

Wasser für die Dekapolis Römische Fernwasserleitung in der Provinz Syria mit dem längsten bekannten Tunnel der Antike

Prof. Dr.-Ing. Mathias Döring, Adenstedt

Vortrag in der Kurhessischen Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft Kassel e.V. am 28.01.2011 in Verbindung mit der Deutsch-Griechischen Gesellschaft Kassel e.V., der Museumslandschaft Hessen Kassel und der Universität Kassel

Seit 2004 wird durch den Verfasser im Grenzgebiet Jordanien/Syrien erstmals ein antikes Tunnelsystem erforscht, das in diesen Ausmaßen bisher nicht bekannt war. Es erwies sich als Teil einer 170 km langen römischen Fernwasserleitung, der drei Städte mit Wasser versorgte: Adra'a, Abila und Gadara. Das ca. 106 km lange Tunnelsystem wurde von (hochgerechnet) etwa 2900 mit Treppen ausgestatteten Bauschächten aus im Gegenortvortrieb aufgeföhren. Dabei scheinen nicht nur Schlägel und Eisen, sondern auch ein halbmechanisches Vortriebsgerät zum Einsatz gekommen zu sein, worauf regelmäßige Schrämmspuren schließen lassen. Der Aquädukt dürfte einer der aufwändigsten der römischen Antike, der Tunnel der längste bisher bekannte des Altertums sein.

Lage und Geologie

Den äußersten Norden Jordaniens bildet ein 400 bis 550 m hoch gelegenes Plateau mit stark gegliederten Rändern. Tief eingeschnittene Täler fallen nach Westen zum 200 m unter dem Meeresspiegel gelegenen Jordan und nach Norden zu seinem größten Nebenfluss, dem Yarmouk, ab (**Abb. 1**). Ständig Wasser führend sind nur diese beiden Flüsse, alle anderen haben periodischen Charakter. Im Westen ist bei ausschließlich winterlichen Niederschlägen von bis zu 600 mm/a gesicherte Landwirtschaft möglich, die weiter südöstlich, wo diese bis auf 300 mm/a zurückgehen, von extensiver Weidewirtschaft abgelöst wird.

Bis in über 200 m Tiefe stehen teilweise verkarstete marine Schichten der Oberkreide und des Alttertiärs mit Flinteinlagen an. Hier und da wird der Kalk von wenige Meter mächtigen isolierten Basaltdecken des Quartärs und Jungtertiärs überlagert, die der aktiven Phase des nahen Hauran-Vulkanmassivs entstammen. Schwebende Grundwasserstockwerke und Karsthohlräume speisen teilweise ergiebige Quellen in den Tälern.

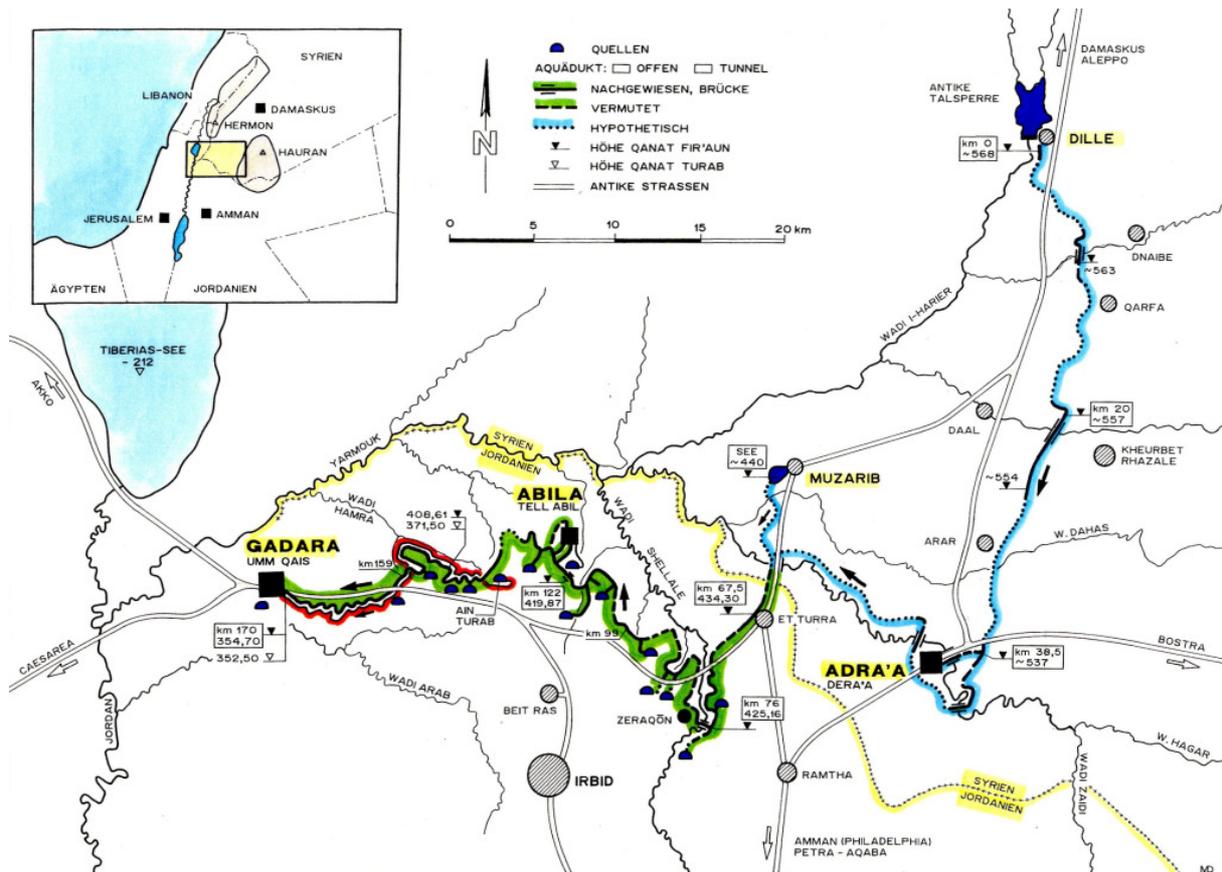


Abb. 1: Der ca. 170 km lange römische Aquädukt beginnt an einer antiken Talsperre, verläuft in Syrien oberirdisch und im heutigen Jordanien auf etwa 106 km Länge im Tunnel.

