

HORST D. SCHULZ – DANIEL BARRAGÁN MALLOFRET – VEITH BECKER –  
MARCUS HELMS – TANJA LAGER – ANJA REITZ und IRIS WILKE

## GESCHICHTE DES KÜSTENVERLAUFS IN DER BUCHT VON CÁDIZ UND SAN FERNANDO IM HOLOZÄN

### *1. Das Arbeitsgebiet*

Das Arbeitsgebiet erstreckt sich über die gesamte Bucht von Cádiz und hat eine Nord-Süd-Ausdehnung von etwa 30 km und eine Ost-West-Ausdehnung von etwa 20 km (Abb. 1). Als größter Fluss mündet der Río Guadalete in die Bucht, die zwischen der Halbinsel Cádiz und der Kleinstadt El Puerto de Santa María zum Atlantik geöffnet ist; er besitzt mit dem Caño de Sancti Petri zwischen San Fernando und Chiclana de la Frontera eine weitere Verbindung zum Atlantik. Der mittlere Tidenhub beträgt hier etwa 2 m. Die vorherrschende Richtung der Meeresströmung an der Atlantikküste verläuft von Nordwest nach Südost, so dass die Sedimentfrachten des Río Guadalete und des Río Guadalquivir nach Südosten transportiert werden (López-Galindo u. a. 1999).

Das Landschaftsbild in der Umgebung von Cádiz wird dominiert durch weite, ebene, erst im Holozän entstandene Marismaflächen. Diese Flächen befinden sich selten mehr als einen bis zwei Meter über dem Meeresspiegel. Der spanische Begriff *Marismas* bezeichnet sumpfige, an der Küste gelegene Landschaften, die unter dem Einfluss des Tidenhubs stehen. Die Bedeutung des Begriffes reicht dabei von noch häufig überfluteten Salzwiesen bis hin zu solchen, die nur noch ganz selten überflutet werden und auch bereits landwirtschaftlich genutzt sein können. Sie sind gebildet durch junge, bis heute fortdauernde Sedimentation. Sie werden in der Bucht von Cádiz als Salinen und zur Fischzucht genutzt oder sie liegen heute häufig brach. Große Gebiete sind heute als Naturschutz-zonen ausgewiesen und dienen vielen Zugvögeln als Überwinterungsort.

Geologisch gehört das Arbeitsgebiet zum Subbetikum, einem Element der Betischen Kordillere, dem westlichsten Ausläufer der Alpidischen Gebirge Europas. Die Betische Kordillere erstreckt sich insgesamt im südlichen Spanien von der Atlantikküste bis etwa nach Alicante. Im Südwesten setzt sie sich über die Straße von Gibraltar bis nach Nordafrika fort und streicht Richtung Nordosten bis in die Balearen. Schönenberg und Neugebauer (1997) bezeichnen ihre Baugeschichte und ihre Orogenese als echt alpinotyp und sehen sie als einen Bestandteil der Tethys. Weitere Einheiten der Betischen Kordillere sind das Guadalquivir-Becken im Norden, das Präbetikum im Osten, das Ultra-Betikum und das Betikum im Süden (Ager 1980).

An vielen Stellen ist die Bucht von Cádiz und San Fernando umgeben von Gesteinen des Pliozän und des Pleistozän. Wegen der hier gegebenen Problematik in der Festlegung der genauen Grenze zwischen Tertiär und Quartär (Bardaji u. a. 2000) wird dieser Übergangsbereich auch oft zusammengefasst als 'Pliopleistozän' bezeichnet. Die holozänen Sedimente des Arbeitsgebietes schließlich werden von Konglomeraten des Pliopleistozän und des jungen Tertiär sowie von Schichten des Subbetikum umrahmt (Mapa Geológico de España im Maßstab 1:50000). Dabei handelt es sich meist um Serien der germanischen Trias, um dolomitisch-kalkige Serien des Lias, um pelagische Kalke des Miozän und um flyschartige Serien des Oligozän.

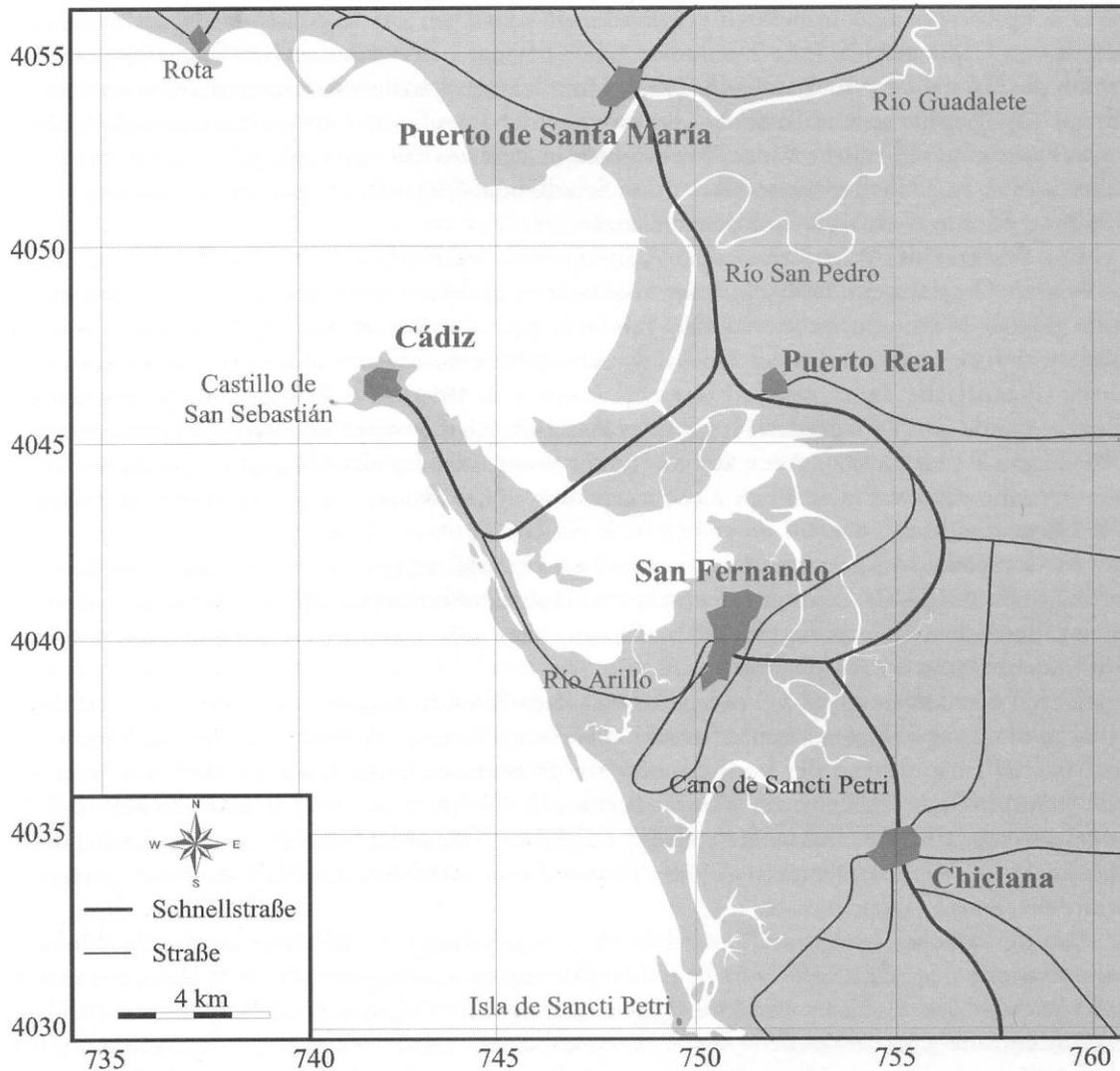


Abb. 1 Geographische Übersicht über das Arbeitsgebiet der Bucht von Cádiz und von San Fernando. Die im Spiegel der Karte eingetragenen Zahlen sind UTM-Koordinaten.

2. Fragestellung: Geschichte holozäner Küstenlinien in der Bucht

In einer alten Kulturlandschaft, wie sie die Bucht von Cádiz und San Fernando darstellt, sind die jeweiligen Siedlungsplätze und Entwicklungszentren in ihrer Lage ganz wesentlich im Bezug zur jeweiligen Küste zu sehen. Man wird also stets versuchen, für solche Plätze jeweils die Küstenlinien und die Landschaft ihrer Zeit zu rekonstruieren. Insbesondere das Umfeld der alten Inseln von Cádiz und San Fernando ist als alter Kulturplatz von besonderer Bedeutung. Für die phönizisch/punische Zeit zeigt Arteaga (1994), welch hohen Stellenwert dieses Gebiet hatte. Es hat

daher in der Vergangenheit nicht an verschiedenen Versuchen zur Rekonstruktion der ehemaligen Gestalt von Cádiz gefehlt. Eine Zusammenstellung findet sich bei Aubert (1994); aus jüngerer Zeit stammt die Darstellung von Rambaud (1997). Meist lehnen sich diese Rekonstruktionen stark an die heutige Topographie an und bewerten die Prozesse der Erosion und der gleichzeitigen Sedimentation auf sehr unterschiedliche Weise. Wir möchten in dieser Arbeit eine geologische Bearbeitung vorstellen wie sie in ähnlicher Weise bereits von Schulz u. a. (1995) für den benachbarten Bereich der Mündung des Río Guadalquivir durchgeführt wurde.

Die Struktur des plio-pleistozänen Untergrunds beschreiben z. B. Ménanteau u. a. (1989) sowie auch Gracia u. a. (2000). Mit der allgemeinen globalen Erwärmung im Anschluss an das letzte glaziale Maximum vor etwa 18000 Jahren begann ein rascher Anstieg des globalen Meeresspiegels, der sich mit Beginn des Holozän verlangsamte und seinen Höchststand vor etwa 6500 Jahren (Flandrische Transgression) erreichte (Goy u. a. 1996). Das heutige Niveau des Meeresspiegels wurde im Verlauf des Holozän wahrscheinlich nie oder nur geringfügig übertroffen (Brückner – Radtke 1990). Auch für die Bucht von Cádiz lag das Maximum der Flandrischen Transgression sehr wahrscheinlich nicht wesentlich höher als der heutige Meeresspiegel (Dabrio u. a. 1999a).

An der spanischen Atlantikküste wurden die im Pleistozän geformten Täler zu Meeresbuchten. Vertikale tektonische Bewegungen, die im späten Holozän Einfluss auf die Verlagerung von Küstenlinien hätten haben können, sind für die Bucht von Cádiz nicht quantifiziert. Allenfalls hat eine leichte Subsidenz stattgefunden (Dabrio u. a. 2000).

Durch den Sedimenteintrag – vor allem aus dem Río Guadalquivir und dem Río Guadalete – erfuhren die neu gebildeten Buchten anschließend eine bis heute fortdauernde Verlandung, wobei das Material entsprechend der vorherrschenden Strömungsrichtung küstenparallel von Nordwest nach Südost in Richtung Gibraltar transportiert wurde (Nelson u. a. 1999). Es bildeten sich zunächst vorgelagerte Sandbänke mit küstenparalleler Ausrichtung. Buchten wurden so abgeschnürt, bis sie schließlich verlandeten. Der ehemals sehr abwechslungsreiche Küstenverlauf wurde begradigt, es formte sich eine Ausgleichsküste.

Die wesentliche Motivation für die hier vorgelegte geologische Rekonstruktion der holozänen Küstenlinien in der Bucht von Cádiz bestand im Bezug zu den Fragen nach der Siedlungs- und Kulturgeschichte dieses Gebietes. Die Idee, die Auswahl des Arbeitsgebietes, die Vorplanung, die Organisation und die ganz wesentliche Unterstützung bei der Gelände-Kampagne im September/Okttober 2000 verdanken wir Herrn Prof. Dr. Oswaldo Arteaga vom Departamento de Prehistoria y Arqueología an der Universität von Sevilla und Frau Dr. Anna-Maria Roos. Sie werden parallel eine Arbeit verfassen, welche den prähistorischen, den historischen und den archäologischen Zusammenhang schildert und die geologischen Ergebnisse mit ihren Folgerungen in die Geschichte dieses Raumes einbringt.

### *3. Verlauf der Bearbeitung*

Die geologische Bearbeitung der holozänen Küstenlinien in der Bucht von Cádiz erfolgte im Rahmen von betreuten Diplomkartierungen im Studiengang Geologie/Paläontologie des Fachbereichs Geowissenschaften der Universität Bremen. Die dazu notwendigen Geländearbeiten erfolgten im September/Oktober 2000. Fünf Diplomkartierungen, die in diesem Zusammenhang entstanden (Becker 2001; Helms 2001; Lager 2001; Reitz 2001; Wilke 2001), sind zwar nicht veröffentlicht, die Autoren haben jedoch dem Fachbereich ihr Einverständnis mitgeteilt, dass diese Prüfungsarbeiten eingesehen und für eine weitere wissenschaftliche Verwendung kopiert werden dürfen. Die hier

vorgelegte Arbeit fasst die Ergebnisse der fünf geologischen Diplomkartierungen und einiger weiterführender Untersuchungen zusammen.

Es wäre sicherlich vermessen, die gesamte Bucht von Cádiz innerhalb weniger Monate in der Entwicklung ihrer Küsten im Verlaufe des Holozän so zu untersuchen, dass überall eine für die Beurteilung von Siedlungsplätzen notwendige Genauigkeit erreicht würde. Wir haben uns daher zum einen für die Erarbeitung einer größeren Übersicht über die gesamte Bucht und zum anderen für die detailliertere Untersuchung von Schwerpunkten entschieden. Ein Schwerpunkt war dabei die Insel von San Fernando<sup>1</sup> und dabei besonders ihr südwestlichstes Ende, für das eine Reihe von prähistorischen und antiken Siedlungsplätzen bekannt waren. In einer separaten Kampagne im Frühjahr 2001 erfolgte durch eine andere Gruppe und mit anderem Bohrgerät die Bearbeitung eines weiteren Schwerpunkts im Gebiet der Altstadt von Cádiz. Über diese Kampagne wird an anderer Stelle berichtet (Arteaga u. a., im Druck).

Es ergaben sich somit die folgenden Schwerpunkte der Bearbeitung:

Übersichtskartierung über die gesamte Bucht unter Verzicht auf manche Details. Diese Kartierung legte besonderen Wert auf den Küstenverlauf zwischen Chiclana de la Frontera und Puerto Real sowie auf den Verlauf der Verlandung und der Strandwälle im Bereich der Mündung des Río Guadalete und des Río San Pedro. Die Bearbeitung des Stadtgebietes von Cádiz und der Insel von San Fernando erfolgte in den anderen Schwerpunkten. Bearbeiter im Gelände waren Veith Becker und Iris Wilke.

Auf die Insel von San Fernando in ihrem gesamten Küstenverlauf konzentrierten sich Tanja Lager und Anja Reitz. Sie sparten dabei lediglich das im folgenden Punkt mit noch mehr Bohrungen bearbeitete SW-Ende der Insel aus. Allerdings erhielten sie leider und für uns unverständlich keine Zugangserlaubnis im Gebiet der Marine an der Nordspitze der Insel.

Für das südwestliche Ende der Insel waren bereits an verschiedenen Stellen alte Siedlungsplätze bekannt. Hier arbeitete Marcus Helms als Geologe mit dem Archäologen Daniel Barragán Mallofret zusammen, mit dem Ziel einer möglichst detaillierten Bearbeitung im Bereich der Küste an alten Siedlungsplätzen<sup>2</sup>.

Das Stadtgebiet von Cádiz war durch die hier verwendeten Handbohrgeräte nicht zu erschließen. Es wurde daher in einer separaten Kampagne im Frühjahr 2001 von Oswaldo Arteaga, Annette Kölling, Martin Kölling, Anna-Maria Roos, Helga Schulz und Horst D. Schulz bearbeitet. Über die dabei erreichten Ergebnisse wird in einem separaten Beitrag berichtet (Arteaga u. a., im Druck).

### 3.1. Die Arbeitsmethodik, Rekonstruktion des Ablagerungsmilieus

Die verwendete Arbeitsmethodik ist bereits für entsprechende Fragestellungen an anderen Stellen beschrieben worden (zuletzt Schulz u. a. 1995), so dass hier eine kurze Übersicht ausreichen soll. Die Grundidee besteht darin, dass jedes Sediment sein charakteristisches Ablagerungsmilieu abbildet. So können z. B. marine Ablagerungen von terrestrischen, Stillwasser-Sedimente von solchen aus bewegtem Wasser, oxische Sedimente von anoxischen unterschieden werden. Die Mächtigkeit einer marinen Sediment-Abfolge belegt die maximale Wassertiefe, der Übergang vom anoxischen zum

<sup>1</sup> Für finanzielle Unterstützung der Arbeit im Gelände sowie für viele wertvolle Hinweise und Hilfen durch die Gemeinde von San Fernando und ihre Vertreter möchten wir uns ganz herzlich bedanken.

<sup>2</sup> Wir bedanken uns für die großzügige Unterstützung unserer Arbeiten und das verständnisvolle Interesse, das wir vom Standortkommandanten des spanischen Heeres in Camposoto, Herrn Coronel Manuel Carbaldo Fernández und seinen Offizieren erfuhren.

oxischen Milieu durch den Farbwechsel von blaugrau nach rotbraun den Vorgang und die Höhenlage der Verlandung; das Auskeilen einer marinen Schicht markiert den Ort einer ehemaligen Küstenlinie. Die Sedimente in holozänen Verlandungsgebieten sind im Allgemeinen sowohl von der notwendigen Bohrtiefe her als auch vom Verfestigungsgrad noch gut mit verschiedenen Handbohrgeräten zu erschließen. Wir verwendeten in drei Gruppen von Bearbeitern drei gleiche Handbohrgeräte der Fa. Eijkelkamp (Niederlande), die sich bei ähnlichen Einsätzen bereits sehr gut bewährt hatten.

Das einfach und schnell montierbare, leichte, robuste und auf kleinstem Raum einsetzbare Bohrgerät besteht aus einem 0,7 m langen T-förmigen Griff, an den mit Hilfe von Bajonettverschlüssen zur Verlängerung des Bohrgestänges jeweils 1 m lange Stahlstangen sowie eine Bohrkronen befestigt werden können. Es wird je nach Korngrößenspektrum und Wassergehalt des zu erbohrenden Materials zwischen vier verschiedenen Bohrkronen gewählt, die sich in ihrem Öffnungsgrad unterscheiden. Gewählt werden kann zwischen der weit geöffneten Tonkrone (toniges, fest gelagertes Material), der 'Kombi'-Krone (tonig bis schluffiges, mäßig fest gelagertes Material), der Sandkrone (sandiges, locker gelagertes Material) und der ganz geschlossenen 'Riverside'-Krone (grobsandiges, kiesiges, locker gelagertes Material). Die Bohrkronen weisen einen Durchmesser von wahlweise 7 oder 10 cm auf und fassen zwischen 700 und 1500 cm<sup>3</sup>. Wir verwendeten ausschließlich den Bohrdurchmesser von 10 cm. Das erbohrte Material wird meterweise neben das Bohrloch gelegt, so dass nach Beenden der Bohrung ein Profil des Untergrundes übersichtlich aufgenommen werden kann (Abb. 2). Von Zeit zu Zeit sollte beim Bohren immer wieder eine Reinigung des Bohrlochs



Abb. 2 Ausgelegtes Bohrprofil einer Bohrung, in der eine vollständige Abfolge der holozänen Sedimentation einschließlich des darunter anstehenden Präholozän gefunden wurde. Links liegt der erste Bohrmeter, die weiteren Bohrmeter bis zur Endteufe von 6,2 m folgen jeweils nach rechts. Zum Betrachter zeigt jeweils das obere Ende eines Bohrmeters. Im Vordergrund liegt als Maßstab eine 10 cm Kombi-Bohrkrone.

durchgeführt werden, d. h., dass über die gesamte Tiefe mit einer Bohrkronen überstehendes Material entfernt und anschließend verworfen wird.

