

Antiocheia

Prof. Dr.-Ing.

**Mathias Döring**

W.-Busch-Str. 8

D 31079 Adenstedt

Tel.: 0049-(0)5060-1337

FAX: 0049-(0)5060-6581

E-mail: doering-adenstedt@t-online.de

## KURZBRIEF

Ihre Nachricht vom .....

Anbei erhalten Sie	Mit der Bitte um	
<input type="checkbox"/> Kopien	<input type="checkbox"/> Rückruf	<input type="checkbox"/> Verbleib
<input type="checkbox"/> Schriftstücke	<input type="checkbox"/> Erledigung	<input type="checkbox"/> Rückgabe
<input type="checkbox"/> Pläne	<input type="checkbox"/> Kenntnisnahme	<input type="checkbox"/> erbeten bis
<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> Stellungnahme	.....

Best regards  
M. Döring

Adenstedt, den .....

.....

Mathias Döring

# Die antiken Wasserbauten von Antiochia, Türkei

In Antiochia, dem heutigen Antakya, finden sich drei bemerkenswerte antike Wasserbauten, die hier vorgestellt werden. Unter den Bauwerken der römischen Wasserversorgung fällt die bizarre, vollständig von Sinter überzogene Ruine der im 2. Jh. n. Chr. errichteten 35 m hohen Kantara-Brücke aus dem Rahmen, die einen der Aquädukte trug. Eine ehemalige, aus der gleichen Zeit stammende Aquäduktbrücke ist auch das „Eiserne Tor“, das im 6. Jh. in eine Talsperre für den Hochwasserschutz umgebaut wurde. Die noch in Betrieb befindliche Stau-mauer ist die vermutlich älteste noch erhaltene mit horizontaler Lastabtragung – eine Vorläuferin der modernen Bogenstaumauern. Ebenfalls noch genutzt wird am ehemaligen Hafen der Stadt ein teilweise unterirdischer Hochwasserkanal mit außergewöhnlichen Dimensionen.

## 1 Stadtgeschichte

Antiochia am Unterlauf des Orontes, gegründet um 300 v. Chr. durch Seleukos I., einen der Erben Alexanders d. Gr., und benannt nach seinem Vater Antiochos, galt neben Rom und Alexandria als eine der wichtigsten Metropolen der Antike. Ihre überragende Bedeutung erlangte die Hauptstadt der Seleukiden-Dynastie, ab 64 v. Chr. der römischen Provinz Syria, durch ihre Lage an mehreren internationalen Handelswegen: der Straße aus dem

Jemen über Petra und Damaskus (Weißrauchstraße), der Karawanenrouten aus Innerasien und China (der späteren Seidenstraße) sowie an den Routen aus dem Zweistromland über Aleppo, die alle am Hafen von Antiochia, Seleukia Pieria, endeten (Bild 1). Hier wurden in großem Umfang Waren nach Rom und ab dem 4. Jh. nach Byzanz umgeschlagen.

Der Reichtum der Stadt zeigte sich vor allem in ihrem Stadtbild und ihrer aufwändigen baulichen Infrastruktur [1], [2], [3]. Dazu gehörten neben den Wasserbauten

die mehr als 15 km lange Stadtmauer, eine 4 km lange Kolonnadenstraße, Tempel, Paläste, Thermen und Handelshäuser. An der Bedeutung der Stadt änderte sich auch nichts, als die römische Kaiserresidenz im frühen 4. Jh. nach Byzanz (Istanbul) verlegt wurde. Im 6. Jh. n. Chr. verlor Antiochia allerdings durch einen Stadtbrand (525), zwei Erdbeben (526 und 528), die Pest und Perserüberfälle (540 und 573) einen großen Teil seiner vielleicht 500 000 Einwohner, so dass die Stadt verkleinert und der Stadtmauerring, um diesen noch verteidigen zu können, verkürzt werden musste. Nach der ersten arabischen Eroberung (638) ging ihre Bedeutung durch weitere Naturkatastrophen, Kriege und Belagerungen, unterbrochen nur durch die Kreuzfahrerzeit (1098 bis 1268) immer weiter zurück.



Bild 1: Antiochia und Seleukia Pieria

## 2 Quellen, Wasserbedarf und Aquädukte

In dem 8 km südlich der Kernstadt gelegenen Villenvorort Daphne (jetzt Harbiye) treten fünf mächtige Quellen aus, die z. T. an das moderne Versorgungsnetz von Antakya angeschlossen sind. Ihre gemeinsame Schüttung beträgt nach Angaben der Stadtverwaltung im Winter und Frühjahr i. M.  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $216\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ ), die bis zum Herbst auf  $120\,000 \text{ m}^3/\text{s}$  zurückgeht [4]. Das außerordentlich harte Wasser, das beim Kontakt mit Luft ( $\text{CO}_2$ ) umfang-

reiche Kalkablagerungen (Sinter) hinterlässt, sammelte sich bis zur modernen Nutzung in Quelhöhlen, die in römischer Zeit zu mehr als 100 m langen Tunneln mit bis zu 20 m<sup>2</sup> Querschnitt erweitert und mit Strukturen ausgestattet wurden, die das Wasser geordnet in Aquädukte einleiteten.

Während der seleukidischen Ära, die Antiochia bis ins 1. Jh. n. Chr. prägte, war der Wasserbedarf mit vielleicht 20 bis 30 l (E · d) gering. Das änderte sich mit der Übernahme der römischen Wasserkultur grundlegend. Zusätzlich waren nun Laufbrunnen, Thermen und repräsentative Wasserspiele zu versorgen. Dadurch stieg der Pro-Kopf-Bedarf auf wenigstens 300 bis 400 l (E · d). Im 3. oder 4. Jh. dürfte das Maximum des Wasserbedarfs mit 150 000 bis 200 000 m<sup>3</sup>/d (1,7 bis 2,3 m<sup>3</sup>/s) erreicht worden sein. Zwar wuchs die Stadt weiterhin, die aufwändige öffentliche Wassernutzung scheint jedoch danach zurückgegangen zu sein [1]. Das galt umso mehr nach der Stadtverkleinerung.

Demgegenüber konnte allein der unter den Kaisern Trajan und Hadrian (2. Jh. n. Chr.) errichtete große Aquädukt etwa 2,5 bis 3 m<sup>3</sup>/s liefern. Wassermangel dürfte Antiochia daher kaum je erlebt haben, zumal ein weiterer Aquädukt, Quellen, Brunnen und Flusswasser zur Verfügung standen.



