

**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:** 95 (1997)

**Heft:** 10

**Buchbesprechung:** Die Wasserleitung des Eupalinos auf Samos [Kienast, H.J.] : eine Buchbesprechung

**Autor:** Glutz, Rudolf

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.02.2025

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

# Die Wasserleitung des Eupalinos auf Samos

## Eine Buchbesprechung

Für viele grosse Bauwerke des Altertums müssen – indirekt – entsprechend gute Kenntnisse der Vermessungstechnik vorausgesetzt werden, seien dies nun Strassen, Bewässerungsanlagen, Burgen oder Pyramiden. Gerade die Cheops-Pyramide und der Tunnel des Eupalinos bildeten schon mehrfach Anlass zu vermessungshistorischen Untersuchungen. Noch nie war es aber heutigen Vermessungsfachleuten vergönnt, einem Kollegen gewissermassen über die Schulter zu schauen, wie er damals, vor rund 2500 Jahren, ein Problem löste, das nicht nur zu den klassischen Aufgaben des Geodäten gehört, sondern unabdingbar auch mit einer gewissen Spannung verbunden ist, weil sich die Richtigkeit aller Massnahmen erst im allerletzten Moment erweist: die Absteckung eines Tunnels, der von beiden Seiten in den Berg vorgetrieben wird. Kienasts Buch ermöglicht diesen Blick für die Wasserleitung des Eupalinos auf Samos.

*Pour beaucoup de grands ouvrages de l'Antiquité, on doit supposer, indirectement, de bonnes connaissances en technique de mensuration que cela soit pour des routes, des installations d'irrigation, des châteaux ou des pyramides. La pyramide de Chéops et le tunnel d'Eupalinos ont, à plusieurs reprises déjà, fait l'objet d'investigations en matière d'histoire de la mensuration (1). Jamais encore il n'a cependant été donné aux spécialistes actuels de la mensuration d'observer un collègue qui, il y a 2500 ans, a résolu un problème qui ne faisait pas partie des tâches classiques des géodètes mais qui représentait une certaine aventure car la justesse des mesures ne s'avérait qu'au tout dernier moment: le piquetage d'un tunnel attaqué depuis les deux côtés de la montagne. Le livre de Kienast permet ce regard sur l'aqueduc d'Eupalinos à Samos.*

Molte grosse opere dell'antichità – strade, impianti d'irrigazione, castelli o piramidi – presuppongono, indirettamente, la padronanza delle tecniche di misurazione. In particolare, la piramide di Cheope e la galleria di Eupalino sono già state più volte argomento di ricerche storiche nell'ambito delle tecniche di misurazione [1]. Mai prima d'ora gli specialisti della misurazione hanno avuto il privilegio di poter verificare come, 2500 anni fa, un loro collega risolveva un problema che non solo esulava dai compiti classici del geodeta, ma era anche vissuto con una determinata tensione poiché la correttezza di tutti i procedimenti si sarebbe dimostrata soltanto all'ultimo momento: il tracciamento di una galleria fatta avanzare contemporaneamente da ambedue le parti della montagna. Il libro di Kienast permette di gettare uno sguardo nella costruzione della condotta d'acqua di Eupalino a Samos.

R. Glutz

Geodäsie ist eine Wissenschaft, die – vor der Öffentlichkeit weitgehend verborgen – in Köpfen und Büros, mit Bleistift und Computer stattfindet. Auch der Altertumsforscher (Archäologin, Historiker, Bauforscher) kommt eher selten dazu, sich Gedanken über Massnahmen und Geräte zu machen, welche einen ober-

germanischen Limes schnurgerade durch die Landschaft legten oder die Quadrate einer römischen Limitation noch heute im Gelände ablesbar machen. Wann wurden uns je Messpunkte, Geräte, Namen der verantwortlichen Geometer überliefert? Hier, auf der griechischen Insel Samos, nahe der türkischen Küste, finden wir ein Monument, an dem sich Gedankengang und Messverfahren des damaligen Ingenieurs am heutigen Befund im Gelände

