

# Die sogenannte "ältere" römische Wasserleitung in Hausen

Autor(en): **Widmer, Rolf**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahresbericht / Gesellschaft Pro Vindonissa**

Band (Jahr): - **(1990)**

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-280153>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

in Mörtelguss gebettet ist und eine Steinpackung besitzt. Speisung oder Zufluss der Brunnstube sind nicht geklärt.

Es ist zu befürchten, dass weiterführende Befunde durch den nachträglichen Einbau eines modernen Schwimmbekens sowie beim Bau des südlichen Nachbarhauses (Anemonenstrasse 6/Parz. Nr. 733) unbeobachtet zerstört wurden.

Literatur: ASA N.F. XL, 1938 (Heft 2), S. 93f., Abb. 13 (Plan mit Schnittzeichnungen).

Abbildungsnachweis:

Aarg. Kantonsarchäologie, Rolf Widmer und Autor

Literatur und Abkürzungen

ASA (N.F.) Anzeiger für Schweizerische Altertumskunde (Neue Folge).

JbGPV Jahresbericht der Gesellschaft Pro Vindonissa.

Baumann 1983, Baumann Max, Geschichte von Windisch, vom Mittelalter zur Neuzeit, Windisch 1983.

Laur 1935, Laur-Belart Rudolf, Vindonissa, Lager und Vicus. Römisch-Germanische Forschungen Bd. 10, Berlin und Leipzig 1935.

Mühlberg (1895/1901), Quellenkarte des Kantons Aargau, aufgenommen auf Anregung der aargauischen naturforschenden Gesellschaft mit Unterstützung der Baudirektion des Kantons Aargau, unter Leitung von Dr. F. Mühlberg in Aarau, ohne Datum. – Handschriftlicher Satz des Baudepartements des Kantons Aargau, bei der Abt. Umweltschutz, Sektion Grundwasser/Boden.

## Die sogenannte «ältere» römische Wasserleitung in Hausen

mit einem Beitrag über ihre Leistungsfähigkeit

Rolf Widmer

### Ausgangslage

Anfang März 1990 wurde in Hausen an der Hauptstrasse 50 – dem Nachbargrundstück zur Metzgerei Lüthi – mit den Aushubarbeiten für das Wohn- und Geschäftshaus «Huser Forum» begonnen. Nachdem 1908 «beim Bau des neuen Schlachthauses beim Gasthof Rössli» die zugeschwemmte (sog. «ältere») römische Wasserleitung vom Scherzberg angeschnitten worden war, musste man erwarten, auch hier wieder auf diese zu stossen<sup>1</sup>.

Gemeinsam mit der Aushubfirma konnte im Rahmen des ordentlichen Aushublaufes der Kanal gesucht und lokalisiert werden: Er verlief in Nord-Süd-Richtung über 40 m lang durch die gesamte Baugrubenbreite. Im Lauf der Woche vom 7. bis 12. März wurde dieser Abschnitt durch eine Grabungequipe der Aargauischen Kantonsarchäologie

<sup>1</sup> ASA N.F. XI, 1909, S. 40f.

