

Die römische Ruwerwasserleitung nach Trier im Ablaufgebiet Tarforst — Waldrach

von
ADOLF NEYSES

Obwohl wir infolge früherer Beobachtungen über die Trierer Ruwerwasserleitung schon zu grundsätzlichen Erkenntnissen gelangt sind, gibt es noch viele Einzelfragen, die zu klären der Zukunft vorbehalten bleiben müssen, wie zum Beispiel die der genauen Datierung, oder den unanzweifelbaren Grund der teilweise als Doppelkanal ausgebildeten Leitung. Die hier behandelten Untersuchungen beziehen sich im wesentlichen auf den Ablauf aus der Ruwer. Wenn auch das Leitungssystem dort in früheren Zeiten erhebliche Zerstörungen erfahren hat und dadurch sichere Beobachtungen erschwert wurden, so hoffen wir doch, mit dem vorliegenden Ergebnis einen weiteren Beitrag zur vollständigen Erfassung der römischen Trinkwasserleitung geben zu können.

Die Planung einer Sammel-Abwasserleitung durch das Ruwertal sowie die durch einen Hangrutsch zu verlegende Ruwertalstraße (K 57) gefährdeten die antike Trinkwasserleitung Triers innerhalb der Banngrenzen von Tarforst und Waldrach im unmittelbaren Bereich des Ablaufs aus der Ruwer, so daß bereits ab Ende Januar 1974 eine regelmäßige Observation der Baustellen erforderlich wurde.

Um den Baubehörden den Verlauf der römischen Wasserleitung möglichst genau angeben zu können — damit sie bei der Planung berücksichtigt werden könne —, haben wir den Kanal im Bereich seines Oberlaufs an zwölf Stellen angegraben (Abb. 1, Faltblatt, C—L; O—T). Und da er, den Ablauf aus der Ruwer (A u. B) ausgenommen, bis auf ganz wenige Stellen noch vollständig erhalten war, beschränkten sich die Untersuchungen meist nur auf das Freilegen des Gewölbescheitels; die Ergebnisse wurden dann durch eine zusammenhängende trigonometrische Vermessung in einem genauen Lageplan kartiert (Abb. 1). Trotz dieser genauen Angaben konnten Verhandlungen mit dem Wasserwirtschaftsamt nicht verhindern, daß aus technischen Gründen die antike Kanalleitung einige Male geschnitten werden mußte, was einerseits bedauerlich erschien, andererseits uns aber die Möglichkeit zu wenigstens kleineren Untersuchungen bot.

Den Verlauf der römischen Wasserleitung mit Konstruktionseinzelheiten — unter Einbeziehung älterer Beobachtungen — hat A. Krohmann bereits 1903 in einer ausgezeichneten, mit zahlreichen Abbildungen versehenen Studie dargelegt¹, die J. Steinhausen in seiner Ortskunde² und Siedlungskunde³ immer wieder aufgreift und durch Hinzufügung jüngerer Beobachtungen auf einen neuen Stand bringt. Und wenn es auch bis in die jüngste Zeit hinein an

¹ A. Krohmann, Die Wasserleitung des römischen Trier, Westdtsh. Zeitschr. XXII., 1903, 237 ff. u. Kartenbeilage, Taf. II.

² J. Steinhausen, Ortskunde Trier-Mettendorf, Bonn 1932.

³ J. Steinhausen, Archäologische Siedlungskunde des Trierer Landes, Trier 1936.

kleineren Einzelbeobachtungen nicht fehlte, so bleibt doch die von E. Samesreuther 1936 vorgelegte Arbeit „Römische Wasserleitungen in den Rheinlanden“⁴ bis zur völligen Klärung der noch ausstehenden Ungewißheiten eine wichtige Zusammenfassung auch über die Trierer Wasserleitung, auf die man auch heute noch gerne zurückgreift.

Was wir an völlig Neuem feststellen konnten war die Tatsache, daß die Wasserleitung, zum mindesten für die Spätzeit, 425 m unterhalb des oberen Schnittes mit der Ruwer noch einen Zulaufkanal aus der Ruwerrichtung hatte. Da dieser schräge Zulauf zum Hauptkanal nur 58 m oberhalb der heutigen Riverismündung liegt, tauchte unwillkürlich wieder die Version der „Gesta Treverorum“ auf, wonach die Riveris der Quellbach der römischen Wasserleitung sein sollte⁵, die Krohmann durch Nachgrabungen schon in den Bereich der Fabel verwies. Auch heute müssen wir diese Frage erneut verneinen und geben eine Begründung hierfür weiter unten, bei der Behandlung des unteren Zulaufs.

Zunächst aber wenden wir uns den kleineren Beobachtungen zu, die mit dem Feststellen der topographischen Lage der Wasserleitung erzielt wurden, und den Untersuchungen beim Herstellen der Entwässerungsleitung (Abb. 1). Bei K ist eine Querschnittbeschreibung gegeben, da hier die Wasserleitung auf eine größere Strecke vom Bagger erfaßt und zerstört wurde.

- C Das Gewölbe war hier noch unbeschädigt, Scheitel-OK = 162,70 ü. NN; heutige Erdüberdeckung 0,18 m. Die Überwölbung besteht aus Schiefergestein mit hellgrauem Mörtel. Mitvermauert wurden ältere, geziegelte Putz- oder Estrichteile, eine Beobachtung, die bei der Wasserleitung bis nach Trier fast überall festzustellen ist und auf eine generelle Erneuerung des Gewölbes nach erfolgter Renovierung der wasserdichten Putzauskleidung einschließlich der Kanalsohle schließen läßt.
- D Gewölbescheitel-OK = 162,74; heutige Erdüberdeckung 0,57 m. Das Gewölbe ist auch hier intakt und von gleicher Beschaffenheit wie bei C. Später wurde die antike Wasserleitung hier durch die Baumaßnahmen der Ruwertalkanalisation durchschnitten, ohne von uns beobachtet worden zu sein.
- E Gewölbescheitel-OK = 162,53; heutige Erdüberdeckung 0,67 m. Auch hier ist das Gewölbe ganz erhalten und in der Bauausführung wie bei C.
- F Gewölbescheitel-OK = 162,67; heutige Erdüberdeckung 0,81 m. Das Gewölbe ist vollständig erhalten und von gleicher Beschaffenheit wie bei C.
- G Hier war das Gewölbe zerstört. Die Stelle liegt an einer zur Ruwer hin abfallenden Böschung.
- H Gewölbescheitel-OK = 162,58; heutige Erdüberdeckung 0,65 m. Das Mauerwerk der Leitung in der Technik wie bei C; sie wurde hier später beim Bau der Entwässerungsleitung geschnitten.

⁴ E. Samesreuther, Römische Wasserleitungen in den Rheinlanden. 26. Ber. der Röm.-Germ. Komm., 1936.

⁵ Vgl. Anm. 1, 240; E. Zenz, Die Taten der Trierer (Gesta Treverorum) Bd. 1, 15.



Abb. 2 Leitungsquerschnitt bei K in Flußrichtung gesehen (Lage vgl. Abb. 1). Die Kanalbiegung ist durch kurze gerade Mauerstrecken hergestellt, an den horizontal angeordneten Kanthölzern der Baugrubenaussteifung ersichtlich

- I Die Sohle der Wasserleitung wurde bei den Baggerarbeiten angeschnitten und mit der Höhe 160,73 ermittelt.
- K (Abb. 2, und Abb. 3, K). Die in den Schieferfels geschrotete Rinne ist 2,20 m breit. Auf der Bausohle liegt zunächst eine durchgehende Trockenstickung aus Kalksteinen, auf der die Seitenwangen aufgemauert sind, die hier zumeist ebenfalls aus Kalksteinen bestehen, teilweise mit Ziegeldurchschuß. Die Seitenwände sind mit dem üblichen Ziegelputz versehen, der stellenweise noch erhalten ist und zu erkennen gibt, daß er vor Ausführung der Kanalsohle aufgetragen wurde, da sowohl der 10 cm starke, weniger Ziegelsplitt enthaltende Unterbeton als auch der viel Ziegelklein enthaltende, 5 cm starke Kanalboden mit den breitgezogenen Viertelrundstäben an den Wandputz anstoßen. Die lichte Größe der Kanalarinne beträgt $0,78 \times 1,10$ m, ihre Sohle liegt bei 160,73. Wie Abb. 2 zeigt, wurden Krümmungen des Kanals durch kurze, gerade Mauerstrecken gebildet, die erst durch die Aufbringung des gezielten

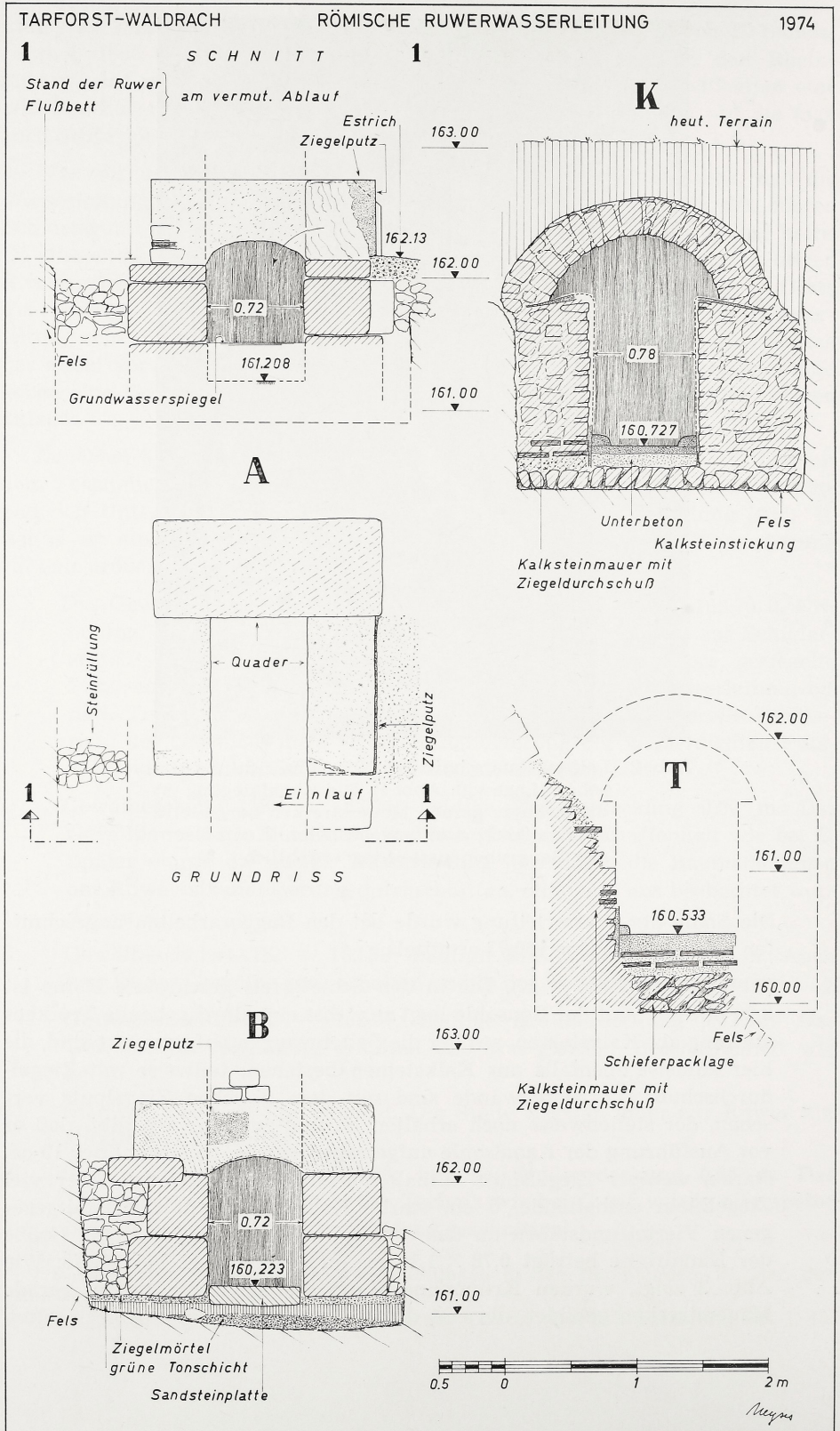


Abb. 3 Detailbeobachtungen der Leitung. Kanalschnitte in Flußrichtung gesehen (Lage vgl. Abb. 1)

Verputzes eine gewisse Abrundung erfuhren. Gleiche Beobachtungen dieser Technik treffen auch für die römischen Eifelleitungen nach Köln zu⁶ und liegen ebenfalls für die Kaikos-Leitung nach Pergamon vor⁷. Zwischen K bis südlich von D wurde beim Bau der Ruwertalentwässerung die antike Kanalleitung teilweise auf größere Strecken zerstört.