ablesen lassen: wie Herodot überliefert, liess Eupalinos von Megara, entsprechend der damaligen Zeit Architekt, Ingenieur, Baumeister und Geometer in einer Person, einen Tunnel von beiden Seiten her durch den Berg über der Stadt aushauen, um die Wasserversorgung von Samos zu verbessern. Beim sogenannten Qanat-Verfahren ist es zwar durchaus gängig, Schächte in einer Reihe abzuteufen und von den Sohlen aus die verbindenden Stollen im Gegenort aufzufahren, doch gelang dies nur bei Schachtabständen von höchstens 50 m, und auch dann zeigen die Befunde, wie die Übertragung der Vortriebsrichtung durch die Schächte mittels Loten fehleranfällig war und der Treffpunkt in der Mitte nur mit Mühe gefunden werden konnte. Doch für 1000 Meter in hartem Gestein brauchte es wahrhaftig weitergehende Vermessungskenntnisse und vor allem auch ein unerschütterliches Selbstvertrauen in die eigenen theoretischen und praktischen Fähigkeiten; oder – wie die Inschrift des Nonius Datus in Saldae (Algerien) bezeugt – Geduld, Tatkraft und Gottvertrauen.

Warum denn überhaupt den Tunnel von beiden Seiten her gleichzeitig anpacken? Nach Abschätzungen des Autors (basierend auf Untersuchungen in den Bergwerken von Laurion) sind etwa acht Jahre für die Bauzeit zu veranschlagen, was bei einseitigem Auffahren des Tunnels mindestens eine Verdoppelung auf 16 Jahre bedeutet hätte. Obwohl heutige Tunnel-Durchschläge im äussersten Fall noch Dezimeter-Differenzen aufweisen (beim Eurotunnel wurden für  $3\sigma$  an die 40 cm bei 40 km Länge veranschlagt), wurde auch am Gotthard ein Trick angewendet, der offensichtlich schon Eupalinos bekannt war: er legte den Treffpunkt bewusst nicht in die Mitte, sondern dorthin, wo sich der kritische Punkt der Richtungsübertragung über den Berg, nämlich die Wasserscheide befindet. Damit ist Kienast allerdings nicht beizupflichten, wenn er auf Seite 171 sagt, der Richtungsfehler im Nordstollen beruhe «weit aus wahrscheinlicher» auf einem Fehler der Visur über den Berg: gerade ein solcher (tatsächlich aber nicht aufgetretener)

