

Zur Frage des Meeresspiegelanstieges in historischer Zeit

Ergebnisse aus Latium (Tyrrhenisches Meer)

Erica PONGRATZ, München

Mit 6 Abbildungen im Text und auf den Tafeln XXXVIII bis XLI

Inhalt

1. Meeresspiegelanstieg in historischer Zeit, speziell im Mittelmeer	318
2. Unsicherheitsfaktoren bei Messungen an Bauwerken	319
3. Untersuchungen an römischen Fischteichen	319
3.1. Durchführung der Felduntersuchungen	321
3.1.1. Torre Valdaliga	322
3.1.2. Torre Astura	323
3.1.3. Ponza	323
3.2. Folgerungen	325
3.2.1. Torre Valdaliga	326
3.2.2. Torre Astura	326
3.2.3. Ponza	326
4. Ergebnisse	326
5. Literatur	327
Summary	329

1. Meeresspiegelanstieg in historischer Zeit, speziell im Mittelmeer

Zur Klärung dieser Frage wurden bisher Bauten als Meßpegel benutzt, sofern sie sich auf stabilem Untergrund befinden. Die Mittelmeerküsten mit ihrem reichen archäologischen Baumaterial wurden insbesondere von HAFEMANN bearbeitet. Seine Ergebnisse sind zusammengefaßt folgende: Beginn und Ablauf des eustatischen Meeresspiegelanstieges können durch Beobachtungen aus dem Mittelmeerraum wegen des Fehlens von Transgressionssedimenten nicht genau bestimmt werden. Diese Lücke kann allerdings in den Nordseemarschgebieten (HAARNAGEL, 1960) durch Pollenanalysen oder C-14-Bestimmungen geschlossen werden. Den genauen Betrag des Meeresspiegelanstieges hingegen können die Marschengebiete wegen Senkungsscheinungen und ausgeprägten Gezeiten nicht liefern. Die Untersuchungen im Mittelmeerraum bieten jedoch den Vorteil der relativen Stabilität des Arbeitsgebietes — mit Ausnahme lokal begrenzter, noch gegenwärtig unruhiger Vulkanzonen und der großen Deltagebiete — bei geringer Ausbildung der Gezeiten. Die Untersuchungen im Mittelmeerraum ergänzen so diejenigen der Marschengebiete. Es ist ein dichtes Netz von Untersuchungen über Niveauveränderungen in einem möglichst weit gesteckten Bereich nötig, um entscheiden zu können, ob epirogen

Krustenbewegungen, glazial-isostatische Ausgleichsbewegungen oder aber glazial-eustatische Meeresspiegelschwankungen vorliegen.

Die von mir erstellte Übersichtskarte (Abbildung 1) faßt die bei HAFEMANN 1960 a erwähnten Lokalitäten seiner Untersuchungen im Mittelmeer zusammen. Für die Küsten des tyrrhenischen Meeres lag bis dahin nur eine Angabe vor. Außer der Arbeit von RODENWALDT und LEHMANN (1961), in der für Cosa Ansedonia eine Konstanz des Meeresspiegels seit etruskischer Zeit festgestellt wurde, sind mir keine weiteren bekannt, die Zahlenangaben für den Betrag des Anstiegs machen.

Meine neuen Meßdaten sollen das Netz der Ergebnisse für den Mittelmeerraum verdichten. Das Untersuchungsgebiet — Latium — gilt als seit dem Pliozän relativ stabil; es erweist sich darum als besonders geeignet zur Feststellung von Meeresspiegelschwankungen in historischer Zeit.

2. *Unsicherheitsfaktor bei Messungen an Bauwerken*

HAFEMANN's Untersuchungsobjekte schließen nach seinen eigenen Ausführungen Unsicherheitsfaktoren mit ein: Die Beobachtungen an Siedlungsresten lassen aus der Art der Bauten ihre Beziehungen zum Meeresspiegel ermitteln, zeigen aber meist nur den Mindestwert der Niveauveränderungen an, zu dem einige Dezimeter für die ursprüngliche Höhe der Fundamente addiert werden müssen. „Systematische Ausgrabungen im Uferbereich sind selten vorgenommen worden, und Freilegungen untergetauchter Baureste fehlen bisher völlig. Erst diese würden aber in vielen Fällen ermöglichen, den Betrag der Niveauveränderungen genau anzugeben.“ (HAFEMANN, 1960, Seite 221.) Die Legende meiner Übersichtskarte (Karte der Abbildung 1) führt die verschiedenartigsten Baureste an: Hafenanlagen, Hausreste, Fundamente ungeklärter Funktion. Alles Fundamente, deren Zweck und Funktion nicht geklärt sind, und die darum keine bindenden Schlüsse über Niveauveränderungen zulassen. Selbst eindeutig als Hausfundamente erkannte Reste sind zweifelhafte Anhaltspunkte; es kann sich auch um ins Wasser vorgebaute Terrassen und Wandelgänge handeln, wie sie auf Fresken im Herkulaneum dargestellt werden (GÜNTHER, 1913, Fig. 121).

Sogar bei ehemaligen Hafenbauten wurden falsche Schlüsse gezogen, da die Funktion der Halterungsringe an den Molen nicht erkannt worden war (GERKAN, 1933, S. 141).

Daher liefern Baureste, deren Funktion nicht einwandfrei bekannt ist, nur sehr unsichere Werte über Veränderungen des Meeresspiegels.

3. *Untersuchungen an römischen Fischteichen*

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden Messungen an römischen Fischteichen ausgewertet (Abbildungen 2 und 3). Diese amphibischen Anlagen sind Charakteristika von Meervillen (villae maritima), die in der Zeit vom Ende des 1. Jh. v. Chr. bis Ende des 1. Jh. n. Chr. zahlreich am Strandstreifen nördlich und südlich von Rom erbaut wurden. Die Bauperiode ist gekennzeichnet durch eine Architektur, die eine besonders enge Verknüpfung mit der Natur einging. Diesem Prinzip zufolge schuf man Grotten, Terrassen, planierte Hänge in verschiedenen Niveaus, und zog Gebäude und Gartenanlagen bis ans Meer vor. Den meerwärtigen Abschluß bildeten die Fischteiche. Von archäologischer Seite wurde diesen Bauten bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Außer

Legende zu Karte der Abbildung 1

Moderne Namen sind in Klammern gesetzt (aus: HAFEMANN, D. 1960 a: nach HAFEMANN handelt es sich um einen Katalog von ausgewählten Beispielen).