L Gewölbescheitel-OK = 162,55; heutige Erdüberdeckung 0,78 m. Das Gewölbe in gleicher Beschaffenheit wie bei C.

M—N Jüngerer Einlaufbauwerk, siehe weiter unten.

O Das Gewölbe war hier zerstört, weitere Untersuchungen sind wegen Einsturz des Schnittes nicht mehr erfolgt.

P Das Gewölbe der Wasserleitung war hier vom Besitze der Wiese früher eingeschlagen worden. Kanalsohle bei 160,69; Durchflußbreite 0,77 m; maximale Durchflußhöhe 0,92 m; Widerlagerhöhe = 161,61; Bogenhöhe 0,36 m; Gewölbestärke 0,54 m; heutige Erdüberdeckung des Gewölbes 0,26 m.

Q Gewölbescheitel-OK = 162,38; heutige Erdüberdeckung 0,35 m. Auch hier war das Gewölbe bereits früher aufgeschlagen und der Kanal mit Schutt verfüllt worden.

R Gewölbescheitel-OK = 162,45; heutige Erdüberdeckung 0,35 m. Der Gewölbemörtel hat hier viel mehr Ziegelkleingehalt und deshalb eine rötliche Farbe.

S Gewölbescheitel-OK = 162,28; heutige Erdüberdeckung 0,43 m. Der Gewölbemörtel hat hier die gleiche Beschaffenheit wie bei R. Die Stelle S liegt unmittelbar am Fuße der Bahnböschung, unter der die antike Wasserleitung noch erhalten zu sein scheint. Es ist nicht bekannt, ob man beim Bau der Kreisstraße 57, für die neben dem Bahndamm eine mächtige Böschung angeschüttet wurde, auch die römische Wasserleitung berührte.

T Vgl. Abb. 1, T und Abb. 3, T. An der steil zur Ruwer hin abfallenden felsigen Böschung liegen die Reste der römischen Wasserleitung offen zutage. Durch die Entstehung des Steilhanges, der möglicherweise seine jetzige Form durch Abbruch von Schiefergestein in früheren Zeiten bekam, ist die Wasserleitung bis auf die Kanalsohle und die Reste der bergseitigen Wangenmauer zerstört worden. Der Ziegeldurchschuß im Mauerwerk spricht für die jüngere Ausführung der Wasserleitung. Die Sohle des Kanals bei 160,53.

Die heutigen, teilweise recht geringen Bodenüberdeckungshöhen des Gewölbes lassen vermuten, daß der Kanal im Ablaufgebiet in seiner Benutzungszeit nur ganz wenig oder gar nicht überdeckt gewesen sein kann, da seither bergseitige Anlandungen angenommen werden müssen.

⁶ W. Haberey, Die römischen Wasserleitungen nach Köln. Düsseldorf 1971, 96.

⁷ Garbrecht-Fahlbusch, Wasserwirtschaftliche Anlagen des antiken Pergamon — Die Kaikos-Leitung. Mitt. des Leichtweiss-Instituts für Wasserbau der TU Braunschweig, Heft 44/1975, 70.

Der obere Ablauf

Der Schnittpunkt mit der Ruwer, bei der die Leitung ihren Anfang genommen haben wird, liegt in der Gemarkung Tarforst (T K 25 000 Pfalzel, 6206, r: 53 610; h: 11 440). Vom eigentlichen Ablaufbauwerk direkt an der Ruwer ist nichts mehr vorgefunden worden. Schon Schmitt berichtet um 1850 darüber: „Die Mündung ist zerstört, aber die Leute bezeichnen einstimmig diesen Platz als den Anfangspunkt. Oberhalb derselben kommt keine Spur davon vor. Aber nahe darunter brach man vor nicht langer Zeit (etwa um 1800?) eine kleine Strecke derselben aus⁸.“ Krohmann versuchte die Ablaufstelle freizulegen, fand aber nur eine abgespaltete Felswand⁹. Aber etwa da, wo der Ruwerablauf seinen Anfang genommen haben wird, schneidet die 1974 verlegte Entwässerungsleitung das Ruwerbett und nach Angabe der Bauleute sind keinerlei Reste gefunden worden, die darauf hindeuten könnten, daß die Ableitung noch erhalten war.

Für die Errichtung des Straßenüberbrückungsbauwerkes der Ruwer mußte zunächst das Flußbett bergseitig eine Umleitung erfahren, bei deren Ausbaggerung die am nächsten der Ruwer noch erhaltene, in den Schieferfels eingetieft Wasserleitung erfaßt wurde (Abb. 1, A). Die Felseinarbeitung war an dieser Stelle 2,60 m breit und weiter zur Ruwermündung hin konnte die Rinne noch etwa 12 m zur Mündung hin festgestellt werden, ohne daß der gemauerte Kanal in ihr noch erhalten war, womit die zitierten früheren Beobachtungen Bestätigung fanden. Lediglich eine Menge faustgroßer Sandsteinbrocken kamen zutage, die dafür sprechen, daß die Wasserleitung bis an die Ruwer aus Quadern zusammengefügt war, wie wir dies bei den Stellen A und B (Abb. 1) haben feststellen können¹⁰. Bergseitig fanden wir neben der vermuteten Ruweranschnittstelle eine im Verlauf der früheren Böschung angelegte grünliche Tonglättung (Abb. 1, a), deren Material hier ortsfremd ist und die wir in Zusammenhang mit dem Bodenbelag eines der Wasserleitung vorgelagerten Beckens bringen möchten; möglicherweise war der Ton die Bettungsunterlage eines Plattenbelages, nach dessen Entfernung Teile des Tons in den Kanal einschlammten, den wir bei den Punkten A und B auf der Kanalsohle bis zu einer Stärke von 0,30 m vorfanden.

Bei der Stelle A (Abb. 3, A) bestehen die Seitenwangen des 0,72 m (2,5 röm. Fuß = 0,74 m) breiten Kanals aus Sandsteinquadern von durchschnittlich 0,60 m Breite, die an den Stoßfugen durchschnittlich 3 cm konkav ausgehöhlt sind, und die dadurch entstehenden größeren Stoßfugen sind mit gutem Ziegelmörtel aufgefüllt, während die Lagerfugen anscheinend aus reinem Kalkbrei bestehen¹¹.

⁸ Ph. Schmitt, Der Landkreis Trier unter den Römern. Handschr. Manuskript im Landesmuseum Trier.

⁹ Vgl. Anm. 1, 238; ebenf. Anm. 4, dort auch Anm. 76.

¹⁰ Vgl. Anm. 8. Schmitt beschreibt dort faustgroße Sandsteinbrocken, wie wir an gleicher Stelle ebenfalls feststellen konnten.

¹¹ Schmitt sagt (vgl. Anm. 8, bei Krohmann, Anm. 1, in Anm. 7 wiedergegeben), in der Pfarrgartenmauer in Morscheid sei ein roter Sandstein von 0,60 m Breite vermauert, der eine 0,21 m breite und 0,16 m tiefe Wasserrinne gehabt habe und vom Beginn der röm. Wasserleitung herstamme. — Hier handelt es sich sicher um einen roten Sandsteinquader von der fehlenden Kanalstrecke am Ruweranschnitt. Allerdings konnten wir eine eingearbeitete Rinne von dieser Größe an keinem der von uns beobachteten Quader feststellen. Die von uns gesehenen konkaven Aushöhlungen an den Kopfseiten der Quader hatten wesentlich kleinere Abmessungen.

Die Kanalsohle konnte durch nachströmendes Grundwasser hier nicht sichtbar ergraben werden, da eine Unterbrechung der Bauarbeiten nicht möglich war. Aber durch einen an mehreren Stellen in die grünliche Tonfüllung des Kanals eingeschlagenen Eisenstab wurde die Kanalsohle mit 161,21 ü. NN sicher ertastet. Diese Stelle liegt offensichtlich noch oberhalb des von Krohmann untersuchten Kanals bei I¹² (vgl. auch S. 83, 84), für den er in seiner Nivellementtabelle die Sohlhöhe mit 160,82 ü. NN angibt¹³. Da wir 12 m abwärts unserer ersten Stelle erneut Gelegenheit zur Untersuchung hatten — diesmal konnte das Grundwasser abgepumpt werden —, wurde die Kanalsohle bei B mit 161,22 festgestellt. Hier besteht die Kanalsohle nicht aus dem sonst üblichen Kalkbeton mit erheblicher Beigabe kleingestoßener Ziegel, sondern aus einem Sandsteinplattenbelag und erst tiefer aus Ziegelmörtel, den Krohmann — der bei seiner Stelle I¹⁴ auch mit dem Grundwasser Schwierigkeiten gehabt haben mußte — möglicherweise als die eigentliche Kanalsohle ansah, weshalb die Höhendifferenz zu unserer Aufnahme von 0,39 m zustandegekommen sein mag.

Eine weitere, nicht uninteressante Feststellung konnte an der Abdeckung des Kanals in Höhe des Widerlagers getroffen werden. Das Gewölbe war bereits zerstört. Aber da, wo der Gewölbebogen sonst anzusetzen pflegt, war ein Quader senkrecht nach oben geführt, der an seiner Außenseite und an der Umwinklung nach innen festen Ziegelputz trug (Abb. 3, A). Gegen den Putz stieß unten von der Ruwer herkommend geziegelter Estrich, OK 162,13, der aber nur noch 0,20 m zur Ruwer hin erhalten war. Der längsseitige Außenputz endigte oder wurde unterbrochen von einem den Kanal überspannenden Weißsandsteinquader, der über der Rinne eine 12 cm hohe konkave Aushöhlung erfahren hatte. Der in dieser Höhe umwinkelnde Ziegelputz läßt deutlich werden, daß es sich um den Rest eines seitlichen Einlaufbauwerkes handelt, von dem leider mehr nicht mehr festzustellen war.

Der hier bei 162,13 an die Leitung anstoßende Estrichrest spricht für den betonierten Boden eines zwischen der Ruwer und der Wasserleitung liegenden Beckens, dessen Stauhöhe allerdings nicht sehr hoch gewesen zu sein brauchte, da die Sohle des Beckens ja bereits der Höhe des Gewölbewiderlagers der Wasserleitung entspricht. Mit jedem Meter, mit dem sich die Leitung von der Ruwer entfernte, zog sie sich in einem schwachen Bogen vom Flußlauf weg, so daß damit auch die flächenmäßige Größe des im Stau liegenden Beckens steigen konnte. Gewiß werden mehrere seitliche Kanaleinläufe verschiedener Höhe bestanden haben, die je nach der Menge des anfallenden Wassers geöffnet oder geschlossen werden konnten.

