

Untersuchung der geothermischen Tiefenstufe mittels Temperaturmessungen bei artesischen Brunnen in der Oststeiermark und im südlichen Burgenland

Von HANS ZOJER *)

Mit 2 Abbildungen und 2 Tabellen

Schlüsselsörter
Oststeiermark
Geothermische Tiefenstufe
Tiefbohrungen
Paläozoikum
Wasserstauer

INHALT

Zusammenfassung	393
Summary	393
1. Vorbemerkungen	394
2. Der geologische Aufbau des Untersuchungsgebietes	394
3. Arbeitsmethodik	396
4. Die Ergebnisse der Temperaturmessungen	400
Literatur	403

Zusammenfassung

Die wirtschaftliche Nutzung der geothermischen Energie wird grundsätzlich von 2 Faktoren getragen: ein großes Wasserdargebot und eine günstige geothermische Tiefenstufe. Letztere liegt im östlichen Steirischen Becken in zwei Bereichen vor, nämlich in den Zentralzonen des Fürstenfelder und Gnaser Beckens, wo ausgehend von der mittleren Lufttemperatur eine geothermische Tiefenstufe von 16 m/1° C errechnet wurde.

Tiefbohrungen in diesem Bereich des Steirischen Beckens haben nach Durchörterung der tertiären Schichtfolge paläozoische Karbonatgesteine (Kalke, Dolomite) oder Phyllite angefahren. Während im östlichen Teil (Binderberg 1, Litzelsdorf 1) im Liegenden durchwegs Wasserstauer aufgeschlossen wurden, lassen die Karbonatgesteine bei den Bohrungen Walkersdorf 1, Übersbach 1 und Waltersdorf 1 größere Wasserspeicher erhoffen.

Da aufgrund der bisherigen Aufschlußbohrungen im Bereich unmittelbar westlich von Fürstenfeld im Liegenden der Beckenfüllung paläozoische Karbonatgesteine erwartet werden können, bietet sich dieser Raum aus den Aspekten der Temperatur und Wasserhöffigkeit als geothermisch günstig an. Die Bohrung Paldau 1 wurde leider in karpatischen Schichten beendet. Somit ergeben sich für dieses Gebiet keine Rückschlüsse auf die Wasserverhältnisse im präneogenen Festgestein.

Summary

The economic use of geothermal energy is generally based on two factors, on a large yield of water and on a convenient geothermal gradient. This paper deals mainly with the lateral distribution of the

*) Anschrift des Verfassers: Dr. HANS ZOJER, Forschungszentrum Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.

temperature increase in the Eastern part of the Styrian Basin by means of temperature measurements at discharging artesian wells. So in some places of Eastern Styria just in the centre of secondary basins it has been calculated a relationship between depth and heating of some $16 \text{ m}/1^\circ \text{ C}$.

Deep boreholes till about 1700 m in depth reach paleozoic rocks (limestones, dolomites, phyllites) after penetrating Tertiary sediments. The region close to the West of the small town Fürstenfeld turns out to be a favourable geothermal field. Here a high temperature water and a considerable capacity of the groundwater body can be expected.