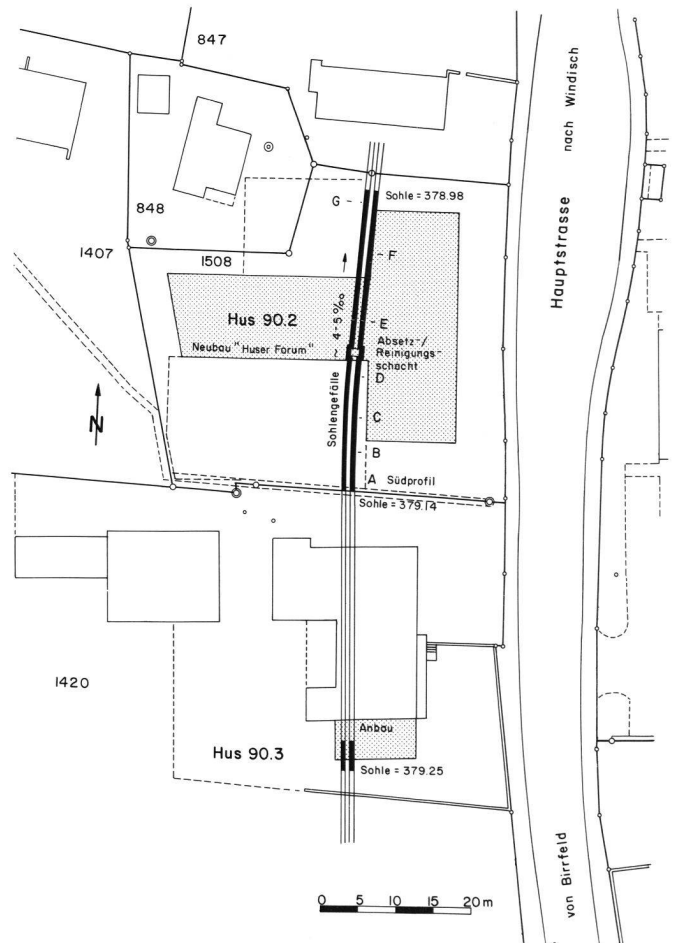


Abb. 1: Hausen Hus. 90.2, 90.3; Verlauf des sog. «älteren» römischen Frischwasserkanals im heutigen Kataster (M 1:1000).

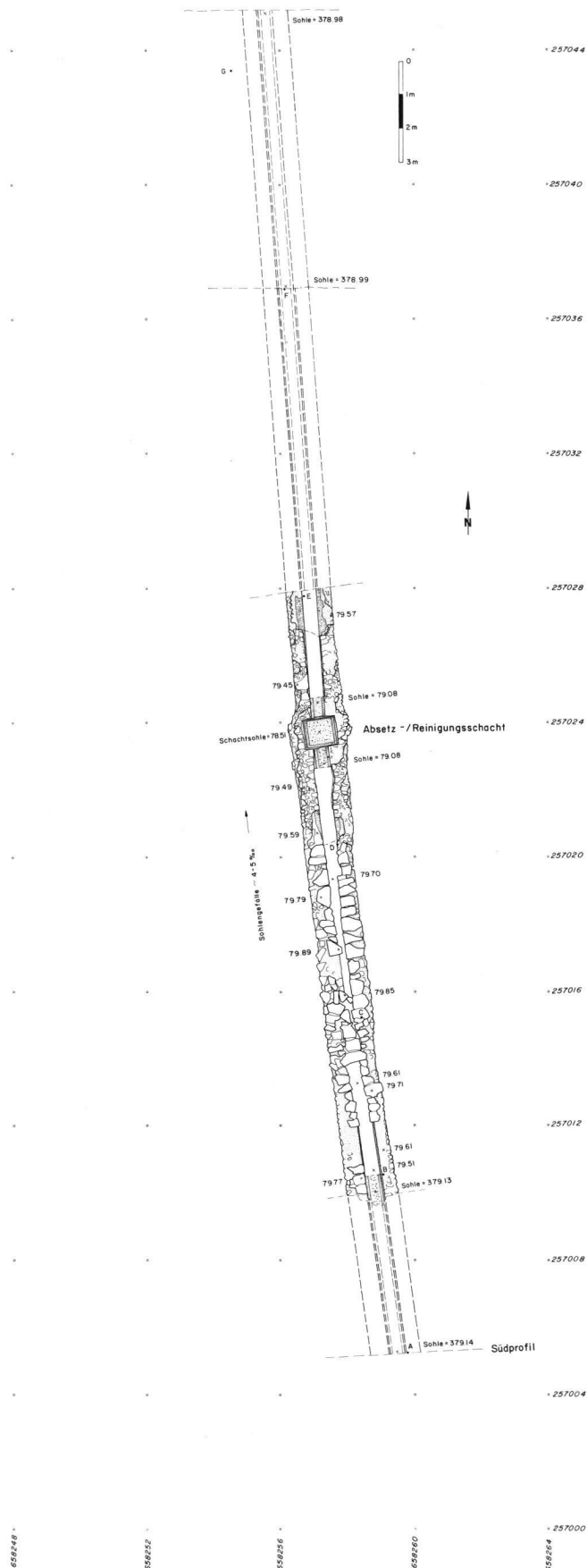


Abb. 2: Hausen Hus. 90.2; Teilbereich des sog. «älteren» römischen Frischwasserkanals auf Parzelle 1508 in steingerechter Aufnahme (M 1:200).

freigelegt, untersucht und abschliessend dokumentiert, so dass keine Unterbrüche im Bauablauf entstanden. Nachher musste die Leitung grösstenteils dem Bauaushub weichen; in der NE-Ecke der Tiefgarage wurde auf private Initiative ein kleines Kanalstück an der Kellerwand in Originallage stehen gelassen, das Aufbau und Querschnitt durch den gut erhaltenen Kanal vollständig und ausgezeichnet erkennen lässt<sup>2</sup>. – Einen Monat später kam im südlich gelegenen Grundstück, Parzelle Nr. 1420, der Kanal während der Bauarbeiten für einen südseitigen Anbau an das bestehende alte Bauernhaus nochmals zum Vorschein, so dass er auf einer Gesamtlänge von rund 80 m lokalisiert und erfasst werden konnte.