Bild 2: Von Sinter überdeckte Ruine der Kantara-Brücke

Größere Wassermengen konnten nur noch in Freispiegelkanälen transportiert werden. Die fast durchgehend unterirdisch geführten Leitungen hatten, wie im römischen Wasserbau üblich, gemauerte und verputzte Rechteckquerschnitte mit Tonnengewölben aus römischem Beton (Opus caementicium). Da Druckstrecken mit Rohren möglichst vermieden werden sollten, warf die Trassierung in der bewegten Topografie zwischen Daphne und der Kernstadt außerordentliche Schwierigkeiten auf. So mussten steile Bergflan-

ken mit längeren Galerien durchquert und tief eingeschnittene Täler mit Brücken überquert werden.

### 3 Die Kantara-Brücke

Die gewaltige Ruine der Kantara-Brücke (Bild 2) steht wenige hundert Meter vom letzten der fünf Quelltunnel entfernt, wo ein periodischer, stark Geschiebe führender Wildbach überquert werden musste. Fundamente und Unterbau des 160 m lan-

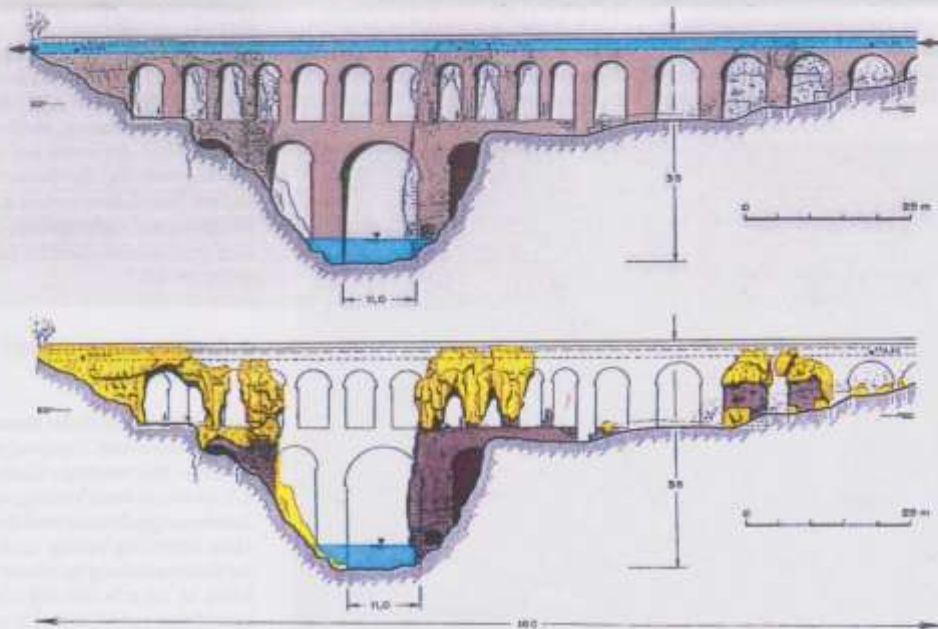


Bild 3: Die Kantara-Brücke im 2. Jh. n. Chr. und heute (Aufmaß: D. Jerominek; Zeichnung: Jerominek/Döring)

gen und 35 m hohen Bauwerks wurden aus Kalksteinquadern, der Überbau aus Ziegeln und Beton errichtet. Weil die häufigen Erdbeben ständig zu Schäden und Undichtigkeiten führten, mussten mehrere Brückenbögen bereits in der Antike durch Mauerwerk oder Beton gefüllt und der Unterbau durch beidseitige Verstärkungen bis auf 14 m Breite nahezu verdoppelt werden. Der Wasserkanal war mit Steinplatten abgedeckt.

Wie bei allen Aquädukten mit hartem Wasser wurde der Fließquerschnitt im Laufe der Zeit durch Sinterablagerungen immer weiter eingeengt. Ob diese anfangs entfernt wurden, ist nicht bekannt. Als der Wasserbedarf in der Kernstadt spätestens ab dem 5. Jh. zurückging, waren außerdem genügend andere Reserven vorhanden, so dass die Ablagerungen nicht störten. Weil der Zufluss aus den Quellen offenbar nicht gedrosselt wurde, kam es im Aquädukt zum Rückstau. Er hatte zur Folge, dass der Freispiegelabfluss in den unterirdischen Abschnitten des Aquädukts, in denen keine Entlastung möglich war, zur Druckströmung wurde. Die erste Überlaufmöglichkeit kam an der Kantara-Brücke, wo das Wasser unter den Abdeck-

platten austreten konnte. Durch die intensive Vermischung mit der Luft fiel der Kalk spontan aus und lagerte sich an der Brückenfassade als Sinter in bis zu 2 m mächtigen Schichten ab.

Das Ende der Nutzung und der Verfall des Bauwerks begannen spätestens nach der Kreuzfahrerzeit. Dabei erwies sich vor allem der Kalkmörtel als wenig witterungsbeständig. Das hatte zur Folge, dass bis heute große Teile des Ziegelmauerwerks der oberen Bogenreihe und der 90 cm breite Wasserkanal vollständig verschwunden sind. Übrig geblieben ist der widerstandsfähigere Sinter, dessen obere horizontale Kante (Bild 2) die Höhe der ehemaligen Kanalwangen markiert. Im Innern der hohlen Sinterschale sind Mauerwerk und Kanal als Negativ-Abdruck erhalten, so dass die Rekonstruktion der fehlenden Bauteile möglich war (Bild 3).

#### 4 Talsperre „Eisernes Tor“

Antiochia liegt am Fuß der Berge Silpius und Staurin, die die Stadt um bis zu 400 m überragen. Getrennt werden sie durch die

enge Schlucht des Parmenios (Bild 1), die von den Aquädukten aus Daphne mit Brücken überquert wird, um auch die nördlichen Stadtteile zu erreichen. Der periodische Wildbach führt nur im Winter sowie Frühjahr Wasser und neigt wegen seines starken Gefälles von bis zu 10 % zu Murgang-ähnlichen Hochwasserwellen. Dadurch wurde das antike Stadtzentrum, das sich unmittelbar vor der Ausmündung der Schlucht befand, immer wieder verwüstet.