1. Vorbemerkung

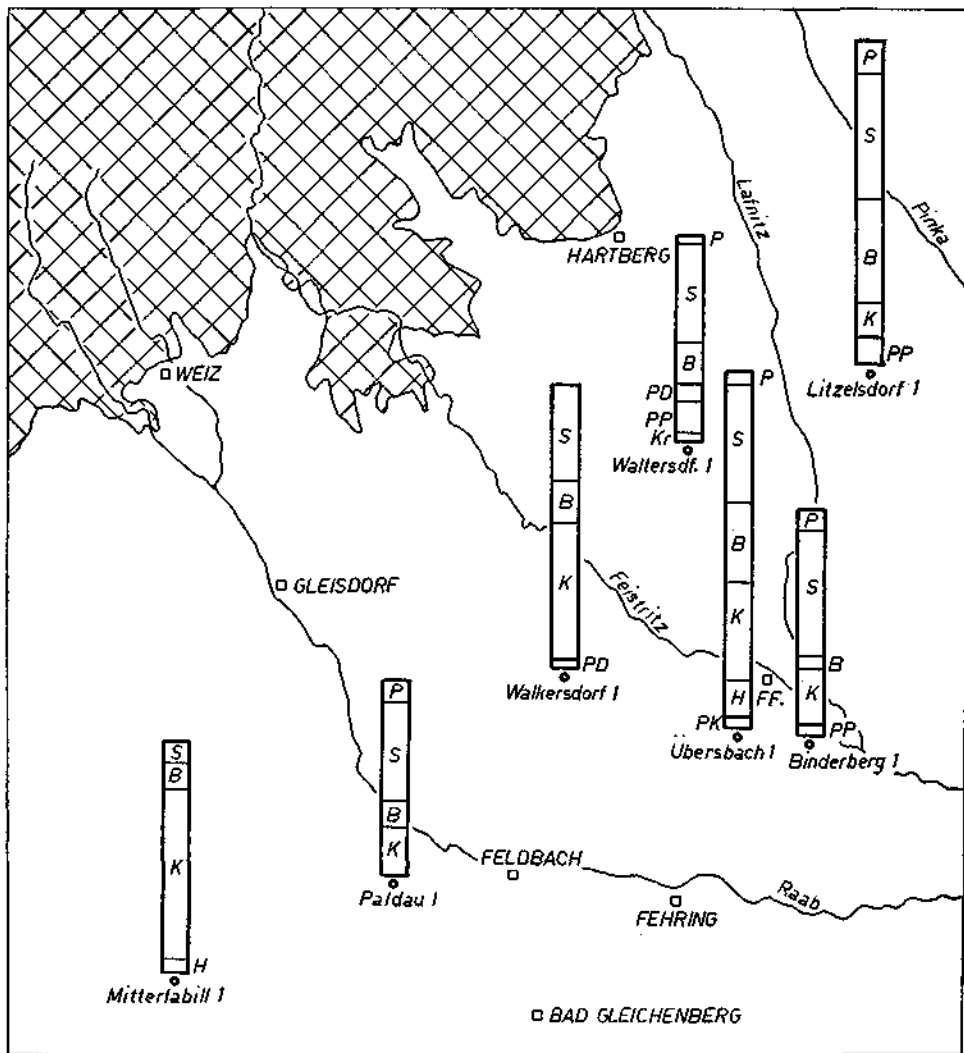
Das Untersuchungsgebiet liegt geologisch gesehen im östlichen Abschnitt des Steirischen Beckens und umfaßt Teile der Bundesländer Steiermark und Burgenland. Es gilt als eines der bedeutendsten Hoffungsgebiete für die Erschließung und Nutzung der geothermischen Energie in Österreich. Die Ursache dafür liegt in einer geologischen Analogie dieses Bereiches zur Kleinen und Großen Ungarischen Tiefebene, da das Steirische und das große Pannonische Becken einem einheitlichen Sedimentationszyklus angehören. Die niedrige geothermische Tiefenstufe im ungarischen Raum ist auf eine hohe Lage des Erdmantels zurückzuführen, wodurch große Wärmeenergie in relativ oberflächennahe Schichten transferiert wird. Solche Anhaltspunkte sind auch für dessen Randbereich, das Steirische Becken erwiesen, in das bisher allerdings nur einige wenige Tiefbohrungen abgeteuft wurden (Abb. 1). Für eine flächenhafte Darstellung des Temperaturgradienten reichen diese Versuchsbohrungen für die Kohlenwasserstoffprospektion bei weitem nicht aus, wohl aber Temperaturuntersuchungen an mehreren hundert Bohrungen nach artesischem Wasser, die im Laufe der letzten Dezennien ab den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts abgeteuft wurden. Diese zum größten Teil privaten Bohrungen wurden zwischen 1966 und 1974 durch die Vereinigung für hydrogeologischen Forschungen in Graz von H. GAMERITH, W. GAMERITH, P. HACKER, C. KAPPER, F. RONNER, W. STRUSCHKA, H. ZOJER und J. ZÖTL aufgenommen und ihre wichtigsten chemisch-physikalischen Parameter erfaßt. Diese Feldarbeiten, die vorerst die Einzugsgebiete der Flüsse Raab, Feistritz und Lafnitz im Bundesland Steiermark umfaßten, wurden 1976 durch Kartierungen von H. FESSLER ergänzt. Ihm oblag es — im Auftrag des Forschungszentrums Graz — die südlich von Graz linksuferig der Mur zustrebenden Seitentäler hinsichtlich artesischer Grundwasservorkommen zu erfassen. Schließlich ist der Geologischen Bundesanstalt (Direktor Prof. Dr. F. RONNER) dafür zu danken, daß Ergebnisse der Feldaufnahmen von W. KOLLMANN (1976) aus dem südlichen Burgenland für die vorliegende Studie zur Verfügung gestellt wurden.

Das Steirische Becken wird aus klastischen Sedimenten des Jungtertiärs aufgebaut, Aufschlußbohrungen nach Kohlenwasserstoffen haben im zentralen Bereich im allgemeinen paläozoische Gesteine (Kalke, Dolomite, Phyllite) als Liegendes der Beckenfüllung angetroffen.

