

HELMUT SCHLÄGER †

Die Texte Vitruvs im Lichte der Untersuchungen am Hafen von Side*

Vorbemerkung:

Auf der Tagung der Koldewey-Gesellschaft in Speyer, hielt Herr Dr. Schläger einen Vortrag des in der Überschrift wiedergegebenen Inhaltes. Wir fühlen uns verpflichtet, diese letzte Äußerung Schlägers zu veröffentlichen, weil sie in den Gesamtzusammenhang seiner Arbeit gestellt, so recht dazu angetan ist, den weiten Kreis seiner nie erlahmenden rastlosen Tätigkeit darzustellen.

Leider waren die vorhandenen Unterlagen sehr lückenhaft.

Das stichwortartige, sehr stark korrigierte Manuskript des Vortrages mußte zum Zwecke der Veröffentlichung neu gefaßt und verständlicher gestaltet werden, um es druckreif zu machen. Die Niederschriften aus der Kampagne in Side von Schläger und Udo Graf wurden zu diesem Zweck ebenso hinzugezogen, wie der wertvolle Rat Jörg Schäfers.

Die Idee und die Gedanken Schlägers werden unverändert dargestellt.

Die Skizzen wurden vom Autor aufgrund des Demonstrationsmaterials neu angefertigt, da die Originale nicht auffindbar waren. Nur die Korrekturen wurden angebracht, die Schläger selbst vorgenommen hatte.

Es war der Wunsch Schlägers, die Gegebenheiten in Side mit den Anweisungen Vitruvs in Übereinstimmung zu bringen und eine Diskussion über die dadurch aufgeworfenen Fragen in Gang zu bringen.

Paul Knoblauch

In seinen 'Zehn Bücher über Architektur' beschreibt Vitruv drei Schalungstechniken, die bei Unterwasserbauten Verwendung fanden. Die bisherigen Interpretationsversuche dieses rein technischen Problems waren mehr philologischer Art. Wir konnten nun bei der Bearbeitung und bei den Untersuchungen am Hafen von Side technische Details beobachten, die eine wesentlich präzisere Interpretation der Vitruvschen Textstellen ermöglicht (Bild 1 u. 2).

Die Beobachtungen konnten wir an der Nordostmole machen (Bild 3 u. 4). Aus der Abbildung ist zu erkennen, daß die Mole leicht gekrümmt ist. Die Krümmung verläuft in Wirklichkeit nicht bogenförmig, sondern sie entsteht durch leichte Knicke in Abständen von 10–11 m. Die Summe dieser Knicke ergeben den aus Bild 3 ersichtlichen bogenförmigen Verlauf der Mole. Die Mole ist etwa 225 m lang und hat eine Breite von durchschnittlich 7 m.

Bis zur Höhe des heutigen Meeresspiegels wurde die Mole aus Opus Caementitium errichtet. Darüber wurde Quadermauerwerk bis zur endgültigen Bauhöhe verwendet. Dies gilt etwa für die gesamte Länge der Nordostmole. Am Südost-Ende finden wir andere Verhältnisse vor, die hier nicht von Interesse sind.

* Vitruv V 12,3 und V 12,4. – Arif Müfid Mansel, Die Ruinen von Side (Ankara 1951). – K. v. Lakorónski, Städte Pamphylens und Pisidiens (Wien 1890).



1 Ansicht der Reste des Hafens von Side (1967). Blick von SO nach NW.
 Im Vordergrund der Südhafen mit seiner großen SW-Mole, links im Bild.
 Im Hintergrund die zwischen dem Südhafen und Nordhafen liegende Mauer.
 Dahinter der Nordhafen. Ganz hinten die Reste der Nordost-Mole.