Das Handbohrgerät kann bis zu einer Bohrtiefe von etwa fünf Metern von einer Person verwendet werden. Bei größeren Bohrtiefen sind zwei Personen notwendig. Insgesamt wurden im Rahmen der Kampagne von drei Gruppen mit jeweils zwei Bearbeitern 310 Bohrungen niedergebracht. Die längste Bohrung erreichte eine Tiefe von 15,1 m unter Flur (FER 106/ FER 292). Die gesamte Bohrstrecke betrug etwa 1400 m.

Abb. 2 zeigt ein sehr charakteristisches Bohrprofil. Die Bohrung (FER 251) erreichte eine Tiefe von etwas mehr als sechs Meter. Der erste Meter liegt links im Bild und beginnt vorne. Der ganze oberste Meter und noch ein Teil des zweiten Meters sind in der braunen Farbe des dreiwertigen, oxidierten Eisens kennzeichnend für eine Ablagerung im terrestrischen Milieu, das nur gelegentlich überflutet wird und regelmäßig direkten Kontakt zur Atmosphäre besitzt. Darunter, bis etwa zur Tiefe von 5,8 m unter Flur, ist das Sediment durch die blaugraue Farbe des reduzierten Eisens bestimmt. Ein solches Sediment entsteht nur unter ständiger Wasserbedeckung. Das feinkörnige, tonig bis siltige Material belegt zudem die Ablagerung in einem Stillwasser-Bereich, der nicht wesentlich durch stärkere Strömungen oder Wellenschlag beeinflusst war. Ab etwa 5,8 m bis zur Endteufe der Bohrung von etwa 6,2 m folgt ein älteres, festgelagertes Material mit gelblichen Farben. Die nicht im Bild erkennbaren Sand- und Kiesanteile sowie rotbraune Flecken charakterisieren dieses Material als einen Paläoboden über plioleisztözem Untergrund.

Etwas generalisiert und zusammenfassend für mehrere ähnliche Bohrungen steht die Abb. 3. Darin sind sechs Sedimenttypen dargestellt, die im Folgenden zu einem Normalprofil zusammengefasst wurden. Die Beschreibung erfolgt von unten nach oben, entsprechend der Abfolge der Entstehung:

Die unterste Einheit der Abfolge besteht aus einem grünlichen bis grünlich-grauen, seltener auch gelblichen schluffigen Feinsand mit hohem Verfestigungsgrad. In vielen Bohrungen wurden kiesige Anteile und Kalkkonkretionen beobachtet. Aufgrund des hohen Verfestigungsgrades, der diskreten Grenze zu den marinen Abfolgen im Hangenden und einer Färbung des oxischen Milieus wird dieser Horizont als präholozäner Untergrund angesprochen, der im Kartiergebiet aus Schichten der Trias, des Tertiär oder des Pleistozän besteht. An einigen Stellen konnte hier auch eine Paläobodenbildung beobachtet werden.

Im Hangenden des präholozänen Untergrundes folgen marine bis brackische Ablagerungen. In den meisten Bohrungen liegen blaugraue bis graue feinsandige Schluffe direkt über dem präholozänen Untergrund. Oft sind aber auch hellgraue bis blaugraue Sande zwischengelagert. Im Normalprofil von Abb. 3 werden der Vollständigkeit halber diese Sande im Liegenden der feinsandigen blaugrauen Schluffe dargestellt, was jedoch nicht in allen Bohrungen der Fall war. Die hellgrauen bis blaugrauen Fein- bis Mittelsande mit Schalenbruchanteil werden als Strand- bzw. Barrensedimente verstanden, die sich bei hoher Strömungsintensität in zum offenen Meer exponierter und den küstenparallelen Strömungen direkt ausgesetzter Position abgelagert haben.

Im Hangenden der Barrensedimente folgen feinsandige blaugraue Schluffe. Häufig kommt hier eine für brackische Buchten typische Schnecke (*Pirenella*) vor. Diese Sedimente entsprechen einem marinen bis brackischen Ablagerungsmilieu in einer vom offenen Meer teilweise durch Barren abgeschnittenen Bucht. Das Strömungsniveau ist durch tidale Strömungen noch erhöht, es kommt zur Ablagerung von Schluffen mit hohem Feinsandanteil. Eingeschaltet in diese Schichten sind oftmals Schilllagen mit Schalenbruch und Schnecken der Gattung *Pirenella*, die bei Sturmereignissen vor allem im Winterhalbjahr abgelagert werden.

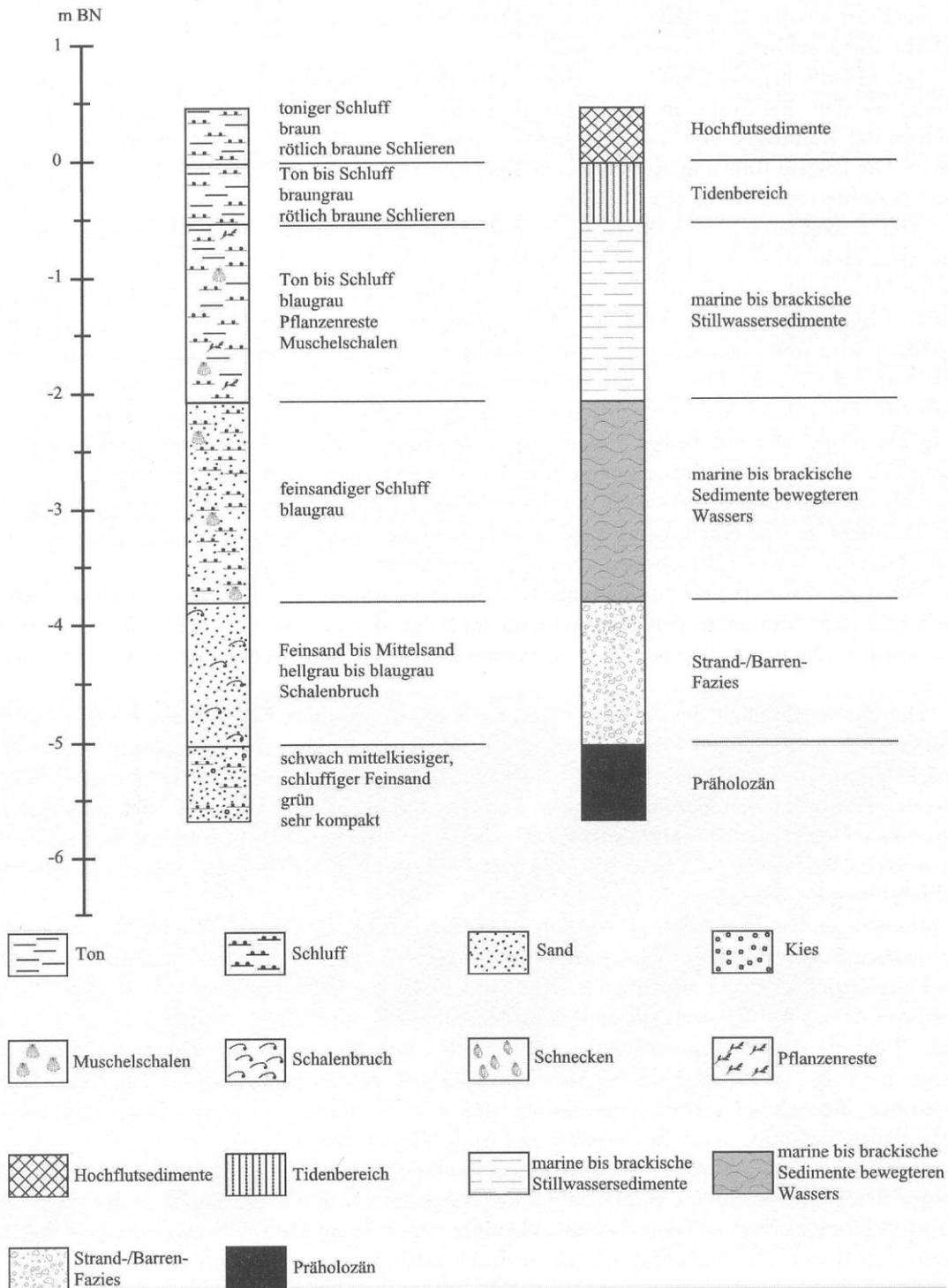


Abb. 3 Normalprofil für die meisten Bohrungen in den marinen holozänen Sedimenten der Bucht von Cádiz und die Zuordnung zu einem jeweils charakteristischen Ablagerungsmilieu (BN bezeichnet das Bezugsniveau des mittleren Meeresspiegels).

Oberhalb der marinen bis brackischen Buchtsedimente aus Bereichen mit einem höheren Strömungsniveau befinden sich meist graue bis blaugraue Ton- bis Schluffsedimente. Oftmals sind auch geringmächtige Lagen mit viel Muschelschill und vereinzelt Muschelschalen und Schnecken vorhanden. In einigen Bohrungen kommen in diesem Horizont auch Pflanzenreste vor. Die Sedimente dieser Einheit kommen in stark abgeschnürten, strömungsarmen marinen bis brackischen Buchten zur Ablagerung (Lagunen-Fazies), wobei in dünnen Schichten einzelne Sturmereignisse durch gröberes Material dokumentiert sind.

Im Hangenden der marinen Stillwassersedimente liegen braungraue Tone bis Schluffe. Rotbraune Schlieren sind fast immer zu beobachten. Häufig kommen rötliche Eisenoxidfällungen in Wurzelröhren vor. Dieser Sedimenttyp markiert den Übergangsbereich von marinen Sedimenten mit reduzierten bläulichen und grauen Farben zu terrestrischen Sedimenten mit oxidierten bräunlichen Farben. Die Ablagerung erfolgt teilweise unter oxischen, teilweise unter anoxischen Bedingungen, was durch abwechselndes Überfluten und Trockenfallen infolge des Tidenhubs und von Überschwemmungen nach starken Regenfällen verursacht wird.

Als oberste Einheit schließt sich ein brauner toniger Schluff an, der von rötlich-braunen Schlieren durchzogen ist und häufig in Wurzelröhren Eisenoxidfällungen vorweist. Diese Ablagerungen sind Hochflutsedimente, die sich vor allem durch niederschlagsbedingte Überflutungen in oxischem Milieu bildeten.

### 3.2. Siedlungsreste, Keramikfunde

Die bei der geologischen Bearbeitung gefundenen Siedlungsreste mit Oberflächenfunden von Keramik und in einzelnen Fällen auch in den Bohrungen gefundene Keramikreste sollen hier nicht weiter behandelt werden. Die archäologische Bearbeitung am südwestlichen Ende der Insel von San Fernando war Gegenstand der Magisterarbeit von Daniel Barragán Mallofret (2001) an der Universität von Sevilla. Über die gesamten archäologischen Ergebnisse wird die Gruppe von Prof. Dr. Oswaldo Arteaga in einem separaten Beitrag berichten. In den Bohrprofilen der Kartierungen sind die Keramikfunde jeweils vermerkt.

Für die geologische Rekonstruktion der Küstenlinien sind die Stellen von besonderem Interesse, wo Verlandungs-Sedimente im direkten Kontakt zu gut datierten archäologischen Objekten und Befunden stehen und damit den Vorgang der Verlandung datieren. Ein besonders schönes Beispiel zeigen die Abbildungen 4 und 5 im Verlandungsbereich südwestlich des präholozänen Kerns der Insel von San Fernando. Hier wurde eine Besiedlung von der spätpunischen über die römische bis in die mittelalterliche Zeit auf den darunter liegenden Sedimenten eines holozänen Lagunenbereiches nachgewiesen. Dabei fanden sich Reste von Gebäuden und Fundamente (Abb. 4) und auch in einer Reihe als Wasserleitung oder Entwässerungsleitung (Dränage?) ausgelegte Amphoren (Abb. 5). An einer anderen Stelle war die Produktion von Keramik belegt durch eine Anhäufung der Reste von Fehlbränden (Abfallhaufen).

Diese Besiedlung auf den verlandeten Bereichen muss also spätestens in punischer Zeit begonnen und irgendwann im späten Mittelalter oder der frühen Neuzeit ein abruptes Ende gefunden haben. Heute gehören diese Bereiche wieder zu den Marismas, und sie werden in der jüngsten Zeit sogar künstlich unter Wasserbedeckung gehalten, damit sie als synthetisches 'Natur'-Schutzgebiet verschiedenen Wasservögeln Lebensraum bieten.



Abb. 4 Römische Baureste auf marinen holozänen Sedimenten im Bereich südwestlich des präholozänen Inselkerns von San Fernando.



Abb. 5 Eine aus römischen Amphoren gelegte Wasserleitung, Abwasserleitung oder Drainage auf marinen holozänen Sedimenten im Bereich südwestlich des präholozänen Inselkerns von San Fernando.

### 3.3. Fossilfunde in den Bohrungen

In den Bohrungen wurden vielfach Muscheln und Schnecken gefunden, für die ein mariner oder brackischer Lebensraum charakteristisch ist. In Abb. 6 sind jeweils typische Vertreter abgebildet. Die in der Abbildung eingetragenen Nummern beziehen sich auf die Tabelle 1. Die Bestimmung der gefundenen Exemplare sowie ihre Zuordnung zu bestimmten Lebensräumen verdanken wir Herrn Dr. Jens Lehmann (Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen).

### 4. Die Bearbeitung der Bucht

In den folgenden Abschnitten sollen für die einzelnen Arbeitsschwerpunkte die spezielleren Fragestellungen und die durchgeführten Bohrungen in einer Übersicht jeweils geschildert werden. Eine vollkommene Aufstellung aller einzelnen Bohrergebnisse würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Wir haben uns daher entschlossen, alle Bohrungen im Internet auf der folgenden Seite bereitzustellen: <http://www.geochemie.uni-bremen.de>

Tabelle 1 Übersicht über die bestimmten Makrofossilien und deren Lebensraum.

Nr.	Name	Gattung	Art	Lebensraum
1	Spitzkreiselschnecke	Trochidae	<i>Calliostoma ziziphinus</i>	
2	Schlamm- und Kriechschnecke	Potamididae	<i>Pirenella</i>	Schlammige u. brackische Buchten und Deltas
3	Landlungenschnecke	Pulmonate?		
4	Fasanenschnecke	Phasianellide	<i>Tricolia speciosa</i>	
5		Gastropode		
6	Spitzkreiselschnecke	Trochidae	<i>Calliostoma granulatum</i>	10–240 m Schelf
7	Nussmuschel	Nuculaceane	<i>Nucula nucleus</i>	10 bis 100 m sandig-schlammig
8	Kegelschnecke	Conide	<i>Conus mediterraneus</i>	
9	Stachelschnecke	Murricide	<i>Murex brandaris</i>	
10	Netzreusenschnecke	Nassaride	<i>Nassarius incrassatus</i>	
11	Gemeine Hornschnecke	Cerithide	<i>Cerithium vulgatum</i>	
12	Herzmuschel	Cardinide	<i>Cerastoderma edule</i>	Tidal Bereich, sandiger Untergrund
13	Herzmuschel	Cardinide	<i>Timoclesa ovata</i>	
14	Mondmuschel	Lucinaceane	<i>Diplodonta rotunda</i>	Schelf, Tiefwasser
15	Venusmuschel	Veneraceide	<i>Tapes decussata</i>	
16	Plattmuschel	Tellinide	<i>Gastrana fragilis</i>	Intertidal Bereich (Watt)
17		Limopsaceide	<i>Glycymeris violascens</i>	
18	Scheidenmuschel	Solenacea	<i>Solen marginatus</i>	
19	Koralle	Skleractinian		
20	Auster	Ostreide	<i>Neopycnodonte cochlear</i>	in größeren Tiefen
21	essbare Auster	Ostreide	<i>Ostrea edulis</i>	30–80 m fester Untergrund

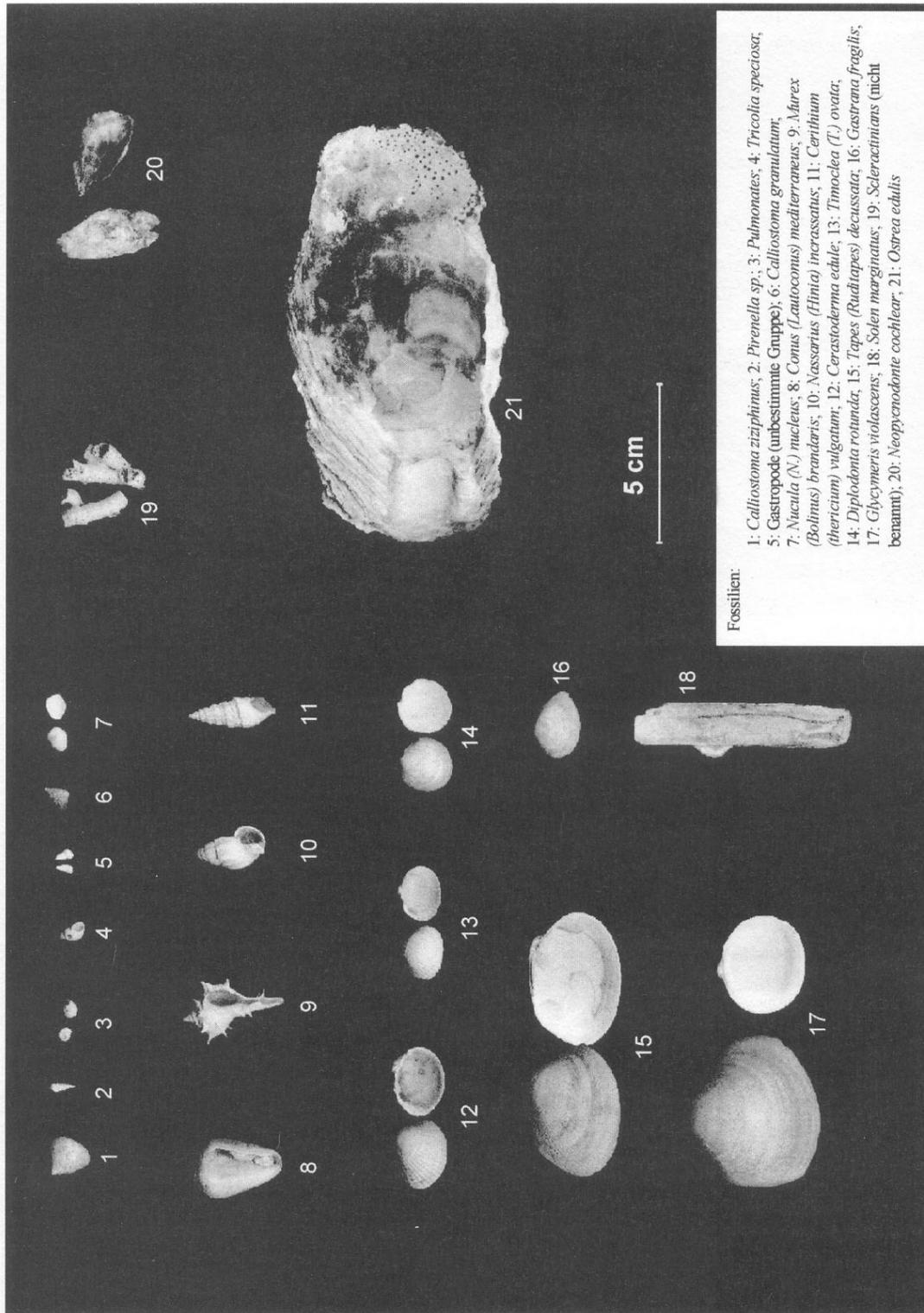


Abb. 6 Beispiele für Fossilien, die in den Bohrungen in den marinen bis brackischen Sedimenten der Bucht von Cádiz gefunden wurden. Die Bestimmungen verdanken wir Herrn Dr. Jens Lehmann (Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen). Die in der Abb. eingetragene Nummerierung bezieht sich auf die entsprechenden Nummern der Tabelle 1.