Siedlungsgeschichte

Befestigte Ortschaften sind schon aus der frühen Bronzezeit (2250–2350 v. Chr.) bekannt. Es folgten eisenzeitliche und ab dem 3. Jh. v. Chr. hellenistische Siedlungen, die bereits weniger von der Landwirtschaft als vom Handel lebten. Die Straßen verliefen damals wie heute auf der Hochebene. So kreuzte sich nahe des antiken Adra'a (dem heutigen Dara'a, wo 2011 der syrische Bürgerkrieg begann) die Route aus dem Zweistromland über Abila (Tel Abil) und Gadara (Umm Qais) zu den Mittelmeerhäfen mit der „Wehrauchstraße“ aus dem Jemen über Petra, Philadelphia (Amman) und Damaskus nach Aleppo. Als die Region 63/64 v. Chr. von den Römern erobert wurde, entwickelten sich die Städte Transjordaniens zu bedeutenden Handelsplätzen, die sich im 1. Jh. n. Chr. zu einer Wirtschaftsgemeinschaft, der „Dekapolis“ (griech. „Zehnstädte“) zusammenschlossen.

Deren bedeutendste war anfangs Gadara (**Abb. 2**), wo die Warenströme aus dem Zweistromland und dem arabischen Raum zusammentrafen und zu den Mittelmeerhäfen Akko und Caesarea weiter transportiert wurden.



Abb. 2: Gadara. Vorn das große Nymphäum, das vom ‚Qanat Fir’aun‘ versorgt werden sollte. Im Hintergrund der Tiberias-See, rechts die Golanhöhen.

Wasserversorgung

Der Wasserbedarf hellenistischer Städte beschränkte sich überwiegend auf den von Mensch und Tier und war mit ca. 20 l pro Person und Tag gering. So genügte für die Versorgung von Gadara, der größten Stadt der Region, etwa 120 Zisternen und eine tiefer gelegene Quelle. Unter römischem Einfluss wuchsen nicht nur die Stadt und der persönliche Wasserverbrauch. Es kamen die üblichen Laufbrunnen hinzu, deren Bedarf nur durch eine kontinuierliche Wasserversorgung gedeckt werden konnte. Bereits vor der Zeitenwende baute Gadara daher einen Aquädukt zur 11 km entfernten Quelle Ain Turab (**Abb. 1**), der, da er alle Täler umfahren musste, mehr als doppelt so lang wurde. Die Wasserleitung, vermutlich aus Tonrohren, verlegte man in einem nahe der Erdoberfläche geführten Tunnel, der heute ‚Qanat Turab‘ genannt wird (**Abb. 3**).

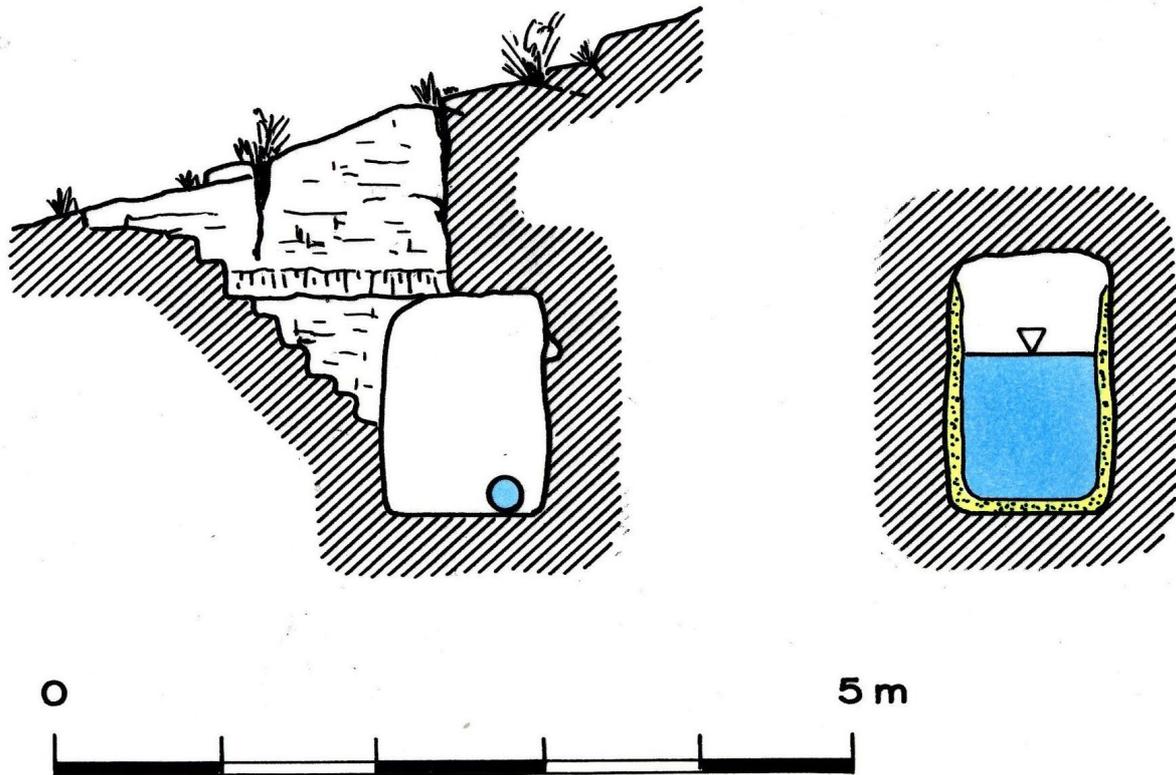


Abb. 3: ‚Qanat Turab‘: Links Tunnel mit Bauschacht, rechts nach der Einleitung des Wassers aus dem jüngeren ‚Qanat Fir‘aun‘.