Der mit einer Sohlhöhe von 161,21 nächst der Ruwer noch erhaltene Wasserkanal liegt — setzen wir die auf eine größere Strecke festgehaltene Flucht nach Westen fort — 28 m vor der möglichen Einmündung in die heutige Ruwer. Unter Zugrundelegung des Gesamtgefälles im Ablaufgebiet hätte der Wasserkanal am möglichen Ruweranschnitt seine höchste Höhe mit 161,23

¹² Vgl. Anm. 1, 238, dort auch Taf. II.

¹³ Ebd. 269.

¹⁴ Vgl. Anm. 12.

üb. NN erreicht. Die eingeschrotete Felsrinne ist sogar ohne erhaltenen Kanal bis auf 15 m vor dem möglichen Ruweranschluß nachgewiesen worden. Der Wasserspiegel der noch baulich unveränderten Ruwer lag am 30. Januar 1974 (bei weit unterdurchschnittlichen Winterniederschlägen!) an dem angenommenen Ruweranschnitt bei 162,10. Das Flußbett lag dort bei 161,73 (Abb. 3, A). Die späteren Flußregulierungsarbeiten haben gezeigt, daß in den letzten 1500 Jahren das Flußbett kaum höhenmäßige Veränderungen hat erfahren können, da überall unter einer mäßig starken Flußgeröllschicht der anstehende Schieferfels zutage trat. Und da die Kanalsohle auf Grund des Nivellements am Anschnitt der Ruwer 0,50 m tiefer gelegen haben muß als das Flußbett, war die Gewähr dafür gegeben, daß selbst im trockensten Sommer ohne vorherige Stauung noch Wasser nach Trier fließen konnte.

Die Estrichhöhe des Staubeckens ist bei dem bei A liegenden Einlauf mit der Widerlagerhöhe der Wasserleitung identisch, was ungewöhnlich hoch erscheint, weshalb wir voraussetzen dürfen, daß bis zum Kanalbeginn an der Ruwer noch mehrere Einläufe minderer Höhe bestanden haben. Damit ist die Auffassung Krohmanns, man habe das Wasser in senkrechtem Fall von oben in die Leitung eingeführt, nicht mehr haltbar¹⁵, die Samesreuther auch schon für unwahrscheinlich hielt¹⁶. Mehrere seitliche schießschartenartige Wassereinläufe gibt es bei Quellfassungen, wie beispielsweise am „Klausbrunnen“ der Kölner Eifelleitung bei Kallmuth¹⁷ oder bei der Wasserleitung von Sens, der Source de la Noé¹⁸. Wohlbemerkt handelt es sich hier um Einlaufbauwerke bei Quellfassungen, aber möglicherweise unterschieden sie sich nicht allzusehr von den Einläufen bei Bachableitungen. Gehen wir davon aus, daß das Wasser nicht einfach aus der vorbeifließenden Ruwer ungereinigt vom Wasserkanal aufgenommen wurde, so erhebt sich die Frage, wie lange das Wasser vor dem Abfließen gestaut werden konnte, damit etwaige Sinkstoffe nicht mit in die Wasserleitung gelangen konnten. Ausschlaggebend hierfür ist die Menge des abfließenden Wassers und die mögliche Größe des Beckens, in dem das Wasser zurückzuhalten war, worauf noch zurückzukommen sein wird.

Krohmann erwähnt (S. 238) zwei mächtige Schieferblöcke, die im Bereich der Ruwerablaufstelle verbaut gewesen sein sollen. Einer habe in der Ruwer gestanden und ein starkes Ausweichen des Wassers nach der rechten Seite bewirkt. Den anderen der Blöcke ($3,8 \times 1,4 \times 0,3 \text{ m} = 4 \text{ t}$) habe der frühere Besitzer der Schleifmühle durchgespalten und unmittelbar vor dem Wasserrad zur Einfassung seines Mühlteiches benutzt. Wenn auch die Mühle inzwischen längst verfallen ist, sind die Steine am ehemaligen Mühlbach noch erhalten, und die Bewohner des Wohnhauses wissen noch zu erzählen, daß einer ihrer Vorfahren diese Steine vom Beginn der Römerleitung hierhergebracht hat. Die Sohle des ehemaligen Mühlbachs ist mit roten Sandsteinplatten ausgelegt, die sehr wahrscheinlich aus Quadern der zerstörten Leitungsstrecke am Anfang der Wasserleitung hergestellt worden sind. Krohmann meint, die

¹⁵ Vgl. Anm. 1, 240.

¹⁶ Vgl. Anm. 4, 117.

¹⁷ Vgl. Anm. 6, 58—64 Bild 34—38.

¹⁸ A. Grenier, Manuel d'Archéologie Gallo-romain, Quatrième partie, Les monuments des eaux, 171 ff., Abb. 53.

Schieferblöcke hätten zu einem schleusenartigen Bau gehört, den man sich ähnlich denken könne wie die Ableitung eines Mühlbaches von seinem Hauptfluß.

Vielleicht bildeten die Schieferblöcke Teile der flußseitigen Begrenzung des vor den Einläufen etwas gestauten Wassers, so daß das nicht nach Trier fließende Wasser hier wieder der Ruwer zugeführt wurde.

Der bei B aufgenommene Kanalschnitt (Abb. 3, B) liegt, wie schon erwähnt, 12 m abwärts von A, und die Felseinschotung beträgt hier 2,20 m Breite. Die Wasserleitung besteht ebenfalls aus gleicher Quaderkonstruktion mit 0,72 m lichter Breite. Die Felsgründung ist dergestalt, daß zunächst auf der Felssohle eine Ziegelmörtelausgleichschicht liegt, darüber eine durchgehende Tonschicht, die die Unterlage für den Plattenbelag der Kanalsohle bildete. Für die Auflage der Quaderwangen wurde auf der Tonschicht eine Ziegelmörtelбетung geschaffen. Anstelle des Gewölbes liegt ein 1,80 m langer Weißsandsteinquader, der über der Kanalrinne ebenfalls eine 12 cm konkave Aushöhlung aufwies. An den Kanalwangen haftete nirgendwo wasserdichter Ziegelputz, aber an dem konkav ausgehöhlten „Gewölbesteин“ waren Reste geziegelten Putzes, dessen senkrechte Putzkante (Abb. 3, B) in Flucht der bergseitigen Kanalwange für ein Schachtbauwerk spricht. Östlich des Quaders setzt sich normales Gewölbe aus Kalk- und Schiefersteinen fort. Ein Schacht an dieser Stelle könnte ebenfalls mit den offensichtlich an mehreren Stellen erfolgten seitlichen Einläufen der Ruwer in Zusammenhang stehen.

Ein Vergleich des Nivellements zwischen den Punkten A und B zeigt, daß der Kanal nach B um 15 mm steigt. Da wir ansonsten im Ablaufgebiet nur fallende Tendenz bei der Wasserleitung feststellen konnten, dürfte es sich hier um einen geringfügigen Fehler bei der Bauausführung handeln, möglicherweise auch bei einem Umbau entstanden, dem weiter keine Bedeutung beizumessen ist.

Innerhalb der gequadrerten Rinne ist im Bereich des wasserführenden Querschnittes an keiner Stelle Wandputz angetroffen worden. Und da sich auch keine herabgefallenen Putzreste wie üblicherweise sonst im Kanal fanden, ist anzunehmen, daß die Laibungen hier überhaupt nicht verputzt waren. Die Sandsteinquader (meist roter Sandstein) verfügen über eine vorzügliche Härte, die bestem Ziegelputz zum mindesten gleichzusetzen ist.

Die Fig. I bei Krohmann zeigt die rechte Kanalwange aus Sandstein. In zwei Drittel Höhe bemerkt man eine durchgehende Fuge. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich um zwei Sandsteinquader, die möglicherweise zu einer Ausflickung gehören, wodurch man geneigt ist anzunehmen, daß es sich bei der gesamten Quaderkonstruktion vielleicht nicht um den ältesten Bauzustand handeln wird. Das Krohmannsche Profil ist bei km 8,6 der Eisenbahn aufgenommen worden¹⁹ (Abb. 1).

Etwa 60 m nordöstlich dieser Stelle, bei D (Abb. 1, D), schnitt man bei Verlegung der modernen Abwasserleitung den römischen Wasserkanal, ohne daß dies von uns beobachtet wurde. Nach Auskunft der Bauleute habe der römische

¹⁹ Museumsplan B 616. Danach ist dieses Profil 1887 von dem Eisenbahn-Hilfsaufseher Hüser bei Stat. 86 (km 8,6) aufgenommen worden.

Kanal hier ganz aus Mauerwerk bestanden. Und an einer von uns aus zeitlichen Gründen noch nicht untersuchten Stelle der römischen Wasserleitung in der Ortslage von Waldrach, unweit vom Bahnhof, zeigen vom Hublader verschobene Rotsandsteinquader, daß hier die Leitung wieder in Quadertechnik hergestellt war. Auch dieser erneute Wechsel spricht für eine Ausbesserung beziehungsweise Erneuerung der Leitung.

Krohmann nimmt zu Recht an, die Ruwer habe beim Beginn der Ableitung in der Antike einen wohl mehr östlichen Verlauf gehabt²⁰. Nach Westen wäre eine Verschiebung nicht möglich gewesen, da von der Tarforster Seite her das „Felsmassiv“ des Naumeders Kopfes ziemlich steil zur Ruwer hin abfällt. Die Felsauffaltung ist hier, zum mindesten weiter höher im Berg, talwärts gerichtet, was auch als Grundursache des Abrutschens der erst vor wenigen Jahren erbauten Ruwertalstraße (K 57) anzusehen ist. Aber auf der Morscheider Seite ist der Talgrund neben der Ruwer sumpfig und flach, wenn auch gerade nicht sehr breit, doch so, daß hier einmal die Möglichkeit bestanden hat, den Flußlauf um etwa 10 m östlich zu verschieben, um seitlich Wasser zu stauen und nach dem Absetzen der Sinkstoffe in den Kanal nach Trier ableiten zu können.

Leitungsgefälle und Berechnung der Wasserabflußmenge

Entscheidende Faktoren für die hydraulische Leistungsfähigkeit eines talwärts gerichteten Wasserkanals (Gerinnes) sind die Größe des wasserführenden Querschnittes und das Leitungsgefälle. Daß im antiken ingenieurmäßig betriebenen Wasserbau diese Erkenntnis zugrunde gelegen haben muß, geht schon aus einem Bericht des Frontinus über die Wasserleitungen Roms hervor, in dem er hervorhebt, daß eine Leitung bei stärkerem Gefälle auch eine größere Leistung erbrächte²¹.

Nach den jüngsten Untersuchungen an der Ruwerablaufstelle würde die Sohlhöhe des Kanals beim Ruweranschnitt, wenn sie erhalten wäre, bei 161,23 ü. NN gelegen haben. Die von Krohmann bei der Trierer Löwenbrauerei gemessene Sohlhöhe mit 153,42²² muß um 7 cm angehoben werden, da seit diesem Nivellement das städtische Höhennetz eine höherzulegende Korrektur von 7,5 cm erfahren hat²³. Damit beträgt das Gesamtgefälle der Trierer Wasserleitung zwischen dem Ruweranschnitt in der Gemarkung Trier-Tarforst und der Löwenbrauerei 7,74 m auf eine (von Krohmann ermittelte) Gesamtlänge von 12 798 m. Das entspricht einem Gefälle von 1 : 1 653,488 oder 0,605 m auf 1000 m Länge.