I. Römerzeitliche Siedlungsreste: 1. Jh. v. Chr. — 3. Jh. n. Chr.

1. Cap de la Nao: römische Gebäude, 1,50 m unter Wasser. SCHULTEN, A. 1955: Iberische Landeskunde, Bd. 1, Straßburg.
2. Hyères: positive Niveauveränderung von mind. 1 m. HAFEMANN, D. 1956, 1957: Die Frage der Niveauveränderungen des Meeres seit dem Altertum, in C. TROLL: Bericht der Kommission für erdwissenschaftliche Forschung. Jb. Akad. Wiss. Lit. Mainz 1956, pp. 64—66, bzw. 1957, pp. 70—71.
3. Cannes: positive Niveauveränderungen von mind. 1 m. HAFEMANN, D. 1956, 1957 (s. o.).
4. Ostia: Trajanshafen, positive Niveauveränderung von 2,50 m (nach HAFEMANN aber vermutlich zu hoch). GERKAN, A. v. 1933: Meereshöhen und Hafenanlagen im Altertum. Festschrift zum 80. Geburtstag von W. Dörpfeld, Berlin, pp. 37—42.
5. Megara Hyblaia (Golf von Augusta): positive Strandverschiebung von ca. 2 m. Mitteilung von Prof. KIRSTEN, Bonn.
6. Pola u. Umgebung: positive Strandverschiebung von 1,50—1,75 m. GNIRS, A. 1908: Beobachtungen über den Fortschritt einer säkularen Niveauschwankung des Meeres während der letzten zwei Jahrtausende. Mitt. geogr. Ges. Wien. 51, pp. 1—58.
8. bei Asopos (Plitra): römerzeitliche Fundamente 1,50 m unter dem Meeresspiegel. PHILIPPSON, A. 1892: Der Peloponnes. Berlin.
11. Delos: positive Strandverschiebung bei Bauten vom Ende des 2. Jh. v. Chr., von 1,50—2,30 m.
14. bei Telmessos (Fethiye): Baureste römischer Gebäude 1,70—2,20 m unter Wasser.
16. Cäsarea Herodienis: Baureste im Wasser weisen auf Niveauveränderungen von knapp 2 m hin. RANGE, P. 1922: Die Küstenebene Palästinas. 8. Veröff. d. Ges. f. Palästina-Forschung, Berlin.
17. Alexandria u. Umgebung: Beobachtungen deuten auf relativen Meeresspiegelanstieg seit römischer Zeit von ca. 2 m. JONDET, G. 1912: Les portes antiques de Pharos. Bull. Soc. archéol. Alexandria, n.s.t. 3, pp. 252—266. SHAFEI, A. 1952: Lake Mareotis: Its past history and its future development. Bull. Inst. Fouad I Désert, t. 2, pp. 71—89.
20. Appollonia (Marsa Susa): Hafen von Cyrene, positive Strandverschiebung von über 2 m anzunehmen. FLEMMING, N. 1958/59: Underwater adventure in Apollonia. Geogr. Mag. 31, pp. 497—508.
21. Ptolemais (Tolmata): positive Strandverschiebung.
22. Teuchira (Tocra): positive Strandverschiebung.
23. Leptis Magna: Hafenanlagen, positive Strandverschiebung von mind. 1,50 m seit dem 3. Jh. n. Chr.
24. Meninx (El Kantara): positive Strandverschiebung von über 1,50 m.
25. Sullectum (Ras Salakta): ausgedehnte Baureste, positive Strandverschiebung von über 1,50 m.
26. Leptis Minor (Lamta): ausgedehnte Baureste, positive Strandverschiebung von über 1,50 m.
27. See von Bizerta (bei Menzel Bourgiba): Villenfundamente ziehen sich ins Wasser hinein; Kaireste in 2 m Wassertiefe. BONNIARD, F. 1927: Sur les variations des rivages du lac de Bizerte dans les temps historiques. C. r. Ass. fr. Avanc. Sci. 51e session, pp. 571—574.
28. westl. von Cap Blanc: Fundamente einer römischen Villa in 1,50—1,80 m Wassertiefe.
29. bei Tipasa (westl. Algier): positive Niveauveränderung seit römischer Zeit von über 1,50 m nachgewiesen. FISCHER, Th. 1922: Mittelmeerbilder. N. F. (Nachdruck), Leipzig—Berlin. GRADMAN, R. 1917: Die algerische Küste in ihrer Bedeutung für die Küstenmorphologie. Petermanns geogr. Mitt. 63, pp. 137—145, 174—179, 209—216.

II. Siedlungsreste aus der klassisch-griechischen bis hellenistischen Zeit.

7. bei Gythion: positive Strandverschiebung von ca. 2,80 m.
8. bei Asopos: Hausreste, wahrscheinlich klass.-griech. Zeit, 2,30 m unter Wasser.
9. Kenchreai: Hafen von Korinth, Molenbauten aus klass.-griech. Zeit beweisen positive Strandverschiebung von 2,80 m.
10. Piräus: athenische Kriegshäfen Zea und Munichia, deuten auf positive Strandverschiebung von über 2 m seit dem 5. Jh. v. Chr. hin. GNIRS, A. 1908 (s. o.).
12. bei Kyme: massive Baureste, wohl der Hafenanlage, wahrscheinlich klass. griech. Alters, beweisen positive Strandverschiebung von 2,50 m.
13. Teos: Schiffshalterungen am Westkai heute genau über dem Meeresspiegel, weist auf eine positive Niveauveränderung von gut 2,50 m hin.
15. bei Patara: Anzeichen für eine positive Niveauveränderung von 2,50 m vorhanden.
18. bei Olus (Ostkrete): wahrscheinlich hellenistische Baureste in 2 m Wassertiefe.
19. bei Matalia (südl. Phaistos): in den Fels gearbeitete Grabkammern bis 1,80 m unter Wasser, dürfte auf Niveauveränderung von 2,50—2,80 m hindeuten.

