

Klaus Grewe

Die Ziegelmarken am Aquädukt von Minturnae

Es gab für die römischen Ingenieure in der Regel zwei Gründe, die Fernwasserleitungen kurz vor den Städten als Hochleitungen auf Pfeilerreihen zu führen: Weil die Stadtareale in den meisten Fällen in strategisch günstigen – und an Flüssen hochwasserfreien – Hochlagen angelegt worden waren, mussten im Streckenverlauf vorher fast immer Talsenken durchfahren werden. War dies vom Gelände her nicht vorgegeben, mussten zumindest die für die Verteilung des Wassers wichtigen Hochbehälter erreicht werden, und auch das erforderte eine Heranführung des Wassers in einer Hochleitung, um es mittels der auf diese Weise bereitgestellten Energie in einem innerstädtischen Drucknetz verteilen zu können. Diese Hochleitungen sind von der Konstruktion her natürlich völlig identisch mit Brücken, die man für Talüberquerungen gebaut hat, und wir werden im Weiteren von der Brücke und den Brückenpfeilern von Minturnae sprechen.

Der Aquädukt von Minturnae transportierte das Trinkwasser in einer rund elf Kilometer langen Freispiegelleitung von den Quellen des Rio Capo d'Acqua in die Stadt¹. Der steinerne Kanal folgt in seinem Verlauf in der Anfangsstrecke dem Rio Capo d'Acqua auf seiner südlichen Seite, um dann beim heutigen Scauri abzuknicken und in ziemlich gestrecktem Verlauf der antiken Stadt Minturnae zuzustreben. In Scauri sind Reste des Aquäduktes erhalten, und schon hier wurde die Leitung auf Pfeilern geführt. Kurz vor der Stadt hatte der Aquädukt die antike Via Appia zu überqueren, vorher schon eine Seitenstraße der Via Appia und weitere Straßen und Wege.

Das äußere Erscheinungsbild der Brücke ist geprägt durch sein Bruchsteinmauerwerk, das durchgängig solide ausgeführt ist. Der Specus hat die übliche Form eines Steinkanals mit einer lichten Weite von 55 Zentimetern; von der Abdeckung ist heute nichts mehr erkennbar. Durch zwei Merkmale ist die Brücke allerdings auffällig und hebt sich von anderen Bauwerken dieser Art ab. Eine Besonderheit ergab sich bei der Vermessung, denn dabei zeigte sich, dass das Endstück des Aquäduktes vor der Stadt nur ein minimales Gefälle aufweist – man könnte fast von einer horizontal geführten Sohle sprechen². Dazu wird noch hinsichtlich eines Vergleichsbeispiels zu sprechen sein.

Das Forschungsprojekt Minturnae ist ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördertes Projekt des Deutschen Archäologischen Instituts. Prof. Dr. Henner von Hesberg (DAI Rom) und dem Projektleiter Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Bankel (Hochschule für angewandte Wissenschaften München) ist für die Einladung zur Teilnahme zu danken. Von Herrn Bankel stammt auch der Hinweis auf die dieser Arbeit zugrunde liegenden Ziegelmarken. Frau Dr. Giovanna Rita Bellini, Direttrice del Comprensorio Archeologico di Minturnae, Soprintendenza Archeologica del Lazio, ist für die Genehmigung der Feldarbeiten zu danken.

¹ An den ergiebigen Quellen des Rio Capo d'Acqua, die heute für die regionale Wasserversorgung genutzt werden, wurden allerdings keine Baureste einer antiken Quellfassung gefunden. – M. Döring, Wasser für Minturnae/Latium. Die Wasserversorgung der römischen Stadt an der tyrrhenischen Brücke. *Schr. Dt. Wasserhist. Ges.* 14, 2010, 151–161.

² Die Vermessungen der Leitungssohle führte Thomas Strellen (Thomas Strellen Photogrammetrie und Geoinformation, Raisting) durch.

Völlig ungewöhnlich sind allerdings die bei der Untersuchung der Brücke entdeckten Ziegelmarken, die in der seitlichen Außenhaut von etwa siebenzig Brückenpfeilern angebracht sind. Diese Marken bestehen aus jeweils zwei übereinandergesetzten handquadergroßen Ziegelsteinen, die im letzten Abschnitt der Brücke auf der linken Seite der Pfeiler untergebracht sind. Im Bereich vor und hinter der überbrückten Seitenstraße der Via Appia sind die entsprechenden Marken auf der rechten Seite der Brücke angebracht.

Diese beiden Besonderheiten waren das Ziel eines kleinen Forschungsprojektes, an dem Verfasser im Frühjahr 2012 teilgenommen hat.

Beim Versuch, die Fragen zu den Ziegelmarken zu beantworten, muss man sich in die Arbeitsabläufe beim Bau eines solchen Aquäduktes hineinendenken. Da Bauzeichnungen und Pläne aus der Antike nicht überliefert sind, muss man förmlich in die Rolle des Bauleiters schlüpfen, denn nur so ist der Bauplan nachträglich zu entschlüsseln. Untersuchungen an anderen Aquädukten zeigen, dass auf diese Weise zielgerichtetes Vorgehen in der Aquäduktforschung durchaus Ergebnisse bringen kann. Da die Bedeutung der Ziegelmarken von Minturnae nicht zu erklären ist, ohne Forschungsergebnisse an anderen Aquädukten heranzuziehen, seien zwei Beispiele aus Deutschland und Frankreich hier angeführt.

Brücken im Verlauf der Eifelwasserleitung

Die Forschungen zum römischen Aquäduktbau der letzten Jahre haben wesentliche neue Erkenntnisse zur Baustellenorganisation hervorgebracht. Eine neue Feststellung ist zum Beispiel die, dass die Brücken im Verlauf eines Aquäduktes als eigenständige Bauwerke konzipiert waren, die von speziellen Bautrupps vor dem Ausbau der Trasse errichtet wurden. Die Brückenstandorte waren also bezüglich ihrer Lage und Höhe vorab exakt zu bestimmen und abzustecken. Auf diese Weise verhinderte man an diesen Problemstellen zwar einerseits Verzögerungen im Baufortschritt, man hatte andererseits mit den Brücken aber auch neue Zwangspunkte geschaffen, die vom nachrückenden Wasserleitungsbau mindestens höhengleich getroffen werden mussten.

Die römischen Ingenieure mussten sich aber gegen Überraschungen versichern, denn nur an den Brückenbauwerken waren nachträgliche Korrekturen möglich, baubedingt allerdings nur nach oben hin, indem die überführten Rinnen unterfüttert oder die Brücken aufgestockt wurden. In den unzähligen kleinen Brücken zur Bachüberquerung wird sich dieses Problem nicht gravierend gestellt haben, aber die Großbrücken – wie beispielsweise der Pont du Gard bei Nîmes, der Pont del Diable bei Tarragona und schließlich auch die Brücke vor Minturnae – sind unter diesen Prämissen in einem gänzlich neuen Licht zu betrachten (Abb. 1).

In diesem Zusammenhang dürfen allerdings auch die neuen Forschungsergebnisse zur Planung und Trassierung im römischen Aquäduktbau nicht außer Acht gelassen werden. Nach diesen neuen Erkenntnissen wurde das der Planung zugrundeliegende Nivellement mit dem bei Vitruv beschriebenen Chorobat ausgeführt³.