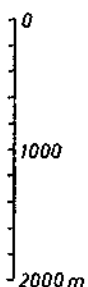
Auf eine detaillierte geologisch-paläontologische Beschreibung der Schichtfolge im Becken kann im Rahmen dieses Forschungsprojektes verzichtet werden, es darf auf Arbeiten von K. KOLLMANN (1965) und H. FLÜGEL & H. HERITSCH (1968) verwiesen werden.

2. Der geologische Aufbau des Untersuchungsgebietes

Das Steirische Becken wird im SE durch die Südburgenländische Schwelle vom Raabgraben getrennt, die in der Senke von Weichselbaum eine Einsattelung besitzt und sich somit in einen nördlichen und südlichen Ast gliedern läßt. Im nördlichen Teil



Tiefenmaßstab



P	Pannon
S	Sarmat
B	Badenien
K	Karpat
H	Helvet
PD	Paläozoikum Dolomit
PK	" Kalk
PP	" Phyllit
Kr	Kristall. Grundgebirge

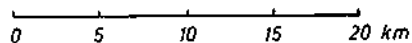


Abb. 1: Tiefbohrungen im Steirischen Becken

ragt das Grundgebirge im Eisenberg hervor, während dem südlichen Abschnitt die Schieferinsel St. Anna a. Aigen angehört.

Der oststeirische Bereich des Beckens wird in 3 Teile gegliedert: Das Gnaser Becken, zentral gelegen, wird gegen E durch die Auersbacher Schwelle abgegrenzt, die sich bis St. Anna a. Aigen hinzieht. K. KOLLMANN (1964) vermutet im Gnaser Becken Tiefen der tertiären Füllung bis zu 2500 m. Östlich der Auersbacher Schwelle liegt das bis 3000 m tiefe Fehringer Becken, im NE von der Söchauer Schwelle begrenzt. Nördlich davon breitet sich das Becken von Fürstenfeld aus, das wahrscheinlich die größten Tiefen erreicht. Es verengt sich gegen N, wobei man eine Untergliederung in Pöllauer, Hartberg-Grafendorfer und Pinkafelder Teilbucht treffen kann.

Die für die vorliegende Fragestellung maßgebende tektonische Entwicklung des Beckens begann im Helvet mit der Ablagerung hauptsächlich limnisch-fluviatiler Sedimente. In der Folge stellten sich Phasen der Absenkung ein, wobei es zu Ansätzen von Kohlenbildungen kam.

Diese Absenkungsvorgänge setzten sich im Karpat (Oberhelvet) in verstärktem Maße fort, die Meeressingressionen erfolgten aus dem südlich angrenzenden Mur- und Zalabecken in zwei Buchten: in das Gnaser Becken und das Fehringer und Fürstenfelder Becken. Der starke Süßwasserzstrom von N, vom Steirischen Randgebirge, bewirkte einen uneinheitlichen Aufbau. Während in den zentralen Bereichen dieser beiden Teilbecken Tone und Tonmergel zur Ablagerung kamen, gehen die Sedimente im N in lagunäre und in der Pinkafelder Teilbucht in fluviatile Ablagerungen über. Bruchbewegungen während des Karpats lösten einen sauren andesitisch-dacitischen Vulkanismus aus, wobei es zur Bildung von Schildvulkanen kam, deren bestes Beispiel die Gleichenberger Kogeln sind.

Zu Beginn des Badeniums („Tortons“) wurde die individuelle Entwicklung der einzelnen Teilbecken durch eine das ganze Becken umfassende Absenkung abgelöst. Das Meer erreichte seine größte Ausbreitung. So wurde auch die Auersbacher Schwelle überflutet, nur der paläozoische Aufbruch von St. Anna a. Aigen ragte als Insel aus dem Meer hervor.

Durch die langsam vor sich gehende Abtrennung der Gewässer des Steirischen Beckens vom Tertiärmeer (Tethys) trat im Sarmat zunehmend eine Verbrackung ein. Am Nordostrand wurde zwar ein weiterer Streifen des Randgebirges in den Beckenbau einbezogen, im S kam es aber zu einer verstärkten Heraushebung, wodurch sich die Beckenachse nach N verschob. Somit gestaltete sich das oststeirische Alpenvorland zu einem mehr oder weniger einheitlichen Sedimentationsbecken.

Im Pannon erlangten die Absenkungen nur mehr lokale Bedeutung. Die Sedimentation äußerte sich in Form von Zyklen aufeinanderfolgender Schotter, limnischer Tone und Sande. In das Daz fallen die Eruptionen basaltischer Gesteine, die die gesamte Schichtfolge des Steirischen Beckens durchstoßen. Die Eruptiva sitzen an dünnen Stielen (z. B. Riegersburg) und unterscheiden sich so von den Schildtypen des miozänen Vulkanismus.