An der Stirnseite des Molenkopfes sind die Spuren einer verlorenen Schalung deutlich erkennbar (Bild 5). Eine Schalung wird aufgestellt, bevor der Beton¹ in den dadurch entstandenen hölzernen Kasten eingebracht wird. Wenn der Beton abgebunden ist, wird diese Schalung weggenommen und wiederverwendet oder sie wird an Ort und Stelle belassen und dem natürlichen Verfall preisgegeben. In diesem letzten Fall ist sie eine verlorene Schalung. Es leuchtet ein, daß in dem eingebrachten Beton die Spuren dieser Schalung sichtbar bleiben müssen, weil sich ja der Beton der Innenseite dieser Schalung anpaßt. Die verwendeten Schalungsbretter müssen sowohl auf der Außenseite als auch auf der Innenseite zusammengehalten werden, damit sie eine senkrechte gleichmäßige Wand (Schalungsplatte) bilden. Es ist besonders im Hinblick auf die Wiederverwendung von Schalungsplatten auch möglich, auf die innenliegenden Holzbohlen zu verzichten. Auch heute werden in der Regel die Schalungsbretter waagerecht eingebaut, so daß die zusammenhaltenden Holzbalken oder -bohlen senkrecht stehen müssen. Diese senkrechten Holzbohlen der Innenseite haben nun, wie wir beobachten konnten, an der Stirnseite des Molenkopfes ihre Spuren bis in unsere

¹ Wir werden hier immer statt 'Opus Caementitium' 'Beton' schreiben, weil beide Begriffe im Grunde dasselbe beschreiben. Es handelt sich in beiden Fällen um zunächst plastisches Material, das durch chemische Vorgänge erhärtet (abbindet). Es nimmt so die Bauformen an, die ihm von Menschen vor der Erhärtung durch hölzerne oder andere Formen (Schalungen) aufgezwungen werden. Die Art, die Herkunft und die Körnungen der heute und ehemals verwendeten Zuschlagstoffe interessieren in diesem Zusammenhang nicht, so daß die Begriffe zur Erleichterung des Verständnisses ruhig zusammengelegt werden können.



- A. Stadtmauer
 mit rundem Turm 1
 mit halbrundem Turm 4
 mit viereckigen Türmen
 2, 3, 5-12
 mit Kurtinen I-X
 im Norden
 A 1. Stadtmauerdurchgang
 (wohl ehem. Tor)
 im Süden
 A 2. Stadtmauerdurchgang
 im Süden
 A 3. (wohl ehem. Tor)
 'Großes Tor'
 Nord-Süd-Säulenstraße
 große Säulenstraße
 ('Hauptstraße')
 D. Bogentor
 E 1. großer Hafen
 E 2. kleiner Hafen
 F. Wasserleitung
 G. Nymphaeum
 H 1. Zisterne 1
 H 2. offene Zisterne 2
 I 1. Brunnenhaus 1
 I 2. Brunnenhaus 2
 I 3. Vespasianmonument
 J. Agora
 K. Rundbau
 L. Theater
 M. Gebäude mit Kaisersaal
 N 1. Tempel 1
 N 2. Tempel 2
 O. Stützmauer
 P. Podiumbau (wohl Tempel)
 Q. Tempel 3
 R 1. Haus 1
 R 2. Haus 2
 S. 'Haftenthermen'
 Thermenanlage (Museum)
 T. 'Philippus Attius-Mauer'
 mit viereckigen Türmen 1-3
 AA.
 a. Straße mit Säulenhalle
 b. Straße
 c. Straße (wohl ehem. Säulenstraße)
 d. Straße
 aa. byzantinische Basilika mit später
 eingebauter 'Kreuzkuppelkirche'
 bb. byzantinische Basilika 1
 cc. byzantinische Basilika 2
 dd. byzantinische Raumanlagen
 ee. 'Kreuzkuppelkirche'
 ff. byzantinische Kirche von basilikalem Typus
 gg. wohl sakrale Anlage aus byzantinischer Zeit
 hh. byzantinisches Nymphaeum
 ii. Profanbau aus byzantinischer Zeit
 jj. byzantinisches Haus
 kk. Thermenanlage

2 Ausschnitt aus dem Plan von Arif Müfid Mansel, Vorläufiger Bericht über die Ausgrabungen in Side 1947 (Ankara 1951).



3 Ausschnitt aus der Bauaufnahme, die während der Kampagne von 1967 von Schläger angefertigt und gezeichnet wurde. – Maßstab 1 : 2000.

Tage hinterlassen. In Abständen von 80 cm haben wir senkrechte Abdrücke vorgefunden, die 30 cm breit und 15 cm tief waren. Dies beweist, daß beim Bau dieses antiken Hafens hier eine Holzschalung verwendet wurde, die auf der Innenseite senkrechte Holzbohlen zum Zwecke des Zusammenhaltens der waagrecht geschlagenen Bretter hatte. Die Maße entsprechen den heute sichtbaren Einlassungen (Bild 5).