³ K. Grewe, *Bonner Jahrb.* 209, 2009, 109–128.

⁴ Bei dem von Vitruv beschriebenen Chorobat handelte es sich um ein 20 Fuß (= 5,92 m) langes Richtscheit, das zum Nivellement wie eine übergroße Wasserwaage benutzt wurde, s. ebd. Bei diesem Gerät wurde also nicht über Zielvorrichtungen gepeilt, sondern der Höhenunterschied wurde am horizontal aufgestellten Gerät direkt abgelesen. War die zu nivellierende Strecke länger als der Chorobat, so wurde mit Wechsellagen gearbeitet. Da das Gerät bei jeder Aufstellung gewendet wurde, eliminierte man sämtliche Gerätefehler.

⁵ Das Austafeln war noch in der Mitte des 20. Jhs. eine gängige Methode der Gefälleabsteckung im Kanalbau, s. ebd. Man benötigt hierzu kein Nivelliergerät, sondern lediglich drei T-förmige Tafeln. Damit wird ein anfangs abgestecktes Gefälle über die Kanaltrasse optisch verlängert.

⁶ Diese Brücke war nach der Ausgrabung 1982 zugeschüttet worden. Sie wurde 2009 wieder freigelegt und ist seitdem zugänglich, s. K. Grewe, *Atlas der römischen Eifelwasserleitung nach Köln. Rhein. Ausgr.* 26 (Köln 1986) 64–66 (Fundstelle 18, 2).



Abb. 1 Der Aquädukt von Minturnae, die Hochleitung zur Talüberquerung vor der antiken Stadt.

Auch das Nivellement für die Absteckung der Brücken oder der Baulosgrenzen wurde mit diesem einfachen Nivelliergerät durchgeführt⁴, während die nachfolgende Gefälleabsteckung für den Specus mittels einer im Kanalbau bis in die sechziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts gängigen Methode erfolgte, dem sogenannten Austafeln⁵.

Dabei ist wichtig zu wissen, dass bei der Chorobatvermessung die Erdkrümmung ausgeglichen wird, während sie beim Austafeln voll zur Wirkung kommt. Letzteres hat zur Folge, dass man am Ende einer ›ausgetafelten‹ Strecke zwangsläufig zu hoch auf den Anschlusspunkt trifft, da man sich nicht auf der Linie der Erdkrümmung bewegt, sondern stattdessen auf deren Tangente.

Zumindest bei den größeren Brücken hatten die Baumeister sich gegen allzu große Abweichungen von der geplanten Gefällelinie zu versichern: Die Trasse durfte keinesfalls zu tief auf die Brücke treffen, denn nur wenn sie zu hoch auf die Brücke traf, war ein Nachbessern möglich. Diesen Anforderungen kam die Gefälleabsteckung mittels Austafelns allerdings entgegen.

Diesbezüglich aufschlussreich war die Ausgrabung einer kleinen Aquäduktbrücke der Eifelwasserleitung bei Mechernich-Vollem⁶. Um den Trassenverlauf des Aquäduktes zu erkunden, wurde in einer Wiese nahe dem Dorf ein Baggerschnitt angelegt. Schon bei einem der ersten Griffe des Baggers kam ein konisch zugeschlagener Handquaderstein an das Tageslicht, was die Vermutung zuließ, hier auf den Bogenstein einer Aquäduktbrücke getroffen zu sein. Tatsächlich zeigte sich bei den weiteren, nun von Hand durchgeführten Freilegungsarbeiten, dass es sich bei diesem Fund sogar um den Schlussstein des Bogens handelt. Die hier bei Vollem entdeckte Aquäduktbrücke war zwar den kleineren Bauwerken ihrer Art zuzurechnen, hatte aber den Vorteil, ziemlich komplett erhalten zu sein. Sie zeigte Abmessungen von 7,3 Metern Länge bei einer Breite von 1,79 Metern. Der einzige Bogen hatte eine Durchlassweite von 1,12 Metern. Die auf der Brücke verlegte Wasserleitungsrinne hatte Abmessungen von 0,42 Metern lichter Weite und 0,50 bis 0,52 Metern lichter Höhe (Abb. 2).

Es zeigte sich erst beim genauen Aufmaß des Befundes, dass die beiden Bauwerksteile – Brücke und Specus – nicht so recht zusammenpassten. Die Wasserleitung verlief nämlich weder exakt mittig noch nach der Brückenachse ausgerichtet über das Bauwerk. Sie lag vielmehr auf die ganze Brückenlänge bezogen um 17 Zentimeter schräg zur Ausrichtung des Unterbaus.



Das gab einer Vermutung Nahrung, die wir schon lange gehegt hatten: Die Brücken waren nicht von den gleichen Leuten gebaut worden wie die darauf verlegten Rinnen. Ein Spezialtrupp muss im Vorfeld des Trassenausbaus unterwegs gewesen sein, um die mehr oder weniger aufwendigen Brücken vorab zu errichten. Das ergibt natürlich Sinn, wenn man bedenkt, dass die Brückenbauten unter Umständen mehr Zeit in Anspruch nahmen als der Bau des Specus. Da die Leitung innerhalb eines Bauloses nur in einem Zuge fortschreitend zu bauen war, zum Beispiel um Höhenversprünge zu vermeiden, wäre es zu erheblichen Verzögerungen im Baubetrieb gekommen, wenn man an jeder kleinen Bachüberquerung auf die Fertigstellung der jeweiligen Brücke hätte warten müssen.

Damit ist aber auch klar, dass die vielen kleinen und großen Brücken regelrechte Zwangspunkte waren, die von den Wasserleitungsbauleuten bezüglich der Lage und noch mehr bezüglich ihrer Höhe genau getroffen

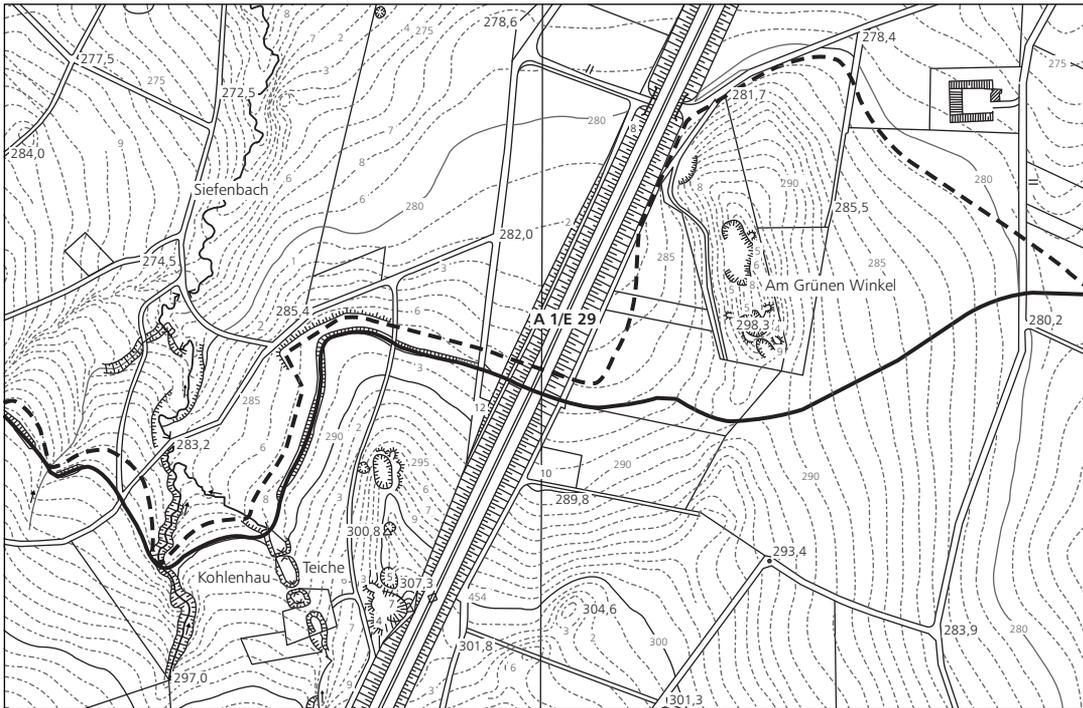
werden mussten. Überhaupt zeigt dieser Einblick in die Baustellenorganisation noch einmal deutlich, dass es sich bei römischen Fernwasserleitungen um komplexe Werke handelte, die nach allen Regeln der Ingenieurkunst geplant und fertiggestellt wurden.