3. Arbeitsmethodik

Die Grundlage für eine geothermische Studie im Untersuchungsgebiet bildet eine genaue Aufnahme aller Bohrungen nach gespanntem Tiefengrundwasser. Tab. 1 zeigt ein Aufnahmemuster, das in 5 Abschnitte untergliedert ist:

Tab. 1: Formular für die Aufnahme artesischer Brunnen

Fluß:	Gemeinde:	B.H.:	
Ort:	Straße:	Nr.:	1
Seehöhe:	Parz.Nr.:	Hausparz.Nr.:	

Bohrerhebung von:	Nachbohrerh. von:	
Bohrerhebung am:	Nachbohrerh. am:	
Besitzer:	Besitzer:	
Br.Meister:	Br.Meister:	2
Bohrung am:	Nachbohrung am:	
Tiefe:	Tiefe:	

Verrohrung: _____ Ø: _____ Verrohrung: _____ Ø: _____
 Angaben über die Bohrung (auch höhere Wasserhorizonte):

Angaben über Schüttung, Steighöhe, Menge, Beeinflussung
 d. Nachbarn, Klima; Verschmutzungen, Sandführung usw.:

3

Sonstiges:

Messung am:	Wasserqualität (Geruch, Geschmack):
Temperatur:	
Steighöhe:	Bemerkungen (z.B. Sonnenbestrahl., Lufttemperatur):
Schüttung:	
Fassung:	

4

Probennahme am:	von:	
Untersuchung am:	von:	
Ca:	Gesamtionen:	
Ca + Mg:	freies CO ₂ :	5
GH:	O ₂ :	
Fe:	el. Widerstand:	
HCO ₃ :	el. Leitf.:	µS/16° C
KH:		
Cl:		
pH:		

1. Topographische Lage der Bohrung
2. Besitzer, Tiefe und Verrohrungslänge der Bohrung
3. Angaben über verschiedene Gegebenheiten während und nach Abschluß der Bohrung
4. Physikalische Parameter des aufgeschlossenen Tiefengrundwassers (Schüttung, Temperatur, Druckspiegelhöhe über Terrain)
5. Hydrochemische Verhältnisse

Für die temperaturbedingte Gliederung der Tiefengrundwässer sind einige Punkte des Aufnahmeformulars vorrangig zu beachten. So ist neben der Tiefe der Bohrung besonders die Kenntnis der Verrohrungslänge von Bedeutung. Der überwiegende Teil der artesischen Hausbrunnen ist nur wenige Meter tief verrohrt, da die Eigentümer Wert auf geringe Herstellungskosten legen. Die Gefahr eines Bohrverfalles wird allerdings durch das ständige obertägige Ausfließen des gespannten Grundwassers weitgehend ausgeschlossen, da sich die Druckverhältnisse im unverrohrten Bohrloch kaum ändern. Der große Nachteil solcher Brunnen liegt nicht nur in der ungeheuren Wasserverschwendung, sondern auch, daß sich die Wässer aller durch die Bohrung aufgeschlossenen Aquifer im Bohrloch vermischen. Für die Temperaturanalyse können daher nur solche un- oder wenig verrohrte Bohrungen herangezogen werden, die nur einen Tiefenhorizont erfassen. Selbstverständlich bieten sich für die vorliegende Untersuchung jene Bohrungen als besonders geeignet an, die bis zur Endteufe verrohrt sind, so daß der Aufschluß eines Horizontes mit der Kenntnis seiner genauen Tiefenlage gesichert ist.

Da alle für diese Untersuchung herangezogenen artesischen Brunnen der Trinkwasserversorgung dienen, ist aus Gründen der Wassertemperatur eine Begrenzung mit der Tiefe gegeben. Die für das Trinkwasser ideale Temperatur liegt zwischen 8 und 12° C. Nach H. ZETINIGG (1975) wären aufgrund dieser Überlegungen artesische Wässer für die direkte Versorgung nur bis in eine Tiefe von rund 100 m geeignet. Allerdings werden vornehmlich bei kommunalen Einrichtungen mehrere verschieden tiefe artesische Horizonte genutzt oder mit seichtliegendem Grundwasser vermischt, um dadurch tiefere Wassertemperaturen zu erzielen. Aus diesen Gründen konnte auf größere Wasserversorgungsanlagen kaum zurückgegriffen werden.