### Befund, Beobachtungen

Der römische Frischwasserkanal verläuft parallel zur Hauptstrasse und beschreibt im Südteil der Parzelle 1508 einen leichten Bogen (mit einem Radius von 100 bis 130 m) gegen Osten, bevor er bei Punkt «D» wieder geradlinig und durch einen Absetzschacht über die nördliche Parzellengrenze hinaus führt (Abb. 1). Auf dieser Strecke wies die Kanalsohle ein Gefälle von 4‰ auf.

Der Kanalquerschnitt wurde einheitlich U-förmig ausgebildet mit einer Durchlassbreite von 40 cm und einer lichten Höhe von 50 cm. Die Winkel zwischen Kanalsohle und den Kanalwangen wurden durch zwei Viertelrundstableisten von je 10 cm Radius ausgefüllt, die die Sohlenbreite schliesslich auf 20 cm verengten (Abb. 4).

Aus dem Kanalquerschnitt im südlichen Baugrubenrand bei Punkt «A» (vgl. Abb. 1) kann der folgende Bauablauf herausgelesen werden:

### Vorbereitungsarbeiten

1. Grabenaushub auf eine Breite von 1,60 m, mit senkrechten Profilwänden (Tiefe je nach Terrain bis 1,40 m und mehr).
2. Rohplanie auf der Grabensohle (verdichtet und nivelliert entsprechend dem geplanten Sohlengefälle).

### Kanalwangen

3. Einhäuptige Kanalwangen; sie werden nach der üblichen Technik über einem einfachen, unvermörtelten Steinbett errichtet; die Wangen werden kanalseitig aus gebrochenen Kalksteinen mit Kalkmörtel sorgfältig lagig aufgemauert.
4. Hinterfüllung. Nach der Abbinde- und Austrocknungsphase werden die Kanalwangen mit Bruchsteinen in Lehm hinterfüllt und die Zwischenräume bis zu den Grabenwänden mit Aushubmaterial aufgefüllt.
5. Mauerkrone. Zum Abschluss dieser ersten Bauetappe wird eine breite und ausgleichende Mörtelschicht eingebracht und flach ausgestrichen.

### Kanalsohle

6. Unterbau der Kanalsohle; durch eine Stossfuge von den Kanalwangen getrennt. – Kalkbruchsteine werden als Fundament aufrechtstehend in Lehm gebettet.

<sup>2</sup> Zugang durch Herrn O. Attiger, Reisebüro Travelphot, «Huser Forum».



Abb. 3: Hausen Hus. 90.2; Übersichtsfoto des freigelegten sog. «älteren» römischen Frischwasserkanals mit Einstiegschacht (im Bereich der Mitte) aus NNW.

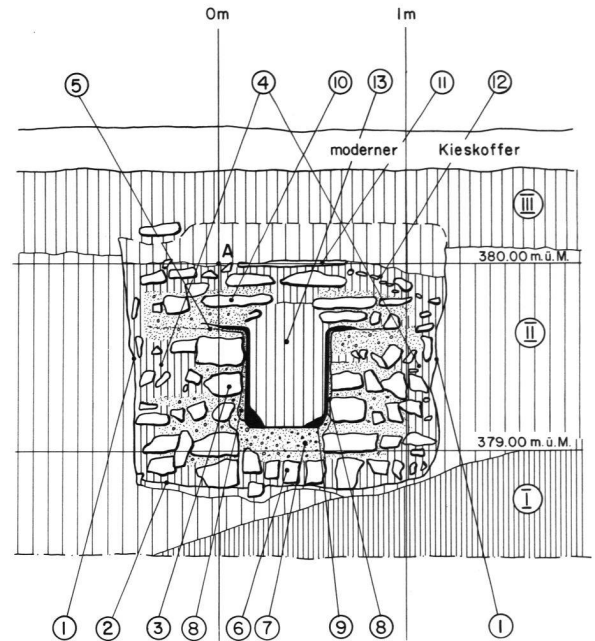


Abb. 4: Hausen Hus. 90.2; Querschnitt durch den sog. «älteren» römischen Frischwasserkanal im Südprofil (M 1:40).