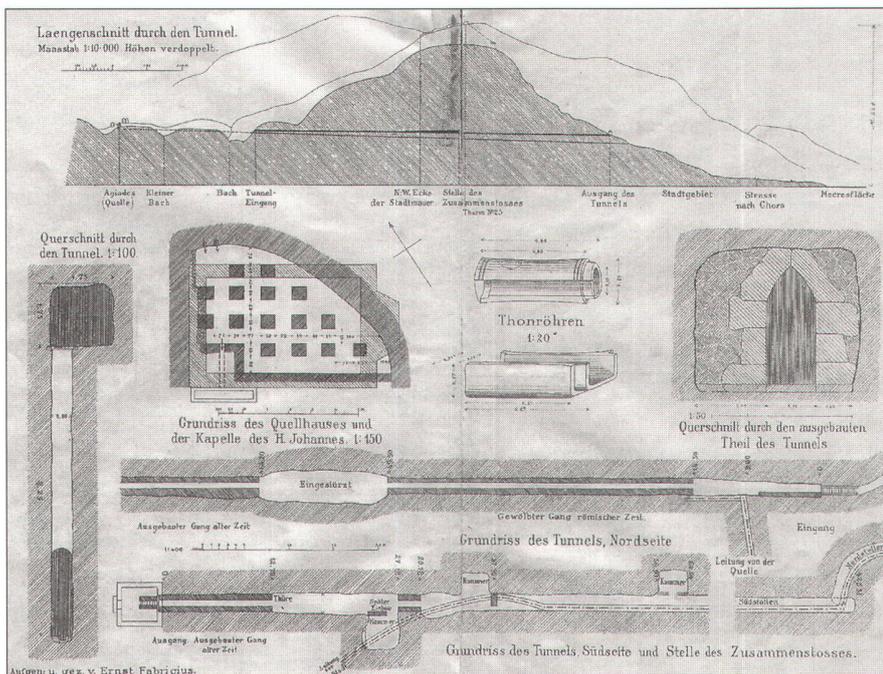


Abb. 1: Der Tunnel des Eupalinos, nach E. Fabricius (1884).

Fehler wäre durch dieses ausmittige Festlegen des Treffpunktes unschädlich gemacht worden.

Doch schön der Reihe nach: Der Autor, Architekt und Bauforscher von Beruf, nun Direktor am Deutschen Archäologischen Institut (DAI) in Athen, hat während Jahrzehnten die Befunde und Hypothesen zusammengetragen und kann heute schlüssig aufzeigen, wie die Wasserleitung erbaut wurde und welche geodätischen Massnahmen hierfür nötig waren. Bis es soweit war, wurden manche Hypothesen aufgestellt, sogar publiziert und überdies 1978 in einem Fernsehfilm der breiten Öffentlichkeit zur Diskussion gestellt.

Für die Vermessung wie auch für die Ableitung zuzitender Wasser war ein horizontaler Vortrieb am sinnvollsten, weshalb die Leitungstrasse selber mit einem Gefälle von 0,36% (3,57 auf 992 m) in einem immer tiefer gehenden Kanal im Tunnelboden auszuhauen war. Vorsichtigerweise wurde zuerst der Stollen gebohrt und erst nach erfolgreichem Durchschlag die Zuleitung von der Quelle und die Ableitung zu den drei Brunnenhäusern in der Stadt erstellt. Im Bestreben, möglichst viel Höhe zu gewinnen,

wurde die Quelle dann sogar noch angestaut, wodurch sie aber unglücklicherweise auf ein rund 4 m tieferes Niveau ausbrach. Deshalb musste der erwähnte, bereits erstellte Kanal im Tunnel um den gleichen Betrag tiefer gelegt werden, was einerseits zu imposanten Schlitzen von 7 bis 8 m Tiefe führte, stellenweise aber auch zu einem zweiten, nun natürlich wieder im routinemässigen Qanat-Verfahren erbauten Stollen (dadurch wesentliche Ersparnis an Ausbruch-Kubatur).

Im Folgenden sollen nun vor allem die vermessungstechnischen Belange kritisch hinterfragt werden, für welche der Autor ebenfalls verantwortlich zeichnet, obwohl er bei der heutigen Spezialisierung hier wie auch in andern angesprochenen Disziplinen unbedingt auf die Hilfe weiterer Fachleute angewiesen war und dies auch in aller Offenheit darlegt. Die eigentliche geodätische Grundlagenvermessung führte nämlich K. Pestal als Diplomarbeit an der TU Wien aus, doch war es diesem (aus nicht ersichtlichem Grunde) leider nicht vergönnt, die Resultate seiner Arbeit hier zu präsentieren. Dabei hätte man für die (abschliessende?) Monographie über ein vermessungstechnisch derart einmaliges Monument gerne die