An den Längsseiten können keine solchen Einlassungen festgestellt werden. Hier wurde offenbar auf die inneren Bohlen verzichtet.

Dies ist jedoch nicht alles. Etwa 40 m südöstlich des Molenkopfes wurde die Quadermauerschicht, die über dem Gußmauerwerk lag, abgetragen, so daß die Oberfläche des Gußmauerkernes sichtbar wurde. Dies gab uns Gelegenheit zu weiterer Beobachtung. Auf diesem frei liegenden Teil der Oberfläche des Gußkernes konnte ein Rinnenraster festgestellt werden. Die Abstände der einzelnen Rinnen betrugen 2 m, die Rinnen selbst waren 30 cm hoch und 30 cm breit.

Diese Rinnen liefen, sofern sie quer zur Mauer lagen, bis zur Außenfront durch. Nur an den Stellen, an denen sie versintert waren, war das Durchlaufen nicht mehr feststellbar. An einigen Stellen konnte eine Mörtelüberdeckung beobachtet



4 Die Nordost-Mole des Nordhafens von Side (1967).
Blick vom Festland in Nordwest-Richtung.

werden. Dies weist unzweifelhaft darauf hin, daß in den Rinnen ein vergängliches Material, sicherlich Holz, eingelegt war (Bild 6).

Es sind drei Beobachtungen gewesen, die uns die Möglichkeit einer besseren Interpretation der nicht ganz verständlichen Textstellen Vitruvs gegeben haben, und zwar:

1. die Schalungsabdrücke an der Molenstirnseite
2. das festgestellte Holzraster an der Oberfläche des Gußmauerwerkes und letztlich
3. die in regelmäßigen Abständen auftretenden Knicke der Mole.

Vitruv beschreibt im 12. Kapitel seines 5. Buches über die Anlage von Häfen und Wasserbauten drei Arten von Schalungstechniken:

1. Die Herstellung einer Schalung für Unterwassermauerwerk, zu dessen Herstellung Puzzolanerde² verwendet wird (V 12, 3).
2. Eine Schalung für Unterwassermauerwerk zu dem keine Puzzolanerde zur Verfügung steht (V 12, 4).
3. Die Herstellung einer Schalung für Pfeiler ('Pila', wie er es nennt), die aus Opus Caementitium offenbar vorgefertigt werden sollen (V 12, [3]).

² Puzzolanerde ist wie andere vulkanische Auswurfstoffe (z. B. Trass) ein natürlicher hydraulischer Zusatzstoff. Diese kieselsäurereichen und wasserbindenden Zusätze werden fein gemalen dem Zementbeton zur Erhöhung der sauren Bestandteile, der Wasserdichtigkeit und Salzwasserbeständigkeit beigegeben. Fügt man dem Weißkalkmörtel diese Zusatzstoffe bei, so wird Calciumsilikat gebildet und der Mörtel erhärtet unter Wasser. Neben diesen natürlichen hydraulischen Zusätzen gibt es auch künstliche Zusätze.



- 5 Unterwasseraufnahme des Molenkopfes der Nordost-Mole des Nordhafens von Side (1967).
 Deutlich erkennbar sind die Spuren der senkrechten Balken,
 die die waagrecht verlaufenden Schalungsbretter hielten, als Rücksprünge im Opus Caementitium.
 Hinter dem Fluchtstab ein Teil des Gußmauerwerkes, das zwischen
 den senkrechten Balken hindurch zu den Schalungsbrettern vorgedrungen ist (siehe Bild 7).

Vitruv beschreibt die technischen Möglichkeiten des Punktes 1 wie folgt³:

'..... solches Mauerwerk aber, das im Meere stehen soll, muß man wie es scheint folgendermaßen herstellen: Es wird Erde aus der Gegend hergeschafft, die von Cumae bis zum Vorgebirge der Minerva reicht, und die wird so gemischt, daß in der Mörtelwanne zwei Teile (Erde) einem Teil Kalk entsprechen.