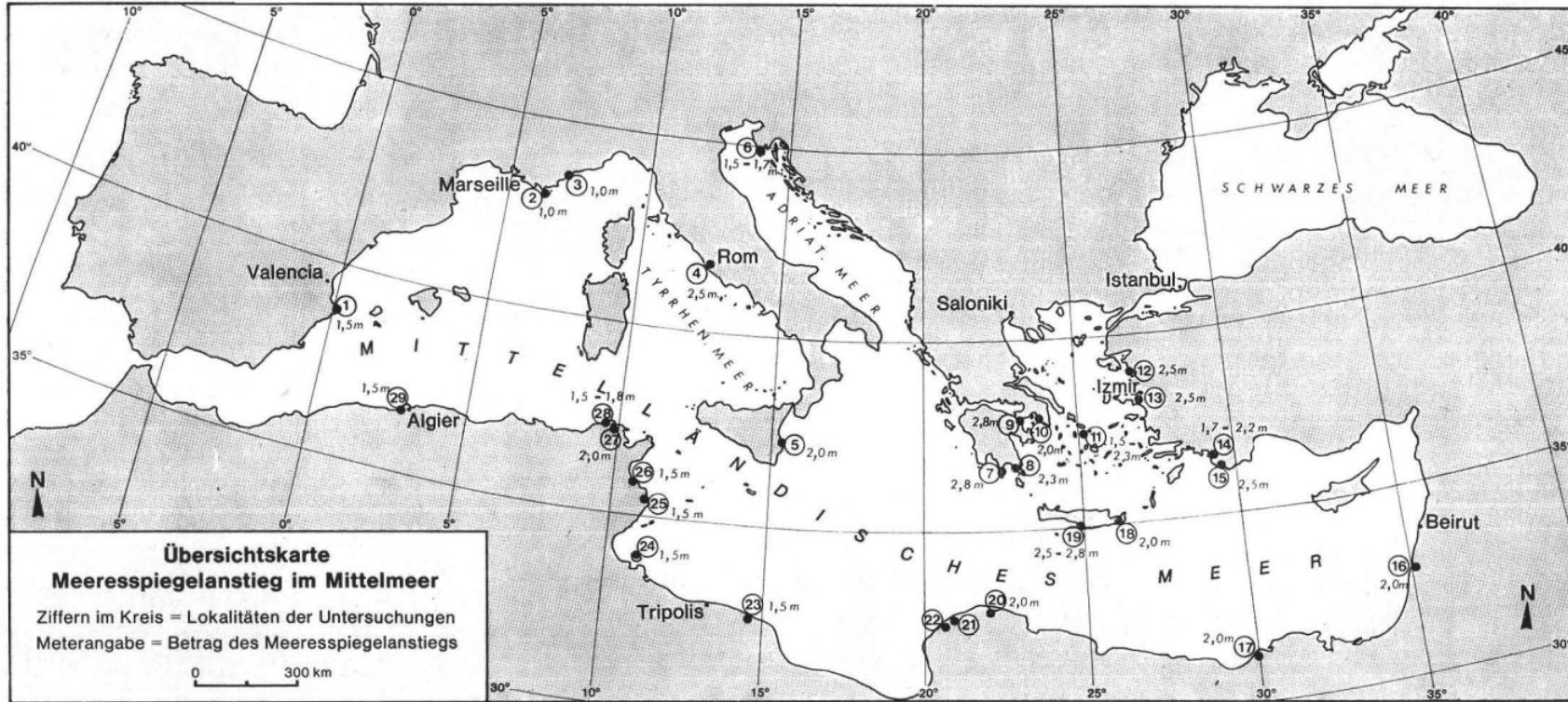


Abbildung 1

TAFEL XXXIX

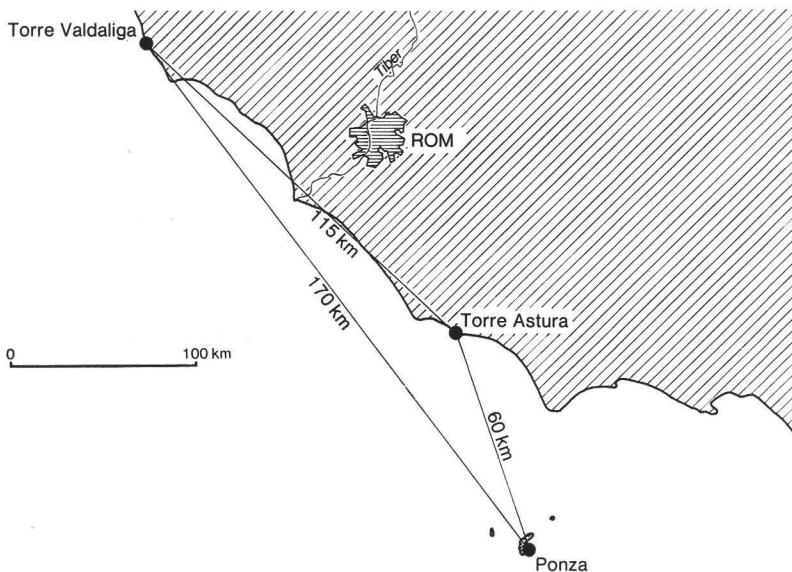


Abbildung 2: Entfernung der Fischteiche

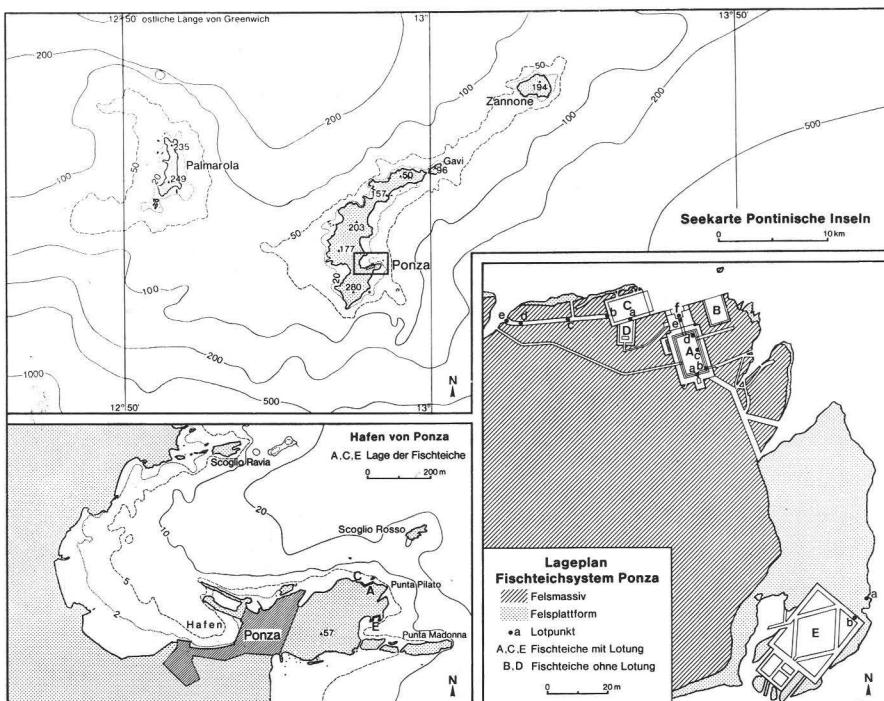


Abbildung 3: Die Lage der Fischteiche

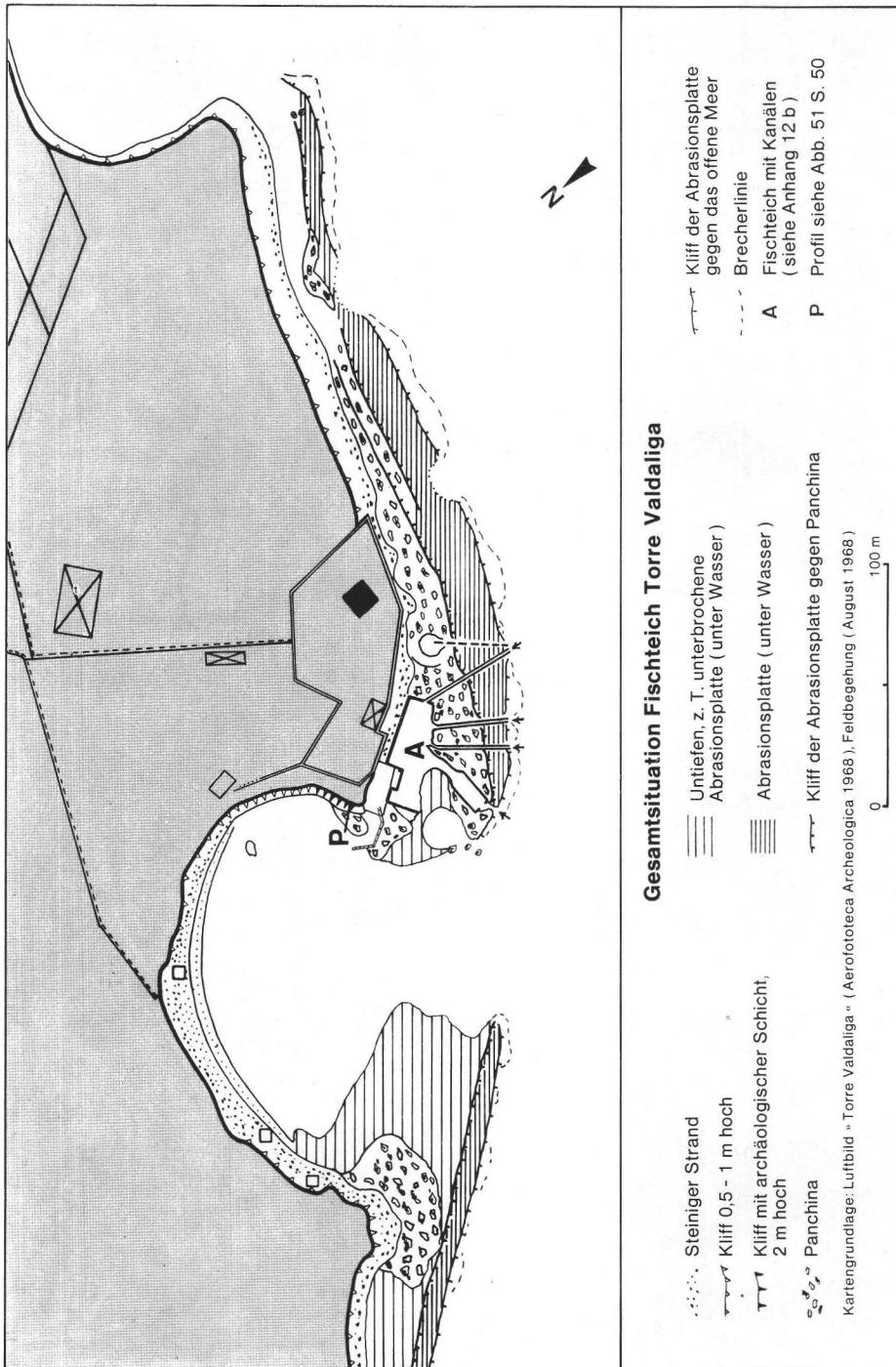


Abbildung 4

TAFEL XLI

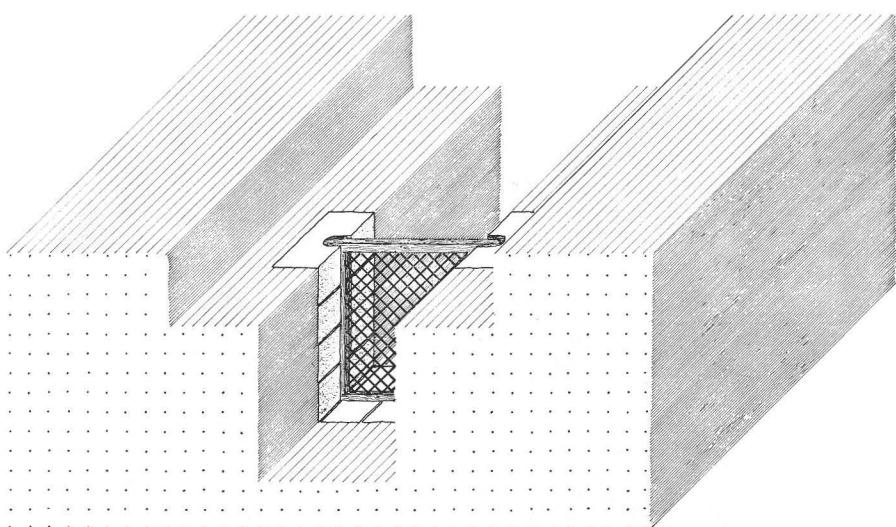


Abbildung 5

DEL Rosso (1905), der das einzige zusammenfassende, allerdings für diese Fragen wenig ins Einzelne gehende Werk schrieb, befaßte sich nur der italienische Ingenieur JACONO (1913, 1938) mit der gründlichen Erforschung und Vermessung der wasserbautechnisch recht ausgeklügelten Teichsysteme. Seine Untersuchungen basieren auf dem lateinischen Ackerbauschriftsteller COLUMELLA, der um 60 n. Chr. „De Re Rustica“ verfaßte und darin sehr genaue Angaben zur Konstruktion und Funktion der Fischteiche machte. Die wichtigsten, für die vorliegende Problemstellung wesentlichen Einzelheiten hieraus besagen, daß die günstigste Lage der Fischteiche so beschaffen sein muß, daß die Meereswellen („maris unda“) das Wasser eindeutig in den Becken fortwährend erneuern können. Dies bedeutet, daß die Teiche ins Meer vorgebaut werden, vorzugsweise an natürlichen Küstenvorsprüngen, und durch Kanäle mit diesen in enger Verbindung stehen sollen. COLUMELLA nennt zwei Arten von Teichen: sehr selten anzutreffen solche, die in den Fels eingehauen und 7 Fuß (2,08 m) tief sind, sowie solche, die am Flachstrand gegen das Wasser vorgebaut und 9 Fuß (2,67 m) tief sind. Um die Teiche sind Schutzmolen gezogen, die sie gegen das offene Meer begrenzen. Die Zu- und Abflüsse sind mit ehernen, sehr engmaschigen Gittern versperrt, um die Flucht der Fische zu verhindern.

Von grundlegender Bedeutung für die vorliegende Untersuchung ist der Gedanke, die Teiche in freier Verbindung mit dem Meer zu konstruieren.

Die von COLUMELLA angeführte Wassererneuerung durch Meereswellen („maris unda“) ist nicht wörtlich auf winderzeugte Wellen zu beziehen. Vielmehr wurden von mir bei mehreren hier untersuchten Teichen Wellenbrecher gefunden, die in die Zuleitungskanäle eingebaut sind, jedoch quer zu deren Längsachse, sodaß also eine Wassererneuerung durch Wellenbewegung ausgeschlossen wird. Folglich wurde der Tidenhub zur automatischen Frischhaltung der Fischwasser benutzt. Die Teiche müssen demnach so konstruiert worden sein, daß der gegenüber Niedrigwasser (NW) 30 bis 40 cm höherem Hochwasserstand (HW) den höchstmöglichen Wasserspiegel innerhalb der Becken bewirkte.

Bei stabilem Untergrund müssen also diese Fischteiche ein zuverlässiges Pegel für die Feststellung einer Veränderung des Meeresspiegels darstellen.

