

Zeitschrift:	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber:	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
Band:	89 (1991)
Heft:	11: Historische Vermessungsinstrumente = Instruments de mensuration anciens = Strumenti storici di misurazione
Artikel:	Vermessungsgeräte der Römer
Autor:	Grewe, K.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-234609

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Vermessungsgeräte der Römer

K. Grewe

Man spricht des öfteren von der Vermessungskunst der römischen Baumeister. Und in der Tat sind die grossartigen Bauwerke, die in römischer Zeit rund um das Mittelmeer, aber auch in den nördlichen Provinzen errichtet worden sind, eindrucksvolle Zeugnisse für das Umsetzen ingenieurmässigen Denkens in die Praxis. Der Weg von der Idee über den konkreten Plan in die Wirklichkeit war aber nur zu vollziehen, wenn in diesen Ablauf auch der fachlich versierte Vermessungsfachmann eingeschaltet war. Eine Grenze, die nicht in gerader Linie verlief, ein Bauwerk, das nicht rechtwinklig war, und eine Fernwasserleitung ohne das richtige Gefälle sind in römischer Zeit einfach undenkbar.

Il arrive fréquemment que l'on parle des méthodes d'arpentage des bâtisseurs romains. Mais en fait, les constructions grandioses qui, à l'époque romaine, ont été érigées tout autour du bassin méditerranéen, de même que dans les provinces situées plus au nord, sont d'impressionnantes témoins de la transposition dans la pratique de la pensée spécifique de l'ingénieur. La démarche suivie à partir de l'idée en passant par le plan concrét jusqu'à la réalisation n'était possible que si un arpenteur expérimenté était intégré au processus de conception et de réalisation. Une limite qui n'était pas rectiligne, une construction qui n'était pas orthogonale et un aqueduc sans pente correcte étaient simplement inimaginables à l'époque romaine.

Nonius Datus gewidmet

Einleitung

Die Ansprüche der Ästhetik und der Zwang zur Funktion eines Bauwerks waren in alter Zeit mindestens so ausgeprägt wie heute auch noch. Dass man diesen Ansprüchen letztendlich allerorten gerecht geworden ist, wird man beim Besuch des Pont du Gard genau so sehen, wie beim Besuch der Via Appia oder der grandiosen Brücke von Alcántara in Spanien (Abb. 1).

Geht man diesen Gedanken weiter nach, so wird man unabdingbar zu der Frage nach den technischen Hilfsmitteln bei der Ausführung der vermessungstechnischen Arbeiten kommen; sie soll ausführlich beantwortet werden. Auch die Frage nach der Ausbildung des Fachpersonals wird sich stellen. Gerade diese zweite Frage ist bisher selten beantwortet worden, was seine Ursache in der dürftigen Lage der Quellen haben dürfte. Das wiederum hat seine Ursachen auch darin, dass die Ingenieure es zu allen Zeiten versäumt haben, ihre Geschichte wie auch ihre Stellung in der Gesellschaft aufzuschreiben. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, wirkt die Arbeit der Ingenieure allein aus ihren Bauwerken. Bei der Einweihung grosser Bauwerke haben die Ingenieure stets hinter den Politikern im zweiten Glied gestanden. Was hat sich da bis heute eigentlich geändert?

Die Ausbildung zum Ingenieur erfolgte jedenfalls nicht in zentralen Ausbildungsstätten, sondern war – wie der Erwerb von Allgemeinbildung auch – die Sache jedes einzelnen [2]. Deshalb war den Kindern der Begüterten selbstverständlich auch der Zugang zur Bildung leichter, als es in minderbemittelten Bevölkerungsschichten möglich war. Berufliche Ausbildung fand im elterlichen Betrieb oder beim Militär statt, aber auch Lehr- und Lernverträge mit Privatbetrieben waren üblich. In allen

Fällen fand aber keine schulmässige Ausbildung statt, sondern es wurde das Fachwissen eines Meisters an dessen Schüler weitergegeben. Dieses Fachwissen war breitgestreut. Je nach der Bandbreite der baulichen und technischen Probleme, die vom Meister bisher gelöst worden waren, war auch das Spektrum des Schülers nach seiner Ausbildung angesiedelt.

Zu den Quellen, die uns heute Aufschluss über die Tätigkeit der antiken Ingenieure geben, gehören die teilweise nur in Fragmenten überkommenen Fachbücher. Dazu gehören die Schriften der römischen Feldmesser [3] ebenso, wie die über das gesamte Mittelalter bis in die frühe Neuzeit gern genutzten «Zehn Bücher über die Baukunst» des antiken Fachschriftstellers Vitruvius (1. Jh. v. Chr.) [4].

Die Agrimensoren stellen in ihren Werken vornehmlich Vermessungsmethoden vor. Diese werden an praktischen Beispielen eingehend erläutert. Es soll im Rahmen dieser Publikation eine der vermessungstechnischen Grundaufgaben der antiken Fachleute angeführt werden; einmal, weil mit dieser Aufgabe auch jeder moderne Lehrling der Vermessungstechnik im Rahmen seiner Ausbildung traktiert wird und zum anderen, weil bei der praktischen Ausführung dieser Aufgabe der Einsatz der *groma* zum Abstecken der rechten Winkel unverzichtbar war (Abb. 2). Es handelt sich um die bei M. Junius Niprus angeführte Aufgabe, auf indirektem Weg die Breite eines Flusses zu ermitteln [5].

In Vitruvs Werken werden nicht nur Methoden aus verschiedensten Gebieten des Baubereichs dargelegt, sondern teilweise auch die für die Ausführung der Arbeiten notwendigen Geräte beschrieben. Vitruv verdanken wir die Beschreibung des *chor-*

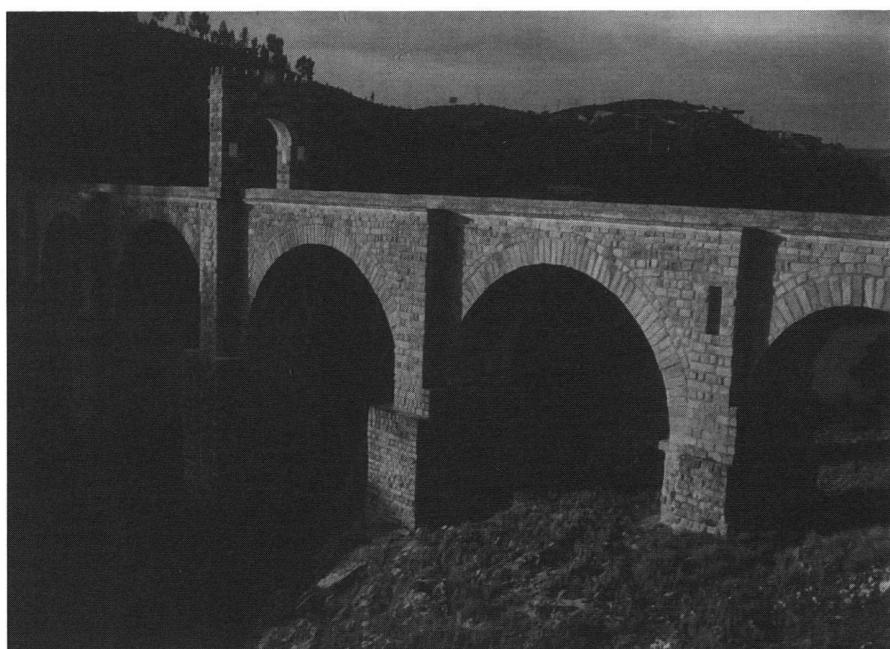


Abb. 1: Die Straßenbrücke von Alcántara in Spanien ist ein grandioses Beispiel für Kunst des Ingenieurbaus.

Zusammenfassung und Überarbeitung verschiedener Publikationen des Verfassers [1].

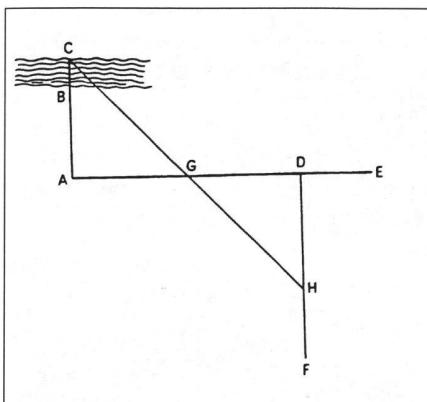


Abb. 2: Praktische Grundaufgabe der Vermessungstechnik seit römischer Zeit: Die Ermittlung der unzugänglichen Strecke C-B durch indirekte Vermessung in ähnliche Dreiecken. $C-B = D-H - A-B$.

obates, eines Gerätes, das er für die Höhenvermessung beim Wasserleitungsbau empfiehlt.

Neben den zeitgenössischen Schriftstellern führen uns epigraphische Zeugnisse auf die Spuren vermessungstechnischen Wirkens. Da sind besonders die Grabsteine, auf denen die berufliche Tätigkeit der Verstorbenen beschrieben wird; und da in einigen Fällen das typische Werkzeug dargestellt ist, haben wir hier eine durchaus ergiebige Quelle auszuschöpfen. Der Stein des Nonius Datus allerdings, auf dem die Vermessungsarbeiten im Zuge eines Tunnelbaus ausführlich beschrieben sind, ist die absolute Ausnahme unter den steinernen Urkunden.

Der archäologische Fund kann eine aussagekräftige Quelle der Technikgeschichte sein, wenn er zweifelsfrei zu deuten ist. Das gilt ganz sicher für das Kleinwerkzeug, das in grosser Zahl gefunden

worden ist. Die vielen Lote, Zirkel, Massstäbe und Winkel sind bezüglich ihrer ehemaligen Nutzung unzweideutig zuzuordnen. Je grösser und komplizierter das gefundene Werkzeug allerdings ist, um so schwieriger ist seine Rekonstruktion.

Letztes Hilfsmittel zur Rekonstruktion antiker Techniken und Geräte ist das Bauwerk selbst: Da wo ein rechter Winkel vorhanden ist, muss dieser auch abgesteckt worden sein; da wo ein Aquädukt ein Gefälle von 0,5% aufweist, muss auch ein Gerät zum Einsatz gekommen sein, mit dem die entsprechende Absteckung möglich war. Besonders für den Bereich der Trassierung von Fernwasserleitungen können aus der nachträglichen Vermessung der Gefälleinie Rückschlüsse auf das Absteckverfahren gemacht werden.

