



Bericht über erste Erkenntnisse zu den hydrogeologischen Verhältnissen in Troia und der Troas, 6.—9.7.2001

Dr. Christian WOLKERSDORFER
Institut für Geologie – Lehrstuhl für Hydrogeologie

Prof. Dr. Ernst PERNICKA
Institut für Archäometrie

Aufgabenstellung

Ziel des Besuchs in Troia war, die hydrogeologischen Verhältnisse um die 1997 wiederentdeckte Quellschale („Kaskal.Kur“) am Hisarlık zu erkunden. Gleichzeitig sollte festgestellt werden, welche Detailuntersuchungen notwendig sind, um ein hydrogeologisches Modell der Wasserversorgung Troias zu erstellen, in dem besonders die Herkunft, Menge und Temperatur des Wassers abzuschätzen wären.

Durchgeführte Untersuchungen

Es wurde zunächst im engeren, später im weiteren Umfeld des Hisarlık nach Wasseraustritten und wasserführenden Brunnenfassungen gesucht, wobei die Untersuchungen sich auf die von VIRCHOW beschriebenen Quellen konzentrierten. An den insgesamt 16 Beprobungsstellen wurden die vor-Ort-Parameter Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxpotential, Temperatur und Gesamtmineralisation (rechnerisch) bestimmt (s. Tabelle 1). Zusätzlich erfolgte an 10 Stellen eine Probenahme zur Analyse im Labor (250 mL unfiltriert zur Analyse der Hauptionen, 50 mL mit 0,45 µm Einmalfilter und 3 Tropfen HNO₃ zur Spurenelementanalytik). Zwei der Proben entstammen der Quellschale selbst, die insgesamt zwei Mal besucht wurde. Zusätzlich zur Wasserfrage wurde die Quellschale auf deren montanarchäologischen Befund und die geologischen Verhältnisse hin untersucht.

Neben den Wasseranalysen wurden 3 Tonproben entnommen, um deren chemische Zusammensetzung sowie Fossilinhalt feststellen zu lassen. Außerdem wurden die Grabungsberichte 1998 und 1999 im Sektor u14—v15 studiert. Um ein umfassendes Bild über die Wasserversorgung Troias zu gewinnen, wurde darüber hinaus das römische Aquädukt aufgesucht und dort eine Sinterprobe mit Tonröhrenbruchstück gesichert (Fundnummer AO 616).

Ergebnisse

Sämtliche im Gelände bestimmten Parameter dürfen hier zunächst nur als Indikatoren angesehen werden. Konkrete Aussagen sind erst nach der Analyse weiterer Parameter im Labor möglich.

Bei der Leitfähigkeit, die als Maß für die gesamten gelösten Stoffe dient, liegen die Werte zwischen 540 und 3090 µS cm⁻¹, wobei drei Gruppen (± 600 ; ± 1300 ; ± 2500 µS cm⁻¹) erkennbar sind. Die pH-Werte streuen relativ eng zwischen 7,0 und 8,1 und das Redoxpotential zwischen 100 und 220 mV. Bei der Temperatur waren Werte zwischen 16,4 und 24,7 °C messbar.

Im Gelände ließ sich feststellen, dass die meisten Quellen im Bereich eines weiß verwitternden, recht reinen, fossilführenden Tones austreten. Inwieweit zwei solcher Horizonte, die durch ca. 30 m mächtige zwischengelagerte Sand-, Mergel- und Kalksteine voneinander getrennt sind, als Leithorizonte anzusehen sind, ist zu überprüfen. Proben davon sollen mikropaläontologisch

Institut für Geologie – Lehrstuhl für Hydrogeologie Institut für Archäometrie



ausgewertet werden. Sowohl die Quelhöhle als auch die „Quelle N Tevfikiye“ und die „Quelle E Pascha Tepe“ stehen mit einem dieser Tonhorizonte in Kontakt.

Im Ostgang der Quelhöhle wurde nach Anzeichen für Mengen- und Temperaturschwankungen des Wassers gesucht. Dabei fiel auf, dass sämtliche Schrämspuren (Abbauspuren der Werkzeuge) NW des Knicks in w15 nach SE, zwischen dem Knick und Schacht 3 nach NW und südöstlich des Schachts erneut nach SE verlaufen, bis der Stollen derzeit am Schacht 4 in z16 endet. Insgesamt weisen alle Auffahrungen E 9090/10510 in u15 Anzeichen auf, wie sie in römischen oder mittelalterlichen Bergwerken typisch sind.