massgebende Mitwirkung eines Geodäten gespürt. In geringerem Masse mag dies auch für weitere angesprochene Fachrichtungen insbesondere des Berg- und Wasserbaus gelten. So wird z.B. auf den Seiten XIII, 96, 97 und 136 die Luftversorgung während der Bauzeit (Bewetterung) ganz am Rande erwähnt, doch fehlt jeglicher Hinweis, wie diese während acht Jahren Bauzeit tatsächlich zu bewerkstelligen war. Zur Wasserhaltung trägt Kienast stimmige Befunde vor: da im Südstollen gleichzeitig mit dem Vortrieb auch schon der Kanal mit Gefälle nach aussen ausgehauen wurde, war es kein Problem, den kräftigen Wasserzufluss bei Laufmeter 675 abzuleiten; auch im Nordstollen reagierten die Tunnelbauer bei Laufmeter 250 korrekt mit einer markanten Anhebung der Stollensohle, um eindringendes Wasser von der Stollenbrust zu entfernen; doch bleibt uns der Autor die Antwort schuldig, wie dieses Wasser im (gewollt horizontalen) Stollen über die restlichen 300 m zum Nordeingang hinausgeleitet wurde. Wegen der immer wieder vorkommenden Lehneinschwemmungen war der Aufwand auch für den Unterhalt der Leitung beträchtlich; vielleicht wäre mit einer relativ kleinen Mehrinvestition beim Bau eine gewaltige Verringerung der ständig nötigen

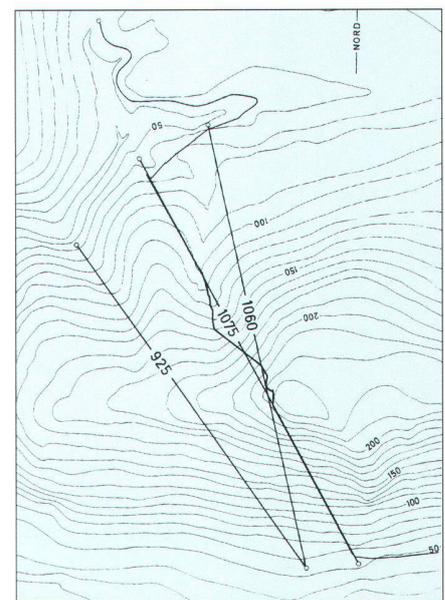
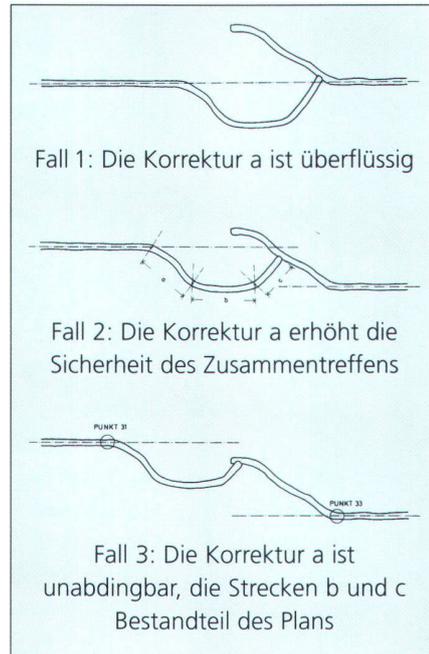


Abb. 2: Das Trasse des Tunnels im Vergleich zu den Alternativlösungen.

Freileigungsarbeiten während der rund tausendjährigen Betriebszeit zu erzielen gewesen.

