

# VINDONISSA QUELLFRISCH

Von der Quelle bis zur Kloake  
Wasserversorgung in römischer Zeit

Eine Sonderausstellung von  
Studierenden der Universität Basel

Vindonissa-Museum Brugg  
5. August bis 13. November 2011

# INHALT

Einführung	3
Für die Wasserversorgung war den Römern kein Aufwand zu gross	4
Sauberes Wasser am Beginn der Reise	7
Freispiegel-Leitungen transportieren das Wasser	11
Zuleitungen erhöhen die Wassermenge	15
Wartungspersonal kontrolliert, reinigt und repariert	17
Aquaedukt-Brücken überwinden tiefe Täler	20
Türme sammeln das Wasser	23
Druckleitungen verteilen das Wasser	26
Laufbrunnen liefern fliessendes Wasser	30
Sodbrunnen als Wasserquelle	34
Alle brauchen Wasser	39
Dreckiges Wasser am Ende der Reise	42
Weiterführende Literatur (Auswahl)	46

# EINFÜHRUNG

Als der Windischer Sporn im frühen 1. Jh. n. Chr. zum Standort des Legionslagers Vindonissa bestimmt wurde, war die Wasserversorgung eines der vordringlichsten Probleme. Die römischen Ingenieure lösten diese Aufgabe so souverän und nachhaltig, dass eine der beiden Wasserleitungen nach fast 2000 Jahren immer noch funktioniert. Wer weiss schon, dass der Springbrunnen vor der Klinik Königsfelden <sup>①</sup> mit Grundwasser gespiesen wird, das in der 2,5km entfernten Gemeinde Hausen gefasst und in einer römischen Wasserleitung nach Windisch transportiert wird?

Ebenso wenig bekannt ist, dass das einzige noch funktionstüchtige römische Bauwerk im Gebiet der heutigen Schweiz und die einzige noch wasserführende Leitung nördlich der Alpen überhaupt immer wieder von Baumassnahmen bedroht ist: Allein in den vergangenen fünf Jahren musste die Kantonsarchäologie Aargau im Bereich der beiden Wasserleitungen von Vindonissa elf archäologische Untersuchungen <sup>②</sup> sowie zahlreiche weitere Baustellenbegleitungen durchführen.

Mit der Sonderausstellung «VINDONISSA QUELLFRISCH» wollen wir die Öffentlichkeit auf die Bedeutung dieses einzigartigen Kulturdenkmals aufmerksam machen. Dies in der Hoffnung, dass die einzige noch wasserführende Leitung nördlich der Alpen nicht nur in funktionstüchtigem Zustand erhalten werden kann, sondern auch möglichst bald und nachhaltig unter Schutz gestellt wird.

Anna Laschinger /  
Peter-A. Schwarz

# FÜR DIE WASSER- VERSORGUNG WAR DEN RÖMERN KEIN AUFWAND ZU GROSS

Anna Laschinger /  
Peter-A. Schwarz

«Wenn man sich den Überfluss an Wasser in der Öffentlichkeit, in Bädern, Fischteichen, Kanälen, Häusern, Gärten und Landgütern nahe bei der Stadt Rom, die Wege, welche das Wasser durchläuft, die errichteten Aquaedukt-Brücken, die durchgrabenen Berge und eingeebneten Täler vor Augen hält, wird man eingestehen müssen, dass es auf der ganzen Erde nie etwas Bewundernswerteres gegeben hat.»

Plinius,  
*Naturalis historia*  
36,123.

Mit diesen Worten umschreibt Plinius der Ältere in seiner *Naturalis historia* (Naturgeschichte) die Leistungen der römischen Wasserbau-Ingenieure in und um Rom. Dabei kannte Plinius, der im frühen 1. Jh. n. Chr. lebte, erst einen Teil dieser zivilisatorischen Errungenschaften: Später bauten nämlich die beiden römischen Kaiser Trajan und Severus Alexander noch zwei weitere Wasserleitungen. Die insgesamt elf Leitungen, die Rom schlussendlich mit Wasser versorgten, waren zusammen über 420 km lang. Eine dieser Leitungen, die Aqua Virgo, funktioniert heute noch: Sie versorgt die berühmte Fontana di Trevi <sup>3</sup> mit Wasser.

Wasserversorgung im  
*imperium Romanum*

Generell lässt sich sagen, dass die römischen Ingenieure bereits zu der Zeit, als Rom zur Weltmacht aufstieg (um 200 v. Chr.) alle technischen und theoretischen Grundkenntnisse hatten, die für den Aufbau einer funktionierenden Wasserversorgung nötig waren. Im Gegensatz zu den Griechen, denen es bei der Lehre vom Wasser (Hydrologie) und der Lehre von der Bewegung des Wassers (Hydraulik) vorab um theoretische Erkenntnisse ging, interessierte die Römer in erster Linie die praktische Umsetzung (Hydrotechnik) der theoretischen Erkenntnisse.

Es war aber nicht nur der den Römern eigene pragmatische Ansatz, der den Bau von grossen Wasserleitungen (*aquaeductus*) ermöglichte, deren Dimensionen



1 Der Springbrunnen vor dem Hauptgebäude der Klinik Königsfelden (Windisch, AG). Er bildet heute den Endpunkt der noch wasserführenden Leitung von Vindonissa.



2 Im Juli 2011 im Dorfzentrum von Windisch, AG entdeckte Überreste eines Pfeilerfundaments der römischen Aquaedukt-Brücke.



3 Die Fontana di Trevi in Rom. Der Volksglaube sagt, dass es Glück bringt, Münzen mit der linken Hand über die rechte Schulter in den Brunnen zu werfen. Eine Münze führt zu einer sicheren Rückkehr nach Rom, zwei Münzen führen dazu, dass man sich in einen Römer oder eine Römerin verliebt, drei Münzen zu einer Heirat mit der entsprechenden Person.



4 Das Legionslager von Vindonissa und die umliegenden Zivilsiedlungen um 100 n. Chr.

und technische Perfektion erst im 19. Jahrhundert wieder annähernd erreicht wurde, sondern auch das Know-how der römischen Wasserbau-Ingenieure und die schier unendliche Wirtschaftskraft der Weltmacht Rom.

Den Stellenwert der Wasserversorgung bezeugen aber nicht nur erhalten gebliebene Baudenkmäler (vgl. z. B. 8; 25; 31), sondern auch die antiken Autoren.

Vitruv (Vitruvius Pollio; 1. Jh. v. Chr.) beschreibt in seinen zehn Büchern über die Architektur (*De architectura libri decem*) nämlich nicht nur die Vor- und Nachteile der verschiedenen Baumaterialien (Ziegel, Stein, Holz), sondern auch die Regeln, die bei der Herstellung von wasserdichtem Mörtel (*opus signinum*) und von Beton (*opus caementitium*) sowie bei der Vermessung und bei der Beurteilung der Wasserqualität zu beachten waren. Leider verschweigt uns Vitruv aber, wie die Römer die natürlichen Grundwasservorkommen aufgespürt haben.

Ein anderer Autor, Sextus Iulius Frontinus (40–103 n. Chr.) war als «Wasserbaumeister» (*curator aquarum*) für den Bau und den Unterhalt der Wasserleitungen in der Stadt Rom zuständig. Während seiner Amtszeit (97–103 n. Chr.) verfasste er ein zweibändiges Werk über die Wasserversorgung der Stadt Rom (*De aquis urbis Romae*). Dieses enthält genaue Beschreibungen der Methoden und Regeln, die beim Transport und Verteilen des Frischwassers zu beachten waren. So musste beispielsweise das Ableiten von Wasser für private Zwecke vom Kaiser höchstpersönlich bewilligt werden. Frontin beklagt sich darüber, dass diese Vorschriften oftmals nicht beachtet wurden. Offenbar haben namentlich die Besitzer von Kneipen und Absteigen «von üblem Ruf» immer wieder und ohne Bewilligung die öffentlichen (kaiserlichen) Wasserleitungen angezapft.

Eine weitere Vorschrift legte fest, dass beidseits der Wasserleitungen ein 15 Fuss (4,44 m) brei-

ter Schutzstreifen einzuplanen war, der nicht überbaut und/oder mit Bäumen bepflanzt werden durfte. Zuwiderhandlungen gegen diese Vorschriften wurden mit Bussen in der Höhe von 100'000 Sesterzen bestraft. Dieser Betrag entsprach damals etwa dem Preis eines kleinen Hauses. Ob diese Vorschriften auch in den Provinzen ihre Gültigkeit hatten, wissen wir nicht. Vermutlich war aber die wasserführende Leitung von Vindonissa damals wesentlich besser geschützt als heute.

#### Wasserversorgung in der römischen Schweiz

Die meist unterirdisch verlaufenden Freispiegel-Leitungen und andere Überreste der römischen Wasserversorgung gelten auch hierzulande als eine der wesentlichsten Errungenschaften der römischen Zivilisation. Wir müssen uns jedoch bewusst sein, dass in der römischen Schweiz in erster Linie die Einwohner der grossen Koloniestädte Augusta Raurica (Augst, BL; Kaiseraugst, AG) oder Aventicum (Avenches, VD) davon profitierten. In den kleineren Siedlungen, wie z. B. in *Vitudurum* (Oberwinterthur, ZH), war ein flächendeckendes Wasserleitungsnetz eher die Ausnahme als die Regel. Dies gilt sinngemäss auch für die Gutshöfe (*villae rusticae*) auf dem Land; sie lagen zwar in der Regel immer in der Nähe von Wasservorkommen, verfügten aber nur in seltenen Fällen (vgl. 46) über ein professionell angelegtes Wasserversorgungssystem.

Vindonissa ist auch in dieser Hinsicht ein gutes Beispiel: Während die hier stationierten Soldaten Wasser trinken konnten, das mit Hilfe von über 2,5 km langen Freispiegel-Leitungen herans transportiert wurde, musste sich ein Grossteil der im Westen, Süden und Osten des Legionslagers ansässigen Zivilbevölkerung 4 wahrscheinlich mit Flusswasser oder gesammeltem Regenwasser begnügen.

# SAUBERES WASSER AM BEGINN DER REISE

Erik Martin

Römische Ingenieure kannten für die Gewinnung von Trinkwasser mehrere Methoden. Zum einen nutzten sie Quellen, aus denen das Wasser auf natürliche Weise austritt, zum anderen Grundwasser.

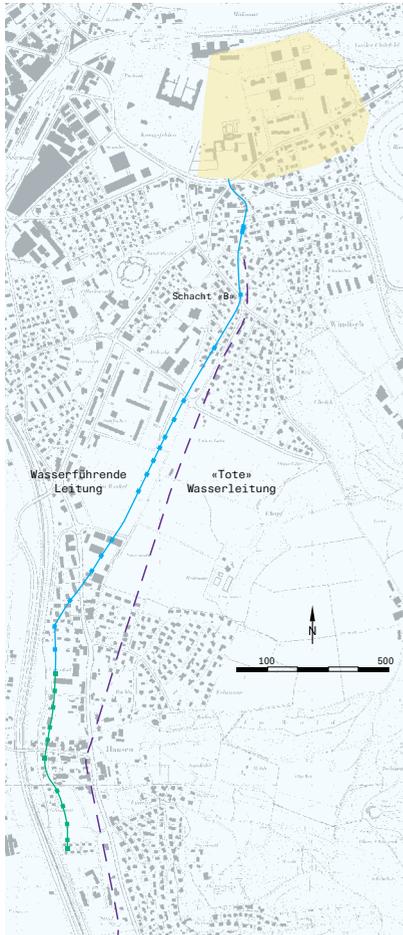
Das Wasser sammelten die Römer in Brunnenstuben und Sickerleitungen und transportierten es in sog. Freispiegel-Leitungen (gedeckten Kanälen) in die Siedlungen und Militär-lager. Waren weder Quellen noch Grundwasservorkommen vorhanden, leiteten sie das Trinkwasser auch aus Flüssen oder Bächen ab. Da dieses Wasser jedoch oft verunreinigt ist, war diese Methode der Trinkwassergewinnung eher eine Ausnahme.

#### Grundwasser versorgte Vindonissa

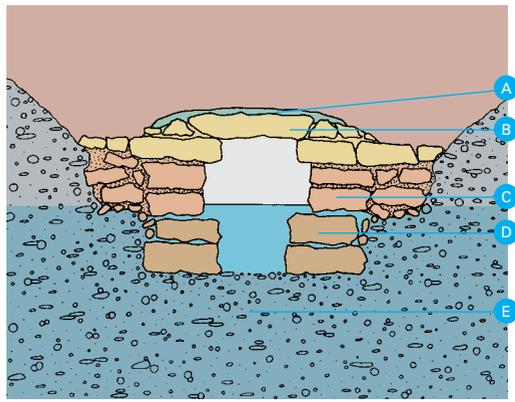
Im Gebiet der heutigen Gemeinde Hausen und Lupfig, AG fanden die Römer genügend grosse Grundwasservorkommen für die Wasserversorgung des Legionslagers von Vindonissa.

Für den Transport des Wassers bauten sie zwei Freispiegel-Leitungen 5. Die circa 2,5 km lange Freispiegel-Leitung führt heute noch Wasser, während die sog. «tote» Leitung kein Wasser mehr führt. Welche der beiden Leitungen älter ist, können wir (noch) nicht mit Gewissheit bestimmen.

Die Kanalwangen (Seitenwände) im ersten, rund 590 m langen Abschnitt der wasserführenden Leitung bestehen nicht aus wasserdichtem Mauerwerk, sondern aus wasserdurchlässigen Trockenmauern. So kann das Hang- und Grundwasser durch die Zwischenräume zwischen den Steinen in den Leitungskanal einfließen. Der Boden dieses sog. Filter-Abschnitts besteht aus Kies, der das Grundwasser filtert und reinigt 6. Der restliche Leitungsabschnitt, der sog. Transportkanal, ist wasserdicht.



5 Planausschnitt mit dem Verlauf der beiden Freispiegel-Leitungen, die das Legionslager von Vindonissa mit Wasser versorgen.