Für die vorliegende Studie wurden nur Bohrungen verwendet, die mindestens 60 m tief sind. Die Begründung ergibt sich aus der Tatsache, daß bei einer Durchörterung mehrerer Horizonte (ohne Verrohrung) tieferliegendes wärmeres Wasser in seichtere Horizonte eindringen kann. Ein solcher Vorgang stellt sich dort ein, wo der hydrostatische Druck des Wassers aus einem tiefen Horizont im Vorbeiströmen bei einem seichteren Aquifer immer noch höher ist und dadurch ein Druckgefälle zum letzteren Grundwasserleiter entsteht. Es handelt sich in einem solchen Fall um artesische Horizonte, bei denen das obertägige Einzugsgebiet des tiefsten Aquifers höher liegen muß als jene(s) der (des) über ihm liegenden. Soll nun der seichterliegende Grundwasserhorizont durch eine eigene Bohrung erschrotet werden, ergibt sich bei der Verwendung dieses Aquifers für Temperaturuntersuchungen eine zu günstige geothermische Tiefenstufe. Das Einströmen von tieferliegendem wärmerem Grundwasser erhöht die Temperatur und führt zu falschen Ergebnissen.

Durch den komplizierten geologischen Aufbau des Steirischen Beckens kann örtlich auch der umgekehrte Effekt auftreten. Diese Tatsache gilt immer unter der Voraussetzung eines wenig oder unverrohrten Bohrloches. Kommt dem tiefstgelegenen aufgeschlossenen Horizont nicht das orographisch höchste Einzugsgebiet zu, strömt von den höhergelegenen Aquifern Wasser mit einer tieferen Temperatur in das offene Bohrloch ein, und die geothermische Tiefenstufe erscheint ungünstiger als sie der Lage des tiefsten Horizontes entsprechen müßte.

Zu einer der Hauptschwierigkeiten in der vorliegenden Arbeit gestaltete sich die Erkennung und Ausscheidung solcher Brunnen. Hiefür lassen sich 3 Kriterien angeben:

1. Nichtberücksichtigung aller artesischen Bohrungen unter einer Teufe von 60 m. Dadurch kann allerdings nur der oben angeführte Typ mit der zu günstigen geothermischen Tiefenstufe eliminiert werden.

2. Genaue hydrogeologische Aufnahme: Sie scheitert öfters an unzureichenden und unzuverlässigen Angaben der Bevölkerung über hydrogeologische Gegebenheiten während und kurz nach Abschluß der Bohrung.

3. Hydrochemische Untersuchungen: Dieses Kriterium ist am sichersten, obwohl dadurch nicht alle anstehenden Probleme gelöst werden können. Mangelhafte Aussagen ergeben sich dann, wenn die in verschiedenen Tiefen aufgeschlossenen Grundwasser gleiche oder sehr ähnliche chemische Parameter zeigen.

Nach all diesen Überlegungen konnten für die Untersuchung der geothermischen Tiefenstufe im östlichen Steirischen Becken insgesamt 415 artesische Bohrungen verwendet werden, von denen 82 ganz verrohrt sind. Die Tiefenlage der Aquifer umfaßt den Bereich zwischen 60 und 332 m (Unterschützen).

Tab. 2. Die Tiefenverteilung der untersuchten Bohrungen

60— 80 m	45%
80—100 m	24%
100—150 m	22%
150—200 m	8%
über 200 m	1%

Die mittlere Tiefe der untersuchten Aufschlüsse läßt sich mit 84 m angeben.

Neben der Tiefe und Verrohrungslänge bedarf die Art des obertägigen Ausfließens einer weiteren Beachtung. Im allgemeinen herrschen diesbezüglich im Untersuchungsgebiet 2 Möglichkeiten vor:

1. freies Ausfließen über einen sogenannten Schwanenhals und
2. direktes Ausfließen in ein Bassin.

Bei einem hohen Schwanenhals, der stets der Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist, ist im Sommer mit einer Erwärmung des durchströmenden Wassers um einige Zehntelgrade zu rechnen. Starker Frost im Winter erzielt bei solchen Brunnen den umgekehrten Effekt.

Die Messung der Wassertemperatur erfolgte mit einem auf Zehntelgrad geeichten Quecksilberthermometer unmittelbar am obertägigen Überfluß des artesischen Wassers. Bei vielen Bohrungen wird das aufsteigende Wasser allerdings schon unterirdisch in einen Schachtbrunnen geleitet, wodurch eine Temperaturmessung nicht möglich ist. Diese für jede Untersuchung hinderliche Art der Ableitung eines gespannten Grundwassers ist teilweise auf die unzutreffende Definition der ÖNORM (B 2400/5, 31) zurückzuführen, die besagt, daß ein Wasser nur dann als artesisch zu bezeichnen ist, wenn es frei über Gelände aufspiegelt. Auf die Folgen dieser Begriffsbestimmung haben schon F. RONNER & J. SCHMIED (1968) im Rahmen von Schüttungsuntersuchungen an artesischen Wässern im politischen Bezirk Fürstenfeld hingewiesen.