Hier sind alle Bohrerergebnisse verfügbar, können eingesehen und kopiert werden. Die Nummern der Bohrungen sind mit denen in den Abbildungen dieser Arbeit identisch. Zur genaueren Lokalisierung sind auf der genannten Internet-Seite bei allen Bohrungen aber auch die mit GPS-Geräten bestimmten UTM-Koordinaten beigefügt. Zusätzlich befinden sich alle Bohrerergebnisse in den Anhängen der o. g. fünf Diplomkartierungen, die im Fachbereich Geowissenschaften der Universität archiviert sind und die dort eingesehen bzw. kopiert werden können.

#### 4.1. Übersicht über die gesamte Bucht

Um ein geschlossenes Bild, eine Übersicht über die gesamte Bucht von Cádiz und San Fernando zu erhalten, wurden in weiträumiger Verteilung 95 Bohrungen in Verlandungssedimenten niedergebracht. Es sind dies die Bohrungen FER 201 bis FER 295, deren Lage in Abb. 7 eingetragen ist. Dabei wurde angestrebt, in etwa gleichmäßigen Abständen von 1 bis 2 km Bohrungen zu haben, aus denen eine maximale Ausdehnung der Verbreitung mariner holozäner Sedimente in der gesamten Bucht abgeleitet werden konnte. Bei der Bearbeitung dieser Übersicht wurden die Bereiche ausgespart, deren detailliertere Untersuchung in den folgenden Abschnitten näher beschrieben ist (Insel San Fernando, Siedlungsplätze südwestlich von San Fernando, Stadtgebiet von Cádiz). Selbstverständlich gingen die dort beschriebenen Bohrungen und Beobachtungen aber auch in alle Darstellungen der gesamten Bucht mit ein.

Somit musste die Bearbeitung der Gesamtbucht sich auf die folgenden vier Bereiche konzentrieren, die nicht durch die später zu beschreibenden Detail-Untersuchungen erfasst waren:

Der erste Bereich erfasst die alte Küstenlinie zwischen Puerto Real und Chiclana de la Frontera sowie weiter nach Südwesten bis zur Küste, die der Insel von Sancti Petri gegenüber liegt. Mit Ausnahme der engeren Stadtgebiete von Puerto Real und Chiclana de la Frontera konnten hier überall relativ leicht geeignete Bohrpunkte gefunden werden, weil in der heutigen Topographie sich noch durchaus gut erkennbar die maximale Ausdehnung eines ehemals marinen Bereichs abbildet. Über den Verlauf der Bohrungen FER 105, FER 201, FER 292, FER 290, FER 205, FER 204 wurde ein Profil quer zum Caño de Sancti Petri abgebohrt. Insgesamt ist dieser Bereich durch 29 Bohrungen erfasst.

Ebenfalls gut zu bearbeiten war die große Bucht des alten Mündungsbereiches des Río Guadalete. Heute ist sie ein breites, flaches Becken, das sich nur wenig über die Höhe des Meeresspiegels erhebt und von den mäandrierenden Unterläufen der Flüsse Guadalete und San Pedro durchflossen wird. Die Bucht ist heute verlandet und sie ist gegen den offenen Atlantik durch Strandwälle abgeschlossen, die nur von den beiden Flüssen durchbrochen werden. An einer Stelle wurde mit den Bohrungen FER 252, FER 251, FER 250, FER 214, FER 253, FER 215, FER 265 ein Profil von der alten Küste bis in die tieferen Bereiche der Bucht versucht. Insgesamt wurde dieser Bereich durch 32 Bohrungen erfasst.

Wesentlich problematischer in der Bearbeitung war der Bereich verschiedener Generationen von Strandwällen zwischen El Puerto de Santa María und Puerto Real, weil in den sandigen Bereichen unterhalb des Grundwasserspiegels die unverrohrten Handbohrungen nicht stehen. Somit sind meist nur Tiefen von etwa 0,5 m unter dem Grundwasserspiegel erreichbar. Wesentliche Informationen lieferten jedoch Bohrungen, die hinter den Strandwällen den Übergang zu den Lagunen-Sedimenten abklären konnten. In einem Fall (Bohrung FER 224) wurden sogar in solchen Sedimenten Siedlungsreste gefunden, die aus datierbarer Keramik und Holzresten für eine <sup>14</sup>C-Datierung bestanden. Insgesamt wurden in diesem Bereich 23 Bohrungen niedergebracht.

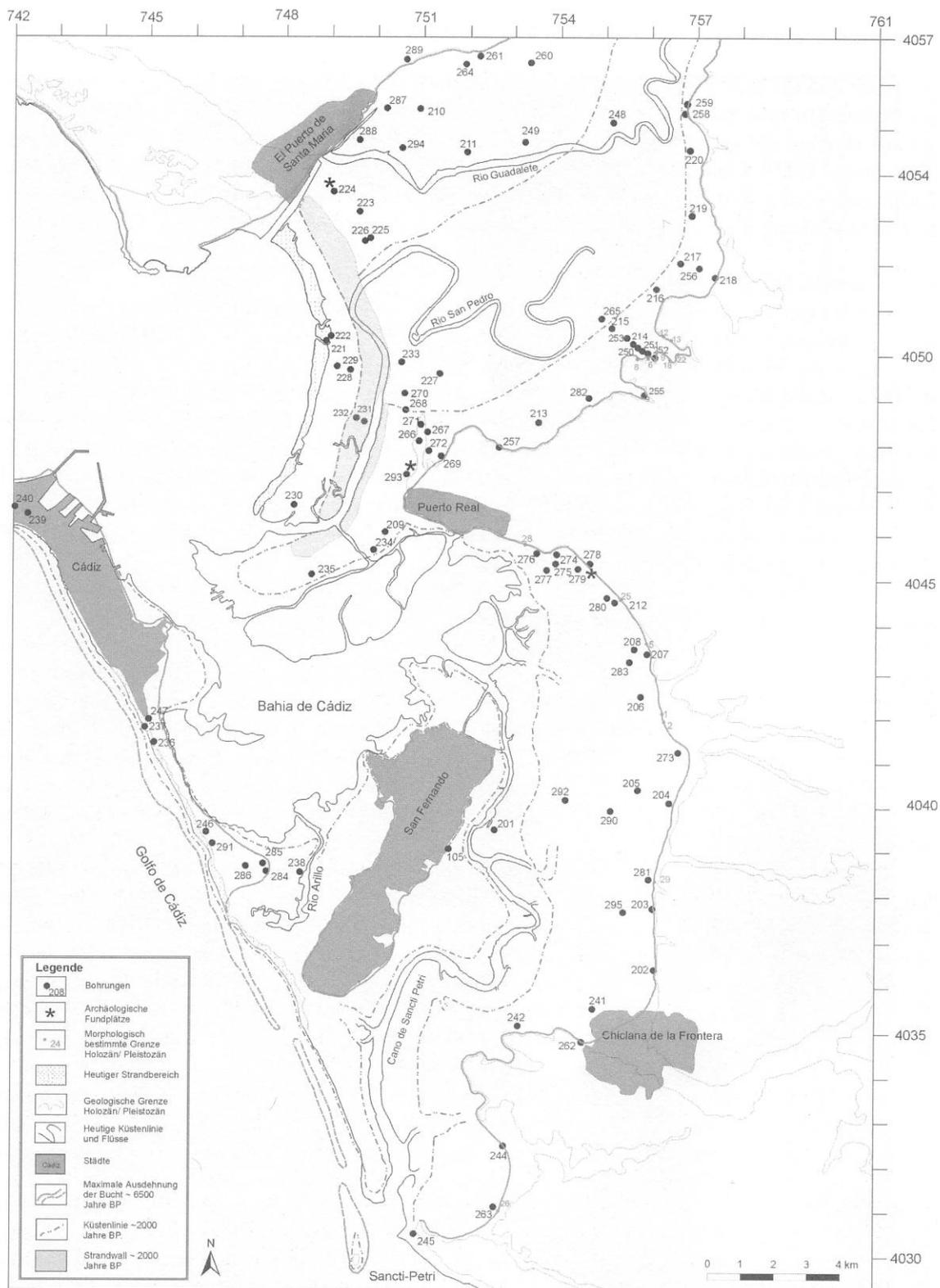


Abb. 7 Die Lage der Bohrungen, die zur Übersicht über den Prozess der Verlandung in der Gesamtbucht von Cádiz und San Fernando niedergebracht wurden. Nicht dargestellt sind Bohrungen aus den detaillierter untersuchten Gebieten. Diese Bohrungen wurden jedoch bei der Rekonstruktion der eingetragenen Küstenlinien berücksichtigt.

Der vierte Bereich betrifft die Insel bzw. Halbinsel der Stadt Cádiz und ihren Übergang zum Lagunen-Bereich der Insel von San Fernando, der heute vom Río Arillo durchflossen wird. Es sind dies auf der heutigen Landverbindung die Bohrungen FER 238, FER 284, FER 285, FER 286, FER 291, FER 246, FER 236, FER 237 und FER 247. Diese Bohrungen beschreiben den Übergang zu dem in den folgenden beiden Abschnitten detaillierter erfassten Küstenbereich um San Fernando. Die beiden Bohrungen in der Altstadt von Cádiz (FER 239 und FER 240) ergaben nur, dass dieser Bereich dem normalen Eijkelkamp-Handbohrer nicht zugänglich ist, sondern dass hier ein Motor-Bohrgerät verwendet werden muss (Separate Kampagne im Frühjahr 2001).

An einigen Stellen war im Gelände bereits an der Topographie recht gut zu erkennen, bis wohin marine holozäne Ablagerungen gereicht haben. Es sind dies Stellen, an denen die ganz horizontale Oberfläche der verlandeten Bereiche mit einem kleinen Knick in das ansteigende Gelände des präholozänen Untergrundes übergeht. Besonders, wenn man nach vielen Bohrungen solche Stellen an ihren Charakteristika im jeweiligen Arbeitsgebiet zu erkennen gelernt hat, sind solche Beobachtungen sowohl bei der Auswahl weiterer Bohrpunkte, aber auch zur Interpolation zwischen vorhandenen Bohrungen eine große Hilfe. Wir haben solche Stellen bei der Geländearbeit in ihren UTM-Koordinaten mit den GPS-Geräten eingemessen. In Abb. 7 sind sie als durchnummerierte Punkte eingetragen. Tabelle 2 enthält für diese Punkte die gemessenen UTM-Koordinaten.

#### 4.2. Küstenlinie der Insel von San Fernando

Im Zentrum der Kampagne stand die aus präholozänem Material gebildete Insel von San Fernando. Hier wurde versucht, die alte Küstenlinie mit Bohrungen im Abstand von nur 100 bis 200 m zu fassen. Dies ist im Grad der Auflösung ziemlich genau eine Zehnerpotenz detaillierter als es für die vorausgehend geschilderte Gesamtübersicht möglich war. Die für die Bearbeitung der Insel von San Fernando niedergebrachten 114 Bohrungen sind in ihrer Lage in Abb. 8 dargestellt (FER 1 bis FER 114).

Ausgespart werden musste der äußerste Norden der Insel, weil uns hier die Erlaubnis zur Arbeit in einem der Marine gehörenden Areal versagt wurde. Ebenfalls musste ein Bereich ausgespart werden, der rezent mit grobem Bauschutt überdeckt war, den unser Handbohrgerät nicht durchdringen konnte (NE-Seite der Insel südlich der Brücke über den Caño de Sancti Petri). Ebenfalls wurde uns der Zugang nicht gestattet in den jeweils etwa 700 bis 800 m langen Küstenbereichen im nördlichen Anschluss an die in Abb. 8 eingetragene Bohrung FER 10 sowie im südlichen Anschluss an die Bohrungen FER 401 bis FER 405. Die hier betroffenen 'kleinen Herrschaften' eines Baugeländes, einer Fischzucht und einer Saline zeigten sich gegenüber unserer Arbeit und gegenüber der Geschichte ihres Heimatortes nur wenig aufgeschlossen.

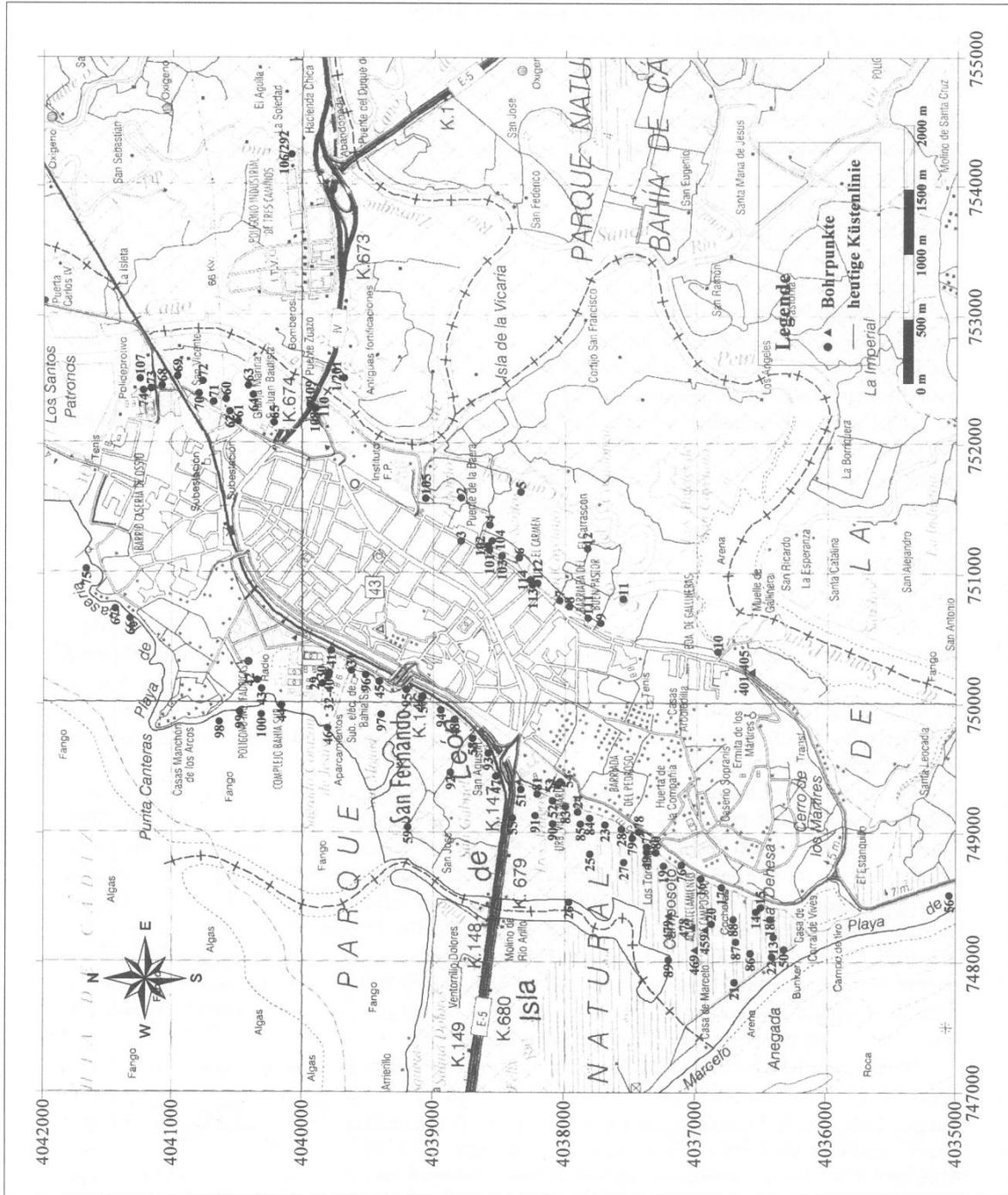
Gut durch Bohrungen erfasst ist der Bereich südlich und westlich des Cerro de los Mártires. Diese Bohrungen sind nicht in Abb. 8 eingetragen. Auf sie wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen, sie wurden jedoch selbstverständlich bei der Rekonstruktion der Küstenlinie um die Insel von San Fernando mit verwendet.

Im Übrigen bereitete dieser Bereich der Bucht von Cádiz und San Fernando bei der Untersuchung mit dem Handbohrer wenig Probleme. An fast allen Stellen waren die erbohrten marinen holozänen Sedimente hinreichend bindig und feinkörnig, so dass das Bohrloch auch unter dem Grundwasserspiegel meist eine hinreichende Standfestigkeit aufwies. Bei einer Reihe von Bohrungen konnte im Liegenden der marinen Sedimente auch noch der präholozäne Untergrund erreicht werden, so dass an diesen Stellen eine Aussage über die maximale Wassertiefe möglich wurde.

*Tabelle 2* Liste der mit einem GPS-Gerät eingemessenen Punkte an der morphologisch abgeschätzten Grenze Pleistozän/Holozän.

Nummer	UTM-Koordinationen	
1	7-56-263E	40-42-073N
2	7-56-389E	40-41-993N
3	7-53-177E	40-57-221N
4	7-54-533E	40-45-444N
5	7-55-908E	40-43-767N
6	7-55-986E	40-49-992N
7	7-55-894E	40-50-016N
8	7-55-746E	40-49-944N
9	7-55-749E	40-50-021N
10	7-56-079E	40-49-983N
11	7-56-098E	40-50-016N
12	7-56-118E	40-50-077N
13	7-56-160E	40-50-112N
14	7-56-274E	40-50-044N
15	7-56-238E	40-49-983N
16	7-56-338E	40-49-951N
17	7-56-345E	40-49-854N
18	7-56-444E	40-49-866N
19	7-56-488E	40-49-802N
20	7-56-493E	40-49-847N
21	7-56-406E	40-49-821N
22	7-56-516E	40-50-068N
23	7-55-403E	40-49-814N
24	7-55-366E	40-49-501N
25	7-55-316E	40-44-647N
26	7-52-724E	40-31-022N
27	7-50-930E	40-48-230N
28	7-53-319E	40-45-788N
29	7-56-091E	40-38-380N

Abb. 8 Die Lage der Bohrungen, die zur Rekonstruktion der Küstenlinie um die Insel von San Fernando niedergebracht wurden. Die Bohrungen im weiter detailliert untersuchten Bereich südlich und westlich des Cerro de los Mártires sind nicht in dieser Karte enthalten, sondern in Abb. 9 dargestellt. ▷



#### 4.3. Antiker Siedlungsraum Camposoto/Cerro de los Mártires

Die 104 Bohrungen, die im antiken Siedlungsraum südlich und südwestlich des präholozänen Siedlungskerns von San Fernando niedergebracht wurden, sind in Abb. 9 eingetragen (FER 401 bis FER 504). Zusätzlich in die Karte eingetragen wurden auch einige Bohrungen aus dem vorigen Abschnitt, die zur Daten-Regionalisierung mit verwendet wurden, die für diesen Bereich durchgeführt wurde. Eingetragen sind weiterhin die Lage von drei Profilen (Buchstaben A, B, und C), auf die im Abschnitt 5. 3 näher eingegangen wird. Im Rahmen dieser Daten-Regionalisierung wurden auch für das anstehende Präholozän des Inselkerns weitere Höhenpunkte aus der heutigen Geländeoberfläche verwendet, die ebenfalls in Abb. 9 eingetragen sind.