Betreffs der Versinterung fällt auf, dass diese SE von Schacht 3 signifikant zunimmt und sowohl an Stollenfirse als auch an den beiden Stößen wenigstens 3 cm mächtig wird. Die Wasserstandsmarken und Knöpfchensinter beschrieben bereits Christel BOCK und Achim LEHMKUHL im Grabungsbericht 1998. Sie sind für die spätere Interpretation des Stollensystems wichtig.

Interpretation

Wasserproben

Zunächst fällt bei den im Gelände gemessenen Parametern die allgemein hohe mittlere Leitfähigkeit von 1200—2500 $\mu\text{S cm}^{-1}$ auf. Zusammen mit dem mittleren pH-Wert von 7,5 und dem Ausgasen von CO_2 in den Probenahmegefäßen nach längerem Stehen, ist dies ein Hinweis auf gute Pufferung im Bereich des Karbonatpuffers, so dass vermutlich ein Hydrogenkarbonatwasser vorliegt. Bei den Temperaturen gibt es zwei Quelltypen, eine kältere mit 16,4—20,8 °C und eine wärmere, einzelne Quelle mit 24,7 °C („Quelltopf Düden“), wobei die Probe dort nur oberflächennah entnommen werden konnte. Der Fluss unterhalb des Aquädukts bei Kemir Köy wies eine Oberflächentemperatur von 23,8 °C auf. Vermutlich stehen die Quelltemperatur mit dem Fließweg des Grundwassers im Grundwasserleiter im Zusammenhang, da die wärmeren Quellen näher am potentiellen Einzugsgebiet liegen als die kühleren. Dies bleibt zu verifizieren.

Ergebnisse der Wasseranalysen liegen noch nicht vor.

Quellen und Quelhöhle („KASKAL.KUR“)

Bei der Begehung im Gelände fiel auf, dass alle Quellen (nicht der Quelltopf) im Bereich eines bzw. zweier hellweiß verwitternder Tonhorizonte austreten. Dazwischen kommen Sand-, Schluff- und Kalkhorizonte vor, die als Grundwasserleiter fungieren. Der obere Tonhorizont dürfte für die Grundwasserversorgung Troias insofern von Bedeutung gewesen sein, als er den Grundwasserleiter vor schädlichen Einflüssen durch Fäkalien Troias schützte. Möglicherweise war gerade dieser Umstand dafür verantwortlich, dass Troia über eine Zeitspanne von fast 4000 Jahren existieren konnte. SE von Schacht 3 ließen sich dicke Sinterschichten finden, die zu einem Zeitpunkt entstanden sein müssen, als in das Stollensystem weitaus mehr Wasser floss, als heute. Es ist folglich nicht auszuschließen, dass die Erbauer des Stollensystems eine Grundwasserabsenkung hervorgerufen hatten, die schließlich zu einer massiven Störung der Grundwasserverhältnisse führte. Ob eine Störung der Grundwasserverhältnisse für den Hiatus zwischen Troia VII und Troia VIII oder den Niedergang nach Troia IX verantwortlich war, muss in weiteren Untersuchungen geprüft werden (damit ist keinesfalls ausgesagt, dass das derzeitige Stollensystem älter als Troia VIII ist!). Da in Troia IX eine aufwändige Wasser-versorgungsanlage angelegt wurde, ist nicht auszuschließen, dass die Wasserversorgung in Troia zu diesem Zeitpunkt erheblich gestört war.

In der Quelhöhle („KASKAL.KUR“) gefundene Schrämspuren belegen zweifelsfrei, dass der Stollen zumindest vom Schacht 3 aus im Gegenortbetrieb aufgefahren wurde. Dies verkürzte die Bauzeit des Stollensystems erheblich. Weder der archäologische noch der montanistische Befund lassen derzeit einen eindeutigen Schluss darüber zu, welchem Zweck das Bauwerk zu welchem Zeitpunkt diente. Mit Sicherheit lässt sich aufgrund der vorgefundenen geologischen Situ-

Institut für Geologie – Lehrstuhl für Hydrogeologie Institut für Archäometrie



ation ausschließen, dass die Quelle eine Karstquelle im eigentlichen Sinn ist. Dieser Befund schließt die Benutzung des Namens „KASKAL.KUR“ im Sinne von GORDON (1967) aber nicht von vornherein aus. Weiterhin lässt sich nach derzeitigem Befund ausschließen, dass die Quellschicht durch „eine dünne Überdeckung“ (Studia Troica 8, S. 57) in Troia VI Wasser bezog (künstliche Grundwasseranreicherung), da sie durch einen Tonhorizont geschützt zu sein scheint.