Ein Wort noch zur Bezeichnung «Ingenieur» für den antiken Vermessungsfachmann. Eine gängige Berufsbezeichnung in römischer Zeit war *agrimensor*, also Feldmesser, womit dessen Tätigkeit recht eindeutig beschrieben war. Die ebenfalls gebräuchlichen Bezeichnungen *librator* oder *gromaticus* bezeichnen weniger die Tätigkeit, als die Geräte, deren Gebrauch – wie wir wissen – vorzüglich beherrscht wurde. In rückwirkender Betrachtung fällt es uns ein wenig schwer, diese universell ausgebildeten Fachleute mit den heute üblichen Bezeichnungen Techniker oder Ingenieur zu benennen. Das allerdings nur, weil diese Berufsbezeichnungen nachrömischen Ursprungs sind. Einfach hat man es mit der Bezeichnung Architekt, die im *architectus* durchaus ihren alten Bezug hat. Hingegen ist der «Ingenieur» eine Erfindung des Mittelalters [6]. Allerdings: Indem der moderne Ingenieur sich gerne auf die antiken Traditionen seines Berufstandes bezieht, sollte es umgekehrt auch möglich sein, die antiken Berufsvorgänger mit einer heute gebräuchlichen und ge-

achteten Berufsbezeichnung zu benennen. In besonderer Anerkennung antiker Leistungen können dabei auch getrost die «Gänsefüsschen» entfallen.

Die Grundausrüstung

Zur Grundausrüstung eines antiken Vermessungsfachmanns zählen wir all die Geräte und Hilfsmittel, die unabhängig von der durchzuführenden Arbeit allzeit zur Hand sein mussten (Abb. 3 und 4). Lote, Zirkel, Schreibgeräte und Zeichenmaterial gehören gewiss dazu, und erstaunlicherweise haben wir gerade bezüglich dieser Hilfsmittel gute Quellen über deren Aussehen. Nicht immer ist die Funktionsweise klar erkennbar, aber die verschiedenen Rekonstruktionsversuche haben uns in solchen Fällen praktikable Lösungen aufgezeigt. Danach kann uneingeschränkt geschlossen werden, dass bezüglich der Loten und Zirkel seit der Römerzeit kaum eine Entwicklung stattgefunden hat, zu ähnlich sind die antiken Vorbilder den heutigen Gerätschaften.

Wegen des Fehlens originaler Planungsunterlagen ist oftmals die Frage gestellt worden, ob denn solche Unterlagen überhaupt angefertigt worden sind. In Marmor geritzte Pläne wie die *Forma Urbis Romae* [7] oder das Kataster von Orange [8] können in diesem Zusammenhang nicht als Planungsunterlagen gelten. Hier werden vielmehr Rechtsverhältnisse dokumentiert, weshalb diese Pläne in erster Linie der Verwaltung gedient haben. In diese Gruppe dürfen auch die Pläne gehören, die Frontinus von den bestehenden Wasserleitungen Roms hat anfertigen lassen, als er im Jahre 97 n. Chr. das Amt des *Curator aquarum* dort selbst übertragen bekam [9]. Frontins Wasserleitungspläne sind nicht mehr erhalten, da sie möglicherweise auf Pergament gezeichnet waren.

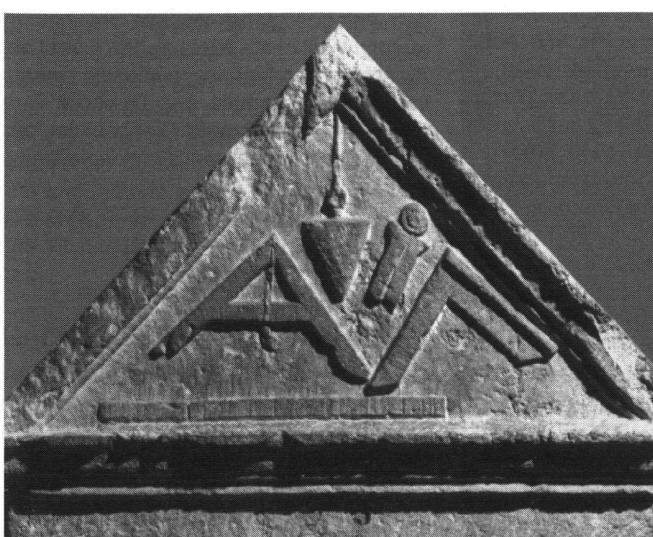


Abb. 3: Grabstein des Marcus Aebutius Macedo mit Darstellung einfacher Vermessungsgeräte im Giebelfeld (Kapitolinisches Museum Rom).

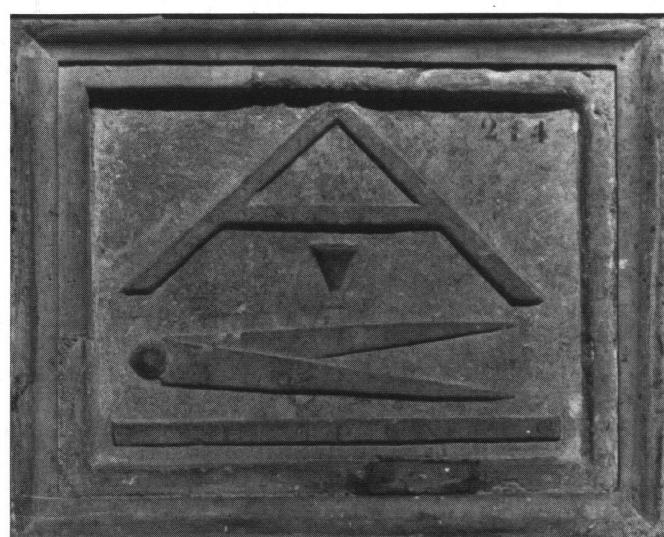


Abb. 4: Lapis Capponianus. Relief aus einem Grabmonument mit Darstellung von Setzwaage, Zirkel und Massstab (Kapitolinisches Museum Rom).

Partie rédactionnelle

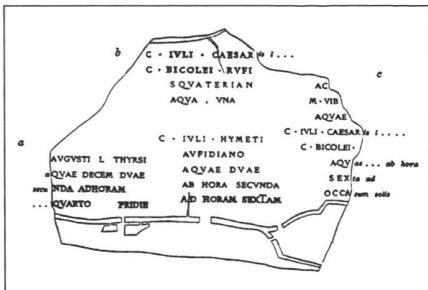


Abb. 5: Fragment eines Marmorplanes vom Aventin in Rom. Der Plan gibt skizzenhaft den Verlauf einer Wasserleitung wieder; zusätzlich sind die Entnahmestellen mit Nutzungszeiten eingetragen (CIL VI, 1261).

Der Fund eines Marmorfragmentes vom Aventin in Rom zeigt den Ausschnitt eines Verwaltungsplanes einer Wasserversorgung [10], möglicherweise haben die Pläne Frontins diesem Plan in Aussehen und Aussage geglichen (Abb. 5): hier sind neben dem skizzenhaft dargestellten Verlauf einer Wasserleitung einige Entnahmestellen eingetragen, weiterhin schriftliche Zusätze über die Berechtigung bestimmter Personen, zu genau angegebenen Zeiten dort Wasser zu entnehmen [11]. Eine Trassierung erfordert für ihre Übertragung in das Gelände aber keinen Plan im o. a. Sinne, sondern vielmehr einen Entwurfsplan, der auch Änderungen in der Planung während seiner Entstehung zugelassen hat. Deshalb können wir auch die Marmorpläne mit Darstellung einer

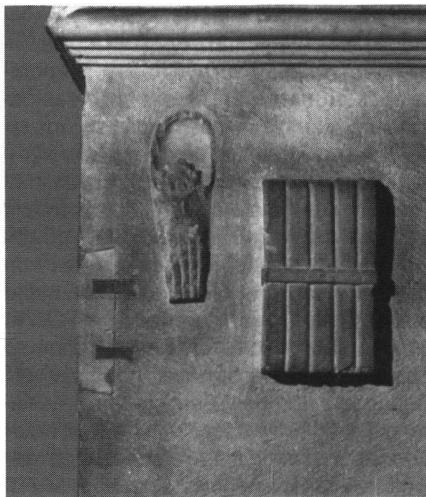


Abb. 7: Grabaltar des Titus Statilius Aper, Darstellung eines Bündels von Wachstafeln, daneben ein Köcher mit Schreibgriffeln (?) (Kapitolinisches Museum Rom).



Abb. 8: Grabaltar des Titus Statilius Aper, neben einem Fußmassstab und einem Bündel Zählnadeln ist eine Wachstafel dargestellt, auf der eine angefangene Vermessungsskizze zu sehen ist (Kapitolinisches Museum Rom).

Gartenanlage aus Urbino [12] oder die verschiedenen Gebäudedarstellungen [13] nicht der von uns ins Auge gefassten Gruppe zurechnen.

Weiterführender ist da der Grabstein des *mensor aedificiorum* (Technischer Gebäudeinspektor) Titus Statilius Aper (Abb. 6), dessen Eltern ihm und seiner Ehefrau einen prachtvollen Grabaltar haben errichten lassen [14]. Auf diesem Stein sind uns wertvolle Hinweise zur technischen Ausstattung eines Angehörigen dieses Berufes gegeben. Unter anderem ist der Verstorbene mit einem zusammengerollten Plan abgebildet, ein Hinweis darauf, dass es durchaus Pläne in unserem Sinne geben hat. Das Material ist auf dem Stein nicht zu erkennen, es dürfte sich aber um Pergament gehandelt haben. Auch die in römischer Zeit allgemein zum Schreiben benutzten Wachstafeln konnten für Planzeichnungen benutzt werden, wie Abbildungen auf diesem Grabaltar belegen. Dort ist sowohl ein Bündel mit fünf Wachstafeln neben einem Köcher für die Schreibgriffel (?) dargestellt als auch eine einzelne Wachstafel mit einer angefangenen Vermessungsskizze (Abb. 7 und 8). Es ist also anzunehmen, dass die im Felde ermittelten Vermessungsergebnisse auf Wachstafeln notiert worden sind (unserem heutigen Feldbuch entsprechend), und danach konnten die Kartierungen und Pläne dann auf geeignetem Material gezeichnet werden.

Aus verschiedenen antiken Bauwerken lässt sich die Übertragung der Planung in die Örtlichkeit heute noch anschaulich ablesen. Dort wurde den Bauleuten praktisch ein 1:1-Lageplan in die Hand gegeben, indem der Baumeister den Grundriss des zu errichtenden Bauwerks auf einem vorgefertigten Pflaster anreissen liess.

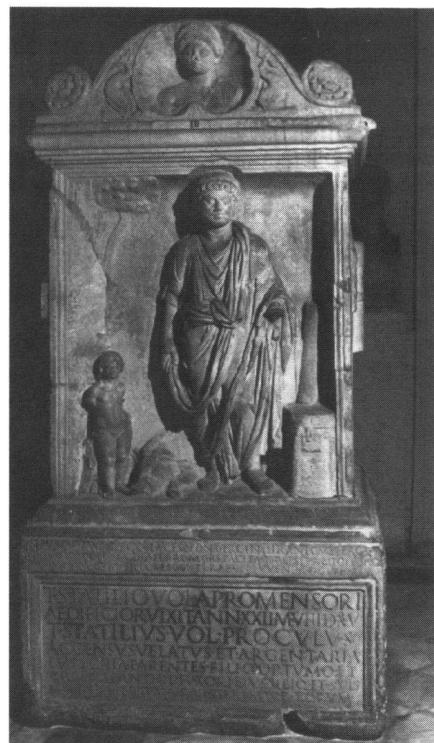


Abb. 6: Grabaltar des *mensor aedificiorum* Titus Statilius Aper (Kapitolinisches Museum Rom).