Die Arbeiten in diesem Bereich der Bucht wurden dadurch begünstigt, dass gleichzeitig die Umstrukturierung des Geländes in ein synthetisches Vogelschutzgebiet verbunden mit erheblichen Erdbewegungen wie dem Anlegen neuer Priele, Dämme usw. durchgeführt wurde. Wir erhielten so die Gelegenheit über die Bohrungen hinaus das Sediment und die darüber liegenden Kulturschichten, Fundamente und Pflasterungen im Detail zu untersuchen. Über die dabei erreichten Ergebnisse wird die archäologische Gruppe separat berichten.

Die Lagunen-Sedimente zwischen dem heutigen Strandwall und dem präholozänen Inselkern erwiesen sich als gut mit dem Handbohrgerät bearbeitbar. Bei einer großen Zahl der Bohrungen gelang es, die gesamte Mächtigkeit des Holozän zu durchdringen und somit eine Aussage über die maximalen Wassertiefen in diesem Bereich zu erhalten.

### 5. Ergebnisse zur Gestalt der Bucht von Cádiz und San Fernando

#### 5.1. Übersicht über die Gesamtbucht

Die mit Hilfe von 95 Handbohrungen ermittelte maximale Ausdehnung (graue Linie in Abb. 7) der marinen Sedimente zeigt den Verlauf der ehemaligen Küstenlinie einer holozänen Bucht des Atlantischen Ozeans. Diese Situation bestand etwa 6500 Jahre vor heute, zur Zeit des höchsten Stands des postpleistozänen Meeresspiegels. Im Gelände diente die Ausbreitung der flachen Ebene der Marismas als Orientierungshilfe und durch ihre Vegetation oft auch als Anzeiger für marin beeinflusstes, salzhaltiges Milieu.

Die Entfernung der ehemaligen Küstenlinie von der heutigen Küste beträgt im Norden des Gebietes zwischen El Puerto de Santa María und Puerto Real zwischen 4 und 6 km. In diesem Bereich verläuft die rekonstruierte Küste sehr eng an der Grenze zum präholozänen Hinterland. Besonders ganz im Norden (FER 259, FER 258, FER 220) bilden steile Felsen der Trias eine scharfe Begrenzung aus. Ebenso lässt eine deutliche Geländekante nahe bei El Puerto de Santa María die maximale Wasserausbreitung erkennen (FER 261, FER 289). In Bereichen von Flußfächern (FER 218, FER 256) verlief die Küstenlinie abweichend von der heutigen Grenze Pleistozän/Holozän und reichte weniger weit ins Hinterland hinein. Die Bohrung FER 218 weist eine solche Situation auf, denn die marinen Ablagerungen sind in ihr nur noch 30 cm mächtig und in einer Tiefe von 2,9 m unter Flur wurde der pleistozäne Untergrund erreicht.

Wenig nördlich von Puerto Real werden die dort erbohrten Sande von uns nicht wie in der vorliegenden geologischen Karte (Mapa Geológico de España, 1:50000) angegeben, als pleistozäne Bildungen gedeutet. Wir verstehen sie im Vergleich mit heutigen Strandwällen im Material und in der Lagerungsdichte als Relikte erster Strandwallbildungen des Holozän, die sich in der Zeit zwischen 6500 und 4000 Jahren vor heute gebildet haben. Demnach waren sie zum Zeitpunkt der in grau dargestellten Küstenlinie von 6500 Jahre vor heute noch nicht vorhanden.

Zwischen Puerto Real und Chiclana de la Frontera zeichnet die Ausbreitung der Marismas ebenfalls ein recht genaues Abbild der ehemaligen Bucht nach. Die Geländekante ist hier nicht ganz so steil ausgeprägt wie im nördlichen Bereich. Der Anstieg in die anstehenden Bereiche erfolgt

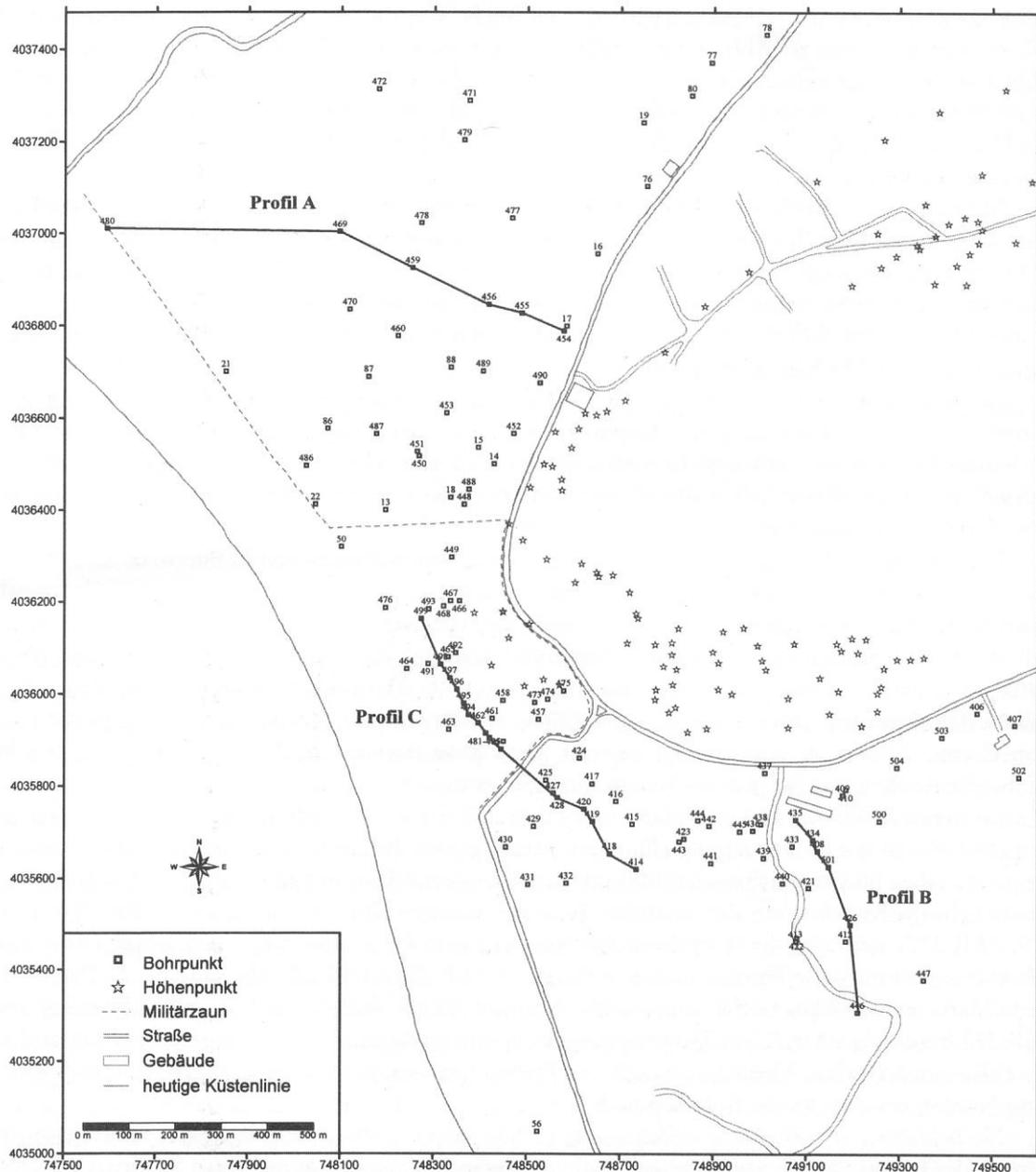


Abb. 9 Die Lage der Bohrungen, die zur Rekonstruktion der Küstenlinie im Bereich südlich und westlich des Cerro de los Mártires niedergebracht wurden. In dieser Karte sind auch Bohrungen eingetragen, die bereits in der Karte von Abb. 8 ersichtlich waren und hier im Zusammenhang der Daten-Regionalisierung mit verwendet wurden.

weniger abrupt. San Fernando und Cádiz waren zum Zeitpunkt des Meeresspiegelmehrstandes dem Festland als separate Inseln vorgelagert (vgl. Abschnitt 5.2).

Cádiz erstreckte sich vor etwa 6500 Jahren als eine nach Süden schmaler werdende, langgezogene Insel bis fast an die Südspitze San Fernandos. Sie war dabei sicher breiter und länger als ihr heutiger pleistozäner Kern vermuten lässt. In südöstlicher Streichrichtung bis zur Insel Sancti Petri lagen vermutlich weitere schützende Inseln der Bucht vor. Ob es sich dabei um mehrere kleine Stücke oder nur – wie in Abb. 7 dargestellt – um ein zusammenhängendes Stück handelte, steht nicht fest. Sicher ist jedoch, dass es diese vorgelagerte(n) Insel(n) gegeben haben muss, da sonst keine derart feine Sedimentation in der Lagune stattgefunden hätte. Zwischen den Lücken dieser Inseln konnte sich dann im Laufe der Zeit Material anlagern und die Bucht völlig vom offenen Ozean abschließen.

Bohrungen auf dem heutigen Strandwall von Cádiz waren mit dem Handbohrgerät unterhalb des Grundwasserspiegels nicht möglich. Weiter südlich jedoch, westlich des Río Arillo, ergab die Bohrung FER 246 nach nur 1,1 m anstehendes Gestein. Dass die dem Atlantik zugewandte Küste von Cádiz immer eine Erosionsküste war, zeigt sich an dem heute in geringer Wassertiefe liegenden groben Material, welches durch erosive Vorgänge, durch Brandung und durch küstenparallele Strömung freigelegt und umgelagert wurde.

Der Verlauf der Küstenlinie vor etwa 2000 Jahren, zur frühen römischen Kaiserzeit, ist strichpunktiert in Abb. 7 dargestellt. Als Anhaltspunkte neben den durchgeführten Bohrungen wurden auch Informationen aus der Literatur berücksichtigt (z. B. Dabrio u. a. 2000). Das Ergebnis zeigt eine Küstenlinie, die im Wesentlichen von einem jeweils linearen Zeitverlauf der Prozesse der Verlandung bzw. der Küstenerosion ausgeht.

In einer solchen Rekonstruktion ergibt sich, dass der Bereich zwischen El Puerto de Santa María und Puerto Real zu römischer Zeit noch nicht vollständig verlandet war. Die Küstenlinie umgab einen zentralen, stark eingeeengten Beckenbereich, der noch voll marin war und in den weiter oberhalb der Río Guadalete einmündete. Ein Keramikbruchstück in FER 224 aus der Bronzezeit (zwischen 4400 und 3200 vor heute, bzw. ein korrigiertes  $^{14}\text{C}$ -Datum von etwa 4170 vor heute, vgl. Tabelle 3) stimmt mit den von Dabrio u. a. (2000) erwähnten prähistorischen Siedlungsplätzen auf dem älteren Strandwall überein und beweist, dass diese Bereiche und die geschützten Bereiche unmittelbar hinter dem Strandwall bereits verlandet gewesen sein müssen.

Zwischen El Puerto de Santa María und Puerto Real erstreckt sich heute ein etwa 6 km langer und etwa 400 m breiter Sandstrand (Playa de Valdelagrana). Bohrungen in diesem Bereich ergaben typische braune bis beige, schwach schluffige Strandsande mit Fossilinhalt (FER 221, FER 222). Weiter östlich, im Rückbereich des heutigen Strandes, belegen ähnliche Sedimente (FER 228, FER 229, FER 230), dass sich die Strandwall-Systeme im Laufe der Zeit seewärts verlagerten (Abb. 10). Die ältesten Strandwälle wurden in den Bohrungen FER 225 und FER 226 nahe bei El Puerto de Santa María in etwa 2 km Entfernung von der heutigen Küste erbohrt. Die Bohrungen FER 224 und FER 223 liegen, da sie in 1,7 m Tiefe feinkörnige marine Sedimente zeigten, unmittelbar hinter diesen Paläo-Strandwällen. Ebenso zieht sich von Puerto Real aus eine Zunge sandiger Sedimente Richtung Norden bis etwa an die Bohrung FER 271.

Nach Dabrio u. a. (2000) und Zazo u. a. (1994) lässt sich die paläogeographische Situation im Bereich der Guadalete-Mündung anhand radiometrischer Messungen in mehreren Schritten erklären. Das nach dem heutigen Playa de Valdelagrana benannte Valdelagrana-Strandwallsystem ist demnach aus verschiedenen Generationen von Strandwällen aufgebaut. Sedimentationslücken zwischen den verschiedenen Strandwällen stehen für einen relativ hohen Meeresspiegel, wohingegen ein Vorrücken der

Tabelle 3  $^{14}\text{C}$ -Datierungen des Leibniz Labors für Altersbestimmung und Isotopenforschung, Universität Kiel.

Bohrung	Tiefe (m)	%mod korrigiert	‰ $\delta^{13}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ -Alter BP	Calibrierte Alter	Labor Nr.
FER 1/201	11.4-11.6	39.63 +/- 0.46	-32.29 +/- 0.62	7440 +/- 90	6331, 6317, 6250 BC	KIA13084
FER 204	1.1	96.92 +/- 0.30	-24.31 +/- 0.21	250 +/- 25	1652 AD	KIA13085
FER 224	2.4	62.53 +/- 0.25	-24.71 +/- 0.14	3770 +/- 30	2198, 2159, 2150 BC	KIA13086
FER 430	2.25	51.63 +/- 0.20	-23.37 +/- 0.22	5310 +/- 30	4219, 4198, 4159, 4148, 4143, 4124, 4107, 4100, 4067, 4064, 4051 BC	KIA13087

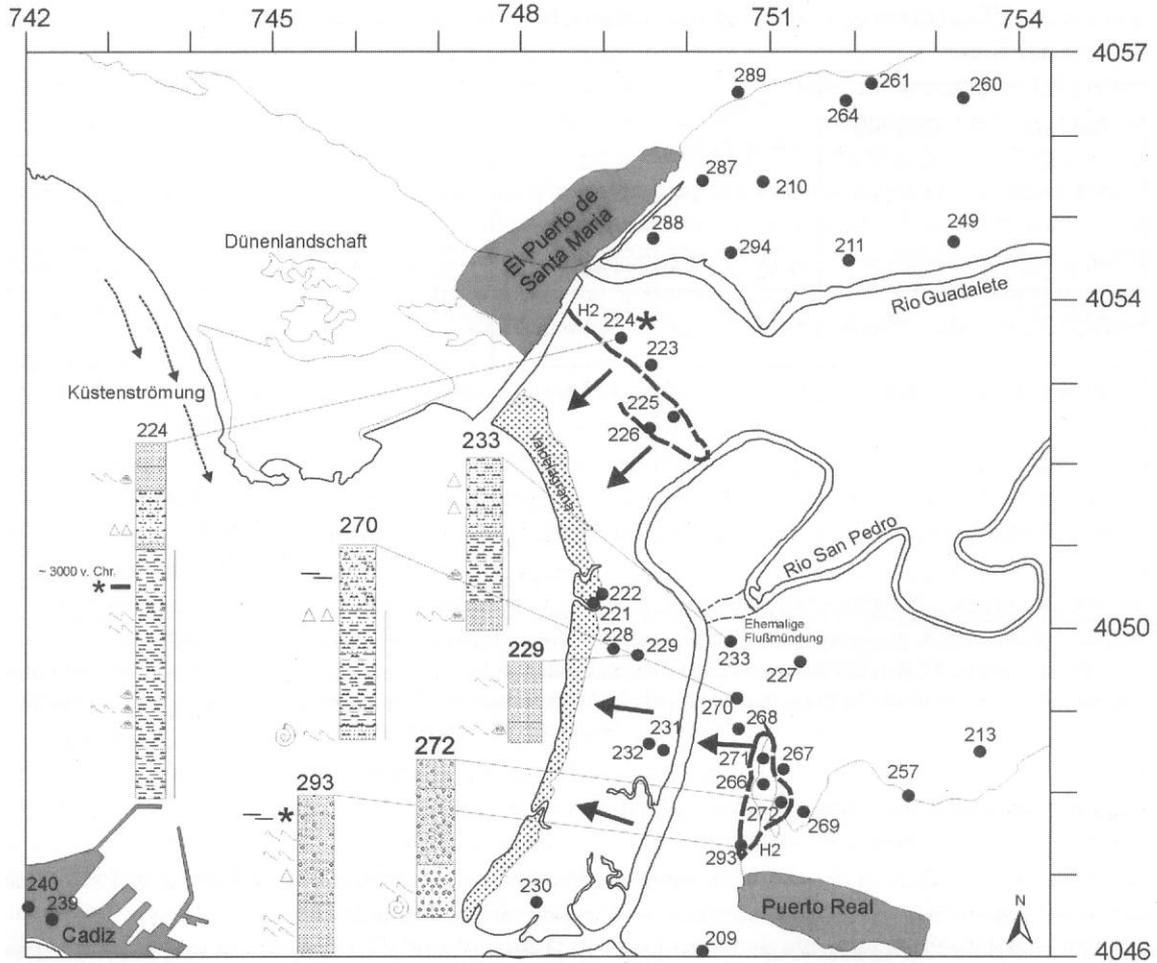
Die Mehrfachnennungen bei den über Baumringe kalibrierten Altern kommen dadurch zustande, dass die Baumringkurve durch kleine Maxima und Minima des Anfangsgehaltes Mehrdeutigkeiten ergibt.

Bei der Probe FER 1/201 hatte das Labor etwas Probleme bei der Präparation. Das wird auch im sehr niedrigen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert deutlich. Es muss in diesem Fall damit gerechnet werden, dass ein etwas zu hohes Alter gefunden wurde und das wirkliche Alter etwas geringer ist.

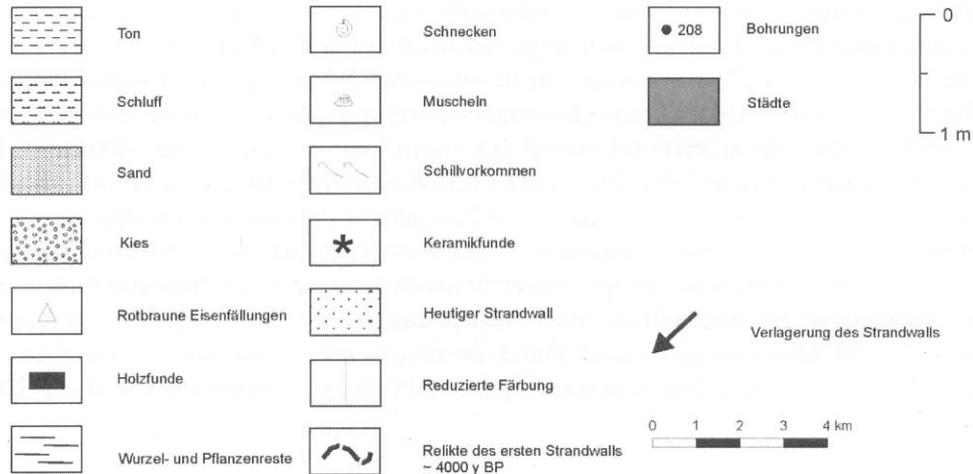
Strandwälle bei Stillstand, bzw. niedrigem Stand des Meeres begünstigt wurde (Goy u. a. 1996). Die später gebildeten Strandwallgenerationen waren zusammenhängende Systeme.