3. Dann muß man an der dafür bestimmten Stelle Senkkästen ohne Boden, die aus Eichenrammpfählen hergestellt werden und durch holzerne Zangen eingeschlossen sind, durch Hinablassen in das Wasser und festes Rammen herstellen.

³ Übersetzt von Dr. Curt Fensterbusch 1964. Die in Klammern gesetzten Worte sind vom Autor hinzugefügt.

Dann muß man dazwischen den unteren Teil unter Wasser mit geeigneten Werkzeugen eben machen und reinigen und dort, nachdem der oben beschriebene Mörtel mit Bruchsteinen gemischt ist, aufschütten

Wir haben nun versucht, diese Beschreibung der Herstellung einer Schalung für Unterwassermauerwerk bei Verwendung von Puzzolanerde mit den Gegebenheiten in Side in Übereinstimmung zu bringen. Bild 7 zeigt das Ergebnis.

Man erkennt die Senkrechten, die Schalung von außen zusammenhaltenden Pfähle. Von den Bohlen, die die Schalung von innen zusammenhielten, erkennt man auf der Isometrie die Köpfe. An der Oberseite müssen, um ein Ausbrechen der Schalung, hervorgerufen durch das Gewicht des eingefüllten Betons, zu verhindern, die Schalungen miteinander verbunden werden. Hierzu wurden die oberen Teile der Schalung durch Zangen quer über den Hohlraum miteinander in jeder Richtung verbunden. Dies ergab ein Raster von Zugbalken, die man in der Isometrie ebenfalls wahrnehmen kann. Es handelt sich hier um die *catenae*, die Vitruv erwähnt.

Zum Bauablauf kann aufgrund der Beobachtungen folgendes gesagt werden:

Die einzelnen Schalungsteile wurden nicht an Ort und Stelle zusammengebaut, sondern an Land, zimmermannsmäßig zusammengesetzt. Die einzelnen Schalungsflächen wurden dann mit Kähnen an Ort und Stelle gebracht und an der vorher bestimmten Stelle versenkt. Dies war ohne Schwierigkeiten möglich, da ja Eichenholz verwendet wurde, was schwerer als Wasser ist und von selbst absinkt. Die Schalungsplatten mußten am Meeresgrunde befestigt sein, damit der eingebrachte Beton sie nicht vor Abbinden zur Seite drückt. Dies konnte am besten durch Einrammen der äußeren senkrechten Holzteile geschehen. Das Einrammen war sehr einfach von Hand von einem Ponton aus durchzuführen. Als letztes wurden aus dem vorhin erwähnten Grunde die oberen Zugbalken angebracht. Nun konnte der Beton, zu dessen Herstellung man Puzzolanerde verwendete, eingebracht werden. Kurz vor Abbinden des Betons wurde das Quadermauerwerk aufgebracht. Nach gänzlichem Abbinden des Betons konnte nun entweder die Schalung als Ganzes abgenommen werden, um woanders wieder verwendet zu werden, oder sie konnte auch stecken bleiben und im Laufe der Jahre verfallen. Wir haben jedoch Gründe anzunehmen, daß in Side die Schalungsplatten wieder verwendet wurden. Die Zangen allerdings blieben im Gußmauerwerk stecken. Sie vergingen im Laufe der Jahrhunderte und hinterließen uns lediglich ihre Abdrücke. Es liegt auf der Hand, daß es nicht möglich ist, die gesamte Mole auf einmal einzuschalen. Der Aufwand an Holz und die entstehenden Wasserdrücke wären zu groß. Es müßte auch zuviel Beton auf einmal hergestellt und eingebracht werden. Man würde darüber hinaus auch zuviel Zeit zur Herstellung brauchen, während der ein aufkommender starker Wellengang die 225 m lange Holzwand mit Sicherheit eindrücken würde. Auch heute würde man eine solche große Mole in Abschnitten bauen. Dies wurde auch in Side gemacht. Mehrere Bautrupps wurden gleichzeitig eingesetzt, um einen schnelleren Fortgang zu erreichen. Diese Bautrupps arbeiteten mit je einem Schalungssatz. Ein Schalungssatz reichte aus, um einzelne Pfeiler oder einzelne Scheiben der Mole zu errichten, die eine Länge von 10–11 m und eine Dicke von etwa 7 m hatten. Die verbliebenen Lücken zwischen diesen Pfeilern wurden dann in einem