Römische Wasserversorgung

Im Umfeld des römischen Aquädukts wurden zusammen mit William AYLWARD, M.A. und Donna STRAHAN, M.A. Tonröhren (Innendurchmesser 13,7 cm; Außendurchmesser 19,7 cm) gefunden, die im Inneren eine gleichmäßig verteilte, 1,4 cm mächtige Sinterschicht aufwiesen. Daraus lässt sich ablesen, dass die Tonröhren während des Zeitraumes ihrer Benutzung vollständig mit Wasser erfüllt waren, woraus sich zusammen mit der relativ großen Wandstärke (ca. 3 cm) wiederum schließen lässt, dass die Tonröhren als Druckleitungen fungierten. Zu- und Ableitung liegen dementsprechend höher. Das Aquädukt diente demnach zur Verminderung der Höhendifferenz, um bei der Überbrückung des Kemir Dere die Druckbelastung nicht über die Standfestigkeit von Tonröhren hinaus zu treiben. Ein Rohr mit ähnlich ausgebildeter Sinterschicht liegt im Tonrohrgarten am Grabungshaus in Troia. Von archäologischer Seite wäre zu prüfen, ob im Bereich des Hisarlık möglicherweise Brunnen mit „sprudelndem“ Wasser vorhanden waren und die Erbauer des Aquädukts das Wasser bis hinauf auf den Burgberg in Druckleitungen geführt haben.

Datenzusammenstellung

| Nr. | K $\mu\text{S cm}^{-1}$ | pH | E_h mV | t °C | TDS ppm | Bezeichnung | Datum | Probe |
|-----|----------------------------|------|-------------|-----------|------------|---------------------------|----------|-------------------|
| 1 | 2246 | 7,58 | 123 | 17,1 | 1632 | Quelle N Tefikiye | 07.07.01 | |
| 2 | 1705 | 7,85 | 215 | 17,0 | 1205 | Quelle E Tefikiye | 07.07.01 | Tonprobe |
| 3 | 2430 | 7,54 | 121 | 16,7 | 1770 | Quelle EE Tefikiye | 07.07.01 | |
| 4 | 2474 | 7,12 | 140 | 17,4 | 1816 | Brunnen S Çiplak | 07.07.01 | |
| 5 | 3085 | 7,05 | 151 | 17,6 | 2300 | Bohrung S Çiplak | 07.07.01 | |
| 6 | 1805 | 7,04 | 128 | 19,8 | 1312 | Quelle E Pascha Tepe | 07.07.01 | Tonprobe |
| 7 | 537 | 7,70 | 124 | 24,7 | 358 | Quelltopf Düden | 07.07.01 | |
| 8 | 572 | 7,48 | 121 | 18,2 | 388 | Quelle Kirkgöz Pınarbaşı | 07.07.01 | |
| 9 | 1820 | 6,99 | 199 | 20,8 | 1285 | Quelle E Gökçalı | 08.07.01 | |
| 10 | 1217 | 7,08 | 175 | 17,3 | 850 | Quellhöhle Schacht 3 | 06.07.01 | |
| 11 | 1210 | 7,53 | 142 | 17,2 | 841 | Quellhöhle Schacht 2 | 06.07.01 | |
| 12 | 602 | 8,11 | 99 | 23,8 | 402 | Fluss Aquädukt Kemir Köy | 08.07.01 | Sinterprobe AO616 |
| 13 | 1202 | 7,95 | 111 | 16,4 | 838 | Quellhöhle hinter Eingang | 06.07.01 | |
| 14 | 1197 | 7,78 | 130 | 17,5 | 824 | Quellhöhle Schacht 3 | 09.07.01 | |
| 15 | 1116 | 7,82 | 140 | 18,5 | 771 | Quellhöhle Schacht 4 | 09.07.01 | |
| 16 | 1220 | 7,89 | 140 | 16,5 | 847 | Quellhöhle hinter Eingang | 09.07.01 | Tonprobe |

Tab. 1: Ergebnisse der Messungen an Wasseraustritten im Umfeld von Troia. Schwerpunkt: Quellen in neozoischen Sedimentgesteinen. K: elektrische Leitfähigkeit; E_h : Redox-Potential