Noch ein Befund aus dem Verlauf der Eifelwasserleitung ist bezüglich der Brückenbauten von großem Interesse: Im Hombusch bei Mechernich ist der Verlauf der römischen Eifelwasserleitung sehr gut zu verfolgen, da sich in diesem ziemlich geschlossenen Waldgebiet die Arbeitsterrasse der römischen Ingenieure auf eine mehrere Kilometer lange Strecke verfolgen lässt⁷. Es war schon bei der Begehung der Trasse aufgefallen, dass die für den Leitungsbau angelegte Terrasse auf einer Strecke von rund vier Kilometern abschnittsweise außergewöhnlich breit angelegt war. Besonders ungewöhnlich war allerdings, dass dort zwei mehr oder weniger parallel geführte Leitungsgräben lagen. Während der kleinere dieser Gräben auf der Arbeitsterrasse ziemlich mittig verlief, schmiegte sich der andere an den Fuß der bergseitigen Böschung an.

Das Rätsel dieses ungewöhnlichen Leitungsverlaufs löste sich durch eine archäologische Untersuchung am Ende dieser Teilstrecke. Hier traf die Leitung auf einen quer zur Trasse liegenden Bergsporn («Am Grünen Winkel»), der von den römischen Ingenieuren in seinem Halsbereich durchstochen werden sollte. Das hat wegen der mit acht Meter sehr großen Einschnitttiefe vermutlich zu Problemen im Baufortschritt geführt. Die Böschungen dieses oben fast zwanzig Meter breiten Einschnittes haben den Bauleuten offensichtlich große Probleme bereitet, so dass sie mit dem Einbau der Wasserleitung in Verzug gerieten. Es scheint so gewesen zu sein, dass die Leitung oberhalb und unterhalb diese Problemabschnitts bereits fertig war, als man hier am Grünen Winkel noch mit den nachrutschenden Böschungen des Geländeeinschnittes kämpfte (Abb. 3).

⁷ Ebd. 89–103 (Fundstellen 23, 1–6 und 24, 1).

⁸ Ein Trockental, nur bei Regen oder Schneeschmelze wasserführend.



Eifelwasserleitung bei Mechernich.

Abb. 2 (gegenüber) Beim Bau der Aquäduktbrücke von Mechernich-Vollem wurde der Specus schräg auf dem Unterbau verlegt.

Abb. 3 Im Hombusch bei Mechernich hat man zur provisorischen Inbetriebnahme der Wasserversorgung eine Holzleitung um einen Bergsporn verlegt (abgesetzte Linie). Für den Steinkanal wurde eine zweite Trasse bergwärts verlegt (durchgehende Linie). Die provisorische Holzleitung und der endgültige Steinkanal benutzten bei Bachüberquerungen (links im Bild) gemeinsam die vorab errichteten Brücken.

Um die Versorgung Kölns endlich in Betrieb nehmen zu können, hat man auf der geplanten Trasse dieser vier Kilometer langen Strecke eine provisorische Leitung verlegt, die – schließlich finden wir keinerlei Baureste, sondern lediglich den Baugraben davon – wahrscheinlich aus Holz gebaut war und später wieder entfernt wurde. Zur Umgehung des problembeladenen Geländeanschnitts am Grünen Winkel wurde diese provisorische Leitung um den Bergsporn herum verlegt.

Als man die Probleme beim Geländeanschnitt endlich im Griff hatte, konnte man hier die endgültige Leitung bauen, und zwar wie üblich als steinerne Rinne mit Gewölbeabdeckung. Nun war allerdings auch die vier Kilometer lange provisorische Holzleitung durch einen Steinkanal zu ersetzen. Zu diesem Zwecke wurde die Arbeitsterrasse bergseitig verbreitert und in diesem neugewonnenen Terrassenstreifen der Baugraben für den anschließend zu bauenden Steinkanal ausgehoben. Der Steinkanal wurde mit Erdreich zum Frostschutz abgedeckt und in Betrieb genommen – danach konnte die überflüssig gewordene provisorische Leitung entfernt werden.

Bezüglich unserer Beobachtungen zum Brückenbau im Verlauf von Aquädukttrassen ist es interessant, diese Problemstrecke in einer topographischen Karte wie der Deutschen Grundkarte 1:5.000 zu betrachten. Dort sind die zwei in etwa parallel laufenden Linien der provisorischen und der endgültigen Trasse anhand des jeweiligen Grabenverlaufes gut auszumachen. Sehr deutlich wird aber auch, dass sich die beiden Trassen bei jeder Überquerung eines Siefens⁸ oder Baches vereinigen, um dieses Hindernis an identischen Stellen zu überqueren.

Von derartigen Verknüpfungsstellen sind auf der vier Kilometer langen Problemstrecke acht eindeutig zu erkennen, und das kann nur eine einzige Ursache haben: An allen diesen Stellen waren bereits vor dem Bau der provisorischen Leitung zwecks Überquerung der Siefen und Bäche die Brückenbauwerke vorhanden, und da diese Bachübergänge eigentlich für die endgültige Leitung gebaut worden waren, handelte es sich natürlich um Steinbrücken. Die vielen Brücken und Brückchen sind also auch in diesem Trassenabschnitt von Spezialbautrupps als selbstständige Bauwerke vor dem Ausbau des Specus vorab errichtet worden.

Da nun diese Steinbrücken im Trassenverlauf bereits vorhanden waren, hat man sie sowohl beim Ausbau der provisorischen Holzleitung als auch beim Ausbau des endgültigen Steinkanals benutzt. Somit sind auch diese mindestens sieben kleinen Brückchen mitsamt der einen dreibogigen Aquäduktbrücke von sieben Meter Höhe über den Hombusch-Siefen weitere Belege für die Arbeitsteilung zwischen Brücken- und Specusbau auf römischen Aquäduktbaustellen (Abb. 3).

Der Pont du Gard

In nachträglicher Betrachtung ist diese Vorgehensweise der römischen Ingenieure recht schlüssig, ist sie doch einerseits durch archäologische Befunde gut belegt und andererseits in Hinsicht auf einen reibungslosen Arbeitsablauf anders kaum vorstellbar. Da der oben geführte Nachweis allerdings einen Trassenabschnitt mit eher kleinen Aquäduktbrücken betrifft, stellt sich die Frage, ob diese Form der Baustellenorganisation auch bei den größeren und großen Talquerungen nachvollziehbar ist. Folgt man dabei den Gesetzen der Logik, so kann man erkennen, dass gerade bei großen Brücken mit besonderer Vorsicht zu bauen war, da nachträgliche Korrekturen kaum unterzubringen waren.