7. Ausgleichsschicht in «Betonguss» und Kanalsole. – Auf dem Fundament wird eine rund 20 cm starke, nivellierende Mörtelgusschicht ausgebracht, deren Oberfläche fein und sorgfältig abgestrichen oder geglättet wurde; sie ist aus etwa 10% gelöschtem Kalk und 90% Zuschlägen wie Sand, kleineren Kalkbruchsteinen von 5 bis 8 cm und Ziegelbruchstücken von 2 bis 5 cm zusammengesetzt. (Vgl. dazu den nachstehenden technischen Bericht von F. Jacobs.)

#### Kanalauskleidung

8. Seitlicher Grobputz aus Terrazzo. Er wurde aus einer Mischung von Ziegelschrot und gelöschtem Kalk hergestellt und als Ausgleichsschicht seitlich angebracht und über die Schulter der Mauerkrone gezogen.

9. Viertelrundstableiste, Innenauskleidung und Schulterüberzug aus dichtem Terrazzo aus gestossenem Ziegelschrot und Ziegelmehl, Sand und gelöschtem Kalk. – Diese Schicht musste wohl den höchsten Qualitätsanforderungen bezüglich Wasserresistenz, Dauerhaftigkeit, Festigkeit und Abbindezeit standhalten.

Darüber liegt – nur im unteren Bereich des Kanals sichtbar – ein «Hauch» eines weissen Überzuges. (Handelt es sich dabei um einen speziell aufgetragenen Slip oder bloss um eine Kalkablagerung des fließenden Wassers?)

#### Abdeckung

10. Kanalabdeckung. Mit roh gebrochenen, plattigen Kalksteinen wurde in der Art eines «falschen Gewölbes» ein Ansatz aufgemauert und die lichte Kanalweite verengt.

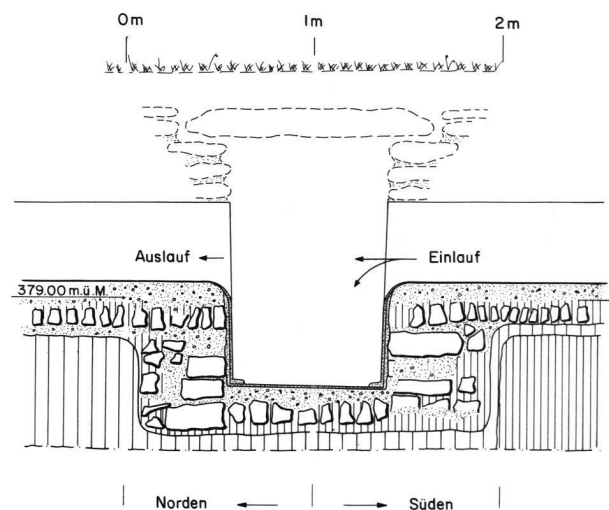


Abb. 5: Hausen Hus. 90.2; Längsschnitt durch den Einstiegschacht mit Absetzbecken des sog. «älteren» römischen Frischwasserkanals nach Osten (M 1:40).

11. Lose aufgelegte verwitterte, rohe Kalksteinplatten verschlossen den verbliebenen Zwischenraum.

12. Überdeckung. – Sie wurde mit humosem Boden bald nach Beendigung der Maurerarbeiten abschliessend in den Leitungsgraben eingebracht.

13. Sandiger bis satter Lehm; Einschwemmung durch das Wasser bis zur Verstopfung nach Aufgabe der Pflege und des Unterhaltes des Kanals.