Derartige Ritzlinien, die es erübrigten, einen massstäblichen Plan aus der Hand zu geben, und wodurch zudem Fehler bei einer Massstabsübertragung vermieden wurden, kennen wir von vielen antiken Bauwerken [16].

Darüber hinaus kennen wir auch den Fall, wo der Baumeister massstäbliche Planzeichnungen an einer Bauwerkswand einritzen liess, um den Bauleuten eine Vorgabe zu geben; auch diese Pläne sind im Massstab 1:1 eingeritzt worden [17].

Zum Anreissen von Linien im rechten Winkel oder in einem Teil davon, stand den Römern ein Winkelmaß zur Verfügung: Ein aus Bronze gefertigtes Dreieck war auf einer Kathetenseite mit einer Anlegeschiene versehen worden, wodurch das Auftragen eines rechten Winkels entlang der zweiten Kathete möglich war. Am anderen Ende der Anlegeschiene zweigte im halben rechten Winkel ein zusätzliches Lineal ab. Zwischen der Innenseite dieses Lineals und der Hypotenuse des Dreiecks wird wiederum ein rechter Winkel gebildet, der mit seinem Giebel zur Grundlinie zeigt,

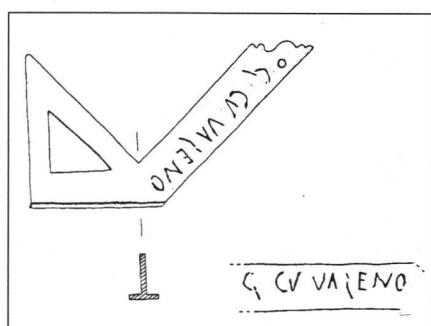


Abb. 9: Bronzeses Winkelmaß aus Canterbury (England). Eingraviert der Name des Besitzers.

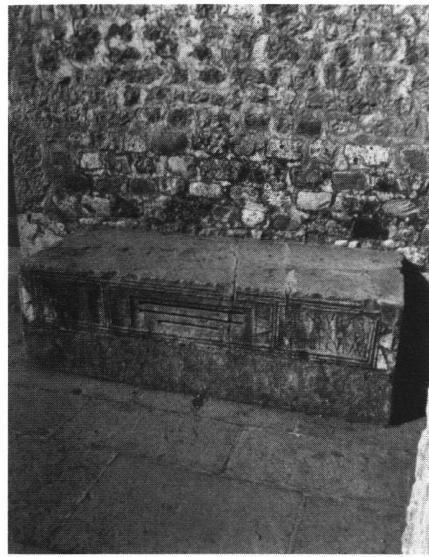


Abb. 10: Eichtisch für Fuss- und Ellenmasse aus Thibilis/Announa (Algerien).

seine beiden durch die Katheten gebildeten Schenkel stehen also im 45° -Winkel zu dieser (Abb. 9). Die zwei praktisch gleichartigen Winkelmasse aus Canterbury/England und den Niederlanden tragen beide eingraviert G(aio) Cu(...) Valeno, *für Gaius Cu(...) Valenus* und einpunziert (Pusilli O. R. S.) die Namen ihrer Besitzer [18].

Für weitere Zeichenarbeiten standen den antiken Ingenieuren die archäologisch vielfach nachgewiesenen Zirkel zur Verfügung. Für die bei einer Planung unabdingbaren Berechnungen gab es in römischer Zeit ein Gerät, das in abgewandelter Form in einigen Ländern heute noch in Gebrauch ist: den Abakus [19]. Berechnungen, die nicht im Kopf oder von Hand durchzuführen waren, wurden damit erleichtert, wobei alle vier Grundrechenarten durchgeführt werden konnten.

Diese im Baugewerbe allgemein angewendeten Verfahren und Geräte lassen sich für einen Wasserleitungsbau speziell zwar nicht belegen; es ist jedoch anzunehmen, dass für die Planung einer Leitungstrasse die Datenerfassung auf Wachstafeln im Gelände erfolgt ist. Nach diesem «Feldbuch» konnte dann eine masstäbliche Planzeichnung auf Pergament erfolgen.

Geräte zur Streckenmessung

«Vermessen» einer Strecke bedeutet im wesentlichen nichts anderes als zu ermitteln, wie oft ein bekanntes Mass in eine bis dahin nur durch ihren Anfangs- und Endpunkt bestimmte Linie hineinpasst. Gerade im Wasserleitungsbau, wo sich das Gefälle der Leitung aus der Höhe und Länge eines Streckenabschnittes zusammensetzt, war es erforderlich, genaue und vor allen Dingen einheitliche Masse zur

Anwendung zu bringen. Es wurden also nicht nur die vor Ort eingesetzten Massstäbe benötigt, sondern darüber hinaus auch Ur-Masse, nach denen dieses angefertigt und von Zeit zu Zeit überprüft werden konnten.

Ein solches, durch die Inschrift speziell für das Eichen von Baumassstäben bezeichnetes Ur-Mass, finden wir in Form des Eichtisches von Thibilis/Announa (Algerien) [20]. Neben dem römischen Fussmass sind dort gar noch weitere Ellen-Massstäbe angebracht, die ein Übertragen von dem einen in ein anderes Masssystem ermöglicht haben (Abb. 10).

Der zuvor schon beschriebene Grabaltar des Titus Statilius Aper ist in diesem Zusammenhang in zweierlei Hinsicht interessant. Hier finden wir nicht nur ein Fussmass (der «kapitolinische» Fuss = 0,2964 m) als Ur-Mass mit Unterteilungen in *palmæ* (Handbreiten) und *digitæ* (Fingerbreiten) dargestellt, sondern daneben auch noch ein Längenmesswerkzeug (*pertica*) in Form einer auf etwa ein Drittel verkleinerten *decempeda* (Zehnfuss) (Abb. 11). In dieser Form, den bis vor wenigen Jahren gebräuchlichen Messlatten nicht unähnlich, müssen wir uns die römischen Geräte zur Bestimmung von Strecken vorstellen. Auch diese aus Holz gefertigten Messwerkzeuge haben sich im Original natürlich nicht erhalten, jedoch sind verschiedene Paare von Endbeschlägen in Pompeji gefunden worden [21].

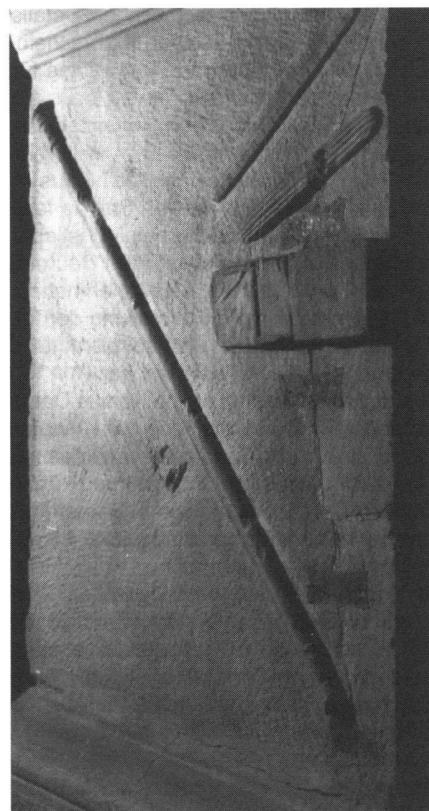


Abb. 11: Grabaltar des Titus Statilius Aper, Darstellung einer verkleinerten Decempeda (Zehnfuss).

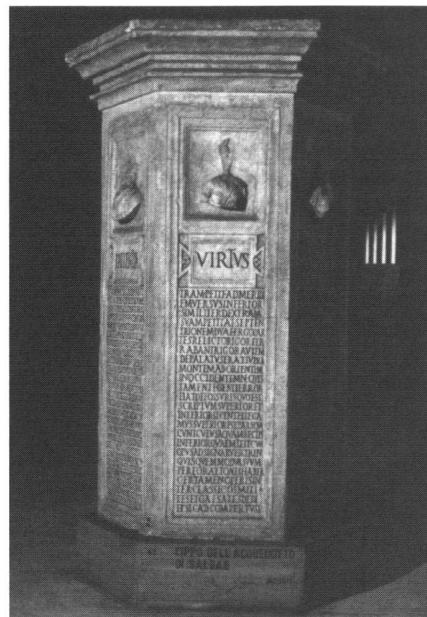


Abb. 12: Der Inschriftenstein des Novius Datus mit der Beschreibung eines Tunnelbaus für die römische Stadt Saldae im heutigen Algerien.

Perticae gab es auch in vom Zehnfuss abweichenden Längen sowie in anderen Materialien. Neben den Holzmasstäben finden wir vor allen Dingen im Ein-Fuss-Bereich Massstäbe aus Bronze, die des beseren Transportes wegen sogar klappbar gefertigt waren. Ein in Lyon gefundenes Exemplar hat aufgeklappt die («kapitolinische») Länge von 0,295 m [22].

Dass die Fussmasse in ihren Längen zeitlichen und örtlichen Schwankungen unterlegen haben, sei hier am Rande erwähnt. Der Absteckung von Strecken haben Fluchtstäbe gedient, die unseren heutigen nicht unähnlich waren. Diese *metae* waren darüber hinaus auch für das Ausfluchten von Geraden in Gebrauch.

Geräte zur Absteckung gerader Linien und Kreise

Die gerade Linie scheint auf den ersten Blick kaum das Problem eines Vermessungsfachmanns zu sein – zu einfach bietet sie sich als blosse Verbindung zweier Festpunkte an. Betrachtet man aber die gerade Linienführung mancher antiken Strasse in der Landschaft, so stellt sich die Aufgabe der Absteckung schon anders dar. Folgt die Gerade einer über Berg und Tag verlaufenden Trasse von rund 81 km Länge, wie wir es im Zuge des obergermanisch-rätischen Limes zwischen Walldürn und Haghof beobachten können, wird die Vermessungsaufgabe der Absteckung zusätzlich dadurch erschwert worden sein, dass keine direkte Sichtverbindung gegeben war. Da der Anfang und das Ende der Strecke aber als Zwangspunkte

Partie rédactionnelle

gegeben waren, scheint als Absteckmethode für die dazwischenliegenden Punkte nur ein Verfahren in Frage gekommen zu sein, das wir heute als « gegenseitiges Einrichten » bezeichnen. Dabei ist dann zweitrangig, ob tagsüber mit grossen Signalmasten oder ob des nachts mit Feuersignalen gearbeitet worden ist.

