

Archaeology and Economy in the Ancient World



5

Coastal Geoarchaeology in the Mediterranean – on the Interdependence of Landscape Dynamics, Harbour Installations and Economic Prosperity in the Littoral Realm

Panel 2.3

Max Engel
Friederike Stock
Helmut Brückner (Eds.)

Geoarchäologische Forschungen zur römischen Fischsaucenproduktion in Lusitanien: Boca do Rio (Algarve) und Tróia (Alentejo)

Florian Hermann – Kevin Paul – Felix Teichner – Klaus Reicherter –
Helmut Brückner – Inês Vaz Pinto – João Pedro Bernardes

Einleitung

In den letzten Jahren hat die archäologische Forschung sich intensiv dem Konzept von Vulnerabilität und Resilienz in Bezug auf das Handeln des Menschen in der Vor- und Frühgeschichte zugewandt. Küstensysteme sind bekanntermaßen besonders hochdynamische, sich auf menschliche Siedlungsaktivität auswirkende Bereiche. Mit der innerhalb des Römischen Reiches höchsten Dichte an fischverarbeitenden Betrieben bieten die rund 7000 km langen Küsten der Iberischen Halbinsel – gerade aufgrund ihrer Aufteilung in so gegensätzliche Wellen- und Strömungssysteme wie das ruhige Mittelmeer und den rauen Atlantik – ein besonders geeignetes Umfeld zur Untersuchung derartiger naturräumlicher Abhängigkeit.¹

Ein DFG-gefördertes Forschungsprojekt² mit Projektpartnern der Philipps-Universität Marburg, der Universität zu Köln und der RWTH Aachen zielt auf die Erforschung dieser Bedingtheit zwischen Naturraum und antikem Handeln. Dabei wird davon ausgegangen, dass die bislang stets isoliert untersuchten spezialisierten Einzelsiedlungen – Amphorentöpfereien, Salinenbetriebe, Lebensmittelproduzenten (*villae*), Fischerorte und Fischverarbeitungsbetriebe – als primär über den Wasserweg verbundene Knotenpunkte komplexer Produktionsnetzwerke zu verstehen sind.³ Den fischverarbeitenden „Garumfabriken“ der Römischen Kaiserzeit wurde in der altertumskundlichen Forschung dabei bislang die meiste Aufmerksamkeit geschenkt, weshalb sich hier auch die verbindlichsten Aussagen zur chronologischen Entwicklung formulieren lassen.⁴ Teils liegen die Anfänge einzelner Anlagen bereits in spätrepublikanischer Zeit; ein erster Höhepunkt des Produktionsvolumens wurde im 2. Jh. n. Chr. erreicht,⁵ jäh unterbrochen von einem massiven Einbruch der Produktion. Die Umstrukturierung oder Neuanlage von Produktionsstätten und Netzwerken, interessanterweise verbunden mit einem Wechsel der Transportcontainer, im Verlauf des 3. Jh. n. Chr. deutet auf die Fähigkeit zur Überwindung dieser „Krise“ bei den antiken Protagonisten hin.⁶

Bislang wurden für diese zu beobachtenden Brüche im Siedlungsgeschehen ausschließlich historische oder wirtschaftsgeschichtliche Ursachen, namentlich Strukturveränderungen oder eine globale Krise innerhalb des *Imperium Romanum*, verantwortlich gemacht. Interessanterweise konnten in jüngster Zeit im Umfeld der Straße von Gibraltar teils großflächig zerstörte Baustrukturen, einhergehend mit marinen Sediimenteinschaltungen in antiken Siedlungskontexten, mögliche Hinweise auf schwere Stürme oder Erdbeben und daraus resultierende hochenergetische Flutereignisse wie

Tsunamis,⁷ andererseits aber auch eine kontinuierliche Intensivierung der küstennahen Siedlungstätigkeit gerade während der Römischen Kaiserzeit nachgewiesen werden.⁸ Auch Küstenveränderungen, d. h. langfristige Entwicklungen natürlichen, vor allem klimatischen, oder anthropogenen Ursprungs, können in ihrer Wirkung auf die Befundgruppe der Küstensiedlungen aufgezeigt werden.⁹

Zur systematischen Erforschung dieser Fragen wurden im Rahmen des Projektes in drei Schlüsselregionen geoarchäologische Feldforschungen durchgeführt, welche sich mit einem breiten Methodenspektrum aus Geologie, Geophysik und Archäologie auf die folgenden Untersuchungsgebiete konzentrieren (Abb. 1): die Costa Alentejana mit der Fundstelle Tróia auf einer Halbinsel vor den Toren der Hafenstadt *Caetobriga* als Forschungsschwerpunkt,¹⁰ die Westalgarve mit der bislang nur in kleinen Ausschnitten erfassten Ansiedlung von Boca do Rio westlich des römischen *Lacobriga*¹¹ sowie die Stadt *Baelo Claudia* an der Straße von Gibraltar.¹²

Die Feldarbeiten zielten auf die Erfassung der Ausdehnung, die zeitlich differenzierte Betrachtung der Entwicklung sowie die landschaftsarchäologische Einbindung der untersuchten Küstensiedlungen. In Verbindung mit exemplarisch angelegten diagnostischen Sondagen sollte dies helfen, Veränderungen im Siedlungsbild und deren Bedingtheit durch die o. g. Hochenergieereignisse zu identifizieren.¹³ Zunächst wurden dazu anhand von geophysikalischen Messungen und Oberflächenbegehungen Gesamtbilder der konkreten Siedlungsplätze erstellt. Bohrungen lieferten Hinweise auf für das Siedlungsgeschehen relevante Areale, Veränderungen der Küste bzw. der Ästuarsysteme sowie auf extreme Wellenereignisse (EWE). Die Beobachtung der aktuellen Veränderungen des Küstenverlaufs lieferte Hinweise auf die Genese der heutigen Topographie und die an den Siedlungsstellen rapide fortschreitende Erosion, respektive das resultierende Bedrohungspotential für die archäologischen Denkmäler. Letzteres stellt ein traditionelles Beschäftigungsfeld der örtlichen Denkmalpflege dar, wurde im Hinblick auf die wissenschaftliche Interpretation von Ufersiedlungen bislang allerdings nicht systematisch betrachtet.

Hier sollen nur die jüngsten Fortschritte in den Arbeitsgebieten Westalgarve (UG 2) und Costa Alentejana (UG 1) vorgestellt werden. Bereits an anderer Stelle wurde beschrieben, dass die Arbeiten in Baelo Claudia (UG 3) eindeutige Hinweise auf mindestens zwei EWE am Ende der Kaiserzeit lieferten.¹⁴ Insbesondere die marinen Sedimente in den dort außerhalb des ummauerten Stadtgebiets gelegenen *termas marítimas* zeugen davon, dass die Stadt kurz vor ihrer Aufgabe von einem tsunamigenen Einzelereignis getroffen wurde, dessen Spuren in verschiedenen Arealen der ufernahen Bezirke der Hafenstadt, etwa entlang des *decumanus maximus*, nachweislich nicht wieder entfernt wurden.¹⁵

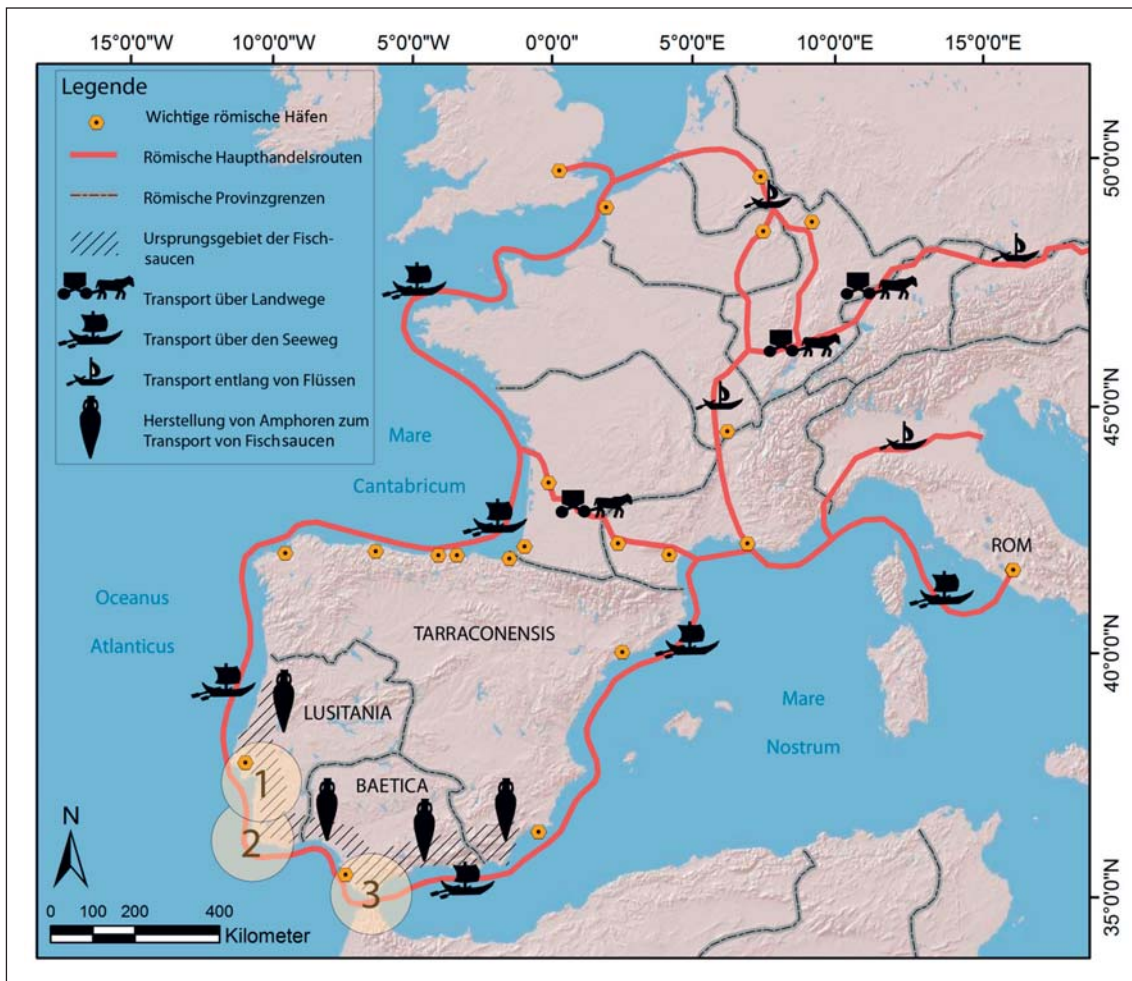


Abb. 1: Modell der Produktion und Verteilung von Fischsaucen im Westen des Römischen Reiches mit den Untersuchungsgebieten (UG). 1 = Costa Alentejana (Tróia), 2 = Westalgarve (Boca do Rio), 3 = Straße von Gibraltar.