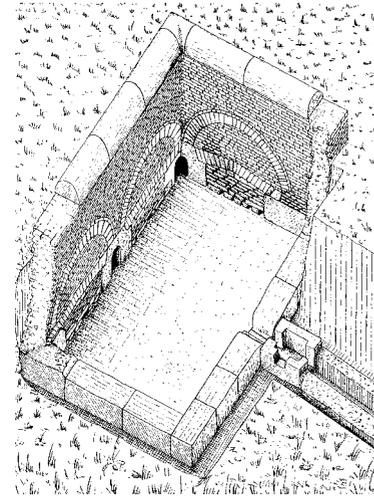
6 Oben: Querschnittszeichnung mit Darstellung des Aufbaus des Filter-Abschnitts der wasserführenden Leitung von Vindonissa. Das Wasser kann durch die seitlichen Trockensteinmauern in den Filterabschnitt einsickern. Unten: Blick in den Filterabschnitt im Gebiet der Gemeinde Hausen.

- A Abdichtung: reiner Lehm
- B Abdeckung: Kalksteinplatten
- C Seitenwand oben: Kalkbruchsteine, Mörtel
- D Seitenwand unten: Kalkbruchsteine, ohne Mörtel
- E Untergrund: natürlich vorhandener Kies

In Brunnenstuben sammelte sich das Grundwasser

Eine andere Möglichkeit um Wasser zu sammeln, ist die Errichtung einer Brunnenstube 7.

In einem Gebiet mit oberflächennahen Grundwasservorkommen wurde eine viereckige Grube ausgehoben und anschließend mit Mauern ausgekleidet. Der untere Teil dieser Mauern bestand aus lose aufgeschichteten Steinen, damit das Grundwasser in die Brunnenstube einsickern konnte. Das gesammelte Wasser wurde dann in eine Freispiegel-Leitung eingeleitet und floss seinem Zielort entgegen.



7 Rekonstruktionszeichnung der nicht gedeckten, gut drei Meter tiefen Brunnenstube bei Kallmuth («Klausbrunnen»). Das Wasser sickerte von den Seiten her durch die Trockenmauern ein, wurde im Becken gesammelt und floss in eine der Freispiegel-Leitungen, die das römische Köln mit Wasser versorgten.

Flusswasser aus Staueen

Die römischen Ingenieure legten auch kleinere und grössere Staueen an, um Wasser aus kleineren Flüssen und Bächen zu gewinnen. Dies erfolgte mit Hilfe von Staudämmen, Stau-mauern oder Stauwehren. Reste solcher Anlagen finden sich vor allem in Spanien, Südfrankreich sowie in Nordafrika und im Nahen Osten. Ein Staudamm 8 besteht aus aufgeschütteten Steinen und Erde und vermag alleine durch sein Gewicht das Wasser zurückzuhalten.

Bei den Stau-mauern lassen sich zwei Konstruktionsarten unterscheiden: Die sog. Bogen-Stau-mauern und die sog. Pfeiler-Stau-mauern. Reste einer Bogen-Stau-mauer 9 finden sich z. B. in Glanum (St. Rémy-de-Provence, Südfrankreich). Die römische Pfeiler-Stau-mauer von Esparragalejo in Spanien 10 funktioniert heute noch. Stauwehre blockieren einen Fluss oder Bach nicht komplett 11. Sie stauen lediglich einen Teil des Wassers auf, das dann in eine Freispiegel-Leitung fließt.

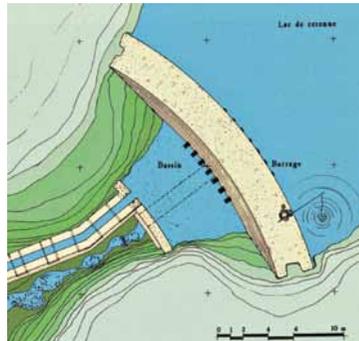
Im Fall von Augusta Raurica wurde wahrscheinlich Wasser aus der Ergolz bei Lausen, BL in die rund 7,3 km lange Freispiegel-Leitung eingeleitet. Ob mit Hilfe eines Staudamms oder eines Stauwehrs, ist (noch) offen.

# FREISPIEGEL-LEITUNGEN TRANSPORTIEREN DAS WASSER

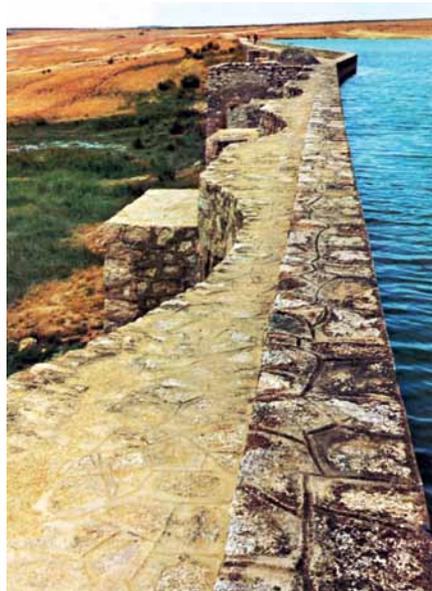
Sophia Joray



8 Der römische Staudamm von Cornalvo in Südspanien.



9 Rekonstruktionszeichnung der römischen Bogen-Staumauer von Glanum (St. Rémy-de-Provence, F).



10 Die römische Pfeiler-Staumauer von Esparragalejo (Spanien).



11 Das römische Stauwehr am Oberlauf des Rio de la Acebed. Es leitet Flusswasser in die rund 15 km lange Wasserleitung, die das antike Segovia (Spanien) mit Wasser versorgte.

Unterirdisch verlaufende Freispiegel-Leitungen transportierten das Wasser oftmals über grosse Distanzen – vom Ort des Wasservorkommens bis in die römischen Siedlungen und Militär-lager.

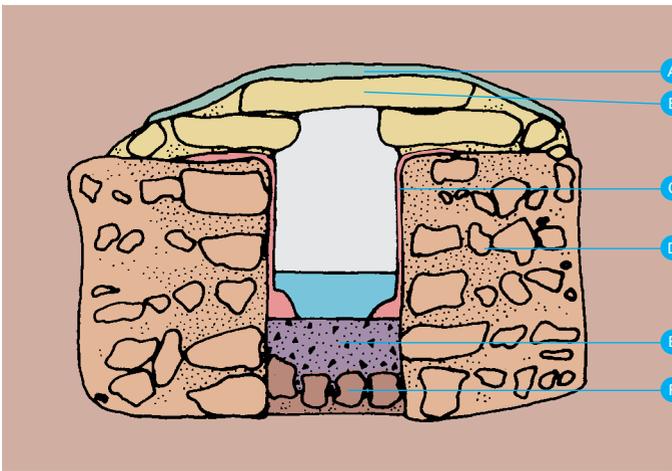
Damit das Wasser fließen konnte, mussten die Ingenieure darauf achten, dass der Beginn der Freispiegel-Leitung höher lag als der Endpunkt. Dieser Höhenunterschied geteilt durch die Länge der Strecke ergibt das Gefälle (abwärts führende Neigung). Die römischen Freispiegel-Leitungen neigten sich im Durchschnitt zwischen 1,5 und 3 m pro km.

Beim Bau steckten die Leitungsbauer zuerst den Verlauf einer Freispiegel-Leitung ab und hoben einen Graben aus. Anschliessend verlegten sie auf der Sohle des Grabens eine Fundamentplatte und mauerten die Kanalwangen (Seitenwände) auf. Diese verputzten sie mit wasserdichtem Ziegelschrotmörtel. Den Kanal deckten sie mit einem gemauerten Gewölbe oder mit grossen Steinplatten ab und überdeckten ihn mit Erde.

## Zwei Freispiegel-Leitungen für Vindonissa

Das Legionslager von Vindonissa verfügte über zwei Freispiegel-Leitungen: Die heute noch wasserführende und die sog. «tote» Leitung, die kein Wasser mehr führt (vgl. 5). Beide Leitungen sind im 1. Jh. n. Chr. erbaut worden, wir wissen aber (noch) nicht, welche die ältere ist.

Wie die Legionäre das Wasser für die «tote» Leitung gewannen, ist (noch) nicht bekannt, ebenso der genaue Verlauf und die Länge. Wir wissen nur, dass sie innen bis zu 45 cm breit und bis zu 70 cm hoch ist und dass die Abdeckung aus flachen Steinplatten 12 besteht. Kanalwangen und Sohle sind mit Ziegelschrotmörtel verputzt, einer Mischung aus Kalkmörtel und



12 Oben: Querschnittszeichnung mit Darstellung des Aufbaus der «toten» Wasserleitung von Vindonissa.  
 Unten: Ansicht der heute mit eingeschwemmtem Lehm verfüllten «toten» Wasserleitung.

- A Abdichtung: reiner Lehm
- B Abdeckung: Kalksteinplatten
- C Verputz: mit Ziegelschrot durchmischter Mörtel (*opus signinum*)
- D Seitenwand: Kalkbruchsteine, Mörtel
- E Boden: mit Ziegelbröcklein durchmischter Mörtel (*opus signinum*)
- F Bodenfundament: hochkant gestellte Kalkbruchsteine, Mörtel

gemahlene Tonziegeln. Viertelrundstäbe dichteten die Nahtstelle zwischen Kanalwange und Kanalsohle ab und erhöhten die Fließgeschwindigkeit des Wassers.

Der Transportkanal der heute noch wasserführenden Leitung ist etwa gleich aufgebaut, wie die «tote» Wasserleitung. Er ist rund 1,8 km lang und innen circa 40 cm breit und bis zu 80 cm hoch.

Ein rund 9 m langes Teilstück der wasserführenden Leitung 13 ist öffentlich zugänglich (Legionärspfad, Station VIII). Kürzlich durchgeführte Analysen haben leider ergeben, dass das «Römerwasser» in diesem Abschnitt durch neuzeitliche Zuleitungen von Dach- und Brauchwasser sowie durch Düngung von Wiesen im Gebiet der Wasserfassung mikrobakteriell belastet ist und deswegen nicht getrunken werden darf.

Wasserdichte Leitungen  
 dank *opus signinum*  
 – dem römischen Beton

Normale – also mit Hilfe von weissem Kalkmörtel und Steinen errichtete – Mauern sind nicht wasserdicht. Um Wasserverluste zu verhindern, verputzten die römischen Ingenieure das Innere der Freispiegel-Leitungen mit einem speziellen Mörtel, dem *opus signinum*. Dieser besteht aus gelöschtem Branntkalk, Kies, Ziegelmehl und kleinen Ziegelbruchstücken. Letztere verleihen dem *opus signinum* seine rötliche Farbe.

Untersuchungen an der Freispiegel-Leitung zwischen Lausen, BL und Augusta Raurica zeigen, dass der rötliche Verputz aus acht einzelnen Schichten besteht 14. Bemerkenswert ist auch, dass der weisse Kalkmörtel Reste von ungelöschtem Branntkalk enthält. Dies aus guten Gründen: Sobald sich nämlich im Verputz (*opus signinum*) Risse bildeten, kam das eindringende Wasser mit dem (noch) ungelöschten Kalk im Mörtel in Kontakt und führte zu einer chemischen Reaktion. Diese wandelte den ungelöschten Kalk in gelöschten Kalk um und bildete dabei Kalzit, das die Risse abdichtete.



13 Blick auf den öffentlich zugänglichen Abschnitt der wasserführenden Leitung von Vindonissa.

## Unmengen an Baumaterial

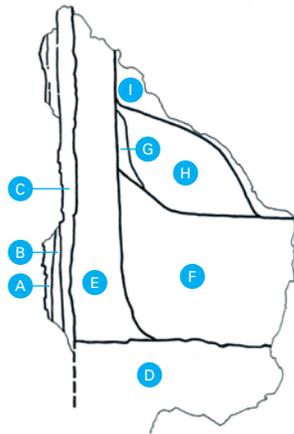
Für den Bau der römischen Freispiegel-Leitungen waren Unmengen an Baumaterial nötig. Allein für die Herstellung des wasserdichten Verputzes der 7,3 km langen Freispiegel-Leitung von Lausen, BL nach Augusta Raurica benötigte man zum Beispiel rund 600 m<sup>3</sup> Ziegel. Eine Menge, die ausgereicht hätte, um zwei Fußballfelder zu decken. Riesig war auch der Energiebedarf: Die Herstellung der Ziegel sowie des Kalkmörtels und des wasserdichten Verputzes verschlang mehr als 20'000 m<sup>3</sup> Brennholz.

Diese Zahlen sind jedoch klein, wenn man bedenkt, dass zum Beispiel die grosse Freispiegel-Leitung von Köln rund sieben Mal länger war als die Leitung zwischen Lausen und Augusta Raurica.



14 Ansicht einer geschliffenen Mörtelprobe (*opus signinum*) aus dem unteren Eckbereich der römischen Freispiegel-Leitung von Augusta Raurica.

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| A Grundputz                   | F oberer Teil der Kanalsohle |
| B Grundputz                   | G Fugendichtung              |
| C Grundputz                   | H Viertelrundstab            |
| D unterer Teil der Kanalsohle | I abgelagerter Kalksinter    |
| E Deckputz                    |                              |



# ZULEITUNGEN ERHÖHEN DIE WASSERMENGE

Erik Martin

Wenn eine Freispiegel-Leitung zu wenig Wasser lieferte, suchten die Römer neue Wasservorkommen in der Nähe und leiteten das neu entdeckte Wasser mit Hilfe einer Zuleitung in die bereits bestehende Hauptleitung ein.

Die Schnittstelle zwischen Zuleitung und Hauptleitung nennt man Zusammenfluss. Solche Zusammenflüsse mussten die Ingenieure besonders sorgfältig konstruieren, um eine Beschädigung der Hauptleitung durch die Kraft des eingeleiteten Wassers zu verhindern. Deswegen errichteten sie bei den Zuflüssen sog. Sammel- oder Tosbecken, die das Wasser abbremsen.