Die schwierigste Aufgabe römischer Ingenieure war es ohne Zweifel, eine über Tage abgesteckte Tunneltrasse auch unter Tage einzuhalten. Es gibt keinen antiken Tunnel, in dem diese Aufgabe fehlerfrei durchgeführt worden ist, das belegen alle untersuchten Tunnel eindeutig [23].

Es ist ein ausserordentlicher Glücksfall, dass genau diese Aufgabe Gegenstand der Beschreibung auf einem die Stadt Bejaia / Saldae (Algerien) betreffenden Inschriftenstein ist [24]. Der römische *librator* Nonius Datus, um 150 n.Chr. Soldat der in Lambaesis stationierten *legio III Augusta*, war vom Statthalter der Provinz Mauretanien angefordert worden, die Planung und Trassierung eines zu errichtenden Aquäduktes zu übernehmen (Abb. 12). Seine Pläne hatten bei den Verantwortlichen Anklang gefunden und waren in Angriff genommen worden. Schwierigster Teil der Aquädukttrasse war ein in den Bergen gelegener Tunnel. Nonius Datus hatte die Trasse des Tunnels über den zu durchfahrenden Berg abgesteckt und die Ausführung der Arbeiten dem örtlichen Bauleiter mit seinen Arbeitern überlassen.

Mit dem Fortschreiten der Arbeiten merkte man auf der Baustelle, dass man sich mit den von beiden Seiten vorgetriebenen Stollen eigentlich längst treffen müssen, denn die Summe der Längen beider Baulöse war bereits grösser als die projektierte Gesamtlänge des Tunnels. Man bat die Legion daher noch einmal um die Entsendung des Nonius Datus, und dessen Beschreibung können wir u.a. den Fortgang der Arbeiten entnehmen:
«Ich habe mich aufgemacht und bin auf dem Wege unter Räuber geraten; ausgeraubt und verwundet bin ich mit den meinen entronnen; ich bin nach Saldae gekommen und mit dem Procurator zusammengetroffen. Er hat mich zu einem Berg geführt, wo sie (wohl die Bürger von Saldae) verzweifelt klagten, den Tunnelbau dieses misslungenen Bauwerks (die Fernwasserleitung nach Saldae) aufgeben zu müssen, weil der Vortrieb der beiden Stollen bereits länger ausgeführt war, als der Berg breit war. Es war offensichtlich, dass die Stollen von der abgedeckten Trasse abgewichen waren, so dass der obere Teil des Tunnels nach rechts, also nach Süden, abwich und der untere Teil ebenfalls nach rechts, also nach Norden, abwich: man ist also der abgesteckten Trasse nicht gefolgt; die zwei Teile verfehlten die richtige Richtung. Die exakte Linienführung war aber mit Pfählen über den Berg abgesteckt worden» [25].



Abb. 13: Römische Eifelwasserleitung nach Köln; Unterbau der Rampe zur Aquäduktbrücke über die Erft. Ein rechteckiger Hohlraum im Gussbeton bezeichnet den ehemaligen Standort eines Messpfählchens (Im Foto ist die Situation nachgestellt).

Nonius Datus stellt den Fehler und dessen Ursachen fest, und in einem Wettbewerb zwischen den in den beiden Baulosen beschäftigten *classici* (Flottensoldaten) und *gaesates* (Soldaten aus gallischen Hilfsstruppen) wird der Tunnel fertiggestellt. Über die Ursachen des Aufhebens, das Nonius Datus um seine Vermessungsarbeiten am Tunnel von Saldae gemacht hat, ist viel gerätselt worden, zumal diese Inschrift mit derartigen technischen Details in der Antike einzig dasteht. Wahrscheinlich war die ihm übertragene Aufgabe für ihn derart wichtig und ehrenvoll, dass sie den Höhepunkt seines beruflichen Lebens darstellte. Seinen Anteil daran wollte Nonius Datus auch über seinen Tod hinaus im Bewusstsein der Bürger von Saldae festschreiben. Nicht unwahrscheinlich ist aber auch, dass sich die Fehler beim Bau des Tunnels bereits herumgesprochen hatten, so dass ihm an einer Klarstellung der tatsächlichen Ursachen und seines Anteils an deren Behebung gelegen war.

Die gesamte Inschrift stellte Nonius Datus

unter die Schlagworte «*Patientia – Virtus – Spes*». In diesem Falle sollte man das mit

«*Geduld – Tatkraft – Gottvertrauen*» übersetzen, drei Tugenden über die auch der moderne Tunnelbauer durchaus verfügen sollte.

In Nonius Datus' bedeutungsvollem Text wäre die Erwähnung eines Hilfsmittels bei der Absteckung von geraden Linien fast untergegangen: der Messpflock.

Es ist ein Zufall, dass bei einer Ausgrabung im Zuge der römischen Eifelwasserleitung nach Köln im Jahre 1990 ein ebensolcher Messpflock archäologisch nachgewiesen werden konnte [26]. Bei der Freilegung der Rampe zur Aquäduktbrücke über die Erft bei Euskirchen-Rheder fand sich im massiven Gussbeton ein 4 × 8 cm

messender rechteckiger Hohlraum, der durch alle Schichten des gesamten Baukörpers bis in den gewachsenen Boden reichte. Da dieser Befund exakt in der Mitte des Bauwerks lag, kann es sich hierbei nur um den negativen Abdruck eines antiken Messpfählchens handeln (Abb. 13).

Dieser Pflock gab den antiken Bauleuten die Richtung und die Höhe der auszubauenden Trasse an, und wurde mit fortschreitendem Baubetrieb zuerst mit der Stukkierung, dann mit dem Gussbeton des Unterbaus und zuletzt mit der Sohle der Wasserleitung umbaut. Der hydraulische Innenputz in der Leitung überdeckte schliesslich das Pfählchen, das in den folgenden 1900 Jahren schlicht vergangen und nur noch am zurückgebliebenen Hohlraum nachweisbar ist.

Der Kreis als Element der Bauabsteckung wird weniger angetroffen als die Gerade, gleichwohl ist der Ausbau eines kreisförmig geplanten Gebäudes oder Gebäude Teils dadurch nicht einfacher.

Heute werden die Außenkanten eines zu errichtenden Gebäudes in der Regel indirekt angegeben, d.h. der Grundriss wird abgesteckt, und die Fluchtlinien werden auf ausserhalb stehenden Schnurgerüsten durch Nägel kenntlich gemacht. Mittels Kreuz und quer über der Baustelle verspannten Schnüren machen sich die Bauleute anschliessend diese Linien sichtbar, stellen sich auf diese Weise den Grundriss wieder her und können nach dieser Vorgabe das Fundament des Gebäudes setzen.

Gegenüber diesem indirekten Verfahren war die römische Absteckmethode eine direkte. Zum mindest bei grösseren Bauwerken wurde die Baustelle durch Einbringung eines steinernen Fundamentes vor-



Abb. 14: Ritzlinien zur Bauabsteckung im Fundament des Amphitheaters der römischen Stadt Bulla Regia (Tunesien).

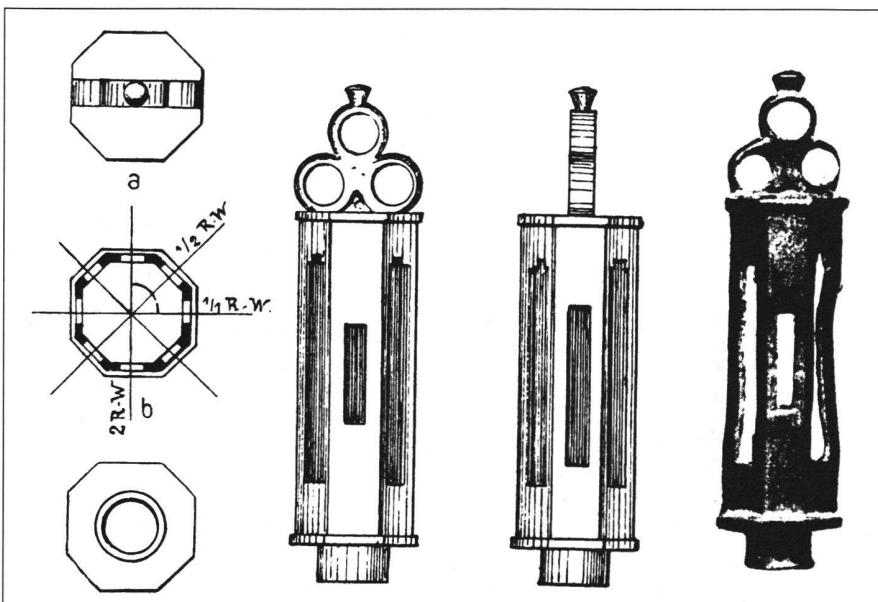


Abb. 15: Römischer Winkelkopf aus einem Fundkomplex in Koblenz; das Stück ist heute nicht mehr vorhanden (Gesamthöhe 12 cm).

bereitet, wobei diese Massnahme schon das Ergebnis einer Grobabsteckung war. Danach erfolgte die Feinabsteckung, und die Besonderheit dieses Verfahrens liegt darin, dass die Bauwerkskanten nun direkt in das Fundament eingeritzt worden sind [27]. Auf diese Weise wurden also den antiken Bauleuten vom Vermessungsfachmann die projektierten Standorte von Triumphbögen, Stadttoren, Tempeln und Amphitheatern angezeigt, und da die Fundamente in der Regel eben und horizontal angelegt worden waren, konnte nun unmittelbar über dem eingeritzten Grundriss aufgemauert werden. Dass auch damals nach der Absteckung und Aufbringung der Ritzlinien noch Änderungswünsche für den Standort oder die Abmessungen des

Bauwerks vorgebracht und berücksichtigt worden sind, zeigen an manchen Orten Korrekturen des Grundrisses, die durch die Überlagerung eines zweiten Ritzlinienschemas über dem ersten erkennbar sind. Ritzlinien in Fundamentpflastern sind von verschiedenen Orten her bekannt. Uns soll als Beispiel das römische Amphitheater von Bulla Regia in Tunesien dienen. Da in der Regel die Ritzlinien vom darüber errichteten Bauwerk zwangsläufig verdeckt werden, sind sie nur dann sichtbar, wenn sie – wie beim Amphitheater von Bulla Regia – in den Freiräumen zwischen den Pfeilern offen liegen geblieben sind (Abb. 14). Anderenorts kamen sie durch den Abruch des Bauwerks in nachrömischer Zeit wieder an das Tageslicht.

Geräte zur Absteckung rechter Winkel

Die Absteckung rechter Winkel war eine Grundaufgabe der römischen Vermessungstechnik (Abb. 15). Dabei war das wichtigste Gerät in der allgemeinen Landvermessung ohne Zweifel die *groma*, von der sogar die antike Berufsbezeichnung «Gromatiker» abgeleitet ist.