Die nach dem 2. Weltkrieg für archäologische Zwecke immer mehr genutzte Luftbildinterpretation ist das geeignete Hilfsmittel, um die schwer zu lokalisierenden Teiche zu entdecken und ihren Grundriß ohne zeitraubende Vermessungen der größtenteils unter Wasser liegenden Fundamente zu erkennen. Mehrere Luftbildpläne von Fischteichen wurden von Rossi u. a. (1968) und von SCHMIEDT (1964 a u. b, 1966) veröffentlicht. Entsprechend wurden in der vorliegenden Untersuchung zur Feststellung der einzelnen Vorkommen sowie der Anlage im einzelnen Luftbilder herangezogen. Die Messungen der Niveauänderungen allerdings müssen im Gelände durchgeführt werden.

3.1. Durchführung der Felduntersuchungen

Problematisch erwies sich die Einmessung der Strukturen der Fischteiche. Für die Insel Ponza mit Steilküsten und einem trigonometrischen Höhenpunkt auf dem Plateau über dem Kliff war das zu langwierig. Die auf der Topographischen Karte 1 : 25 000 verzeichneten, für Torre Astura nächstliegenden Höhenpunkte (im Turm selbst und bei La Banca) sind für Präzisionsmessungen, wie

sie hier wegen der geringen Höhe über dem Meer und wegen des geringen zu ermittelten Meßbetrages nötig gewesen wären, unbrauchbar. Der trigonometrische Höhenpunkt im Turm wurde seit ca. 50 Jahren nicht neu eingemessen und hat nur eine Genauigkeit von $\pm 0,50$ m. Der trigonometrische Höhenpunkt bei La Banca wurde ganz aufgelassen. Als Bezugshöhe mußte das lokale Niveau des mittleren Wasserstandes angenommen werden (auch HAFEMANN, 1961, S. 230, weist auf diese Schwierigkeiten hin und nimmt bei seinen Untersuchungen ebenfalls den Meeresspiegel als Bezugsniveau).

Von mehreren Fischteichen im Untersuchungsgebiet wurden drei Lokalitäten mit besonders gut erhaltenen Anlagen für Lotungen ausgewählt (Abbildung 2 und 3). Die Untersuchungspunkte wurden relativ weit voneinander entfernt gewählt, um lokale Fehlerquellen auszuschalten. (Entfernung Torre Valdaliga — Torre Astura 115 km, Entfernung Torre Astura — Ponza 60 km, Entfernung Torre Valdaliga — Ponza 170 km.) Neben den zwei Teichanlagen auf dem Festland wurde eine auf der Insel Ponza untersucht.

3.1.1. Torre Valdaliga

Der Strandstreifen um Civitavecchia und nördlich davon bis zur Mignone-Mündung ist charakterisiert durch die Panchia di Civitavecchia, eine während einer quartären Landseinkungsperiode abgelagerte flach marine Formation (sinterartig, sandig-kalkig). Die porösen, wenig widerstandsfähigen Schichten bilden eine Abrasionsplattform, die in bizarre Buchten und Vorsprünge zerlegt ist.