Mit 0,60 ‰ liegt das durchschnittliche Trierer Leitungsgefälle weit unter der Gefällsempfehlung Vitruvs, der sagt, nicht weniger als $\frac{1}{4}$ Fuß und nicht

²⁰ Vgl. Anm. 1, 238.

²¹ S. J. Frontinus, *De aquae ductibus urbis Romanae*, übersetzt von A. Dederich, Wesel 1841, Kap. 35, S. 256—57.

²² Vgl. Anm. 1, 269.

²³ Nach Mitteilung des Vermessungsamtes der Stadt Trier.

mehr als $\frac{1}{2}$ Fuß auf 100 Fuß Länge soll das Gefälle einer Wasserleitung betragen²⁴. Das entspräche einem Gefälle von 2,5 bis 5 ‰. Erst durch neuere Übersetzungen und Berichtigungen unter Zuhilfenahme der „Naturgeschichte“ des Plinius gelangte man in der Interpretation zu einem unteren Gefällwert von 0,2 ‰²⁵.

Die durch Nivellements festgehaltenen Höhenpunkte der Kanalsohle der Trierer Leitung zeigen, daß die Zwischenstrecken sehr ungleiches Gefälle aufweisen. So ermittelten wir auf die ersten 740 m Anfangsstrecke, vom Ruweranschnitt an gerechnet, schon Gefällwerte, die zwischen 0,54 und 5,5 ‰ liegen. Das gleiche trifft für das Nivellement Krohmanns zu, was sich aus seiner Tabelle errechnen läßt²⁶. Hier liegen die ständig wechselnden Gefällwerte zwischen 0,26 bis zu 16 beziehungsweise 12,4 ‰ (!). An drei Stellen verzeichnete Krohmann sogar Steigungen, die + Werte zwischen 0,21 und 4,22 ‰ ergeben. Diese Stellen bedürfen einer Nachuntersuchung!

Zu der Erkenntnis oft wechselnder Gefällstrecken gelangte auch Haberey bei den Untersuchungen der römischen Wasserleitungen nach Köln²⁷, ebenso Garbrecht und Fahlbusch bei den Untersuchungen der Kaikos-Leitung nach Pergamon²⁸.

An Hand der Erfahrungen mit dem recht unterschiedlichen Gefälle bei verschiedenen Wasserleitungen glauben Garbrecht und Fahlbusch, daß entscheidend bei der Gefällgebung einer Wasserleitung nicht die von Vitruv empfohlenen Richtwerte waren, sondern die jeweiligen topographischen Gegebenheiten²⁹.

Daß die „empfohlenen“ Werte Vitruvs so gut wie nicht eingehalten wurden, bestätigt sich einmal mehr; seine Bücher wurden von den Gelehrten zitiert und vielfach abgeschrieben, inwieweit sie aber auch den antiken Bau-leuten bekannt waren beziehungsweise von diesen als Richtlinien anerkannt wurden, darüber gibt es u. W. keine einzige Quelle. Vitruvs Werk ist Kaiser Augustus gewidmet und war als Nachschlagewerk für den mächtigen Gönner gedacht. Erst seit der Zeit Karls des Großen scheint es Handbuch der Hofbaumeister geworden zu sein, und die sehr frühe Druckausgabe von 1487, der rasch weitere folgten, gibt Zeugnis darüber, daß die Bücher Vitruvs erst im Mittelalter so recht in Gebrauch kamen³⁰. Hinzu kommt, daß Vitruv längst nicht über alle wichtigen hydrotechnischen Erkenntnisse berichtet — möglicherweise weil sie, ganz einfach, damals noch nicht bekannt waren. So beschreibt er zum Beispiel die Ktesibische Saug- und Druckpumpe, die aus Bronze zu fertigen sei³¹. Nichts schreibt er aber darüber, daß man wesentlich billigere und

²⁴ Vitruv, Zehn Bücher über Architektur, übersetzt und erläutert von J. Prestel, Straßburg 1913; dazu vgl. Anm. 7, 67.

²⁵ Vgl. Anm. 7, 67.

²⁶ Vgl. Anm. 1, 269.

²⁷ Vgl. Anm. 6, 39, 78.

²⁸ Vgl. Anm. 7, 68 f.

²⁹ Ebd. 68.

³⁰ J. Röder, Technik der Römer, Kölner Römer-Illustrierte, 2/1975, 203.

³¹ Vgl. Anm. 24, 523 u. Taf. LXVII.

großkalibrigere Pumpen auch aus Eichenholz fertigen könne, mehr noch, nichts berichtet er darüber, daß jemand den ebenso genialen wie einfachen Einfall hatte, das Naturgesetz des nur begrenzten Ansaugens der Pumpe dadurch zu umgehen, daß er sie in die Tiefe des Brunnens ins Grundwasser absenkte und mittels bis ans Oberirdische verlängerter Kolbenstangen in eine Druckpumpe verwandelte, deren Förderhöhe theoretisch nunmehr bis ins Unbegrenzte anstieg³². Wir führen dies nur an, um deutlich zu machen, daß auch die wassertechnischen Entwicklungen nicht bei Vitruv haltmachten und daß den Römern mit Sicherheit viele hydrotechnische Begriffe aus der praktischen Erfahrung heraus bekannt gewesen sind, die mehr als tausend Jahre später wiederentdeckt und wissenschaftlich definiert werden konnten.

Daß die topographischen Gegebenheiten beim Anlegen eines Wasserleitungsgefälles allein den Ausschlag gegeben haben werden, wird man vielleicht nicht verallgemeinern können, wenn es auch für die meisten Leitungen zutreffen mag. Für die Trierer Wasserleitung ist diese These jedoch nicht zwingend. Mußte man für viele Hauptstädte des Imperiums Wasserleitungen bauen, für die man erst in 50 und mehr Kilometer Entfernung geeignetes Trinkwasser ausfindig machen konnte, so befand man sich in Trier in der angenehmen Lage, in der relativ nahegelegenen Ruwer ausreichendes und geeignetes Trinkwasser zu finden. Und während für viele Orte das Wasserleitungsgefälle weitgehendst durch die Höhe der Quillage und der Entfernung bis zum Verbraucher bestimmt werden mußte, hatte man für Trier wegen der günstigen Lage der Ruwer die Möglichkeit der freien Entscheidung hinsichtlich der Wahl des Gesamtgefälles. Was aber mag deshalb die Erbauer der Trierer Wasserleitung bewogen haben, sich ausgerechnet für jene Stelle der Wasserentnahme zu entscheiden? Wenn man davon ausgeht, daß man das Gesamtgefälle von fast 8 m bewußt gewählt hat — so hat es jedenfalls den Anschein —, dann müßten die damaligen Baumeister gewußt haben, wieviel Wasser in etwa bei dem gewählten Gefälle und Querschnitt der Leitung in die Stadt fließen würde. Denn, bevor man das Risiko eingegangen wäre, am Ende eine zu geringe Wassermenge in die Stadt zu bekommen, würde man wohl lieber das Doppelte an Leitungsgefälle gegeben haben, wodurch zwar naturgemäß auch die Kanalstrecke länger geworden wäre, man andererseits aber damit bei weitem noch keine 50 km lange Leitung hätte haben müssen.

Wir glauben sicher zu sein, daß man auf Grund jahrhundertelanger Erfahrungen im Wasserbau — zum mindesten in der Spätantike — in der Lage war, die hydraulische Leistung einer Wasserleitung nach wasserführendem Querschnitt und Gefälle ungefähr abzuschätzen, wengleich man wahrscheinlich noch keine konkreten Berechnungen darüber anstellen konnte. Einen Gegenbeweis vermögen wir auch nicht darin zu sehen, daß trotz starker Gefälleschwankungen römischer Freispiegelleitungen Querschnittsänderungen nicht vorgenommen wurden³³. Der Wirkungsgrad einer Leitung spielte — so genügend Wasser vorhanden war — bei den Römern überhaupt keine Rolle.

³² A. Neyses, Eine römische Doppelkolben-Druckpumpe aus dem Vicus Belginum, *Trierer Zeitschr.* 35, 1972, 109 ff.

³³ Vgl. Anm. 7, 75.

Ein Beispiel dafür, daß man dem wesentlich geringer dimensionierten unteren Zulauf erheblich stärkeres Gefälle gegeben hat, in der Absicht, den größeren Hauptkanal füllen zu können, wird man weiter unten bei der Behandlung des unteren Zulaufs finden.

Beim Bau der Trierer Wasserleitung wird man so verfahren haben, daß man vom anzulegenden Wasserkastell (Verteiler) in der Stadt die Trasse zu legen begann und unter Berücksichtigung des gewählten Leitungsgefälles mittels des Nivellierinstruments (Chorobat)³⁴ die zu bauende Leitungsstrecke durchnivellierte, ihren Verlauf abmarkte und in möglichst kurzen Abständen Höhenmarken anbrachte, so daß die nachfolgenden Handwerker mittels Visiertafeln entsprechende Bautiefen abloten konnten. Obwohl der Chorobat als Nivelliergerät schon recht brauchbare Werte geliefert haben dürfte, war die Aufstellung in durchweg schwierigem Gelände infolge seiner Unhandlichkeit doch eine mühevoll und zeitraubende Angelegenheit. Und da zudem bei jeder sich ändernden Zielrichtung eine umfängliche Korrektur der Visiervorrichtung erforderlich wurde, dürfen wir nach der Trassierung mit dem Nivelliergerät den Gebrauch von T-förmigen Visiertafeln, wie sie teilweise heute noch im Kanalbau Verwendung finden, voraussetzen. Eine diese Annahme stützende Beobachtung wurde an einer der Kölner Vorgebirgsleitungen gemacht. Bei Hürth stellte man im Ziegelsplittbeton der Kanalsohle den Negativabdruck eines Pföstchens von 5 cm Durchmesser fest, das mit ziemlicher Gewißheit eine Bauhöhenmarkierung der Handwerker in der Baugrube gewesen sein dürfte. Das Pföstchen wurde offensichtlich aus Nachlässigkeit beim Einbringen des Betons nicht herausgenommen³⁵.

Daß dennoch zwischen den einzelnen auch kürzeren Streckenabschnitten so viele Gefällunterschiede auftreten, wird mehrere Ursachen gehabt haben. Hier werden die topographischen Gegebenheiten eine nicht unwichtige Rolle gespielt haben; die vielen Windungen, mit denen die Wasserleitungen den Berghängen und Taleinschnitten zu folgen hatten, wird man u. a. als Ursache möglicher Fehlerquellen ansehen müssen. Nur für Steigungen in der drucklosen Gefälleleitung gibt es keine plausible Erklärung!

Krohmanns Auffassung, in den Steigungen Absetzmöglichkeiten für Sinkstoffe des etwas zur Ruhe gekommenen Wassers zu sehen³⁶ — abgesehen davon, daß man bei einem derartigen Schlammfang zum mindesten einen Grundablaß voraussetzen müßte —, hat Samesreuther mit einem Satz widerlegt: „Der Innendruck des Wassers würde binnen kürzester Zeit die Kanalwölbung gesprengt haben³⁷.“ Erdkrustenbewegungen für die festgestellten Steigungen verantwortlich zu machen, wie dies Paret für die Rottenburger Wasserleitung einräumt³⁸, muß man entgegenhalten, daß Erdbewegungen, wie sie für die dortige Leitung dargestellt werden, dem Auge sichtbar geworden sein müßten, d. h., die Leitung müßte mehrfach in Vertikalrichtung abgerissen und nach oben oder unten verschoben worden sein.