Große Brücken unterliegen bezüglich Planung und Bauausführung ganz anderen Gesetzen als die kleinen. Nicht nur von den Dimensionen her waren und sind diese Bauwerke viel schwieriger zu beherrschen: Betrachten wir die gewaltigen Spannweiten, die im Falle des Pont du Gard bis zu 24,5 Meter erreichten, und die in drei Stockwerken ausgebaute Höhe von fast fünfzig Metern⁹, so wird klar, dass hier ganz besondere Anforderungen an die Statik zu stellen waren. Das hatte zwangsläufig Auswirkungen auf den Einsatz der Baustoffe, auf die Auswahl des Baugrundes, und es erforderte eine kluge Planung allein wegen der durch Hochwasser und Windeinwirkungen zu berücksichtigenden Unwägbarkeiten. Nachträgliche Änderungen am Baukörper, die beispielsweise durch eine anders als die geplante Höhenlage des herangeführten Specus bedingt sein konnten, beeinträchtigten aber nicht nur die Statik, sondern noch mehr das Aussehen einer Brücke. Und wenn man von der *Maiestas* des *Populus Romanus* spricht, die in den großen Staatsbauten zum Ausdruck kommen sollte, dann wird klar, dass besonders die Brücken eine Aufgabe zu erfüllen hatten, bei welcher der römische Ingenieurgeist durchaus sichtbar werden sollte. Die Ästhetik in der Bauausführung entfaltete nicht nur in ihrer Zeit eine besondere Außenwirkung, sondern beeindruckt uns schließlich noch heute.

Nun steht der Pont du Gard als Aquäduktbrücke der Wasserleitungsstrasse zwischen Uzès und Nîmes eher etwas im Abseits als den Blicken der Besucher von Nemausus preisgegeben. Gleichwohl wird auch hierin etwas vom römischen Ingenieurgeist sichtbar, denn wir haben

⁹ Die exakte Höhenangabe liegt bei 48,31 m, s. G. Fabre / J.-L. Fiches / J.-L. Paillet, *L'aqueduc de Nîmes et le Pont du Gard*. Archéologie. Géosystème. Histoire (Nîmes 1991) 94.

¹⁰ Die neuesten Datierungsversuche legen die Bauzeit der Wasserleitung nach Nîmes in die Regierungszeiten von

Kaiser Claudius oder Kaiser Nero, s. G. Fabre / J.-L. Fiches, *Aquädukt der Superlative*. Spektrum Wiss. 2006, H. 6, 92–97.

¹¹ A. Léger, *Les travaux publics, les mines et la métallurgie aux temps romaine*, 2 Bde. (Paris 1875) Abb. 13. – J.-P. Adam, *La construction romaine* (Paris 1984) 191.

viele Beispiele für qualitätvolle Bauausführung und Zierrat in Bauwerken an Stellen, die nie von jemandem einzusehen sind¹⁰.

Eine Aquäduktbrücke war kein Selbstzweck, dennoch musste sie neben ihrer Funktion auch die ästhetischen Ansprüche ihrer Zeit erfüllen. Und es gilt noch einmal, dass wir für die Betrachtung eines antiken Technikbaus keinerlei Baupläne oder sonstige Planungsunterlagen zur Verfügung haben. Alles, was wir über die in diesem Bau steckende Technik wissen wollen, müssen wir aus dem Bauwerk selbst herauslesen. Dabei sind im Mauerwerk erkennbare Sonderformen – wie beispielsweise die Kragsteine – in der Regel große Hilfen. Wenn es um die Entschlüsselung der Bogenkonstruktion geht, sind aber auch diese nicht immer eindeutig. So kommen Alfred Léger und Jean-Pierre Adam bei der Rekonstruktion des Lehrgerüsts für einen der Pont-du-Gard-Bögen auf durchaus unterschiedliche Bauweisen¹¹. Insgesamt gesehen sind Jean-Louis Paillet plausible »Beobachtungen zur Konstruktion des Pont du Gard« gelungen. Er beschreibt auch sehr nachvollziehbar den Bauablauf, wobei er besonders auf die angewandten Techniken und das verwendete Baumaterial eingeht¹².

Legen wir die zuvor beschriebenen neuen Erkenntnisse zur Organisation der Brückenbaustellen unseren weiteren Betrachtungen zugrunde, dann wird der dreigeschossige Pont du Gard aber auch aus einer etwas anderen Sicht interessant: Nach dieser neuen Betrachtungsweise könnte man das Bauwerk in einen aus den beiden Untergeschossen bestehenden Kernbau einerseits und das dritte Stockwerk andererseits einteilen, das schließlich die Wasserleitungsrinne zu tragen hatte und bezüglich der Sohlenhöhe einen gewissen Spielraum bieten musste (Abb. 5).

Bezieht man in diese Überlegungen zum Bauablauf aber weiterhin die anfangs erwähnten neuen Erkenntnisse ein, dass nämlich die Gefälleabsteckung nicht durch ein geometrisches Nivellement, sondern nach der Methode des Austafelns durchgeführt wurde, so ergibt sich bezüglich des dritten Stockwerks eine noch etwas differenziertere Betrachtungsweise. Zwar teilt auch Paillet das dritte Stockwerk in Bogenreihe und Kanalarinne, er legt die Trennlinie aber als schnurgerade Linie zwischen den Scheitelpunkten der Bogenreihe und der Wasserrinne an, so dass der erforderliche Spielraum zum Ausgleich von höhenmäßigen Unwägbarkeiten nur in der Sohle der Wasserrinne vorhanden war. Damit engt er einerseits den Spielraum für die römischen Baumeister unnötig ein, andererseits wird er auch dem im Bauwerk ablesbaren Befund nicht ganz gerecht¹³.

Im dritten Stockwerk des Pont du Gard sind die Schritte der Ausführung schon äußerlich erkennbar: die grobe Einengung des Höhenspielraums durch in Großsteinquadern ausgeführte Bögen und die aufgesetzte Ausführung in Opus caementicium in einer verlorenen Schalung, als man sich der Brücke mit dem Specus näherte¹⁴ (Abb. 4). Eine letzte Möglichkeit zum Höhenfeinausgleich bestand dann noch in der Ausführung der wasserführenden Sohle im Specus.

Wir können aus unseren Kenntnissen vom Austafeln folgern, dass die Auswirkungen der bei diesem Absteckverfahren nicht berücksichtigten Erdkrümmung zur Abweichung nur in eine Richtung führten: wegen des Verlaufs der ausgetafelten Gefälleinie tangential zur Erdkrümmung nämlich in jedem Fall nach oben. Waren andere Fehlerquellen auszuschließen, so

¹² J.-L. Paillet, *Réflexions sur la construction du Pont du Gard*. Gallia 62, 2005, 49–68.

¹³ K. Grewe, , Neues zur Baustellenorganisation im römischen Aquäduktbrückenbau. In: *Archäologie der Brücken. Vorgeschichte Antike Mittelalter Neuzeit* (Re-

gensburg 2011) 61–66; ders., *Meisterwerke antiker Technik* (Mainz 2010) 86–89.