Torre Valdaliga, ein mittelalterlicher (heute umgebauter) Küstenturm befindet sich an der Stelle der römischen Positio Algae (Positio: kleine befestigte castrum-Siedlung mit bescheidener Schiffsanlegevorrichtung). Die Luftbildskizze (Karte der Abbildung 4) zeigt die Hafenstelle in der nordwestlich des Turmes gelegenen Bucht. Der heutige Turm liegt im Areal einer römischen Villa. Nordwestlich des Turms ist die archäologische Schicht der Villa von einem in Zurückverlagerung befindlichen Kliff angeschnitten (Karte der Abbildung 3, P). Die Fischteichanlage als meerwärtige Begrenzung des Villenareals ist in die Panchina-Formation „eingeschnitten“. Der durch Professor SCHMIEDT und mich im August 1968 aufgenommene Plan veranschaulicht das System der Teiche. Vom Hauptbecken A sind kleinere Becken für die Aufzucht abgeteilt. Die Unterteilungen sowie die rechteckige Umgrenzungsmauer des Hauptbeckens sind gemauert. 4 Kanäle, der westlichste zum Becken verbreitert, besorgen die Wasserzufuhr. An der Einmündung der Kanäle in das innere Becken liegen in der Linie der Umgrenzungsmauer 4 reusenartige Einschnitte. Die aus der anstehenden Panchina geschnittenen Angeln der wahrscheinlich durch Holzschieber zu schließenden Reusen sind an zwei Stellen gut erhalten. Darunter befinden sich Steinleisten, die mit 4—6 Löchern von 5 cm Durchmesser versehen sind. Die Aufgabe dieser Öffnungen war nicht genau aufzuhellen. Wahrscheinlich sollten durch sie kleinere Fische vom offenen Meer einschwimmen und in die Aufzuchtbecken weitergeleitet werden; größer geworden, konnten sie durch diese Öffnungen nicht mehr entweichen. Wie die Luftbildskizze (Karte der Abbildung 3) zeigt, ist der meerwärtige Teil der Panchina zur Abrasionsplatte eingeebnet, die landwärts in scharfen Kliffen an die unregelmäßigen höheren Felsen herantritt. Die meerwärtige Begrenzung der Abrasionsplatte bildet ein weiteres deutliches Kliff; hier enden auch die Kanäle. Sie sind 70 cm in die Abrasionsplatte eingetieft. Ihre Sohlen sind mit Brandungsgeröll bedeckt.

Bei HW liegt die Abrasionsplatte 50—60 cm unter Wasser; am meerseitigen Kliff wurden 1,50 m Wassertiefe gemessen. Bei unruhiger See und bei HW spült die Brandung über den höheren Teil der Panchina ins Innere des Teiches. Bei NW bleiben die Unterteilungsmauern 20 cm unter Wasser (siehe Längsschnitt in Abbildung 6).

2. Torre Astura

Die südöstlich an den ausgeprägten Küstenvorsprung von Capo d'Anzio anschließende Bucht wird durch den schwach ausgebildeten Küstenvorsprung von Astura abgeschlossen, einer erst in nachrömischer Zeit durch einen Tombolo mit dem Festland verwachsenen ehemaligen Insel. Der zwischen den Vorsprüngen liegende Flachküstenbogen ist mit Dünen besetzt.

Südöstlich von Nettuno befindet sich ein Militärübungsplatz; die Umgebung von Torre Astura ist Besitz der Principe de Borghese. Innerhalb des Privatbesitzes — zum großen Teil Pineta — liegt der mittelalterliche Küstenturm Torre Astura, umgeben von großangelegten römischen Fischteichen, dabei die zugehörige, teilweise versandete Villa mit Privathafen. Etwa 1,5 km und 1,8 km nordwestlich des Turmes finden sich zwei weitere Fischteiche; deren zugehörige Villen sind unter Dünensand begraben. Die zwei letzteren Teiche — eine halbkreisförmige und eine rechteckige Anlage — sind so exponiert, daß sie nach SW in Richtung der Hauptwellenresultierenden weisen. Die halbkreisförmige Anlage mit spornförmigem Kanal gleicht einem natürlichen Küstenvorsprung. Die Luftbildskizze dieser Anlage wurde bereits veröffentlicht. (SCHMIEDT 1964, Fig. 43); über den rechteckigen Teich ist bisher noch nicht publiziert worden. Der Teichkomplex um den Turm ist zu stark verschlammt, um Lotungen durchführen oder Details untersuchen zu können.

Der rechteckige Teich ist ohne Verbindung zum offenen Meer, Kanäle und Reusen fehlen, er wurde also offensichtlich von der Villa aus mit Süßwasser gespeist. Die gesamte Anlage liegt heute bei HW unter Wasser. Die an verschiedenen Stellen vorhandene Stufe, die ein tieferes Niveau anzeigt, wie auch der gerundete Beckenrand lassen keine Schlüsse auf die Höhe des Wasserspiegels zur Benutzungszeit zu.

Die halbkreisförmige Anlage erweist sich eindeutig als Fischteich und zeigt die oben erwähnten Kennzeichen, wie Kanäle und freier Verbindung mit dem offenen Meer, sowie Reusen. Die inneren Unterteilungen sind bei NW ca. 10 cm überflutet. Die Strukturen der landseitigen Flügel des Halbrundes liegen unter Sand. Die am besten erhaltene Reuse mußte teilweise ausgegraben werden. Die Sohle der Reuse wurde sondiert. Die Reusenoberkante bleibt bei Mittewasser 30 cm unter dem Wasserspiegel (siehe Abbildung 6).

3. Ponza

Die Insel Ponza im Pontischen Archipel liegt auf der Höhe von Neapel in ca. 32 km Luftlinie vor dem Capo Circeo. 96% der Oberfläche des Archipels besteht aus vulkanischem Gestein. Das Vulkansystem hängt aller Wahrscheinlichkeit nach über die Inselgruppe von Ischia mit dem der phlegräischen Felder zusammen. Es handelt sich um bereits im Pliozän beginnenden Vulkanismus, der sich im Quartär besonders tätig zeigte (Italia Fisica, S. 104). BALDACCIO (1955) nimmt jedoch an, daß sich eventuell bereits zu Beginn des Quartärs eine Gleichgewichtsphase eingestellt und sich seitdem keine besondere In-