Westalgarve/Boca do Rio (UG 2)

20 km westlich des antiken *Lacobriga* stellt die Fundstelle Boca do Rio einen wichtigen Knotenpunkt in den kleinteiligen Produktionsnetzwerken der lusitanischen Südküste (Algarve) dar. Zusammen mit den lokalen Kooperationspartnern der Universidade do Algarve und der Câmara Municipal Vila do Bispo laufen die Feldarbeiten hier seit 2017; Vorarbeiten erfolgten bereits 2008.¹⁶

Mit seiner exponierten topographischen Lage am westlichen Rand der heutigen Schwemmebene des Ribeira de Budens befindet sich die kaiserzeitliche Anlage in einer für die antike Situation in der Region typischen topographischen Konstellation.¹⁷ Ein-



Abb. 2: BOCA DO RIO. Lage der Fundstelle südlich des Zuflusses dreier Bäche (*ribeira*), deren heutige Schwemmebene teilweise noch in der Antike als Meeresbucht bzw. Ästuar unter marinem Einfluss stand.

gefasst wird die rund 180 m × 80 m (NW-SO/SW-NO) große archäologische Fundstelle im Westen von bis 70 m hoch aufragenden Kalk- und Sandsteinfelsen, im Osten von einem in der Antike noch tief ins Inland reichenden Ästuar (Abb. 2).¹⁸ Eine bis 12 m hohe, teils bewachsene Düne hat die römischen Baustrukturen nach deren Aufgabe vollständig überprägt.¹⁹

Die Düne ist der Grund für den hervorragenden Erhaltungszustand der Strukturen. Denn bis zu den schweren Stürmen Anfang des 18. Jh. respektive dem verheerenden Lissabon-Tsunami von 1755 war die Fundstelle unbekannt.²⁰ Erste archäologische Untersuchungen der durch den Tsunami teilweise freigelegten Ruinen wurden durch den portugiesischen Forscher S. P. M. Estácio da Veiga im Jahre 1878 durchgeführt. Damals entstand ein erster Gesamtplan einer mit reichen Mosaikböden und bemaltem Wandverputz ausgestatteten Wohnanlage.²¹ Die seither angestrebten Untersuchungen konzentrierten sich – mit Ausnahme einiger Testgrabungen des Lissaboner Archäologen Francisco Alves in den 1980er Jahren – auf den seeseitigen Sektor, weshalb die weiter landeinwärts gelegenen Bereiche weitgehend unerforscht blieben.²²

Geoarchäologische Untersuchungen

Im Frühjahr 2017 bzw. 2018 wurden alle frei verfügbaren supratidalen Flächen geophysikalisch untersucht.²³ Geteilt von einem 2013/14 erbauten Parkplatz, umfassen die Magnetikmessungen Areale von 9 000 m² (östlich) und 20 000 m² (westlich); ein Teil davon wurde ergänzend mittels Geoelektrik bzw. Georadar vermessen. Im Norden wurde zudem der südliche Rand der Schwemmebene mit Bohrungen erforscht.²⁴ Der größere westliche Teil liegt überwiegend auf einer von SW nach NO abfallenden, teils bewachsenen Düne.

Ausgeführt wurden die geomagnetischen Messungen als Flächenkartierung mit einem SENSYS MAGNETO-ARCH System mit fünf FGM650-Sonden mit 0,25 m Sondenabstand, die Elektrikmessungen mit einer von Ulrich Kiesow (Kaiserslautern) selbstentwickelten Variante des 4-Punkt Twin-Arrays an einem LGM 4point light mC, die Georadarmessungen schließlich mit 270 MHz und 400 MHz GSSI-Antennen in Verbindung mit einem SIR-3000 Controller.²⁵

Das Spektrum der Anomalien der östlichen Teilfläche gibt die langjährige Nutzung durch Touristen wieder, da die Messfläche von zahlreichen Dipolen (= Metallschrott) und einigen thermoremanent magnetisierten runden Bereichen (= rezente Feuerstellen) bestimmt wird. Im Zentrum des Areals gelegene hohe Magnetisierungen lassen auf Bebauungsreste schließen, welche mit obertägig identifizierbaren rezenten Mauern korrelieren. Eindeutige Anzeichen für ältere, antike Baustrukturen lassen sich in den Messbildern dort nicht erkennen. An den nur 70 m entfernt liegenden Fischereihallen aus dem 18. Jh. (*post-1755* Tsunami) allerdings lässt sich die moderne Nachnutzung römischer Baustrukturen beobachten, welche bis in die 1980er Jahre wiederholt auf-

gesucht wurden.²⁶ Ein ähnliches Szenario lässt sich für die genannten rezenten Mauern ohne Grabung derzeit weder bestätigen noch ausschließen.

Anders im Westteil der Fläche, in dem auf antiken Baubestand zurückzuführende Anomalien deutlich überwiegen. Zwei Typen von Strukturen sind dabei vorherrschend: In überwiegender Zahl handelt es sich um lineare Anomalien, welche sich leicht zu rechtwinkligen Grundrissen zusammenfügen lassen. Diese können anhand ihrer Orientierung und Konzentration in verschiedene Gruppen eingeteilt werden (Abb. 3, A1-3, B). Während sich A1 bis A3 von der heutigen Küste etwa 140 m nach Nordwesten ziehen, liegt B abseits dieser Konzentrationen.

A1 stellt eine Reihe von Baustrukturen dar, welche sich direkt an die heutige Abbruchkante der Küste anlehnen. Identifizierbar sind mehrere aneinandergereihte Räume sowie eine auf thermoremanente Magnetisierung zurückzuführende Anomalie (*prae-furnium?*). Die Strukturen entsprechen in ihrer Ausrichtung den von S. P. M. Estácio da Veiga bereits 1878 verzeichneten Bauelementen (Abb. 4) und können somit dem seeseitig orientierten Wohnkomplex zugeordnet werden. Durch einen schmalen, weitgehend homogenen, d.h. wohl befundfreien Korridor von diesen Strukturen ge-

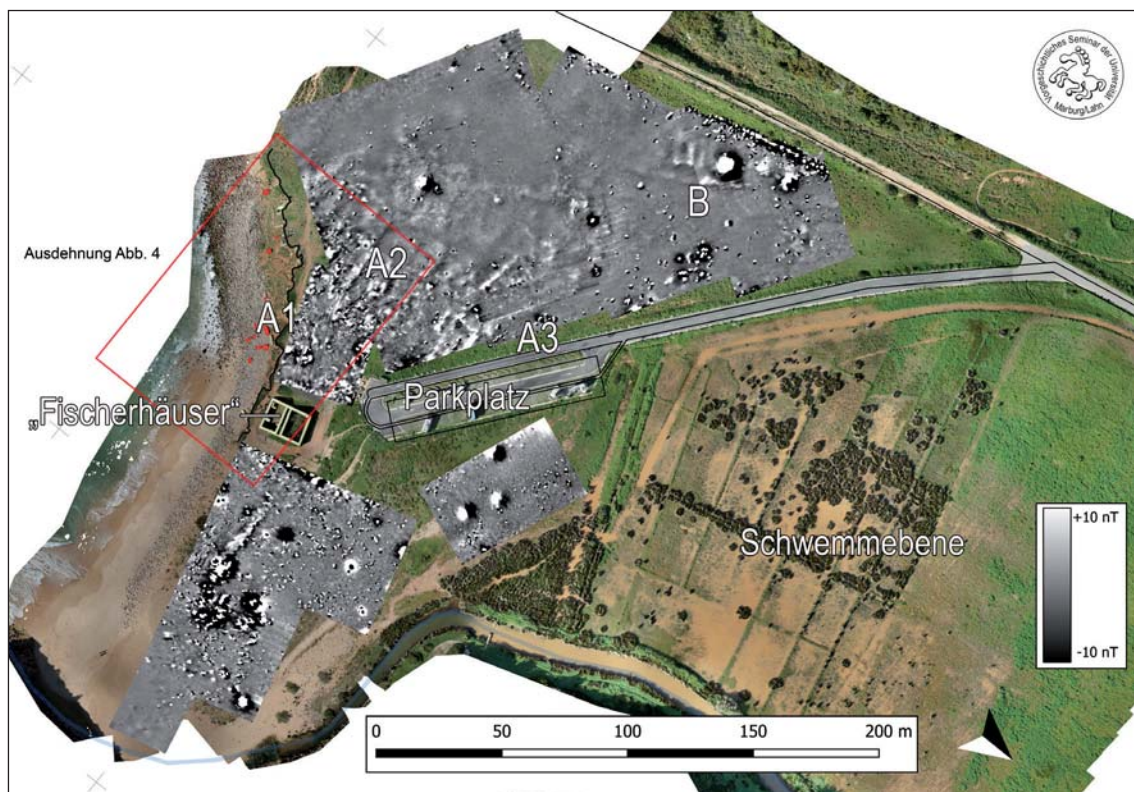


Abb. 3: BOCA DO RIO. Übersicht über die Ergebnisse der geomagnetischen Prospektion mit den Gruppen A1 bis A3 sowie der separaten Befundgruppe B. Der rot markierte Bereich umfasst den im Monitoring (vgl. Abb. 4) untersuchten Küstenabschnitt.

