

## Die hydrologische Kommunikation der Budapester Heilquellen

Von H. KESSLER (Budapest)

Die weltberühmten Heilquellen von Budapest waren zum Teil schon in der Römerzeit bekannt, ihre eingehendere Nutzung begann jedoch erst im 16. Jahrhundert durch die Türken, deren gut restaurierte Bäder zum Teil noch heute in Betrieb sind. Mit der steigenden Entwicklung der Badekultur im vorigen Jahrhundert erwies sich jedoch die natürliche Schüttung der Quellen als ungenügend, auch war es ungünstig, daß sich diese Vorkommen auf einen schmalen Streifen am rechten Donauufer beschränkten.

Es wurde schon im Jahr 1867 mit Tiefbohrungen begonnen, durch die auf der Margaretheninsel Wasser aus 480 m Tiefe mit einer Temperatur von 43° C, im Stadtwäldchen auf der linken Donauseite aus 1200 m Tiefe Thermalwasser von 73° C erschrotet wurde (vgl. Fig. 1). Es wurden immer häufiger Tiefbohrungen abgeteuft, die aber nicht nur balneologischen Zwecken dienen, sondern auch für industrielle Nutzung und für die Warmwasserversorgung größerer Wohnviertel herangezogen wurden. Im Laufe der Zeit zeigten sich jedoch unvorhergesehene und unerwünschte Erscheinungen, wie Abfall der Ionenkonzentration und Temperatur, Senkung des Wasserspiegels etc., die auf

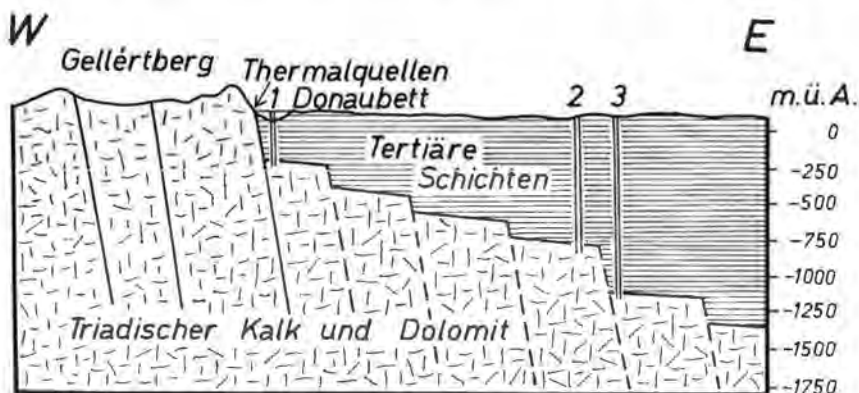


Fig. 1: Geologisches W-E-Profil des Bereiches von Budapest. 1 = Bohrung auf der Margaretheninsel, 2 = erste Bohrung im Stadtwäldchen, 3 = zweite Bohrung im Stadtwäldchen.

eine übermäßige Ausbeutung des Thermalwasserschatzes und die damit verbundene Störung des unterirdischen Wasserhaushaltes zurückzuführen waren.

Den Bohrungen waren keine einheitlichen Forschungen bezüglich des Wasserregimes vorhergegangen. Über die Herkunft des Thermalwassers waren namhafte Geologen der Meinung, es sei juvenilen Ursprunges. Auch die Möglichkeit einer Dehydratisierung aus dem unter dem triadischen Dolomit und Kalk liegenden Granit wurde ernsthaft erwogen. Da die Temperatur nicht einheitlich und ein ausgesprochener Hydrogenkarbonatcharakter festzustellen ist, wurde eine Mischung mit kaltem Karstwasser nicht abgestritten.

Eine weniger verbreitete Auffassung — die auch der Verfasser teilte — war, das Thermalwasser sei reines Karstwasser, dessen Einzugsgebiet die verkarstete Oberfläche des ungarischen Mittelgebirges ist. Der hier versickerte Niederschlag steigt bei der großen Verwerfungslinie erwärmt und mit verschiedenen, aus dem Dolomit und Kalk stammenden gelösten Bestandteilen bei der lokalen Erosionsbasis der Donau wieder zur Oberfläche (Fig. 1). Es konnte nachgewiesen werden, daß die für „juvenil“ gehaltenen Spurenelemente im Thermalwasser, wie Sr, Ba, Si, Pb, Ti, Al, Cu usw., in Spuren auch im Dolomit des Einzugsgebietes, ja auch in solchen kalten Karstwässern enthalten sind, wo ein juveniler Ursprung nicht in Frage kommt.