¹⁴ Im dritten Stockwerk des Pont du Gard ist die »verlorene« Schalung aus Handquadersteinen erkennbar.



konnte auch der Baumeister des Pont du Gard immer damit rechnen, dass die Bauleute des Specus im Normalfall mit ihrem Kanalgerinne zu hoch auf die Brücke treffen mussten.

Im Fall des Pont du Gard ist erkennbar, dass der Baumeister sich genau diesem Problem in mehreren Schritten näherte: Der Kernbau, also die beiden unteren Geschosse, lag mit einer Gesamthöhe von 41,37 Metern außerhalb jeder »Gefahrenzone«. Das Obergeschoß hingegen diente genau diesem Zweck, nämlich die Unwägbarkeiten der Gefälleabsteckung aus dem Trassenverlauf im Brückenbereich mit dem Ausbau eines dritten Geschosses aufzufangen, ohne die Bausubstanz

des Kernbaus antasten zu müssen. Dafür stand dem Baumeister ein Spielraum zur Verfügung, der an der Oberkante des zweiten Stockwerks begann.

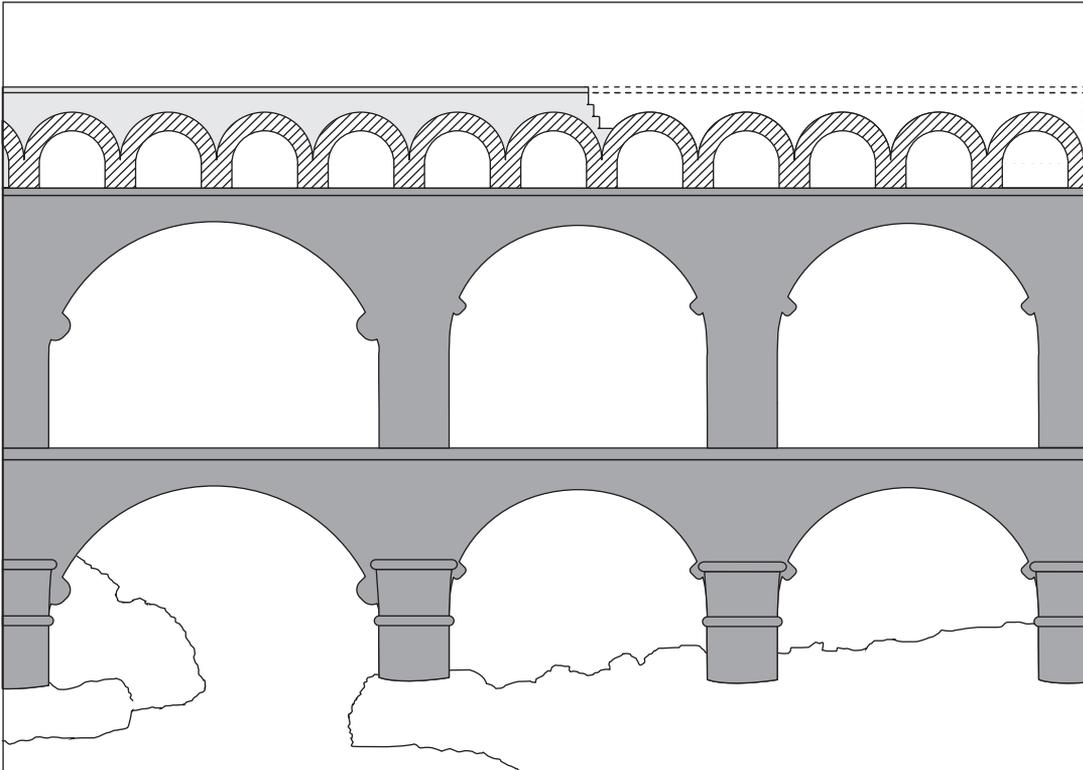
Eine weitere Auffälligkeit bei der Betrachtung der Höhen am Pont du Gard betrifft die Quote der Oberkante des zweiten Stockwerks, also des Kernbaus. Dass diese nur unwesentlich höher als diejenige des Aquädukteinlaufs am Castellum aquae in Nîmes liegt, kann seine Ursache im gewählten Vermessungsverfahren haben. Da nach unseren Erkenntnissen die Höhen für die Fixpunkte im Verlauf der Trasse mit dem Chorobat nivelliert wurden, ist das durchaus erklärbar. Die einfachste Art des Nivellements mit dem Chorobat bestand ja darin, sich auf einer Höhenlinie zu bewegen, da hierbei keinerlei Aufschrieb und auch keinerlei Berechnungen nötig waren. Diese einfache Art des Nivellements konnte von angelegerten Hilfskräften durchgeführt werden – und das durchaus über eine Strecke von 33,5 Kilometern wie hier im Beispiel von Nîmes! Der Kernbau des Pont du Gard mit seinen beiden Stockwerken stellte also einen Trassenfixpunkt dar, den man höhengleich mit dem Endpunkt der Wasserleitung festgelegt hatte. Die gesamte Energiehöhe für den Transport des Wassers zwischen dem Pont du Gard und Nîmes wurde danach vom dritten Stockwerk der Brücke bereitgestellt!

Es mag ein wenig paradox erscheinen, wenn wir dem römischen Baumeister einerseits großes technisches Können im Wasserleitungsbau bescheinigen, ihm aber andererseits eine fast übergroße Vorsicht in seiner Vorgehensweise bei der Gefälleabsteckung zuschreiben. Wir wissen, dass die Baumeister ihre Gefällelinien zwar mit schier unglaublicher Präzision abstecken konnten – wir wissen aber auch, dass sie die verfahrensbedingten Auswirkungen der Erdkrümmung nicht eliminiert haben. Man zog also das einfache, aber mit einem vorhersehbaren »Fehler« behaftete Verfahren des Austafelns dem schwierigeren Nivellement vor, bei dem sich die Auswirkungen der Erdkrümmung eliminiert hätten. Damit gab man aber einem Verfahren den Vorzug, bei dem sich die Abweichungen von der geplanten Gefällelinie überschaubar und nur nach oben gewandt auswirkten, während sich beim Nivellement noch Ablese-, Schreib-

¹⁵ Bei Strecken von 500 m betragen die Auswirkungen der Erdkrümmung 0,020 m, bei 1.000 m sind es 0,079 m, bei 2.000 m sind es 0,32 m, bei 5.000 m sind es 1,96 m, bei 10.000 m sind es 7,85 m, bei 1 röm. Meile (= 5.000 Fuß = 1.480 m) sind es 0,172 m.

¹⁶ Das Teilstreckengefälle oberhalb des Pont du Gard (0,3837 Promille) ist nicht einheitlich, sondern setzt

sich aus mehreren Gefälleabschnitten zusammen. Die Gefälle zwischen der Quelle bei Uzès und dem Pont du Gard liegen im ersten Abschnitt auf 6,564,27 m bei 0,4965 Promille, im zweiten auf 5,239,37 m bei 0,2983 Promille, im dritten auf 1.880,97 m bei 0,3787 Promille und im vierten Abschnitt auf 2.311,96 m bei 0,144 Promille.



Die Organisation beim Bau einer Aquäduktbrücke am Beispiel des Pont du Gard bei Nîmes.