trennt ist die durch zahlreiche kleinteilige, rechteckige Bauelemente charakterisierte Gruppe A2. Selbige sind in übergeordnete Strukturen zu gliedern und können als eigenständige Bau- und Funktionseinheiten interpretiert werden. Sie verteilen sich auf rund 300 m² Gesamtfläche. Nach den Testgrabungen der 1980er Jahre²⁷ sowie den neuen diagnostischen Sondagen seit dem Sommer 2017 sind sie als Anlagen zur Fischverarbeitung anzusprechen. Die letzte Befundgruppe A3 weist eine abweichende Orientierung auf. Waren die bisherigen Anomalien grob SWW-ONO-orientiert, folgt A3 mehrheitlich einer NW-SO-Richtung, was eine Lage parallel zum Hang der Düne bedeutet und etwa der Ausrichtung des heutigen Parkplatzes entspricht. In direktem Anschluss an diesen finden sich zunächst ein langer rechteckiger Bau von 46 m × 9,5 m, hangaufwärts anschließend eine Reihe kleinerer umschlossener Einheiten, wie sie auch in A2 zu beobachten sind. Die genannte große Struktur verfügt zudem über an ihre Südwestkante angefügte Baukörper, welche eine regelhafte Innengliederung ergeben. Eine südöstliche Fortsetzung wird von dem Parkplatz geschnitten, weshalb ihre Gesamtausdehnung mit den eingesetzten geophysikalischen Methoden nicht geklärt werden konnte.

Die Gruppe B liegt abseits von A1 bis A3. Sie ist durch zwei einfache rechteckige Baustrukturen geprägt, die von zwei leicht elliptischen, bis 5,8 m großen, deutlich positiv magnetisierten Anomalien begleitet werden. Diese sind auf erhebliche Erhitzung des im Boden befindlichen Materials zurückzuführen (thermoremanente Magnetisierung); sie deuten auf Öfen hin.

Schon durch diese nicht-invasiven Prospektionsergebnisse ist ein wesentlich komplexeres Siedlungsbild der Anlage deutlich geworden, die zudem weitaus ausgedehnter als der bislang bekannte ufernahe Teil war. Dies ergänzt die bisherige Beurteilung der Funktion und Struktur der Fundstelle in wesentlichen Punkten.²⁸ Einzelne der aufgeführten Anomalien konnten im Rahmen der inzwischen erfolgten Geländearbeiten bereits archäologisch untersucht werden, sodass die Strukturierung der Anlage sich wie folgt beschreiben lässt:

(A1) Neben den im 19. Jh. von Estácio da Veiga erfassten Strukturen gibt es mindestens noch einen Baustrakt, der offenbar den seeseitigen „Wohnkomplexen“, der *pars urbana*, zuzuordnen ist.²⁹

(A2) Der Großteil der Fundstelle wird von den für fischverarbeitende Betriebe typischen, um Innenhöfe gruppierten Betrieben variabler Größe und Anordnung eingenommen.

(A3) Am Rand der heute verlandeten Lagune befindet sich die größte singuläre Baueinheit, bestehend aus zwei mindestens 46 m × 9,5 m großen Flügeln. Hierbei dürfte es sich um eine lagunenparallel angelegte große Fischsaucefabrik, eventuell auch um den dort am Paläoästuar zu vermutenden Hafen gehandelt haben.³⁰

(B) Separiert von den Produktionsanlagen befinden sich im Westen am Rand der restlichen Bebauung Anomalien, die auf technische Anlagen (Keramikkbrennöfen) hinweisen, was inzwischen grabungstechnisch belegt werden konnte.

„Monitoring“ der Küstenerosion

Wie in vielen anderen küstennahen Fundstellen der portugiesischen Atlantikküste (vgl. das Beispiel Tróia weiter unten) stellt auch in Boca do Rio die rapide fortschreitende Küstenerosion die Hauptbedrohung für das Bodendenkmal dar.³¹ Zugleich schränkt der Verlust von großen Teilen der Siedlungsareale, insbesondere der Rand- und Übergangsbereiche zwischen Land und Wasser (z.B. Häfen), die Aussagekraft von bislang ohnehin nur unzureichend erforschten Ufersiedlungen ein. Sowohl mittels topographischer Aufnahme mit dem Tachymeter, als auch durch drohnengestützte SfM-Technik³² wurde daher im Rahmen unserer Feldarbeiten dieser Erosionsprozess systematisch dokumentiert. So wurden jede Frühjahrskampagne – nach den Winterstürmen – detaillierte dreidimensionale Geländemodelle erzeugt. Zudem bietet Google Earth für die Jahre 2007, 2013 und 2015 hoch genug aufgelöste Satellitenbilder zur vergleichenden zweidimensional-räumlichen Analyse. Den Erhaltungszustand der Fundstelle im 19. Jh. liefert der im Jahr 1878 erstellte Plan, der anhand des damals eingemessenen Baubestands georeferenziert wurde und aus dem sich der Mindestverlauf der damaligen Küstenlinie rekonstruieren ließ (Abb. 4).

Betrachtet wurde ein 160 m langer Küstenstreifen zwischen der Steilküste im Westen und den ‚Fischerhäusern‘ im Osten. Morphologisch charakterisiert wird dieser sehr dynamische Abschnitt durch tief eingeschnittene, ausgewaschene Rinnen.

Deutlich wird, dass zu den Randbereichen im Westen und im Osten aufgrund der sich anschließenden Kaps der Küstenverlauf stetig stabiler wird und geringere Abrasion auftritt. Am stärksten ist der Verlust an Landmasse im mittleren Bereich des ver-

Zeitraum	Max. Küstenregression [m]	Max. Verlagerungsrate [m/a]	Abrasion [m ²]	Abrasionsrate [m ² /a]
3/2018–3/2017	1,80	1,80	41,00	41,00
3/2017–2015	3,10	1,55	106,00	53,00
2015–2013	2,20	1,10	97,00	48,50
2013–2007	4,50	0,75	153,00	25,50
2007–2001	11,50	1,92	415,00	69,17
2001–1878	14,50	(mind.) 0,12	(mind.) 503,00	(mind.) 4,09

Tab. 1: BOCA DO RIO. Tabellarischer Vergleich der ermittelten Abrasionsraten zwischen den einzelnen Aufnahmen von 1878 bis 2018. Erfasst wurde die anhand von 3D-Modellen, Karten, Satellitenbildern und mittels Tachymeter gemessene Abrasion im Küstenabschnitt zwischen den ‚Fischerhäusern‘ des 18. Jh. und der Steilküste (s. Abb. 4).

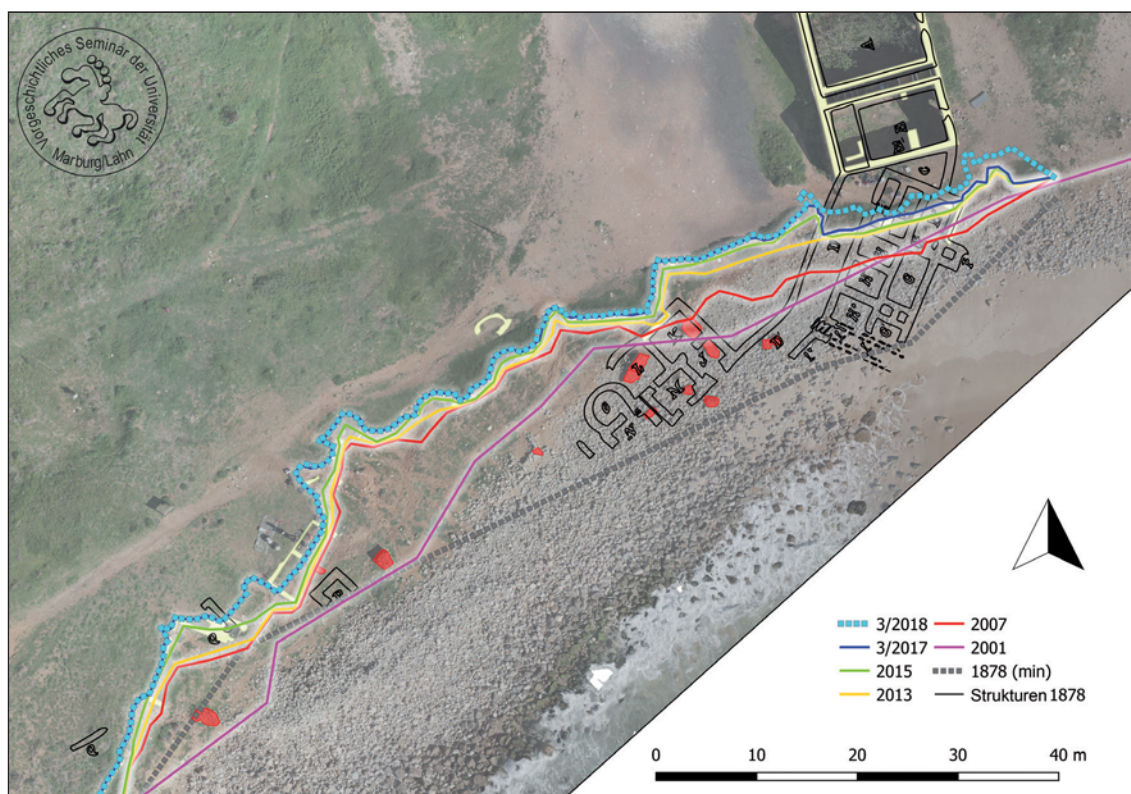


Abb. 4: BOCA DO RIO. Entwicklung der Abbruchkante seit 1878 (da Veiga 1910). Grundlage ist ein Orthophoto von März 2017.