Zu dessen Schutz wurde der jüngere Aquädukt über den Parmenios unter dem byzantinischen Kaiser Justinian (527 bis 565) in die Stauwehr des „Eisernen Tores“, eines ungesteuerten Rückhaltebeckens, integriert (Bilder 4 und 5). Der antike Autor Prokop beschreibt im Jahr 559, also kurz nach der Fertigstellung, die Stauwehr, deren Äußeres sich trotz größerer Reparaturen bis heute nicht grundsätzlich verändert zu haben scheint [5]:

„Vor dem Teil der [Stadt-] Mauer, welcher der Schlucht zunächst liegt [kreuzt], aus der heraus der Wildbach gegen die Befestigung anstürmt, baute er [Justinian] eine weitere sehr hohe [Stau-] Mauer. Die-



Bild 4: Talsperre „Eisernes Tor“: Wasserseite mit Stausee, in der Mauerücke rechts befand sich ein Stadttor

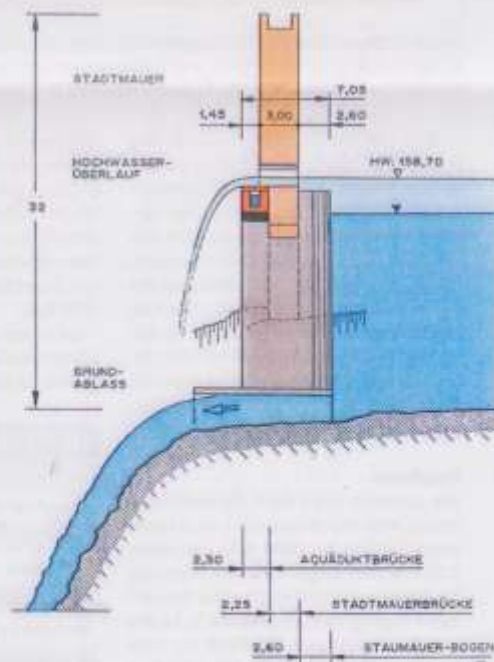


Bild 5: Talsperre „Eisernes Tor“: Querschnitt, Zustand nach 1100 n. Chr., Wasserstand: Hochwasser 2003 (Aufmaß: Banea/Grimm)

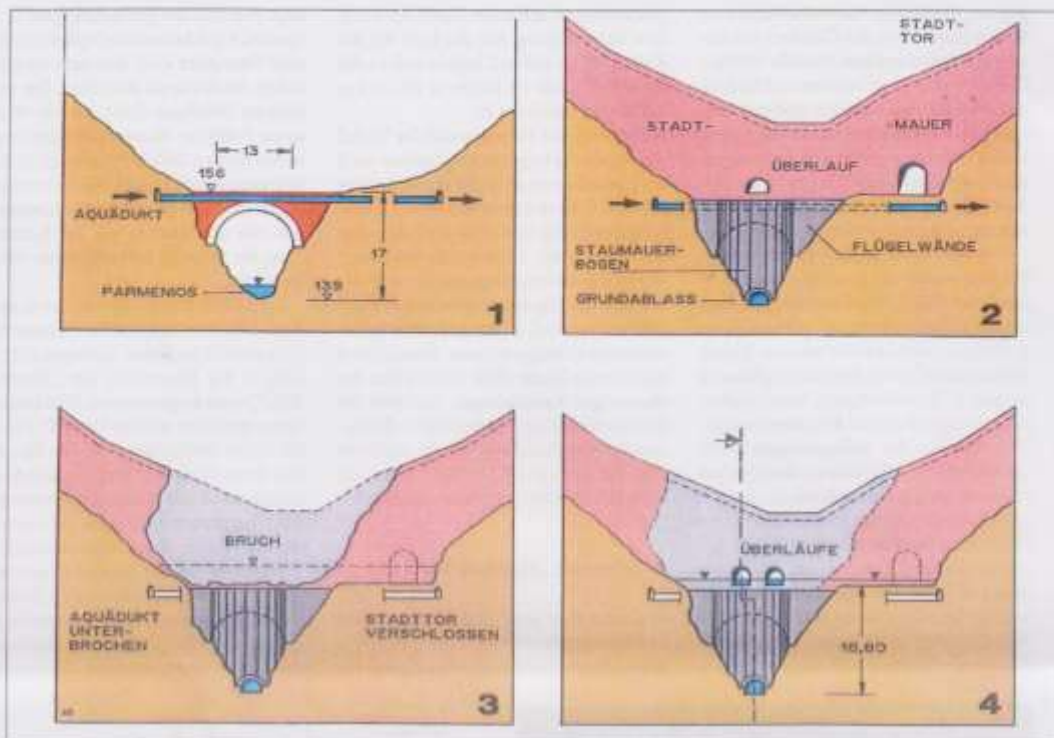


Bild 6: Talsperre „Eiserne Tor“, Bauphasen (Ansichten von der Wasserseite): 1) Aquäduktbrücke (2. Jh. n. Chr.); 2) Aquäduktbrücke, Stadtmauer und Talsperre (vermutliches Aussehen im 6. Jh.); 3) Einsturz (zwischen dem 6. und 11. Jh.); 4) Instandsetzung (nach 11. Jh.; Querschnitt s. Bild 5)

se läuft von der Sohle der Schlucht aus rechts und links bis unmittelbar zu den beiden Bergen, damit der überschäumende Gießbach in seinem Lauf gehemmt, über eine längere Strecke hin sich sammeln und einen Stausee bilden muss. Die Sperrmauer aber versah Justinian mit Durchlässen und erreichte so, dass von Menschenhand geregelt, allmählich der Wildbach abströmt und sich verliert, ohne mehr mit aller Wucht reißend gegen die Stadtmauer zu prallen, sich dabei aufzustauen und den Ort zu zerstören.“

#### Bauphasen

Als Antiochia Mitte des 6. Jh. verkleinert wurde, verbreiterte man die 2,30 m breite Aquäduktbrücke (Bild 6.1) um einen 2,25 m breiten Ziegelbogen und führte die Stadtmauer so darüber, dass der Wasserkanal zugänglich blieb (Tabelle 1). Rechts von der Staumauer befand sich ein stark befestigtes („eisernes“) Stadttor, das dem Bauwerk vielleicht den Namen gab. Kurze Zeit später schloss man die Brückenbögen

mit Grobblöcken und verbreiterte das Bauwerk auf der Oberwasserseite mit einer zylindrisch gekrümmten Stauwand aus Beton mit Kalksteinfassade [6]. Ein offener Grundablass und vermutlich ein Hochwasserüberlauf (Prokop [5] erwähnt mehrere Durchlässe) sorgten für den Abfluss (Bild 6.2).

Zu einem nicht bekannten Zeitpunkt scheint das Stadttor zugemauert worden zu sein, so dass es als Notüberlauf ausfiel.

Wohl während eines großen Hochwassers kam es zur Katastrophe: das Wasser stieg so hoch, dass die nur 3 m starke Stadtmauer oberhalb der Staumauer dem Druck nicht mehr stand hielt, samt der stadtseitigen Bauwerksfront auf 30 m Länge einstürzte und den Aquädukt mit in die Tiefe riss (Bild 6.3).