Abb. 4 (gegenüber) Die beiden Baustufen im dritten Stockwerk (schraffiert und hellgrau in Abb. 5) sind gut zu erkennen: die aus Großsteinquadern errichteten Pfeiler und Bögen und der aus Opus caementicium hinter einer verlorenen Schalung gebaute Specus.

Abb. 5 (oben) Der aus zwei Stockwerken bestehende Unterbau wurde vorab errichtet (dunkelgrau); danach baute man die Bogenreihe des dritten Stockwerks (schraffiert), um darauf in einer verlorenen Schalung den Specus aufzusetzen (hellgrau, in fieri); im Specus konnte vor der Abdeckung des Gerinnes beim Auftrag des Sohlenputzes eine allerletzte Höhenanpassung vorgenommen werden.

und Rechenfehler einstellen konnten, deren Auswirkungen auch von der Richtung her unvorhersehbar und dabei viel gravierender hätten sein können¹⁵.

Beim Austafeln war also klar, dass man die nächste Brücke als Zwangspunkt in jedem Falle zu hoch treffen würde. Und je länger der vor der Brücke liegende Trassenabschnitt war, um so größer musste die erdkrümmungsbedingte Abweichung ausfallen, und um so mehr musste man sich gegen unvorhergesehene Höhenabweichungen versichern und sich deshalb einen Spielraum schaffen (Abb. 6).

Je mehr man sich mit dem Ausbau der Trasse der Brücke näherte, umso mehr engte sich dieser Spielraum allerdings ein und wurde vorhersehbarer. Ab einer gewissen Entfernung von der Brücke konnte das Sohlenniveau der Leitung im Dezimeterbereich präzisiert werden. Der nächste Schritt war es dann, auf der zweigeschossigen Brücke in der für die Wasserleitung erforderlichen Höhenlage als drittes Geschoss den Unterbau für den Specus zu errichten.

Betrachten wir hinsichtlich der Großbrücken den Pont du Gard noch einmal näher, so wird deutlich, dass die römischen Baumeister jedes Risiko vermieden haben, um die vorab gebaute Brücke beim Anschluss des Specus nicht tieferlegen zu müssen. In dieser Hinsicht fällt auf, dass von den vier messbaren Gefälleabschnitten im Verlauf der Trasse zwischen den Eure-Quellen bei Uzès und dem Pont du Gard der letzte mit 0,144 Promille das auffällig geringste Gefälle aufweist¹⁶. Es scheint,

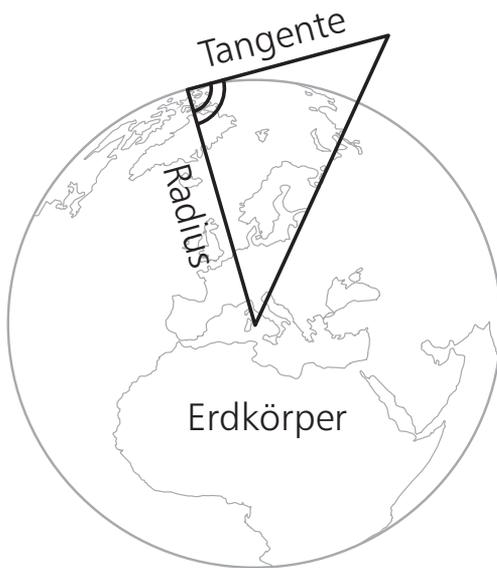


Abb. 6 Beim Austafeln bewegt man sich auf der Tangente zur Erdkrümmung. Dadurch trifft man den nächsten Zwangspunkt der Trasse zu hoch. Das war aber ein gewünschter Effekt bei der Anwendung dieser Methode im Aquäduktbau.

voll auswirkte.

Fassen wir die Ergebnisse aus der Eifel und vom Pont du Gard zusammen, so wird deutlich, dass im Gesamtprojekt eines Aquäduktbaus die Brücken selbstständige Bauwerke waren, die von speziellen Bautrupps dem Specusbau vorausgehend errichtet wurden. Dadurch wird eine klare Arbeitsteilung erkennbar, ohne die allerdings kaum ein Aquädukt in akzeptabler Bauzeit zu bauen gewesen wäre.

Was sagt uns das alles bezüglich des Aquäduktes von Minturnae?

Nach diesen Vorgaben ist der Aquädukt von Minturnae mitsamt seinen auffälligen Ziegelmarken noch einmal gezielt zu betrachten. Diese Ziegelmarken sind in der Tat etwas Besonderes, denn wir finden sie an anderen Aquäduktbrücken nicht wie hier durchgängig Pfeiler für Pfeiler. Sie sind auch nicht mit der Gefällelinie des ausgebauten Specus in Verbindung zu bringen, so dass über sie keinerlei Aussagen zum Verlauf der Gradienten zu machen sind; sie haben demnach also nicht als Vorgaben für die Absteckung des Gefälles gedient.

Betrachten wir sie genauer, so ist allen Marken gemein, dass sie aus zwei übereinander verlegten Ziegelplatten handlichen Formates bestehen und im Mauerwerk der Pfeileraußenschalen verbaut sind. Da sie in der Höhe genau der Schichtstärke des Mauerwerks entsprechen, sind die Fugen dieser als »verlorene Schalung« errichteten Außenhaut der Pfeiler durchgängig. Die Ziegelmarken sind also homogen in die Steinschichten eingegliedert, und das wiederum lässt den Schluss zu, dass es sich hierbei nicht um exakte Maß- oder Höhenvorgaben gehandelt

als habe man sich auf den letzten zwei Kilometern an der Höhenlage des nunmehr fertiggestellten dritten Geschosses ausgerichtet, und das hat ein fast grenzwertig niedriges Gefälle von 14,4 Zentimetern auf einen Kilometer verlangt.

Darüber hinaus ist aber besonders auffällig, dass die beiden ersten, besonders langen Gefälleabschnitte Werte aufweisen, die mit 0,4965 Promille und 0,2983 Promille wieder einmal außerordentlich nahe an »glatten« Werten wie in diesem Falle 0,5000 Promille und 0,3000 Promille liegen¹⁷. Das kann eigentlich nur bedeuten, dass auch beim Bau des Aquäduktes nach Nîmes die Gefälle nach der Methode des Austafelns abgesteckt worden sind, denn die unglatten Werte ergeben sich dadurch, dass sie in unserer Zeit mittels eines geometrischen Nivellements ermittelt worden sind, bei dem die Auswirkungen der Erdkrümmung eliminiert werden. Beim Bau des Aquäduktes fand allerdings das Austafeln Anwendung, bei dem sich die Erdkrümmung

¹⁷ Diese Auffälligkeiten sind vergleichbar mit denen, die wir bereits bei den Untersuchungen zur Eifelwasserleitung festgestellt haben (s. o.).

¹⁸ Diese Reihung ist unterbrochen durch den Bau der rezenten Via Appia, der sechs Pfeiler zum Opfer gefallen

sind. Südlich der Via Appia nova stehen heute noch acht Pfeiler (001–008).