³⁴ Vgl. Anm. 24, 418 u. Taf. LX.

³⁵ Vgl. Anm. 6, 15.

³⁶ Vgl. Anm. 1, 268.

³⁷ Vgl. Anm. 4, 127.

³⁸ Ebd. 99, Abb. 32.

Wir werden weiter unten sehen, daß Auswaschungen am Verputz der Wasserleitung in Trier zeigen, daß sie meistens nur mit $\frac{2}{3}$ Füllhöhe gefahren wurde. Deshalb wollen wir eine maximale Abflußmenge bei vollausgenutztem Leitungsquerschnitt und eine minimale bei nur $\frac{2}{3}$ Abflußhöhe ermitteln.

Die zu errechnende Wassermenge $Q = \text{m}^3/\text{sec}$ ermittelt sich aus der Kontinuitätsgleichung $Q = F v$, wobei v die mittlere Fließgeschwindigkeit in m/sec darstellt und F der wasserführende Querschnitt in m^2 ; $J =$ Wasserspiegelgefälle ($= \tan \alpha$); $U =$ benetzter Umfang in m ; $R =$ hydraulischer Radius $= F/U$; $k =$ Geschwindigkeitsbeiwert; $b =$ Rauigkeitsbeiwert $= 0,35$ für glatte Betonwandung, den man auch für den neuen Glattputz der Ruwerwasserleitung gelten lassen kann.

Nach Kutter³⁹ errechnet sich die Wasserabflußmenge:

$$Q = F \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

$$v = k \cdot \sqrt{R J}; \quad k = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}$$

Nach einer neueren Formel von Gauckler-Mannig-Strickler⁴⁰ errechnet sich die mittlere Fließgeschwindigkeit:

$$v = k_s \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

wobei k_s den Geschwindigkeitsbeiwert darstellt, den wir für gutgefugtes Klinker- oder Ziegelmauerwerk mit 75 annehmen können, der im Normalfall auch für die üblichen römischen Wasserkanäle im Neuzustand zur Anwendung kommen kann.

Danach beträgt die mittlere Fließgeschwindigkeit bei einem maximalen Querschnitt $0,72 \times 0,90 \text{ m}$ und bei einem minimalen $0,72 \times 0,60 \text{ m}$:

$$v_{\max} = 0,746 \text{ m/sec}; \quad v_{\min} = 0,682 \text{ m/sec}$$

Die hydraulische Leistungsfähigkeit beträgt demnach:

$$Q_{\max} = 0,483 \text{ m}^3/\text{sec} \sim 41\,750 \text{ m}^3/\text{Tag}$$

$$Q_{\min} = 0,295 \text{ m}^3/\text{sec} \sim 25\,450 \text{ m}^3/\text{Tag}$$

Die Ermittlung der Wasserabflußmenge nach Kutter erbrachte geringfügig niedrigere Werte. Daß wir bei der Leistungsermittlung sozusagen zu dem gleichen Ergebnis kamen wie Samesreuther⁴¹, obwohl das Gesamtgefälle als größer ermittelt wurde, mag daran liegen, daß er bei seiner Berechnung wohl

³⁹ R. Wendehorst, Bautechnische Zahlentafeln 3. Auflage, 1938, 176; vgl. auch bei W. Haberey, Anm. 6, 97.

⁴⁰ Wendehorst-Muth, 17. Aufl. 1972, 317.

⁴¹ Vgl. Anm. 4, 127.

den größeren Regelquerschnitt zugrunde legte, wir aber in der Abflußzone den maximalen Durchflußquerschnitt mit $0,72 \times 0,90$ m feststellten. Nachdem durch längere Benutzung der Wasserleitung Auswaschungen an der Putzauskleidung eingetreten waren, hat sich durch Aufrauhungen der Wandflächen der Reibungswiderstand erhöht, wodurch sich die hydraulische Leistung verringert haben wird.

Würde das Wasserspiegelgefälle nur 1 m mehr betragen haben, hätte sich die Leitung um rund 82 m verlängert (= 0,678 ‰) und ihre maximale Tageskapazität hätte sich um rund 2500 m³ erhöht. Wäre die Leitung aber 1 km länger ausgefallen, hätte sich das Gesamtgefälle auf 20 m erhöht (= 1,45 ‰). Unter diesen Voraussetzungen würde die maximale Leistungsfähigkeit $\sim 64\,600$ m³/Tag betragen haben.

Aber in der Tatsache, daß man sich für jene Ablaufstelle der Ruwer entschied, glauben wir den Beweis dafür ersehen zu können, daß die Erbauer schon klare Vorstellungen darüber hatten, welche Leistung ihre Leitung unter den gewählten Bedingungen erbringen würde.

Auf Grund günstiger Geländeverhältnisse hatte die in Trier ankommende Leitung außerdem den Vorteil, sozusagen an der höchsten Stelle in das Stadtgebiet einzutreten — was für die Anlage des Wasserkastells von großer Wichtigkeit war —, so daß zur Erreichung dieses Punktes keine Sonderbauten erforderlich waren, die zwangsläufig das Anschneiden der Ruwer höheren Ortes notwendig gemacht hätten, wodurch sich naturgemäß aber auch die Leitungstrecke verlängert haben würde.

Die ermittelten tatsächlichen Fördermengen lassen deutlich werden, mit welchen Größenordnungen wir es bei der Wasseraufnahme des Kanals zu tun haben und daß solche Wassermengen, wie die eines Tagesablaufs, nicht lange vor dem Einfließen gestaut werden konnten, worauf wir weiter unten noch einmal eingehen werden.

In Verbindung mit dem der Ruwer entnommenen Trinkwasser ist es nicht uninteressant zu erfahren, welche Abflußmengen die Ruwer selbst oberhalb der Riverismündung führt. Das Wassereinzugsgebiet umfaßt hier eine Fläche von 179,6 km². Die abfließenden Wassermengen betragen bei:

NNW (ungewöhnlich lange Trockenheit)	=	0,225 m ³ /sec
MNW (ca. 9 Monate im Jahr)	=	0,629 m ³ /sec
HW (etwa alle 50 Jahre einmal)	=	38,614 m ³ /sec
HHW (etwa alle 100 Jahre einmal)	=	55,676 m ³ /sec ⁴²

Wenn wir davon ausgehen, daß auf Grund des sicherlich größeren Waldbestandes in der Antike auch der Wasserhaushalt mehr erbrachte als der heutige⁴³, so können wir annehmen, daß selbst bei größter sommerlicher Trockenheit Triers Wasserversorgung gesichert war. Allerdings würde bei anhal-

⁴² Den Berechnungen lagen Angaben des Wasserwirtschaftsamtes Trier zugrunde.

⁴³ Auf Grund weiträumiger dendrochronologischer Erfahrungen glaubt E. Hollstein sicher zu sein, daß der urwaldartige Waldbestand zum mindesten für die frühe Zeit der Antike wesentlich größer gewesen sein muß als zur Spätantike und Jetztzeit und somit auch auf einen höheren Wasserhaushalt des Bodens schließen läßt.

tender langer Trockenheit und bei größtmöglicher Wasserableitung nach Trier Ausonius die kreischenden Steinsägen, die glatte Marmorblöcke (Diabas = Grünstein) im unteren Ruwertal zersägt haben sollen, kaum gehört haben können⁴⁴.

Wir haben weiter oben klarzumachen versucht, daß auf Grund der täglichen Wasserabflußmenge nur ein zeitlich begrenzter Stau zum Absetzen etwaiger unreiner Stoffe möglich war. Deshalb stellt sich die Frage, inwieweit eine Reinigung des Ruwerbaches überhaupt erforderlich gewesen ist. Hierbei haben wir zu berücksichtigen, daß die Ruwer im „Osburger Hochwald“ südlich vom Rösterkopf als „glasklarer“ Quellbach etwa 650 m ü. NN entspringt und auf ihrem bis nach Waldrach sich hinschlängelnden etwa 40 km langen Lauf von zahlreichen, ebenso klaren Bergbächen aus seitlichen Tälern des Hochwaldes Zulauf erhält. Bis zur Ablaufstelle unserer Wasserleitung fällt die Ruwer rund 490 m, das entspricht einem durchschnittlichen Gefälle von $\sim 1:82$ oder 12,25 ‰. Dieses beachtliche Gefälle vermittelt der Ruwer einen raschen, steinigen Lauf, der die Aufnahme von Sauerstoff begünstigt. Als normales Oberflächenwasser verfügt die Ruwer über einen relativ hohen Sauerstoffgehalt (11,6 mg/l)⁴⁵. Mit einer sehr niedrigen Gesamthärte (2,3° d) in Verbindung mit freier Kohlensäure (1,8 mg/l), weist die Ruwer, wie alle weichen Gewässer, leicht aggressive Eigenschaften auf, die sich nachteilig auf die im antiken innerstädtischen Versorgungsnetz zur Anwendung gekommenen Bleirohre ausgewirkt haben werden. Die Aggressivität des Ruwerwassers wurde in gewisser Hinsicht aber auch der gemauerten Wasserleitung mehrfach zum Verhängnis. Die öfteren Umbauten beziehungsweise Erneuerungen der Putzauskleidung des Kanals, für die jeweils das Gewölbe abgetragen wurde, waren nicht zuletzt auch deshalb erforderlich, weil der „Kalkfraß“ des aggressiven Wassers die Bindemittel des Mörtels auswusch, so daß sich die Zuschlagstoffe lösten. Im Gegensatz dazu stehen die Leitungen, die kalkreiches Wasser führten, wie zum Beispiel Arles, Nîmes, Köln oder auch Pergamon u. a., die im Laufe der Zeit so starken Kalksinter ansetzten, daß ihr wasserführender Querschnitt erhebliche Einengungen erfuhr, wodurch oftmals die Leitungen von vornherein überdimensioniert angelegt wurden (s. letzter Abschnitt). Sogar die jüngste Putzauskleidung der Trierer Leitung, die man teilweise erhalten auch heute noch antrifft, zeigt bereits ein fortgeschrittenes Stadium dieses „Kalkfraßes“⁴⁶, der aber auch deutlich macht, daß die Trierer Wasserleitung meist nur mit $\frac{2}{3}$ der vollen Leistungsfähigkeit gefahren wurde oder aber, daß nicht bekannte, undichte Stellen zu einem Wasserverlust geführt haben.

Es ist sicher, daß die Ruwer auch in der nur sporadisch besiedelten Antike in ihrer Reinheit längst nicht den Normen unseres heutigen Trinkwassers entsprach, andererseits aber auf Grund ihrer zahlreichen Quellzuflüsse ein sehr sauberer Bachlauf gewesen sein muß, den man nach damaligen Möglichkeiten kaum mehr reinigen konnte als er schon war. Wahrscheinlich werden

⁴⁴ Ausonius, Mosella, deutsch von W. John, Trier 1932, 71.

⁴⁵ Die genannten Zahlen sind Durchschnittswerte von 16 Analysen, die von den Stadtwerken Trier in der Zeit von Januar bis Juni 1975 aus der Ruwer bei Sommerau entnommenem Wasser gefertigt wurden. Die Angaben verdanke ich Herrn E. Klein.