Das Zusammentreffen der beiden von Norden und Süden aufgefahrenen Stollen in Lage und Höhe ist natürlich das zentrale Problem des verantwortlichen Ingenieurs. Die Richtung der Tunneltrasse liess sich als Gerade über den Berg ausfluchten, wobei zur sicheren Richtungsübertragung in den Berg hinein im Süden ein Visierschacht nötig war. Im Norden stellte sich dieses Problem dank einer Visur auf den Gegenhang nicht, trotzdem passierte hier die oben bereits erwähnte Abweichung um 0,60 Altgrad von der idealen Verbindungsgeraden zwischen den beiden Ansatzstellen (entspricht 6,13 m Querabweichung auf 585 m Stollenlänge bis zum Treffpunkt), welche Eupalinos offensichtlich nicht erahnte. Dass zu dieser Zeit schon die Angriffsrichtungen mittels einem Vorläufer der Dioptra und damit einem Rechtwinkel-Polygonzug um den Berg herum ermittelt worden seien, welches Verfahren Heron 500 Jahre später beschreibt, ist mehr als unwahrscheinlich. Dagegen sicherte Eupalinos das Finden des Treffpunktes in genialer Weise durch Abknicken beider Stollen auf die gleiche Seite kurz vor dem Zusammentreffen, denn mittels Staffelmessung über den Berg konnte er auch die gesamte Stollenlänge und die Lage des Treffpunktes unter der Wasserscheide bestimmen. Geologische Probleme im Nordstollen liess er – eine weitere Glanzleistung – in Form eines gleichschenkligen Dreiecks umfahren. Die Häufung der Probleme im Nordstollen (Ausbauten im gebrächnen Fels, dreimalige Richtungsänderung und damit Verlust der problemlosen und genauen Visur zurück zum Tageslicht am Tunneleingang etc.) ergab natürlich trotz aller Sorgfalt eine Akkumulation von Fehlern, welche aber – so die einleuchtende Hypothese des Autors – qualitativ als solche erkannt und dann durch eine eigentliche Bauaufnahme des beinahe fertiggestellten Tunnels gemessen und korrigiert wurden: die danach verbleibenden Restfehler (3,0 m in Querrichtung) plus der erwähnte grundsätzliche Richtungsfehler



**Abb. 3: Die Schlussstrecke der beiden Stollen.**

am Anfang (6,3 m) wurden dann durch die mittels Abknickung hergestellte Sicherheitsmarge von gut 16 m aufgefangen.

Die Nivellierung der beiden Ansatzpunkte mit dem gewünschten Gefälle von der Quelle her (1,75 m auf 870 m Leitungslänge = 0,2%) scheint kein grosses Problem gewesen zu sein und ergab gemäss moderner Messung eine Differenz von 72 cm: vermutlich wurde zur Kontrolle sowohl horizontal um den Berg herum wie auch gestaffelt über den Berg gemessen. Der Durchschlagsfehler der Höhe im Tunnel betrug dagegen noch 31 cm. Zur Absicherung des Zusammentreffens liess Eupalinos aber auch im Längenprofil die Stollen scherenartig erweitern, allerdings nur in jeweils entgegengesetzte Richtungen.

Die zentrale Aussage, auf welcher letztlich alle Überlegungen basieren, formuliert H. Kienast wie folgt (S. 86): «Bei einem derart komplizierten und ausschliesslich auf die Funktion bezogenen Vorhaben darf und muss ausgeschlossen werden, dass ohne Grund überflüssige Arbeit geleistet wurde. Der Kanal und die darin verlegte Leitung repräsentieren also tatsächlich die ursprüngliche Anlage, und

wir dürfen auch davon ausgehen, dass es für alle Phänomene eine logische Erklärung gibt.» Dem ist wirklich nur beizupflichten. Somit müsste aber genau die eben erwähnte einseitig geöffnete «Scherre» im Längsschnitt des Treffpunktes auch eine Erklärung finden; es dürfte jedenfalls nicht in Frage kommen, dem beim Grundriss so überlegt projektierenden Eupalinos für das gleichartige, aber noch kleinere Problem in der Höhe einfach Unkenntnis oder Absicherung nur in der einen Richtung zu attestieren (S. 148). Ebenfalls vermisst der Rezensent ein genaueres Eingehen auf die Richtungsabweichung zwischen den Merkpunkten 24 und 25: nimmt man diesen «Schlenker» vor Beginn des Umgehungsdreieckes als einfachen Richtungsfehler beim Vortrieb, auf welchem alle folgenden Visuren weiterbauen, so wären – im Rahmen der heute nachvollziehbaren Genauigkeiten – die folgenden Abweichungen zur Genüge erklärt; das heisst, nachdem Eupalinos diese Abweichungen von rund 13,5 m erkannt und korrigiert hatte, verblieb schliesslich – unter Weglassung der von Anfang an um 0,67 gon falschen Vortriebsrichtung – ein Durchschlagsfehler in Querrichtung von 3,0 m.