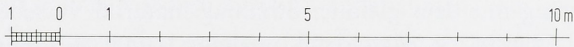
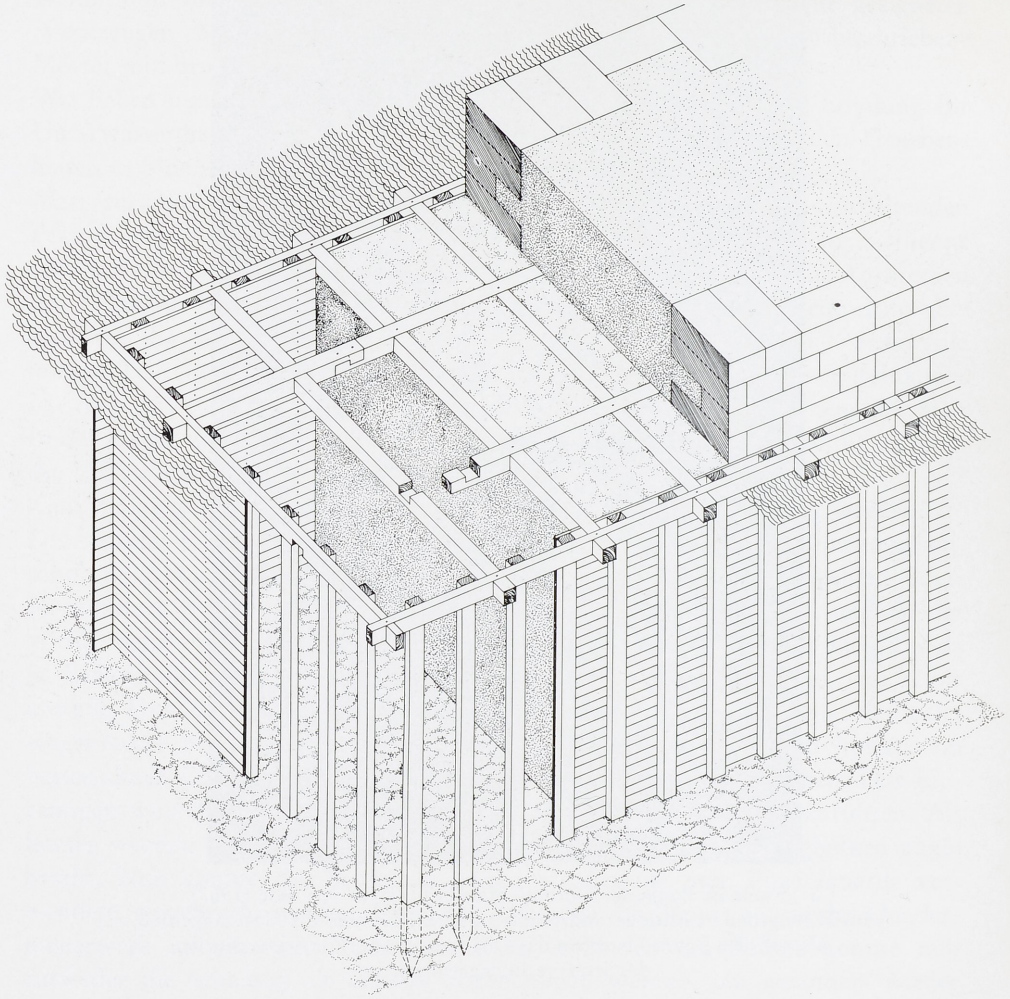


6 Rinne im Beton der Nordost-Mole des Hafens von Side (1967).
Im Mittelgrund deutlich der Mörtelrest zu sehen, der über die Holzzange floß,
als auf dem Beton-Unterbau das Quadermauerwerk errichtet wurde,
das jetzt verlorengegangen ist.

zweiten Arbeitsgang mit dem gleichen Schalungsmaterial versehen und anschließend vergossen. Hierbei wurden dann nur die 10–11 m langen Längsplatten verwendet. Daß hierbei im Wasser die Richtung nicht exakt eingehalten werden konnte, liegt auf der Hand. Hierdurch entstanden die Knicke, deren regelmäßige Abstände auf die Wiederverwendung der Schalung hinweisen.