Zu römischer Zeit hatte das Strandwallsystem 'Valdelagrana' zwischen El Puerto de Santa María und Puerto Real wohl bereits die Situation eines fast geschlossenen Strandwallsystems erreicht (Abb. 10). Der Strandwall hatte den Kontakt zwischen dem offenen Ozean und der Bucht eingeschnürt und die Wassermengen, die durch den täglichen Tidenhub in die Bucht gelangten, wurden immer geringer. Somit verkleinerte sich auch das Volumen der Bucht, und es herrschte ein zunehmend ruhiger werdendes Milieu. Dies spiegelt sich in einigen Bohrungen deutlich wider. Die marinen Ablagerungen waren an der Holozänbasis eher schluffig bis feinsandig und wurden nach oben hin zunehmend schluffiger und toniger (Bohrungen FER 249, FER 233, FER 270).

Im südlichen Teil der Bucht von Cádiz und San Fernando boten die vorgelagerten Inseln San Fernando, Sancti Petri und Cádiz in Form pleistozäner Kerne der Bucht allgemein besseren Schutz und damit die Möglichkeit der Ablagerung von feinkörnigem Sediment. Der Prozess der Verlandung erfolgte hier sicherlich schneller und der dargestellte Küstenlinienverlauf ist bereits näher am heutigen Verlauf. Der Caño de Sancti Petri stellte zu römischer Zeit ein viel breiteres Kanalsystem dar, an dessen Ufer Häfen und Siedlungen liegen konnten. Archäologische Funde lassen vermuten, dass der Kanal und seine Priele in phönizischer, punischer und römischer Zeit als Transportweg genutzt wurde. Der Verlauf der Priele ist durch die in die Bucht mündenden Flüsse vorgegeben und er wird sich seitdem nicht prinzipiell verlagert haben. Durch die bereits verlandeten Bereiche um Cádiz und San Fernando verschmolzen diese Inseln zu einem Stück und lagen nun gemeinsam vor dem Festland.



**Legende**



Nach Dabrio u. a. (1998) müsste man heute etwa 1 km östlich von der heutigen Küste entfernt nach den Sediment-Dokumenten des Tsunami-Ereignisses von 1755 suchen, das im Gefolge des verheerenden Erdbebens von Lissabon auftrat. Die von uns als Tsunami-Sedimente angesehenen unsortierten Sande mit grob zerhackten Schillresten in den Bohrungen FER 224, FER 223, FER 225 und FER 226 liegen etwa 1,5 bis 2,0 km von der heutigen Küste entfernt. Die Bohrungen FER 224 und FER 223 zeigen ab 1,7 m bzw. ab 1,8 m schluffig bis tonig graue Sedimente, die unter marinen Bedingungen gebildet wurden. In FER 224 waren diese sogar mindestens 4,2 m mächtig. Im Hangenden dieser marinen Schichten folgt in beiden Bohrungen eine etwa 1,0 m mächtige ockerfarbene bis hellbraune Sandlage, die große Mengen an fein zerhacktem Schill, aber auch ganze Muscheln enthält. Im Hangenden dieser Schicht folgt ein brauner sandiger Schluff, den wir als normalen Hochflut-Auelehm sehen, der nach 1755 abgelagert wurde. Es ergibt sich somit eine durchaus plausible Sedimentationsrate von etwa 3 mm/Jahr für den Auelehm nach 1755.

## 5.2. Die Insel von San Fernando

Die in Abb. 11 eingezeichnete Küstenlinie vor 6500 Jahren markiert die maximale Ausdehnung der durch Bohrungen erkundeten marinen Sedimente, bezogen auf den präholozänen Kern der Stadt und Insel San Fernando und somit die maximale Ausdehnung des Atlantiks zur Zeit des höchsten Meeresspiegels der Flandrischen Transgression vor etwa 6500 Jahren.

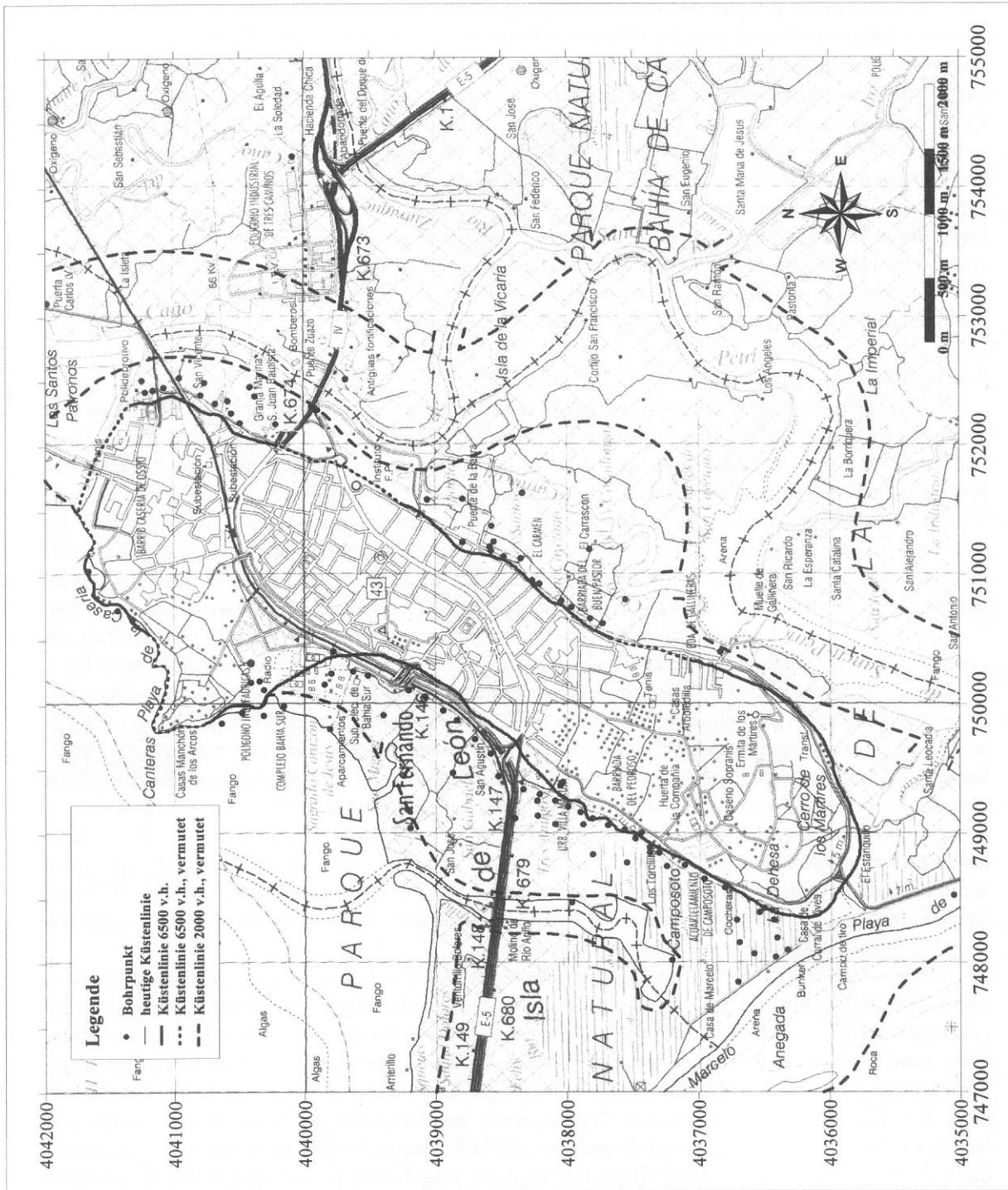
Die Küstenlinie verläuft geschlossen um den präholozänen Kern der Stadt San Fernando, der somit eine Insel bildete. An der südwestlichsten Spitze von San Fernando lag die ehemalige Küstenlinie somit nur ca. 300 m weiter landeinwärts als heute. Im nordöstlichen Bereich der Insel, im Bereich der Playa de la Casería ist der Verlauf der Küstenlinie vor 6500 Jahren sogar praktisch identisch mit dem der rezenten. Dies deutet auch darauf hin, dass der Meeresspiegelstand vor 6500 Jahren zur Zeit des Höchststands der Flandrischen Transgression den heutigen Stand nicht wesentlich überschritten hat.

Die Lage der in Abb. 11 dargestellten Küstenlinie vor 2000 Jahren wurde durch die archäologischen Funde, die die Existenz einer römischen Siedlung südwestlich der Insel belegen (Abschnitt 3.2) sowie ausgehend von der Annahme einer in der Zeit linear verlaufenden Verlandung konstruiert. Diese Annahme wird auch gestützt von der <sup>14</sup>C-Datierung eines Holzstückchens aus Bohrung FER 204, das 1,1 m unter Flur ein Alter von nur 300 Jahren ergab (vgl. Abschnitt 6 und Tabelle 3).

Für das Gebiet nördlich der Straße von San Fernando nach Cádiz ist anzunehmen, dass die Küstenlinie zu römischer Zeit um bis zu 100 m weiter im Landesinneren lag, da hier auch heute noch Sedimente an den Ufern der Bucht abgelagert werden; die Bucht verlandet also weiterhin. Für den Bereich der Playa de la Casería wird für die römische Zeit eine Küstenlinie mit derselben Lage wie vor 6500 Jahren und somit wie heute angenommen.

Südlich von San Fernando, an der zum offenen Atlantik gelegenen Küste, wird dagegen ständig durch Brandung und Strömung erodiert. Bei dem in der topographischen Karte als 'Roca' gekennzeichneten Teil des Meeresbodens handelt es sich um unter der Wasseroberfläche anstehendes Pleistozän. Vor 6500 Jahren lagen diese, der Küste von Sancti Petri nach Cádiz vorgelagerten pleistozänen Kerne sicherlich noch über dem Meeresspiegel. Östlich dieser Pleistozän-Kerne konnte sich nach dem Maximum der Flandrischen Transgression, geschützt vor den erosiven Kräften des Atlantik, ein Strandwall bilden. Durch Brandung und Strömungen wurde das Pleistozän jedoch erodiert. Damit war der Strand den Kräften des Atlantiks ausgeliefert. So konnten in den letzten 2000 bis 3000 Jahren einige hundert Meter des Landes erodiert werden.

◁ Abb. 10 Die Strandwallverschiebung im Guadalete Mündungsbereich. Gepunktet dargestellt ist der heutige Bereich des Strands; gestrichelt die Relikte erster Strandwälle. Außerdem sind sechs Bohrprofile aus dem Strandwallbereich zu sehen.



### 5.3. Antiker Siedlungsraum Camposoto/Cerro de los Mártires

Ein Überblick über die Stratigraphie und die Faziesänderungen der holozänen Sedimente im küstennahen Bereich von San Fernando wird durch die Profile A, B und C gegeben, deren Lage und Verlauf in Abb. 9 eingetragen sind. Profil A und Profil C verlaufen senkrecht zur ermittelten Küstenlinie; Profil B erstreckt sich nahezu parallel sowohl zum damaligen als auch zum heutigen Küstenverlauf. Auf die Lithologie der holozänen Sedimente wurde bereits in den Abschnitten 3. 1 und 4. 3 eingegangen.

Die Schichtfolgen in Profil A (Abb. 12) bestehen nahezu vollständig aus marinen bis brackischen Sedimenten eines leicht bewegten bis ruhigen Wassers. Nur in der Bohrung FER 454 folgt auf die präholozäne Basis eine geringmächtige Strandablagerung. Bohrung FER 480, als am nächsten zum heutigen Strandbereich gelegene Bohrung, weist im Liegenden der Buchtsedimente eine Schicht der Strand-/Barrenfazies auf. Inwieweit sich hier die Strand-/Barrenfazies mit den Buchtsedimenten verzahnt oder ob direkt auf die präholozänen Schichten die Barrenfazies folgt, bleibt unklar, da die Bohrung nicht bis auf die präholozänen Abfolgen niedergebracht werden konnte.

- ◁ Abb. 11 Rekonstruierte Küstenlinien um die Insel von San Fernando. Die durchgezogen eingetragene Linie zeigt die maximale Ausdehnung des holozänen Meeres vor etwa 6500 Jahren zum Höhepunkt der Flandrischen Transgression. Diese Linie ist als Befund dadurch gegeben, ob und in welcher Mächtigkeit marine Sedimente in den Bohrungen gefunden wurden. Die gestrichelte Linie für eine vermutete Küstenlinie vor etwa 2000 Jahren berücksichtigt die Siedlungsbefunde westlich der Insel und geht in den Verlandungs- und Erosionsbereichen jeweils von einem linearen Verlauf aus.

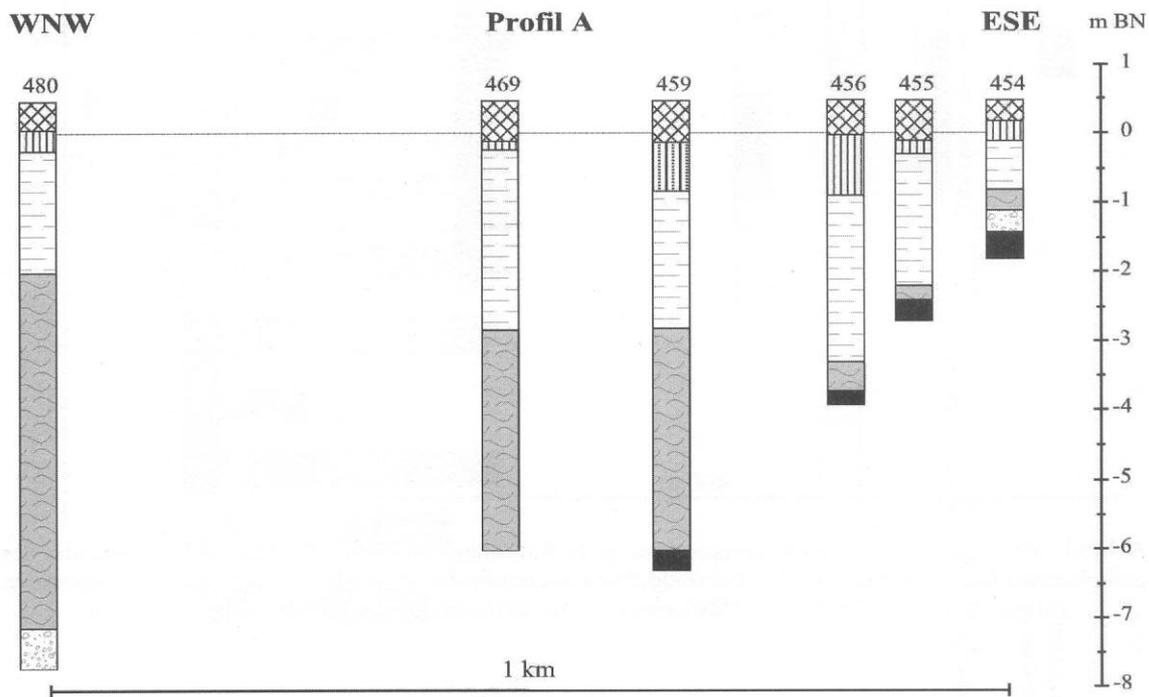


Abb. 12 Profilschnitt A mit der Korrelation von sechs Bohrungen im Bereich westlich des Südwestendes des präholozänen Kerns der Insel von San Fernando. Die Lage des Profils ist in Abb. 9 eingetragen. Die Signaturen entsprechen denen der Abb. 14 (BN bezeichnet das Bezugsniveau des mittleren Meeresspiegels).

Profil B (Abb. 13) befindet sich an der Südflanke des präholozänen Kerns von San Fernando und verläuft in Richtung auf den Caño de Sancti Petri nach Süden. In diesem Profil konnte nur eine Bohrung bis auf den präholozänen Untergrund niedergebracht werden. Es dominieren Buchtsedimente eines bewegteren Wassers gegenüber den reinen Stillwassersedimenten. In Bohrung FER 501 folgt im Liegenden der marinen Buchtsedimente eine 1,5 m mächtige Schicht der Strand-/Barrenfazies. In fast allen Bohrungen des Profils befinden sich im Hangenden der marinen Sedimente anthropogene Umlagerungen, da in diesem Bereich fast ausschließlich auf aufgeschütteten Erdwällen, Dämmen, Wegen und Bauschutthalden gebohrt werden konnte. So mussten erst anthropogen umgelagerte Schichten durchbohrt werden, um marine Sedimente erreichen zu können.

Profil C (Abb. 14) verläuft durch die Zone, in der der präholozäne Kern von San Fernando und der vorgelagerte Strandwall am nächsten beieinander liegen. Der Anteil der Strand-/Barrenfaziesedimente ist hier deutlich erhöht, es kommt zu einer Verzahnung der marinen Buchtsedimente mit den Sedimenten der Strand- und Barrenfazies.