Die günstige wirtschaftliche Entwicklung, die vor allem auf die Nachfrage Roms nach orientalischen Waren zurückging, hielt auch im 1. Jh. an und hatte in Adra‘a, Abila und Gadara einen Bevölkerungszuwachs auf etwa 50.000 Einwohner zur Folge. Weitere Brunnen, Hausanschlüsse, Thermen und öffentliche Wasserspiele kamen hinzu, die den Wasserbedarf auf die in römischen Städten üblichen 300 bis 400 l pro Tag und Person anwachsen ließen (**Tab. 1**). Die dafür benötigten 20.000 m³ pro Tag (830 m³/h) konnten die Zisternen, Quellen und der ‚Qanat Turab‘ schon bald nicht mehr decken. Bereits Mitte des 1. Jhs. scheinen sich die drei Dekapolis-Städte daher zum Bau einer gemeinsamen Fernwasserleitung entschlossen zu haben, in der das größere Wasseraufkommen nicht mehr in Rohren, sondern in einem Kanal geführt werden sollte.

Drei Möglichkeiten der Wasserbeschaffung standen für das kommunale Gemeinschaftswerk zur Verfügung (**Abb. 1**):

- Die Nutzung von etwa zehn Quellen zwischen Gadara und Adra‘a, die zusammen vielleicht 100 m³/h lieferten,
- zusätzlich die Zuleitung von Wasser aus dem See von Muzarib/Syrien (Menge unbekannt)
- und für Adra‘a die Ableitung aus dem im Winter wasserreichen Wâdî Harir/Syrien, der allerdings erst 40 km nördlich das nötige Niveau für eine Freispiegelleitung erreichte.

Wie die Feldforschungen zeigten, scheinen die antiken Ingenieure alle drei Möglichkeiten in einem Projekt, dem später ‚Qanat Fir‘aun‘ genannten Aquädukt, zusammengefasst zu haben, dessen unterirdischer Abschnitt eines der bedeutendsten Ingenieurbauwerke der römischen Antike werden sollte.

	I/E•d	100	300	500
Ägypten	10-30	■		
Griechenland	20-40	■		
Hellenismus	20-40	■		
Römische Metropolen	400-600	■	■	■
Römische Städte	200-500	■	■	■
Europ. Mittelalter	20	■		
Europ. Neuzeit	40-70	■		
2011 (Deutschland)	122	■		

Tab. 1: Geschätzter Wasserbedarf (in Litern pro Einwohner und Tag, I/E•d).

Feldforschungen

Im Zusammenhang mit archäologischen Arbeiten an der bronzezeitlichen Siedlung Zeraqōn am Wādī eš-Sellâle (**Abb. 1**) wurde der Verfasser 2004 hinzugezogen, um einen bis dahin wenig beachteten Tunnel unterhalb dieser Siedlung zu beurteilen. Schnell stellte sich heraus, dass dieser keineswegs, wie bis dahin angenommen, dem 3. Jt. v. Chr. zuzurechnen war. Denn der von mächtigen Flinthorizonten durchzogene Kalkstein wäre mit Bronzewerkzeugen nicht zu bearbeiten gewesen. Der geräumige Querschnitt und der Verputz der Wände deuteten dagegen auf einen römischen Aquädukt hin.

Der Tunnel war mit Hilfe von Pilotstollen in „Qanatbauweise“ –eine aus Persien übernommene Technologie– aufgefahen worden. Allerdings nicht, wie dort üblich, von vertikalen, sondern von mit Treppen ausgestatteten, unter 45° geneigten Schächten aus (**Abb. 4, 9**). Das erleichterte Zugang und Materialtransport und erlaubte die Absteckung mittels Dreiecksbeziehungen. Da die Schächte bereits während der Bauzeit zum Schutz des Wassers zugemauert und verschüttet worden waren, hatten sich ihre Spuren an der Erdoberfläche verloren. Das dürfte auch der Grund gewesen sein, dass von der Existenz des Aquädukts bis auf zusammenhanglose Fragmente und Spekulationen nichts bekannt war.



Abb. 4: Einstieg in einen Bauschacht.

Weil in der Nähe größere antike Ortschaften fehlten, musste der Tunnel bei Zeraqōn Teil eines größeren Wasserleitungs-System sein. Da es sich um einen Freispiegelkanal handelte, kamen nur Nutzer in Frage, die in freiem Gefälle erreicht werden konnten. Die Hypothese einer bis dahin unbekannt antiken Fernwasserleitung von so ungewöhnlichen Ausmaßen mündete in ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG gefördertes Projekt, dessen erste Maßnahme es war, den Verlauf der Tunneltrasse zu finden. An Hand topographischer Karten und unter Berücksichtigung der antiken Tunnelbautechnik entwickelte der Verfasser, ausgehend von Zeraqōn, hypothetische Trassen in beide Richtungen. Das Ergebnis bestätigte, dass Adra'a, Abila und Gadara bei dem im römischen Bauwesen üblichen Gefälle von 1 ‰ in geeigneter Höhe lagen.