⁴⁶ Trierer Zeitschr. 10, 1935, Abb. 4.

außer dem Becken beim Einlauf mehrere Staudämme einfacher Bauart oberhalb des Leitungsbegins bestanden haben, von denen allerdings keine Spuren mehr erhalten geblieben sind. Hier werden vor allem Schwimmteile wie Blüten, Blätter und Äste usw. sowie Sinkstoffe zurückgehalten worden sein. Zudem ist anzunehmen, daß die Leitungseinläufe so regulierbar waren, daß schwimmende Feststoffe ohnehin nicht in den Kanal fließen konnten.

Eine unangenehme Trübung der Ruwer war nur bei anhaltenden Niederschlägen beziehungsweise stärkerem Gewitterregen zu erwarten. In diesem Fall war eine ausreichende Klärung des nach Trier abzuleitenden Wassers wegen der benötigten Tagesmenge schier unmöglich. Hierzu bietet uns Frontinus einen passenden Vergleich. Im 15. Kapitel berichtet er, daß der Neue Anio wegen der sich anliegend befindenden Ländereien in fettem Boden, sowie seiner losen Ufer auch ohne Einwirkung des Regens lehmig und trübe fließt, weshalb man der Wasserleitung einen Schlammteich vorgeschaltet habe, damit das Wasser zur Ruhe komme und sich abkläre⁴⁷. Weiter sagt Frontinus, daß das Wasser trotz dieser Vorrichtung bei Platzregen getrübt in die Stadt kam. Das wird man in vollem Umfang auch für die Trierer Verhältnisse annehmen müssen.

Der untere Zulauf

Etwa 425 m unterhalb des oberen Anschnittes mit der Ruwer schneidet der neu verlegte Kanal der Ruwertalkanalisation die Reste eines schräg zur Trierer Wasserleitung verlaufenden, ebenfalls antiken Wasserkanals (Abb. 1, N), der in einem spitzen Winkel von etwa 82,5° auf den Hauptkanal auftritt und als eine jüngere Zuleitung der Hauptwasserleitung anzusehen ist. Schon eingangs wiesen wir darauf hin, daß es sich nicht um einen Zulauf aus der Riveris handeln könne, obwohl der schräge Kanal nur 58 m oberhalb der heutigen Riverismündung zu liegen kam. Es besteht auch kein Grund zu der Annahme, daß die Riveris ihren Verlauf seit der Antike nennenswert veränderte. Hätte man die Riveris ableiten wollen, so würde man eine Kanalleitung direkt auf die Riveris hingeführt haben. Daß aus der Riveris zur Zeit der Römer das Wasser nach Trier abgeleitet worden sein soll, läßt sich schon allein aus der Tatsache widerlegen, daß die sommerliche Wasserführung der Riveris längst nicht das erforderliche Q_{\min} der Trierer Leitung von 295 l/sec erreicht haben würde, da ihre Wasserführung im Sommer bis unter 25 l/sec absinken kann. Abgesehen davon, daß Krohmann durch Nachgrabungen⁴⁸ bereits feststellte, daß es gegenüber der Riverismündung keine Zuleitung zum Hauptkanal gegeben hat, hätten wir, falls Krohmann vielleicht die falsche Stelle erwischt haben sollte, eine solche sehen müssen, da der Baggergraben für die Verlegung der neuzuschaffenden Entwässerungsleitung das Gelände bis zu 3 m Tiefe durchschnitt. Statt dessen fanden wir den bereits erwähnten Zulauf, den wir dann nach Verlegung der Kanalrohre auf seine ganze erhaltene Länge freilegen ließen. Er verliert sich nur wenig von der Uferböschung der Ruwer entfernt, aber seine Richtung, verlängert man diese über die Ruwer hinweg, würde

⁴⁷ Vgl. Anm. 21, 15. Kap. S. 249.

⁴⁸ Vgl. Anm. 1, 240.

neben dem nach Morscheid führenden Weg am steilabfallenden Schieferfels enden. An eine bogenförmige Umleitung der Riveris in den Schrägkanal wird man indes nicht glauben wollen, da man einen Ablauf aus der Riveris in direkter Richtung einfacher hätte anlegen können oder aber, sollte nach der Auffassung Krohmanns hier bereits eine römische Mühle bestanden haben⁴⁹, so hätte man im Falle einer beabsichtigten Riverisableitung die Bogenführung technisch einfacher talwärts schlagen können. Um aber dennoch letzte Gewißheit darüber zu haben, daß die untere Zuleitung nicht doch über die Ruwer hinweg geführt war, haben wir sowohl am westlichen als auch am östlichen Ufer Suchschnitte angelegt, um etwaige Fundamentreste ausfindig zu machen. Aber nicht die Spur von Mörtelresten oder Bausteinen, wie sie sonst üblicherweise in unmittelbarer Nähe der Wasserleitung anzutreffen sind, konnten hier gefunden werden.

Die 0,65 m breiten Kanalwangen des Zulaufs sind auf dem gew. Schieferfels gegründet und bestehen aus Kalksteinmauerwerk mit Ziegeldurchschuß (Abb. 4, Schnitt C—D u. Abb. 5). Die Kanalsohle besteht aus einheitlichem, 0,50 m starkem Kalkbeton mit Ziegelkleinschlag, oben und unten je eine Ziegellage enthaltend. Die ungewöhnliche Stärke des Estrichs mag darauf zurückzuführen sein, daß man während des Bauvorgangs die Einlaufhöhe am Hauptkanal verändernd anhob, wodurch sich einerseits das Gefälle des Zulaufkanals verringerte, was aber andererseits immer noch ausreichend war, der nach Trier gerichteten Wasserleitung eine ausreichende Menge Wasser zuzuführen, wie wir an Hand der Berechnung der hydraulischen Leistungsfähigkeit werden nachweisen können. Nahe beim Einlauf ist eine der Kanalwangen noch 0,53 m hoch erhalten, ohne daß hier schon das Gewölbe angesetzt hat, womit eine Mindestkämpferhöhe gegeben ist. Die Kanalsohle des Zulaufs hat auf dem letzten Stück vor der Einmündung in den Hauptkanal zunehmend stärkeres Gefälle, und wir haben Grund zu der Annahme, uns den Überlauf am Hauptkanal abgerundet vorzustellen, um dem Reibungswiderstand wirkungsvoll begegnen zu können (Abb. 4, Schnitt A—B). Den den Überlauf überspannenden Ziegelbogen haben wir aus seiner ursprünglichen Lage verdrückt noch vorgefunden. Die Hauptleitung (M) besteht hier aus Kalksteinen, jedoch findet man im oberen Teil der Westseite, der ein Schachtbauwerk im Ansatz aufweist, Ziegeldurchschuß. Das Verhältnis des heutigen Geländes zum Zulaufkanal zeigt eindeutig, daß sowohl das Gewölbe des „Schrägkanals“ als auch das Schachtbauwerk über der Einmündung in den Hauptkanal aus dem antiken Terrain herausgeragt haben müssen. Wahrscheinlich haben die Autoren der Gesta Treverorum Teile dieses zum Teil oberirdisch liegenden Zulaufs noch sehen können, was sie annehmen ließ, die Riveris sei in die römische Trinkwasserleitung abgeleitet worden.

Warum aber hat man einen einzelnen Zulauf 425 m unterhalb des eigentlichen Ablaufs aus der Ruwer geschaffen, wo der Wasserspiegel der Ruwer schon mindestens 2 m unter der ergrabenen Kanalsohle des Zulaufs liegt? Eine logische Erklärung hierfür wäre die, daß hin und wieder nicht zu vermeidende Wartungsarbeiten am oberen Einlaufbauwerk vorzunehmen waren,

⁴⁹ Vgl. Anm. 48.

WALDRACH „JN DRÄCKEND“ TRIERER WASSERLEITUNG MIT RUWERZULAUF 1974

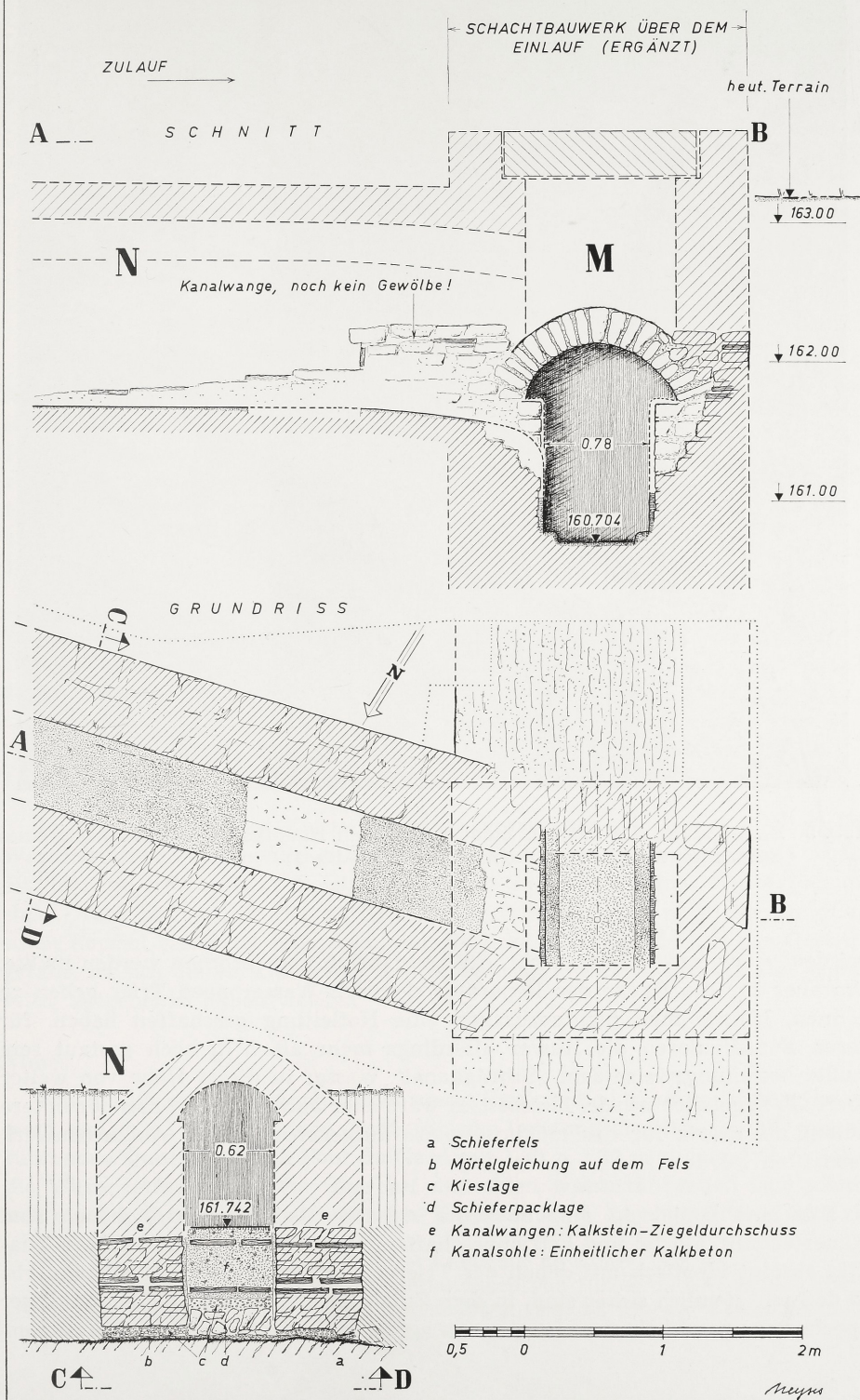


Abb. 4 Der untere Zulauf N bei der Einmündung in den Hauptkanal M (Lage vgl. Abb. 1)



Abb. 5 Einmündung des unteren Zulaufs N in den Hauptkanal M mit Ansatz eines Schachtbauwerks vorne rechts (Lage vgl. Abb. 1)

bei denen der sonst kontinuierliche Wasserabfluß unterbrochen werden mußte. Um aber für die Dauer der Reparatur dennoch Wasser nach Trier geben zu können, könnte man hier sozusagen eine Notleitung geschaffen haben, für deren Funktionieren die Ruwer allerdings mehr als 2 m hoch gestaut sein mußte beziehungsweise dem „Schrägkanal“ Wasser in dieser Höhe von weiter oberhalb zugeleitet wurde. Theoretisch wäre aber auch denkbar, daß der untere Zulauf als Ersatz für das möglicherweise aufgegebene obere Ablaufbauwerk geschaffen wurde.