messenen Küstenabschnitts mit allein im letzten Jahrzehnt zwischen 25,5 m² und 53 m² jährlich bei steigender Tendenz (Tab. 1). Die ermittelten Erosionsraten der letzten Jahre sind damit merklich höher und variabler als die noch von A. R. Carrasco et al. für den Zeitraum 1945–2001 festgestellte Rate von 0,3 m p.a.³³ Der Vergleich mit S. P. M. Estácio da Veigas Aufnahme zeigt das Gesamtausmaß der Zerstörung unmissverständlich. Von den 1878 noch vorhandenen, weitläufigen Baustrukturen existieren im Bereich der Abbruchkante lediglich noch drei Mauern aufrecht stehend und einige wenige in Versturzlage (Abb. 4, gelbe bzw. rote Signatur). Die weiter südlich gelegenen Strukturen wurden unwiederbringlich vom Meer erodiert.

Costa Alentejana/Tróia (UG 1)

Direkt an der Mündung des Flusses Sado in den Atlantik, in der *civitas Salacia*, liegt das Untersuchungsgebiet 1, das römische *Garum*-Produktionszentrum Tróia. Mit der in unmittelbarer Nähe gelegenen Stadt *Caetobriga*, dem heutigen Setúbal, eingebunden in ein Netzwerk aus verschiedenen Produktionsgewerben und Fischereibetrieben im Ästuar

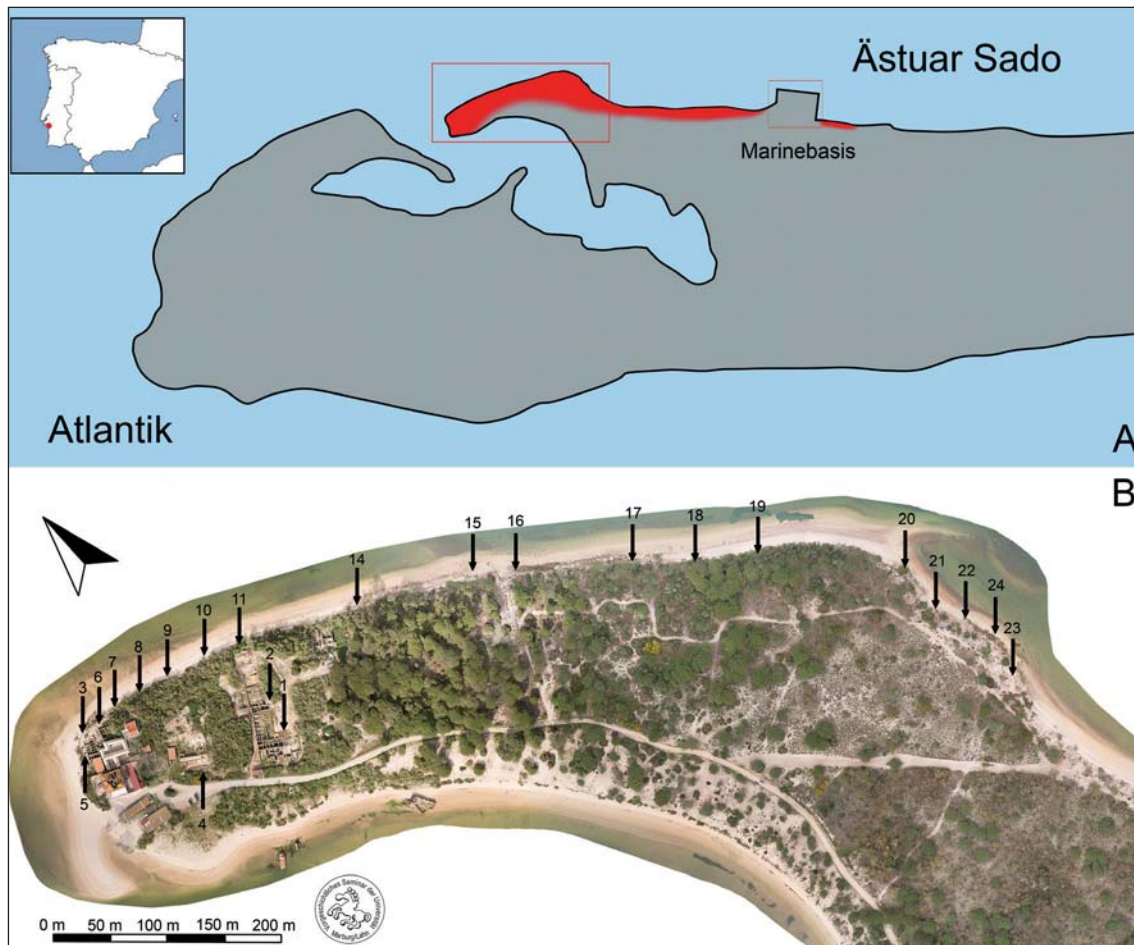


Abb. 5: TRÓIA. A: Verortung und Ausdehnung der Fundstelle (rot) mit Abdeckung des Orthophotos (Kasten) (B). Aufgrund einer nahen Marinebasis sind dazu weiter süd-östlich keine genauen Daten zu generieren. B: Lage der einzelnen Gewerbebauten auf einem Orthophoto aus einem hochauflösten 3D-Modell von 2018.

des Sado, wurde dieser Siedlungsraum zu einem mindestens vom 1. bis ins 5. Jh. bestehenden Zentrum für die Produktion von Fischsauce.³⁴ Die geoarchäologischen Feldarbeiten laufen, einschließlich der Vorarbeiten, in enger Kooperation mit den örtlichen Kollegen des Tróia Resort seit 2015.

Entlang des Ästuars konnten bislang auf einer Länge von fast 2 km 29 Gewerbeanlagen unterschiedlicher Größe identifiziert werden (Abb. 5). Diese sich durch rechteckige, um zentrale Arbeitsbereiche angeordnete Produktionsbecken zur Fischverarbeitung auszeichnenden Anlagen werden seit dem 18. Jh. freigelegt.³⁵ Ausgehend von diesen ersten von der späteren portugiesischen Königin Maria I. veranlassten Grabungen konzentrierte sich die Forschung im 20. Jh. auf die nördlichen Siedlungsbereiche. 1994 veröffentlichte eine französische Arbeitsgruppe eine erste monographische Studie

zu Tróia.³⁶ Seit 2006 befindet sich das Gelände im Besitz eines privaten Unternehmens, welches im Bereich der Halbinsel eine Ferienanlage betreibt und entsprechend einer Vereinbarung mit dem portugiesischen Staat für den Erhalt der Ruinen verantwortlich ist.³⁷

Durch die massive äolische Überprägung, welche in Teilen wohl schon zum Ende der römischen Okkupation einsetzte, hat sich ein Großteil der antiken Produktionsstätte bis heute unter Sanddünen erhalten. Da Teile der Anlage in unmittelbarer Nähe zum Ufer des Ästuars und sogar unterhalb des Meeresspiegels liegen, sind jedoch Bereiche dieser bislang weitgehend unberührten archäologischen Archive akut bedroht; regelhaft gehen Teile des Baubestandes durch die während der Wintermonate auftretenden heftigen Atlantikstürme verloren. Der Aufbau einer vornehmlich aus lockeren Sanden bestehenden Nehrung schützt nur wenig, weil sie der Erosion bei Sturmfluten kaum Widerstand leisten kann. Während solcher extremen Wellenereignisse ist zudem der Grundwasserspiegel in Küstennähe erhöht und das in die Bucht eindringende Meerwasser verstärkt zusätzlich den Erosionseffekt. Frequenz und Magnitude von Sturmfluten werden aufgrund der globalen Erwärmung in Zukunft zunehmen und die Küstenabrasion wird fortschreiten. Während der zukünftige Verlust der Bausubstanz bislang lediglich aus Sicht der präventiven Denkmalpflege beachtet wurde, ist ein rückwärtiger Blick auf den bereits eingetretenen Abtrag und dessen (nun fehlende) Aussagekraft bzgl. des Siedlungsbildes notwendig, wurde bislang aber nicht systematisch beachtet. Zur Erstellung realistischer Zukunftsszenarien ist daher die eingehende Untersuchung der aktuellen Erosionsprozesse notwendig.