¹⁹ Nördlich der Via Appia nova beginnt die Pfeilerzählung neu mit 01. Diese Strecke ist mit Unterbrechungen bis zum Pfeiler 058 vermessen worden.

haben kann, denn durch diese Einordnung in die Schichtung des Mauerwerks sind Maßvorgaben im Millimeter- oder sogar im Zentimeterbereich gar nicht möglich gewesen. Zeichnet man eine ausgleichende Gerade durch die Abfolge der Ziegelmarken über die ganze Länge des Aquädukts, müssen diese schon aus diesem Grunde ein wenig von der geraden Linie abweichen, also jeweils ein bisschen »aus der Reihe tanzen«.

Abgesehen davon stimmt die Gradienten der ausgleichenden Linie zumindest der Marken an den letzten vierundvierzig Pfeilern (-0,64 Prozent) überhaupt nicht mit dem Gefälle des darüberliegenden Specus (-0,03 Prozent) überein. Wenn diese Marken nach diesen Vorgaben also nicht als »Schnurgerüst« für die Absteckung des Gefälles gedient haben, was war dann der Grund für ihre Unterbringung an den Pfeilern?

Betrachtet man die Pfeiler noch einmal genauer, dann fällt auf, dass die Außenhaut nicht einfach aus übereinander geschichteten Steinlagen besteht, sondern dass der Baumeister in den Seitenflächen noch etwas Zierrat untergebracht hat. Die schichtigen Steinlagen sind unterbrochen von in Retikulat-Mauerwerk ausgeführten Feldern, die jeweils eine T-förmige Fläche ausfüllen. Von diesen T-Formen sind je nach Höhe des Pfeilers mehrere übereinander angebracht worden, wobei die Querbalken jeweils zwei oder drei Schichten des Mauerwerks einnehmen (Abb. 10).

Diese T-Formen stehen in einem merkwürdigen Zusammenhang mit den Ziegelmarken, der an manchen Pfeilern mehr und an anderen weniger deutlich sichtbar wird (Abb. 7 und 9). Dort wo die Platzierung der Ziegelmarke mit einem T kollidiert, hat man in vielen Fällen die Verzierung in der Aufmauerung beendet und stattdessen ohne Retikulat nur noch schichtig weitergearbeitet (Abb. 10).

In manchen Fällen ist sogar nur der Schaft der T-Form begonnen worden – die Trennlinie zwischen beiden Mauertechniken ist durch eine Ziegelmarke gekennzeichnet (Abb. 8). Diese Merkwürdigkeit trifft zwar nicht auf alle Pfeiler zu, aber eben doch auf auffällig viele.

Von diesen auf einer geneigten Linie verlegten Ziegelmarken sind die Pfeiler von 001 bis 008 (südlich der Via Appia nova) und 01 bis 30 (nördlich der Via Appia nova) betroffen. In diesem Bereich sind die Marken auf der linken Seite (Ostseite) des Aquäduktes angebracht. Zieht man durch diese Ziegelmarken eine ausgleichende Gerade, so schneidet sie die Brückensäulen in schrägem Verlauf und trennt den sorgfältig ausgebauten Unterbau von dem ohne Zierrat ausgebauten Oberbau mit den Pfeileroberteilen, den Bögen und dem Specus¹⁸.

Leitungsaufwärts an den Pfeilern 31 bis 58 sind die Marken auf der rechten Seite (Westseite) angebracht¹⁹. Diese Ziegelmarken unterscheiden sich von den zuvor beschriebenen dadurch, dass sie nicht auf einer geneigten Linie zu verfolgen sind, sondern auf einer horizontalen. Sie »tanzen« zwar um bis zu zehn Zentimeter nach oben oder unten aus der Reihe, was aber an der Einpassung der Marken in die Mauerschichten liegen kann. Es fällt jedoch auf, dass diese



Abb. 7 Minturnae, Aquädukt. Typische Ziegelmarke in Pfeiler 08.



Minturnae, Aquädukt.

Abb. 8 Oberhalb der Ziegelmarke in Pfeiler 12 ist das Retikulum unsauber ausgeführt.

Abb. 9 (unten) In Pfeiler 03 ist in Höhenlage der Ziegelmarke ein kleiner Versprung im Querbalken der in Retikulum ausgeführten T-förmigen Mauerfläche erkennbar.





Abb. 10 (oben) Minturnae, Aquädukt. In Pfeiler 19 sind vier Retikulatfelder übereinander angebracht. Im oberen Feld ist der Querbalken des T ab der Höhenlage der Ziegelmarke nur mit einer Steinzeile ausgeführt. Hier markiert die Ziegelmarke die Änderung der Bauausführung besonders deutlich.

Marken in der Regel drei Steinschichten unter den Kämpfersteinen der die Pfeiler verbindenden Bögen angebracht sind. Zieht man durch diese Marken eine Linie, so ergibt sich eine Horizontale, die das Bauwerk in einen aus den Pfeilern bestehenden Unterbau und die Bogenreihe mit dem Specus trennt.

Das ist nun der Punkt, an dem die Ergebnisse der Forschungen zur Baustellenorganisation an der Eifelwasserleitung und am Pont du Gard auch für Minturnae Bedeutung bekommen. Nehmen wir auch für Minturnae an, dass der Aquäduktbau auf zwei Fachfirmen – eine für den Brückenbau und eine für den Specus mit seinen hohen Anforderungen an die Gefälleabsteckung – aufgeteilt war, dann können diese Marken durchaus einen Sinn bekommen. Wir haben an den Beispielen der Eifelwasserleitung und des Pont du Gard gesehen, dass diese Aufteilung sehr eindeutig vorgenommen war: Deutlich unterschieden wurde nämlich zwischen dem Bau der Pfeiler und Bögen einerseits und der Ausführung des Specus andererseits.

Zumindest in dem von uns untersuchten Abschnitt der Aquäduktbrücke von Minturnae ist diese gewissermaßen klassische Aufteilung nicht zu erkennen – darauf deutet zumindest der durch Ziegelmarken kenntlich gemachte Wechsel in der Bauausführung hin. Hier scheint also eine andere Aufteilung der Gewerke vorzuliegen: Leitungsaufwärts hat ein Bautrupp bis zum Pfeiler 31 den Unterbau bis zu einer Höhe von drei Steinlagen unter dem Gewölbeansatz hochgezogen, während ein anderer Trupp die Bögen und den Specus fertigte. Die Trennlinie zwischen den zwei Gewerken wurde durch Ziegelmarken gekennzeichnet, um die spätere Bauabrechnung eindeutig vornehmen zu können.

Ab Pfeiler 30 bis zum Castellum aquae hat der für den Unterbau zuständige Bautrupp die Oberkanten der von ihm hochgezogenen Brückenpfeiler sukzessive tiefer gelegt. Damit ging man so weit, dass die letzten Pfeiler (001 bis 008) nur noch wenig aus dem Boden herausragten. Den Oberbau – Restpfeiler, Bögen und Specus – hat man dem zweiten Bautrupp überlassen. Ursache für diese Arbeitsaufteilung könnte das wegen des knappen Gefälles äußerst sensible Endstück des Aquäduktes gewesen sein: Hier musste die Via Appia noch überbrückt und das Castellum in ausreichender Höhe erreicht werden – und hierzu waren sehr genaue Vermessungen durchzuführen. Es liegt also im Bereich des Möglichen, dass sich der Baumeister des zweiten Bautrupps diesen sensiblen Bereich als Spielraum für die Ausgestaltung des Leitungsfalles in der Schlussstrecke des Aquäduktes vorbehalten hat. Der Verzicht auf die weitere Ausgestaltung des Zierrats in den Pfeilern im zweiten Bauabschnitt deutet möglicherweise auf einen gewissen Zeitdruck in der Termingestaltung hin²⁰.