Die Reparatur (Bild 6.4) dürfte, wie kufische und arabische Schriftzeichen auf den verwendeten Steinen (Spolien) bele-

Tab. 1: Eisernes Tor, Abmessungen

	Aquäduktbrücke	Stadtmauerbrücke	Talsperre
Bauwerkshöhe	18,30	32 bis 38	18,30 m
Länge	21	21	21 m
größte Breite	2,20	2,25	7,05/6,9 m
Stauhöhe (2003)			21 m
Stauinhalt bis Überlauf			21 400 m <sup>3</sup>
max. Stauinhalt rd.			30 000 m <sup>3</sup>
Bauzeit	2. Jh.	6. Jh.	6. Jh. n. Chr.

gen, nicht vor dem 8. Jh., vermutlich jedoch erst in der Kreuzfahrerzeit (1098 bis 1268) erfolgt sein. Auf den Aquädukt, der nicht wiederhergestellt wurde, konnte man verzichten. Denn zum einen war die Zeit der aufwändigen römischen Wasserkultur längst vorbei, zum anderen scheint der etwas tiefer gelegene ältere Aquädukt für die inzwischen sehr viel kleinere Stadt ausgereicht zu haben.

#### Hochwasser

Angaben über die zu erwartenden Hochwasser sind nicht bekannt. In den Fugen des Mauerwerks finden sich allerdings bis in ein scharf abgegrenztes oberes Niveau von 158,70 m ü. NN (Bilder 4 und 5) Reste von schwimmfähigen Plastikteilen, was einer Stauhöhe von nahezu 21 m entspricht. Die Ablagerungen gingen, wie vor Ort zu erfahren war, auf das Hochwasser vom Frühjahr 2003 zurück. Bei diesem Wasserstand sind über die beiden Überläufe zusammen nicht mehr als 4,6 m<sup>3</sup>/s, durch den Grundablass, ein gemauertes Gewölbe mit rd. 3 m<sup>2</sup> Querschnitt, rd. 53 m<sup>3</sup>/s abgeflossen.

Ein Niederschlag-Abfluss-Modell für das 9,3 km<sup>2</sup> große, verkarstete Niederschlagsgebiet ergab für einen hydrologisch zu erwartenden Starkregen von 432 mm in 24 Std. ein Hochwasser von 2,9 Mio. m<sup>3</sup>. Daraus würde zwei Stunden nach Beginn des Niederschlags am Eisernen Tor ein Spitzenabfluss von 98,5 m<sup>3</sup>/s resultieren. Die Retentionswirkung des Staubeckens (30 000 m<sup>3</sup>) ist so gering, dass der Wasser-

stand von 2003 bereits nach 52 min. überschritten würde und 11 min. später die Gewölbescheitel der Hochwasserüberläufe erreicht wären.

Die Entlastungsöffnungen mit einem Maximalabfluss von rd. 60 m<sup>3</sup>/s – etwa 110 % des Ereignisses von 2003 – reichen also für die Durchleitung eines Abflusses infolge eines Starkniederschlagsereignisses von fast 100 m<sup>3</sup>/s nicht aus. Man kann im Rückblick davon ausgehen, dass der Bruch des Bauwerks auf ein solches extremes Hochwasserereignis zurückzuführen ist.

#### Bauwerk und Zustand heute

Das „Eiserne Tor“ ist vermutlich die erste Staumauer mit horizontaler Lastabtragung, Vorläufer aller modernen Bogenstaumauern. Der Zylinderabschnitt hat bei einem Radius von 10,60 m einen Öffnungswinkel von 55° und ist damit im Vergleich zu modernen Bogenmauern, die Öffnungswinkel von über 100° aufweisen, relativ schwach gekrümmt. Entsprechend deckt die Horizontalwirkung je nach Wasserstand mit 15 bis 30 % nur einen Teil des Wasserdrucks ab. Der Rest wird vertikal sowie durch Verband und Reibung in den Baugrund abgeleitet. Statisch ist das „Eiserne Tor“ eine Mischform aus Bogen- und Gewichtsmauer.

Schon vor 1800 scheint man, wie zeitgenössische Skizzen zeigen, die gut zugänglichen Abschnitte der Stadtmauer abgetragen und auch die sorgfältig bearbeiteten Fassadensteine der Talsperre ausgebrochen zu haben. Nach dem Erdbeben von

1872 wurden die antiken Bauten dann offiziell zur Plünderung freigegeben, die bis ins 20. Jh. andauerte. In jener Zeit dürften auch Teile der Bogenmauer verschwunden sein, wodurch die Gewölbewirkung zum großen Teil verloren ging (Bild 7). Trotzdem stürzte das „Eiserne Tor“ trotz mehrmaligem Einstau nicht ein.

Das darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass das Bauwerk in seiner Standsicherheit massiv gefährdet ist. Verantwortlich dafür sind neben dem Steinraub ein hydraulisch überflüssiger Fallschacht vor und unsachgemäße Betoneinbauten im Grundablass. An deren weit herausragender Bewehrung verfangen sich kubikmetergroße Bündel aus Plastiktüten und -planen, die bei Einstau, wenn an dieser Stelle Fließgeschwindigkeiten von bis zu 18 m/s herrschen, zu gefährlichen dynamischen Belastungen der Staumauer führen.

Die Bauaufnahme [7] hat gezeigt, dass das „Eiserne Tor“ nicht nur eine der am besten erhaltenen antiken Talsperren ist. Durch die gezielt herbeigeführte horizontale Lastabtragung stellt sie ein Unikat dar und gehört damit zu den bedeutenden technischen Monumenten der Antike. Der Zustand des Bauwerks zeigt aber auch, dass eine vorsichtige Instandsetzung, die statischen, wasserbaulichen und archäologischen Anforderungen genügt, dringend erforderlich ist.

## 5 Umleitungskanal

Das 20 km von Antiochia entfernte Seleukia Pieria wurde als Überseehafen zusammen mit der Metropole gegründet und stieg rasch zum wichtigsten Umschlagplatz der nördlichen Levante auf. Das 12 ha große, stark befestigte, von zwei mächtigen Molen geschützte Hafenbecken war durch einen periodischen Bach gefährdet, der mit seinen Schuttmassen immer wieder den Betrieb störte. Erst als Seleukia im 1. Jh. n. Chr. eine Basis der in Misenum/Italien stationierten römischen Mittelmeerflotte wurde, konnte der Missstand behoben werden. Wie eine Inschrift belegt, ließen die römischen Kaiser Vespasian und Titus (69 bis 81) einen etwa 980 m langen Umleitungskanal bauen, der den Wildbach am Hafen vorbei direkt ins Meer leitete (Bild 1). Ausgeführt wurden die Bauarbeiten vermutlich von Marineeinheiten, die in der frühen Kaiserzeit häufig zu zivilen Arbeiten abkommandiert wurden.