## Mehr Wasser für Vindonissa

Mit einer Leistung von 60'000 Litern pro Stunde (gemessen 1930) lieferte die wasserführende Leitung genügend Wasser für die Versorgung des Legionslagers.

Aus diesem Grund waren die Archäologen sehr überrascht, als sie im Jahr 2010 in einem Einstiegschacht (Nr. 8) eine kleine Zuleitung entdeckten <sup>15</sup>.

Die Zuleitung ist gleich konstruiert wie die Hauptleitung, führt aber heute nur noch zeitweise Wasser <sup>16</sup>. Wie lang diese Zuleitung ist und woher das darin transportierte Wasser kommt, wissen wir (noch) nicht.



15 Blick in den Einstiegsschacht Nr. 8 der wasserführenden Leitung von Vindonissa. In der Bildmitte ist die kleine Zuleitung zu erkennen. In der Hauptleitung fließt das Wasser (unten) von rechts nach links.



16 Detailaufnahme der Zuleitung im Einstiegsschacht Nr. 8.



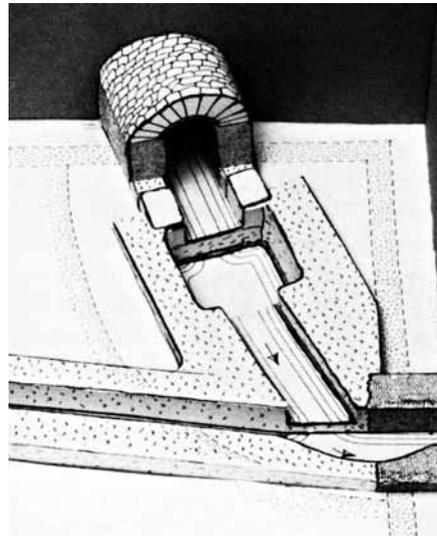
17 Im Sammelbecken von Eiserfey, D vereinigen sich die beiden aus Kallmuth (links) und Vollem (rechts) kommenden Freispiegel-Leitungen. Von dort floss das Wasser in einer grösseren Freispiegel-Leitung nach Köln.

### Sammel- und Tosbecken bremsen den Wasserfluss

Eine besondere technische Herausforderung bildet der Zusammenfluss von zwei Freispiegel-Leitungen. In solchen Fällen besteht nämlich die Gefahr, dass die Wucht der zusammenströmenden Wassermassen die Kanalwände beschädigt.

In Eiserfey in der Nähe von Köln lösten die römischen Ingenieure das Problem mit Hilfe eines Sammelbeckens 17: Das Wasser aus den zwei Freispiegel-Leitungen sammelte sich zuerst in einem runden Becken, bevor es in einer einzigen grossen Freispiegel-Leitung weiterfloss.

In Kallmuth bei Köln bauten die Ingenieure unmittelbar vor dem Zusammenfluss ein Tosbecken ein, welches das Wasser in der einen Freispiegel-Leitung abbremsete, bevor es in die andere Leitung floss. Bei dieser schützte man die gegenüberliegende Wand, die sog. Prallwand, zusätzlich mit einer Ausbuchtung 18.



18 Bei Kallmuth, D in der Nähe von Köln wurde das Wasser in einem Becken abbremsed, bevor es in eine andere Freispiegel-Leitung floss. Die Ausbuchtung auf der gegenüberliegenden Prallwand schützte die Kanalwange.

# WARTUNGSPERSONAL KONTROLLIERT, REINIGT UND REPARIERT

Cordula Portmann

Um die Freispiegel-Leitungen sauber und funktionsfähig zu halten, musste das Wartungspersonal sie regelmässig reinigen, auf undichte Stellen überprüfen und ausbessern.

Deswegen kennzeichneten die Ingenieure den Verlauf einer Freispiegel-Leitung auf der Erdoberfläche mit Marksteinen, sog. *cippi*.

Der Zugang in die Freispiegel-Leitungen erfolgte über senkrechte Einstiegsschächte (*putei*). Unter diesen Schächten befand sich jeweils ein Absetzbecken, in dem sich mitgeführter Schlamm und Sand ablagerten. Diese Becken musste das Wartungspersonal entleeren und reinigen.

In Vindonissa putzten die Legionäre

*...fratri, qui est in custodia rivi* (... dem Bruder, der für die Wartung der Wasserleitung zuständig ist), lautet der Text auf einem Schreibföfelchen aus Vindonissa 19. Demnach waren Legionäre für die Instandhaltung der Wasserleitungen von Vindonissa zuständig, anders als zum Beispiel in Rom, wo Beamte für die Reinigung und den Unterhalt verantwortlich waren.

Die «tote» Wasserleitung besitzt mindestens acht Einstiegsschächte, die sich alle über einem Absetzbecken befinden 20; die wasserführende Leitung hingegen mindestens 26. Bei sieben dieser Einstiegsschächte fehlt jedoch das Absetzbecken, was nahe legt, dass sie nur zu Kontrollzwecken angelegt wurden.

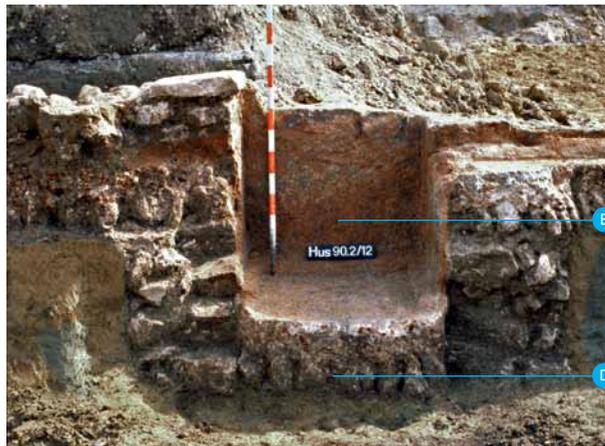
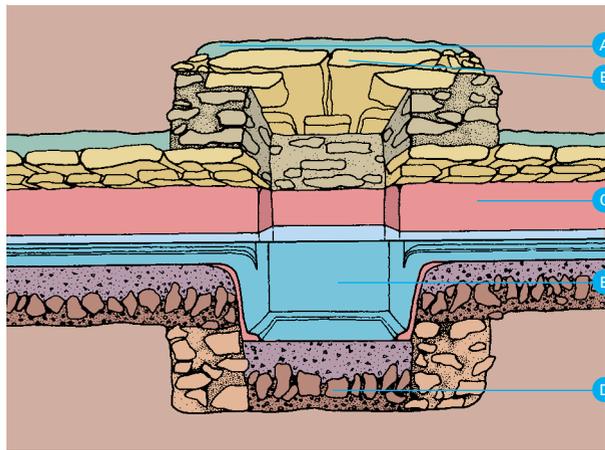
Eine Besonderheit bildet der sog. Einstiegsschacht B 21: Er besitzt ein oberirdisches Guckloch, um den Wasserfluss zu kontrollieren.



Text:

(a)		(b)	
1	calva barba	3	empu
2	---	4	quadrata
3	---	5	caudolingua
4	---	6	inf. dabone
5	secund	7	e. p. p. colu
		8	sub. m. m. m.
		9	indice. u. l. m.

19 In vier Stücke zerbrochene Schreiftafel aus dem Schutthügel von Vindonissa. Die Schreiftafel diente zuerst als Urkunde, später als Brief. Auf der Innenseite stehen mindestens zwei Texte (a; b) übereinander, auf der Seite, wo das Siegel angebracht war, die Namen der Zeugen (a). Interessant im Zusammenhang mit der Wasserversorgung sind Reste der Adresse (c): Ihr ist zu entnehmen, dass ein Soldat (?), der zur Wartung und Reinigung der Wasserleitung abkommandiert worden war, von seinem Bruder (oder einem Freund) einen Brief erhalten hat.



20 Oben: Querschnittszeichnung mit Darstellung des Aufbaus eines Einstiegsschachts und des darunterliegenden Absetzbeckens in der «toten» Wasserleitung von Vindonissa. Unten: Blick auf die Überreste eines Absetzbeckens in der «toten» Wasserleitung.

- A Abdichtung: reiner Lehm
- B Abdeckung: Kalksteinplatten
- C Transportabschnitt
- D Bodenfundament: hochkant gestellte Kalkbruchsteine, Mörtel
- E Absetzbecken

## Reinigung, Unterhalt und Reparaturen in Augusta Raurica

Wie oft die Römer die Freispiegel-Leitungen gereinigt haben, ist nicht bekannt. Wir können aber davon ausgehen, dass der Schlamm und der Sand, die sich in den Absetzbecken abgelagerten, regelmässig entfernt wurden. Eigenartigerweise besitzt jedoch die grosse Freispiegel-Leitung, die von Lausen, BL nach Augusta Raurica führte, keine Absetzbecken. Einstiegsschächte, die andernorts quasi zum Standard gehörten, fehlen ebenfalls.

Hingegen lassen sich bei der grossen Freispiegel-Leitung aufwändige Reparaturmassnahmen nachweisen: Im Gemeindegebiet von Liestal wurde nämlich ein Teil der Wasserleitung durch den Hangdruck zerstört. Das Fehlen von Kalksinterablagerungen und der ansonsten überall nachweisbaren Viertelrundstäbe deutet darauf hin, dass sich dieser Schaden wahrscheinlich schon kurz vor dem Abschluss der Bauarbeiten ereignet hat und in diesem Leitungsabschnitt nie Wasser floss. Die römischen Ingenieure lösten das Problem indem sie den beschädigten Abschnitt durch eine neue, parallel verlaufende Leitung ersetzten 22.



21 Der mit einem Guckloch versehene Einstiegsschacht B der wasserführenden Leitung.



22 Blick auf die Überreste der römischen Freispiegel-Leitung von Augusta Raurica bei der «Unteren Burghalde» in Liestal. Ein Teil der Wasserleitung wurde schon in römischer Zeit durch einen Erdbeben beschädigt und durch einen neuen, massiver gebauten Abschnitt (links im Bild) ersetzt.

# AQUAEDUKT- BRÜCKEN ÜBERWINDEN TIEFE TÄLER

Livia Burckhardt

Der Weg einer Freispiegel-Leitung bot viele Hindernisse. Er führte durch hügeliges Gelände und über Täler von Bächen und Flüssen.

Die Römer scheuten keine Mühen und bauten Tunnels und Aquaedukt-Brücken, auf denen die mit Steinplatten abgedeckten Freispiegel-Leitungen verliefen. Diese Kunstbauten sind so solide, dass sie zum Teil Jahrhunderte überdauerten und noch heute sichtbar sind.

## Die Aquaedukt-Brücke von Vindonissa

In Vindonissa bauten die Römer eine Aquaedukt-Brücke, um die Höhendifferenz der Flur Oberburg und dem Wasserturm in der Südwestecke des Legionslagers möglichst gering zu halten <sup>23</sup>.

Archäologisch nachweisen lässt sich die zur «toten» Wasserleitung gehörende Aquaedukt-Brücke nur noch anhand von gegen 30 Pfeilerfundamenten <sup>24</sup>. Die Pfeilerfundamente sind rund 2 x 2,2 m gross und in unterschiedlichen Abständen angeordnet. Wie die oberirdischen Teile der Aquaedukt-Brücke aussahen, wissen wir nicht genau. Die Archäologen hoffen jedoch, bei der derzeit laufenden Grabung «Windisch-Dorfzentrum» nicht nur weitere Pfeilerfundamente zu finden, sondern auch Überreste der Bogenkonstruktion der Aquaedukt-Brücke.

[www.ag.ch/archaeologie/de/pub/aktuelles/laufende\\_grabungen](http://www.ag.ch/archaeologie/de/pub/aktuelles/laufende_grabungen)

## Der Pont du Gard

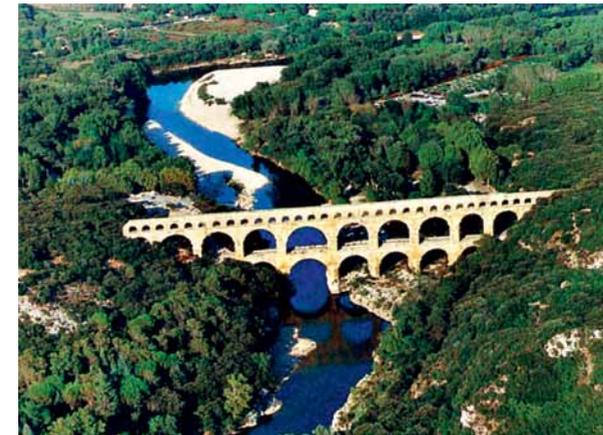
Das bekannteste Beispiel einer Aquaedukt-Brücke ist der Pont du Gard in Südfrankreich <sup>25</sup>. Der Pont du Gard war Teil einer ungefähr 50 km langen Freispiegel-Leitung, die *Nemausus*, das heutige Nîmes in Südfrankreich, mit Wasser versorgte.



<sup>23</sup> In Vindonissa diente die Aquaedukt-Brücke dazu die Höhendifferenz der Flur Oberburg und dem Wasserturm in der Südwestecke des Legionslagers möglichst gering zu halten.



<sup>24</sup> Blick auf die an der Dohlenzelgstrasse in Windisch, AG entdeckten Pfeilerfundamente der Aquaedukt-Brücke von Vindonissa.



<sup>25</sup> Das UNESCO Welterbe Pont du Gard. Die Aquaedukt-Brücke überspannt das Tal des Flusses Gardon und ist Teil der Freispiegel-Leitung, die das römische Nîmes mit Frischwasser versorgte.



<sup>26</sup> Die teilweise rekonstruierte Aquaedukt-Brücke von Vussem, D ist Teil der einen Freispiegel-Leitung, die das römische Köln mit Frischwasser versorgte.