Als einzige Hinweise auf den Trassenverlauf in dem 10 x 40 km² großen, unübersichtlichen Projektgebiet wurden noch offene oder eingestürzte Bauschächte erwartet. In drei mehrwöchigen Einsätzen mit Studierenden aus Darmstadt, Lübeck und Clausthal-Zellerfeld gelang es mit Hilfe des Trassen-Entwurfs tatsächlich, etwa 200 Bauschächte zu finden, die zum großen Teil den Abstieg in den Aquädukt ermöglichten. Zwar war der Tunnel öfters auf langen Abschnitten begehbar, eine durchgängige Passage war indes nicht möglich. Denn Erdmassen unter verfallenen Bauschächten, aufgestauten Regenwasser oder matte Wetter versperrten immer wieder den Weg. Nachbrüche wurden dagegen kaum gefunden.

Aquädukt-Trasse

Das Aquäduktsystem besteht aus der Hauptleitung sowie mindestens 14 Nebenleitungen. Die Hauptleitung beginnt beim syrischen Dorf Dille am Wādī Harier südlich von Damaskus in 572 m ü. NN (**Abb. 1**). Hier bot eine Engstelle die Möglichkeit zum Bau einer Talsperre mit zwei Staumauern aus Basaltquadern, von deren westlicher noch bedeutende Reste erhalten

sind. Mit dem etwa 4 bis 6 Mio. m³ fassenden Stauraum war es möglich, die periodischen Zuflüsse so auszugleichen, dass eine ganzjährige Abgabe an den Aquädukt gewährleistet war. Bis über Adra'a (km 38) hinaus konnte der abgedeckte Wasserkanal an Hand größerer Brücken, gemauerter Kanalabschnitte und Fundamentreste aus römischem Beton (*opus caementicium*) und einer mehrere Kilometer langen ersten Tunnelstrecke verfolgt werden.

Bei Et Turra (km 68) im heutigen Jordanien, wo vermutlich eine Nebenleitung aus Muzarib einmündete, tritt der Aquädukt in die zweite Tunnelstrecke ein. Nach der Unterquerung eines flachen Hügellandes war das 200 m tief eingeschnittene Wādī eš-Šellâle erreicht (**Abb. 5**). Zu dessen Überwindung musste der Aquädukt, wie seinerzeit üblich, bis weit in den Oberlauf geführt werden, bevor er das Tal auf einer 20 m hohen und 100 m langen (heute eingestürzten) Brücke überqueren konnte (km 76). Jenseits führte man den Tunnel, mehrere Seitentäler umgehend, nach Norden zurück, sodass allein für die Überwindung des nur 800 m breiten Wādī eš-Šellâle 40 km Tunnelstrecke aufgeföhren werden mussten.



Abb. 5: Seitental des Wādī eš-Šellâle. Der Aquädukt verläuft in etwa 20 m Tiefe im oberen Drittel des rechten Hanges (km 85).

Im folgenden 50 km langen Abschnitt, wo sich weit nach Norden ausgreifende, mehrere Kilometer breite Hochebenen in den Weg stellen, wagte man es, diese direkt zu durchstoßen. Weil der Tunnel dabei in 50 bis 80 m Tiefe lag, vergrößerte man die Schachtabstände bis auf über 200 m und handelte sich damit erhebliche Orientierungsprobleme ein. Während die Trasse entlang der Täler noch einigermaßen zielgerichtet verlief, waren nun in fast jedem Bauabschnitt Querschläge und Suchstollen erforderlich, um den Gegenvortrieb zu finden. Dadurch verlängerte sich die Trasse gegenüber einer gestreckten Linienführung um rd. 35 % (**Abb. 6**).

Unterwegs wurden mehrere große Quellen eingespeist und die Stadt Abila angeschlossen. Bei km 159 wechselte der Aquädukt unter der Wasserscheide Yarmouk–Wādī Arab auf die Südseite des Gebirgskammes und erreicht nach 170 km Gadara (354,70 m ü. NN). Das Generalgefälle des Aquädukts von Dille bis Gadara beträgt 1,28 ‰, das des etwa 54 km langen dritten Tunnelabschnitts 0,3 ‰ mit örtlichen Flachstrecken von 0,1 ‰ (10 cm pro km).