Archäologie

Während der Grabungskampagnen 2017 und 2018 konnten stratigraphische Untersuchungen in Produktionsbecken zur Fischverarbeitung der Gewerbebauten 18 und 23 durchgeführt werden (vgl. Abb. 5, 6). Dabei wurden deutliche Unterschiede in der baulichen Entwicklung fassbar. Während das ergrabene Produktionsbecken in Bau 23 in seinen Maßen offenbar über die gesamte Nutzungsdauer erhalten blieb, ließen sich in Gewerbebau 18 auch entsprechende Umbauten nachweisen, zu welchen trotz der starken Beschädigung der Struktur durch das Meer (Gezeiten, Winterstürme) noch wertvolle stratigraphische Beobachtungen gelangen. Von den drei ursprünglichen Produktionsbecken 1, 2 und 3 waren die dem Ästuar des Sado exponierten Bereiche inzwischen vollständig freigespült (Abb. 6). In dem vom Ästuar abgewandten, landseitigen Bereich hatte sich dagegen noch die antike Stratigraphie erhalten, weshalb sich die Arbeiten auf diesen Teil konzentrierten. Insgesamt können nunmehr mindestens zwei Nutzungsphasen abgegrenzt werden. Die erste bezieht sich auf die Errichtung des gesamten Gewerbebaus, von welchem sich aktuell noch drei Becken identifizieren lassen: Das sind, abgesehen von dem beschriebenen mehrphasigen Becken 1, die Reste eines horizontal

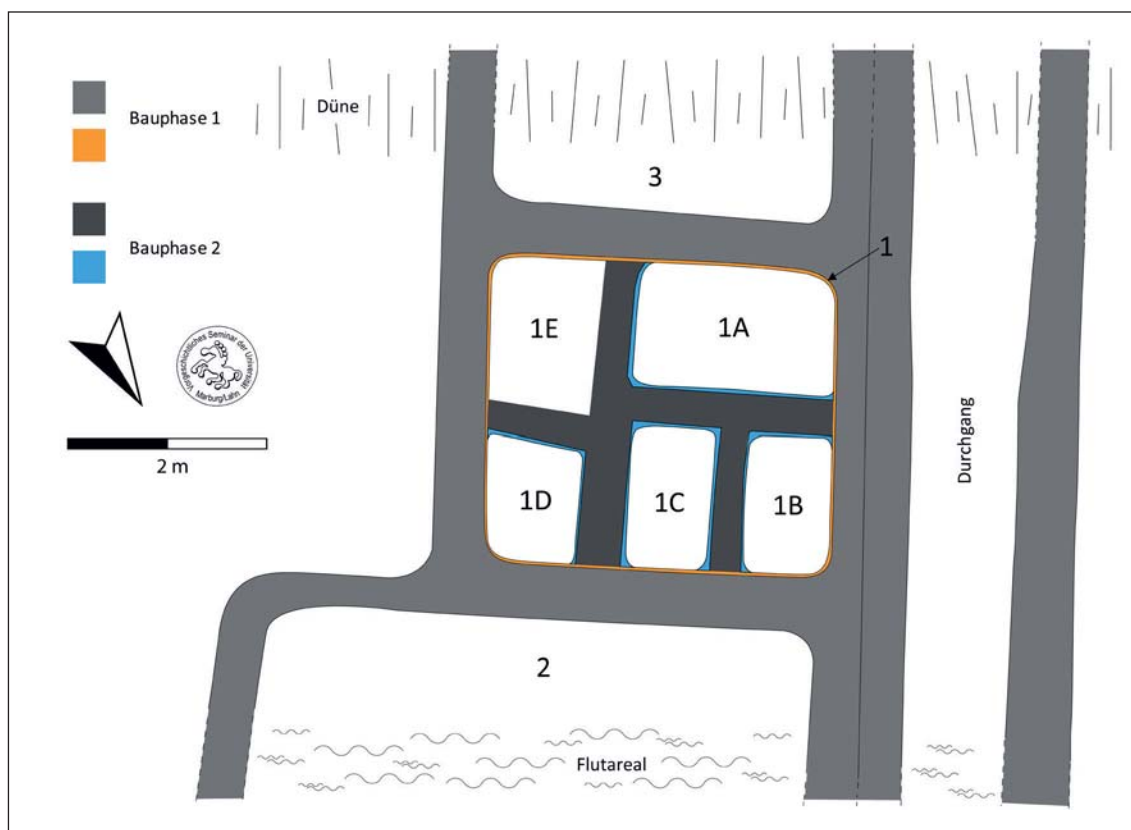


Abb. 6: TRÓIA. Gewerbebau 18 mit späten Umbauten im Bereich des zur Herstellung von Fischsaucen und gesalzenem Fisch genutzten Produktionsbeckens 1. Richtung Nordosten befindet sich die Strandlinie bei Flut, Richtung Südwesten der rezente Dünenkamm. Zur Lage vgl. Abb. 5B.18.

liegenden, meerwärts gewandten großen Beckens 2 sowie eines noch geschützt unter Dünensand liegenden Beckens 3. In der zweiten Bauphase wurden in das ursprüngliche Becken 1 mehrere Quermauern eingebracht, welche das ursprünglich knapp $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ große Becken in fünf kleinere Segmente 1A–1E teilen. Dazu wurden die neu errichteten Mauern mit *opus signinum* verkleidet und die noch bestehende ältere Beckenverkleidung weiterverwendet. Interessanterweise wurde in der Osthälfte aber durch eine abweichend orientierte Quermauer nur ein Becken abgetrennt (1D), der zweite Teil (1E) dagegen komplett verfüllt. Diese Einfüllung bestand im Bereich des ursprünglichen Beckenbodens zu großen Teilen aus Keramikmaterial, welches den Beginn der jüngeren Nutzungsphase in die erste Hälfte des 4. Jh. datiert.

Monitoring

Durch die zu beobachtende klimatische Veränderung (*Global warming*) und die damit einhergehende Häufung von Wetterextremen muss davon ausgegangen werden, dass die Zerstörung archäologischer Zeugnisse auf lange Sicht unabwendbar voranschreiten wird.³⁸ Durch die bereits eingetretenen Zerstörungen – deren Auswirkungen auf die Anlage im Detail kaum bekannt sind – wird allerdings auch die moderne Interpretation des Siedlungsbildes mitbestimmt. Im Sommer 2015 wurde daher damit begonnen, neben den Sicherungs- und Rettungsgrabungsarbeiten auch eine photogrammetrische Dokumentation der Fundstelle zu erstellen. Neben großflächigen Luftbildaufnahmen mittels Drohne (UAV)³⁹ erfolgten detaillierte Photostrecken der einzelnen Dokumentationseinheiten vom Boden aus. Aus den gewonnenen Datensätzen konnten georeferenzierte dreidimensionale Modelle erstellt werden, die den jeweils aktuellen Zustand wiedergeben, das detaillierte Vergleichen der voranschreitenden Küstenveränderung zulassen und die Rekonstruktion vergangener Prozesse ermöglichen sollen.

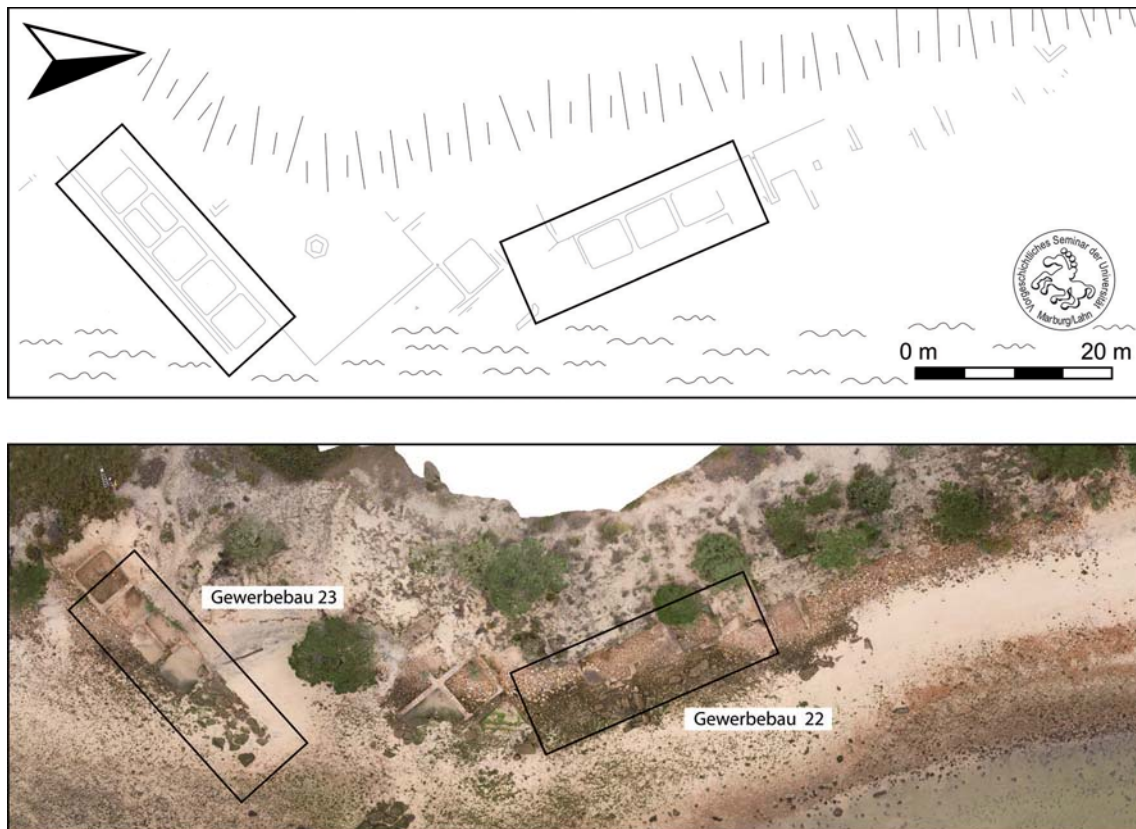


Abb. 7: TRÓIA. Oben: Ausschnitt der von der portugiesischen Denkmalpflege bis 2006 erstellten Aufnahme aller Baubefunde. Unten: Orthophoto aus 3D-Modell desselben Küstenabschnitts im Jahr 2018.