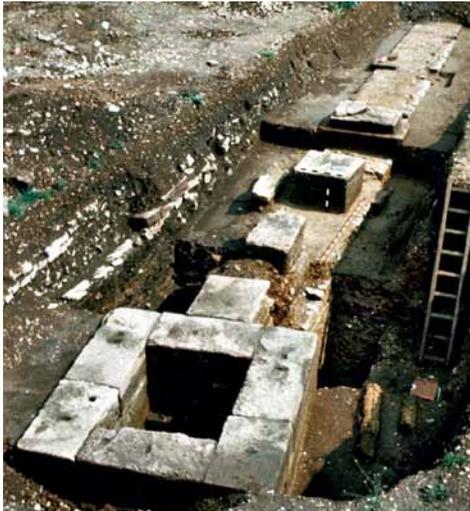
Die Aquaedukt-Brücke wurde um die Mitte des 1. Jhs. n. Chr. errichtet und ist 275 m lang und 48,77 m hoch. Sie besteht aus drei Ebenen, die von unterschiedlich grossen Arkadenbögen getragen werden. Der Pont du Gard gilt als die technische Meisterleistung der römischen Ingenieure schlechthin und ist seit 1985 UNESCO Welterbe.

#### Aquaedukt-Brücken in Köln und Augusta Raurica

Überreste von Aquaedukt-Brücken fanden sich auch in der Nähe von Köln bei Vussem und bei Meckenheim. Wie in Vindonissa sind jeweils nur noch die Fundamente der Pfeiler erhalten.

Die teilweise rekonstruierte Aquaedukt-Brücke von Vussem <sup>26</sup> war wahrscheinlich etwa 80 m lang und etwa 10 m hoch. Die Aquaedukt-Brücke bei Meckenheim war rund 1,4 km lang und ebenfalls etwa 10 m hoch.

In Augusta Raurica legen Fundamente von mächtigen Pfeilern in der sog. Aquaeduktstrasse <sup>27</sup> nahe, dass das Wasser vom Birchhügel aus mit Hilfe einer etwa 150 m langen Aquaedukt-Brücke in die Stadt transportiert wurde.



<sup>27</sup> Blick auf die Fundamente der Aquaedukt-Brücke von Augusta Raurica. Im Vordergrund das Fundament eines kleinen Wasserturms, im Hintergrund die Fundamentplatte, auf der die Pfeiler der Aquaedukt-Brücke standen.

# TÜRME SAMMELN DAS WASSER

Fabio Tortoli

Wassertürme (*castella divisoria*) bildeten das Bindeglied zwischen der Freispiegel-Leitung und den kleineren Druckleitungen im Innern der Siedlungen und Militärlager.

*Castella divisoria* funktionierten gleich wie moderne Wassertürme: Das Wasser sammelte sich in einem Verteilerbecken und wurde mit Hilfe von Druckleitungen aus Blei, Ton und Holz zu den Verbrauchern geleitet.

Um einen konstanten Druck in den Wasserleitungen zu gewährleisten, musste das Becken des Wasserturms höher liegen als die Siedlung. Deswegen standen die Wassertürme in der Regel auf einer natürlichen Erhebung oder auf einem erhöhten Fundamentsockel.

#### Der Wasserturm von Vindonissa

Vom rechteckigen Wasserturm von Vindonissa (circa 14,7 × 9,5 m) sind nur noch die Mauerfundamente und drei Pfeiler, die im Inneren standen, erhalten. Er liegt in der Südwestecke des Legionslagers und ist in die Lagermauer eingebaut <sup>28</sup>. Irrtümlicherweise hielt man ihn bei der Entdeckung im Jahr 1924 für einen Wehrturm.

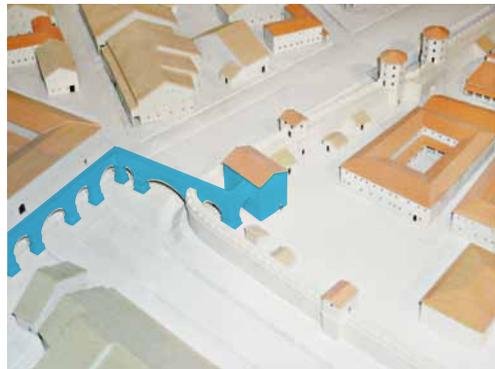
Das massive Fundament und die drei mächtigen Pfeiler deuten jedoch darauf hin, dass sich im Innern des Turms ein grosses Verteilerbecken befand. Für diese Annahme spricht auch, dass die Aquaedukt-Brücke der «toten» Wasserleitung in diesem Bereich endete <sup>29</sup>.

Das Becken hatte ein Fassungsvermögen von schätzungsweise 100 m<sup>3</sup> (100'000 l). Sein Boden lag rund 8 bis 9 m über dem Strassenniveau des Legionslagers. Der Druck war also genügend stark, um das ganze Legionslager mit fließendem Wasser zu versorgen.

Ob die heute noch wasserführende Leitung ebenfalls in einem Wasserturm endete, ist noch ungeklärt.

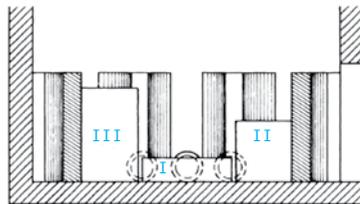


28 Planausschnitt mit den Fundamenten der Pfeiler der Aquaedukt-Brücke und dem rechteckigen Wasserturm in der Südwestecke des Legionslagers von Vindonissa.



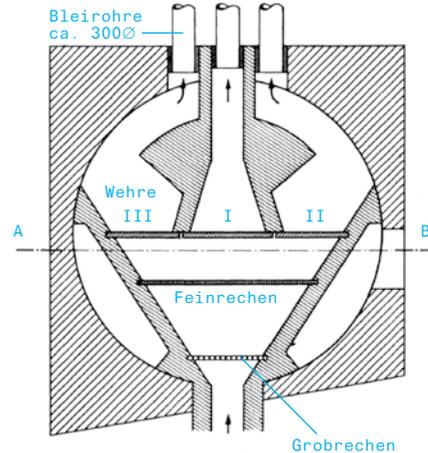
29 Die Aquaedukt-Brücke und der Wasserturm in der Südwestecke des Legionslagers von Vindonissa (Detailaufnahme des Modells im Erdgeschoss des Vindonissa-Museums).

Es werden überflutet:  
 I immer (soziale Versorgung)  
 II bei mittlerem und hohem Wasserstand  
 III nur bei hohem Wasserstand



Schnitt A-B

Privat- Öffentl. Theater,  
 häuser Brunnen Thermen  
 III I II



30 Schematische Darstellung der Wasser-  
 verteilung im castellum divisorium  
 von Pompeji, I.

## Die Wasserverteilung nach Vitruv

In den Siedlungen nördlich der Alpen gibt es – abgesehen von Vindonissa – kaum Bauten, die zweifelsfrei als Wassertürme identifiziert werden können. Deswegen sind auch kaum Aussagen über das Aussehen und die Konstruktionsweise der Verteilerbecken möglich.

Der römische Architekt und Schriftsteller Vitruv beschreibt jedoch in seinem Werk *De architectura libri decem* wie die Wasserverteilung im Inneren eines *castellum divisorium* funktioniert. Erste Priorität bei der Wasserversorgung hatten die öffentlichen Laufbrunnen, danach die Thermen und schließlich die Privathäuser. Aus diesem Grund sollten die Verteilerbecken in den Wassertürmen laut Vitruv mit drei unterschiedlich hoch angebrachten Ausflüssen bzw. mit drei unterschiedlich hohen Wehren ausgestattet sein 30: Wenn genügend Wasser vorhanden war, konnte es über alle drei Wehre in das Leitungsnetz fließen; bei Wasserknappheit nur über das Wehr, das die Versorgung der öffentlichen Laufbrunnen regulierte.

## Das castellum divisorium von Nemausus (Nîmes)

Der Wasserturm von Nîmes 31 gilt als eines der Paradebeispiele für ein römisches *castellum divisorium*. Das runde Verteilerbecken hat einem Durchmesser von circa 5,5 m und ist ungefähr 1,4 m tief. Von einer Seite mündet die Freispiegel-Leitung, die das Wasser aus einer Entfernung von fast 50 km herantransportierte, in das Verteilerbecken. Auf der gegenüberliegenden Seite befinden sich zehn runde Öffnungen für die (heute nicht mehr erhaltenen) Bleiröhren, die das Wasser in der Stadt verteilten. Die Öffnungen waren mit Gittern oder Sieben ausgestattet, um Verunreinigungen herauszufiltern.

Um das Verteilerbecken zu reinigen, wurde der Zufluss mit einem Schieber aus Bleiplatten geschlossen. Entleert wurde es mit Hilfe von drei Öffnungen im Boden, die wahrscheinlich mit Klapptürkeln aus Bronze versehen waren.



31 Blick auf das *castellum divisorium* des römischen Nemausus (Nîmes, F).

# DRUCKLEITUNGEN VERTEILEN DAS WASSER

Matthias Bolliger

Die Druckleitungen lagen – wie heute noch – meistens unter den Vordächern der Gebäude oder unter den Strassen und führten direkt zu den Verbrauchern. Sie versorgten öffentliche Brunnen, Bäder, Handwerksbetriebe und teilweise auch Privathäuser mit fliessendem Wasser.

Druckleitungen waren – anders als die Freispiegel-Leitungen – nicht auf das Gefälle (abwärts führende Neigung) angewiesen. Die erhöhte Lage des Sammelbeckens im Wasserturm erzeugte genügend Druck, um das Wasser in den Leitungen fließen zu lassen.

Die Druckleitungen bestanden aus Blei, Ton oder Holz. Das verhältnismässig teure Blei verwendeten die Römer meist nur in grösseren Städten. Billiger waren Leitungen aus Ton. Nördlich der Alpen bestanden die Druckleitungen sehr oft aus Holz.

Die Feinverteilung  
des Wassers in Vindonissa

Die Wasserverteilung im Innern des Legionslagers erfolgte mit Hilfe von Druckleitungen. Diese bestanden meist aus hölzernen Teucheln und lagen unter den Vordächern der Gebäude <sup>32</sup>.

Für die Herstellung dieser Teuchel wurden Baumstämme der Länge nach durchbohrt und mit Holzblöcken oder Eisenringen miteinander verbunden. Weil sich das Holz nur schlecht erhält, sind meist nur noch dürftige Spuren erhalten: Hohlräume <sup>33</sup>, Verfärbungen im Boden oder Reste von Kalksinter, der sich in den Leitungen abgelagert hat.

Röhren aus Blei sind im Legionslager hingegen eher selten. Sie waren übrigens weniger schädlich für die Gesundheit als man früher annahm: Die Kalksinterablagerungen verhinderten nämlich, dass das giftige Blei in das Trinkwasser gelangen konnte. In den Zivilsiedlungen von Vindonissa finden sich immer wieder Tonrohre. Allerdings wissen wir nicht, ob es sich dabei um die Überreste von Druckleitungen handelt.



<sup>32</sup> Legionäre beim Verlegen von hölzernen Teuchel-Leitungen unter den Vordächern des Legatenpalastes (*praetorium*) an der *via Praetoria* des Legionslagers von Vindonissa.



<sup>33</sup> Blick auf die *via Praetoria* des Legionslagers von Vindonissa. Die Hohlräume stammen von nicht mehr erhaltenen hölzernen Teuchel-Leitungen.



34 Druckleitungen und Verteilerkasten aus Blei in den sog. Frauenthermen von Augusta Raurica.



35 Mischbatterie aus Petinesca (Studen bei Biel). Das heisse und kalte Wasser strömte durch die beiden Röhren in den Hahnen, wurde dort gemischt und floss dann aus dem breiten Mundstück in die Badewanne. Der Reiber, mit dem der Hahnen geschlossen werden konnte, ist nicht erhalten.

## Die Feinverteilung in Augusta Raurica

Auch in Augusta Raurica führten vorwiegend hölzerne Teuchel zu den öffentlichen Laufbrunnen. Tonröhren waren selten; Bleiröhren wurden vor allem für private Hausanschlüsse oder für die Feinverteilung im Inneren von privaten und öffentlichen Gebäuden verwendet. Dies erfolgte – wie ein in den Frauenthermen gefundenes Exemplar zeigt – mit Hilfe von sog. Verteilerkästen aus Blei 34.

Das Wasser floss aus einer grösseren Bleiröhre in den Verteilerkasten und von dort aus in zwei kleineren Bleiröhren zu den Bädewannen.

Auffällig ist, dass sich Hausanschlüsse vorwiegend in besseren Wohnquartieren finden. Diese sind zudem nicht nur für die Trinkwasserversorgung bestimmt, sondern sie versorgten auch die Zierbrunnen in den Gärten und Innenhöfen sowie private Bäder mit Wasser.

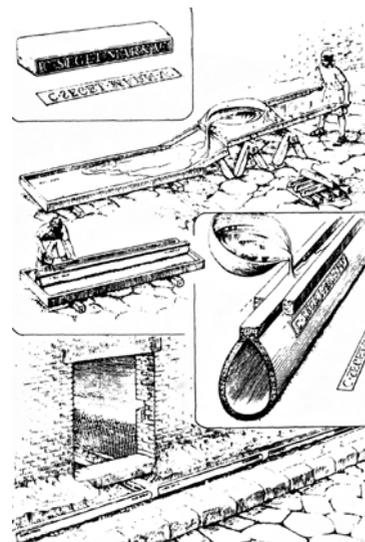
Eine in Petinesca (Studen bei Biel) gefundene Mischbatterie aus Bronze 35 zeigt, dass es sogar möglich war, kaltes und warmes Wasser zu mischen, um das Badewasser zu temperieren.

## Bleiröhren – ein Luxusprodukt

Bleiröhren stellten die Römer aus dünnen Bleiplatten her. Weil Blei weich ist, konnte man es zu Röhren zusammenbiegen und die Naht mit flüssigem Blei verschliessen 36.

Vitruv erwähnt über 25 verschiedene Normen für Bleiröhren: Das kleinste (*quinaria*) hatte einen Durchmesser von 2,31 cm, das grösste (*centum vicenum*) einen von 22,86 cm. Laut Vitruv musste eine einzelne Bleiröhre mindestens zehn Fuss (3 m) lang sein.