Somit sind für die Untersuchung der Temperatur artesischer Wässer im wesentlichen 2 Kriterien von Bedeutung:

1. Es sind nur solche artesische Wässer verwendbar, die über Terrain aufsteigen und dort stetig ausfließen. Bei der Interpretation der Meßwerte sind Art und Lage des oberirdischen Ausbaues des artesischen Brunnen zu berücksichtigen.

2. Das Vorliegen einer Gesamtverrohrung ist von Vorteil, bei nur teilweise verrohrten Brunnen ist darauf zu achten, daß nur ein Grundwasserhorizont erschlossen wird.

4. Die Ergebnisse der Temperaturmessungen

Die Abb. 2 vermittelt einen Einblick in die flächenhafte Verteilung der geothermischen Tiefenstufe im östlichen Steirischen Becken. Als Ausgangspunkt an der Oberfläche wurde die mittlere Lufttemperatur (1901—70) herangezogen. Temperaturstationen auf den Hügelrücken (Laßnitzhöhe, Straden, Wörtherberg) mußten aus den Betrachtungen ausgeklammert werden, da in den höheren Zonen des Hügellandes keine artesischen Bohrungen abgeteuft wurden. Die unmittelbar darunterliegenden Tallandschaften weisen infolge der winterlichen Inversionen eine mittlere Jahrestemperatur auf, die einige Zehntelgrade tiefer liegt und damit eine Heranziehung der Hügelstationen falsche Werte ergeben würden. So lassen sich für die oststeirischen und südburgenländischen Täler folgende mittlere Jahrestemperaturen angeben:

Steirische Grabenlandtäler (Mur)	8,4—8,6° C
Raabtal	8,3—9,1° C
Feistritz- und Ilztal, Ritscheintal	8,4—9,0° C
Safental	8,4—8,9° C
Lafnitztal	8,3—8,9° C
Pinka- und Stremtal	8,6—9,0° C

Die günstigste und daher niedrigste geothermische Tiefenstufe ergibt sich im Bereich von Gnas—Paldau und von Altenmarkt bei Fürstenfeld, wo Werte um $16 \text{ m}/1^\circ \text{ C}$ erreicht werden. Diesen thermischen Gunstgebieten schließen sich Zonen mit einer höheren geothermischen Tiefenstufe an, wobei in dieser Hinsicht besonders das mittlere Raabtal als ungünstig herausfällt.

Im allgemeinen besteht eine Beziehung zwischen den günstigen geothermischen Tiefenstufen und den geologisch-tektonischen Verhältnissen im östlichen Steirischen Becken. Die wärmsten Bereiche, wie schon oben angegeben, decken sich mit den Tiefzonen des Fürstenfelder und Gnaser Beckens. Aber auch grundgebirgsnahe Tertiärbuchten, wie das lokale Hartberg—Grafendorfer Becken, weisen eine niedrigere geothermische Tiefenstufe auf als ihre Umrahmung. Nicht unmittelbar ins Auge springt das Fehringner Becken, wogegen die prätertiären Festgesteinschwellen durch eher ungünstige geothermische Gradienten hervortreten. Dies gilt im besonderen für die Südburgenländische Schwelle, wo die Werte durchwegs über $20 \text{ m}/1^\circ \text{ C}$ liegen. Sehr deutlich ist der ungünstige geothermische Gradient im mittleren Raabtal bei Studien zu erkennen, was möglicherweise mit der Auersbacher Schwelle zusammenhängt. Ungeklärt bleibt hingegen der Anstieg der geothermischen Tiefenstufe südöstlich von Hartberg, wo die Werte nahe $25 \text{ m}/1^\circ \text{ C}$ liegen.

Auffallend ist weiter, daß sowohl der miozäne Gleichenberger als auch der dazische Basaltvulkanismus die geothermische Tiefenstufe nicht beeinflussen.