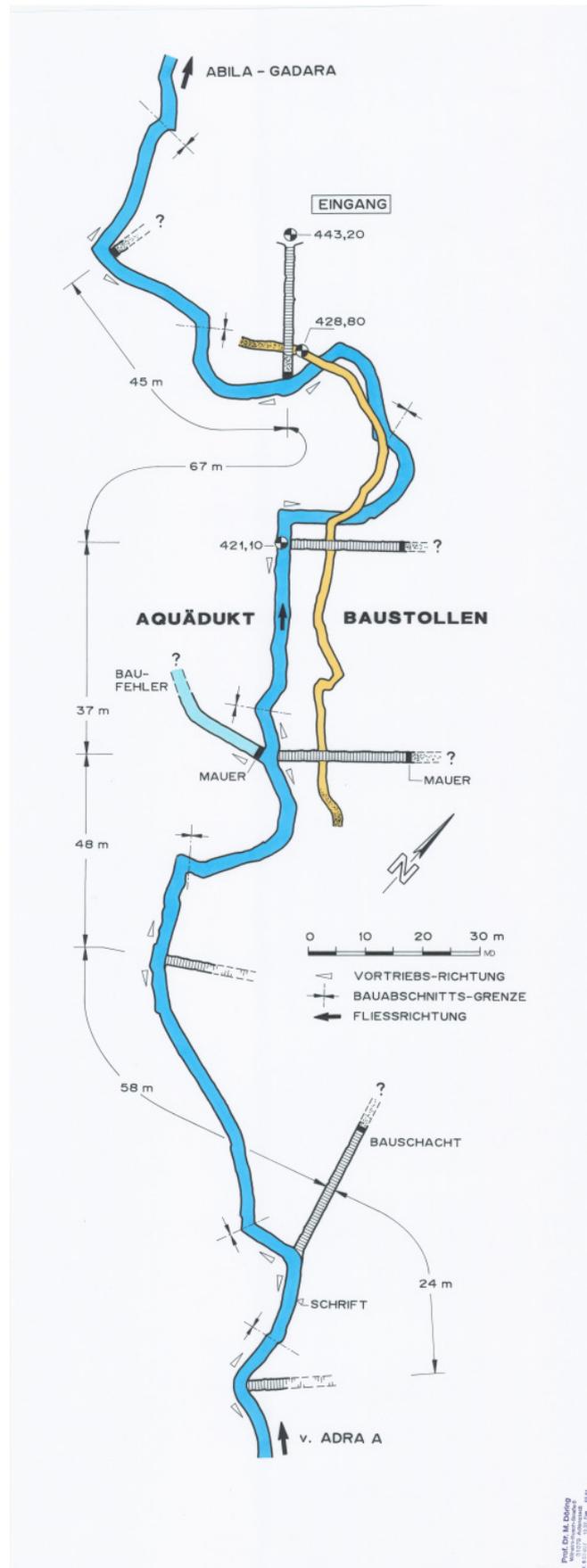


Abb. 6: Grundriss eines Tunnelabschnitts östlich von Abila.

Vortrieb

Der größte Teil des Tunnelsystems wurde bergmännisch mit Schlägel und Eisen aufgeföhren. Eingesetzt wurden quadratische Spitzmeißel, deren typische Arbeitsspuren die Vortriebsrichtung erkennen lassen.

Bei massivem, standfestem Kalkstein zeigte sich an einigen Stellen überraschend ein ungewöhnliches Bild: regelmäßige Schrämspuren eines groben Werkzeugs (**Abb. 7**). Die Spuren verlaufen mit Radien von etwa 90–120 cm nahezu parallel über die Seitenwände. Nur in den abgerundeten Ecken der Firste war herkömmlich gearbeitet worden. Dass der Abstand der Schräme von 10 bis 14 cm der Abschlagstiefe entsprach, konnte in einem unvollendeten Nebenstollen mit vollständig erhaltener Ortsbrust nachgewiesen werden. Als Abbauwerkzeug, dessen Abdrücke dort noch erkennbar waren, hatte man 3 bis 4 cm breite Flachmeißel eingesetzt. Vor Ort fand sich außerdem noch Haufwerk aus 8 bis 15 cm großen Scherben mit sehr wenig Feinkorn, was diese Form des Vortriebs bestätigte.

Die Vortriebsspuren lassen den Schluss zu, dass eine halbmechanische „Vortriebsmaschine“ eingesetzt wurde. Die Einrichtung könnte aus einer im Stollen quer oder vertikal verkeilten Eisenstange, Balken oder Baumstamm bestanden haben, an der ein vertikal schwenkbarer Balken befestigt war. An dessen vorderem Ende dürfte der Meißel so befestigt gewesen sein, dass er auch direkt unter der Firste mit einem schweren Hammer geschlagen werden konnte. Die schräg nach vorn und unten gerichtete Schneide des Meißels hätte für die vorgefundene regelmäßige Größe und Form des Haufwerks gesorgt.



Abb. 7.1: Vortriebsspuren: Quadratischer Spitzmeißel



Abb. 7.2: Vortriebsspuren: Schräm Spuren eines Flachmeißels.

Tunnelbau

Für den Bau eines Tunnels in traditioneller Qanat-Technik mit vertikalen Schächten lagen im 2. Jh. n. Chr. genügend Erfahrungen vor. Richtung und Höhenlage ließen sich bei dieser Methode mittels Lot und Schlauchwaage (bei flachen Schächten) bzw. trigonometrischer Absteckung (bei tiefen Schächten) nach unten übertragen.

Der Befund lässt auf folgende Arbeitsschritte schließen. Zunächst wurden in Abständen von 20 bis 200 m die 5 bis 70 m tiefen Bauschächte geteuft (**Abb. 8**). Vermutlich weil die Höhenübertragung nach unten bei großer Teufe und stark bewegter Erdoberfläche fehlerträchtig war, arbeitete man gelegentlich mit einem zwischengeschalteten horizontalen Baustollen. Vom Fuß der Schächte erfolgte der Gegenortvortrieb mit in der Tunnelfirste angesetzten Pilotstollen, die bogenförmig zur jeweils gleichen Seite ausgerichtet wurden. So hätte es zwangsläufig zum Durchschlag kommen müssen. Dass dies trotzdem nicht immer gelang, zeigen zahlreiche Beispiele. Nach dem Durchschlag wurde das Profil auf den vollen Querschnitt erweitert und die Seiten- und Höhenabweichungen ausgeglichen (**Abb. 9**). Die Sohle scheint erst dann nachgerissen worden zu sein, wenn eine längere Vortriebsstrecke die sichere Absteckung des sehr geringen Gefälles ermöglichte.