Der vadose Ursprung konnte jedoch durch die Schüttungsmessungen nicht bewiesen werden, da zwischen den Schüttungen und Niederschlagsverhältnissen keine oder nur eine sehr schwache Korrelation besteht. Die Schüttungen der Thermalquellen zeigten aber einen eindeutigen Zusammenhang mit dem jeweiligen Donauwasserstand, und dies verschleiert den Zusammenhang mit dem Niederschlag, soweit ein solcher überhaupt nachweisbar ist. Wegen der großen Entfernung des Einzugsgebietes, dem geringen Porenvolumen des Dolomites und der Tiefe kann sich die Änderung des Niederschlages wahrscheinlich erst mehrere Jahre später in der Schüttung der Quellen auswirken. Es konnte bei kalten, aus Dolomit entspringenden Karstquellen nachgewiesen werden, daß der größere Niederschlag zuerst eine Erhöhung bzw. Aufwölbung im Karstwasserspiegel bewirkt, die erst nach Monaten eine geringe Steigerung der Schüttung verursacht. Bei einer längeren Trockenperiode nähren sich die Quellen aus dieser aufgespeicherten Wassermenge, was schließlich eine sehr ausgeglichene Schüttung solcher Quellen sichert. Bei aus zerklüftetem Kalkstein entspringenden Karstquellen ist dies wegen der schnellen Abflußmöglichkeit nicht der Fall.

Der erwähnte Zusammenhang der Quellenschüttung mit dem Donauwasserstand konnte schließlich geklärt werden.

An einzelnen Stellen im Donauebett, besonders in der Nähe des Gellértberges, bekommt der Fluß auch an kältesten Wintertagen keine einheitliche Eisdecke, sondern es bleiben mehrere hundert Meter

lange Streifen am rechten Donauufer eisfrei. Es konnte festgestellt werden, daß an diesen Stellen im Donaubett warme Quellen entspringen. Diese Quellen wurden (mit nicht ganz glücklicher Übersetzung aus dem Ungarischen) „Flüchtlingsquellen“ genannt. Sie entstammen aus dem hier in nicht großer Tiefe liegenden und mit Schotter überdeckten Dolomit. Diese Quellen ermöglichen eine hydraulische Kommunikation mit dem Donauwasser, d. h. der jeweilige Druck des Donauwassers bestimmt die aus den Unterwasserquellen entspringende Thermalwassermenge. Bei hohem Wasserstand ist der Druck größer, die Unterwasserquellen haben eine kleinere Schüttung, deshalb erhöht sich der

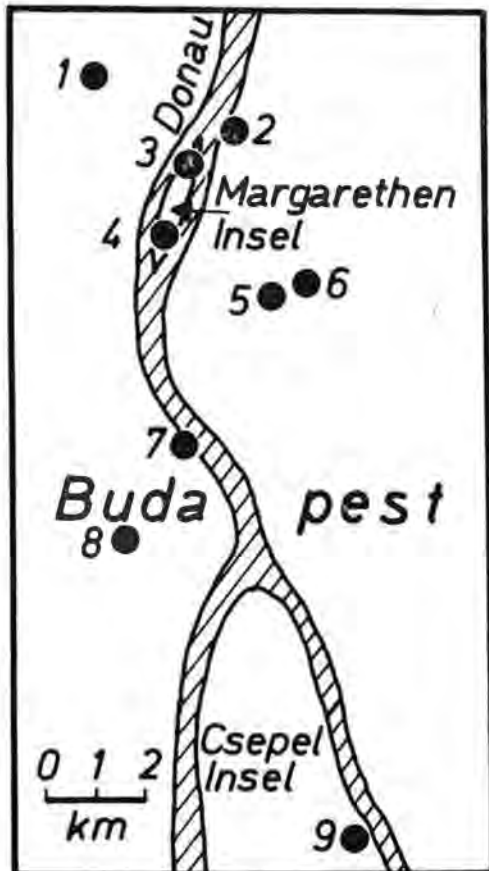


Fig. 2: Die Lage der 1965 beobachteten Tiefbohrungen und Meßstellen in Budapest. 1 = Obuda (Altofen), 2 = Dagály, 3 = Margaretheninsel II, 4 = Margaretheninsel I, 5 = erste Stadtwäldchenbohrung, 6 = zweite Stadtwäldchenbohrung, 7 = Höhlenobservatorium im Gellértberg, 8 = Tétényi Straße, 9 = Csepelinsel.