Für den Fall, daß keine Puzzolanerde zur Verfügung stand – dies ist der zweite Fall unserer obigen Aufzählung –, schlägt Vitruv eine andere Schalungstechnik vor. Hier heißt es nun im einzelnen wie folgt:

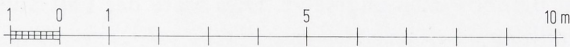
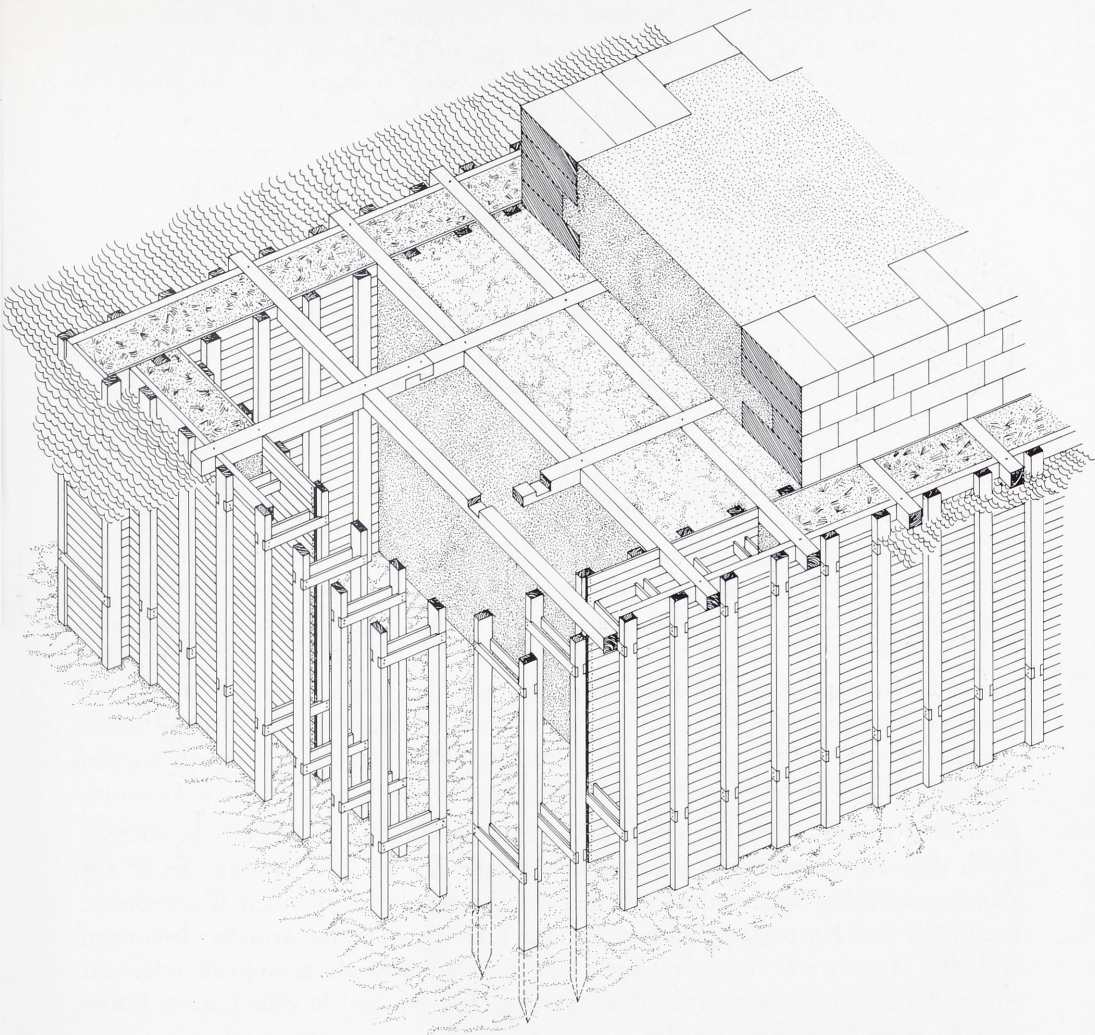
'An den Stellen aber, an denen keine solche Erde vorkommt, wird man folgendermaßen verfahren müssen: Doppelwandige Kastenfangdämme, die aus fest verbundenen Bohlen (?) hergestellt werden und mit hölzernen Zangen zusammengehalten sind, stelle man an der dafür bestimmten Stelle auf und zwischen die Ramppfähle (?) fülle man Ton ein, der in Körbe gefüllt ist, die aus Sumpfgas geflochten sind. Wenn das so gut und möglichst dicht eingefüllt ist, dann soll der