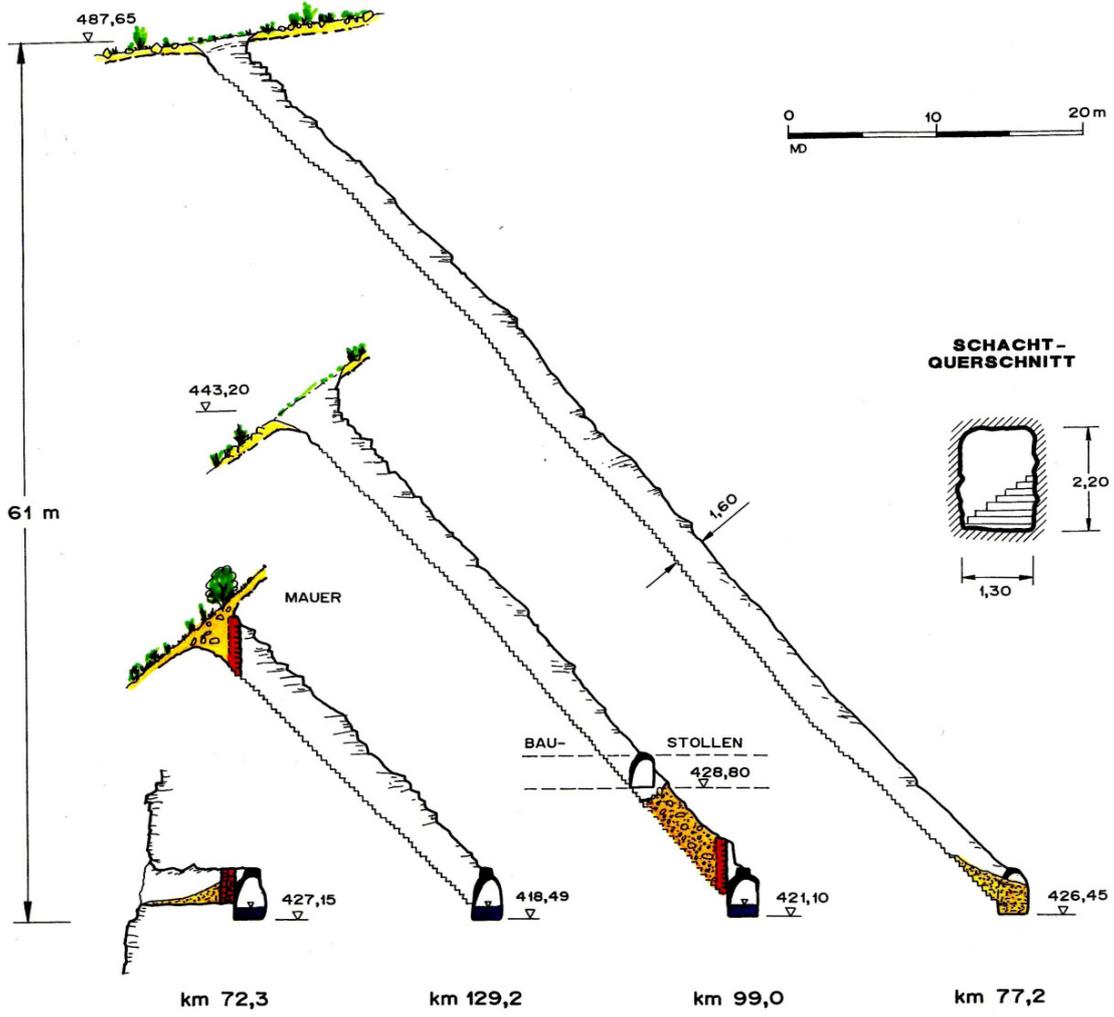


Abb. 8: Bauschächte.

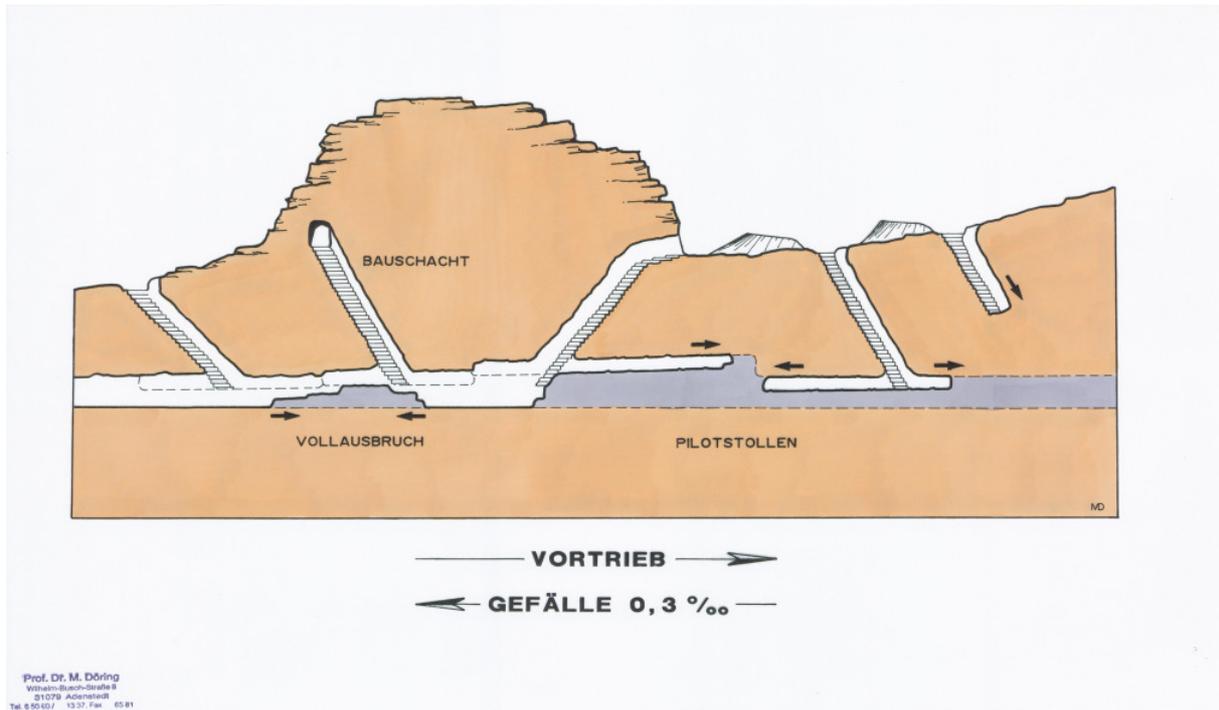


Abb. 9: Vortriebsphasen.