Aussehen und Funktionsweise der *groma* lassen sich aufgrund eines Fundes in Pompeji sowie nach der Darstellung auf antiken Grabstelen aus Ivrea und Pompeji gut rekonstruieren [28]. Der Groma-Fund von Pompeji offenbarte ein ausgereiftes Groma-Modell, das eine Aufstellung direkt über dem Vermessungspunkt zugelassen hat: Auf einem gekröpften Stabstativ ist ein drehbares Achsenkreuz angebracht, an dessen Enden insgesamt vier Lote herabhängen. Der Auslegerarm erlaubte, dass der Schnittpunkt des Achsenkreuzes über einem Vermessungspunkt zentriert werden konnte, und dass weiterhin eine Visur über die jeweils diagonal gegenüberliegenden Lotschnüre möglich war (Abb. 16). Diese Anordnung der Peillinien erlaubte in genialer Weise einen Fehlerausgleich bei der Kontrollabsteckung. War nämlich der rechte Winkel über die zwei diagonal gegenüberliegenden Lotschnüre

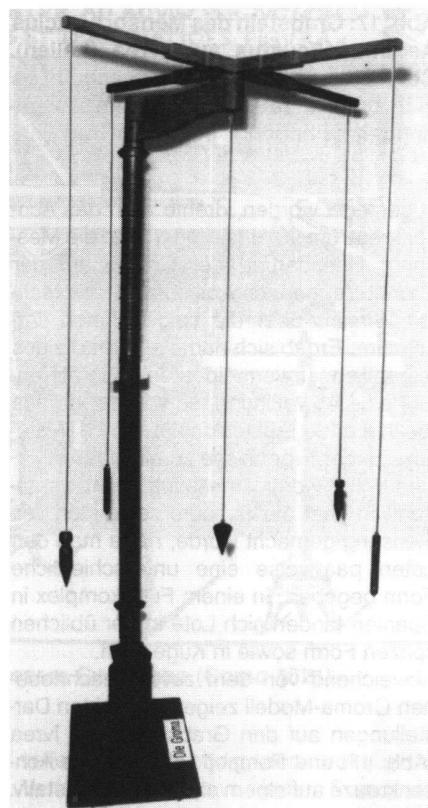


Abb. 16: Nach einem Groma-Fund in Pompeji (Italien) rekonstruiertes Modell (Sammlung Förderkreis Vermessungstechnisches Museum, Dortmund).

Partie rédactionnelle



Abb. 17: Grabstein des Mensors Lucius Aebutius Faustus aus Ivrea (Italien). Bei der dargestellten Groma scheint es sich um ein zerlegbares Exemplar gehandelt zu haben.

abgesteckt worden, drehte man das Achsenkreuz um 90° und wiederholte die Messung: Orientierung der Groma auf der Grundlinie, danach Absteckung des rechten Winkels über die beiden freien Lotschnüre. Ergab sich dabei aufgrund eines (eigentlich unvermeidbaren) Gerätefehlers eine Abweichung, so war der daraus resultierende Absteckfehler durch Mitteilung beider Ergebnisse zu eliminieren.

Damit die Kontrollmessung nicht versehentlich über die Schnüre der ersten Vermessung gemacht wurde, hatte man den Loten paarweise eine unterschiedliche Form gegeben. In einem Fundkomplex in Spanien fanden sich Lote in der üblichen spitzen Form sowie in Kugelform. Abweichend von dem zuvor beschriebenen Groma-Modell zeigen die beiden Darstellungen auf den Grabstelen von Ivrea (Abb. 17) und Pompeji (Abb. 18) die Achsenkreuze auf einem einfachen Stabstativ. Dadurch war eigentlich eine Visur jeweils über die diagonal gegenüberliegenden Lotschnüre nicht möglich. Es hat den Anschein als seien beide *gromae* für den Transport zerlegbar gewesen. Zudem glaubt man bei der *groma* von Ivrea unter dem Steckzapfen für das Aufsetzen des

Achsenkreuzes einen Sehschlitz zu erkennen; das Vorhandensein einer solchen Einrichtung hätte dann die zuvor beschriebene Diagonal-Visur wiederum möglich gemacht.

Geradezu modern mutet der nur in einer Abbildung erhaltene Winkelkopf aus Koblenz an; das Gerät selbst ist heute nicht mehr erhalten (Abb. 15). Seine Funktionsweise müssen wir uns vorstellen, wie bei den Geräten neuer Zeitstellung.

Geräte zur Vermessung von Höhen und zum Abstecken von Gefällelinien

Es gibt nicht einen archäologischen Fund und auch keine antike Abbildung, wodurch die Textbeschreibung des römischen Baumeisters Vitruv (1. Jahrh. v. Chr.) gestützt werden könnte [29]. Dieser beschreibt die Anwendung der bekannten *dioptra* als zu ungenau und empfiehlt statt dessen den 20 Fuss langen *chorobat*, wobei wohl allein die Verlängerung der Ziellinie eine gesteigerte Genauigkeit erzeugen sollte. «Die erste Arbeit ist das Nivellieren. Nivelliert aber wird mit dem Diopter oder der Wasserwaage oder dem Chorobat, aber ein genaueres Ergebnis erreicht man mit dem Chorobat, weil Diopter und Wasserwaage täuschen. Der Chorobat aber besteht aus einem etwa 20 Fuss langen Richtscheit. Dieses hat an den äussersten Enden ganz gleichmässig gefertigte Schenkel, die an den Enden (des Richtscheits) nach dem Winkelmaß (im Winkel von 90 Grad) eingefügt sind, und zwi-



Abb. 18: Grabstein des Mensors Nicostratous aus Pompeji (Italien) mit Darstellung einer Groma (nach J.-P. Adam).

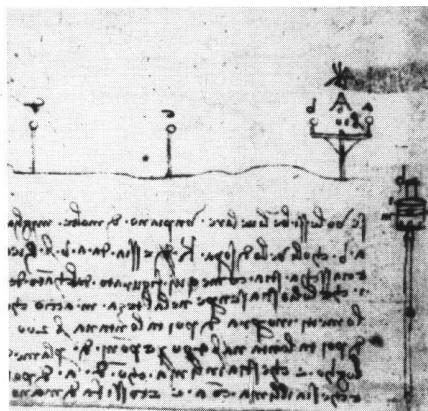


Abb. 19: Chorobat-Rekonstruktion von Leonardo da Vinci. Auffällig ist die mittig angebrachte Vertikalachse sowie die Setzwaage zum Horizontieren des Gerätes.

schen dem Richtscheit und den Schenkeln durch Einzapfung festgemachte schräge Streben. Diese Streben haben genau lotrecht aufgezeichnete Linien, und jeder einzelnen dieser Linien entsprechend hängen Bleilöte von dem Richtscheit herab, die, wenn das Richtscheit aufgestellt ist und alle Bleilöte ganz gleichmäßig die eingezeichneten Linien berühren, die waagerechte Lage anzeigen.

2. Wenn aber Wind störend einwirkt und durch die so hervorgerufenen Bewegungen der Bleilöte die Linien keine zuverlässige Anzeige mehr bieten können, dann soll das Richtscheit am obersten Teil eine Rinne von 5 Fuss Länge, einem Zoll Breite und 1½ Zoll Tiefe haben, und dort hinein soll man Wasser gießen. Wenn nun das Wasser in genau gleicher Höhe die obersten Ränder der Rinne berührt, dann wird man wissen, dass die Länge waagerecht ist. Ebenso wird man, wenn mit diesem Chorobat so nivelliert ist, wissen, wie gross das Gefälle ist.

3. Vielleicht wird jemand, der die Schriften des Aristoteles gelesen hat, sagen, dass mit Hilfe von Wasser keine zuverlässige Nivellierung erzielt werden kann, weil dieser der Meinung ist, dass die Oberfläche des Wassers nicht waagerecht ist, sondern eine kugelähnliche gewölbte Gestalt und (diese Kugel) dort ihren Mittelpunkt hat, wo ihn auch die Erde hat. Mag nun aber die Oberfläche des Wassers waagerecht oder kugelähnlich gewölbt sein, so muss doch das Richtscheit, wenn es waagerecht ist, das Wasser an den äussersten Enden (der Rinne) in gleicher Höhe halten. Wenn es aber an der einen Seite schräg geneigt ist, dann wird an der Seite, die höher liegt, die Rinne des Richtscheits das Wasser nicht am obersten Rand haben. Es ist nämlich notwendig, dass das Wasser, wohin man es auch giesst, in der Mitte (seiner Oberfläche) eine Aufblähung und Krümmung hat, dass aber die Enden

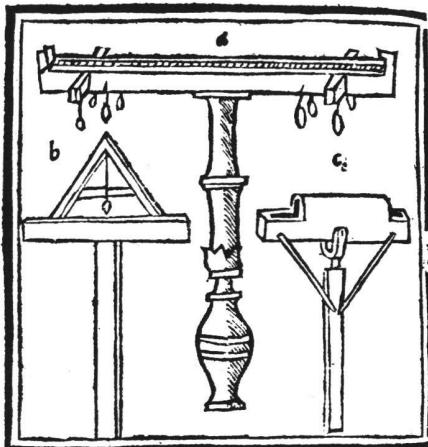


Abb. 20: Chorobat-Rekonstruktion von Fra Giovanni da Verona (3. Auflage, Florenz 1522. b: libra aquaria; c: dioptra.

rechts und links unter sich in einer waagerechten Linie liegen. Eine Abbildung des Chorobats aber ist am Ende des Buches verzeichnet» [30].

Leider sind die Zeichnungen zum Text verloren gegangen. Liese der Text Vitruvs eine originalgetreue Rekonstruktion zu, so wäre die Diskussion um den *chorobat* wohl längst beendet; aber seit Leonardo da Vinci gibt es die verschiedensten Modelle, die in manchem Falle nicht einmal ein ordentliches Vermessen zulassen [31]. Zwei Grundideen tauchen in der Diskussion am häufigsten auf: bei der einen, von Leonardo da Vinci begründeten Richtung, wird das 6 m lange Richtscheit auf einem mittig angebrachten Stativ horizontiert (Abb. 19). Diesem Zweck dienen die von Vitruv beschriebenen Lote oder die eingelassene Wasserrinne. Diese Version hat den Vorteil, dass die leicht zu horizontierende Ziellinie um eine vertikale Achse drehbar ist und somit von einem Gerätestandpunkt aus Zielungen in alle Richtungen eines Vollkreises möglich sind (Abb. 20–22 und 24).