Wasserspiegel des Thermalkarstwassers, und die Schüttung der genutzten Quellen steigt. Dies konnte durch langjährige Messungen eindeutig bewiesen werden. Wir konnten die Schüttung der Unterwasserquellen



*Fig. 3: Das karsthydrologische Höhlenobservatorium im Gellértberg.*

— aufgrund der Schüttungsschwankungen der meßbaren Quellen — auf ca. 6000 l/min schätzen. Die beobachteten Tiefbohrungen und Meßstellen zeigt Fig. 2.

Erwähnenswert ist, daß das Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft in einer Höhle im Gellértberg ein unterirdisches karsthydrologisches Observatorium einrichtete, in dem der Thermalwasserstand sowie die Schüttung und Temperatur einiger Thermalquellen durch elektrische Fernleitung automatisch registriert werden (Fig. 3).

Bis 1965 wurden aber nur Messungen der Quellenschüttung am rechten Donauufer systematisch durchgeführt, die Korrelation mit dem Donauwasserstand konnte also nur hier eindeutig bewiesen werden. Bei den Tiefbohrungen der Ebene auf der linken Donauseite konnten wegen des ständigen Betriebes keine systematischen Messungen des „Ruhezustandes“ ausgeführt werden, welche die Kommunikation zwischen den einzelnen Bohrungen bzw. dem Donauwasserstand beweisen hätten können. Dies wäre von besonderer Wichtigkeit gewesen, denn

Anfang der sechziger Jahre tauchten Gedanken auf (und sie wurden auch von der Tagespresse unterstützt), die Stadt Budapest oder wenigstens größere Stadtteile mit geothermischer Energie zu heizen. Diese Konzeption stützte sich darauf, daß bisher keine Kommunikation der Tiefbohrungen mit der Schüttung der die Heilbäder speisenden Thermalquellen nachgewiesen wurde, wie die Gegner dieses Planes befürchteten, aber nicht beweisen konnten.

Im Jahre 1965 wurde unter Leitung des Verfassers durch das Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft eine hydrologische Beobachtungsreihe begonnen, deren Ziel es war, die Frage der Kommunikation des Thermalwassers an verschiedenen Stellen der Hauptstadt klarzulegen.

Vor allem bestand die Aufgabe, den Wasserstand der verschiedenen Tiefbohrungen in verhältnismäßigem „Ruhezustand“ zu messen und zu vergleichen. Dies war nicht einfach, weil bei einzelnen Bohrungen, wie z. B. im Stadtwäldchen (Széchenyi-Bad, vgl. Fig. 2) ein ca. 20 m hohes Aufspiegelungsrohr nötig gewesen wäre, um den Wasserstand im Ruhezustand messen zu können. Wir entschlossen uns deshalb, überall, wo es nicht möglich war, den Wasserstand im Ruhezustand direkt zu messen, den Wasserdruck mit für diesen Zweck konstruierten Quecksilber-Hydrometern zu registrieren (Fig. 4). Die Messungen wurden täglich oder zweitäglich durchgeführt, außer dem Höhlenobservatorium, wo eine laufende automatische Registrierung lief. Nach Anschluß der Hydrometer an die Verrohrung der Tiefbohrung und Abstellen des Betriebes wurde die anfängliche Steigung des Druckes abgewartet und der höchste, stagnierende Wert abgelesen und in das Wasserniveau umgerechnet.

Das Jahr 1965 erwies sich für die geplanten Untersuchungen als sehr günstig, da es ein außergewöhnliches Hochwasser der Donau brachte. Der Wasserstand schwankte zwischen 97.10 und 104.20 m ü. A. Diese starke Schwankung wirkte sich gut meßbar aus und bewies eindeutig die hydrologische Kommunikation zwischen den Tiefbohrungen, dem Donauwasserstand und den natürlichen Thermalquellen. Der graphischen Darstellung von Fig. 5 ist klar zu entnehmen, wie sich der Höchstwasserstand der Donau (untere gestrichelte Linie) mit mehr oder weniger Verspätung auf den Wasserstand der Tiefbohrungen auswirkte.