Bild 7: Talsperre „Eisernes Tor“: unterer Teil des stark beschädigten Mauerbogens

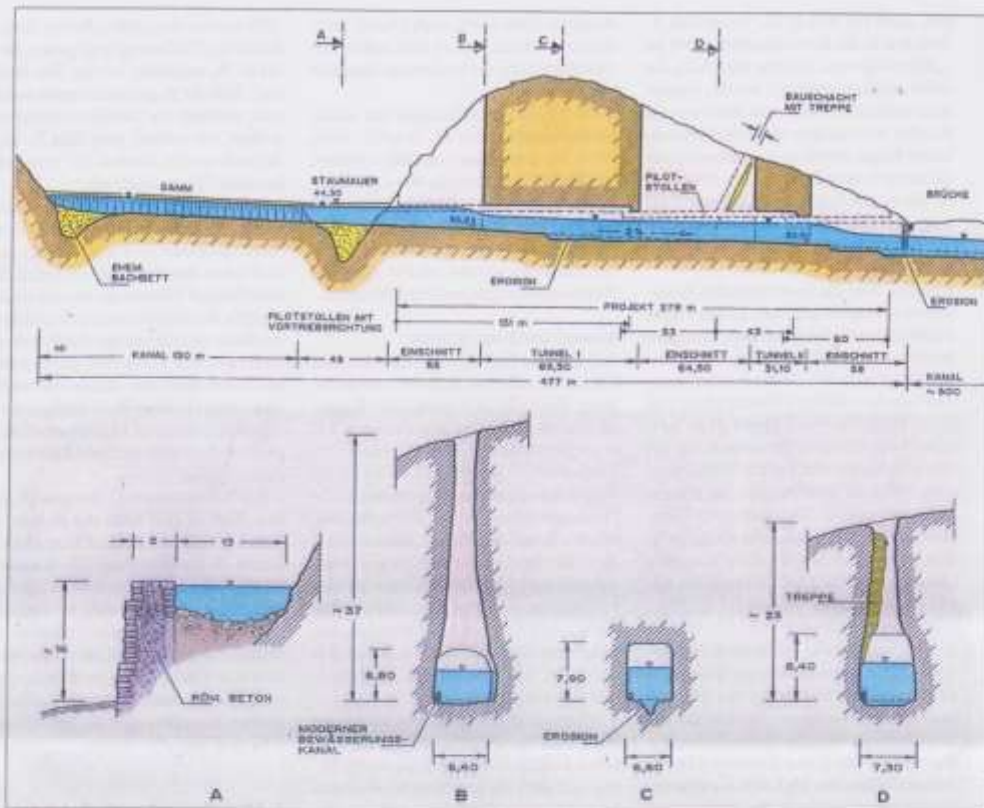


Bild 8: Umleitungskanal: Längsschnitt (2-fach überhöht) und Querprofile (Wasserstände für  $350 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Der Kanal beginnt mit einem 130 m langen, etwa 5 m hohen Ableitungsdamm, an den eine Stauwehr anschließt (Bild 8). Das 49 m lange, bis zu 16 m hohe und an der Krone 5 m starke Bauwerk aus römischem Beton ist beidseitig mit großformatigen Kalksteinquadern verkleidet, die an der Wasserseite sorgfältig geglättet sind. Es folgt ein 10 m breiter, sich verengender Einschnitt, der nach 55 m in den ersten Tunnel eintritt.

#### Tunnelbau

Ursprünglich scheint für den Durchschlag durch einen massiven Kalksteinrücken ein einziger, etwa 278 m langer Tunnel geplant gewesen zu sein, dessen Vortrieb an drei Stellen begonnen wurde: von beiden Mundlöchern und einem Bauschacht etwa in der Mitte aus – ein seinerzeit übliches Bauverfahren [8], [9]. Als erstes wurde der unter  $45^\circ$  geneigte, mit einer

Treppe ausgestattete Schacht (Bild 9) 23 m tief bis zur geplanten Kanalfirste geteuft. Sodann begann man von dessen Fuß und den künftigen Mundlöchern aus mit dem Vortrieb von bis zu drei nebeneinander liegenden horizontalen Pilotstollen. Nach dem Durchschlag wurde der Vollquerschnitt – von oben nach unten im Strassenbau – ausgebrochen und dessen Wände im vom Wasser benetzten Teil sorgfältig geglättet. Mit Ausnahme des Tunnels I, der mit einem Hufeisenprofil beginnt, haben die Tunnel Rechteckquerschnitte von 45 bis  $50 \text{ m}^2$ .

Warum man den ursprünglich geplanten Tunnel durch einen bis zu 30 m tiefen, sich nach unten erweiternden großen Schacht teilte und beide Enden durch Einschnitte verkürzte, konnte nicht geklärt werden. Es muss jedoch ein triftiger Grund vorgelegen haben, denn man han-

delt sich dadurch  $12\,000 \text{ m}^3$  Mehraushub ein. Im mittleren Einschnitt verschwand der ehemalige Bauschacht bis auf den Rest der Treppe. Insgesamt wurden für den Tunnelabschnitt rd.  $26\,000 \text{ m}^3$ , für den gesamten, fast 1 km langen Umleitungskanal  $85\,000 \text{ m}^3$  Kalkfels mit Hammer und Meißel ausgebrochen.

Das ursprüngliche, heute durch Erosionsschäden veränderte Sohlengefälle des Kanals betrug 2 ‰. Das Abflusspotenzial beträgt selbst bei ungünstiger Annahme der Rauheit mehr als  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  (Bild 8), die das  $HQ_{100}$  bei weitem nicht erreicht (Tabelle 2). Der Tunnel ist also überdimensioniert, was darauf schließen lässt, dass der Hafen seitdem sicher vor Überschwemmung und Geschiebe war.

Unterhalb der beiden Tunnel folgt der rd. 300 m lange, bis zu 20 m tiefe und i. M. 6 m breite Felskanal, der nördlich der kleinen Ortschaft Çevlik endet. Etwa auf hal-



Bild 9: Umleitungskanal: mittlerer Einschnitt mit Treppe und Tunnel II

ber Strecke fehlte talseitig die natürliche Felsbarriere, so dass die Lücke mit einer rd. 7 m hohen Mauer geschlossen wurde. Diese Mauer stürzte zu einem nicht bekannten Zeitpunkt ein, so dass sich das Wasser nun an dieser Stelle in Richtung Meer ergießt. Das Umleitungssystem ist bis heute nach wie vor in Betrieb; im Gegensatz zum ehemaligen Hafen, der so weit verlandet ist, dass auf Teilen des Areals Landwirtschaft betrieben wird.