In Rom und anderen grösseren Städten gefundene Bleiröhren mit Herstellermarken verraten uns ferner, dass das Blei vorwiegend aus Minen in Spanien stammt. Blei entstand als Nebenprodukt der Goldgewinnung, war aber wegen der aufwendigen Gewinnung und der langen Transportwege sehr teuer. Woher die in Vindonissa und Augusta Raurica gefundenen Bleiröhren stammen, ist (noch) nicht bekannt. Analysen von anderen Bleiobjekten deuten darauf hin, dass das in Augusta Raurica verwendete Blei vorwiegend aus Norddeutschland, England und – zu einem kleinen Teil – auch aus dem Wallis stammt.



36 Schematische Darstellung des Arbeitsablaufs bei der Herstellung von Bleiröhren.

# LAUFBRUNNEN LIEFERN FLIESSENDES WASSER

Tina Lander

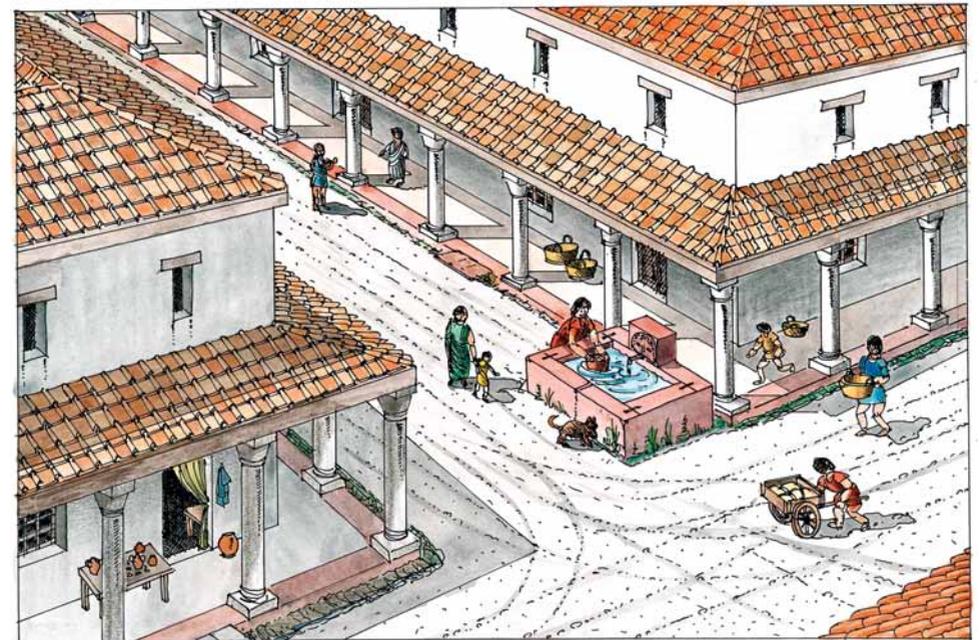
Die sog. Laufbrunnen waren direkt an die Wasserleitungen angeschlossen und «liefen» somit ununterbrochen, wie wir es auch von unseren Stadt- und Dorfbrunnen kennen. Der Druck in den Leitungen bewirkt, dass das Wasser im Brunnenstock hochsteigen und durch die Brunnenröhre austreten kann.

Die Laufbrunnen waren für alle jederzeit zugänglich und standen deshalb meist an Strassenecken. Dort durfte die gesamte Bevölkerung umsonst frisches Wasser holen. Zudem gab es auch Privatbrunnen in den Innenhöfen einzelner Gebäude. Für einen solchen Privatanschluss musste jedoch eine Gebühr bezahlt werden – ein Luxus, der sich nicht jeder leisten konnte.

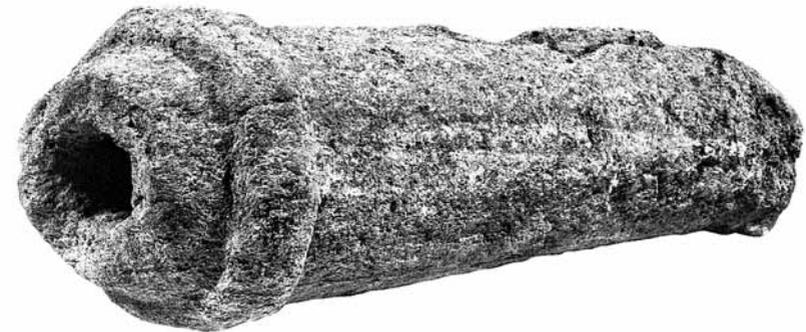
## Öffentliche Brunnen in Vindonissa

Im Legionslager von Vindonissa gibt es nur sehr wenige Hinweise auf die Standorte der öffentlichen Laufbrunnen <sup>37</sup>. Bislang kamen auch nur einige wenige Teile von Laufbrunnen zum Vorschein. Dazu gehört zum Beispiel die aus Kalkstein gefertigte, 79 cm lange Brunnenröhre in Form eines Phallus <sup>38</sup>, die im Erdgeschoss des Vindonissa-Museums ausgestellt ist. Sie stammt von einem Laufbrunnen, der einst im Hof der *principia* (Stabsgebäude) stand. Phallusförmige Objekte erfreuten sich übrigens in römischer Zeit grosser Beliebtheit, da man ihnen eine Unheil abwehrende Wirkung zusprach.

Diese dürftigen Indizien, von Laufbrunnen stammende und andernorts als Baumaterial verwendete Sandsteinplatten sowie Überreste von Druckleitungen aus Holz und Blei, deuten darauf hin, dass die Legionäre ihr Trinkwasser wohl ebenfalls an öffentlich zugänglichen Laufbrunnen bezogen.



<sup>37</sup> Strassenszene mit Laufbrunnen in Augusta Raurica.



<sup>38</sup> Aus Kalkstein gefertigte Brunnenröhre in Form eines Phallus. Sie gehörte zu einem Brunnen, der im Hof der *principia* (Stabsgebäude) des Legionslagers von Vindonissa stand.

## Öffentliche Brunnen in Augusta Raurica

In Augusta Raurica wurden bislang über zehn, zum Teil mehrfach renovierte öffentliche Laufbrunnen entdeckt. Es handelt sich dabei meist um unterschiedlich grosse Becken aus rechteckigen Sandsteinplatten<sup>39</sup>. Das Wasser wurde mit Hilfe einer Röhre in den Brunnenstock geleitet und sprudelte dann aus einem Wasserspeier in das Brunnenbecken<sup>37</sup>. Die Wasserspeier konnten unterschiedlich ausgestaltet sein. Sehr beliebt waren Fratzenartige Masken oder Darstellungen von Göttern und Tieren.

Die öffentlichen Laufbrunnen bildeten nicht nur ein wichtiges Element der Wasserversorgung, sie hatten auch eine weitere wichtige Funktion. Das überschüssige Wasser floss nämlich über den Brunnenrand in die Strassengräben und von dort aus in die Kloaken und schwemmte dabei auch Abfälle und anderen Unrat fort. Der aus heutiger Sicht verschwenderische Umgang mit dem Wasser hatte in römischer Zeit somit durchaus einen Sinn.



<sup>39</sup> Blick auf einen teilweise freigelegten Laufbrunnen in Augusta Raurica. Rechts im Bild die Portikusmauer von Insula 44, rechts und oben der Kieskoffer der sog. Ostrandstrasse.

## Private Zierbrunnen

Zierbrunnen waren Luxus- und Prestigeobjekte von reichen Haus- und Villenbesitzern: Wer sich ein Haus mit Innenhof leisten konnte, schmückte diesen – entsprechend seinem persönlichen Geschmack – mit einem schön ausgestalteten Becken und mit kunstvollen Wasserspeiern.

Bei manchen Zierbrunnen steht das Becken auf Stützen, bei anderen ist es in den Boden eingegraben<sup>40</sup>.

Ein besonders origineller Wasserspeier aus Bronze stand im Garten der römischen Villa von Liestal-Munzach, BL: Es handelt sich um einen Delphin<sup>41</sup>, der auf einer tellerartigen Unterlage steht, welche den Abschluss der Zuflussröhre bildete. Im Maul hält der Delphin eine Muschel, über deren untere Schale das Wasser in das Becken plätscherte.

Ebenfalls aus Munzach stammt ein mit fruchttragenden Efeuranken verzierter Brunnenstock aus Carrara-Marmor<sup>42</sup>.



<sup>40</sup> Blick auf ein aus Dachziegeln gemauertes Zierbecken im Innenhof von Insula 27 in Augusta Raurica.



<sup>41</sup> Wasserspeier in Form eines Delphins aus Bronze aus der römischen Villa von Liestal-Munzach, BL.



<sup>42</sup> Mit fruchttragenden Efeuranken verzierter Brunnenstock aus Carrara-Marmor aus der römischen Villa von Liestal-Munzach, BL.

# SODBRUNNEN ALS WASSERQUELLE

Tatiana Schär

Der Bau und der Unterhalt des Wasserleitungsnetzes waren aufwendig und teuer. Aus diesem Grund bauten die Römer in kleineren Siedlungen und einfacheren Stadtquartieren auch sog. Sodbrunnen (Ziehbrunnen), um an das Grundwasser zu gelangen.

Ein Sodbrunnen besteht aus einem mit Holz oder Steinen ausgekleideten Schacht, der bis in das Grundwasser hinunter reicht.

Heraufbefördert wurde das Wasser meist mit Hilfe eines Kessels, an dem ein Seil befestigt war. Handkurbeln erleichterten das Hochziehen des gefüllten Kessels.

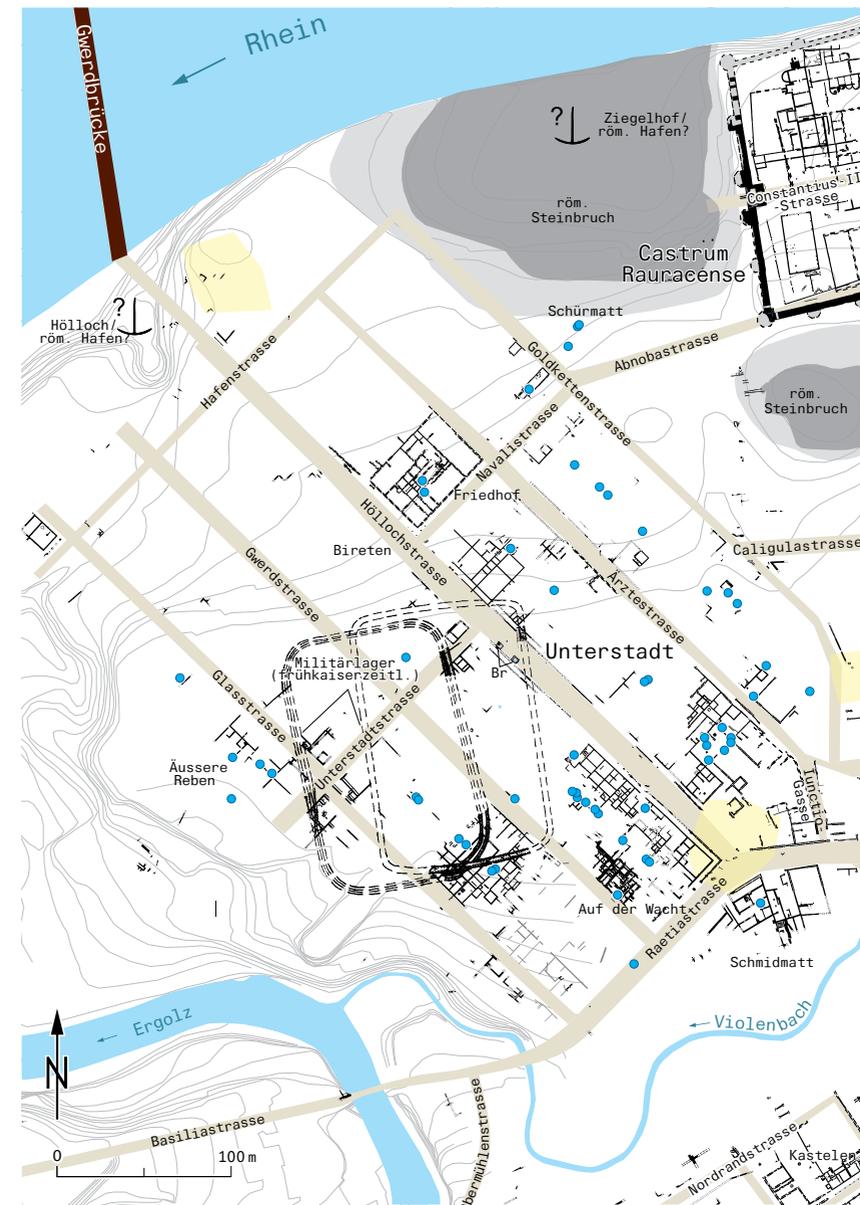
Vereinzelt setzten die Römer auch hölzerne Treträder, Eimerketten oder Doppelkolben-Pumpen ein, um das Grundwasser an die Erdoberfläche zu befördern.

Wasser aus über  
12 Meter Tiefe

Im Legionslager von Vindonissa wäre der Bau von Sodbrunnen sehr aufwendig gewesen: Hier befindet sich das Grundwasser nämlich etwa 30 m unter der Erdoberfläche. Zudem wären sehr viele Sodbrunnen notwendig gewesen, um die rund 6000 Soldaten mit Wasser zu versorgen. Es war also einfacher, eine rund 2,5 km lange Freispiegel-Leitung zu bauen.

Dies trifft auch auf die Oberstadt von Augusta Raurica (Augst, BL) zu, wo die Wasserversorgung mit Hilfe einer 7,3 km langen Freispiegel-Leitung erfolgte.

In der Unterstadt (Kaiseraugst, AG) war der Bau von Sodbrunnen hingegen einfacher: Hier liegt das Grundwasser nur etwa 10 bis 15 m unter der Erde. Es erstaunt deswegen nicht, dass die Archäologen hier schon sehr viele Brunnenschächte entdeckt haben <sup>43</sup>. Offenbar verfügte fast jeder Haushalt in der Unterstadt über einen eigenen Sodbrunnen!