Von besonderem Interesse sind auch die Markierungen an den Wänden des Tunnels, die offensichtlich verschiedenen Systemen zugehören, und zwar sowohl Längenmasse (mit senkrechten Strichen und Zahlenangaben) wie auch Nivellementskoten. Dem Autor gelang es, die Messungen für den Vortrieb aufzuschlüsseln, wobei vom Leser allerdings folgende Besonderheiten akzeptiert werden müssen: das Längenmass bildet (allerdings ohne die gewollte Abknickung des Nordstollens kurz vor dem Treffpunkt) den fünfhundertsten Teil der projektierten Stollenlänge, ist also ein tunnel-internes Mass (nur in der Nähe, aber nicht genau bei 4 samischen Ellen), und weil diese «runde» Aufteilung der Strecken dann auch für das Umgehungsdreieck und die restliche Strecke bis zum Treffpunkt gelten sollte, wurde der Nullpunkt an der Mündung des Nordstollens soweit in den Tunnel hinein verschoben, bis die Verlän-

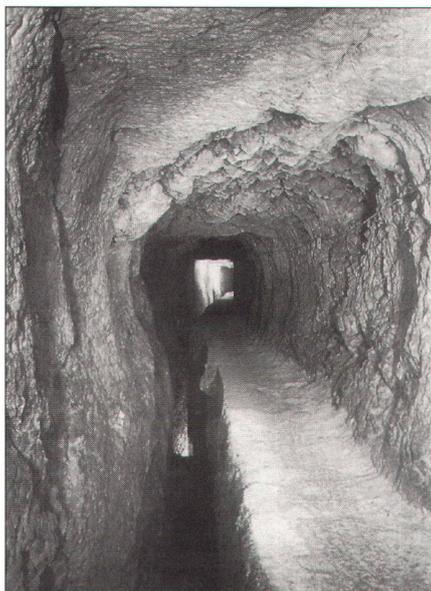


Abb. 4: Blick in den Tunnel; im Hintergrund die Richtungsänderung.

gerung der Strecke infolge der Umfahrung kompensiert war, bis also nach der Umfahrung nach wie vor die ursprüngliche Einteilung bis zum Treffpunkt galt. Leider entziehen sich die weiteren über 100, in sechs Gruppen zusammenfassbaren Längenmarken wie auch die gegen 450 horizontalen Nivellierlinien weitgehend einer Interpretation. Die Zeichen sind aber so dokumentiert, dass hiermit Fachkollegen angeregt sein könnten zu versuchen, das Vorgehen des Baumeisters zu entschlüsseln.

Noch mehr auf die zahlreichen Diskussionspunkte vermessungstechnischer Art einzugehen, würde hier zu weit führen, umso mehr als für den Leser eine entsprechend detaillierte Kenntnis bzw. Resümierung der besprochenen Arbeit zum Verständnis der Argumentation notwendig wäre. Hinzuweisen ist jedoch auf die Seiten 154/155, wo gewisse Aussagen einer kritischen Nachprüfung nicht ganz standhalten, und auf die Seite 169, Abb. 46b, wo die Masse für Ankathete und Hypotenuse verwechselt sind. Auch sollte die Abkürzung «E.» in Plan 3a aufgelöst werden (offenbar = Einstieg). Für den Fachmann am Anfang etwas verwirrend ist zudem die häufige Verwendung des Begriffes «Toleranz», welcher zumeist besser mit Abweichung oder Fehler zu

übersetzen wäre. Auch die Bezeichnung «Deklination» für den erwähnten Richtungsfehler am Eingang des Nordstollens scheint fehl am Platz. Zum vertieften Studium wünschte man sich genauere Verweise mit Seitenzahlen anstelle der zahlreichen unbestimmten «(s.o.), (s.u.)» (siehe oben/unten).