#### Hinweis

Der Verfasser arbeitet seit 2006 in Kooperation mit der Universität Halle (Prof. Dr. G. Brands) und der HAWK Leipzig (Prof. Dr. U. Wefeling) mit Förderung durch die Thyssen-Stiftung an der Dokumentation der antiken Wasserbauten von Antiochia.

Tab. 2: Geschätzte Hochwasserabflüsse (nach Garbrecht [10], ergänzt durch den Verfasser)

Jährlichkeit	Abfluss (m <sup>3</sup> /s)
2	36
10	73
50	115
100	135
1000	190

**Autor**  
**Prof. Dr.-Ing. Mathias Döring**  
 W.-Busch-Str. 8  
 31079 Aderstedt  
 Doering-Aderstedt@t-online.de

#### Literatur

- [1] Downey, G.: A History of Antioch in Syria from Seleucos to the Arab Conquest. Princeton, 1961, S. 664-669.
- [2] Brands, G.: Orientis apex pulcher – Die Krone des Orients. Antiochia und seine Mauern in Kaiserzeit und Spätantike. In: Antika Welt (2004), Heft 2, S. 11-16.
- [3] Hoepfner, W.: Antiochia die Große. Geschichte einer antiken Stadt. In: Antika Welt (2004), Heft 2, S. 3-9.
- [4] Wilber, D.: The Plateau of Daphne. In: Antioch on the Orontes, Bd. II: The Excavations 1933-1936. Princeton University, 1938, S. 49-56.
- [5] Prokop: Bauten II, 10, S. 131. München, 1977.
- [6] Brands, G.: Prokop und das Eberne Tor. Ein Beitrag zur Topographie von Antiochia am Orontes. In: Sichten, I.; Tiamakida, V. (Hrsg.): Syrien und seine Nachbarn von der Spätantike bis in die islamische Zeit. 2009, S. 9-20.
- [7] Banea, A.; Grimm, B.: Antiochia, Türkei – Stadtmauer-Bestandsdokumentation und Bauforschung am „Eisernen Tor“, Masterarbeit Denkmalpflege an der TU Berlin 2007.
- [8] Döring, M.: Wasser für Gadara – Römische Fernwasserleitung im Norden Jordanians. In: Wasserwirtschaft (2007), Heft 8, S. 21-25.
- [9] Döring, M.: Qanat Fir'aun – 106 km langer unterirdischer Aquädukt im nordjordanischen Bergland. In: Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft DWHG (2008), Bd. 12, S. 189-204.
- [10] Garbrecht, G.: Talsperre und Tunnel am Hafen Seleukia. In: Historische Talsperren, Bd. 2, 1991, S. 83-89.

Autor Mathias Döring

### The Ancient Hydraulic Engineering Buildings of Antioch, Turkey

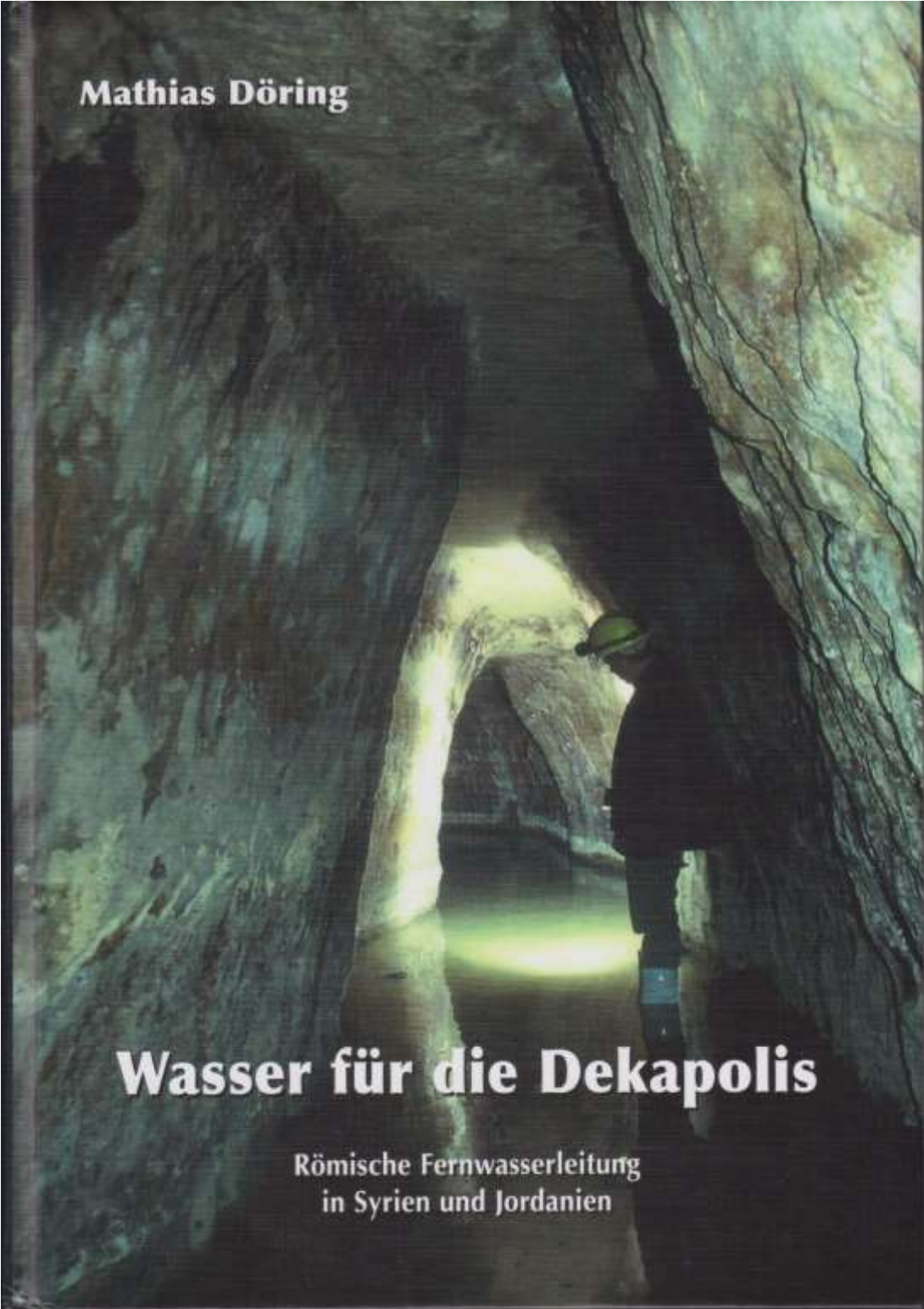
In Antiochia, today's Antakya, three remarkable ancient hydraulic engineering buildings are to be found which will be described in the following. Among the buildings of the urban water supply, the strange and completely sinter-covered ruins of the Kantara bridge of 35 m in height, which was erected in the 2<sup>nd</sup> century AD and supported one of the aqueducts, are quite outstanding. The "Iron Gate" is another former aqueduct bridge going back to the same period of time, which was turned into a reservoir and dam for flood protection within the 6th century AD. This dam which is still in operation is presumably the oldest, still existing dam with horizontal load transfer – thus a precursor of the modern arch dams. A partially subterranean flood relief channel with exceptional dimensions is still in use at the former harbor of the town.