Der Vergleich der Daten aus den Jahren 2006 und 2018 lässt einen signifikanten Rückzug der Küstenlinie erkennen. Am deutlichsten zeigt sich der Verlust an Bausubstanz aber in der Gegenüberstellung der Bauaufnahme der portugiesischen Denkmalpflege aus dem Jahre 2006 und den aktuellen Daten (Abb. 7).⁴⁰ Deutlich erkennbar ist die voranschreitende Zerstörung im Bereich der Gewerbebauten 22 und 23 aufgrund der abradierenden Wirkung der Meereswellen durch Gezeiten und Winterstürme. Ein solches Befundbild ergibt sich aber nicht nur an diesem neuralgischen Punkt, sondern lässt sich entlang der gesamten Küste aufzeigen.⁴¹ Es ist auch Ausdruck eines sehr dynamischen Gesamtsystems, welches durch gleichzeitige Erosion der unkonsolidierten Sedimente im Osten und Wachstum der Nehrung im Nordwesten zur Verlagerung der Halbinsel in Richtung Nordwesten führt.⁴²

Zusammenfassung

In Zusammenarbeit mit portugiesischen und spanischen Projektpartnern erforschen Wissenschaftler der Universitäten Marburg und Köln sowie der RWTH Aachen drei der Schlüsselbefunde zur maritimen Wirtschaft Hispaniens, nämlich das baetische *Baelo Claudia* (Bologna) sowie die beiden hier behandelten lusitanischen Fischereisiedlungen Tróia und Boca do Rio mit den Methoden der Geoarchäologie.

Veränderungen der Küste waren in der Antike ebenso wie heute ein wesentlicher, die maritime Wirtschaft, den Handel und die Siedlungstätigkeit beeinflussender Faktor. Die dokumentierte Situation auf den untersuchten römischen Fundstellen Tróia und Boca do Rio kann als Spiegelbild ähnlicher Prozesse während der Kaiserzeit im lusitanischen Litoralbereich gewertet werden – etwa durch Tektonik und Meeresspiegelschwankungen.⁴³ Zur Abschätzung von Ausmaß und Form des antiken Siedlungsbildes und dessen Entwicklung im Zusammenspiel mit dem Naturraum bildet das beschriebene Monitoring einen ersten systematischen Ansatz. In Tróia kann die stetige Veränderung und die damit einhergehende Beeinflussung der Anlage sowohl in der Antike als auch in der Moderne nun präziser gefasst und auf lange Sicht weiterverfolgt werden. Wie oben gezeigt, lassen sich für diese antiken Gewerbeanlagen bei genauer Analyse zahlreiche Phasen des Umbaus und der Anpassung aufzeigen. Gleiches gilt für Boca do Rio, welches sich immer mehr als bedeutendes Referenzgebiet für die Erforschung von Resilienz und Vulnerabilität von römischen Küstensiedlungen in Lusitanien herauskristallisiert. Gerade die modernen Messverfahren der Geophysik erlauben eine neue Sicht auf diese seit 140 Jahren erforschte Fundstelle, deren vermutlich ursprüngliche Hafenanbindung – analog zum Beispiel der Ansiedlung auf dem Cerro da Vila (Vilamoura) – bis zur endgültigen Verlandung des Ästuars die Grundlage des Lebens, Handels und Wirtschaftens gewesen war („Life cycle of a port“).

Anmerkungen

¹ Wilson 2006; Teichner 2014b. Unterstrichen wird die Bedeutung des maritimen Sektors für die hispanische Wirtschaft zudem durch die weitläufige Distribution der aus Hispanien stammenden, bereits gut untersuchten Amphoren. Zur hispanischen Wirtschaft Saller 2001; Wilson 2006, Abb. 1; Marzano 2014; zu den Amphoren allgemein Wilson 2008; 2009. Zu Hispanien Teichner – Peña 2010/11; Étienne – Mayet 2002.

² Vulnerabilität komplexer römischer Produktionsnetzwerke an der südhispanischen Atlantikküste; DFG-GZ.: TE 580/8-1, RE 1361/28-1, BR 877/36-1.

³ Leidwanger et al. 2013.

⁴ Teichner 2008, 557–570; D. Bernal-Casasola, Atlantic-Mediterranean Excellence Network on Ancient Fishing Heritage RAMPPA <<http://ramppa.ddns.net/>> (15.03.2019).

⁵ Lagostena 2001; Teichner 2008.

⁶ Wilson 2006; 2008; 2009; Teichner 2014b. Zur Aufgabe der bis dahin verwendeten Amphorentypen Dresdel 12–13/14 bzw. Beltrán III/IVa im Gegenzug zu den ‚lokal lusitanisch produzierten‘ Almagro 50, 51 a/b, 51 c; vgl. Curtis 1991; Reynolds 2010; 2013; Mayet – Tavares 2016.

⁷ Allgemein zu Tsunamis im Untersuchungsgebiet Lario et al. 2011. Zu Tsunami- und Erdbebenspuren in Baelo Claudia: Grützner et al. 2010; Reicherter et al. 2010; Bernal-Casasola et al. 2015; Röth et al. 2015. Hinweise auf Tsunamis in Boca do Rio: Dawson et al. 1995; Costa et al. 2012; Font et al. 2013; bzw. Tróia: Rebelo et al. 2013; Costas et al. 2015.

⁸ Teichner et al. 2014; Teichner 2016.

⁹ Slim et al. 2004, 251 f.; Teichner et al. 2014; Teichner 2014a.

¹⁰ In Kooperation mit der Leiterin des Archäologischen Parks Tróia Inês Vaz Pinto, Tróia Resort.

¹¹ In Kooperation mit João Pedro Bernardes (Universidade do Algarve) und Ricardo Soares (Câmara Municipal Vila do Bispo).

¹² In Kooperation mit Darío Bernal-Casasola (Universidad de Cádiz) und Ivan García-Jiménez (Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia/Bolonia).

¹³ Bernardes et al. im Druck; Hermann et al. im Druck.

¹⁴ Röth et al. 2015, 422 f.

¹⁵ Röth et al. 2015, 421; Bernal-Casasola et al. 2015.

¹⁶ Teichner et al. 2014; Teichner 2014a; 2016; zur Kooperation: Bernardes et al. 2018.

¹⁷ Bestes Vergleichsgebiet ist hier derzeit das Ästuar der Ribeira de Quarteira mit der römischen Fundstelle auf dem Cerro da Vila, vgl. Teichner et al. 2014; Teichner 2014a; 2016; 2017a/b.

¹⁸ Allen 2003; Font et al. 2013; Feist et al. 2019.

¹⁹ Hindson – Andrade 1999; Hindson et al. 1999.

²⁰ Zur ‚Entdeckung‘ der römischen Ruinen: Bernardes – Medeiros 2016, 266; zum Tsunami 1755 u. a. Dawson et al. 1995; Hindson et al. 1999; Allen 2003; Costa et al. 2012; Font et al. 2013.

²¹ Estácio da Veiga 1910; Bernardes – Medeiros 2016; Teichner 2016, 243 f.; Teichner – Mañas Romero 2018.

²² Bernardes et al. 2008.

²³ Die ersten 2008 durchgeführten geomagnetischen und geoelektrischen Untersuchungen konzentrierten sich auf Flächen im Westteil und erschlossen somit das Gesamtbild der Anlage nicht, vgl. Teichner et al. 2014; Teichner 2014a; 2016.

²⁴ Feist et al. 2019.

²⁵ Im Rahmen der Geländearbeiten wurden Messungen im Siedlungsareal mithilfe der drei genannten Methoden durchgeführt, von welchen hier nur die Ergebnisse der Geomagnetik vorgestellt werden (Abb. 3). Obgleich es sich bei der Geomagnetik um ein in der Geoarchäologie etabliertes Verfahren zur Flächenkartierung handelt, muss der die Interpretationsmöglichkeiten leicht einschränkende Umstand erwähnt werden, dass es sich bei den Messungen um sog. Blockmessungen handelt, deren Messdaten wenige Zentimeter über der Oberfläche erhoben werden. Sich eventuell überlagernde Anomalien im Untergrund (etwa verschiedene Mauerzüge unterschiedlicher Bauphasen) lassen sich mit diesem Verfahren stratigraphisch nicht trennen, sondern werden in einem Messwert vereinigt.

²⁶ Bernardes et al. 2008; Bernardes – Medeiros 2016.

²⁷ Alves 1997.

²⁸ Vgl. Alves 1997; Bernardes et al. 2008.

²⁹ Vgl. Teichner – Mañas Romero 2018.

³⁰ In ihrer lagunenparallelen Anlage ähnelt die Struktur sehr den vor wenigen Jahren gegrabenen Befunden auf dem Cerro da Vila (Vilamoura), vgl. insb. Teichner 2017a, auch Teichner 2014a; 2016; 2017b.

³¹ Carrasco et al. 2007.

³² „Structure from Motion“ beschreibt die algorithmengesteuerte Rekonstruktion dreidimensionaler Körper („structure“) aus von verschiedenen Blickwinkeln aufgenommenen Photographien („motion“). In diesem Falle wurden Bilderserien (Senkrechtaufnahmen) von einer ca. 50 m über dem Grund fliegenden ferngesteuerten Drohne aufgenommen, mit deren Hilfe hochaufgelöste Oberflächenmodelle (DOM) berechnet wurden.