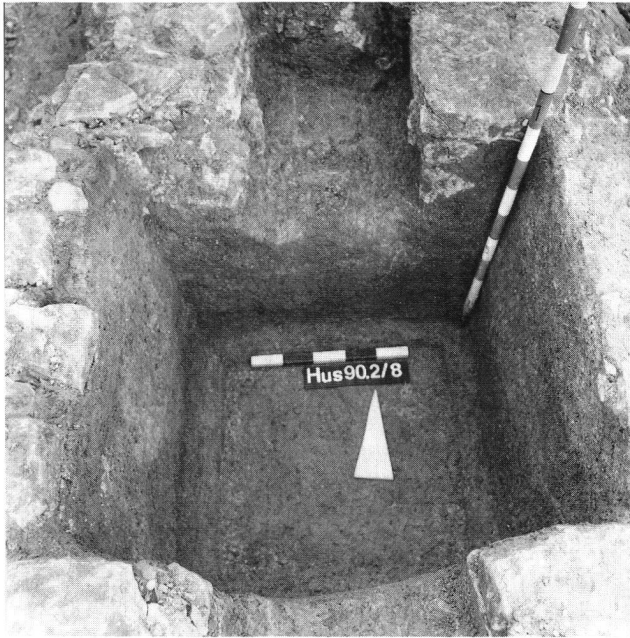


Abb. 6: Hausen Hus. 90.2; Blick von oben in den Einstiegschacht mit Absetzbecken aus Süden: unten im Bild der Kanaleinlauf, oben der Kanalauslauf.

#### Bodenverhältnisse:

- I sandiger Kies
- II fetter, leicht sandiger Lehm
- III Humus

Für die absehbaren Reinigungs- und Unterhaltsarbeiten musste der Frischwasserkanal stellenweise zugänglich gemacht werden. Dazu dienten kombinierte Einstieg- und Putzschächte mit Absetzbecken. – Ein solcher Schacht wurde mitten im Grundstück 1508 angetroffen: Der Kanal verbreitert sich hier zu einem quadratischen Absetzbecken, das  $70 \times 70$  cm misst und 60 cm tiefer reicht als die Kanalsohle von Ein- und Auslauf. Mit diesen Massen konnte das Absetzbecken rund  $\frac{1}{3}$  m<sup>3</sup> Schlamm und Sand aufnehmen und zurückhalten, bis es wieder gereinigt werden musste (Abb. 3).

Das Längsprofil durch den Schacht zeigt durch seine bauliche und konstruktive Einheit mit dem Kanal, dass der vorliegende Schacht fugenlos im gleichen Arbeitsgang mit dem Kanal und mit gleichartigem Material eingebaut wurde (Abb. 5); selbst die Winkel zwischen Sohle und Wänden waren – hier auf allen vier Seiten – mit einer «abgeflachten Viertelrundstableiste» verstärkt (Abb. 6).

Weder zum Schachtaufbau noch zur Abdeckung konnten an dieser Stelle Beobachtungen gemacht werden. Auf jeden Fall musste der Schacht bis nahe an die Oberfläche reichen, dort erkennbar sein und eine Abdeckung gehabt haben. Da die Frischwasserleitung eine Lebensader für das Legionslager war, hatten die Schächte für den periodischen Unterhalt und besonders im Störfall eine sehr wichtige Funktion zu erfüllen.

#### Technische Betrachtungen zur Leistung des sog. «älteren» römischen Frischwasserkanals

Für eine Wasserleitung ist das Einhalten einer minimalen Durchflussgeschwindigkeit notwendig. Bei genügender Fließgeschwindigkeit und Wassermenge (Masse) bzw. Wasserhöhe werden eingeschwemmter Schmutz, Schlamm, Sand, Kiesel usw. verfrachtet. Im günstigen Fall reicht die Transportkraft bis zum nächsten Reinigungsschacht mit Absetzbecken, wo der angefallene Schmutz periodisch ausgeschöpft werden kann. – Gehen die Wassermenge und die Fließgeschwindigkeit zurück, entfällt der «selbstreinigende» Transport, der Wasserkanal verschlammte und verstopfte allmählich. Zudem fault stehendes Wasser. Es war wichtig, einen Weg zu finden, wie auch bei geringer Wassermenge die Fließgeschwindigkeit hoch gehalten werden konnte, damit der notwendige Reinigungseffekt erzielt wurde. Es ist einleuchtend, dass das Leitungsgefälle – besonders eines offenen, frei fließenden Kanals – die Durchflussgeschwindigkeit wesentlich beeinflusst. Das Leitungsgefälle ist unveränderlich gegeben durch die Einflusshöhe (über Meer) des Wasserspenders – wohl eine Quelle im Bereich des Birrfeldes – und durch die Ausflusshöhe (über Meer) der Brunnstube über dem Legionslager Vindonissa sowie durch die Leitungslänge: Es beträgt durchschnittlich rund 5%. Ein Gefälle von 5% wie beim vorliegenden Kanal gilt heute für Frischwasser als unterstes Minimum. – Dieses Problem scheint auch den römischen Baumeistern dieser Leitung bekannt gewesen zu sein.