Das zweite Rekonstruktionsmodell folgt zwar dem Text Vitruvs wortgetreuer, ist aber im praktischen Einsatz erheblich eingeschränkt. Hierbei liegt das Richtscheit auf zwei an seinen Enden angebrachten Beinen und muss durch das Unterlegen von Keilen o. ä. auf die bei Vitruv beschriebene Weise mittels Loten oder Wasserrinne horizontiert werden (Abb. 23, 25 und 26). Mit diesem Modell ist dann ein Nivellelement aus der Mitte, also mit Vor- und Rückblick in verschiedenen Richtungen, ohne Genauigkeitsverlust nicht durchführbar, da sich die Ziellinie nicht mehr drehen lässt, wenn der *chorobat* einmal aufgestellt ist. Um dennoch ein Streckennivellement durchzuführen, müsste dieser *chorobat* beim Standpunktwechsel jeweils über dem angemessenen Zielpunkt aufgestellt werden, von wo aus der nächste Zielpunkt zu bestimmen wäre; von jedem Stand-

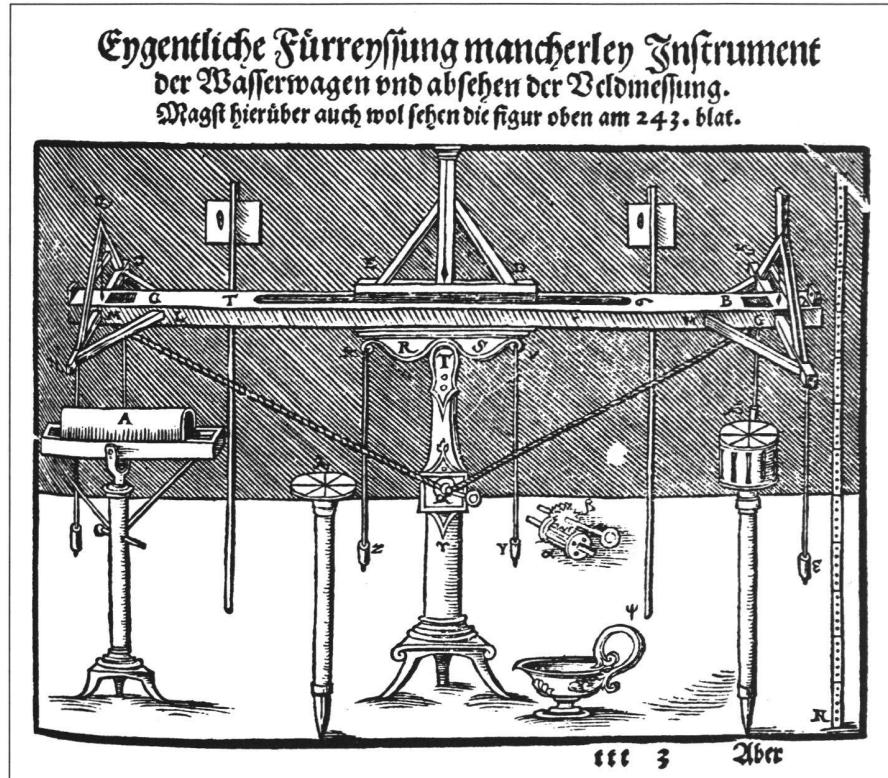


Abb. 21: Chorobat-Rekonstruktion von G. Rivius (Walter Ryff), Holzschnitt aus der ersten deutschsprachigen Vitruvausgabe (2. Auflage, Nürnberg 1548).

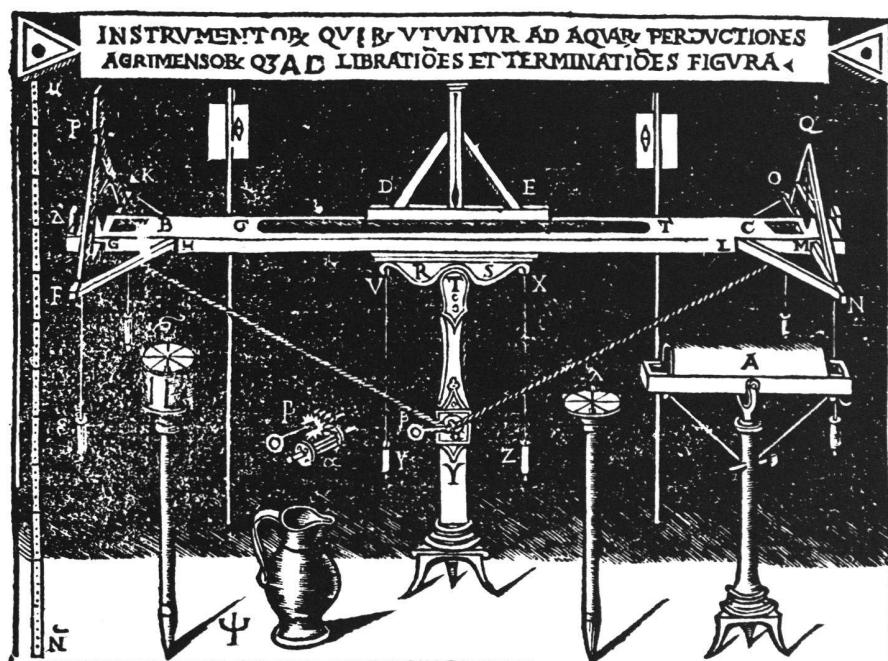


Abb. 22: Chorobat-Rekonstruktion von Cesare Cesariano (Como 1521).

punkt in einem Streckennivellement wären also nur noch Vorblicke möglich.

Da weiterhin die Genauigkeit der Ableitung nur bis zu einer bestimmten Zielweite akzeptabel war, wurde beim zweiten Verfahren durch das Fehlen der Rückblicke von den jeweiligen Standpunkten aus die doppelte Anzahl von Geräteaufstellungen im Verlaufe eines Streckenni-

vellements notwendig, denn beim ersten Verfahren wurde ja von jedem Standpunkt aus zurück- und vorgemessen.

Gleichgültig für welche Rekonstruktion wir uns entscheiden – Grundprinzip des *chorobat* war, durch eine lange Zielineinrichtung die Genauigkeit eines Nivellements zu steigern, und den antiken Wasserleitungen lässt sich ablesen, dass auf diese

Partie rédactionnelle

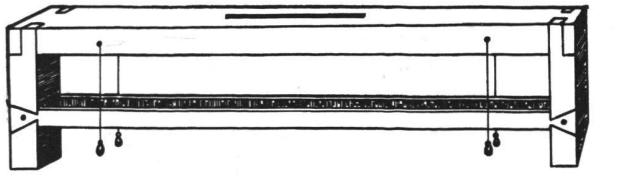


Abb. 23: Chorobat-Rekonstruktion von Daniel Barbarus (Vendig 1567).

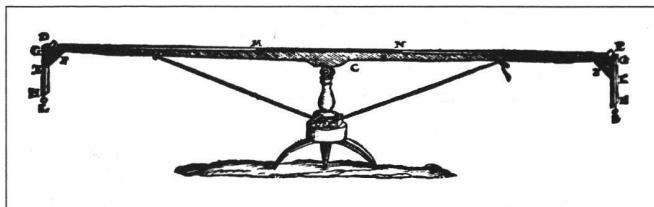


Abb. 24: Chorobat-Rekonstruktion von Giovanni Antonio Rusconi (Venedig 1590).

Weise Gefälleabsteckungen von bis zu 1:2000 (0,5 m auf 1000 m) durchaus möglich waren (Abb. 27). Vitruv hat zwar die für solch genaue Vermessung notwendigen Ablesevorrichtungen an seinem *chorobat* nicht beschrieben, wir müssen sie uns an den frühen neuzeitlichen Geräten vorstellen.

Wir dürfen annehmen, dass Vitruvs *chorobat* dasjenige Gerät gewesen ist, das dem römischen Ingenieur im Wasserleitungsbau zur Durchführung seines Hauptnivelllements gedient hat.

Wir wissen von der Tunnelbaustelle im Zuge der römischen Wasserleitung nach *Saldae* (s.o.), dass die Hauptrichtungsabsteckung von dem eigens von der Legion angeforderten *librator* Nonius Datus durchgeführt worden ist.

Nach seiner Abreise von der Baustelle haben nämlich die mit der Feinabsteckung während des Baubetriebes beauftragten Bauleute «Fehler über Fehler» gemacht, für deren Ausgleichung der Ingenieur eigens noch einmal anreisen musste.

Eine derartige Arbeitsteilung im Zuge der Errichtung eines Wasserleitungstunnels legt die Vermutung nahe, auch bei der Trassierung einer Fernwasserleitung habe ein mit entsprechendem Gerät ausgerüsteter und speziell für derartige Arbeiten ausgebildeter Fachmann die Hauptabsteckung der Trasse mit dem Generalnivelllement durchgeführt, wobei dann sicherlich auch in einem Zuge die Baulose eingeteilt worden sind. Dieses Generalnivelllement wird mit dem genauesten zur Verfügung stehenden, also dem zeitgenössisch modernsten Instrumentarium durchge-

führt worden sein – etwa dem bei Vitruv beschriebenen *chorobat*.

Der absteckende Ingenieur war natürlich darüber hinaus in der Lage, am Beginn eines jeden Bauloses das für diesen Abschnitt geplante Gefälle anzugeben, gegebenenfalls mittels zweier Messpfölle zu vermarken.

Mit einer solchen Vorgabe war es dann durchaus möglich, dass die Bauleute das Gefälle der Kanalsohle innerhalb ihrer Baustelle selbstständig abgesteckt haben. Dazu war dann ein spezielles Gerät überhaupt nicht mehr erforderlich, denn das nunmehr gleichmässige Gefälle innerhalb des Bauloses war auf einfachste Weise mittels «Austafeln» abzustecken.

Das «Austafeln» ist im Kanalbau vielerorts heute noch gebräuchlich und wird erst nach und nach durch mit Laserstrahlen ausgerüstete Instrumente abgelöst (Abb. 28). Es werden dafür drei T-förmige Tafeln benutzt, deren Querbalken etwa in Brusthöhe angebracht sind. Zwei dieser Tafeln werden auf Holzpfählen aufgestellt, die als Festpunkte mit einem das geplante Gefälle bildenden Höhenunterschied vermarktet worden sind. Durch Peilung mit blossem Auge werden nun die Oberkanten der beiden T's verlängert, und auf der sich daraus ergebenden Gefällelinie wird die Oberkante des dritten T's eingerichtet. Liegen also alle drei T's auf einer optischen Gefällelinie, so kann am Fuss des dritten T's ein Holzpfahl eingeschlagen werden, wodurch das Gefälle für einen weiteren Punkt der Trasse abgesteckt ist.

Auf diese Weise fährt man mit fortschreitendem Baubetrieb auf der Trassenlinie ei-

nes Bauloses fort und kommt irgenwann zum Baulosende oder zum nächsten Festpunkt des Hauptnivelllements.

Diese fortschreitende Absteckung hatte aber genau das zur Folge, was uns heute an den Stossstellen zweier Nivellementsabschnitte auffällt: hier wurde nämlich die Summe der vielen kleinen, sich beim Austafeln fortpropagierenden (systematischen) Fehler offenkundig. Den Bauleuten muss dabei klar gewesen sein, dass sie im Anschlusspunkt keinesfalls zu tief ankommen durften; entsprechend vorsichtig, d.h. nach oben orientiert, werden sie sich beim Austafeln vorgearbeitet haben. Die archäologischen Ergebnisse von Siga (Algerien) und Mechernich-Lessenich (Kreis Euskirchen, Nordrh.-Westfalen) machen diese Vorgehensweise deutlich.