Aufgrund dieser Untersuchungen wurde der Gedanke der geothermischen Heizung aufgegeben, denn die Menge des Energieträgers, des Thermalwassers, erwies sich als beschränkt und wurde auf nur zirka 40.000 m<sup>3</sup>/Tag geschätzt. Diese Untersuchungen bewiesen auch, daß auch für balneologische Zwecke keine neuen Bohrungen mehr abgeteuft werden dürfen, obwohl der steigende Fremdenverkehr dies sehr nötig hätte. So wurde die Aufmerksamkeit der amtlichen Stellen auf den früheren Vorschlag gelenkt, die „Flüchtlingsquellen“ im Donaubett zu nutzen. Diese Quellen direkt zu fassen, wäre mit technischen Schwierigkeiten verbunden gewesen. Deshalb wurde der Vorschlag angenom-



*Fig. 4: Optisch abzulesender Quecksilberhydrometer zur Messung des Ruhespiegels in den Thermalwasserbohrungen.*

men, diese Wässer noch vor dem Eintritt in das Donaubett in den vermuteten Quellengängen unter dem Gellértberg anzuzapfen. Aufgrund tektonischer Untersuchungen wurde am Fuß des Steilabsturzes eine aus zehn 20 bis 30 m tiefen Bohrungen bestehende Brunnenreihe angelegt. Die hier vorgenommenen Pumpversuche ( $4000 \text{ m}^3/\text{Tag}$ ) zeigten keinerlei Einfluß auf die Schüttungen der in der Nähe gelegenen Thermalquellen, das hier gewonnene Wasser wurde also den Unterwasserquellen entzogen, was übrigens auch Färbeversuche mit in die Bohrungen eingespeistem Fluoreszein glaubhaft machten. Es wäre möglich gewesen, noch größere Wassermengen aus dieser Brunnenreihe zu gewinnen, doch hätte das Pumpen dann eine größere Depression zur Folge gehabt, was die Möglichkeit des Zuflusses von Donauwasser mit