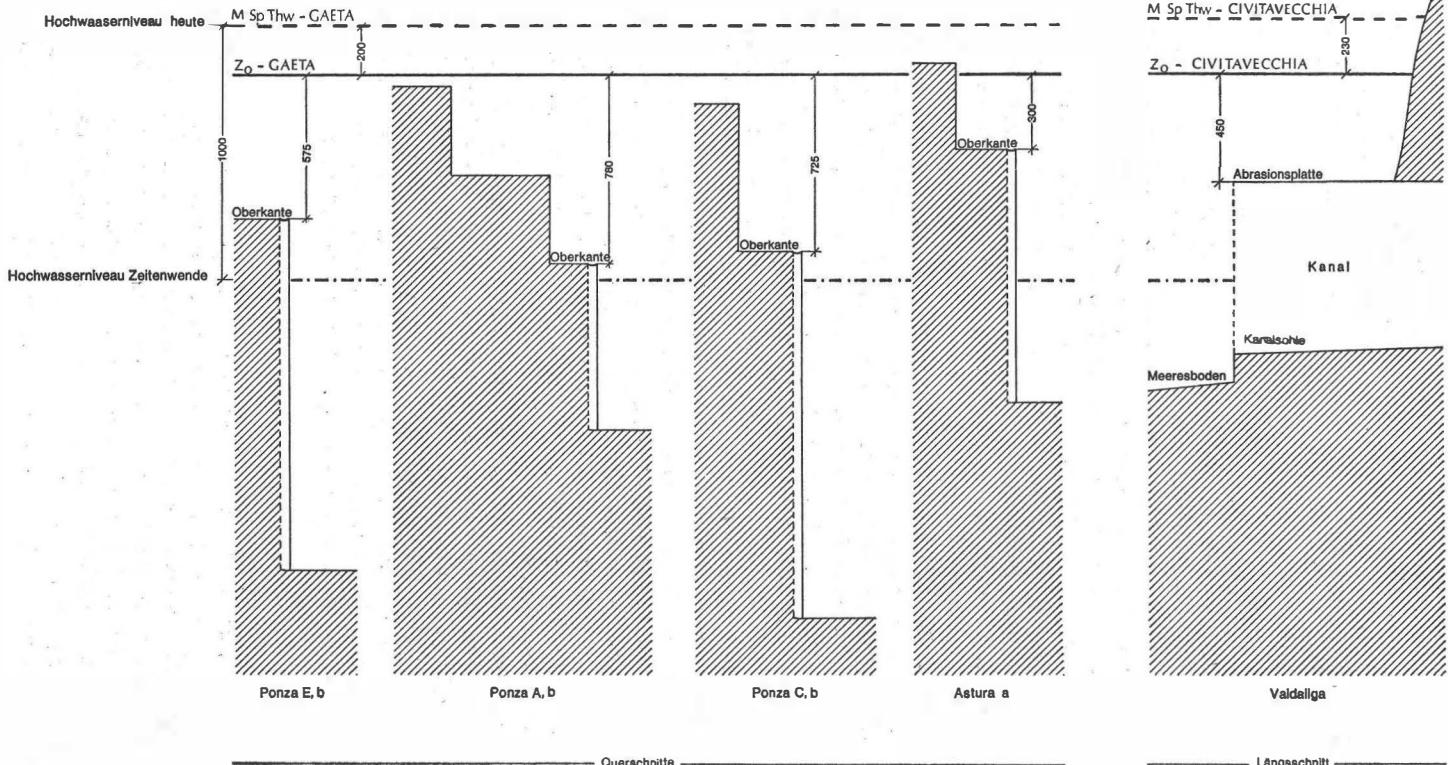


Abbildung 6

stabilität mehr gezeigt habe. Der Archipel wird wie der Festlandküstenstreifen von Latium als rezent stabil angesehen.

Auf Ponza wurde die großartigste bisher bekannte Fischteichanlage gefunden. Der Plan des Teichsystems wurde von JACONO (1938) erstellt. Es treten beide von COLUMELLA genannten Typen von Teichen auf: in den Fels gehauene Grotten und vom Strand meerwärts vorgebaute Becken. Das weiche Tuffgestein (Trachit) wurde zu grandiosen Hallen ausgehöhlten, in deren Boden die Becken eingetieft sind. Ein umlaufender Gehweg säumt die Becken. Alle Grottenteiche stehen untereinander und mit dem offenen Meer in Verbindung. Ein Labyrinth von niedrigen, in den Tuff eingeschnittenen Kanälen, von Banketten zu beiden Seiten begleitet, schuf diese Verbindung. Zu der zugehörigen Villa auf der Plattform des steil abfallenden Felskliffs, an der Stelle des heutigen Friedhofs gelegen, führten Gänge und Treppen hinauf. Ein im Freien liegendes Becken ist in die dem Kliff vorgelagerte Abrasionsfläche eingeschnitten, die vom Wasserniveau gegen das Kliff hin sanft ansteigt.

Die komplizierte Gesamtanlage sowie die sorgfältige Ausgestaltung der Grotten läßt JACONO vermuten, daß es sich um eine halb kultische Anlage handelt (Augurenweissagungen aus dem Verhalten der Fische). Diese sehr vage Hypothese zu diskutieren, ist für die vorliegenden Untersuchungen ohne Nutzen. Wesentlich ist, daß es sich eindeutig um Fischzucht- (oder Fischkult)becken handelt, die in freier Verbindung mit dem offenen Meer stehen und eine Anzahl von sehr gut erhaltenen Reusen zeigen.

Nach den Lotungsergebnissen liegt bei Teich E im Freien die Oberseite einer Kanalüberführung 68 cm, die Reusenoberkante 57,5 cm unter dem heutigen Mittelwasserspiegel (siehe Abbildung 6). Beim Teich A in der Grotte reicht das Mittelwasser 65 cm bzw. 75 cm oberhalb des Deckblocks eines Kanal-durchstichs. Die Reusenoberkante bleibt bei Mittelwasser 78 cm unter Wasser (siehe Abbildung 6). Der Beckenrand ist z. T. dreistufig, zum Teil zweistufig ausgebildet. Der Gehweg bleibt bei Mittelwasser knapp frei. Die Überführung am meerseitigen Kanal von Teich A scheint durch das Heraufziehen von Schiffen eingedellt zu sein.

Bei Teich C in der Grotte bleibt der Gehweg einer Kanalüberführung bei Mittelwasser knapp unter Wasser. Die Oberkante der Reuse liegt bei Mittelwasser 72,5 cm unter dem Wasserspiegel (siehe Abbildung 6). Die umlaufenden Bankette der Kanäle bleiben selbst bei Mittelspringtide-Hochwasser trocken. Die Kanalhöhlung von Teich C gegen die westlich von C gelegene Grotte ist bei Mittelwasser fast ganz vom Wasser gefüllt.

3.2 Folgerungen

Während die Reusen von Torre Valdaliga Zweifel lassen, ist die Aufgabe der Reusen bei den Teichen von Torre Astura und Ponza eindeutig geklärt. Die Perspektive (Abbildung 5) soll die heute sichtbaren Einsatzkerben und das Prinzip der Reuse veranschaulichen. Die Oberkante der Gitterreinsätze oder Schuber mußte mit der Oberkante der gekerbten Steinblöcke abschließen, wenn die Reuse geschlossen war. Da sie im halbkreisförmigen Teich von Torre Astura wie auch bei den Teichen von Ponza in ihrer ursprünglichen Lage und an ihrer Oberfläche unzerstört erhalten sind, können sie als Fixpunkte angenommen werden. Ihre außergewöhnlich gute Erhaltung erklärt sich aus dem für sie verwendeten widerständigen Material — bei den Grottenbecken von Ponza Basaltblöcke, die in das anstehende Tuffgestein eingesetzt sind.

3.2.1. Torre Valdaliga

Die heute bei HW überfluteten Unterteilungsmauern im Inneren der Teichanlagen lassen auf einen Meeresspiegelanstieg seit der Benutzungszeit schließen. Der Betrag dieses Anstiegs kann jedoch nicht erschlossen werden, da die ursprüngliche Höhe der Mauerzüge nicht sicher bekannt ist. Das Prinzip der Reusen mit den gelochten Riegeln ist wie gesagt nicht eindeutig zu klären; sie können deshalb nicht für Meßwerte herangezogen werden. Meßwerte können aber die Kanäle geben. Zur Veranschaulichung dient der schematische Längsschnitt durch einen Kanal (siehe Abbildung 4). Die Abrasionsplatte dürfte zu römischer Zeit bereits bestanden haben, also bei einem vorrömischen Meeresspiegelniveau ausgebildet worden sein; nur die Kanäle müssen sich bei HW gefüllt haben, sie dürfen aber nicht übergelaufen sein. Sonst wären die Kanalrinnen in der Abrasionsplatte überflüssig gewesen, da auch ein Durchstich im höheren Teil der Panchina genügt hätte, um die Becken zu füllen.

Wenn ein gegenüber dem heutigen um mindestens 68 cm und höchstens 113 cm niedrigerer Hochwasserstand angesetzt wird, so füllen sich die Kanäle nur bei HW.

3.2.2. Torre Astura

Die Oberkante der Reuse des halbkreisförmigen Teichs von Torre Astura liegt 50 cm unter HW (siehe Abbildung 4). Wenn ein um mindestens 50 cm niedrigerer Hochwasserstand angesetzt wird, ist die Funktion der Reuse gegeben.

3.2.3. Ponza

Die bei sämtlichen Teichen häufig auftretenden Überführungsplatten über die Kanäle scheinen durch ihre Stärke Anhaltspunkte für die Höhe des damaligen Meeresspiegels zu geben. Es ist wahrscheinlich, daß der Wasserspiegel bis zur Unterkante der Überführungsplatten gereicht hat. Mit Bestimmtheit kann aber gesagt werden, daß die um die Becken laufenden und die Kanäle begleitenden Gehwege trocken bleiben mußten. Die Lage des ursprünglichen Wasserspiegels zum 2—3stufigen Beckenrand ist eindeutig.