In Siga ist das Austafeln des Gefälles im ersten der drei untersuchten Abschnitte offensichtlich gut gelungen, denn der Anschlusspunkt wurde höhengleich getroffen, und es konnte ohne Korrektur in den nächsten Abschnitt übergegangen werden. Beim Austafeln des zweiten Abschnitts hat sich dann ein Höhenfehler von 0,93 m summiert, der im Anschlusspunkt zum dritten Abschnitt offenkundig geworden ist. Eine Korrektur dieser Abweichung vom Sollwert hätte nun bedeutet, dass die Grabensohle des gesamten zweiten Abschnittes kontinuierlich tiefer zu legen gewesen wäre. Diese aufwendige Baukorrektur war aber nicht zwingend notwendig, da auch die fehlerhafte Absteckung noch mit einem genügend starken Gefälle versehen war. Man hat die zu einer baulichen Korrektur eigentlich notwendigen Erdar-

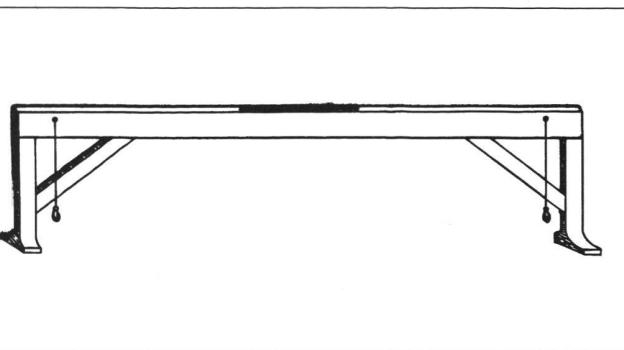


Abb. 25: Chorobat-Rekonstruktion von P. Poleni und S. Stratico (Udine 1825–30); diese Rekonstruktion wird in den meisten neueren Schriften angeführt, obwohl sie die im Text beschriebenen Nachteile aufweist.

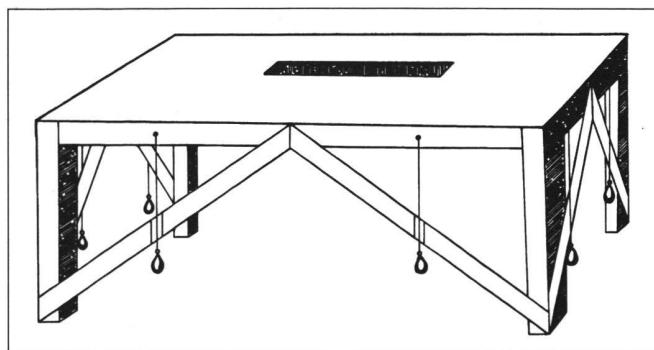


Abb. 26: Chorobat-Rekonstruktion von A. Neuburger (Leipzig 1921).

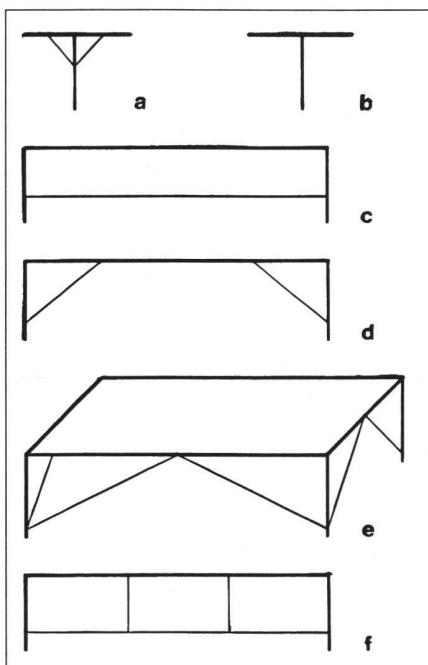


Abb. 27: Chorobat-Rekonstruktionen nach Virtruv. Rekonstruktionsmodelle von a) Leonardo da Vinci (um 1500); b) Fra Giovanni da Verona (1513), Rivius (1514) und Cesariano (1521); c) Barbarus (1567); d) Poleni, Stratico (1815–30); e) Neuburger (1921); f) Cozzo (1970).

beiten vermieden und statt dessen den dritten Abschnitt in der neu vorgegebenen Höhenlage begonnen. Für diesen Abschnitt war nun aber ein entsprechend verstärktes Gefälle abzustecken, um nach Möglichkeit den vorgegebenen Zwangspunkt am Ende dieses dritten Abschnitts wieder zu erreichen.

Es sei noch einmal erwähnt, dass diese Art der Feinabsteckung nicht unbedingt der Anwesenheit des Ingenieurs auf der Baustelle bedurfte hat, sondern durchaus vom «Polier» in eigener Verantwortung betrieben werden konnte.

Siga ist nun ein Beispiel dafür, wie der am Ende der Austafelungsstrecke aufgetretene Fehler im anschliessenden Gefälleabschnitt ausgeglichen werden konnte, da die gesamte Leitung von einem Bautrupp gebaut worden ist.

Anders bei der Eifelwasserleitung nach Köln. Durch die Aufteilung der Gesamttrasse in verschiedene Baulöse traf ein Bautrupp am Ende seines Leitungsabschnittes auf den Anfang des jeweils nächstern Bauloses. Und da die Abschnitte immer von ihrem höchsten Punkt ausgehend ausgebaut worden sein müssen, traf man an der Abschnittsgrenze in manchem Falle wahrscheinlich auf den schon fertig errichteten Kanal des nächsten Bauloses. Ein Höhenfehler war also im Anschlussgefälle nicht mehr auszugleichen; statt dessen musste ein Höhenübergang aus dem zu hoch liegenden Kanal in den tiefer liegenden Anschluss des nächsten Bauloses eingebaut werden.

In Mechernich-Lessenich haben wir offensichtlich eine genau diesem Zweck dienende Einrichtung in Form eines kleinen Tosbeckens vor uns (Abb. 29). Dieses Becken, an Stelle einer einfachen Höhenstufe in den Kanalverlauf eingeschaltet, bewirkte den Überlauf des Wassers von einem Abschnitt in den anderen, ohne dabei hydraulische Probleme zu verursachen. Neben einer exakten Feinabsteckung des Gefälles für den zu errichtenden Baugraben, bei der der Anschlusspunkt zum

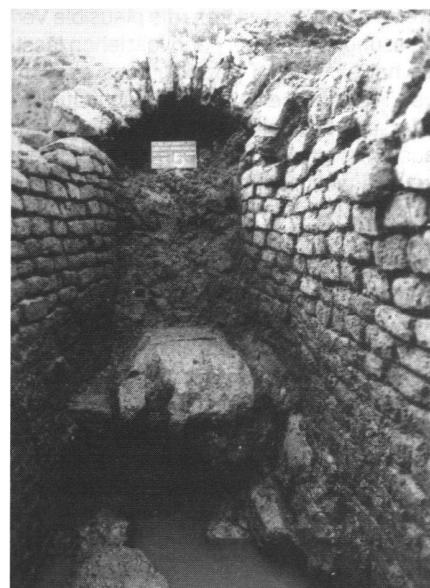


Abb. 29: Durch das Austafeln konnte es am Ende eines Bauloses zu einer Höhendifferenz zum fertiggestellten Anfang des Anschlussbauloses kommen. Der Ausgleich erfolgte mittels einer Stufe in der Sohle oder – wie hier im Zuge der Eifelwasserleitung bei Mechernich – durch den Einbau eines kleinen Tosbeckens.

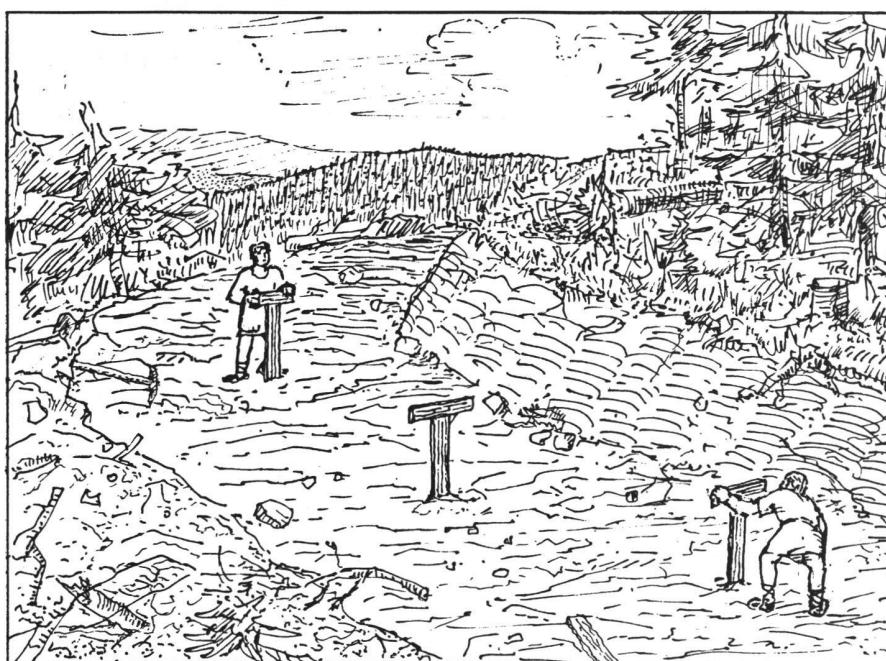


Abb. 28: Das gleichmässige Gefälle römischer Wasserleitungen wurde durch Austafeln abgesteckt. Ein am Anfang eines Gefälleabschnitts vermarktes Sollgefälle wurde mit fortschreitendem Baubetrieb innerhalb eines Bauloses fortgeführt.

nächsten Abschnitt höhengleich getroffen werden musste, war im römischen Wasserleitungsbau nach unserer Erkenntnis also nur eine Art von Fehler zulässig: Dann nämlich, wenn der Anschlusspunkt zu hoch erreicht wurde, das Gefälle also zu flach abgesteckt worden war. Lag dieser Fehler innerhalb einer noch akzeptablen Toleranzgrenze, so hat man es vermieden, die Grabensohle im gesamten Bauabschnitt noch einmal nachzuarbeiten, sondern hat den Fehler entweder durch Berücksichtigung im Anschlussgefälle ausgeglichen oder das Wasser mittels eines kleinen Kunstbauwerks in den tiefer liegenden Anschlusskanal übergeleitet. Wir sollten uns dabei auch die auf diese Weise eingesparte Menge von Erdreich und Fels vor Augen halten, die bei einem Nacharbeiten der Grabensohle noch zu bewegen gewesen wäre: Auf 1480 m hätte in einem 1,5 m breiten Graben ein Fehler von 0,93 m einen weiteren Aushub von rund 1000 m³ erforderlich gemacht. Diese gewaltige Zusatzarbeit erklärt vielleicht, warum man es vorgezogen hat, statt dessen nach Ersatzmassnahmen zu suchen, die weniger Aufwand erfordert haben.