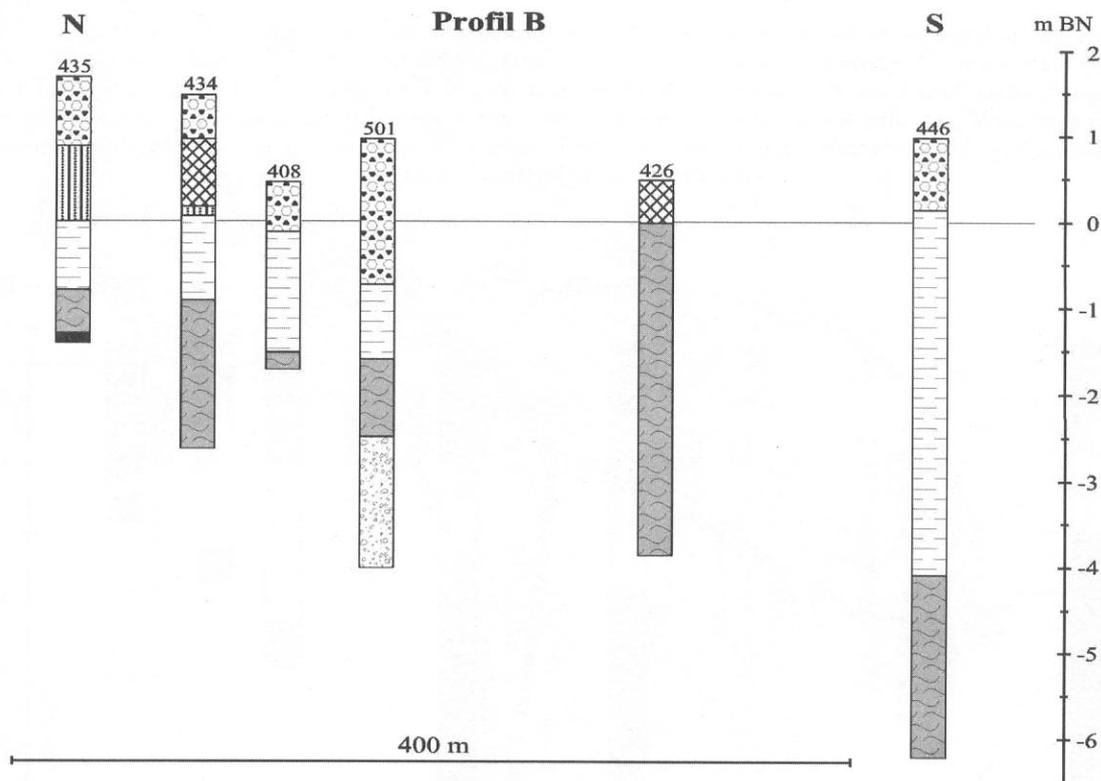
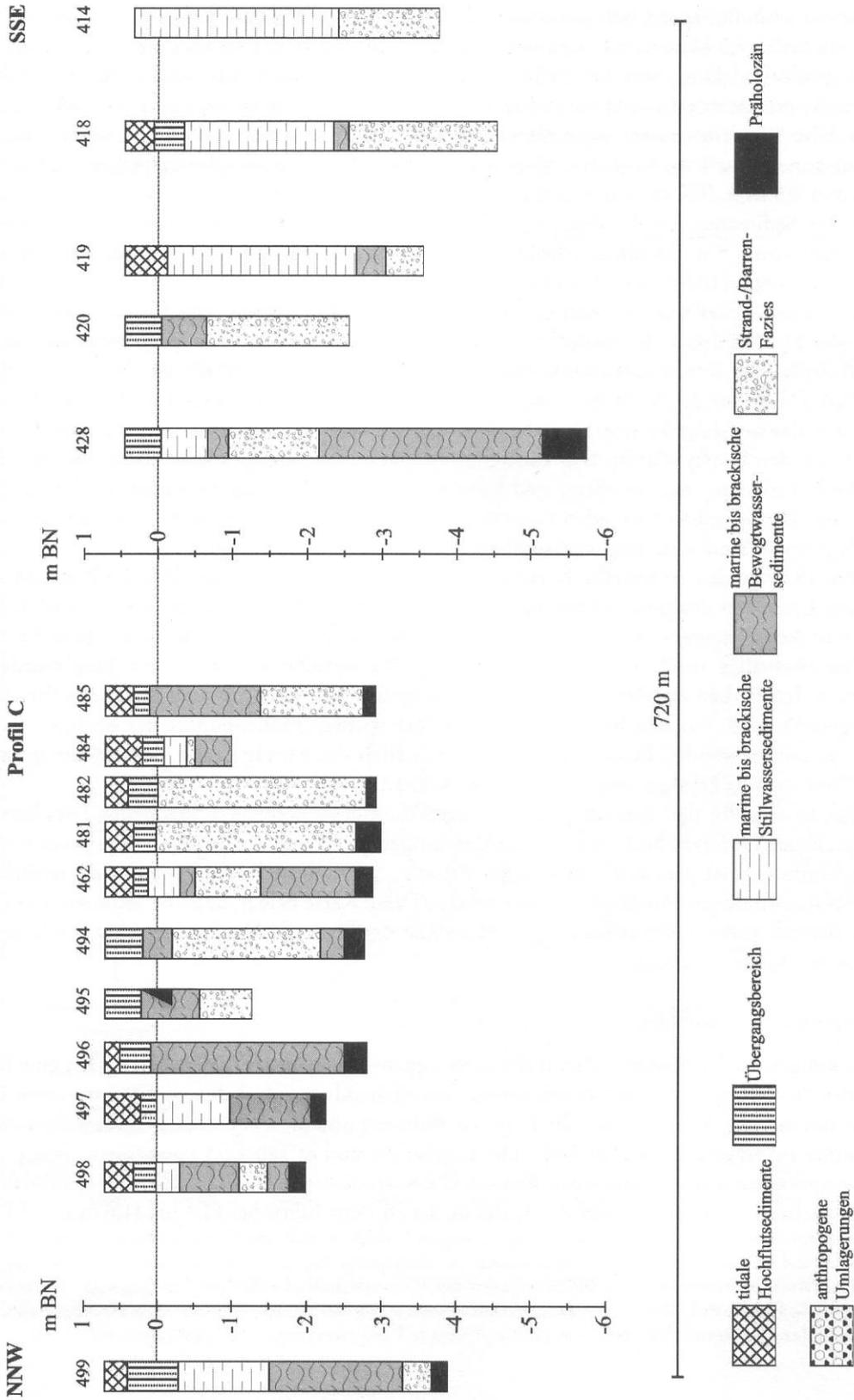


Abb. 13 Profilschnitt B mit der Korrelation von sechs Bohrungen im Bereich südlich des Südwestendes des präholozänen Kerns der Insel von San Fernando. Die Lage des Profils ist in Abb. 9 eingetragen. Die Signaturen entsprechen denen der Abb. 14 (BN bezeichnet das Bezugsniveau des mittleren Meeresspiegels).

Abb. 14 Profilschnitt C mit der Korrelation von sechzehn Bohrungen im Bereich südwestlich des Südwestendes des präholozänen Kerns der Insel von San Fernando. Die Lage des Profils ist in Abb. 9 eingetragen (BN bezeichnet das Bezugsniveau des mittleren Meeresspiegels). ▷



Die den präholozänen Untergrund überlagernden marinen Sedimente erreichen hier eine Mächtigkeit von bis zu 7,5 Metern. Es ist zu erwarten, dass ihre Mächtigkeit zum Zentrum der Bucht noch weitaus größer ist. Dort, wo die größten Mächtigkeiten gefunden wurden (FER 480, FER 446), konnten die marinen Sedimente nicht durchbohrt werden. Die im Hangenden folgenden Sedimente des tidalen Bereiches haben meist eine Mächtigkeit von 0,2 bis 0,5 m. Selten erreichen sie Mächtigkeiten von bis zu 1 m. Sie befinden sich im Niveau des heutigen Meeresspiegels und schließen meist unter 0,5 m ü. BN ab, selten erstrecken sie sich bis auf eine Höhe von 0,7 m ü. BN. Im Hangenden der Sedimente des Tidalbereiches liegen Hochflutsedimente mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 0,5 m. In einigen Bohrungen werden Mächtigkeiten von bis zu 1 m erreicht, in anderen Bohrungen fehlen sie vollkommen.

Für dieses Gebiet wurde durch die Bohrungen eine Datendichte erreicht, die sowohl zur Tiefenlage der Holozänbasis als entsprechend auch zur Mächtigkeit der holozänen Schichten in jedem Fall nahelegt, eine Datenregionalisierung mit Hilfe des Kriging-Verfahrens (Matheron 1976) zu versuchen. Dafür wurde das Programmpaket SURFER7 (Golden-Software Inc., Golden, Colorado) verwendet, das in dieser Version über das Variogramm auch die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Daten erlaubt. Die Variogramme (nicht dargestellt) wiesen dabei jeweils sehr niedrige Basis-Varianten (nugget effect) und hohe Reichweiten der Aussage (range) zwischen 300 und 1000 m aus. Damit ist bei Abständen zwischen den Bohrungen, die im zentralen Bereich des Gebietes deutlich geringer sind, eine Regionalisierung in jedem Fall gerechtfertigt.

Abb. 15 zeigt eine so erstellte Karte der Tiefenlage der Holozänbasis. Für die Zeit unmittelbar nach dem Erreichen des postpleistozänen Höchststandes des Meeresspiegels vor etwa 6500 Jahren, als noch praktisch keine wesentlichen marinen Sedimente abgelagert waren, bildet diese Karte ganz direkt die ehemalige Insel, die Küstenlinie und die Wassertiefen ab. Die Darstellung wurde daher bewusst in den Farben angelegt, in denen die Topographie einer Landschaft üblicherweise auf Karten dargestellt wird. Für den Bereich der Insel selber wurden Höhenpunkte der heutigen Geländeoberfläche mit verwendet. Dabei wird selbstverständlich der Abtrag vernachlässigt, der inzwischen durch Verwitterung erfolgte und den wir nicht kennen.

Abb. 16 zeigt für den Bereich eine Karte der Mächtigkeit holozäner Sedimente. Dies hätte zwar auch durch eine Differenzbildung zwischen der vorigen Karte und der heutigen Topographie erreicht werden können, es ist jedoch direkter in der Aussage, wenn diese Darstellung nur die tatsächlich in Bohrungen gefundenen Mächtigkeiten verwendet. Diese Karte belegt, dass die Sedimentation im gesamten Bereich auffallend gleichförmig verlaufen ist und dass die Mächtigkeit ganz direkt mit dem Abstand zur Küste zunimmt.

## 6. Radiocarbon-Datierungen

An einigen Stellen wurde in den Bohrungen organische Substanz gefunden, die für eine Bestimmung des  $^{14}\text{C}$ -Alters mit einem Beschleuniger ausreichend war. Aus den so entnommenen Proben wurden vier ausgewählt, bei denen die Lage der Bohrung und die Tiefe in den Sedimenten besonders interessante Information erwarten ließ<sup>3</sup>. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Besonders interessant sind zwei Proben (FER 1/201, etwa hundert Meter südsüdöstlich der Brücke, die bei San Fernando über den Caño de Sancti Petri führt, bei 11,4 bis 11,6 m und FER 430,

<sup>3</sup> Die Messungen erfolgten im Leibniz Labor der Universität Kiel unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. P. M. Grootes; für die Präparation der Proben danken wir Frau Dr. Monika Segl aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen.

südwestlich von San Fernando, am Weg zum Playa de Camposoto, bei 2,25 m), die aus den marinen Sedimenten jeweils nur knapp über dem präholozänen Untergrund entnommen wurden (vgl. Abb. 8 bzw. 9). Aus ihnen wurde daher eine Datierung für die Zeit wenig nach dem postpleistozänen Höchststand des Meeresspiegels erwartet. Für die Probe aus Bohrung FER 430 ergab sich ein kalibriertes Alter von 4051 bis 4219 +/-30 Jahren v. Chr. und damit ein Alter um etwa 6100 Jahre vor heute. Leider gab es bei der Präparation der Probe aus der Bohrung FER 1/201 ein paar Probleme, so dass nach

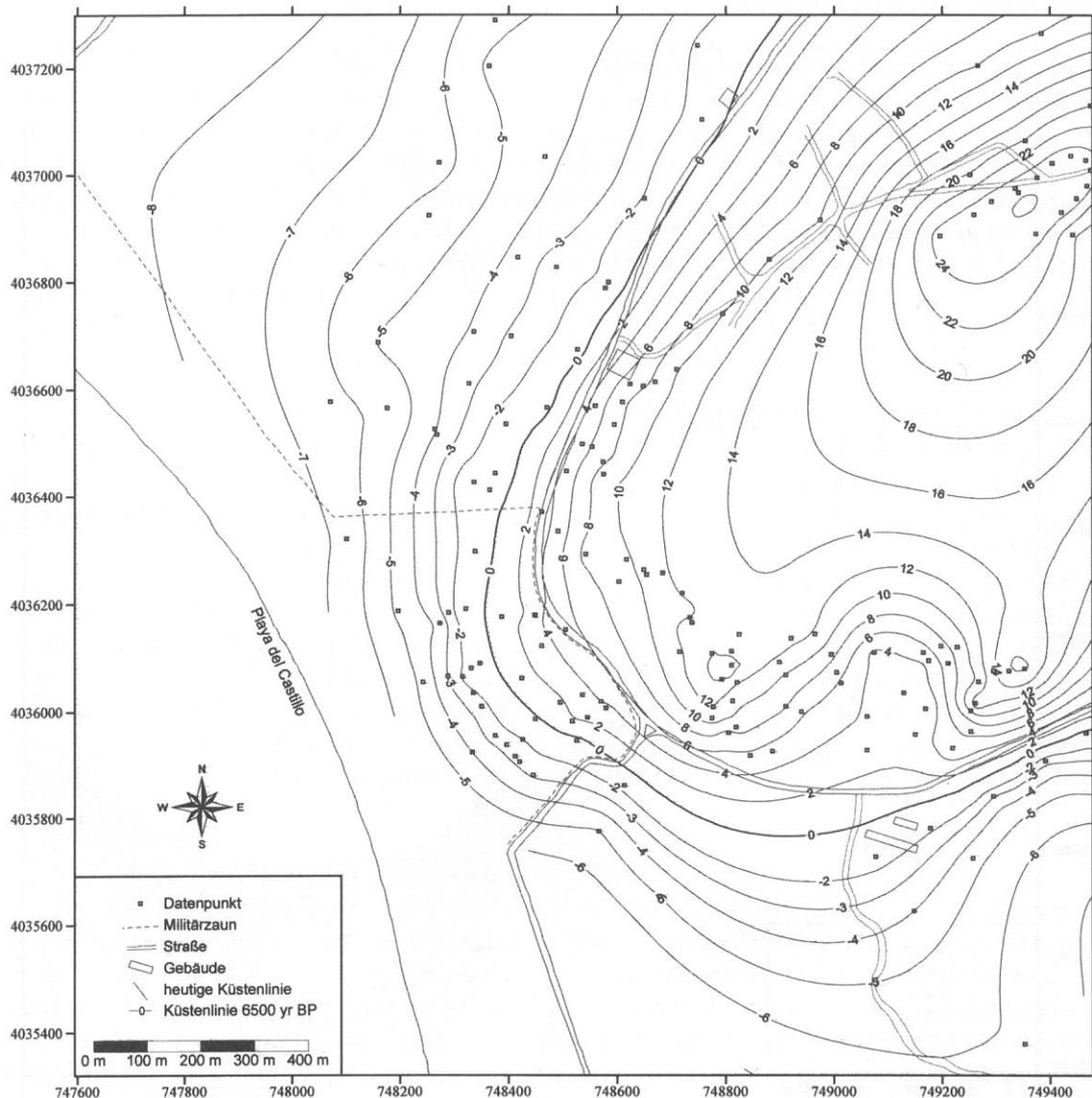


Abb. 15 Regionalisierung der Daten aller in Abb. 9 eingetragenen Bohrungen sowie der im Bereich des Inselkerns gegebenen Höhenpunkte der heutigen Oberfläche zu einer Karte der Holozänbasis. Die Karte wurde mit dem Verfahren des Kriging unter Verwendung des Programm-Pakets SURFER7 (Golden-Software Inc., Golden, Colorado) erstellt. Diese Karte zeigt damit im marinen Bereich vor etwa 6500 Jahren die Tiefenlage des Meeresbodens (BN bezeichnet das Bezugsniveau des mittleren Meeresspiegels).

Auskunft des Labors möglicherweise ein etwas zu hohes Alter gefunden wurde. Das kalibrierte Alter von etwa 6300 v. Chr. ist tatsächlich auch ganz deutlich höher, als man es für den Höchststand des Meeresspiegels erwarten würde. Nun könnte natürlich hier auch ein Stück bereits älteres Holz abgelagert worden sein. Bisher wird in der Literatur (z. B. Goy u. a. 1996) für den Höhepunkt der Flandrischen Transgression meist ein Alter von etwa 6500 Jahren vor heute angenommen. Wenn wir uns vorzugsweise auf die Probe aus der Bohrung FER 430 verlassen, fügen sich unsere Daten gut in diesen Zusammenhang.

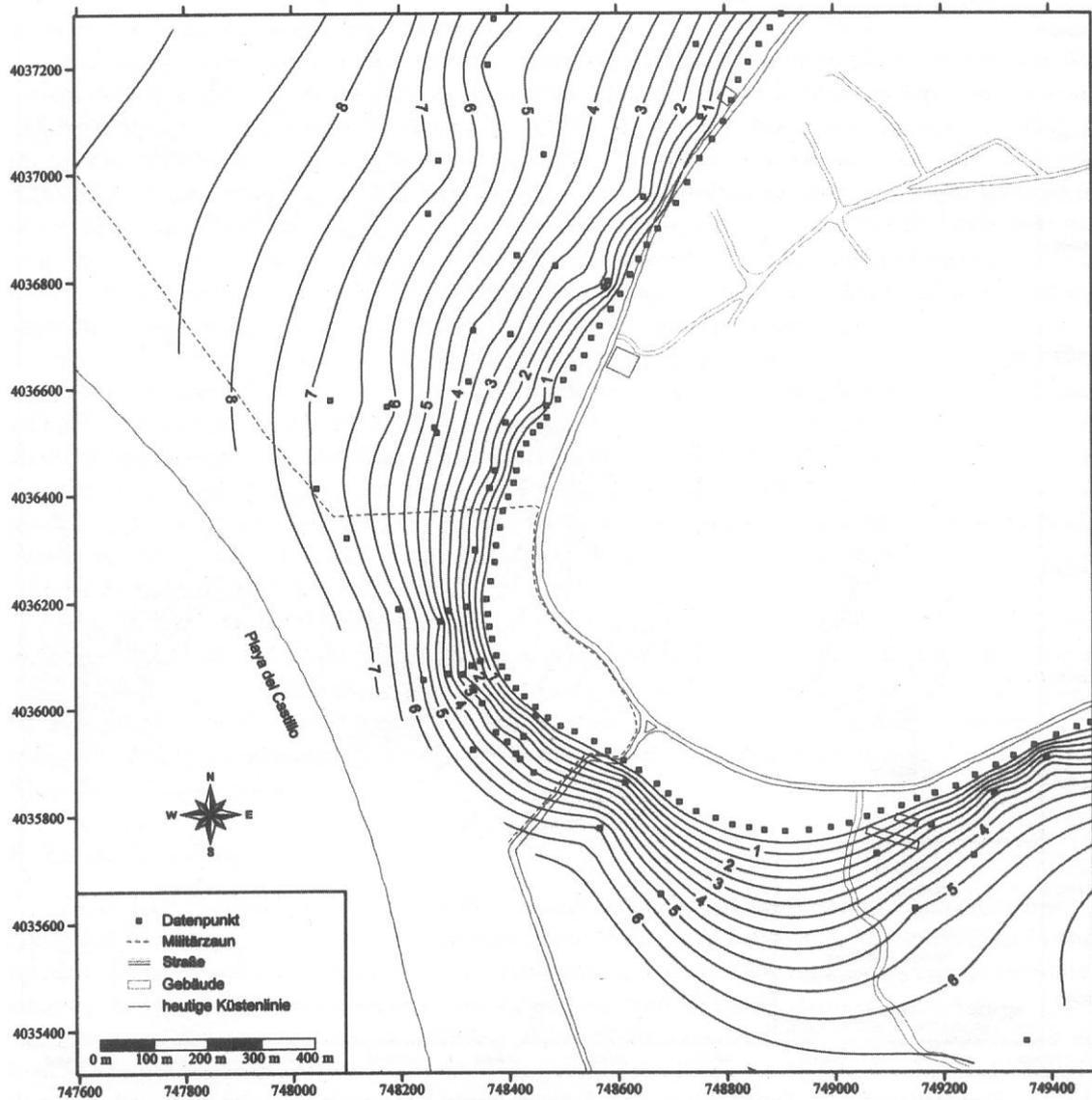


Abb. 16 Regionalisierung der Daten aller in Abb. 9 eingetragenen Bohrungen zu einer Karte der Holozänmächtigkeit. Die Karte wurde mit dem Verfahren des Kriging unter Verwendung des Programm-Pakets SURFER7 (Golden-Software Inc., Golden, Colorado) erstellt. Diese Karte zeigt damit im marinen Bereich die Wassertiefen vor etwa 6500 Jahren.