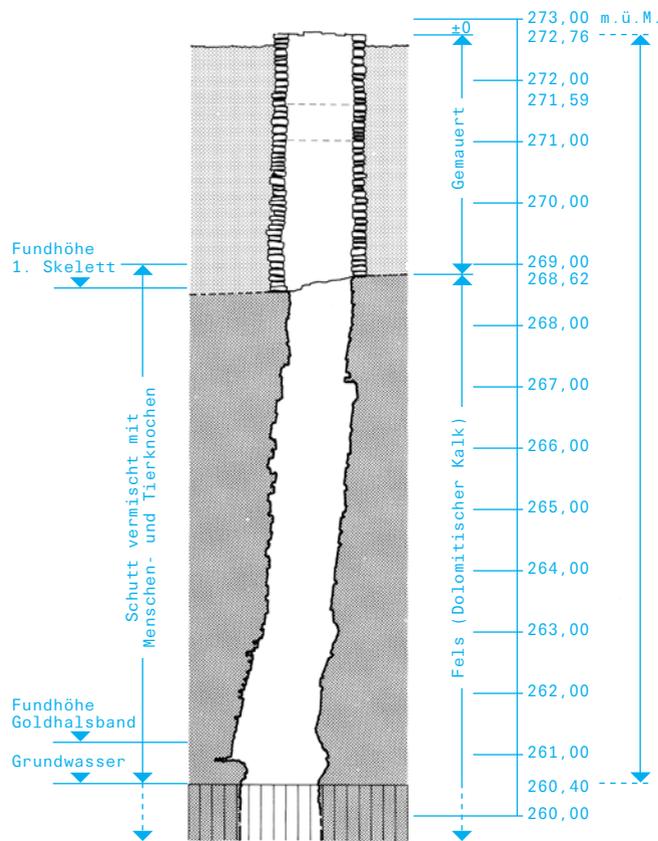


<sup>43</sup> Plan der Unterstadt von Augusta Raurica (Kaiseraugst, AG). Die bislang entdeckten Sodbrunnen sind mit blauen Punkten markiert.

Einer dieser Sodbrunnen ist gut 12 m tief <sup>44</sup>. Die obersten vier Meter sind mit Kalkbruchsteinen ausgekleidet, die ohne Verwendung von Mörtel aufgemauert wurden. Den unteren Teil schlugen die Römer aus dem Felsen heraus.

Im späteren 3. Jh. n. Chr. wurden viele Sodbrunnen mit Bauschutt und Abfällen verfüllt. Ab und zu finden sich darin auch Skelette von Tieren und sogar von Menschen <sup>45</sup>. Die Gründe für diese eigenartige Praxis sind (noch) nicht bekannt. Die Archäologen hoffen jedoch, bei der derzeit laufenden Grabung «Kaiseraugst-Wacht», wo weitere Sodbrunnen zum Vorschein kamen, Hinweise zu finden, die vielleicht zur Lösung dieses Rätsels beitragen.

[www.ag.ch/archaeologie/de/pub/aktuelles/laufende\\_grabungen/kaiseraugst](http://www.ag.ch/archaeologie/de/pub/aktuelles/laufende_grabungen/kaiseraugst)



<sup>44</sup> Schnitt durch einen Sodbrunnen in der Unterstadt von Augusta Raurica.



<sup>45</sup> Blick auf die in der Verfüllung des Sodbrunnens gefundenen menschlichen und tierischen Skelettreste.

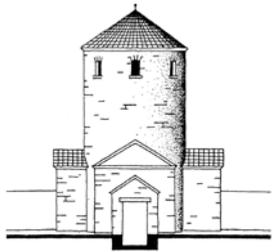
### Mechanische Hilfsmittel: Treträder und Doppelkolben-Pumpen

Im römischen Gutshof von Seeb (Gemeinde Oberglatt, ZH) schöpften die Bewohner das Wasser wahrscheinlich mit Hilfe eines sog. Tretrades aus dem Sodbrunnen <sup>46</sup>. Ein Tretrad funktioniert ähnlich wie eine Seilwinde: Der Schöpfeimer ist an einem Seil befestigt, das über Umlenkrollen im oberen Teil des Rundbaus mit dem Tretrad verbunden ist. Das Tretrad von Seeb war so gross, dass eine Person aufrecht darin stehen und das Rad mit den Füßen antreiben konnte.

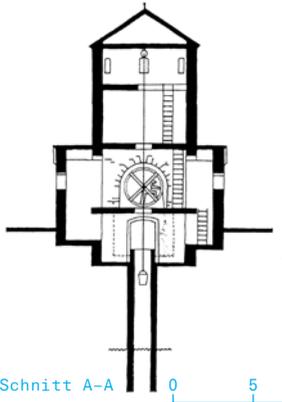
Oben angekommen entleerte sich der Wassereimer von selbst in ein Sammelbecken und gelangte von dort aus in hölzernen Druckleitungen zum Herrenhaus.

Ein weiteres, nur selten nachweisbares Hilfsmittel um das Grundwasser aus einem Sodbrunnen an die Erdoberfläche zu befördern, waren die sog. Doppelkolben-Pumpen. Das Kernstück einer Doppelkolben-Pumpe bildet ein Pumpenstock aus Eichenholz <sup>47</sup>. In seinem Inneren befinden sich zwei Ventilklappen aus Leder, die mit Bleiplättchen beschwert sind, sowie zwei Zylinder aus Eichenholz. Letztere lassen sich mit Hilfe einer Hebelvorrichtung und eines Gestänges auf und ab bewegen <sup>48</sup>. Die so erzeugte Druck- und Saugwirkung bewirkt, dass das Grundwasser durch eine aus Holztaucheln zusammengesetzte Steigleitung nach oben gepresst wird. Je kleiner die Pumpe, desto weniger Kraftaufwand ist nötig, um das Wasser empor zu pumpen.

Die Förderleistung der bislang gefundenen Doppelkolben-Pumpen lag in Wederath-Belginum, D bzw. Zewen-Oberkirch, D zwischen 35 l und 95 l in der Minute.



Nord-West

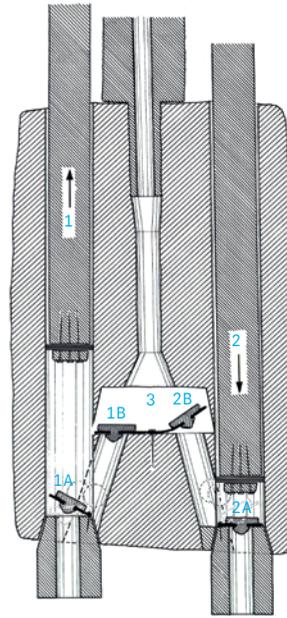


Schnitt A-A 0 5 10m

46 Querschnitt des Brunnenhauses im römischen Gutshof von Seeb (Gemeinde Oberglatt, ZH). Das Wasser wurde mit Hilfe eines Tretrads aus dem Sodbrunnen in ein Sammelbecken befördert und gelangte von dort aus in hölzernen Druckleitungen zum Herrenhaus.



47 Pumpenstock aus Eichenholz aus der römischen Siedlung Wederath-Belginum, D.  
Unten: Ansicht des Pumpenstocks mit der Öffnung für die Ventilkappen.  
Oben: Aufsicht mit den Öffnungen für die beiden Kolben und das Gestänge, mit dem die beiden Kolben auf und ab bewegt werden konnten.



48 Schnitt durch den Pumpenstock aus Wederath-Belginum, D.

Legende:  
1 und 2: Kolben  
1a, 1b, 2a, 2b: Rückschlagventile (mit Bleiplättchen beschwertes Leder)  
3: Wasserkammer  
4: Gestänge.

# ALLE BRAUCHEN WASSER

Laura Rindlisbacher

Sauberes Trinkwasser war Voraussetzung für die Gesundheit der Einwohner einer römischen Siedlung.

Deswegen hatte die Versorgung der öffentlichen Laufbrunnen und der Privathaushalte mit Wasser eine sehr grosse Bedeutung.

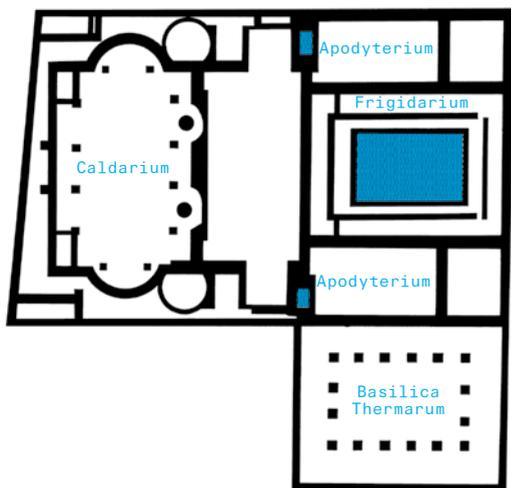
Eine wichtige Rolle für die Hygiene spielten auch die öffentlichen Bäder. Die oftmals riesigen Thermenanlagen mussten konstant mit Frischwasser versorgt werden. Die verschiedenen Gewerbebetriebe benötigten ebenfalls sehr viel Wasser.

## Hygiene und Sauberkeit in Vindonissa

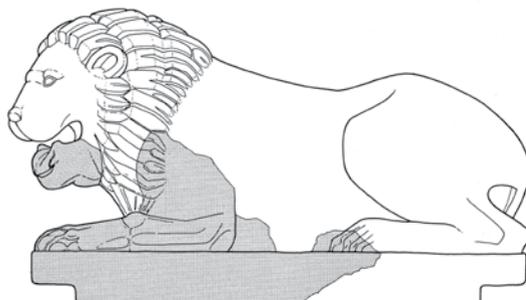
Die in Vindonissa stationierten Soldaten benötigten nicht nur Trinkwasser, sondern auch viel Frischwasser für die Lagerthermen 49. Diese waren fast so gross und luxuriös ausgestattet, wie die Thermen in den grossen Zivilsiedlungen. Im Kaltwasserraum (*frigidarium*) befand sich ein Schwimmbecken (*natatio*), im heissen Raum (*caldarium*) befanden sich kleinere Wasserbecken (*piscinae*).

Von der luxuriösen Ausstattung der Lagerthermen zeugt ein fast lebensgrosser Brunnenlöwe 50. Aus seinem Rachen floss das Wasser in das Kaltwasserbassin des *frigidariums*. Im Lapidarium des Vindonissa-Museums ist ein weiterer Fund aus den älteren Lagerthermen der 13. Legion ausgestellt: Die grosse, aus Granit gefertigte Schale stammt von einem Springbrunnen (*labrum*), aus dem man sich nach dem Besuch des Schwitzbads (*laconicum*) mit kaltem Wasser abspritzen konnte.

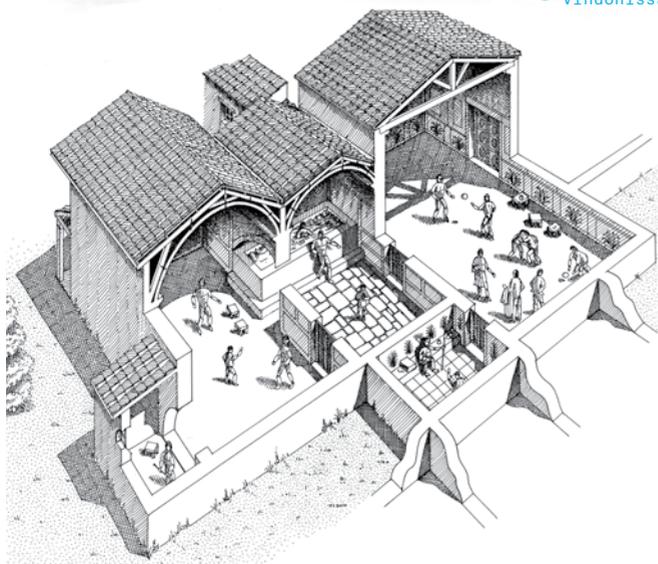
Die Zivilbevölkerung musste sich mit einer wesentlich bescheideneren Badeanlage (*balneum*) begnügen 51. Die Überreste sind öffentlich zugänglich (Legionärspfad, Station V).



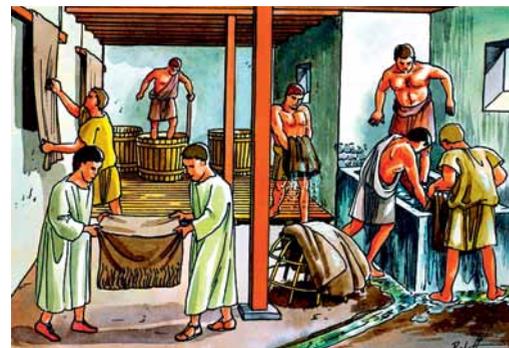
49 Grundriss der Lagerthermen von Vindonissa zur Zeit der 11. Legion (ca. 70 - 101 n. Chr.).



50 Rekonstruktion des in den Lagerthermen von Vindonissa gefundenen Brunnenlöwen aus Kalkstein.



51 Rekonstruktionszeichnung des zivilen balneums von Vindonissa (um 200 n. Chr.).

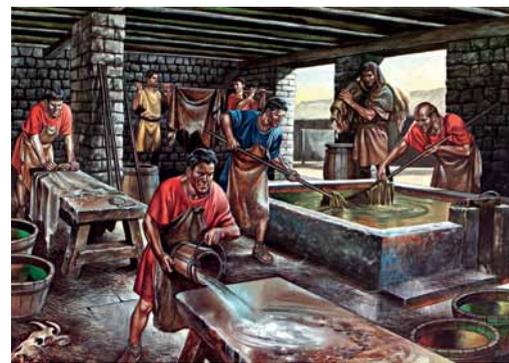


52 Blick in eine Tuch-Walkerei. Die Darstellung orientiert sich an den an Ort und Stelle konservierten Befunden im Gewerbe- und Handelshaus «Schmidmatt» in der Unterstadt von Augusta Raurica.