Heute gibt es zur Berechnung der Fließgeschwindigkeit (2) und Durchflussmenge (1) Formeln:

Die Durchflussmenge  $Q$  resultiert aus der Geschwindigkeit  $v$  multipliziert mit der benetzten Querschnittfläche  $F$ :

$$Q = v \times F \quad (1)$$

Die Fließgeschwindigkeit  $v$  ist wesentlich komplizierter zu berechnen, hängt sie doch von vielfältigen Einflüssen ab, wie z.B. Gefälle ( $J$ ), Rauigkeit der Kanaloberfläche ( $k$ )<sup>3</sup> und Verhältnis der benetzten Querschnittfläche zum benetzten Umfang im Querschnitt (z.B. ist der Fließwiderstand für ein breit und untief fließendes Gewässer viel grösser, als wenn das gleiche Wasser in schmalen und tieferen Bahnen fließt und weniger Reibungsfläche hat).

Die Formel für die Berechnung der Fließgeschwindigkeit  $v$  lautet:

$$v = k \times J^{1/2} \times R^{2/3} \quad (2)$$

$k$  = Rauigkeitswert/Geschwindigkeitsbeiwert in m<sup>1/3</sup>/s (geschätzt 90 m<sup>1/3</sup>/s) (3)

$J$  = Gefälle in m/m (0,005)

$F$  = benetzte Querschnittfläche in m<sup>2</sup>

$U$  = benetzter Umfang in m

$R$  = hydraulischer Radius in m (=  $F/U$ )

Die Durchflussgeschwindigkeit  $v$  und die Durchflussmenge  $Q$  hängen beide von der benetzten Querschnittfläche  $F$  und dadurch indirekt von der Füllhöhe ab.

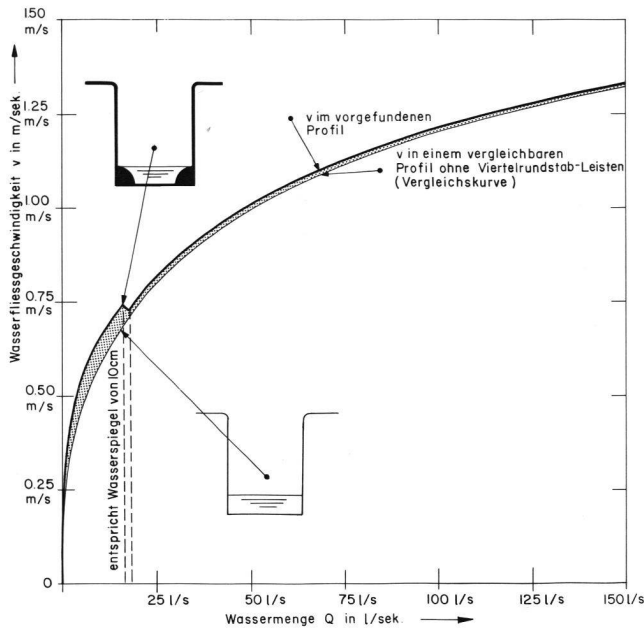


Abb. 7: Vergleichskurve über Wassergeschwindigkeit und Wassermenge im Kanalquerschnitt mit Viertelrundstabelleisten (oben) und ohne Viertelrundstabelleisten (unten); dem grauen Raster entspricht der Geschwindigkeits-/Mengen-Unterschied im Bereich der Viertelrundstabelleisten.

Auch ohne Kenntnis dieser Formel haben die damaligen praxisnahen römischen Baumeister die wesentlichen Einflüsse erkannt und konsequent die richtigen Baumaßnahmen getroffen: Durch den Einbau der Viertelrundstabelleisten in den Winkeln zwischen Kanalsohle und Kanalwangen wurde nicht nur eine Verstärkung dieser Stossfugenstelle erreicht, sondern zugleich der Querschnitt im untersten Kanalbereich deutlich verengt. Diese Querschnittverengung führt zu einer markanten Verbesserung der Fließgeschwindigkeit und Füllhöhe bei geringem Wasseranfall im Vergleich mit einem Kanal mit einfachem U-Querschnitt ohne Viertelrundstabelleisten (wie z.B. bei der heute noch wasserführenden sog. «jüngeren» römischen Wasserleitung von Hausen nach Königsfelden). Mit dieser Verengung geht natürlich auch eine Verbesserung der Transportfähigkeit für Schmutzpartikel einher.