Studien über Temperaturverhältnisse im Steirischen Becken liegen von H. JANSCHKE (1975) und H. POLESNY & F. WEBER (1975) vor. In den geophysikalischen Messungen, die in diesen beiden Arbeiten interpretiert wurden, kann zweifellos der Vorteil liegen, daß mehrere Meßpunkte in derselben Teufe vorliegen und dadurch keine Beziehung zur Lufttemperatur geknüpft werden muß. Allerdings besteht besonders bei Tiefbohrungen auf Kohlenwasserstoffe die Gefahr, daß bei Temperaturmessungen unmittelbar oder bald nach dem Ziehen des Zirkulationsgestänges durch diesen Arbeitsvorgang der natürliche Temperaturenbau gestört wird. Die Folge davon ist, daß für die höheren Teufen durch das Emporheben eines Wärmepfropfens ein äußerst günstiger

**DIE GEOTHERMISCHE TIEFENSTUFE (m/1°C)
IM ÖSTLICHEN STEIRISCHEN BECKEN**

**AUFGUND VON TEMPERATURMESSUNGEN AN ARTESISCHEN BRUNNEN
AUSGEHEND VON DER MITTLEREN LUFTTEMPERATUR**

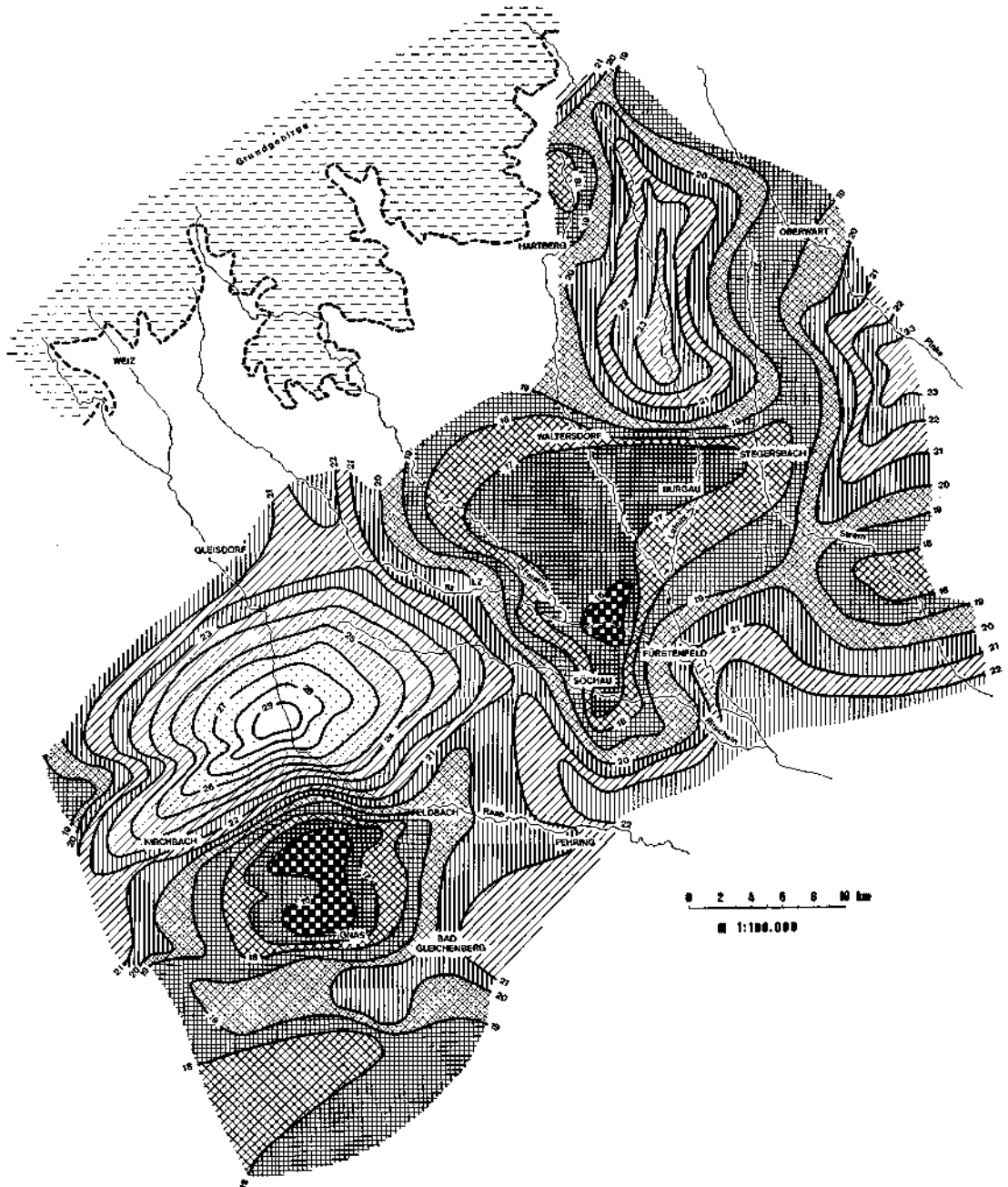


Abb. 2

(allerdings falscher) Gradient berechnet wird, die tiefsten Teufen zeigen dagegen zu ungünstige Werte. Verfolgt man eine derartige aufgebaute Temperaturmessung bis ober Tag, ergibt sich eine Oberflächentemperatur von manchmal 25 bis 30° C, was weit über dem tatsächlichen Mittel liegt (z. B. Temperaturlog Waltersdorf 1975).

