschaften der Salzsümpfe und halophilen Moorwiesen in Brandenburg. - Limnologica **18**, S. 183 bis 224 [12]
- (1993): Vegetationskarten von Salzstellen Brandenburgs. - Verh. Bot. Verein Brandenbg. **126**, 5, S. 5–24 [14]
- SCHMITT, K (1994): Hydrogeochemische und hydraulische Untersuchungen von stark mineralisiertem Grundwasser an Beispielen nördlich Treuenbrietzen (Diplomarbeit), Inst. Geol. Paläont. TU Berlin, Berlin [15]
- ZIESCHANG, J. & W. SCHIRRMEISTER (1980): Grundwasservorratsprognose Großraum Berlin 1980 – Anhang 1 Einschätzung Potsdam. - Zentr. Geol. Institut (AS Bernau), Berlin (unveröff.) [11]
- ZIESCHANG, J. & H. J. VOIGT (1973): Grundkatalog Mineralwasser Nordteil DDR, Zentr. Geol. Institut, Berlin (unveröff.) [7]

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 95

Anschrift des Autors:

Dipl.-Geol. Walter Schirrmeister

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow

KURZMITTEILUNG

Limonitische Umkrustungen von Geröllen meso-känozoischer Sedimentgesteine in saalekaltzeitlichen Vorschüttbildungen im Top der Struktur Rüdersdorf^{*)}

KARL-BERNHARD JUBITZ

Problemstellung im Subglazial

Durch die seit den 90er Jahren großflächigen Auffahrungen in den Muschelkalk-Tagebauaufschlüssen der Struktur Rüdersdorf gewinnt der freigelegte Übergangsbereich zwischen Fest- und Lockergesteinen zunehmend an Interesse.

Charakteristisch hierfür sind der Wiedernachweis von Gletschertöpfen und Gletscherschrammen des „jüngeren“ Ost-West-Systems WAHNSCHAFFES unterhalb des Saale-Tills sowie die sedimentologisch abgeleitete Feststellung, daß die quer zur Struktur gerichteten, canonartigen subglazialen Erosionstäler vom Typ der „Kreuzbrückenspalte“ – heute gefüllt mit weichselkaltzeitlichen Sanden – eine ältere Anlage gehabt haben müssen, gefolgt aus den Abweichungen zwischen den Erosionsmarken der Talflanken und den Schüttungswinkeln der Talfüllung. Auch das Auftreten von Elster-Till in paläomorphologischen Fallen (Typ Tiefes Tal) spricht hierfür. Charakteristisch ist ferner eine bruch- und biegemechanische Deformation der weichselkaltzeitlichen Talfüllungen.

„Limonitgerölle“ im Subglazialrelief auf Drittlagerstätte

Im Winter 1995/96 wurde erstmalig auch ein streichendes Erosionstal freigelegt, das im Niveau des Mittleren Muschelkalkes V-förmig in Ost-West-Richtung eingeschnitten ist, wenngleich infolge der verwitterungsunabhängigen Dolomitmergelsteine weniger steil als die bisher bekannt gewordenen Täler.

Die Füllung des hier etwa 20 m tiefen Kerbtals besteht aus Pleistozän: Rhythmisch abgelagerte Vorschüttande und -kiese, z. T. steinig, diskonform überdeckt von saalekaltzeitlichem Geschiebemergel.

Von besonderem Interesse ist die Füllung des Talbodens bezüglich der oben erwähnten Fallenbildung: Inmitten der steinigen mittel- und grobkiesigen Basallagen einer typischen nordischen Geröllasoziation finden sich Gerölle mit einer dunkelbraunen, ca. 5–8 mm dicken Limonitumkrustung, die durch glazifluvialen Transport nur schwach angeschliffen sind.

Morphometrisch handelt es sich um rundliche bis ellipsoide Gerölle von 3–6 cm Längsdurchmesser, aber auch

um polyedrisch-kantengerundete sowie im Einzelfall platige Gebilde bis zu 30 cm Längsdurchmesser. Im Vergleich zu den nordisch-kristallinen Schiefern enthalten die von Limonit umhüllten Gerölle überraschenderweise kein nordisches Kristallin, sondern bis auf wenige Ausnahmen fast ausschließlich Sedimentgesteine von mittlerer bis schwacher Diagenese, darunter:

Karbonatgesteine	helle dolomitische Kalke, Dolomit, Dolomitmergelsteine schluffige Mergelsteine	Typ Mittlerer Muschelkalk und ? Steinmergelkeuper Typ Oberkreide
Klastika	glaukonitische Mittel- bis Grobsandsteine dunkle Schluffsteine	Typ ? Alb, ? Rupel Typ ? Jura
Mineralbildungen	Pyrit-/Markasitknollen, strahlig, stark verwittert	? Tertiär

Quantitativ vorherrschend sind Klastika, gefolgt von Karbonatgesteinen. Diagenetisch ist für die letzteren eine starke Entwässerung während der Limonitisierung charakteristisch, angezeigt durch regelmäßige polyedrische Schrumpfrisse auf der gesamten Oberfläche der Gerölle und diese netzförmig umhüllend.

Die Limonitumschalung der Gerölle ist bezüglich Dicke und Lamellenstruktur unabhängig von der Porosität der Gesteine ausgebildet, denn auch dichte basaltische Gesteine sind gleichermaßen betroffen. Entsprechend fehlen kausale Zusammenhänge zwischen petrophysikalischen Eigenschaften der Gerölle und der Limonitisierung als Folge von physikochemischen Prozessen, denen die Gerölle etwa im Sinne einer selektiven Mineralisierung ausgesetzt waren. Paläomilieuseitig wird auf ein markantes geochemisches Verwitterungs- und Fällungsereignis, vermutlich im Tertiär, geschlossen.

Paläostrukturell muß es sich um Gesteine aus dem ursprünglichen Hangenden der Salzkissenstruktur Rüdersdorf bzw. deren Umfeld handeln, die abgetragen wurden und oberflächlich dem Mineralisierungsprozeß unterlagen. Gegen einen längeren präpleistozänen Transport der Sedimentgerölle vor ihrer Ablagerung und Limonitisierung sprechen geringe Kantenrundung sowie diagenetisch unverfestigte Geröllkomponenten wie Mergel und Tonmergel. Die glazifluviale Umlagerung der Limonit-markierten Gerölle, vermutlich aus einer regionalen oder lokalen Nische, dürfte ebenfalls nicht weitstreckig erfolgt sein, gefolgt aus der Anreicherung der Limonitgerölle nur in den Basalschichten der Talfüllung.

Von der quantitativen sedimentpetrographischen Auswertung der ca. 300 Proben, insbesondere der palynologischen und mikropaläontologischen, werden genauere stratigraphische Datierungen erwartet.

Gedankt wird Herrn Dr. H. U. THIEKE, LGRB Kleinmachnow für die petrographische Bestimmung ausgewählter Proben.

Anschrift des Autors:

Prof. em. Dr. sc. Karl-Bernhard Jubitz
Jastrower Weg 8, 12587 Berlin

^{*)} vorläufige Mitteilung (Eingang 28.11.1996)