Der geräumige Tunnel ist auf weiten Strecken –meist dreilagig– verputzt (**Abb. 10**).

Dafür mischte man dem Mörtel gemahlene Holzkohle bei, um diesen „hydraulisch“, d.h. wasserfest und dicht zu machen. Die Oberfläche wurde poliert, um die Poren zu schließen und so die Dichtigkeit zu erhöhen. Der Putz entspricht dem für solche Zwecke üblichen römischen *opus signinum*. In anderen Abschnitten, wo der Fels dicht erschien, wurde auf Putz verzichtet (**Abb. 11**).

Sinteransätze im Tunnel markieren den Durchfluss. Die Form der Ablagerungen zeigt, dass der Wasserstand über lange Zeit relativ konstant gewesen sein muss. Da der Sinter, an den ‚Jahresringen‘ erkennbar, beständig gewachsen ist, muss ein gleichmäßiger Durchfluss geherrscht haben. Aus der Wassertiefe, je nach Tunnelbreite 50 bis 80 cm, konnte zwischen dem Wâdî eš-Šellâle und Abila eine Wassermenge von etwa 300 l/s (1080 m³/h) abgeschätzt werden.



Abb. 10: Verputzter Tunnel (km 109,5)

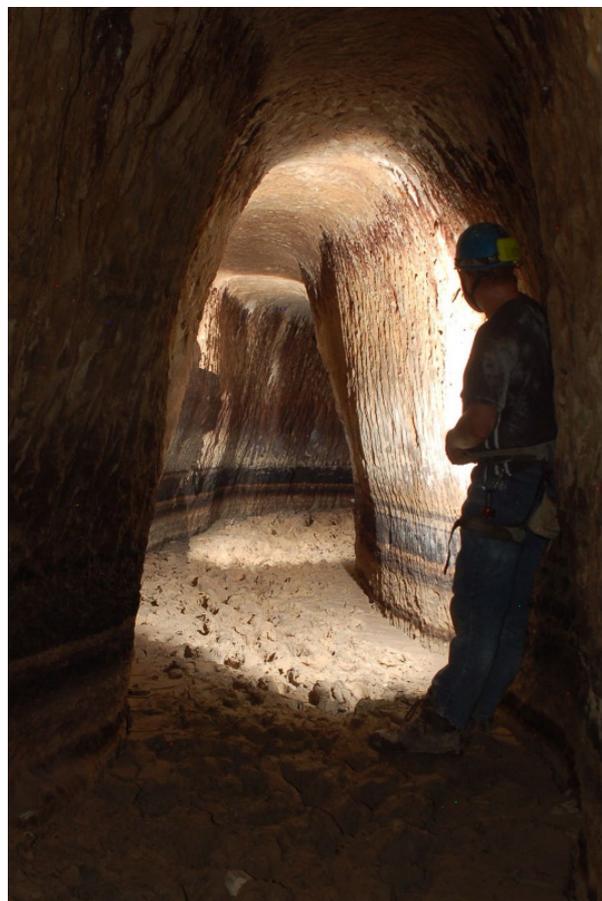


Abb. 11: Aquädukt ohne Dichtung (km 74)

Lagefehler

Trotz der Pilotstollentechnik fanden sich Lageabweichungen in fast jedem Bauabschnitt. Sofern sich die Vortriebsmannschaften noch trafen, konnten Fehler korrigiert werden. Schwieriger war die Situation, wenn man sich verfehlte. Dann waren Querschläge erforderlich, die zu der bereits erwähnten gewundenen Trasse führten (**Abb. 6**). Unter einer Talmulde war sogar ein 200 m langer, in Schleifen geführter Suchstollen erforderlich, um den Gegenvortrieb zu finden. Wenn man bereits aneinander vorbeigearbeitet hatte, verband man die Vortriebe mit einer S-Kurve. Damit sollten vermutlich Turbulenzen vermieden werden, die zu vermehrter Sinterbildung und Einengung des Fließquerschnitts geführt hätten. Anderswo hatte man die Trasse zu nah an die Hangoberfläche gelegt, was zu Nachbrüchen und Bergstürzen führte. Durch tiefer ins Berginnere verschobene Bypässe mussten solche Stellen umgangen werden.

Höhenfehler

Abweichungen nach unten machten, um stehendes Wasser und damit ‚Sedimentfallen‘ zu vermeiden, einen Neubau des Tunnels erforderlich. Kleinere Abweichungen nach oben, erkennbar als Absätze in der Tunnelrinne, waren dagegen unproblematisch. Um das Gefälle einzuhalten, wurde einfach die Sohle auf Sollhöhe nachgerissen.