Aus der Nähe der Küstenlinie zwischen Chiclana de la Frontera und Puerto Real, etwa auf der Mitte zwischen beiden Orten stammt die Bohrung FER 204 (vgl. Abb. 7). Die  $^{14}\text{C}$ -Probe wurde in einer Tiefe von 1,1 m unter Flur entnommen. Das relativ junge kalibrierte Alter von nur etwa 1650 n. Chr., also etwa 350 Jahre vor heute zeigt, dass sich dieser jung verlandete Bereich noch keineswegs in einem Gleichgewicht aus Erosion und Sedimentation befindet, sondern dass auch in den letzten Jahrhunderten die Sedimentation hier weiterging. Dies ist von Bedeutung, wenn wir die Küstenlinien für bestimmte Zeiten linear interpolieren zwischen der nur begrenzten Zahl gut datierter Schichten. Wenn ein entsprechendes Gleichgewicht früh erreicht worden wäre, so wäre eine solche Interpolation nicht zulässig.

Aus der Bohrung FER 224 (vgl. Abb. 10) hinter dem ersten Strandwall bei El Puerto de Santa María stammt aus einer Tiefe von 2,4 m unter Flur eine Probe, die zusammen mit Resten von Keramik aus marinen Lagunen-Sedimenten genommen wurde. Die handgearbeitete Keramik wurde von O. Arteaga als bronzezeitlich eingestuft. Ein kalibriertes Alter der  $^{14}\text{C}$ -Probe um 2150 bis 2200 v. Chr., bzw. etwa 4170 Jahre vor heute passt gut dazu und würde diesen Komplex konkreter eher in die frühe Bronzezeit stellen. Beide Daten liefern gemeinsam die z. Zt. sicherste Datierung für die Bildung der ersten Strandwälle vor dem Mündungsbereich des Río Guadalete zwischen El Puerto de Santa María und Puerto Real.

### 7. *Entwicklung der Bucht in Blockbildern*

In den vorausgegangenen Abschnitten haben wir unsere geowissenschaftlichen Arbeiten und ihre Ergebnisse zur Rekonstruktion der Küstenlinien und der Landschaft in der Bucht von Cádiz geschildert. Sie sollen ihren Sinn und ihre Anwendung in den archäologischen und historischen Arbeiten der Gruppe um Prof. Dr. Oswaldo Arteaga an der Universität von Sevilla finden. Diese Anwendung kann aber nicht ihr Ziel erreichen, wenn die Rekonstruktionen der Küstenlinien und der Landschaft nicht mehr als Linien auf dem Papier bleiben, sondern nur wenn es uns gelingt, ein Bild und einen vorstellbaren Gesamteindruck zu vermitteln. Im Folgenden stehen daher fünf Blockbilder, die im Blick auf die Küste von West nach Ost – wie aus einem Ballon – die Landschaft zu verschiedenen archäologisch bzw. historisch interessanten Zeiten darstellen. Es sind dies die Zeit zum Höhepunkt der Flandrischen Transgression vor etwa 6500 Jahren, die Zeit der ersten phönizischen Siedlungen vor etwa 3000 Jahren, die frühe römische Kaiserzeit vor etwa 2000 Jahren, die Zeit des maurischen Kalifat vor etwa 1000 Jahren und zum Schluss ein Blick in derselben Weise auf die heutige Bucht.

#### 7.1. Höchststand des Meeresspiegels vor etwa 6500 Jahren

Der Verlauf der Küstenlinien zur Zeit des höchsten Meeresspiegels der Flandrischen Transgression vor etwa 6500 Jahren ist in den verlandeten Bereichen der Bucht hervorragend durch die Grenze des Vorkommens mariner Sedimente im Untergrund dokumentiert. Da marine Sedimente vor allem durch ihren Fossilinhalt ganz sicher zu identifizieren sind, kann man diese Grenze so genau und detailliert erkunden, wie man bereit ist in engem Abstand zu bohren. Wir haben in den verschiedenen Bereichen der Bucht mit etwas unterschiedlichen Schwerpunkten des Interesses zwar durchaus unterschiedliche Abstände zwischen den Bohrungen gewählt, für die Darstellung des Blockbildes in Abb. 17 waren diese Abstände jedoch in jedem Falle eng genug, um in den Bereichen der Verlandung eine hohe Zuverlässigkeit zu erreichen.

Deutlich anders ist das in den Bereichen, an denen während des Holozän vorzugsweise die Erosion an der zur Brandung und Strömung offenen Küste wirksam war. Hier wurden zu einer

Abschätzung der ehemaligen Küstenlinie die heutigen Karten und Seekarten mit den in ihnen eingetragenen Untiefen verwendet. Wenn man bedenkt, dass die Erosion durch Brandung nur bis in ganz geringe Wassertiefen unter dem Meeresspiegel wirksam sein kann, so führt die Umrandung von Wassertiefen von etwa 2 m unter dem mittleren Niedrigwasser zu einer maximalen Ausdehnung des Landes. Dass dies auch gleichzeitig die wahrscheinlichste Ausdehnung ist, wird deutlich, wenn sich im Verlauf der Wassertiefe ein deutlicher Knick vom Anstieg aus der Tiefe im Übergang in einen fast ebenen Tiefenverlauf in geringer Wassertiefe ergibt. Man bezeichnet solche Gebiete mit durchgehend einer Wassertiefe von nur etwa 2 m unter dem mittleren Niedrigwasser als 'Brandungs-Schorre'. Im Übrigen kann die Rekonstruktion in den Erosionsgebieten ganz prinzipiell nicht die Genauigkeit erreichen wie in den Verlandungsgebieten, in denen die alte Küste ja in ihren Sedimenten überall noch erhalten und dokumentiert ist.

Der postpleistozäne Anstieg des Meeresspiegels von etwa 130 m unter dem heutigen Stand vor etwa 18000 bis 19000 Jahren bis etwa zur heutigen Höhe, die um 6500 vor heute erreicht wurde, verlief auch in den letzten Abschnitten recht rasch. Das ergäbe im Mittel über die gesamte Zeit einen Anstieg von mehr als einem Meter pro Jahrhundert. Aus der zusammenfassenden Arbeit von Möner (1976) ergibt sich auch für das letzte Jahrtausend noch ein Anstieg von etwa 0,5 m pro Jahrhundert<sup>4</sup>. Trotz eines so schnellen Anstiegs sind sicher besonders im Bereich küstenparalleler Strömungen schnell erste Strandwälle entstanden, die somit an der einen oder anderen Stelle in das Blockbild der Abb. 17 hinein gehört hätten. Ihr Weglassen suggeriert also einen momentanen Anstieg bis zur dargestellten Situation, den es genau so sicher nicht gegeben hat. Das Weglassen solcher erster Ansätze von Strandwällen musste erfolgen, weil wir darüber keinerlei Information besitzen und auch nicht wissen, wie man eine solche gewinnen könnte.

Die Darstellung der Abb. 17 ist vor allem geprägt durch die weite offene Bucht des Guadalete und durch einen breiten und tiefen Wasserweg zwischen der Insel von San Fernando und dem Festland. Die Inseln, auf denen sich das heutige Cádiz befindet, haben zur dargestellten Zeit sicher aus mehreren kleinen Inseln bestanden, von denen einige durch die Erosion inzwischen abgetragen wurden.

Eine besondere Erwähnung verdient die Insel, die wir in der Abb. 17 als 'Isla de Campo Soto' bezeichnet haben. Der genaue Küstenverlauf dieser kleinen Insel ist absolut nicht gesichert, sondern nur ihre prinzipielle Existenz und die ungefähre Lage. Diese ergibt sich daraus, dass alle Bohrungen, die sich im Bereich zwischen der Lage dieser Insel und der Südspitze von San Fernando befinden, praktisch ausschließlich eine feinkörnige Lagunen-Sedimentation aufweisen, wie sie im direkten Kontakt zum offenen Ozean nicht entstehen kann. Es muss also eine schützende Barriere, etwa in der Gestalt der 'Isla de Campo Soto' bestanden haben, deren genaue Lage wir jedoch nicht kennen.

## 7.2. Die Zeit der ersten phönizischen Siedlungen vor etwa 3000 Jahren

Bei der Betrachtung des Blockbildes von Abb. 18 muss man bedenken, dass uns von dieser Zeit bereits ein etwa ebenso langer Abschnitt trennt wie diese Zeit von der des ersten Blockbildes der Abb. 17. Somit sind sowohl die Küsten der Erosionsbereiche wie auch mit Einschränkung die Küsten der Verlandungsbereiche etwa auf halber Strecke zwischen Abb. 17 und heute zu erwarten. Die Einschränkung besteht darin, dass eine solche lineare Interpolation selbstverständlich nicht einfach bezogen auf die Lage der Küste erfolgen kann, sondern vielmehr auf die abgelagerten Mächtigkeiten bezogen werden muss und dabei die unterschiedlichen Wassertiefen zu berücksichtigen hat.

<sup>4</sup> Das ist eine Anstiegsgeschwindigkeit, wie sie ähnlich aufgrund des Klimawandels auch für das gerade begonnene Jahrhundert von der Mehrzahl der Prognosen erwartet wird.

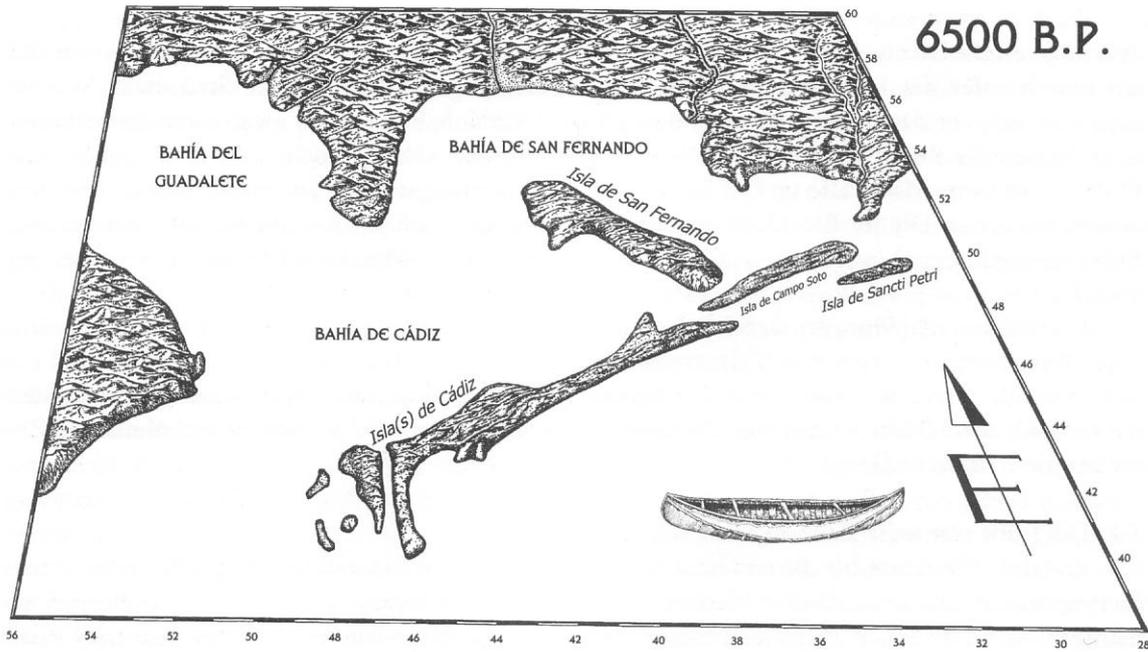


Abb. 17 Blockdiagramm, das eine Rekonstruktion der Bucht von Cádiz und San Fernando zeigt für die Zeit des höchsten Standes des Meeresspiegels im Holozän, nach dem Abschluss der Flandrischen Transgression vor etwa 6500 Jahren. Die Blickrichtung ist von einem erhöhten Standort von West nach Ost. Das Schiffspiktogramm stammt aus Seymour (1984).

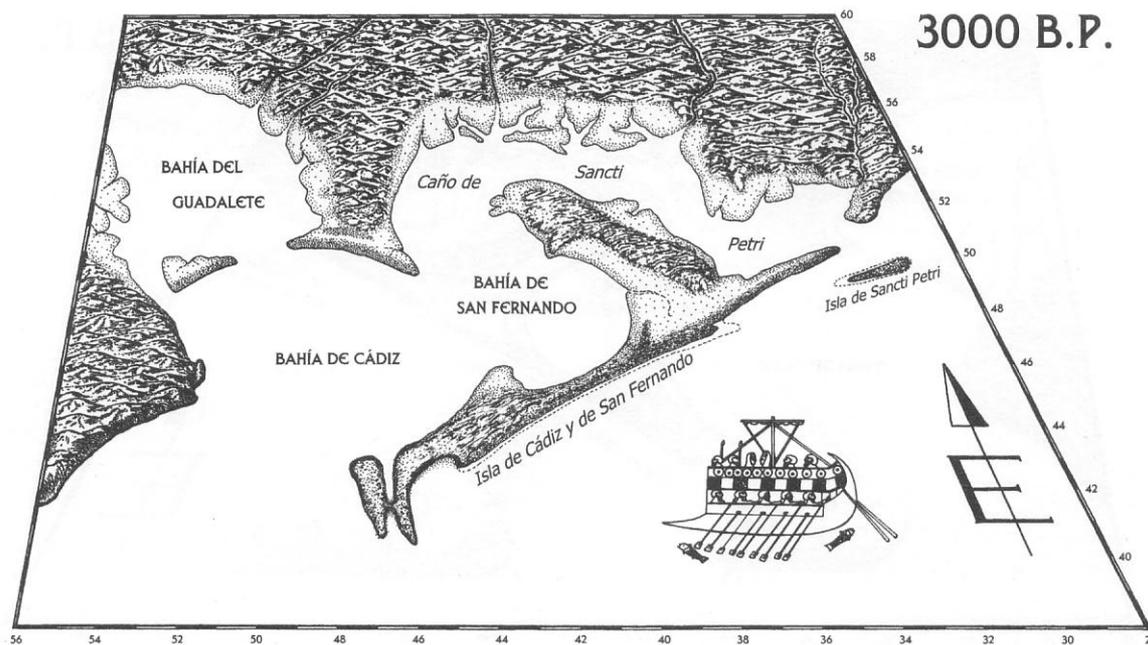


Abb. 18 Blockdiagramm, das eine Rekonstruktion der Bucht von Cádiz und San Fernando zeigt für die Zeit der ersten Ansiedlung der Phönizier vor etwa 3000 Jahren. Die Blickrichtung ist von einem erhöhten Standort von West nach Ost. Das Schiffspiktogramm stammt aus Herm (1973).

Auch in der Zeit der ersten phönizischen Siedlungen war die Bucht noch wesentlich bestimmt durch die offene 'Bahía del Guadalete', in der inzwischen die Wassertiefen etwas abgenommen hatten und bei der die Uferbereiche erste Marisma-Bildungen zeigten. Erste Strandwall-Systeme begannen sich vor der Bucht zu bilden, ihre genauen Verläufe kennen wir zwar nicht, die Sedimente im Innern der Bucht belegen jedoch bereits ihre Existenz. Ob die Bucht nahe dem heutigen Ort El Puerto de Santa María, also im Gebiet der heutigen Mündung des Río Guadalete, immer offen war, wissen wir nicht. Die im Blockbild eingetragene Variante erscheint uns am plausibelsten in ihrer Entwicklung bis zur heutigen Situation - auch wenn die heutige Mündung künstlich unterstützt und ausgebaut ist.

Die Wasserverbindung im Bereich des heutigen 'Caño de Sancti Petri' war noch ein breiter und tiefer Wasserweg, der stark vom Tidenstrom dominiert war. Die Inseln von Cádiz und die Insel von San Fernando waren in dieser Zeit sicher bereits zu einer Insel zusammengewachsen, denn auf dem sie verbindenden flachen Land der ehemaligen Lagune finden wir in punisch bis römischer Zeit bereits die erste Besiedlung.

### 7.3. Die frühe römische Kaiserzeit vor etwa 2000 Jahren

Auf dem Blockbild für die römische Zeit (Abb. 19) ist die Entwicklung nun 1000 Jahre weiter fortgeschritten. Die verlandenden Marisma-Bereiche in der 'Bahía del Guadalete' und im Bereich des heutigen 'Caño de Sancti Petri' sind breiter geworden. In diesen Flächen bildeten sich erste Priele heraus, die durch die Ströme der Tiden und die vom Land einmündenden Wasserläufe geprägt sind. Wir gehen davon aus, dass ihre prinzipielle Struktur und Lage bereits früh angelegt war und haben uns bei ihrer Darstellung in Abb. 19 durch die heutigen Verläufe inspirieren lassen.

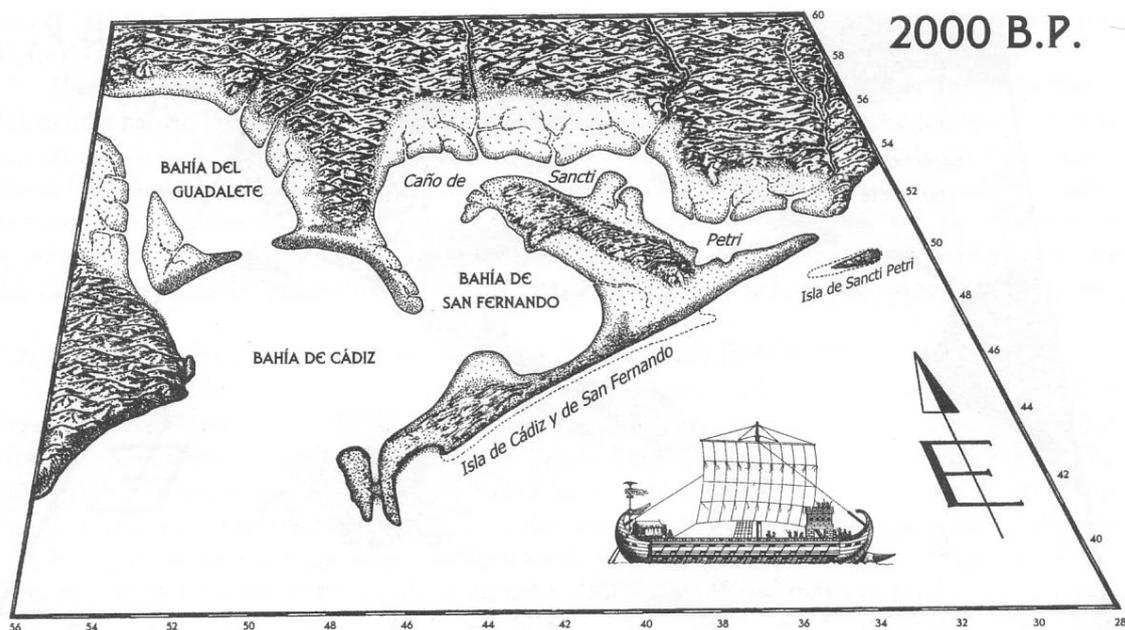


Abb. 19 Blockdiagramm, das eine Rekonstruktion der Bucht von Cádiz und San Fernando zeigt für die frühe römische Kaiserzeit vor etwa 2000 Jahren. Die Blickrichtung ist von einem erhöhten Standort von West nach Ost. Das Schiffspiktogramm stammt aus Herm (1973).