Die grafische Darstellung Abb. 7 zeigt die Fließgeschwindigkeit des Wassers dieser zwei Querschnittstypen im Vergleich bei gleicher Wassermenge; die Unterschiede der Fließgeschwindigkeiten im unteren Bereich zwischen 5 und 20 l/s zugunsten des Querschnittes mit Viertelrundstabelleisten sind augenfällig.

Bei gleichbleibender (geringer) Durchflussmenge schwillt im untersten Bereich im Kanal mit Viertelrundstabelleisten der Wasserspiegel um 50 bis 60 % an, und gleichzeitig nimmt die Fließgeschwindigkeit zwischen 40 und 15 % zu.

Wie sieht nun das praktische Leistungsvermögen dieses Frischwasserkanals aus?

Aus der untenstehenden Tabelle (Abb. 8) kann herausgelesen werden, bei welcher Wassertiefe welche Fließgeschwindigkeit und folglich welche Wassertransportleistung des sog. «älteren» römischen Frischwasserkanals (mit Viertelrundstabelleisten und 50 cm lichter Höhe) erreicht werden:

Tiefe $t$ in m	Fließ- geschwindigkeit $v$ in m/s	Wassermenge $Q$		
		in l/s	in l/min	in m <sup>3</sup> /Std.
0,01	0,242	0,48	28,8	1,7
0,02	0,362	1,45	87,0	5,2
0,03	0,445	2,78	166,8	10,0
0,04	0,527	4,32	259,2	15,6
0,05	0,577	6,00	360,0	21,6
0,06	0,633	8,03	481,8	28,9
0,07	0,675	10,26	615,6	36,9
0,08	0,713	12,77	766,2	46,0
0,09	0,746	15,58	934,8	56,1
0,10	0,725	17,62	1057,2	63,4
0,15	0,961	42,59	2555,4	153,3
0,20	1,115	71,67	4300,2	258,0
0,25	1,223	103,13	6187,8	371,3
0,30	1,305	136,16	8169,6	490,2
0,35	1,369	170,20	10212,0	612,7
0,40	1,420	204,95	12297,0	737,8
0,45	1,462	240,28	14416,8	865,0
0,50	1,500	276,07	16564,2	993,9

Abb. 8: Tabelle über die Zusammenhänge von Wassertiefe, Durchflussgeschwindigkeit und Wassermenge im Kanalquerschnitt mit Viertelrundstabelleisten.

– Z.B. liegt bei einem Wasserpegel von nur 1 cm Höhe die Fließgeschwindigkeit bei 0,242 m/s (oder 871 m/Std.), was einer Durchflussmenge von 4,8 dl/s oder von 1,7 m<sup>3</sup>/Std. entspricht; d.h., bei diesem geringen Wasseraufkommen könnte in einer Stunde ein mittlerer Brunnentrog gefüllt werden.

– Bei einem Wasserpegel von rund 2,5 cm Höhe und einer Fließgeschwindigkeit von etwa 0,42 m/s oder (1,51 km/Std.) betrug die Stundenleistung bereits um 8 m<sup>3</sup> (8000 l) oder um 150 bis 200 m<sup>3</sup> pro Tag. – H. v. Petrikovits errechnete einen Wasserbedarf von 150 bis 200 m<sup>3</sup> pro Tag für ein Legionslager als Trink- und Kochwasser der ganzen Besatzung sowie für Nutzwasser, für die Tiere innerhalb des Lagers, die Thermen, das Lazarett und die Laufbrunnen<sup>4</sup>.

– Rechnen wir einen modernen Wasserbedarf von durchschnittlich 130 l pro Person und Tag für eine Siedlung mit 6000 Einwohnern und Gewerbe (vergleichbar mit einem Legionslager), so kommen wir auf 800 m<sup>3</sup> pro Tag oder 33,3 m<sup>3</sup>/Std. Dem würde eine Wasserhöhe von erst rund 6,5 cm entsprechen bei einer Durchflussgeschwindigkeit von 0,65 m/s (oder 2,34 km/Std.) (vgl. Abb. 9). – Für wichtige Städte der Antike wurden allerdings schon weit grössere Wasserangebote errechnet: z.B. etwa 160 l pro Einwohner und Tag für Pergamon im 2. Jh. n. Chr. oder bis zu 1000 l pro Person und Tag für Trier<sup>5</sup>!