Eindeutige Fixpunkte stellen jedoch auch hier die Reusen dar. Die Oberkanten der beiden Reusen in den Grottenteichen liegen 98 cm bzw. 92,5 cm unter HW, während diejenige des Teiches im Freien nur 77,5 cm unter HW liegt. Wenn ein um mindestens 92,5 cm bzw. 98 cm, bzw. 77,5 cm niedrigerer Hochwasserstand eingesetzt wird, ist jeweils die Funktion der Reuse gegeben.

Ergebnisse

Die Reste der Reusenvorrichtungen in Meeresfischteichen sind sehr geeignete Indikatoren, um Wasserspiegelhöhen zur Benutzungszeit der Anlagen feststellen zu können. Die Lage des HW-Spiegels zur Zeitenwende ist in Abbildung 6 durch die tiefstliegenden Reusenoberkanten bestimmt. Diese bleiben bei Hochwasser gerade noch über Wasser. Bei diesem Hochwasserspiegel zur Zeitenwende wäre die Funktion sämtlicher Anlagen gegeben, allerdings ohne daß überall die maximale Höhe des Wasserspiegels angesetzt ist.

Neben möglicher Instabilität des Untergrundes für das am stärksten abweichende Beispiel von Astura könnte auch eine gewisse Sicherheitsspanne für die im Freien liegenden Teiche angenommen werden, d. h.: der ruhige Wasserspiegel innerhalb der Grotten von Ponza hätte bis wenig unterhalb der Reusenoberkante ansteigen können, ohne daß dabei die Reusen überspült worden wären. Bei den Becken im Freien (Ponza E und Torre Astura) wie auch bei den Kanälen (Torre Valdaliga), mit zeitweise durch Wellen gestörtem Wasserspiegel, mußte eine gewisse Sicherheitsspanne bis zur Reusenoberkante eingeplant werden.

Als Ergebnis der Messungen kann der Betrag des Meeresspiegelanstiegs seit der Zeitenwende mit 1 m angegeben werden.

Für die Zeitspanne seit dem 3. Jh. n. Chr. wird von HAFEMANN (1961) ein durchschnittlicher Betrag des Meeresspiegelanstieges von $2,00 \text{ m} \pm 30 \text{ cm}$ veranschlagt. Dieser Betrag ist für die hier untersuchten Fischteiche zu groß. Die Reusen von Torre Astura und Ponza sowie die Kanäle von Torre Valdaliga wären in diesem Falle ohne Funktion.

Das Abweichen des in der vorliegenden Untersuchung erarbeiteten Betrags kann gegenwärtig noch nicht diskutiert werden. Weitere Untersuchungen an Reusen antiker Fischteiche müßten das Netz so verdichten, daß endgültige Schlußfolgerungen gezogen werden könnten. Erst dann könnte gefolgt werden, ob generell Krustenbewegungen vorliegen, die die Meßdaten der Untersuchungsstellen der vorliegenden Arbeit so beeinflußt haben, daß sich

1. Differenzen zu vorherigen Untersuchungswerten ergeben
2. Differenzen innerhalb der Meßwerte der vorliegenden Untersuchungen ergeben,

oder aber ob der ermittelte Wert 1 m auf eustatisch bedingtem Anstieg des Meeresspiegels beruht.

Literaturverzeichnis

- ADAMESTEANU, D. 1964: Contribution of the Archeological „Aerofototeca“ of the Ministry of Education to the Solution of Problems of Ancient Topography in Italy. *Boll. Geod.* 3, pp. 255–327.
- ALBANI, D. 1933: Indagine preventiva sulle recenti variazioni della linea di spiaggia delle coste italiane. *Ric. Var. Spiagge Ital.* 1.
- 1947: Studi recenti sulle variazioni del livello marino. *Boll. Soc. geogr. Ital.* ser. 7–12, pp. 88–96.
- D'ARRIGO, A. 1936: Ricerche sul regime dei litorali nel Mediterraneo. *Ric. Var. Spiagge Ital.* 1936.
- 1959: Le Spiagge italiane in erosione e antistanti valli sottomarine. *Boll. Soc. geogr. Ital.* ser. 8, 6–8, pp. 293–318.
- BALDACCI, O. 1955: Le isole Ponziane. *Memorie Soc. geogr. Ital.* 22, pp. 1–112.
- 1957: Torre Flavia: un esempio di variazione della linea di costa nel litorale di Lazio. *Boll. Soc. geogr. Ital.* ser. 10, pp. 361–364.
- BIANCHINI, A. 1968: Il lago di Sabaudia e l'aumento del livello marino. *Boll. Soc. geogr. Ital.* ser. 9, 7, pp. 198–219.
- BLANC, A. C. 1935: Lo studio stratigrafico delle pianure costiere. *Boll. Soc. geol. Ital.* 54, pp. 277–288.
- 1936: La stratigraphie de la plaine cotière de la Basse Versilia (Italie) et la transgression flandrienne en Méditerranée. *Revue Geogr. phys. Géol. dyn.* 9, pp. 129–160.
- CARPENTER, R. 1966: Discontinuity in Greek Civilization. Cambridge Univ. Press.
- CASTAGNOLI, F. 1963: Astura. *Studi Romani* 11, pp. 637–644.
- CREMA, L. 1959: L'architettura romana. *Encyclopédia Classica*, sez. 3, 12. Torino.
- DELLA VALLE, C. 1961: La pesca nei laghi costieri del Lazio. *Boll. Soc. geogr. Ital.* ser. 9, 2, pp. 48–97.
- DONGUS, H. 1970: Die Maremmen der italienischen Westküste. *Marburger geogr. Schr.* 40, pp. 53–111.
- DRAGONE, F., MAINO, A., MALATESTA, A. 1967: Note illustrative alla carta geologica d'Italia, 1 : 100 000 (Cerveteri, F° 149). Roma.
- FAIRBRIDGE, R. W. 1947: The Study of Eustatic Changes of Sea-Level. *Aust. J. Sc.* 10, pp. 63–67.
- FASOLO, F. 1956: Architetture classiche a mare. I: La villa romana di Sperlonga