Zwischen der Quelle ‚Ain Turab‘ und Gadara (**Abb. 1**) wurden jedoch alle Toleranzen überschritten. Auf mehreren Kilometern Länge hatte man hier mit so starkem Gegengefälle gearbeitet, dass die Abweichung mehr als die volle Tunnelhöhe betrug (**Abb. 12**). Die Ursache ist unklar. Zwar hatte man über mehrere Kilometer Länge noch begonnen, die Sohle nachzureißen, doch scheint das irgendwann eingestellt worden zu sein. Obwohl der fast 20 km lange Abschnitt bis Gadara –teilweise einschließlich Verputz– fertig gestellt war, konnte er so nicht in Betrieb gehen und blieb als „Investitionsruine“ unvollendet.

Um die Stadt trotzdem mit Wasser aus dem ‚Qanat Fir’aun‘ zu versorgen, scheint man westlich der Quelle eine (heute nicht mehr zugängliche) unterirdische Verbindung zum etwas tiefer verlaufenden ‚Qanat Turab‘ aus hellenistischer Zeit hergestellt zu haben, aus dem, um die größere Wassermenge aufnehmen zu können, die Rohre entfernt und die Wände verputzt wurden. So war zwar die Wasserversorgung von Gadara gesichert. Die noch erhaltene große Brunnenanlage mit Wasserspielen im Stadtzentrum jedoch, deren Höhenlage auf den neuen Aquädukt abgestimmt war, konnte nur in ihrem unteren Stockwerk in Betrieb genommen werden.



Abb. 12: Höhenfehler: oben der zu hoch liegende Tunnel, unten die korrigierte Lage (km 149).

Datierung und Betrieb

Antike Berichte über den ‚Qanat Fir’aun‘ sind nicht bekannt, doch deuteten bereits Scherbenfunde im unvollendeten Gadara-Abschnitt des Tunnels auf die römische Epoche hin. Der Schlüssel zur genaueren ^{14}C -Datierung war die Holzkohle im Dichtungsputz. Danach entstand der Aquädukt zwischen 90 und 210 n. Chr., der wirtschaftlichen Blütezeit der Dekapolis-Städte, in mehreren Bauphasen. Eine Reparatur im 4. Jh. lässt auf einen mindestens 300-jährigen Betrieb schließen. Dessen Einstellung könnte nach Schriftfunden

im Tunnel mit dem Ende der byzantinischen Herrschaft im 7. Jh. oder dem katastrophalen Erdbeben des Jahres 747 zusammenfallen, das Gadara vollständig zerstörte.

Das längste Tunnelsystem der Antike?

Zur Reinhaltung des Wassers waren römische Aquädukte immer abgedeckt und wurden meist, ähnlich der heutigen Kanalisation, in einer Baugrube hergestellt. Tunnel sind solche Bauwerke nicht, denn diese setzen einen bergmännischen Vortrieb im anstehenden Fels oder Erdboden voraus. So besitzt z.B. die ‚Aqua Appia‘, der älteste Aquädukt von Rom, keinen Tunnel, obwohl er auf 17 km Länge unterirdisch verläuft. Wo es ging, vermied man Tunnel, denn ihr Bau war bei höchstens 10 cm Vortrieb pro Tag teuer und langwierig. Lieber führte man die Leitung trotz der größeren Länge um Berge herum, wo zudem Absteckung und Transporte einfacher waren. Lange antike Tunnel sind daher sehr selten.

Schon der ‚Qanat Turab‘ von Gadara übertraf mit 22 km alle bis dahin gebauten Tunnel. Das ‚Qanat Fir‘aun‘-Tunnelsystem schließlich sprengte mit 106 km alle Maßstäbe. Umso mehr muss man den Mut bewundern, mit dem sich die römischen Baumeister an dieses Mammutprojekt wagten. Dass der Bau am Ende nicht auf ganzer Länge in Betrieb ging und man auf der Reststrecke bis Gadara auf den ‚Qanat Turab‘ zurückgreifen musste, tut der exzellenten Vermessungs- und Bauleistung keinen Abbruch. Der ‚Qanat Fir‘aun‘ ist nicht nur einer der aufwändigsten Aquädukte Roms. Sein Tunnelabschnitt ist auch der längste bisher bekannte des Altertums. Mit Recht kann er als eine der bedeutendsten Ingenieurleistungen der Antike angesehen werden.

Tunnel	Anzahl der Tunnelabschnitte	Bauzeit	Länge (km)	Anzahl der Bauschächte
Samos, Eupalinustunnel	1	6. Jh. v.	1	0
Albaner See, Emissar	1	5. Jh.	1,4	5
Bologna, Reno-Aquädukt	1	um 30	19,7	?
Gadara, Qanat Turab	?	1. Jh. v. Chr.	22	rd. 500
Fucino-See, Emissar	1	45-54 n. Chr.	5,7	47
Rom, Aqua Anio Novus/	14	38-52	9,3	rd. 250
Gadara, Qanat Fir‘aun	4	90-210	106	rd. 2900

Tab. 2: Beispiele für antike Tunnelbauten.

Bildnachweis

Alle Abb. vom Verfasser

Förderung

Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG

Anmerkung

Statt der Nennung von Literatur und Hinweisen wird auf den vorläufigen Forschungsbericht verwiesen, der beim Deutschen Archäologischen Institut Berlin in nachstehendem Band erschienen und über den Buchhandel erhältlich ist:

Döring, M., Wasser für die Dekapolis – Jordanisches Bergland birgt längsten bisher bekannten Aquäduktunnel. Ein Zwischenbericht. In: Deutsches Archäologisches Institut: Menschen-Kulturen-Traditionen Bd. 5/2012, Wasserwirtschaftliche Innovationen im archäologischen Kontext, S. 225-243. ISBN 978-3-86757-385-6.

Verfasser

Prof. Dr.-Ing. Mathias Döring
W.-Busch-Str. 8
31079 Adenstedt
doering-adenstedt@t-online.de