³³ Carrasco et al. 2007.

³⁴ Vaz Pinto et al. 2012, 146–147.

³⁵ Vaz Pinto et al. 2012, 145.

³⁶ Étienne et al. 1994.

³⁷ Aktuell laufen vor Ort unterschiedlichste Forschungsprojekte unter der Leitung von Inês Vaz Pinto, welche sich neben der archäologischen Untersuchung unter anderem mit dem Erfassen von meteorologischen und seismischen Daten befasst, um Sicherungskonzepte für die Zukunft zu erarbeiten („STORM“-Projekt), vgl. Brum et al. 2017, 62–68.

³⁸ Field et al. 2013, 491. In der Vergangenheit konnte eine transgressive Entwicklung der Küstenlinie bereits nachgewiesen werden; auch wurden stellenweise Sicherungsmaßnahmen für die archäologischen Zeugnisse ergriffen: Silveira et al. 2014, 171.

³⁹ Unmanned aerial vehicle; DJI Phantom 1, Finwing Penguin, DJI Mavik Air in der Modellvariante Frühjahr 2018.

⁴⁰ Stand März 2018.

⁴¹ Magalhães et al. 2018.

⁴² Costas et al. 2015.

⁴³ Douglas 1991; Boski et al. 2002.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: eigene Darstellung. – Abb. 2: Bearbeitung F. Hermann auf Grundlage Google Earth 2018. – Abb. 3: F. Hermann. – Abb. 4: Zusammenstellung F. Hermann, Photo S. Seyfried, beide Univ. Marburg. – Abb. 5: K. Paul. – Abb. 6: K. Paul. – Abb. 7: Oben: Bearbeitung K. Paul nach IPPAR Tróia Resort. Unten: K. Paul. – Tabelle 1: F. Hermann.

Literaturverzeichnis

Allen 2003

H. D. Allen, A Transient Coastal Wetland: From Estuarine to Supratidal Conditions in Less than 2000 Years. Boca do Rio, Algarve, Portugal, *Land Degradation & Development* 14, 2003, 265–283.

Alves 1997

F. J. S. Alves, Em Torno dos Projectos da Boca do Rio e do Océan. *Setúbal Arqueológica* 11–12, 1997, 225–239.

Bernal-Casasola et al. 2015

D. Bernal-Casasola – J. A. Expósito – J. J. Díaz – M. Bustamante – M. Lara – J. M. Vargas – R. Jiménez-Camino – M. Calvo – M. Luaces – M. A. Pascual – E. Blanco – L. Hoyo – J. A. Retamosa – A. Durante – N. Muñoz – A. Bellido, Evidencias arqueológicas de desplomes parmentales traumáticos en las Termas Marítimas de Baelo Claudia. *Reflexiones arqueosismológicas. Cuaternario y Geomorfología* 29 (1–2), 2015, 119–136.

Bernardes et al. 2008

J. P. Bernardes – A. S. Martins – M. R. Ferreira, Boca do Rio (Budens, Lagos). História e Perspectivas de Investigação de uma das mais Emblemáticas Estações Arqueológicas Romanas do Algarve, in: *Promontoria Monográfica 10. Hispania Romana = Actas do IV CAP (Faro 2008)* 115–124.

Bernardes et al. im Druck

J. P. Bernardes – F. Teichner – F. Hermann – R. Soares, Novos dados do sítio pesqueiro romano do Boca do Rio, in: *Actas del X Encuentro de Arqueología del Suroeste Peninsular Zafra 9.–11. Noviembre 2018 (im Druck)*.

Bernardes – Medeiros 2016

J. P. Bernardes – I. E. Medeiros, Boca do Rio (Budens, Vila do Bispo). Novos dados de uma villa piscícola romana, *Revista Portuguesa de Arqueologia* 19, 2016, 265–286.

Boski et al. 2002

T. Boski – D. Moura – C. Veiga-Pires – S. Camacho – D. Duarte – D. B. Scott – S. G. Fernandes, Post-glacial Sea-level Rise and Sedimentary Response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain Border. *Sedimentary Geology* 150, 2002, 103–122.

Brum et al. 2017

P. Brum – I. Vaz Pinto – A. P. Magalhães – F. Santos – J. Müller, The STORM Project and Coastal Erosion. The Case of Tróia (Portugal), *Skyllis* 17, 2017, 62–68.

Carrasco et al. 2007

A. R. Carrasco – Ó. Ferreira – A. Matias – J. A. Dias, Historic Monuments Threatened by Coastal Hazards at Boca do Rio, Algarve, Portugal, *Coastal Management* 35, 2007, 163–179.

Costa et al. 2012

P. J. M. Costa – C. Andrade – M. C. Freitas – M. A. Oliveira – V. Lopes – A. G. Dawson – J. Moreno – F. Fatela – J.-M. Jouanneau, A Tsunami Record in the Sedimentary Archive of the Central Algarve Coast, Portugal: Characterizing Sediment, Reconstructing Sources and Inundation Paths, *The Holocene* 22, 2012, 899–914.

Costas et al. 2015

S. Costas – L. Rebêlo – P. Brito – C. I. Burbidge – M. I. Prudêncio – D. FitzGerald, The Joint History of Tróia Peninsula and Sado Ebb-Delta, in: G. Randazzo – D. W. T. Jackson – J. A. G. Cooper (eds.), *Sand and Gravel Spits (Cham 2015) 79–102 (= Coastal Research Library 12)*.

Curtis 1991

R. I. Curtis, *Garum and Salsamenta. Production and Commerce in Materia Medica*, *Studies in Ancient Medicine* 3 (Leiden 1991).

Dawson et al. 1995

A. G. Dawson – R. Hindson – C. Andrade – C. Freitas – R. Parish – M. Bateman, Tsunami Sedimentation Associated with the Lisbon Earthquake of 1 November AD 1755: Boca do Rio, Algarve, Portugal, *The Holocene* 5, 1995, 209–215.

Douglas 1991

B. Douglas, Global Sea Level Rise, *Journal of Geophysical Research*, 96 (C4), 1991, 6981–6992.

Estácio Da Veiga 1910

S. P. M. Estácio da Veiga, *Antiguidades monumentaes do Algarve – Capitulo V, O Arqu. Português* 15, 1910, 209–233.

Étienne et al. 1994

R. Étienne – Y. Makaroun – F. Mayet, *Un grand complex industriel à Tróia (Portugal)* (Paris 1994).

Étienne – Mayet 2002

R. Étienne – F. Mayet, *Salaisons et sauce de poisson hispaniques, Trois clés pour l'Économie de l'Hispanie romaine II* (Paris 2002).

Feist et al. 2019

L. Feist – S. Frank – P. Bellanova – H. Laermanns – C. Cämmerer – M. Mathes-Schmidt – P. Biermanns – D. Brill – P. Costa – C. Andrade – F. Teichner – H. Brückner – J. Schwarzbauer – K. Reicherter, Palaeoenvironmental Changes and Vulnerability to Extreme Wave Events in Boca do Rio, Algarve Coast, Portugal, *Sedimentary Geology* 389, 2019, 147–160.

Font et al. 2013

E. Font – C. Veiga-Pires – M. Pozo – S. Nave – S. Costas – F. Ruiz Muñoz – M. Abad – N. Simões – S. Duarte – J. Rodríguez-Vidal, Benchmarks and Sediment Source(s) of the 1755 Lisbon Tsunami Deposit at Boca do Rio Estuary, *Marine Geology* 343, 2013, 1–14.

Grützner et al. 2010

C. Grützner – K. Reicherter – P. G. Silva, Comparing Semiquantitative Logic Trees for Archaeoseismology and Paleoseismology: The Baelo Claudia (southern Spain) Case Study, *Geological Society of America Special Paper* 471, 2010, 129–143.

Hermann et al. im Druck

F. Hermann – L. Feist – F. Teichner – J. P. Bernardes – K. Reicherter – H. Brückner, Vulnerability of Roman coastal settlements in the Algarve (Portugal). Boca do Rio as an emblematic example of a key marine industry, in: M. Álvarez Martí-Aguilar – F. Machuca Prieto (eds.), *Historical Earthquakes and Tsunamis in the Iberian Peninsula – An Interdisciplinary Dialogue*. Springer Earth Science Series (im Druck).

Hindson – Andrade 1999

R. Hindson – C. Andrade, Sedimentation and Hydrodynamic Processes Associated with the Tsunami Generated by the 1755 Lisbon Earthquake, *Quaternary International* 56, 1999, 27–38.

Hindson et al. 1999

R. Hindson – C. Andrade – R. Parish, A Microfaunal and Sedimentary Record of Environmental Change within the Late Holocene Sediments of Boca do Rio (Algarve, Portugal), *Geologie en Mijnbouw* 77, 1999, 311–321.

Field et al. 2013

C. B. Field – V. Barros – T. F. Stocker – D. Qin – D. J. Dokken – K. L. Ebi – M. D. Mastrandrea – K. J. Mach – G.-K. Plattner – S. K. Allen – M. Tignor – P. M. Midgley, Intergovernmental Panel on Climate Change Report IPCC AR5 2013 (Cambridge 2013).

Lagóstena 2001

L. Lagóstena Barrios, La producción de salsas y conservas de pescado en la Hispania romana (II a. C.–VI d. C.), *Coll. Instrumenta* 11 (Barcelona 2001).