Матнас Дёринг

### Античные гидросооружения в Антиохии, Турция

Статья посвящена трем замечательным античным гидросооружениям, остатки которых находятся в Антиохии, сегодня Антакья. Расположенные под сооружениями сети городского водоснабжения, привлекают внимание странники, почти полностью занесенные кремнистыми налетками руины. Это ныне разрушенный мост Кантара ("кантара" в переводе с арабского означает "мост") высотой 35 м, возведенный в 2-ом веке до нашей эры. На нем когда-то располагался один из аквадуков. Существует и бывший аквадуковый мост, относящийся к тому же периоду. Это „Железный затвор“, перестроенный в 6-ом веке и ставший плотиной для защиты от паводков. Все еще находящаяся в эксплуатации плотина является, вероятно, старейшей из сохранившихся плотин с горизонтальным снятием нагрузки; ее можно назвать предшественницей современных арочных плотин. Частично используется проходящий под землей сбросной канал для отвода паводковых вод в случаях чрезвычайных наводнений, находящийся в районе бывшего городского порта.

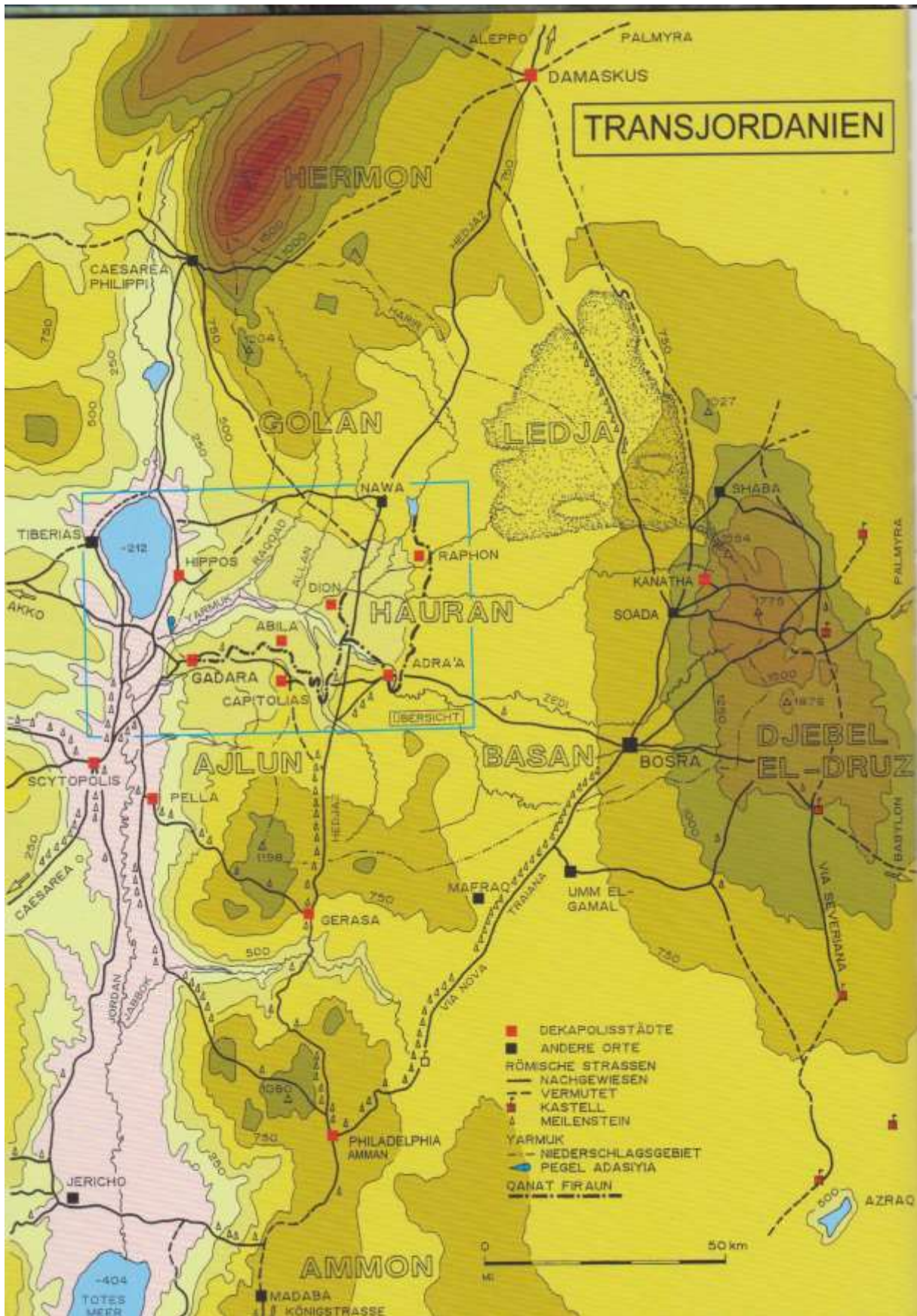




**Mathias Döring**

# **Wasser für die Dekapolis**

Römische Fernwasserleitung  
in Syrien und Jordanien



## Preface

In February 2004, the author came in the North of Jordan at the inducement of the Biblical Archaeological Institute of the University of Wuppertal/Germany to evaluate an ancient tunnel which was interpreted to be the water catchment system of an Early Bronze age settlement.

However, during the first visit on site, the author already found that the system does certainly not originate from the 3rd millennium BC, since the limestone crossed by formations of flint horizons could not have been treated to this extent by means of the Bronze age tools. However, the spacious regular cross-sections, plastered walls and sinter pointed to a systematical planning and a thoroughly organized course of construction which was typical for Roman aqueducts as well as to a longer period of use. Since further tunnels of a similar type of construction, but no major water consumers could be found in the closer proximity, a supraregional water supply was taken into consideration. These premises were the basis of the project described here which is funded by the German Research Foundation (DFG).