Wir können daraus leicht ersehen, dass dieser Frischwasserkanal selbst für eine üppige Wasserversorgung und auch für eine reiche Quelfassung deutlich überdimensioniert war.

Als letztes Beispiel: Bei einer Quellenleistung von etwa 100 l/s (oder 6000 l/min!) wäre der Frischwasserkanal erst zur Hälfte gefüllt! – Und wo fänden wir eine Quelle mit einer solchen Maximalwasserleistung? Die Quellenkarte des Kantons Aargau von Dr. F. Mühlberg vom Ende des letzten Jahrhunderts verzeichnet im möglichen Einzugsgebiet z.B. in Lupfig die drei Quellen bei «Aespli» und «Brunn» mit zusammen im Mittel 27 l/min und die nahe Quelle bei «Riedmatt» zudem mit im Mittel 8 l/min oder in Scherz mitten im Dorf mit im Mittel 25 l/min<sup>6</sup>. (Einzig der Scherzbach, der sich später in den Süssbach ergiesst, führt eine Wassermenge von 500 bis 800 l/min!) Das ganze Birrfeld ist zwar ein riesiges Grundwassersammelbecken, weist selbst aber keine einzige Quelle auf.

Weshalb also wurde für den Kanalquerschnitt die vorliegende Grösse gewählt und mit einem beachtlichen Mehraufwand auch ausgeführt, wenn doch beispielsweise auch ein kleineres Rohr genügt hätte? Fehlkalkulation? Wohl kaum: Der Grund dafür dürfte in erster Linie in der Vorsorge für den Unterhalt zu suchen sein. Ein Kanal mit diesen Dimensionen war begehbar; er konnte für Kontrollen, zur Lokalisierung von Schäden und für kleinere Reparaturen von einem kleingewachsenen Menschen – nicht gerade von einem Legionär in Rüstung – direkt begangen werden. Funktionalität, Zweckmässigkeit, Bautechnik und nicht zuletzt die Zuverlässigkeit und Sicherheit des Bauwerkes als Ganzes wurden in zukunftsgerichteter Rücksicht aufeinander abgestimmt. Die sparsame und optimale Wahl und Verwendung des Baumaterials ist ein weiterer Hinweis auf die hervorragenden Kenntnisse und praxisnahe Tradition im damaligen Ingenieur- und Bauwesen.

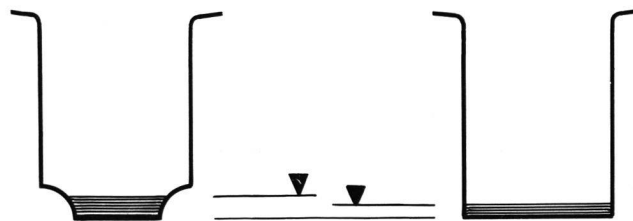


Abb. 9: Die unterschiedlichen Wassertiefen in den verglichenen Kanalquerschnitten bei gleicher Wassermenge von 9 l/s (M 1:20).

In ähnlicher Weise wurden mindestens fünf verschiedene Mörtelmischungen hergestellt und entsprechend den jeweiligen Anforderungen optimal eingesetzt. Eine Probe vom Fundamentbeton (Nr.7 im Kanalquerschnitt Abb. 4) wurde durch F. Jacobs vom Institut für Baustoffe an der ETH Zürich analysiert:

Abbildungsnachweis:

Zeichnungen/Pläne: Aarg. Kantonsarchäologie, Autor

Fotos: Aarg. Kantonsarchäologie, Riccardo Belletati und Autor

<sup>3</sup> Für die Rauigkeit  $k$  der Kanaloberfläche wurde der Geschwindigkeitsbeiwert  $90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  angenommen, der für ungehobelte Bretter und glatt geputzten Beton zur Anwendung kommt.

<sup>4</sup> Harald von Petrikovits, Die Innenbauten römischer Legionslager während der Prinzipatszeit, Opladen 1975, S. 105.

<sup>5</sup> Werner Eck, Die Wasserversorgung im römischen Reich: Sozio-politische Bedingungen, Recht und Administration; in Frontinus Gesellschaft (Hrsg.), Die Wasserversorgung antiker Städte, Mainz 1987, S. 83.

<sup>6</sup> Für ausführlichere Daten und Quellenangabe vgl. Anm. 6 im vorangehenden Artikel von F. Maier.

Abkürzung:

ASA (N.F.) Anzeiger für Schweizerische Altertumskunde (Neue Folge).