Schlussbemerkung

Durch die Auswertung der verschiedensten Quellen ist es möglich geworden, das Vermessungsgerät der Römer in einer

Partie rédactionnelle

Weise zu rekonstruieren, die plausible Vermessungsmethoden nachvollziehen lässt. Es hat sich dabei gezeigt, dass es nicht genügt, allein die antiken Schriftquellen oder die Darstellungen auf Grabsteinen auszuwerten. Die Versuche zur originalgetreuen Nachbildung verschiedener Geräte sind ein weiterer Schritt auf dem Weg zur Lösung auch der antiken Vermessungsmethoden.

Verschiedene Rekonstruktionen können aber allein deshalb nicht vollends befriedigen, da bisher gar nicht sicher gesagt werden konnte, welches Rekonstruktionsmodell bei welcher Vermessungsaufgabe eingesetzt worden ist. Es ist deshalb notwendig, mehr als bisher auch in den antiken Bauwerken selbst nach dem Schlüssel der zu ihrer Errichtung angewendeten Absteckmethode zu suchen. Die Befunde aus den Aquädukten von Siga und Köln, in denen erstmals überhaupt Baulose, bzw. Trassenabschnitte gleichmässigen Gefälles archäologisch nachgewiesen werden konnten, berechtigten auch bezüglich der Lösung anderer antiker Vermessungsprobleme zur Hoffnung.

Anmerkungen:

[1] Diese Arbeit ist eine Zusammenfassung und Überarbeitung verschiedener Publikationen des Verfassers. Zur Vertiefung von dargestellten Einzelproblemen sei verwiesen auf folgende Arbeiten von K. Grewe:

Planung und Trassierung römischer Wasserleitungen. Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft, Suppl.bd.1 (Wiesbaden 1985).

Atlas der römischen Wasserleitungen nach Köln. Rheinische Ausgrabungen 26 (Köln 1986)

Bibliographie zur Geschichte des Vermessungswesens. Vermessungswesen bei Konrad Wittwer, Bd. 10; Schriftenreihe d. Förderkreises Vermessungstechnisches Museum, Bd. 6 (Stuttgart 1984).

Zur Geschichte des Wasserleitungstunnels. in: Antike Welt 17, 1986, Sondernummer 2, 65–76.

[2] Eck, Werner: Magistrate, «Ingenieure», Handwerker, Wasserleitungsbauer und ihr Sozialstatus in der römischen Welt. in: Mitteil. d. Leichtweiss-Instituts f. Wasserbau der TU Braunschweig 103, 1989, 175–218. – Petrikovits, Harald v.: Die Spezialisierung des römischen Handwerks. in: H. Jankuhn; W. Janssen; R. Schmidt-Wiegand; H. Tiefenbach (Hrsg.), Das Handwerk in vor- und frühgeschichtlicher Zeit, Teil 1, Abhandl. d. Akademie d. Wissenschaft. in Göttingen, Phil.-hist.Kl., 3. Folge, Nr. 122 (Göttingen 1981) 63.

[3] Blume, F.; Lachmann, K.; Rudorff, A.: Die Schriften der römischen Feldmesser, 2. Bde. (Berlin 1852; Reprint Hildesheim 1967).

[4] Vitruv: Zehn Bücher über Architektur. Deutsch von C. Fensterbusch (Darmstadt 1976).

[5] M. Junius Nipus, a.a.O. (Anm. 3) 285.

[6] Die Bezeichnung «Ingenieur» ist erstmals im Jahre 1195 in Genua belegt. In Frankreich 1689 durch Erlass des Königs als Berufsbezeichnung «Ingenieur-Konstrukteur der Marine» eingeführt; auch im deutschen Sprachraum im 17. Jahrh. im Kriegswesen verwendet. – Campinge, Josef: Zur Geschichte des Ingenieurberufs. in: zbi-nachrichten 31, 1987, 4–6.

[7] Lanciani, R.: *Forma Urbis Romae* (Berlin 1874). – Carrettoni, G.; Colini, A. M.; Cozza, L.; Gatti, G.: *Forma Urbis Romae*, Text- u. Tafelband (Rom 1960). – Coarelli, F.: Rom, ein archäologischer Führer (Freiburg, Basel, Wien 1975) 134.

[8] Piganiol, A.: Les documents cadastraux de la colonie romaine d'Orange (Paris 1962). – Oliver, J. H.: North, South, East, West at Arcausio and Elsewhere. in: *Mélanges d'archéologie et d'histoire offerts à André Piganiol* (Paris 1966) 1075. – Dilke, O. A. W.: The Roman Land Surveyors (Newton Abbot 1971). – Heimberg, U.: Römische Landvermessung, Limitatio. Kleine Schriften z. Kenntnis d. röm. Besetzungsgeschichte Südwestdeutschlands 17 (Stuttgart 1977) 51. – Heimberg, U.: Römische Flur- und Flurvermessung. in: Abhandl. d. Akademie d. Wissenschaft. in Göttingen, Phil.-hist.Kl., III. Folge, Nr. 115, 1979, Teil 1, 141. – Grewe, K.; Heimberg, U.: Römische Kataster in Marmor. in: der Vermess.-Ing. 33, 1982, 168.

[9] Frontinus-Gesellschaft (Hrsg.): Wasserversorgung im antiken Rom (München, Wien 1982, 2¹⁹⁸³).

[10] CIL VI, Nr. 1261.

[11] Hesberg, H.v.: Römische Grundrisspläne in Marmor. in: Diskussionen z. Archäolog. Bauforschung 4 (Berlin 1983) 120.

[12] CIL VI, 4, Nr. 29847.

[13] CIL VI, 4, Nr. 29846. – CIL VI, 4, Nr. 29847a.

[14] Helbig, W.: Führer durch die öffentlichen Sammlungen klassischer Altertümer in Rom (Leipzig 1891) 318. – Meinhardt, E.; Simon, E.: Grabaltar des Titus Statilius Aper. in: W. Helbig, Führer durch die öffentlichen Sammlungen klassischer Altertümer in Rom (Hrsg. v. H. Speier); II: Die Städtischen Sammlungen (Tübingen 1966) 59. – CIL VI, Nr. 1975.

[15] Grewe, K.: Antike Steindenkmäler zur Vermessungsgeschichte im Kapitolinischen Museum und im Konservatorenpalast zu Rom. in: Der Vermess.-Ing. 35, 1984, 169.

[16] Rakob, F.: Opus caementitium – und die Folgen. in: Mitteil. d. Deutschen Archäolog. Instituts, Röm. Abt. 90, 1983, 359. – Hoffmann, A.: Zum Bauplan des Zeus-Asklepios-Tempels im Asklepieion von Pergamon. in: Diskussion z. Archäolog. Bauforschung 4 (Berlin 1984) 95.

[17] Haselberger, L.: Die Werkzeichnung des Naiskos im Apollontempel von Didyma. in: Diskussionen z. Archäolog. Bauforschung 4 (Berlin 1984) 111.

[18] Britannia 10, 1979, 351. – Oudheidkundige Mededeelingen uit's Rijksmuseum van Oudheden te Leiden 10–12, 1929–31, 24.

[19] Treutlein, P.: Intorno ad alcuni ecritti inediti relativi al calcolo dell'abaco. in: Bancam-

pagni Bull. 10. – Fellmann, R.: Römische Rechentafeln aus Bronze. in: Antike Welt 14, 1983, 36.

[20] Rakob, F.: Das Quellenheiligtum in Zaghouan und die römische Wasserleitung nach Karthago. in: Mitteil. d. Deutschen Archäolog. Instituts, Röm. Abt. 81, 1974, 77. – Grewe, K.: Eich-Massstäbe. in: Der Vermess.-Ing. 33, 1982, 10.

[21] Hotzel, P.: Die Centuriation, eine Form der römischen Bodenordnung. Dissertation (Darmstadt 1972) 13.

[22] Boucher, St. u.a.: Bronzes Antiques du Musée de la Civilisation Gallo-Romaine à Lyon (Lyon 1980) 82.

[23] Grewe, K.: Etruskische und römische Tunnelbauten in Italien. in: Mitteil. d. Leichtweiss-Instituts f. Wasserbau der TU Braunschweig 103, 1989, 131–152.

[24] Die vollständige Inschrift bei: Grewe, K., Planung und Trassierung römischer Wasserleitungen. Schriftenreihe d. Frontinus-Gesellschaft, Suppl.bd. 1 (Wiesbaden 1985) 70.

[25] Übersetzung von B. Beyer, nach technischen Gesichtspunkten überarbeitet von K. Grewe, a.a.O. (Anm. 24).

[26] Grewe, K.: Neue Befunde aus dem Verlauf der römischen Wasserleitungen nach Köln – Nachträge und Ergänzungen zum Atlas der römischen Wasserleitungen nach Köln. Publikation im Druck (Bonner Jahrb. 1991).

[27] Rakob, F. a.a.O. (Anm. 16). – Grewe, K.: Römische Bauabsteckung durch Ritzlinien am Beispiel des Amphitheaters von Bulla Regia (Tunesien). in: Der Vermess.-Ing. 37, 1986, 76.

[28] Corte, M.della: Groma. in: Mon. Antichi 28, 1922, 29 und (Roma 1922). – Nowotny, E.: Groma. in: Germania 7, 1923, 22. – Schöne, H.: Das Visirinstrument der römischen Feldmesser. in: Jahrb. d. kais. dt. Archäolog. Inst. 16, 1901, 127. – CIL 5,2, Nr. 6786. – Grewe, K.: Die Groma auf dem Grabstein des Sensors Lucius Aebutius Faustus. in: Der Vermess.-Ing. 31, 1980, 164. – Adam, J.-P.: La Construction Romaine – Matériaux et Techniques (Paris 1984) 18. – Dilke, O. A. W.: Reading the Past – Mathematics and Measurement (London 2¹⁹⁸⁹) 31.

[29] Vitruv, a.a.O. (Anm. 4).

[30] Vitruv, a.a.O. (Anm. 4) 391.

[31] Grewe, K.: Über die Rekonstruktionsversuche des Chorobates. in: Allgemein. Vermess.-Nachr. 88, 1981, 205. – Veenhuis, W.: Untersuchung zu zwei Nivellieren des Altertums. in: Der Vermess.-Ing. 35, 1984, 28. – Adam, J.-P. a.a.O. (Anm. 28) 18.

[32] Der Stein des Nonius Datus steht heute vor dem Rathaus von Bejaia (frz. Bougie; röm. Saldae); eine Kopie steht im Museo della Cicilità Romana in Rom.

Adresse des Verfassers:

Dipl.-Ing. Klaus Grewe
Rhein. Amt für Bodendenkmalpflege
Colmantstrasse 14–16
D-5300 Bonn