For an aqueduct planned, built, and operated as hydrotechnical construction, it was advisable to make the investigation primarily also with considerations on hydraulic engineering in mind. Since nothing has changed with regards to physics since ancient times, questions like "How would this construction have been realized today?", "Which possibilities were available in ancient times?" and "How has it worked in that times?" were a promising approach. Thanks to this method, a coherent aqueduct system of more than 200 km in length, which extends far into Syria could not only be proven, but characteristic sections and many details could be worked out.

When starting this field research which was progressively extended to 7 years, nobody would ever have expected to find such a spacious aqueduct system and the longest tunnel of the ancient world known so far having a length of about 106 km. Due to this extent, it was not possible to document every detail of all objects spread out over two countries. The primary objective was to document the system constructed as of the 1st century AD as far as possible, to check its functionality with regard to aspects of hydraulic engineering and to determine possible chances for performing specific detailed studies.

## Acknowledgements

The author wishes to thank the German Research Association DFG for financing the project and the German Protestant Institute of Archeology GPIA (Amman) for its logistic support. Special thanks are directed to its longtime director Mrs. Dr. J. Häser, who was available to answer archaeological questions, Prof. Dr. Dr. h.c. W. Eck (University of Cologne) for answering historical and epigraphic questions and to Prof. Dr. Kempe (University of Darmstadt), who made the measurement of an aqueduct section available. Data on geohydrology were provided by the Water Authority of Jordan and the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources GBR (Hanover).

The author expresses his thanks to the director of the Departments of Antiquities of Jordan (Amman), in particular Prof. Dr. Fawwaz Khaysheh (†) and Mr. Nassr Al-Zoui for approving and accompanying the work from the Administrative point of view; to Dr.-Ing. Patrick Keilholz (Munich), Jens Kleb (Erfurt) and Dipl.-Ing. Murad Boutlilis (Darmstadt) for the measurement and longtime monitoring and support during fieldwork as well as to the DFG and the University of Applied Science (Darmstadt) for promoting the publication.

# Der Dekapolis-Aquädukt

Ein wasserhistorisches Projekt in Jordanien und Syrien

**A**ls sich Gadara im heutigen Jordanien, anfangs Hauptort des Dekapolis-Städtebundes, um die Zeitenwende zu einem bedeutenden Handelszentrum entwickelte, wurde die Wasserversorgung der 500 m über dem Jordan gelegenen Stadt zur Existenzfrage. Wasser in ausreichender Menge stand nur an 100 km entfernten Quellen im heutigen Syrien zur Verfügung. Die Lösung war ein verzweigtes Aquäduktsystem, an das auch die Dekapolisstädte Raphon, Adra'a und Abila angeschlossen wurden. Dazu gehörten Quelfassungen, 100 km oberirdische Wasserkanäle, 106 km Tunnel, mehrere Talbrücken, eine Talsperre und Druckrohrleitungen. Mit einem geschätzten Zufluss von mehr als 1000 m<sup>3</sup> pro Stunde waren die Wasserprobleme der vier Städte auf Dauer gelöst.



Obwohl bereits Reisende des 19. Jahrhunderts einzelne Aquäduktabschnitte gefunden hatten, kam es erst im Rahmen dieses Projekts zu einer systematischen Erkundung, Bestandsaufnahme und Funktionsprüfung. Schwerpunkt der Forschungen war das unterirdische, von etwa 2900 Schächten aus gebaute Tunnelsystem, das in bis zu 70 m Tiefe das nordjordanische Bergland unterquert, darunter ein 48 km langer Abschnitt mit einem Gefälle von 20 cm pro Kilometer.

Mit seinen Alleinstellungsmerkmalen reiht sich das Aquäduktsystem von Gadara in die Spitzengruppe der hellenistisch-römischen Wasserbauten ein, der die Druckleitung von Pergamon und die Aquädukte von Rom, Karthago, Antiochia, Lyon oder Byzanz zuzurechnen sind.

Der Projektleiter Mathias Döring, Professor für Wasserbau, hat den Dekapolis-Aquädukt, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, mit Fachleuten und Studenten in 7-jähriger Arbeit erstmals in seiner ganzen Ausdehnung nachgewiesen, vermessen und in diesem reich bebilderten, mit zahlreichen Skizzen und Karten ausgestatteten Band, der auch die Geologie, Hydrologie und Geschichte Transjordanien einbezieht, dokumentiert.

Beiträge von Prof. Dr. Dr. h. c. Werner Eck, Dr. Dirk Kofmann und Dr. Patrick Keilholz befassen sich mit den im Aquäduktunnel gefundenen Inschriften sowie der Wasserverteilung im Stadtgebiet Gadara.

**Deutsche Wasserhistorische Gesellschaft DWHG e.V.**

ISBN 978-3-9815362-3-2

2016

Deutsche Post  04.11.16  
 FILIALE F 10805344 16,00 EUR



**Paket und Päckchen WELT** Deutsche Post 

Empfänger / Destinataire  
**Mehmet Bildirici**  
**Nergiz sokak No 14**  
**Akyaka Mahallesi**  
**Ula-Mugla-Turkey**  
**Türkei**

Abwickler / Expéditeur  
**Matthias Döring**  
**Adeusfest**  
**Wilhelm Busch Str. 8**  
**D 31078 Sibbesse**  
 Deutschland / Allemagne

Bitte Unzustellbarkeit / En cas de non livraison  
 Rücksenden / Remettre à l'expéditeur  
 Preysgabe / Donner comme abandonné  
 **PREMIERE / PAR AVION PRIORITAIRE**

Bitte nicht beschriften

BITTE IHREN VERGÄHRSCHEIN MIT BUCHSTABEN UND IHRE DRUCKBUCHSTABEN AUF DIESEM DATUM FEST AUFDRUCKEN

Zollinhaltsklärung CH 22  
 Déclaration en douane CH 22

Bestandteil des Pakets / Partie du colis

Produkt Nr. / No. du produit

Netto / Net

Brutto / Brut

Warenaussagen / Déclarations de marchandises

Warenart / Nature des marchandises

Warenwert / Valeur des marchandises

Warenbeschreibung / Description des marchandises

**Buch / book**

1 A 2 28 €

Bitte nicht beschriften

Bitte und Verantwortlichkeit des Abwicklers / Responsabilité de l'expéditeur

Päckchen bis 2 kg 60 x 30 x 11 cm Deutsche Post 

Petit Paquet

31051 Allfeld (Leine)



JJD14440104500607051763