7 Aufbau der Schalung des Molenkopfes der Nordost-Mole in Side. – Maßstab 1 : 150.
 An den Längsseiten die wiederverwendbaren an den Innenseiten glatten Schalungstafeln.
 Am Kopf die verlorene Schalungswand.
 Die innenliegenden Bohlen hinterließen ihre Abdrücke (siehe Bild 5).

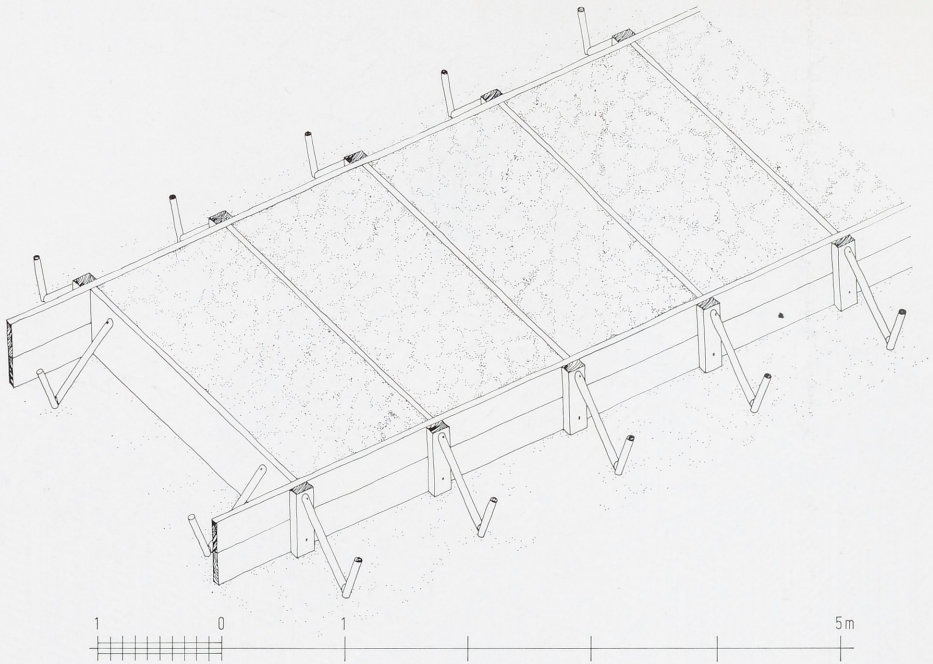
Raum, der durch die Einfriedung abgegrenzt ist, durch Wasserschnecken, Wasserräder, Schöpfräder ausgeleert und trockengelegt werden und dort müssen zwischen den Einfriedigungen Fundamentgruben gegraben werden.⁶

Vitruv beschreibt hier offenbar die Herstellung eines Kastenfangdammes, der im übrigen in gleicher Zimmermannstechnik ausgeführt wurde, wie die vorher beschriebene Schalung. Es mußte nur, statt der einfachen, eine doppelwandige Schalung des Kastenfangdammes hergestellt, an Ort gebracht und eingerammt



8 Kastenfangdamm aus doppelwandigen Holzschalungen. – Maßstab 1 : 150.

werden (Bild 8). Ein Spannbalkenrost bildet den oberen Abschluß, der sowohl die Doppelwände der Schalung in sich als auch untereinander oben zusammenhält. Durch das Einrammen der Pfähle, war der untere Zusammenhalt der Schalungselemente gesichert. Man kann aber auch annehmen, daß am Grunde der Baugrube und in verschiedenen Höhenlagen derselben innere Querversteifungen zum Auffangen des Wasserdruckes eingebracht wurden. Diese Bauteile wurden dann während der Bauzeit durch andere ersetzt oder weggenommen, so daß sie heute nicht mehr zu sehen sind. Der Zwischenraum in den seitlichen Schalungs-