Für eine Datierung gibt es keine sicheren Anhaltspunkte, jedoch sind Mauertechnik, Mörtel und Estrichbeschaffenheit am Zulaufkanal in ihrer Qualität absolut identisch mit denen der Trierer Großbauten des 4. Jahrhunderts, so daß wir ziemlich sicher sind, in dem Zulaufkanal eine Baumaßnahme dieser Epoche vor uns zu haben.

Berechnung der Wasserabflußmenge des schrägen (Not-?)Zulaufs

Es mögen zunächst Zweifel darüber auftreten, ob der erheblich kleinere „Schräggkanal“ überhaupt in der Lage war, den Hauptkanal mit genügend Wasser zu versorgen, falls vom oberen Ablauf kein Wasser zu erwarten war.

Wir nehmen nur eine Durchflußhöhe von 0,30 m bei einer gegebenen Breite von 0,58 m an. Das ermittelte Gefälle beträgt $1 : 155,55 = 6,43 \text{ ‰}$, woraus sich die mittlere Fließgeschwindigkeit mit

$$v = 1,678 \text{ m/sec ergibt.}$$

Die Wasserabflußmenge würde demnach betragen haben:

$$Q = 0,292 \text{ m}^3/\text{sec} \quad \sim 25\,200 \text{ m}^3/\text{Tag}$$

Verglichen mit den Wasserabflußmengen des Hauptkanals können wir feststellen, daß das Q_{\min} mit rund 295 l/sec hiermit bereits erreicht war. Bei einer maximalen Durchflußhöhe von mindestens 0,53 m hätte der Zulauf bei dem festgestellten Gefälle eine Tageskapazität von etwa 52 300 m³ erbringen können, der Hauptkanal aber wäre nur unter Maximalbedingungen imstande gewesen, knappe 42 000 m³/Tag aufzunehmen. Daran wird ersichtlich, daß der untere Zulauf nicht nur ausreichend bemessen, sondern darüber hinaus überdimensioniert angelegt war.

Hierin könnte aber auch der Beweis zu ersehen sein, daß die römischen Wasserbauer die Kontinuitätsgleichung $Q = F v$ noch nicht beherrschten, obwohl ihnen alle hydrotechnischen Faktoren bekannt gewesen sein mußten, die die Voraussetzung für die Formulierung jener Gleichung darstellten.

Leistungs- und Gefällvergleiche zu einigen anderen Wasserleitungen

In Anbetracht dieser Zusammenhänge versuchten wir bei einigen großen Wasserleitungen des westlichen Imperiums herauszufinden, in welchem Verhältnis dort die hydraulische Leistungsfähigkeit zur tatsächlichen Wasserführung steht. Auch hier wurde die mittlere Fließgeschwindigkeit nach der Strickler'schen Formel errechnet (vgl. Anm. 40). Berücksichtigt wurde nur das Gesamtgefälle, da sich die verschiedenen Kräfte beim unterschiedlichen Gefälle gegenseitig aufgehoben haben werden.

Nîmes

Für die Wasserleitung von Nîmes nennt Espérandieu einen mittleren Gefällwert von 0,342 ‰⁵⁰. Stübinger legt für die Leistungsermittlung den wasserführenden Querschnitt am Pont du Gard mit $1,35 \times 1,30 \text{ m}$ zugrunde⁵¹. Da aber die Wasserleitung in ihrem Oberlauf nur einen wasserführenden Querschnitt von etwa $1,30 \times 0,74 \text{ m}$ aufweist (bei Espérandieu S. 24 abgebildet), hätte sie,

⁵⁰ E. Espérandieu, *Le pont du Gard et l'Aqueduc de Nîmes*, 1926, 34.

⁵¹ O. Stübinger, *die römischen Wasserleitungen von Nîmes und Arles*, *Zeitschr. f. Geschichte der Architektur*, Beiheft 3 Heidelberg, 1909, 13. (Bei der Leistungsermittlung ist Stübinger offenbar ein Fehler bei der Kommasetzung unterlaufen.)

solange der Durchflußquerschnitt noch nicht durch Kalksinter eingengt war, eine hydraulische Leistungsfähigkeit:

$$Q = 0,658 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\sim 56\,800 \text{ m}^3/\text{Tag.}$$

Es ist jedoch sicher, daß die bei Uzès liegenden Quellen diese Leistung nicht erbringen konnten. Bei Espérandieu (S. 34) ist die tägliche Quellschüttung bei etwa 20 000 m³ liegend angegeben.

Vom Quellgebiet bis zum Pont du Gard hatte man verstärktes Leitungsgefälle von 0,67 ‰ angewandt, womit erreicht wurde, daß man die Bauhöhe am Aquädukt um 5,25 m drücken konnte⁵². Mit einem erhöhten maximalen Durchflußquerschnitt von 1,66 m am Pont du Gard wollte man vielleicht die durch das auf 0,187 ‰ reduzierte Gefälle des unteren Laufes entstehende Stauung innerhalb der Wasserleitung abfangen. Daß tatsächlich das Wasser am Pont du Gard höher geflossen ist als es der Querschnitt der oberen Leitungsstrecke aufweist, beweisen die hochreichenden Kalkablagerungen, die in dieser Höhe wahrscheinlich nicht nur auf den sich durch die Sedimentation eingengten Querschnitt zurückzuführen sind.

Arles

Mit 0,625 ‰ liegt das mittlere Leitungsgefälle der Trinkwasserleitung von Arles fast gleichhoch mit der Trierer, aber fast doppelt so hoch wie bei der von Nîmes. Der wasserführende Querschnitt wird von Stübinger mit durchschnittlich 0,85 × 1,10 m angegeben. Die Arlesische Leitung hätte unter den genannten Voraussetzungen:

$$Q = 0,797 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\sim 68\,900 \text{ m}^3/\text{Tag}$$

erbringen können. Ob die verschiedenen Quellzuflüsse, die die Leitung speisten, zusammengenommen diese Leistungen hätten erbringen können, vermögen wir von hier aus nicht zu beurteilen. Jedenfalls scheinen die Quellen der Arlesischen Leitung weniger ergiebig zu sein als die von Nîmes⁵³. Wir dürfen für die Wasserleitung von Arles eine gewollte Überdimensionierung voraussetzen, da sich bekanntlich auch hier in der Leitung querschnittsverengende Kalktuffniederschläge bildeten.

Köln

Nach Samesreuther fällt die Kölner Eifelleitung auf 77,6 km Länge 359,42 m⁵⁴. Das ergibt ein mittleres Gefälle von 4,63 ‰. Bei einem wasserführenden Querschnitt von 0,73 × 0,72 m ergäbe sich bei noch völlig intakter Leitung ohne Kalksinteransatz eine hydraulische Leistungsfähigkeit:

$$Q = 1,04 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\sim 90\,000 \text{ m}^3/\text{Tag.}$$

⁵² K. Hecht, Wasserwirtschaftliche Anlagen des antiken Pergamon — Zwei Aquädukte der Kaikosleitung, Mitt. des Leichtweissinstituts für Wasserbau der TU Braunschweig, Heft 45/1975, 49, Anm. 56.

⁵³ Vgl. Anm. 51, 14.

⁵⁴ Vgl. Anm. 4, 56.

Haberey gibt dagegen das Gesamtgefälle der Eifelleitung auf rund 100 km Länge mit 360 m an⁵⁵, was 3,6 ‰ entspricht. Legen wir dieses Gefälle für eine Leistungsermittlung bei einem wasserführenden Querschnitt von $0,72 \times 0,72$ m zugrunde, so hätte die Eifelleitung:

$$Q = 0,901 \text{ m}^3/\text{sec} \\ \sim 77\,850 \text{ m}^3/\text{Tag}$$

erbringen können. Daß diese Leistungen nie erreicht werden konnten, zeigt Haberey an Hand der Schüttmengen aller Quellbäche auf, die zusammengenommen nur eine Tagesmenge von 10 000 bis 17 000 m³ ergeben⁵⁶. Selbst bei wesentlich ergiebigeren Quellen in der Antike wird man die hydraulische Leistungsfähigkeit des Kanals nicht annähernd genutzt haben können. Schnittzeichnungen, aufgenommen bei Sechtem-Walberberg und Buschhoven, Kreis Bonn (bei Haberey Bild 49 und 51), zeigen denn auch, daß Niederschlag von Kalksinter nur im unteren Drittel der Leitung festgestellt wurde, das Wasser also dort kaum höher geflossen sein wird. Versucht man an Hand dieser Schnittzeichnungen die tatsächliche Leistung der Kölner Leitung zu ermitteln, so dürfte die Durchflußhöhe zwischen 0,20 bis 0,25 m nicht überschritten worden sein. Unter diesen Voraussetzungen hätte die Leitung:

$$Q = 0,165 - 0,226 \text{ m}^3/\text{sec} \\ \sim 14\,300 - \sim 19\,500 \text{ m}^3/\text{Tag}$$

erbracht. Allerdings muß nach dem Kalksinteransatz in Breitenbenden (bei Haberey Bild 57) der benetzte Leitungsquerschnitt größer gewesen sein, was aber auch durch einen leichten Stau, bewirkt durch einen möglichen Gefällwechsel entstanden sein könnte, oder aber, daß es auf der Kanalstrecke weiter unterhalb undichte Stellen gab, die zu Wasserverlust geführt haben.

In diesem Zusammenhang wäre es vielleicht nicht uninteressant, einmal der Frage nachzugehen, inwieweit undichte Stellen bei einer Leitung auftreten konnten. Mit einiger Sicherheit dürfte das bei den Aquädukten der Fall gewesen sein. Ohne Dehnungsfugen wird der Aquädukt der Kölner Leitung, bei Vussem, mit einer Spannweite von 75 m kaum einen Winter heil überstanden haben können. In der Kanalrinne selbst wird man die Temperatur als ziemlich gleichmäßig annehmen können, da der kontinuierliche Wasserfluß im Sommer kühlend und im Winter erwärmend wirkte. Ob das allerdings ausreichen konnte, bauwerkschädigende Spannungen auszugleichen, müßte noch untersucht werden.

Für südfranzösische Leitungen, die längst nicht solchen Temperaturschwankungen ausgesetzt waren wie die Bauwerke im Norden, berichtet Stübinger: „... denn das an undichten Stellen ausfließende, stark kalkhaltige Wasser hat nicht nur am Pont du Gard, sondern auch bei Vers eine Versinterung der Fugen hinterlassen^{56a}.“ Allerdings könnten diese auch erst nach Aufgabe der Wasserleitung entstanden sein.