### Wasser für die Verarbeitung von Stoff und Leder

Bei der Herstellung von Stoffen wird – auch heute noch – vor allem für das sog. Walken viel Wasser gebraucht. Beim Walken werden ungewebte Wollfasern (Filz) oder Stoffe in Wasserbecken oder Bottiche gelegt. Die Tuchw Walker treten dann längere Zeit mit blossen Füßen auf den Stoffen herum, wobei immer wieder frisches Wasser nachfließen muss 52. Beim Walken verdichten sich die Fasern und es entsteht ein robustes Tuch, aus dem beispielsweise Mäntel hergestellt wurden.

Um Leder herzustellen, müssen die Tierhäute zuerst von Haaren und Fleischresten befreit und dann gegerbt werden. Beim Gerben werden die Tierhäute in Bottiche gelegt, die mit Wasser und sog. Gerbstoffen gefüllt sind 53. Als Gerbstoff verwendeten die Römer meist Urin. Das Gerben bewirkt, dass sich die Tierhäute in Leder umwandeln, also stabiler und robuster werden und auch ihre Farbe ändern. Vor der Weiterverarbeitung muss das gegerbte Leder während längerer Zeit mit frischem Wasser gründlich gereinigt werden.



53 Blick in eine Gerberei in einem römischen Legionslager.

### Wasser für die Herstellung von Tonziegeln und Keramikgefäßen

Töpfereien und Ziegeleien benötigen ebenfalls sehr viel Wasser und zwar vor allem für die Aufbereitung des Tones. Dabei wird dem Ton solange Wasser und Sand hinzugefügt, bis er die richtige Festigkeit erreicht hat. In einer Ziegelei wird der Ton zusätzlich mit Stroh vermischt und mit Hilfe eines Holzrahmens in ziegelförmige Rohlinge gepresst. Diese werden in offenen Hallen getrocknet, bevor sie im Brennofen gebrannt werden.

Der Töpfer bringt den aufbereiteten Ton mit Hilfe einer Töpferscheibe in Form und zieht durch Drehen seine Gefäße hoch. Dabei muss der Ton immer wieder mit Wasser besprenkelt werden, damit er sich gut bearbeiten lässt. Das fertig gedrehte Geschirr wird ebenfalls getrocknet und danach gebrannt.

# DRECKIGES WASSER AM ENDE DER REISE

Daniel Reber

Die Entsorgung des Abwassers funktionierte in der Römerzeit ähnlich wie heutzutage: Es wurde in Rinnen abgeleitet und an den Strassenseiten in Abwasserkanälen gesammelt.

Die Abwasserkanäle vereinigten sich zu immer grösseren Hauptleitungen, an die auch die öffentlichen Latrinen angeschlossen waren. Mannshöhe, begehbare Abwasserkanäle, sog. Kloaken, führten das Schmutzwasser schliesslich aus der Siedlung heraus und leiteten es in ein Fließgewässer, einen Sumpf oder ins Meer ab.

Die Entsorgung des Abwassers war damals wie heute von zentraler Bedeutung, um Krankheiten und Seuchen zu verhindern.

## Die Abwasserentsorgung in Vindonissa

Im Legionslager wurde das Abwasser – zusammen mit dem Regenwasser – in gemauerten Kanälen gesammelt. Diese verlaufen auf beiden Strassenseiten und waren mit Steinplatten abgedeckt. Bei der *via Praetoria* entdeckten Archäologen solche Traufwasserkanäle und konnten einen Teilabschnitt an Ort und Stelle konservieren und öffentlich zugänglich machen (Legionärspfad, Station VII).

Wie ein beim Nordtor (*porta decumana*) entdeckter Dolendeckel zeigt <sup>54</sup>, waren einzelne Abdeckplatten zudem mit Öffnungen versehen, damit das Regenwasser direkt in den Abwasserkanal fließen konnte (Legionärspfad, Station IV).

Das in den kleineren Kanälen gesammelte Abwasser wurde in grosse Kloaken geleitet. Die grösste Kloake des Legionslagers von Vindonissa, die sog. *cloaca maxima*, ist 0,9 m breit und 2 m hoch <sup>55</sup> und kann besichtigt werden (Legionärspfad, Station III). Sie verläuft parallel zur westlichen Lagermauer und endet beim Nordwestturm. Von dort aus floss das Abwasser dann den Abhang hinunter in die Aare.

Die Zivilsiedlungen von Vindonissa besaßen wahrscheinlich kein eigentliches Kanalisationssystem; die Bevölkerung entsorgte das Abwasser wohl meist in Sickergruben.

## Die Abwasserentsorgung in Augusta Raurica

In Augusta Raurica kennen wir Abschnitte von zwei grösseren Kloaken. Eine begehbare Kloake befindet sich zwischen den Zentralthermen und dem Violentbach <sup>56</sup>. Sie ist 80 m lang, 1,9 m hoch und 0,7 m breit und mit einem Gewölbe abgedeckt. Drei mit Sandsteinplatten abgedeckte Einstiegsschächte ermöglichen den Zugang für Reinigungs- und Reparaturarbeiten.

Eine weitere, mehrfach reparierte und verlängerte Kloake führt vom Theater zur Ergolz <sup>57</sup>. Sie ist noch auf einer Strecke von etwa 130 m erhalten, aber aus Sicherheitsgründen nicht zugänglich. Sie entwässerte die Arena des (älteren) Amphitheaters und die Orchestra des (jüngeren) Theaters, aber auch die Frauentermen und das Nebenforum. Abgedeckt ist diese Kloake zum Teil mit einem gemauerten Gewölbe, zum Teil mit Sandsteinplatten.

Der unter dem Südteil des Theaters liegende Teil der Kloake stürzte bereits in der Antike ein. Er wurde in der Folge nicht repariert, sondern mit einem neuen Abwasserkanal «umgangen».



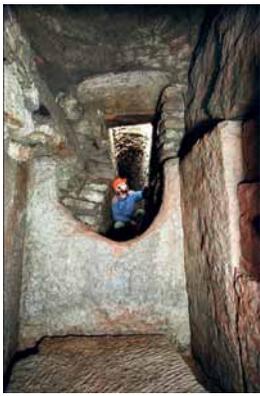
<sup>54</sup> Blick auf den beim Nordtor des Legionslagers von Vindonissa entdeckten, an Ort und Stelle konservierten Dolendeckel.



<sup>55</sup> Blick in die sog. *cloaca maxima* des Legionslagers von Vindonissa.



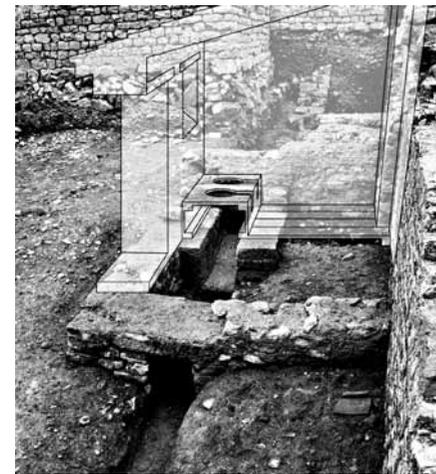
<sup>56</sup> Blick in die begehbare Kloake zwischen den Zentralthermen von Augusta Raurica und dem Violentbach.



57 Blick in die mehrfach reparierte und verlängerte Kloake unter dem Theater von Augusta Raurica.



58 Innenaufnahme der beleuchteten *cloaca maxima* in Rom.



60 Rekonstruktion einer privaten Gemeinschaftslatrine in einer Stadtvilla in Augusta Raurica.

## Die Abwasserentsorgung in Rom

Die Anfänge der berühmten *cloaca maxima* in Rom <sup>58</sup> reichen bis in die Zeit um 500 v. Chr. zurück. Angelegt wurde sie ursprünglich, um die tiefer liegenden, sumpfigen und oftmals vom Tiber überschwemmten Stadtteile zu entwässern. Es handelte sich dabei ursprünglich um einen offenen Kanal, der erst später mit einem Gewölbe abgedeckt wurde – wohl wegen des Gestanks der darin entsorgten Abfälle.

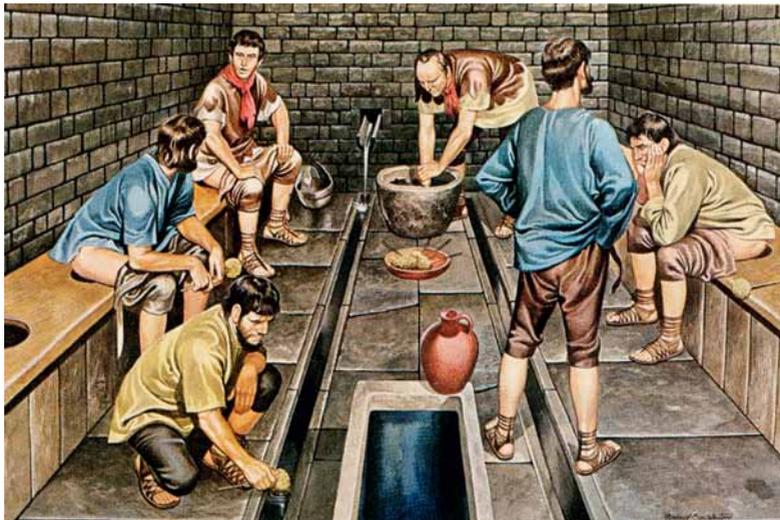
Die *cloaca maxima* ist 4,2 m hoch und 3,2 m breit, also so gross, dass für die Reinigungs- und Unterhaltsarbeiten Boote benötigt wurden.

## Römische Latrinen

Der Römer verrichtete sein «Geschäft» in öffentlichen Latrinen (*forica*), die sich meist in den Thermenanlagen befanden <sup>59</sup>. Es handelte sich dabei auch um soziale Treffpunkte, für deren Benutzung allerdings bezahlt werden musste. Die reichen Römer leisteten sich manchmal auch den Luxus einer privaten Gemeinschaftslatrine <sup>60</sup>.

Als Toilettenpapier benutzen die Römer Moos oder Schwämme an Holzstielen. Gereinigt wurden diese in einer Rinne mit fliessendem Wasser, die sich vor den Latrinenbänken befand.

Für das «kleine Geschäft» diente Amphoren mit abgeschlagener Mündung. Sie wurden von den Gerbern geleert, die Urin für ihr Handwerk benötigten. Diese «Pissoirs» waren billiger als die Benutzung von öffentlichen Latrinen – zumindest bis Kaiser Vespasian (69 – 79 n. Chr.) diese auch besteuern liess. In diesem Zusammenhang prägte er den Spruch «Geld stinkt nicht!» («*pecunia non olet!*»).



59 Rekonstruktion des Betriebs in der Latrine des Kastells von Housestead am Hadrianswall, GB.

## Weiterführende Literatur (Auswahl)

### Allgemeine Literatur zur Wasserversorgung

- B. Cech, Technik in der Antike (Darmstadt 2010).
- Frontinus-Gesellschaft e. V. (Hrsg.), Die Wasserversorgung antiker Städte. Mensch und Wasser, Mitteleuropa, Thermen, Bau / Materialien, Hygiene. Geschichte der Wasserversorgung 3 (München 1988).
- Frontinus-Gesellschaft e. V. (Hrsg.), Wasserversorgung im antiken Rom. Sextus Iulius Frontinus, Curator Aquarum. Geschichte der Wasserversorgung 1 (4. Auflage München 1989).
- K. Grewe, Planung und Trassierung römischer Wasserleitungen. Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft. Supplementband 1 (Wiesbaden 1985).
- A. T. Hodge, Roman Aqueducts & Water Supply (London 1992).
- N. Schnitter, Römischer Wasserbau in der Schweiz. Helvetia Archaeologica 73, 1988, 2-18.
- R. Tölle-Kastenbein, Antike Wasserkultur (München 1990).

### Allgemeine Literatur zur Abwasserentsorgung

- R. Neudecker, Die Pracht der Latrine. Zum Wandel öffentlicher Bedürfnisanstalten in der kaiserzeitlichen Stadt. Studien zur antiken Stadt (München 1994).
- G. E. Thüry, Müll und Marmorsäulen. Siedlungshygiene in der Antike. Zaberns Bildbände zur Archäologie (Mainz 2001).

### Antike Schriftquellen

- Frontinus, De Aquaeductu Urbis Romae – Die Wasserversorgung der antiken Stadt Rom, dt.-lat., übers. von Gerhard Kühne. In: Frontinus-Gesellschaft (Hrsg.), Wasserversorgung im antiken Rom. Die Wasserversorgung antiker Städte 1 (München 1983) 79-128.
- Plinius der Ältere, Naturalis Historia – Naturgeschichte, lat.-dt., hrsg. und übers. von Roderich König (Düsseldorf 2007).
- Vitruv, De Architectura Libri Decem – Zehn Bücher über Architektur, lat.-dt., übers. von Curt Fensterbusch (Darmstadt 2008).

### Augusta Raurica

- L. Berger, Führer durch Augusta Raurica (6. Auflage Augst 1998) 183-188.
- J. Ewald / M. Hartmann / P. Rentzel, Die römische Wasserleitung von Liestal nach Augst. Archäologie und Museum 36, (Liestal 1997).
- J. Ewald, Die römische Wasserleitung von Liestal nach Augst. In: J. Ewald / J. Tauber (Hrsg.), Tatort Vergangenheit. Ergebnisse der Archäologie heute (Basel 1998) 211-220.

- A. R. Furger (mit einem Beitrag von M. Horisberger), Die Brunnen von Augusta Raurica. Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 18, 1997, 143-184.

- A. R. Furger, Trinkwasser für die Stadtbewohner. In: R. Salathé (Red.), Augst und Kaiseraugst: Zwei Dörfer – eine Geschichte (Liestal 2007) 34-38.

- R. Marti, Zwischen Grundbedarf und Überfluss. Wassernutzung im römischen Baselbiet. Baselbieter Heimatbuch 27, 2009, 219-238.