Neben diesen kritischen Anmerkungen ist dem Autor zu bescheinigen, dass ihm ein grossartiges und für historisch interessierte Geodäten überaus spannendes Werk gelungen ist, das mit seiner qualitätvollen Ausstattung an Zeichnungen, Photos und Plänen den – zugegebenermassen hohen – Preis voll und ganz wert ist. Speziell hervorzuheben sind auch die Faltpläne, die – entlastet von allen Details – das Wesentliche auf einen Blick zeigen. Während die Messmarken auf den Tunnelplänen 3a und 3b rot hervorgehoben sind, wird in grün die geodätisch rekonstruierte Messbasis (ideale und ausgleichende Geraden) gezeigt, von welcher der Autor zu Recht und einleuchtend sagt (S. 206): «Der Versuch, die Planung der Tunneltrasse darzustellen und ihre einzelnen Entwicklungsphasen zu entschlüsseln, basiert folglich notgedrungen auf einer Grundlage, die dem heutigen Befund und vor allem auch modernen Geräten Rechnung trägt. Die Analyse der Trasse lässt aber vermuten, dass die Divergenzen zwischen den von Eupalinos

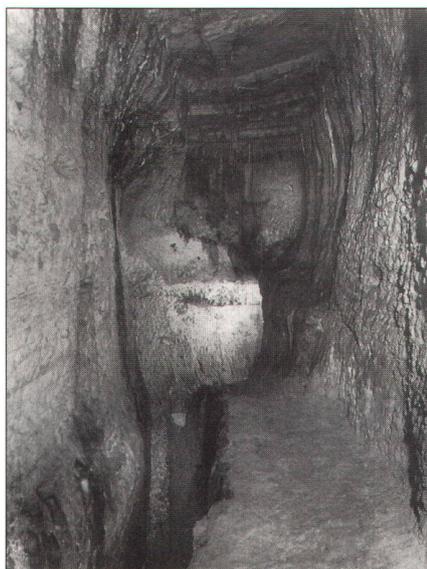


Abb. 5: Der Treffpunkt.

geplanten und den von uns errechneten Geraden nur minimal sein können. Es sind vor allem die bemerkenswerten Koinzidenzen an den entscheidenden Punkten, die dafür sprechen, dass das Ergebnis des modernen Aufmasses tatsächlich weitestgehend die originale Planung wiedergibt.» Wenn der Autor andererseits in allzugrosser Bescheidenheit hofft, bei der Darstellung und Gliederung den richtigen Weg beschritten zu haben (S. 17), so sei ihm hiermit bescheinigt, dass dies sehr wohl gelungen ist und durchaus den Massstab für ähnliche Publikationen abgeben dürfte, so denn jemals etwas ähnlich Einmaliges Eingang in die wissenschaftliche Literatur finden soll.

#### Anmerkungen:

- [1] Siehe z.B. F. Kobold: Sur l'implantation de grands ouvrages de l'Antiquité, VPK 8/85, 250–258.
- [2] K. Grewe: Planung und Trassierung römischer Wasserleitungen, Wiesbaden 1985, S. 70.
- [3] E. Jacobs: Die Bau- und Vermessungsarbeiten für den Kanaltunnel Dover–Calais, Der Vermessungsingenieur, 4. Jg., 4/89, 120–129.
- [4] P. Gerber: Das Durchschlagsnetz zur Gotthard-Basislinie, Mitteilungen aus dem IGP Nr. 17, Zürich 1974, S. 3.

Rudolf Glutz  
Institut für Denkmalpflege  
ETH Zürich  
CH-8092 Zürich

H.J. Kienast:

#### Die Wasserleitung des Eupalinos auf Samos

Herausgegeben vom Deutschen Archäologischen Institut. Samos, Band XIX.

Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn 1995, Format 23/30,5 cm, 215 Seiten, 58 teils farbige Abbildungen, 41 Tafeln mit Photos, 4 Planbeilagen (mehrfarbig), Preis ca. Fr. 160.–, ISBN 3-7749-2713-8.