9 Schalungskasten für präfabrizierte Betonteile. – Maßstab 1 : 60.

elementen wurde im weiteren Arbeitsverlauf mit Ton ausgefüllt und abgedichtet. Nach dem Abspumpen des Kastens übernimmt der bei der Montage leicht auf Zug beanspruchte Spannbalkenrost den auf der Schalung lastenden Wasserdruck. Innerhalb des Kastenfangdammes konnte nun mit den Bauarbeiten begonnen und das Mauerwerk entweder direkt an die Dammwände anstoßend oder mit einem Arbeitszwischenraum errichtet werden. Ein Beispiel hierfür konnte bisher in Side nicht beobachtet werden.

Im südöstlichen Teil der Westmole des Südhafens wurde eine Einfahrt mit offenbar vorfabrizierten Betonblöcken zugesetzt. Dies wäre der Fall 3 unserer anfänglichen Zusammenstellung.

Im gleichen Kapitel über Unterwasser- und Hafengebauten beschreibt Vitruv auch die Herstellung von vorfabrizierten Pfeilern – 'Pila', wie er sie nennt –, von großen Blöcken möchte ich übersetzen. Auch für dieses Verfahren findet sich in Side ein Beispiel. Aber zunächst Vitruv, der folgendes rät:

'Wenn aber wegen der Strömung oder des Andranges des offenen Meeres Ramm-pfähle (die) Kästen nicht werden halten können, dann erbaue man unmittelbar vom Lande oder vielmehr unmittelbar vom Uferrande möglichst fest eine Plattform. Und diese Plattform soll nicht ganz zur Hälfte waagrecht gebaut werden, der Rest, der dem Ufer zunächst liegt, soll eine abwärts geneigte Oberfläche haben. Dann baue man unmittelbar entlang dem Wasser und an den Seiten der Plattform Ränder von ungefähr 1.5 Fuß in waagrecht gleicher Höhe mit dem

waagerechten Teil der Plattform, der oben beschrieben ist. Dann fülle man die Neigung mit Sand und gleiche sie mit dem Rand und der waagerechten Fläche der Plattform aus. Sodann baue man auf dieser ausgeglichenen Fläche einen Pfeiler von einer festgesetzten Größe und nachdem dieser errichtet ist, lasse man ihn nicht weniger als zwei Monate stehen, damit er austrocknet. Dann schlage man den Rand, der den Sand hält, ab. So wird der von den Fluten unten weggespülte Sand einen Sturz des Pfeilers in das Meer herbeiführen.'

Vitruv beschreibt hier die Herstellung von vorfabrizierten Blöcken aus Beton einer vorher bestimmten Größe. Er beschreibt weiterhin die Art und Weise, wie diese vorfabrizierten Blöcke ohne besonders großen Aufwand an der gewünschten Stelle im Wasser untergebracht werden können. Es ist klar, daß kleinere Bauteile auch ohne das von Vitruv beschriebene Verfahren an den Platz gebracht werden können.

Wir erwähnten vorhin, daß die Einfahrt des Südhafens zu einem späteren Zeitpunkt zugesetzt worden ist. Hierfür wurden Betonblöcke mit einer gleichbleibenden Länge von 2,25 m und Breiten, die zwischen 1,10 und 1,20 m schwanken, verwendet. Diese Blöcke konnten nicht an Ort gegossen und nur in der Weise hergestellt worden sein, daß zunächst zwei Längsschalungen im Abstand von 2,25 m aufgestellt wurden, in die man Querwände im Abstand von etwa 1,10 m bis 1,20 m einsetzte (Bild 9).

Möglicherweise verschoben sich die Querwände beim Einbringen des Betons. Damit blieben die Blocklängen konstant, während die Breiten schwankten. Nach dem Abbinden der Blöcke wurde zunächst die Längsschalung entfernt und anschließend Block für Block seitlich entnommen. Hierbei handelt es sich um eine Technik, die man noch heute, z. B. bei der Herstellung von präfabrizierten Stützen für Fenster oder Türen am Bau verwendet.

Bildnachweis:

1. 3-9 Fotos und Zeichnungen des Verfassers
- 2 Klischee aus RE Suppl. X Sp. 901/902 (Verlag A. Druckermüller Stuttgart).