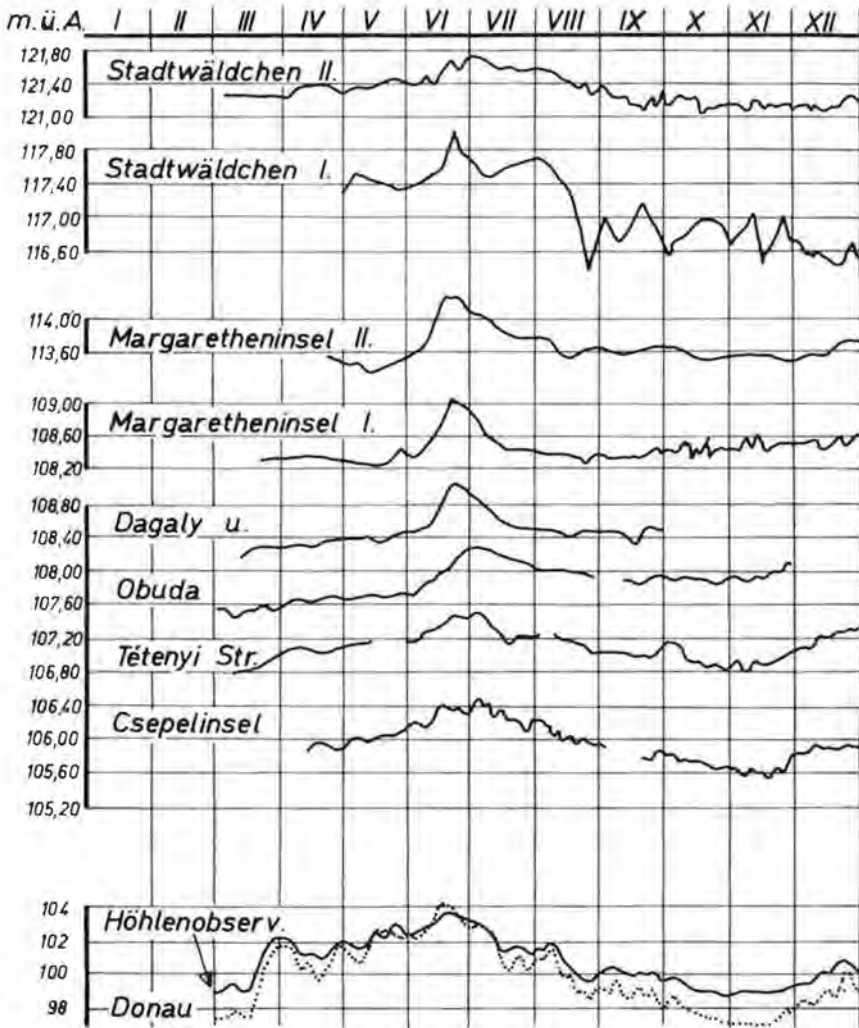


Fig. 5: Ganglinien des Donauwasserstandes und des Thermalwassers in den Tiefbohrungen im Jahre 1965.

sich brächte. Nach Beendigung dieses Versuches wurde schließlich im Gellértberg ein ca. 1 km langer Stollen (parallel zur Donau) vorgetrieben und in diesem 30 m tiefe Bohrungen gemacht, die 43° warmes Thermalwasser erschlossen. Hier, von der Donau weiter entfernt als die erste Brunnenreihe, konnte mit einer größeren Absenkung gepumpt



werden, und es wurden so auch höhere Schüttungen erreicht, die die Möglichkeit ergaben, die Wasserversorgung des altbekannten Gellértbades bedeutend zu verbessern und außerdem das nötige Heilwasser für einen neuen, an der Nordseite des Berges geplanten Heilbadkomplex zu sichern.

## Zusammenfassung

Die bekannten Thermalquellen von Budapest wurden schon von den Römern und Türken genutzt. 1867 wurde mit Tiefbohrungen begonnen und die Wässer nicht nur für balneologische Zwecke verwendet.

Bezüglich der Herkunft des Thermalwassers gab es verschiedene Hypothesen (juveniles Wasser, Dehydratisierung aus der Granitbasis), bis nachgewiesen werden konnte, daß das Thermalwasser ausschließlich Karstwasser ist, dessen Einzugsgebiet im Ungarischen Mittelgebirge liegt. Wegen der großen Entfernung wirken sich die Niederschlagsverhältnisse erst nach Jahren und sehr abgeschwächt auf die Schüttung der Thermalquellen aus.

Viel bedeutender ist der Einfluß des Wasserstandes der Donau. Eine vom Verfasser 1965 durchgeführte Meßreihe zeigte dies deutlich (Fig. 5). Da auch die Mengen des Thermalwasserangebotes geschätzt werden konnten (ca. 40.000 m<sup>3</sup> pro Tag), sah man davon ab, weitere Thermalwässer für eine geothermische Heizung von Teilen der Stadt Budapest zu erbohren. Man beschränkte sich auf eine Erfassung der im Donaubett aufstoßenden Thermalquellen durch einen dem Fluß parallel verlaufenden Stollen, in dem aus einer Brunnenreihe Thermalwasser gepumpt wird, das die Versorgung des bekannten Gellértbades und eines neuen großen Heilbadkomplexes sichert.

## Summary

The well-known thermal springs of Budapest were exploited by Romans and Turks alike. In 1867 drillings were made in order to confine the use of these springs not only to balneological purposes.

Concerning the origin of the thermal springs various hypotheses had been maintained (e. g. magmatic water, dehydration from the granite below the dolomite) before evidence was brought up that these thermal waters are exclusively karst waters the recharge area of which lies in the West Hun-



garian Mountains. Because of the great distance the effects of precipitation are only felt after years and have then no longer a strong impact on the discharge of the thermal springs.

However, the influence of the Danube's water level is of much greater importance. A series of measurements conducted by the author in 1965 clearly supported this theory (fig. 5). Since the quantity of the thermal waters could eventually be estimated (approximately 40,000 m<sup>3</sup> per day), any kind of project was discarded concerning the drilling for other thermal waters for the installation of a geothermic heating network in parts of the city of Budapest. Solely the catchment of thermal waters from the Danube river-bed was taken into consideration by making use of a tunnel running parallelly to the river. From new wells in this tunnel thermal water is pumped which secures the supply of the well-known spa of Gellért and a new large health resort complex.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Hubert KESSLER, Hermánd ut 10/b, H-1112 Budapest XI, Ungarn.