Neben diesen Überlegungen ist die Interpretation des Temperaturlogs auch hinsichtlich wasserführender Horizonte von Bedeutung, was auch H. JANSCHKE (1975) untersucht hat. Ein im September 1976 — nach einer Ruhelage von über einem Jahr — in der Tiefbohrung Waltersdorf gefahrenes Temperaturlog (bis 670 m) zeigt durch zwar minimale aber deutlich erkennbare Temperatursprünge eine mehr oder minder gute Wasserführung in verschiedenen Tiefen an, die mit den IES¹⁾ und BHC²⁾, gemessen am offenen Bohrloch 1975, gut übereinstimmen. Dies weist auf die hohe Wertigkeit von Temperaturmessungen für die Erkennung und Interpretation poröser Sedimentlagen in der Teufe hin. Je wasserergiebiger ein Tiefenhorizont ist, desto stärker ist in ihm die Wasserbewegung und -zirkulation und desto höher (ungünstiger) ist in diesem Teufenbereich die geothermische Tiefenstufe. Dadurch ergibt sich begrifflicherweise oft eine Diskrepanz zwischen (erhofftem) günstigem Temperaturgradient und (gewünschter) hoher Ergiebigkeit des Grundwasserkörpers, die in eine geothermische Interpretation miteinbezogen werden muß.

Die in der Abb. 2 dargestellten geothermischen Tiefenstufen gelten nur für die klastische Beckenfüllung, unter der Voraussetzung, daß sich der Gradient mit der Tiefe nicht gravierend ändert. Dies ist zumindest aufgrund des Temperaturlogs von Waltersdorf 1976 anzunehmen. Welche Temperaturverhältnisse im Liegenden der Sedimentpakete herrschen, kann nach den vorliegenden Bohrungen nach artesischem Wasser nicht geschlossen werden. Hier können die Maximaltemperaturen bei der Abteufung der Tiefbohrungen einen Anhaltspunkt geben. In Tab. 3 sind die BHT Werte (bottom hole temperature) nach H. POLESNY & F. WEBER (1975) mit eigener Berechnung der geothermischen Tiefenstufe angegeben.

Tab. 3. BHT Werte und geothermische Tiefenstufe bei den Tiefbohrungen Walkersdorf 1, Übersbach 1 und Binderberg 1:

Bohrung	Teufe/m	Temp./° C	geoth. Tiefenst./m/1° C
Walkersdorf 1	2143,3	81	29,8
Übersbach 1	2694,0	97	30,6
Binderberg 1	1725,7	74	26,5

Auffallend bei allen 3 Bohrungen ist die hohe geothermische Tiefenstufe zwischen der Endteufe und der Oberfläche. Ob bei der Tiefbohrung Binderberg 1 die im hangenden Sedimentkörper stattfindenden Gasentweichungen einen Einfluß haben, ist nicht sicher, aber möglich. Bei den Bohrungen Übersbach 1 und Walkersdorf 1 wurden als Liegendes der Sedimentfolge paläozoische Kalke bzw. Dolomite angefahren (Abb. 1). Die deutlich höhere geothermische Tiefenstufe in dieser Teufe im Vergleich zu jener in den hangenden Lockersedimenten könnte durch eine starke Wasserzirkulation in einem geklüfteten oder sogar verkarsteten Gebirge erklärt werden.

¹⁾ Induction electrical log.

²⁾ Sonic log.

Literatur

- FLÜGEL, H. & H. HERITSCH: Das Steirische Tertiär-Becken. 196 S., Berlin 1968.
- JANSCHKE, H.: Geothermische Messungen an Bohrungen und artesischen Brunnen in der Oststeiermark. Ber. Wasserwirt. Rahmenpl., 33, Graz 1975.
- KOLLMANN, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken. Mitt. Geol. Ges. Wien, 57/2, Wien 1964.
- POLESNY, H. & F. WEBER: Die geologischen und geophysikalischen Grundlagen der Erschließung geothermaler Energie in der Steiermark. Unveröff. Bericht, Wien—Leoben 1975.
- RONNER, F. & J. SCHMIED: Raubbau an artesischem Wasser in der Oststeiermark. Steir. Beitr. Hydrogeol., 20, Graz 1968.
- ZETINIGG, H.: Neue Bohrungen nach artesischem Grundwasser in der Oststeiermark. Ber. Wasserwirt. Rahmenpl., 33, Graz 1975.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 8. 7. 1977.