Lario et al. 2011

J. Lario – C. Zazo – J. L. Goy – P. G. Silva – T. Bardají – A. Cabero – C. J. Dabrio, Holocene paleotsunami catalogue of SW Iberia, *Quaternary International* 242, 2011, 196–200.

Leidwanger et al. 2013

J. Leidwanger – C. Knappett – P. Arnaud – P. Arthur – E. Blake – C. Broodbank – T. Brughmans – T. Ecan – S. Graham – W. S. Green – B. Kowalzig – B. Mills – R. Rives – T. F. Tartaron – R. Van de Noort, A Manifesto for the Study of Ancient Mediterranean Maritime Networks. *Antiquity online* 342, 88, 2013 <<http://journal.antiquity.ac.uk/projgall/leidwanger342>> (03. 10. 2018).

Magalhães et al. 2018

A. P. Magalhães – I. Vaz Pinto – P. Brum, Storm: Safeguarding Cultural Heritage Through Technical and Organizational Resources Management, *Al-Madam online* 22, 2018, 171–173 <https://issuu.com/almadan/docs/al-madanonline22_1> (23. 06. 2021).

Marzano 2014

A. Marzano, *Harvesting the Sea. Exploitation of Marine Resources in the Roman Mediterranean*, Oxford Studies on the Roman Economy (Oxford 2014).

Mayet – Tavares 2016

F. Mayet – C. Tavares da Silva, Roman Amphora Production in the Lower Sado Region, in: I. Vaz Pinto – R. Roberto de Almeida – A. Martin (eds.), *Lusitanian Amphorae. Production and Distribution, Roman and Late Antique Mediterranean Pottery 10* (Lissabon 2016) 59–72.

Rebêlo et al. 2013

L. Rebêlo – S. Costas – P. Brito – M. Ferraz – M. I. Prudêncio – C. Burbidge, Imprints of the 1755 Tsunami in the Tróia Peninsula Shoreline, Portugal, *Journal of Coastal Research* 65, 2013, 814–819.

Reicherter et al. 2010

K. Reicherter – D. Vonberg – B. Koster – T. Fernández-Steeger – C. Grützner – M. Mathes-Schmidt, The Sedimentary Inventory of Tsunamis along the Southern Gulf of Cádiz (southwestern Spain), *Zeitschrift für Geomorphologie* 54, 2010, 147–173.

Reynolds 2010

P. Reynolds, *Hispania and the Roman Mediterranean AD 100–700* (London 2010).

Reynolds 2013

P. Reynolds, Transport Amphorae of the First to Seventh Centuries: Early Roman to Byzantine Period, in: W. Aylward (ed.), *Excavations at Zeugma 2* (Los Altos 2013) 93–161.

Röth et al. 2015

J. Röth – M. Mathes-Schmidt – I. Garcia-Jimenez – F. Rojas Pichardo – C. Grützner – P. G. Silva – K. Reicherter, The Baelo Claudia Tsunami Hypothesis – Results from a Multi-Method Sediment Analysis of Late Roman Deposits (Gibraltar Strait, Southern Spain), *Miscellanea INGV* 27, 2015, 418–423.

Saller 2001

R. Saller, The Non-Agricultural Economy. Superceding Finley and Hopkins?, *JRA* 14, 2001, 580–584.

Slim et al. 2004

H. Slim – P. Trouset – R. Paskoff – A. Oueslati, *Le littoral de la Tunisie. Etude géoarchéologique et historique. Etudes d'Antiquités Africaines* (Paris 2004).

Silveira et al. 2014

T. Silveira – F. Andrade – I. Vaz Pinto – A. P. Magalhães – V. Cabedal, Enchimento de Praia para Protecção das Ruínas Romanas de Tróia: Projecto e Acompanhamento Arqueológico, in: *II Encontro de Arqueologia da Arrábida, Homenagem a A. I. Marques da Costa, Setúbal Arqueológica* 15 (Setubal 2014) 259–304.

Teichner – Pons 2008

F. Teichner – L. Pons Pujol, Roman Amphora Trade across the Straits of Gibraltar: An Ancient „Anti-Economic Practice“?, *OxfJA* 27, 2008, 303–314.

Teichner – Peña 2010/11

F. Teichner – Y. Cervantes Peña, Archäologisches zur Herstellung von Olivenöl und Wein im römischen Hispanien, *BJb* 210/211, 2010/11, 95–178.

Teichner 2008

F. Teichner, Zwischen Land und Meer – Entre tierra y mar. Studien zur Architektur und Wirtschaftsweise ländlicher Siedlungen im Süden der römischen Provinz Lusitanien, *Studia Lusitana* 3 (Merida 2008).

Teichner 2014a

F. Teichner, Mensch, Umwelt, Wirtschaft: zum Landschaftsbezug wirtschaftlichen Handelns im antiken Hispanien, in: LEGE ARTIS. Festschrift für Hans-Markus von Kaenel, Frankfurter Archäologische Schriften 25 (Bonn 2014) 39–54.

Teichner 2014b

F. Teichner, Von Exportschlagern und Cash Crops. Zum Wirtschaftsleben Hispaniens, in: S. Panzram (ed.), Städte in Spanien. Moderne Urbanität seit 2000 Jahren (Mainz 2014) 81–92.

Teichner 2016

F. Teichner, A Multi-Disciplinary Approach to the Maritime Economy and Palaeo-Environment of Southern Roman Lusitania, in: I. Vaz Pinto – R. Roberto de Almeida – A. Martin (eds.), Lusitanian Amphorae. Production and Distribution, Roman and Late Antique Mediterranean Pottery 10 (Lissabon 2016) 241–255.

Teichner 2017a

F. Teichner, Cerro da Vila. A Rural Commercial Harbour beyond the Pillars of Hercules, in: J. M. Campos Carrasco (ed.), Los puertos romanos Atlánticos, Béticos y Lusitanos y su relación comercial con el Mediterráneo, Hispania Antigua Arqueológica 7 (Rom 2017) 403–435.

Teichner 2017b

F. Teichner, O estabelecimento portuário do Cerro da Vila (Vilamoura). De aglomerado Romano a aldeia Islâmica, in: Loulé. Territórios, Memórias, Identidades (Lissabon 2017) 278–291.

Teichner et al. 2014

F. Teichner – R. Mäusbacher – G. Daut – D. Höfer – H. Schneider – C. Trog, Investigações geoarqueológicas para a reconstituição da evolução do litoral algarvio durante o Holoceno – recente (7000–1000 BP), Revista Portuguesa de Arqueologia 17, 2014, 141–158.

Teichner – Mañas Romero 2018

F. Teichner – I. Mañas Romero, The Mosaics from Abicada and Boca do Rio (Portugal). A New Perspective Thirty Years Later. Abicada ve Boca do Rio (Portekiz) Mozaikleri – 30 Yıl Sonra Yeni Bir Bakış Açısı, Journal of Mosaic Research 11, 2018 (= Homenaje J. M. Blazquez), 257–271.

Vaz Pinto et al. 2012

I. Vaz Pinto – A. P. Magalhães – P. Brum, An Overview of the Fish-Salting Production Centre at Tróia (Portugal), in: Fish and Ships, Production et Commerce des *salsamenta* durant l'Antiquité. Bibliothèque d'Archéologie Méditerranéenne et Africaine 17, 2012, 145–157.

Wilson 2006

A. I. Wilson, Fishy Business: Roman Exploitation of Marine Resources, JRA 19, 2006, 525–537.

Wilson 2008

A. I. Wilson, Quantification of Fish-Salting Infrastructure Capacity in the Roman World. <http://oxrep.classics.ox.ac.uk/working%20papers/quantification_fishsalting_infrastructure_capacity_roman_world/> (03.10.2018).

Wilson 2009

A. I. Wilson, Approaches to Quantifying Roman Trade, in: A. I. Wilson – A. K. Bowman (eds.), Quantifying the Roman Economy: Methods and Problems. Oxford Studies in the Roman Economy 1 (Oxford 2009) 213–249.

**Proceedings of the
19th International Congress of Classical Archaeology**

Cologne/Bonn, 22 – 26 May 2018

Archaeology and Economy in the Ancient World

Edited by

Martin Bentz and Michael Heinzelmann

Volume 5



Edited by

Max Engel – Friederike Stock – Helmut Brückner

**Coastal Geoarchaeology in the Mediterranean –
on the Interdependence of Landscape Dynamics,
Harbour Installations and Economic Prosperity
in the Littoral Realm**

Panel 2.3

Propylaeu
SPECIALIZED INFORMATION
SERVICE CLASSICS

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek:
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie;
detailed bibliographic data are available on the Internet at <http://dnb.dnb.de>.



This work is published under the Creative Commons License 4.0 (CC BY-SA 4.0).
The cover is subject to the Creative Commons License CC BY-ND 4.0.

Propylaeum

SPECIALIZED INFORMATION
SERVICE CLASSICS

Published at Propylaeum,
Heidelberg University Library 2022.

This publication is freely available under <https://www.propylaeum.de> (Open Access).

urn: urn:nbn:de:bsz:16-propylaeum-ebook-897-2

DOI: <https://doi.org/10.11588/propylaeum.897>

Text © 2022 the authors.

Editorial Coordination: Florian Birkner, Ina Borkenstein, Christian Schöne

Editorial Staff: Stefanie Herten, Katharina Zerzeropulos

Cover illustration: Aerial view of the silted-up Roman harbour of Ephesos, western Anatolia, one of the most prominent of its kind in the ancient Mediterranean World. Photo credits: Helmut Brückner.

ISBN: 978-3-96929-073-6

e-ISBN: 978-3-96929-072-9