- detta di Tiberio. Quad. dell'Ist. di Storia dell'Architettura 14.
- FASOLO, F. 1957: Architetture classiche a mare. 2: Altre antichità del litorale di Sperlonga. Quad., dell'Ist. die Storia dell'Architettura 20, 21.
- FASOLO, F. u. SPAGNESI, G. 1958: Architettura classiche a mare. 3: Le due ville romane: di Pian delle Salse presso Gaeta e di San Felice Circeo. Quad. dell'Ist. di Storia dell'Architettura 27, 28, 29.
- GERKAN, A. v. 1933: Meereshöhen und Hafenanlagen im Altertum. Wilhelm Dörpfeld Festchrift zum 80. Geburtstag, Berlin, pp. 138-142.
- GIERLOFF-EMDEN, H.-G. 1960: Küstmorphologie mit Hilfe des Luftbildes. Das Luftbild in seiner landschaftlichen Aussage. Landeskundliche Luftbildauswertung im mitteleuropäischen Raum 3, pp. 29-32.
- 1961: Luftbild und Küstengeographie am Beispiel der deutschen Nordseeküste. Landeskundliche Luftbildauswertung im mitteleuropäischen Raum 4.
- GÜNTHER, R. T. 1903: Earth Movements in the Bay of Naples. Geogr. J. 22, pp. 121-149, 269-289.
- 1913: Pausilypon: the Imperial Villa near Naples. Oxford.
- HAARNAGEL, W. 1960: Meeresspiegelschwankungen an der deutschen Nordseeküste in historischer und prähistorischer Zeit. Verh. 32. dt. Geogr. Tags, Berlin 1959, pp. 243-251.
- HAFEMANN, D. 1954: Zur Frage der jungen Niveaueränderungen an den Küsten der britischen Inseln. Akad. Wiss. Lit., Abh. d. Math. Nat. Kl. 7.
- 1960 a: Die Frage des eustatischen Meeresspiegelanstiegs in historischer Zeit. Verh. 32. dt. Geogr. Tags, Berlin 1959, pp. 218-231.
- 1960 b: Anstieg des Meeresspiegels in geschichtlicher Zeit: Umschau 7, pp. 193-196.
- 1961: Art und Ausmaß des Meeresspiegelanstiegs in den letzten zweieinhalb Jahrtausenden. Ber. dt. Landesk. 27, pp. 229-233.
- JACONO, L. 1913: Note di archeologia marittima. Neapolis 1, pp. 353-371.
- 1939: Una singolare piscina marittima in Ponza. Campania Romana (Ist. Studi Romani) Napoli 1, pp. 143-162.
- KOITZSCH, R. u. a. 1960: Vermessungskunde für Kartographen, sowie alle ingenieurtechnischen Mitarbeiter des Karten- und Vermessungswesens, II. Petermanns geogr. Mitt. ErgH. 269 (s. VI: Seevermessung).
- LANA, I. ed. 1961: Rutilio Namaziano. Univ. di Torino, Facoltà di Lettere e Filosofia, pp. 105-121.
- LASSERRE, F. ed. 1967: Strabon: Géographie. Collections des Univ. de France, texte é tabli et traduit, Paris.
- LEFEBVRE DES NOETTES 1935: De la marina antique à la marina moderne. La révolution du gouvernail. Contributions à l'histoire de l'esclavage. Paris.
- LEHMANN-HARTLEBEN, K. 1923: Die antiken Hafenanlagen des Mittelmeers. Beiträge zur Geschichte des Städtebaues im Altertum. Klio, Beiheft 14, N. F. 1, Leipzig.
- LIPPI-BONCAMPPI, C. 1952: Fenomeni di erosione marina e di sculture alveolari presso Civitavecchia. Riv. geogr. ital. 59, pp. 289-292.
- LUGLI, G. 1957: La tecnica edilizia romana. Bd. 1, 2. Roma.
- MERCIAL, G. 1929: Sulle condizioni fisiche del litorale etrusco tra Livorno e Civitavecchia. Studi Etruschi 3, pp. 347-358.
- PFANNENSTIEL, M. 1949: Klimatisch bedingte Spiegelschwankungen des Mittelmeers im Quartär, und die paläolithischen Kulturen. Mitt. geol. Ges. Wien 36.
- 1951: Quartäre Spiegelschwankungen des Mittelmeers und des Schwarzen Meers. Vjschr. naturf. Ges. Zürich 96, pp. 81-102.
- 1952: Das Quartär der Levante, Teil 1: Die Küste Palästina-Syriens. Abh. math.-naturw. Kl. Akad. Wiss. Mainz 7, pp. 373-475.
- 1954: Die Schwankungen des Mittelmeers als Folge der Eiszeiten. Freiburger Univ. Reden, N. F. 18.
- PINNA, M. 1969: Le variazioni del clima in epoca storica ed i loro effetti sulla vita e le attività umane. Un tentativo di sintesi. Boll. Soc. geogr. Ital. ser. 9, 10, pp. 198-275.
- POLLI, S. 1954: L'attuale aumento del livello del mare lungo le coste del Mediterraneo. Geofis. Met. 2, pp. 13-16.
- RACKHAM, H. ed. 1961: Plinius: Natural History (Historia Naturalis), Buch III. London-Cambr./Mass.
- RODENWALDT, E. u. LEHMANN, H. 1962: Die antiken Emissare von Cosa-Ansedonia. Ein Beitrag zur Frage der Entwässerung der Maremma in etruskischer Zeit. Sber. Heidelb. Akad. Wiss. math.-nat. Kl. 1, pp. 3-31.
- ROSSI, G. M. de u. a. 1968: La Via Aurelia da Roma al Forum Aurelii. Quad. dell'Ist. di Topografia Antica del Univ. di Roma 4, pp. 1-157.
- ROSSO, R. del 1905: Pesche e peschiere antiche e moderne nell'Etruria Marittima. Firenze.
- SCHMIEDT, G. 1964 a: Contributo della foto-interpretazione alla ricostruzione della situazione geografico-topografica degli insediamenti antichi scomparsi in Italia. Universo Firenze 6, pp. 955-996.
- 1964 b: Contribution of Photo Interpretation to the Reconstruction of the Geographic-Topographic Situation of the Ancient Ports in Italy. 10th. Congr. Intern. Soc. of Photogramm., Lisboa, pp. 3-38.
- 1966: Les habitats disparus en Italie, de l'antiquité à la Renaissance: leur identification sur la photographie aérienne. Actes du II. Sympos. Intern. de Photo-Interpret., Paris, pp. 53-75.
- SEGRE, A. G. 1949: Tracce di morfologia subarea sul fondo marino litoraneo del Lazio meridionale. Historia nat., Roma 3, pp. 24-26.
- SESTINI, A. 1940: Di un supposto sollevamento dell'isola di Palmarola, arcipelago di Ponza. Boll. Soc. geogr. Ital. 7, pp. 280-283.
- SHEPARD, F. P. 1964: Sea Level Changes in the Past 6000 Years: Possible Archeological Significance. Science N. Y. 143, pp. 574-576.
- TENANI, M. 1940: Maree e Correnti di Maree. Ist. Idrogr. Mar. Milit. Genova.
- VALENTIN, H. 1950/51: Das gegenwärtige Steigen des Meeresspiegels. Erde, Berl. 82, pp. 348-349.
- 1952: Die Küsten der Erde. Beiträge zur allgemeinen und regionalen Küstmorphologie. Petermanns geogr. Mitt. ErgH. 246.

S u m m a r y

Sea Level Rise of the Mediterranean in Historical Times.

Result from Latium (Tyrrhenian Sea).

By means of abundant archeological material on the shores of the Mediterranean, numerous studies on the change of sea level had been carried out.

HAFEMANN (1960 a) sums up his own results as well as those of other researchers, arriving at an average rise of sea level of 2,0 metres \pm 0,30 since the 3rd c. A. D. Up to now too great a variety of diverse objects of study had been taken into consideration, as i. e. ports, ruins of houses, foundations not exactly defined. The present study is based on only one type of monument whose function is quite clear. 3 Roman fisheries from the 1st c. B. C. to the 1st c. A. D. at Torre Valdaliga, Torre Astura and the isle of Ponza (see map 2) have been investigated. The fisheries are built into the sea and form an open system with it. Simple wicker-traps close up the ditches to the sea to prevent the escape of fish. As there is a difference of 0,30 to 0,40 meters between high and low tide, the highest possible level of water within the fisheries had to be at high tide. Assuming tectonic stability the well preserved wicker-traps must be reliable marks for determining a change of sea level since the time of their being in use. The surfaces of the 3 wicker-traps of Ponza are 57,5 cm, respectively 78,0 cm, respectively 72,5 cm below medium sea level of Gaeta, whereas the one of Torre Astura is 30,0 cm below. The abrasional platform of the ditch of Torre Valdaliga is 45,0 cm below medium sea level of Civitavecchia. For the plumbings it has been referred to the medium local sea level.

When the fisheries were in use the surfaces of the wickers-traps as well as the abrasional platform had to be above high water level. High water level of the year zero was assumed schematically (see map 4) according to the lowest surface of wicker-traps.

By the fact of the present submergence of all here investigated fisheries and by taking into account the numerical value of submergence as it has been measured on the wicker-traps and the abrasional platform it can be concluded that sea level has risen for about 1,0 m since the year zero.