### Aventicum

- A. Duvauchelle, L'utilisation de plomb dans l'hydraulique d'Aventicum. Bulletin de l'Association Pro Aventico 50, 2008, 187-252.
- C. Grezet, Nouvelles recherches sur les aqueducs d'Aventicum. Bulletin de l'Association Pro Aventico 48, 2006, 49-105.

### Handwerk und Gewerbe

- U. Brandl / E. Federhofer, Ton + Technik: Römische Ziegel. Katalog zur gleichnamigen Ausstellung im Limesmuseum Aalen, 22. April bis 14. November 2010. Schriften des Limesmuseums Aalen 61 (Stuttgart 2010).
- A. Gansser-Burckhardt, Das Leder und seine Verarbeitung im römischen Legionslager Vindonissa. Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 1 (Basel 1942).

### Köln

- K. Grewe, Atlas der Römischen Wasserleitungen nach Köln. Rheinische Ausgrabungen 26 (Köln 1986).
- W. Haberey, Die römischen Wasserleitungen nach Köln (Bonn 1971).

### Liestal-Munzach

- J. Ewald / A.-M. Kaufmann-Heinimann, Ein römischer Bronzedelphin aus Munzach bei Liestal BL. Archäologie Schweiz 1, 1978, 23-31.
- Reto Marti, Zwischen Römerzeit und Mittelalter. Forschungen zur frühmittelalterlichen Siedlungsgeschichte der Nordwestschweiz (4. – 10. Jahrhundert). Archäologie und Museum 41A (Liestal 2000) bes. 276-278.

### Nîmes / Pont du Gard

- D. Darde, Nîmes antique. Guides archéologiques de la France (Paris 2005).
- G. Fabre / J.-L. Fiches / J.-L. Paillet, L'aqueduc de Nîmes et le Pont du Gard. Archéologie, géosystème et histoire (Gard 1991).
- A. Veyrac, Nîmes romaine et l'eau. 57e supplément à Gallia (Paris 2006).

### Rom

- P. J. Aicher, Guide to the Aqueducts of ancient Rome (Wauconda 1995).

- F. Coarelli, Rom – Ein archäologischer Führer (Mainz 2000).

- H. B. Evans, Water Distribution in ancient Rome – The Evidence of Frontinus (Michigan 1994).

### Seeb

- W. Drack (mit Beiträgen von A. Benghezal et al.), Der römische Gutshof bei Seeb / Gem. Winkel. Ausgrabungen 1958-1969. Berichte der Zürcher Denkmalpflege. Archäologische Monographien 8 (Zürich 1990).

### Vindonissa

- M. Baumann, Geschichte von Windisch, vom Mittelalter bis zur Neuzeit (Windisch 1983) bes. 36-39.
- M. Hartmann, Vindonissa. Oppidum-Legionslager-Castrum (Windisch 1986) 89-92.
- M. Hartmann (aktualisiert von R. Hänggi und Th. Pauli-Gabi), Das römische Legionslager von Vindonissa. Archäologische Führer der Schweiz 18 (Brugg 2003).
- R. Laur-Belart, Vindonissa, Lager und Vicus. Römisch-Germanische Forschung Bd. 10 (Berlin / Leipzig 1935) 23-24 und 91-96.
- F. B. Maier-Osterwalder, Die sogenannte «ältere» oder «frühere» römische Wasserleitung zum römischen Legionslager Vindonissa. Jahresbericht der Gesellschaft Pro Vindonissa 1990, 43-50.

- F. B. Maier-Osterwalder, Die wasserführende römische Wasserleitung von Hausen nach Vindonissa. Archäologie Schweiz 17, 1994, 140-152.

- R. Widmer, Technische Betrachtungen zur Leistung des sog. «älteren» römischen Frischwasserkanals. Jahresbericht der Gesellschaft Pro Vindonissa 1990, 50-52.

### Vitodurum

- Th. Pauli-Gabi / Ch. Ebnöther / P. Albertin / A. Zürcher (mit einem Beitrag von K. Wyprächtiger), Ausgrabungen im Unteren Bühl. Die Baubefunde im Westquartier. Ein Beitrag zum kleinstädtischen Bauen und Leben im römischen Nordwesten. Beiträge zum römischen Oberwinterthur – Vitodurum 6. Monographien der Kantonsarchäologie Zürich 34/1 – Gesamtübersicht (Zürich und Egg 2002) 165-168.

### Wederath-Belginum

- A. Neyses, Eine römische Doppelkolben-Druckpumpe aus dem Vicus Belginum. Trierer Zeitschrift 35, 1972, 109-121.
- M. Neyses-Eiden, Holz erzählt Geschichte. Dendrochronologische Forschungen zwischen Mosel und Hunsrück. Schriften des Archäologieparks Belginum 1 = Schriftenreihe des Rheinischen Landesmuseums Trier 29 (Trier 2005).

Weitere Literaturangaben finden sich im Abbildungsnachweis.

## Abbildungsnachweis

- |         |                                                                                                                                                                               |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Abb. 1  | Foto: Laura Laschinger.                                                                                                                                                       |
| Abb. 2  | Foto: Kantonsarchäologie AG.                                                                                                                                                  |
| Abb. 3  | Foto: Wikimedia Commons / Fczarnowski.                                                                                                                                        |
| Abb. 4  | Kantonsarchäologie Aargau, Zeichnung: Bunter Hund, Zürich.                                                                                                                    |
| Abb. 5  | Kantonsarchäologie Aargau, Zeichnung: Zoe Koh, Tina Cavka, Sandro Isler, Markus Roost.                                                                                        |
| Abb. 6  | Kantonsarchäologie Aargau, Zeichnung: Zoe Koh, Tina Cavka, Sandro Isler, Markus Roost.                                                                                        |
| Abb. 7  | W. Haberey, Die Römischen Wasserleitungen nach Köln (Düsseldorf 1971) Abb. 36.                                                                                                |
| Abb. 8  | N. Schnitter, Römische Talsperren. Antike Welt 9 (München 1978) Abb. 5.                                                                                                       |
| Abb. 9  | P.-A. Schwarz, Gewässerkorrekturen in römischer Zeit. In: H. Hüster-Plogmann (Hrsg.), Fisch und Fischer aus zwei Jahrtausenden. Forschungen in Augst 39 (Augst 2006) Abb. 28. |
| Abb. 10 | N. Schnitter, Römische Talsperren. Antike Welt 9 (München 1978) Abb. 3.                                                                                                       |
| Abb. 11 | R. Marti, Zwischen Grundbedarf und Überfluss. Wassernutzung im römischen Baselbiet. Baselbieter Heimatbuch 27 (Liestal 2009) Abb. 11.                                         |
| Abb. 12 | Kantonsarchäologie Aargau, Zeichnung: Zoe Koh, Tina Cavka, Sandro Isler, Markus Roost.                                                                                        |
| Abb. 13 | Foto: Kantonsarchäologie Aargau.                                                                                                                                              |
| Abb. 14 | J. Ewald / M. Hartmann / P. Rentzel, Die römische Wasserleitung von Liestal nach Augst. Archäologie und Museum 36 (Liestal 1997) Abb. 47a, b.                                 |
| Abb. 15 | Foto: Fabio Tortoli.                                                                                                                                                          |
| Abb. 16 | Foto: Fabio Tortoli.                                                                                                                                                          |
| Abb. 17 | W. Haberey, Die Römischen Wasserleitungen nach Köln (Düsseldorf 1971) Abb. 47.                                                                                                |
| Abb. 18 | K. Grewe, Atlas der römischen Wasserleitungen nach Köln. Rheinische Ausgrabungen 26 (Köln 1986) Abb. 72.                                                                      |
| Abb. 19 | M. A. Speidel, Die römischen Schreibtafeln von Vindonissa. Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 12 (Baden 1996) Abb. auf S. 102 – 104.                          |
| Abb. 20 | Kantonsarchäologie Aargau, Zeichnung: Zoe Koh, Tina Cavka, Sandro Isler, Markus Roost.                                                                                        |
| Abb. 21 | F. Maier, Vindonissa: Rückblick auf die Feldarbeiten zwischen Herbst 1992 und Herbst 1993. Jahresbericht der Gesellschaft Pro Vindonissa 1993, Abb. 10.                       |
| Abb. 22 | Kantonsarchäologie Aargau, Zeichnung: Zoe Koh, Tina Cavka, Sandro Isler, Markus Roost.                                                                                        |
| Abb. 23 | Kantonsarchäologie Aargau, Zeichnung: Bunter Hund, Zürich.                                                                                                                    |

- Abb. 24 F. Maier, Vindonissa: Rückblick auf die Feldarbeiten im Jahr 1996. Jahresbericht der Gesellschaft Pro Vindonissa 1996, Abb. 5.
- Abb. 25 [http://1.bp.blogspot.com/\\_gtqTizFiWN0/TKQFd2mrDhI/AAAAAAACJs/tcuiS1Dj-M4/s1600/Pont+du+Gard+aerial.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_gtqTizFiWN0/TKQFd2mrDhI/AAAAAAACJs/tcuiS1Dj-M4/s1600/Pont+du+Gard+aerial.jpg) (Letzter Zugriff am 13. Juli 2011).
- Abb. 26 K. Grewe, Atlas der römischen Wasserleitungen nach Köln (Köln 1986) Abb. 77.
- Abb. 27: Foto: Archiv Ausgrabungen Augst / Kaiseraugst.
- Abb. 28 Zeichnung: Kantonsarchäologie Aargau.
- Abb. 29 Foto: Fabio Tortoli.
- Abb. 30 F. Kretschmer, Bilddokumente römischer Technik (Wiesbaden o. J.) Abb. 82.
- Abb. 31 R. Chevallier, Römische Provence. Die Provinz Gallia Narbonensis (Feldmeilen 1979) Abb. 58.
- Abb. 32 Kantonsarchäologie Aargau, Zeichnung: Archaeoskop, Freiburg im Breisgau.
- Abb. 33 Foto: Kantonsarchäologie Aargau.
- Abb. 34 Foto: Archiv Ausgrabungen Augst / Kaiseraugst.
- Abb. 35 A. Mutz, Römische Wasserhähnen. Ur-Schweiz 22/2, 1958, Abb. 24.
- Abb. 36 K. Grewe, Planung und Trassierung römischer Wasserleitungen. Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft, Supplementband 1 (Wiesbaden 1958) Abb. 59.
- Abb. 37 Zeichnung: Markus Schaub.
- Abb. 38 M. Bossert, Die figürlichen Skulpturen des Legionslagers von Vindonissa. Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 16 (Brugg 1999) Tafel 16.
- Abb. 39 A. R. Furger, Die Brunnen von Augusta Raurica. Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 18, 1997, Abb. 17.
- Abb. 40 J. Rychener (mit Beiträgen von B. Pfäffli und M. Schaub), Ausgrabungen in Augst im Jahre 2005. Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 27, 2006, Abb. 14.
- Abb. 41 J. Ewald / J. Tauber, Tatort Vergangenheit: Ergebnisse aus der Archäologie heute (Basel 1998) Abb. 4.8
- Abb. 42 J. Ewald / J. Tauber, Tatort Vergangenheit: Ergebnisse aus der Archäologie heute (Basel 1998) Abb. 6.5.19
- Abb. 43 Zeichnung: Ausgrabungen Augst / Kaiseraugst.
- Abb. 44 M. Schwarz, Der Brunnenschacht beim SBB-Umschlagplatz in Kaiseraugst 1980: Befund und Funde. Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 6, 1986, Abb. 1.
- Abb. 45 Foto: Archiv Ausgrabungen Augst / Kaiseraugst.
- Abb. 46 W. Drack (mit Beiträgen von A. Benghezal et al., Der römische Gutshof bei Seeb / Gem. Winkel. Ausgrabungen 1958 - 1969. Berichte der Zürcher Denkmalpflege. Archäologische Monographien 8 (Zürich 1990) Abb. 245.
- Abb. 47 M. Neyses-Eiden, Holz erzählt Geschichte. Dendrochronologische Forschungen zwischen Mosel und Hunsrück. Schriften des Archäologieparks Belginum 1 = Schriftenreihe des Rheinischen Landesmuseums Trier 29 (Trier 2005) Abb. 26.
- Abb. 48 M. Neyses-Eiden, Holz erzählt Geschichte. Dendrochronologische Forschungen zwischen Mosel und Hunsrück. Schriften des Archäologieparks Belginum 1 = Schriftenreihe des Rheinischen Landesmuseums Trier 29 (Trier 2005) Abb. 27.
- Abb. 49 M. Hartmann, Vindonissa: Oppidum - Legionslager - Castrum (Windisch 1986) Abb. 59.
- Abb. 50 M. Bossert, Die figürlichen Skulpturen des Legionslagers von Vindonissa. Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 16 (Brugg 1999) Tafel 18.
- Abb. 51 R. Bellettatti / P.-A. Schwarz, Zur Baugeschichte der Badeanlage auf dem Windischer Sporn. Jahresbericht der Gesellschaft Pro Vindonissa 2009, Abb. 30.
- Abb. 52 Zeichnung: Rolof (Rolf Meier).
- Abb. 53 R. Embleton / F. Graham Hadrian's wall in the days of the Romans (Newcastle upon Tyne 1984) 215.
- Abb. 54 Foto: Peter-A. Schwarz.
- Abb. 55 Foto: Museen Aargau / Legionärspfad.
- Abb. 56 U. Schild (Texte A. R. Furger), AUGUSTA RAURICA. Augster Museumsh. 24 (Augst 1999) Abb. 38.
- Abb. 57 Foto: Archiv Ausgrabungen Augst / Kaiseraugst.
- Abb. 58 G. E. Thüry, Müll und Marmorsäulen: Siedlungshygiene in der römischen Antike (Mainz 2001) Abb. 4.
- Abb. 59 G. E. Thüry, Müll und Marmorsäulen. Siedlungshygiene in der römischen Antike. (Mainz 2001) Abb. 8.
- Abb. 60 Th. Hufschmid / H. Sütterlin / P.-A. Schwarz, Von der Antike bis zum Bau des Plenarsaals. In: H.-J. Reinau (Hrsg.), Die Römerstiftung Dr. René Clavel (Liestal 2010) Abb. 7.