⁵⁵ G. Borchers — W. Haberey, Der römische Aquädukt in Vussem, *Jahrb. Rhein. Denkmalpflege* 26, 1966, 63.

⁵⁶ Vgl. Anm. 6, 97.

^{56a} Vgl. Anm. 51, 52.

Also auch bei der Kölner Eifelleitung stellen wir eine nicht zu übersehende Überdimensionierung des Kanalquerschnittes fest, die auch hier möglicherweise u. a. auf das Wissen um die Kalksinterbildung zurückzuführen sein dürfte. Hätte man nur das steilere Gefälle berücksichtigt, so würde man sicherlich die Höhe des Kanalquerschnittes reduziert haben, wenn man die Kanalbreite wegen besserem gelegentlichem Arbeiten in der Rinne beibehalten wollte.

Metz

Die maximale Größe des wasserführenden Querschnittes wird man bei der Metzger Wasserleitung nach A. Doell mit $1,10 \times 0,80$ m annehmen können. Das durchschnittliche Gesamtgefälle errechnet sich aus den Angaben von A. Doell⁵⁷ mit rund 1,0 ‰, was von Grenier bestätigt wird⁵⁸. Grenier benennt auch die einzelnen Streckenabschnitte als wechselhaft im Gefälle, eine Feststellung, die bisher bei allen gut untersuchten Wasserleitungen bemerkt wird. Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Metzger Wasserleitung hätte unter Berücksichtigung der genannten Daten:

$$Q = 0,990 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\sim 85\,500 \text{ m}^3/\text{Tag}$$

betragen haben können. Aber eine schon im November 1900 vorgenommene Messung der Quellschüttung von Gorze ergab nur 3 900 m³/Tag. Selbst wenn wir für die römische Zeit größere Waldbestände im Einzugsbereich der Quellen von Gorze annehmen, wird nicht annähernd die ermittelte mögliche Tagesleistung des Kanals zu erwarten gewesen sein. Auch hier dürfte eine erhebliche Überdimensionierung der Wasserleitung vorliegen. Ohne eine genauere Leistungsermittlung vorzulegen nimmt schon Doell an, daß es weniger die Menge des durchströmenden Wassers gewesen ist, die die Römer veranlaßt habe, einen so großen Kanal anzulegen, als das Bedürfnis seiner Begehbarkeit⁵⁹. Hierfür gibt es eine treffliche Bestätigung bei einer der Wasserleitungen nach Lyon, dem „Aqueduc de la Brevenne“. Der im Lichten 1,69 m hohe Kanal hat nur eine Putzauskleidung, die wenig mehr als 0,50 m hoch reicht und mit einem auslaufenden Schrägverstrich endet⁶⁰. Man wird annehmen können, daß Kanäle dieser Höhe vordergründig nicht der größeren Wasserführung wegen so hoch angelegt wurden.

Das Gefälle des Aquäduktes von Jouy-aux-Arches läßt sich aus den Angaben Doells mit 3,8 ‰ errechnen⁶¹. Der Annahme, man habe den Aquädukt deshalb mit größerem Gefälle versehen, um bei eintretendem stärkerem Frost durch beschleunigten Wasserfluß die Bildung von Grundeis und die damit verbundenen Frostschäden zu verhindern⁶², vermögen wir nur dann beizupflichten, wenn der nachfolgende Teil der Wasserleitung nicht wieder mit vermindertem Gefälle weitergeführt wurde.

⁵⁷ A. Doell, Der Aquädukt von Jouy-aux-Arches und die römische Wasserleitung von Gorze nach Metz. Jahrb. d. Gesellschaft für lothringische Geschichte und Altertumskunde 16, 1904, 297—98.

⁵⁸ Vgl. Anm. 18, 206.

⁵⁹ Ebd. 299.

⁶⁰ Ebd. 127.

⁶¹ Vgl. Anm. 57, 298.

⁶² Ebd. 309.

Mainz

Von der Mainzer Wasserleitung, die das Legionslager zu versorgen hatte, sind offensichtlich noch keine Leitungsquerschnitte vorgelegt worden; daß es aber dennoch keine unbedeutende Leitung gewesen sein kann, wird deutlich an den erheblichen Resten eines Aquäduktes bei Mainz-Zahlbach. Von dem Quellgebiet der Hauptleitung bei Drais — der offensichtlich noch eine von Finthen kommende Leitung zugeführt war — bis zu den Kliniken in Mainz fällt die etwa 5 km lange Leitung rund 65 m, was einen ungewöhnlich hohen mittleren Gefällwert von 13 ‰ (!) ergibt⁶³.

Pergamon

Ziehen wir zu den kurz besprochenen westlichen Leitungen noch die von Pergamon hinzu. Die Maximalgröße des wasserführenden Querschnittes beträgt hier durchschnittlich $0,90 \times 0,90$ m. Der mittlere Gefällwert liegt bei 0,3 ‰. Die hydraulische Leistungsfähigkeit beträgt demnach:

$$Q = 0,500 \text{ m}^3/\text{sec} \\ \sim 43\,200 \text{ m}^3/\text{Tag}$$

Der auf Grund des vorhandenen Kalksinters nachgewiesene wasserführende Querschnitt liegt etwa bei $0,90 \times 0,55$ m. Unter diesen Bedingungen betrug die Wasserführung:

$$Q = 0,260 \text{ m}^3/\text{sec} \\ \sim 22\,400 \text{ m}^3/\text{Tag}^{64}$$

Damit lag die Leistungsfähigkeit fast doppelt so hoch wie die nachgewiesene Wasserführung. Allerdings wird man von einer wesentlichen Überdimensionierung kaum sprechen können.

An Hand dieser kurzen Betrachtung wäre abschließend festzuhalten, daß alle zum Vergleich herangezogenen Wasserleitungen zum Teil sogar erheblich überdimensioniert hergestellt wurden, wobei das Wissen um die den wasserführenden Querschnitt einengenden Kalktuffablagerungen keine unwichtige Rolle gespielt haben dürften. Anders ist das in Trier, wo wegen des weichen Wassers der Ruwer keine Kalkablagerungen zu erwarten waren, was möglicherweise bei der Bemessung des Querschnittes der Wasserleitung den Ausschlag gegeben hat, die aber ausreichte, nachweislich der Stadt täglich mehr als 25 000 m³ Wasser zuzuführen. Daß die effektive Durchflußhöhe nur $\frac{2}{3}$ der möglichen Höhe des bis zum Widerlager wasserdicht verputzten Kanals ausmachte, dürfte als normal anzusehen sein, da man wegen des ständigen Gefällwechsels mit kleineren Stauungen innerhalb der Wasserrinne rechnen mußte.

Von der geförderten Wassermenge Rückschlüsse ziehen zu wollen auf die Anzahl der Bewohner einer antiken Stadt, wie das gelegentlich geschieht, ist ebenso unmöglich wie umgekehrt von einer vermuteten Einwohnerzahl auf

⁶³ Vgl. Anm. 4, 82 ff.; Führer zu vor- und frühgeschichtlichen Denkmälern 11, Mainz (1969), S. 103.

⁶⁴ Vgl. Anm. 7, 65.

deren Wasserverbrauch. Wir glauben heute sagen zu können, daß das römische Trier keinesfalls mehr als zwischen 20 000 bis 30 000 Bewohner gehabt haben wird. Damit hätte der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag bei rund 1 m³ gelegen. Bedenkt man aber, daß damals bei allen öffentlichen Einrichtungen wie die vielen Laufbrunnen, Bäder, Abortanlagen usw. das Wasser Tag und Nacht unaufhörlich lief, ganz gleich ob es gebraucht wurde oder nicht, vermindert sich der eigentliche Wirkungsgrad römischer Wasserleitungen ganz erheblich.

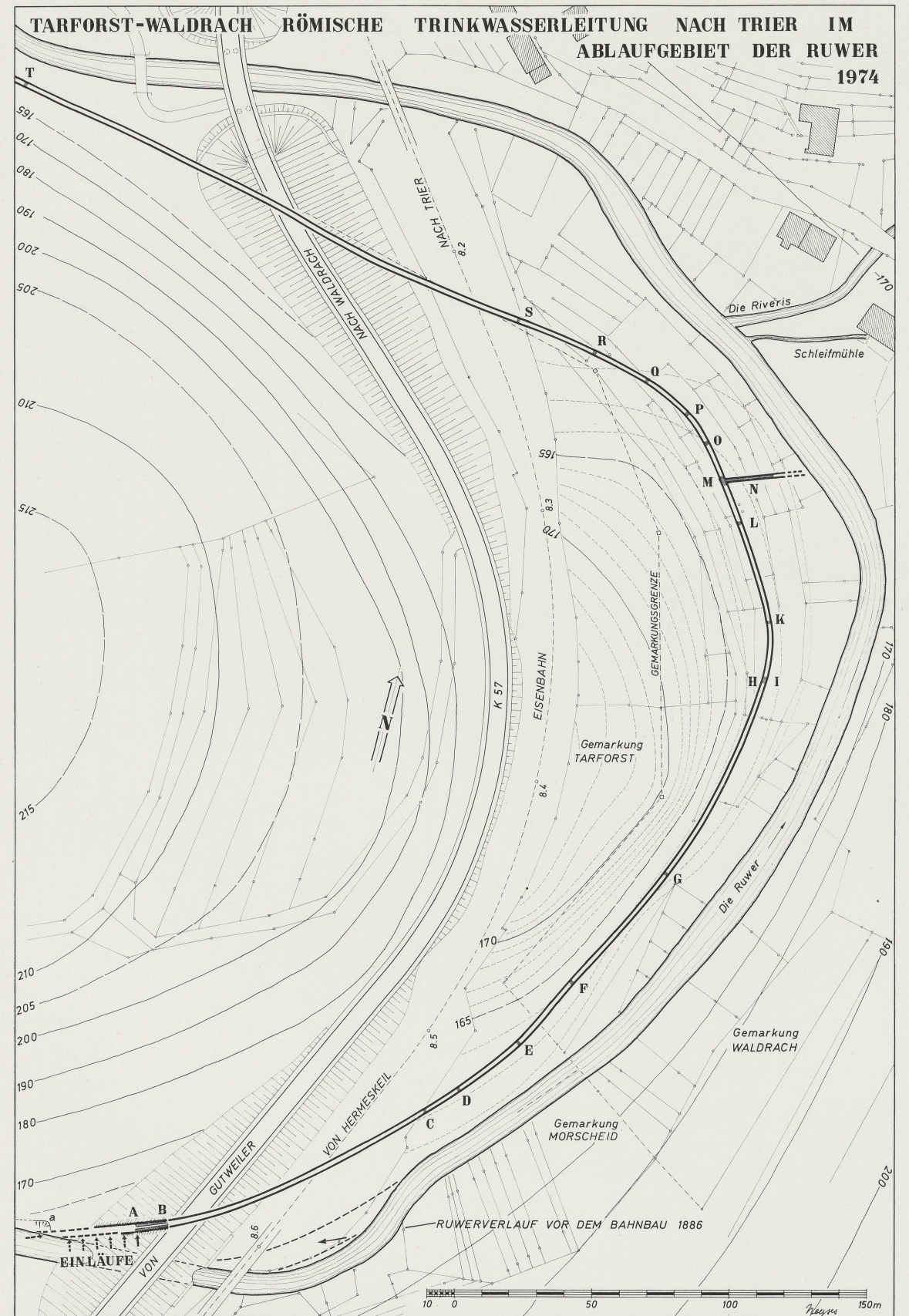


Abb. 1 Topographische Lage der Ruwerwasserleitung im Ablaufgebiet der Ruwer