Gehen wir davon aus, dass die bauausführenden Firmen für ihre Arbeiten auch bezahlt werden mussten, so macht die Markierung der Trennlinie zwischen den Gewerken einen Sinn, denn damit war nachträglich feststellbar, wer welche Leistung an diesem Bauwerk erbracht hatte. Dazu passt übrigens, dass die Marken – an manchen Stellen erkennbar – erst mit dem Beginn des Oberbaus verlegt worden sind; schließlich hatte der Baumeister des oberen Bauteils das meiste Interesse an einer klar erkennbaren Trennlinie.

Die Frage nach dem gegen null Prozent tendierenden Gefälle des Endstücks der Wasserleitung ist eigentlich nur so zu beantworten: Um am Ende des Aquäduktes und damit am Anfang des innerstädtischen Verteilungsnetzes in einem Wasserbehälter (Castellum aquae) oder Wasserverteiler (Castellum divisorium) eine größtmögliche Energiehöhe bereitstellen zu können, mussten die meisten Aquädukte im letzten Abschnitt ihrer Trasse mit schwachem

²⁰ Auf einen solchen Zeitdruck deutet auch die dekorative Ausgestaltung des Außenmauerwerks des Specus hin: Bis zum Pfeiler 47 (Durchfahrt der Seitenstraße zur Via Appia) sind in weißen Retikulatsteinen rautenförmige Muster eingelegt. Im anschließenden Mauerwerk

bis zum Castellum sind diese Zierelemente nur noch in großer Unordnung wiederholt.

²¹ Die Untersuchungen am Castellum divisorium wurden von Hubertus Manderscheid (Rom) durchgeführt und werden von diesem veröffentlicht.

Gefälle an die Bauwerke herangeführt werden. Die Höhe des Castellum divisorium von Minturnae war zudem bestimmt von der Durchfahrthöhe der benachbarten Via Appia, die hier in das Stadtgebiet eintrat und überbrückt werden musste. Die archäologische Untersuchung ergab, dass die Höhe des Wasserbehälters über Grund heute nicht mehr mit der antiken Ansicht vergleichbar ist, denn das Pflaster der Via Appia lag etwa zwei Meter unter der heutigen Bodenfläche²¹.

Die Höhenlage des Wasserbehälters und die Neigung der herangeführten Leitung sind ganz klar das Ergebnis sorgfältiger Planung und Trassierung durch den bauleitenden Ingenieur. Dieser sah in dem gegen null Prozent gehenden Gefälle offensichtlich keinen größeren behindernden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Aquäduktes – das nachdrückende Wasser aus dem oberen Verlauf musste für den erforderlichen Durchfluss sorgen. Die festzustellenden Merkmale im Endabschnitt des Aquäduktes sind also verursacht durch die topographischen Gegebenheiten.

Prof. Dr. Klaus Grewe, Tannenstraße 18, 53913 Swisttal, mail@klaus-grewe.de

Bildrechte. Abb. 5 und 6 LMB, Grafik Martin Pütz. – Alle übrigen Abbildungen vom Verfasser.

Resümee. Die Höhenlage römischer Brücken war – wie auch der Baugrenzen und sonstigen Fixpunkte – bei der Grundlagenvermessung zur Festlegung der Trasse durch ein Nivellement mit dem Chorobat bestimmt und zwar vor der Gefälleabsteckung für den Ausbau des Specus, die durch Austafeln erfolgte. Die Talüberquerung eines Aquäduktes bestand zum einen aus dem Unterbau, also dem Bauwerksteil, das im Normalfall alle Elemente des Brückenbaus enthielt: Gründung, Pfeiler, Bögen und Ausgleichsschicht. Beim nachrückenden Ausbau des Specus wurde dann die wasserführende Rinne auf der Brücke verlegt. Um Höhenabweichungen ausgleichen zu können, hatte man sich genügend Spielraum gelassen, denn das Verfahren funktionierte nur, wenn man mit dem Specus zu hoch auf die vorweg gebauten Brücken traf. Diesem Verfahren der Arbeitsteilung kam allerdings zugute, dass man das Gefälle der Wasserleitungen nicht mittels eines geometrischen Nivellements, sondern nach der Methode des »Austafeln« abgesteckt hatte. Durch dieses spezielle Verfahren, bei dem man sich mit der Gefällelinie auf der Tangente zur Erdkrümmung bewegte, ergab sich der erforderliche Spielraum zwangsläufig. Unter diesen Gesichtspunkten sind in den Ziegelmarken am Aquädukt von Minturnae Markierungen einer Trennlinie zwischen zwei Baugewerken für die Bauabrechnung zu sehen.

Resumé. Il livello dei ponti romani – così come anche la definizione dei singoli lotti di lavoro ed altri punti fissi di riferimento – veniva definito, nel corso della misurazione di base per la definizione del tracciato, mediante il rilevamento di quote di livello con il corobate. Questa operazione precedeva quella della definizione della pendenza necessaria alla costruzione dello specus, definita a sua volta mediante la procedura dell'»Austafeln«. Essa consisteva in una sorta di picchettatura, per procedere alla quale erano necessari due punti altimetrici di partenza, e tre grandi picchetti a forma di T, per riportare sul tratto successivo in pendenza i punti di riferimento di tale picchettatura. Il superamento di una valle da parte di un acquedotto richie-

deva da un lato una sottostruttura, ovvero la parte di cui consiste l'opera edilizia vera e propria: fondamenta, pilastri, archi e strato di livellamento. Al procedere dello scavo per la canalizzazione dell'acqua veniva posta sul ponte la condotta dell'acqua stessa. Per livellare delle discontinuità di altitudine si era lasciato in partenza un margine di gioco, visto che tutta la procedura ha successo, solo se lo specus si trova in posizione più alta rispetto al ponte già costruito in precedenza. Per questa suddivisione delle fasi del lavoro – prima il ponte, poi lo specus – tornava comunque utile il fatto che la pendenza del condotto d'acqua veniva definita non da quote di livello di tipo geometrico, bensì dall'applicazione del metodo dell'»Austafeln«. Grazie a questo particolare procedimento, nel corso del quale ci si muoveva con la linea di pendenza sulla tangente della curva terrestre, risultava necessariamente quel gioco necessario alla riuscita dell'opera. I contrassegni in laterizio dell'acquedotto di Minturnae sono quindi da interpretare come elementi divisorii tra due lotti, funzionali alla suddivisione dei conti.

Conclusion. The levels of the Roman bridges – as well as the alignment sections and other fixed points – were determined through levelling with the chorobate during the survey of the subgrade. Then the level differences for the construction of the specus were plate-staked. An aqueduct crossed a valley on a fundament which normally comprised all the elements of bridging, i. e. substructure, piers, arches, and equalising layers. In the succeeding construction of the specus the flume to carry the water was placed on the bridge. The specus had to meet the prepared bridge from a level too high in order to allow equalising level difference, which demanded enough space beforehand. This demand was met by the method of plate-staking instead of geodetic levelling the decline of the flume. In consequence to this special method the necessary space ensued, as the line of decline followed the tangent to the earth curvature. Therefore the brick marks of the aqueduct of Minturnae have to be regarded as marking the parting line between two construction lots for the bill of costs.