Die Systeme der Strandwälle vor der 'Bahía del Guadalete' schlossen nun fast ganz gegen den offenen Atlantik ab und nur noch ein oder zwei engere Durchlässe blieben für den ein- und ausfließenden Tidenstrom. Ob der Río Guadalete und der Río San Pedro zu dieser Zeit noch in ein gemeinsames Becken mündeten (wie es in der Abb. 19 als für uns wahrscheinlichste Lösung angenommen wurde) oder ob die Bucht bereits soweit verlandet war, dass der Río San Pedro ein selbständiger Wasserlauf war, können wir nicht entscheiden.

Das Land zwischen den ehemaligen Inseln von Cádiz und der Insel von San Fernando war besiedelt und es wird wohl - wie bis in die frühe Neuzeit belegt - auch landwirtschaftlich genutzt gewesen sein. Eine solche Besiedlung und landwirtschaftliche Nutzung ist eigentlich nur sinnvoll denkbar, wenn das Gebiet in dieser Zeit mit Dämmen oder Deichen gegen gelegentliche Hochfluten des Atlantik gesichert war.

#### 7.4. Die Zeit des maurischen Kalifat vor etwa 1000 Jahren

Für die Zeit um 1000 n. Chr., die Zeit des maurischen Kalifat, die im Blockbild von Abb. 20 dargestellt ist, wird die Bucht von Cádiz und San Fernando im Prinzip der heutigen schon recht ähnlich gewesen sein. Die ehemalige 'Bahía del Guadalete' war ein in der meisten Zeit des Jahres trockenes Marisma-Gebiet, das nur noch von Prielen durchzogen war, die die Unterläufe des Río Guadalete und des Río San Pedro charakterisierten. Im Gefolge von Hochflutereignissen aus dem Atlantik oder auch durch Hochwässer der Flüsse aus dem Hinterland haben die Unterläufe beider Flüsse sicher oft ihren Lauf verändert und mögen manchmal auch gemeinsam die eine oder andere Mündung benutzt haben, die das um diese Zeit sicher geschlossene Strandwall-System durchbrachen. Im Interesse der Hafensituation von El Puerto de Santa María ist es auch denkbar, dass die Mündung des Río Guadalete hin und wieder künstlich in den heutigen Verlauf gebracht wurde.

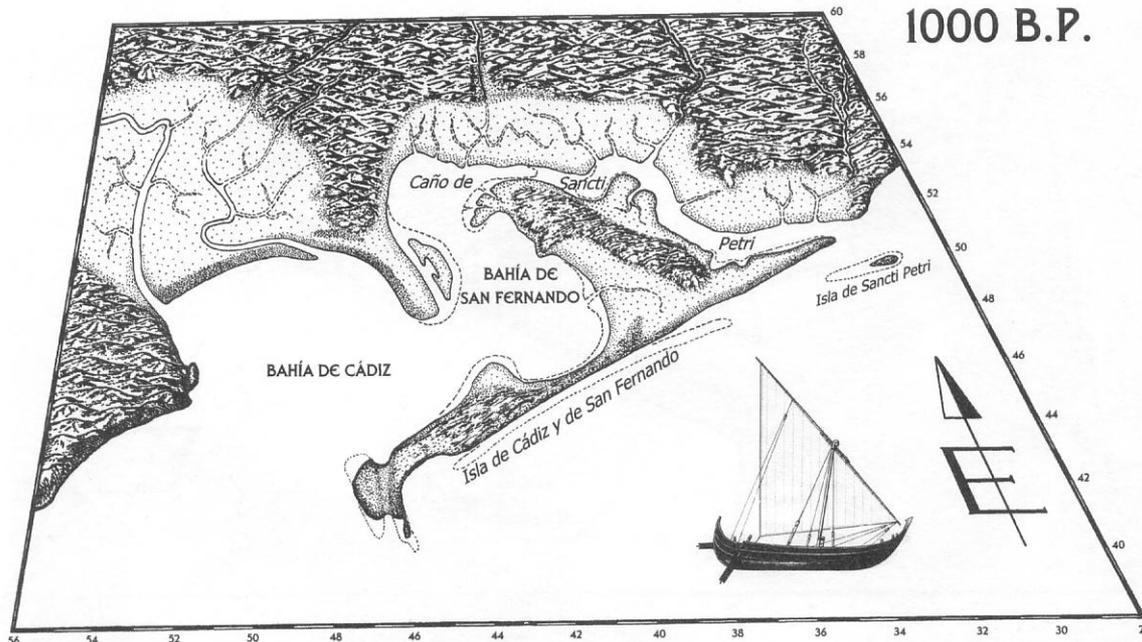


Abb. 20 Blockdiagramm, das eine Rekonstruktion der Bucht von Cádiz und San Fernando zeigt für die Zeit des maurischen Kalifat vor etwa 1000 Jahren. Die Blickrichtung ist von einem erhöhten Standort von West nach Ost. Das Schiffspiktogramm stammt aus Landström (1961).

Der Caño de Sancti Petri war sicher etwas breiter als heute, wird aber schon einen sehr ähnlichen Verlauf gehabt haben. Die Wassertiefe erlaubte den Schiffen der Zeit sicher ein Befahren zumindest bei Hochwasser. Spätestens in dieser Zeit (vielleicht auch schon in römischer Zeit) müssen wir jedoch davon ausgehen, dass nicht mehr ein wesentliches Durchströmen des Caño de Sancti Petri in jeder Tide erfolgte, sondern dass der südliche Teil von Süden durch die Tiden des Atlantik beeinflusst war, während der nördliche Teil über die 'Bahía de San Fernando' von den Tiden erreicht wurde. Im Grenzbereich beider Einflüsse war dann die Strömung am geringsten, es kam dadurch zu stärkerer Ablagerung von feinkörnigem Material und bald war hier auch die Wassertiefe am geringsten. Dies ist die Stelle, an der heute die Brücke steht, die somit durch die natürlichen Gegebenheiten auch sicher früh diesen Platz gefunden hat.

Das verbindende Land zwischen den ehemaligen Inseln von Cádiz und der Insel von San Fernando war um diese Zeit wohl weiterhin durchgehend besiedelt und in landwirtschaftlicher Nutzung. In seiner Größe war es seit der Zeit der vorigen Abbildung nur noch wenig gewachsen. Das liegt wohl daran, dass mit einer zunehmenden Ausdehnung der Strandwall-Halbinsel, die von Puerto Real ausgehend in die Bucht hineinwuchs, die Tidenströmungen intensiver wurden und nicht mehr derart viel feinkörniges Sediment zur Ablagerung gelangen konnte.

#### 7.5. Der Übergang zur heutigen Situation

Abb. 21 schließlich zeigt die heutige Situation in derselben Darstellungsweise wie bei den vier vorausgegangenen Blockbildern. Sie zeigt damit auch, was besonders in dem sehr variablen Bereich der Marismas unter 'Land' verstanden wurde. Das ist für verschiedene Karten durchaus nicht immer

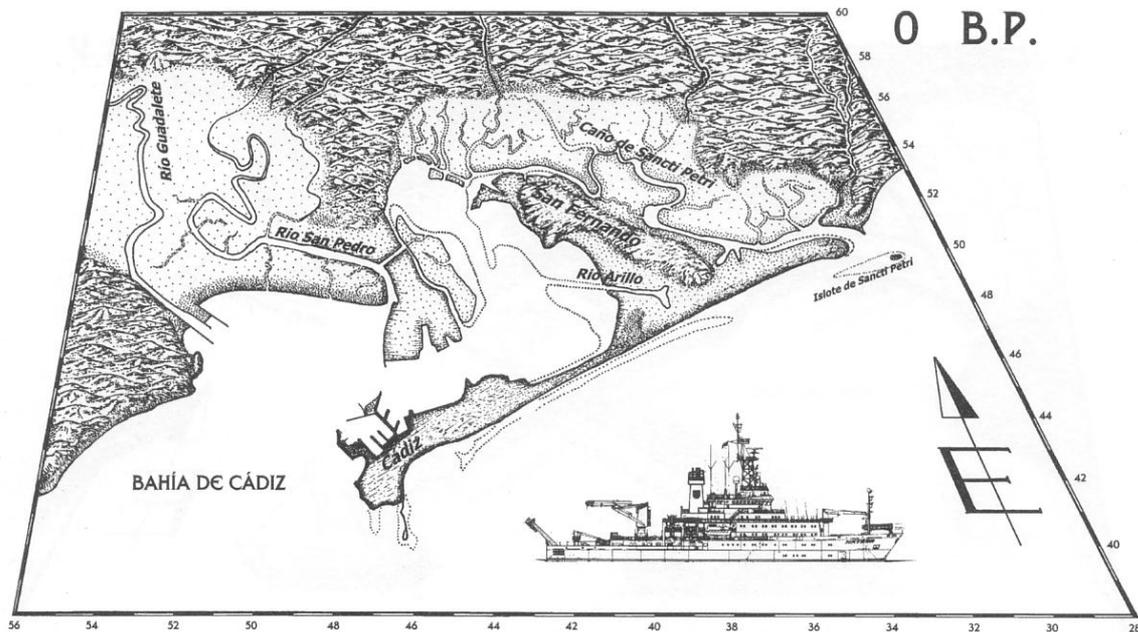


Abb. 21 Blockdiagramm der heutigen Situation in der Bucht von Cádiz und San Fernando. Größere Straßen und Brücken, die den Gesamteindruck sehr gestört hätten, wurden weggelassen. Die Blickrichtung ist von einem erhöhten Standort von West nach Ost. Das Schiffspiktogramm stammt aus einem Prospekt für das deutsche Forschungsschiff METEOR.

dasselbe, denn eine auf die befahrbaren Wasserwege ausgerichtete Seekarte stellt das anders dar, als z.B. eine Karte der Gebiete landwirtschaftlicher Nutzung. Die Untiefen vor der heutigen Küste sind mit punktierten Linien umrissen; auch bei einigen der vorigen Blockbilder wurde das dort eingetragen, wo wir es sicher wussten.

Die Zeit etwa auf der Mitte zwischen der heutigen Situation und der vor etwa 1000 Jahren zeigt die zeitgenössische Karte der Abb. 22, die für das Jahr 1672 datiert ist. Sie stammt aus einem Katalog, den Martínez López (Hrsg., 2000) für eine Ausstellung im Herbst 2000 in Cádiz zusammenstellte. Es ist nicht bekannt, ob dies eine wirklich genuine Karte zeigt oder ob sie in ihren Inhalten auf ältere Karten zurückgreift. Andere, später datierte Karten aus dem Katalog mit demselben Ausschnitt zeigen so viele Übereinstimmungen auch in den zufälligen Details, dass wir sicher annehmen müssen, dass sie von der Karte von 1672 oder einem gemeinsamen älteren Vorbild kopiert wurden. Die Karte von 1672 wurde bei dem sehr bekannten Kartographen Joannes Blaeu in Amstelodam (Amsterdam) herausgegeben, dessen Karten für ihre gute Qualität bekannt sind. Selbst wenn also Joannes Blaeu auf eine noch etwas ältere Darstellung zurückgegriffen hätte, so dürfen wir doch sicher davon ausgehen, dass seine Darstellung auch für die genannte Zeit von 1672 gelten darf.

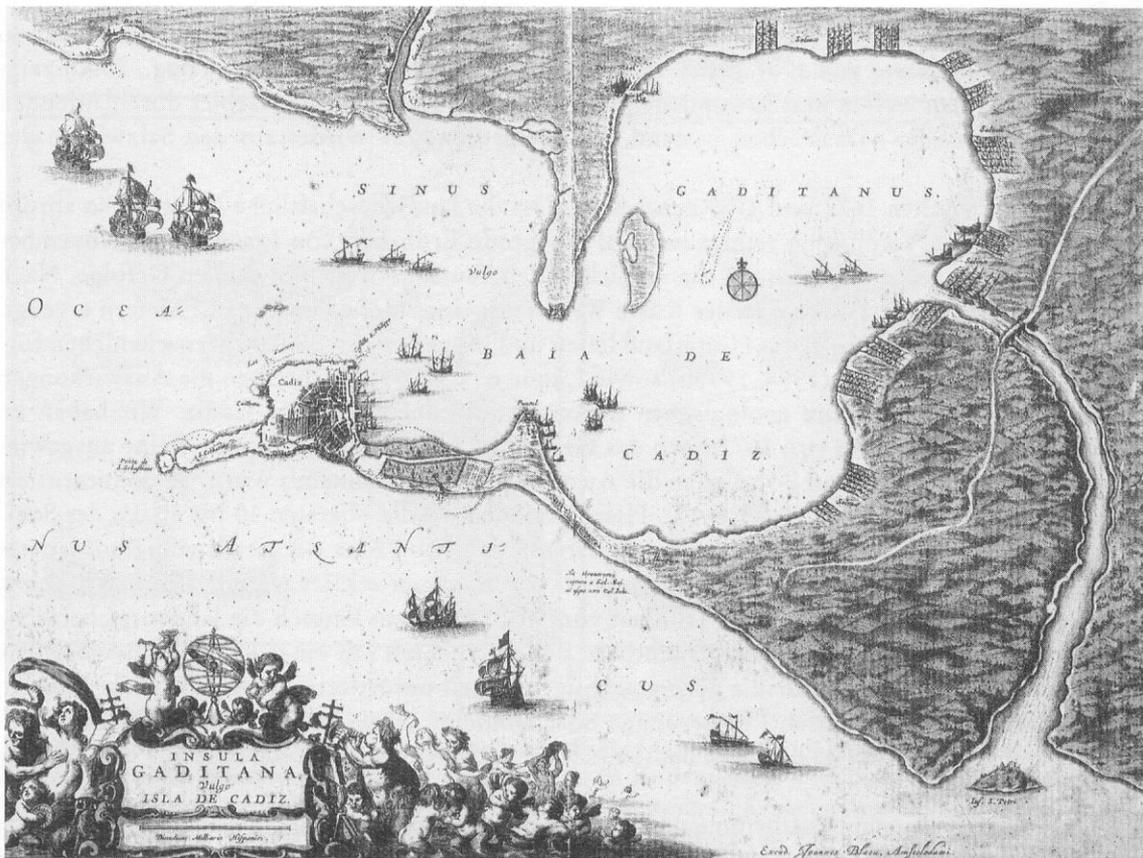


Abb. 22 Zeitgenössische Kartendarstellung der Bucht von Cádiz und San Fernando aus dem Jahre 1672. Die Karte wurde herausgegeben von Joannes Blaeu, Amstelodam (Amsterdam).

Manche Details der Karte von 1672 sind auch für unseren Blick in die Vergangenheit wichtig und wurden insbesondere in der Darstellung des Zeitschnittes von 1000 n. Chr. mit herangezogen. So wurde die kleine Insel, die südwestlich von Puerto Real in der Bucht eingetragen ist (sie heißt in den modernen Karten 'Isla del Trocadero') etwa in der Gestalt der Karte von 1672 auch bereits im Blockbild von Abb. 20 berücksichtigt. Die Mündung des Río Guadalete ist ganz ähnlich wie heute bei El Puerto de Santa María dargestellt und das Gebiet hinter den Strandwällen wird als grün bewachsenes Land gezeigt. Eine Mündung des Río San Pedro ist nicht dargestellt. Mündete er damals bereits weiter oberhalb in den Río Guadalete oder wurde er wegen seiner geringeren Größe einfach nur vernachlässigt? Rund um das Ufer der inneren Bucht sind Signaturen eingetragen, die ganz offensichtlich Salinen darstellen, so wie sie auch noch heute an einigen Stellen betrieben werden. Die im Wasser der Bucht eingezeichneten Schiffe sind sicher nur Zierrat und nicht (wie in den Abb. 17–21) Piktogramme mit beabsichtigtem Zeitbezug. Dennoch ist es interessant, dass außer einigen größeren Rahseglern mit gebauschten Segeln auch ein paar kleinere Schiffe mit einem Lateiner-Segel eingezeichnet sind, die sehr dem Piktogramm eines arabischen Schiffes in Abb. 20 ähneln.

Ein besonders wichtiges Detail der Karte von 1672 ist jedoch, dass der gesamte Landbereich westlich und südwestlich des alten Inselkerns von San Fernando mit der grünen Signatur der landwirtschaftlichen Nutzung eingetragen ist. Eine kleine Inschrift *Hic nobilissima Hispaniae vina nascuntur* verrät auch, dass 'hierher die besten Weine Spaniens kommen'. Wie wir erfuhren, ist die landwirtschaftliche Nutzung dieses Bereiches auch in den Archiven von San Fernando überliefert. Eine Karte von 1787 (Seite 143 im Katalog von Martínez López, Hrsg., 2000) zeigt jedoch bereits den weiten und gewundenen, mit einzelnen Zuflüssen das Gebiet durchlaufenden Priel des 'Río Arillo'. Das Gebiet bestand also spätestens 1787 wieder aus den Salzwiesen der Marismas.

Was ist zwischen 1672 und 1787 geschehen, dass die landwirtschaftliche Nutzung so abrupt beendete? Unsere Vermutung richtet sich auf das große Erdbeben von Lissabon im November des Jahres 1755; genauer gesagt auf die vernichtenden Tsunami-Wellen in seinem Gefolge. Nach Klug (1986) hat dieser Tsunami an der Küste Wellen mit einer Höhe von 5 bis 12 Metern erzeugt, die mehrere Kilometer bis in das Hinterland liefen und insgesamt etwa 60000 Menschenleben forderten. Auch Dabrio u. a. (1998, 1999b) sowie Luque u. a. (1999) beschreiben die Auswirkungen dieser Katastrophe und ihre geologischen Dokumente in der Bucht von Cádiz. Wir haben im Bereich, in dem die Karte von 1672 noch das Gebiet für den Anbau der besten Weine ausgewiesen hatte, in einer Reihe von Bohrungen die Auswirkungen des Tsunamis von 1755 dokumentiert gefunden (FER 14 bis FER 17, FER 19). Hier bestanden oft die obersten 10 bis 30 cm des Sediments aus einer ungeordneten Mischung von Schluff, Sand und Kies wie sie als völlig unsortierte Ablagerung am besten durch die Vorgänge bei einem Tsunami erklärt werden kann. Wir gehen also davon aus, dass die Wellen des Tsunami von 1755 in diesem Bereich die landwirtschaftliche Nutzung beendeten. Dabei wurden fruchtbare Bodenschichten mit einer Dicke von vielleicht 1 bis 1,5 m erodiert, so dass nur die geringmächtigen Lagen unsortierten Materials übrig blieben. Die Stellen, die durch Häuser, Pflasterungen oder ähnliches etwas besser geschützt waren, blieben als kleine Inseln übrig, die auch heute noch die archäologischen Zeugnisse aus der Zeit der Besiedlung bergen.

Auf eine detailliertere Bearbeitung des Gebietes der Altstadt von Cádiz im Frühjahr 2001 wurde bereits hingewiesen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung, für die anders als hier ein schwereres Motor-Bohrgerät eingesetzt werden musste, sind separat veröffentlicht (s. o. Arteaga u. a.). Wir

sind jedoch der Ansicht, dass die zusammenfassende Karte der Küstenlinien dieses Bereichs für die verschiedenen Zeiten, so wie sie sich bei dieser Bearbeitung ergab, auch hier im Zusammenhang der Betrachtung der gesamten Bucht zitiert sein musste (Abb. 23). Die Geländearbeiten, die

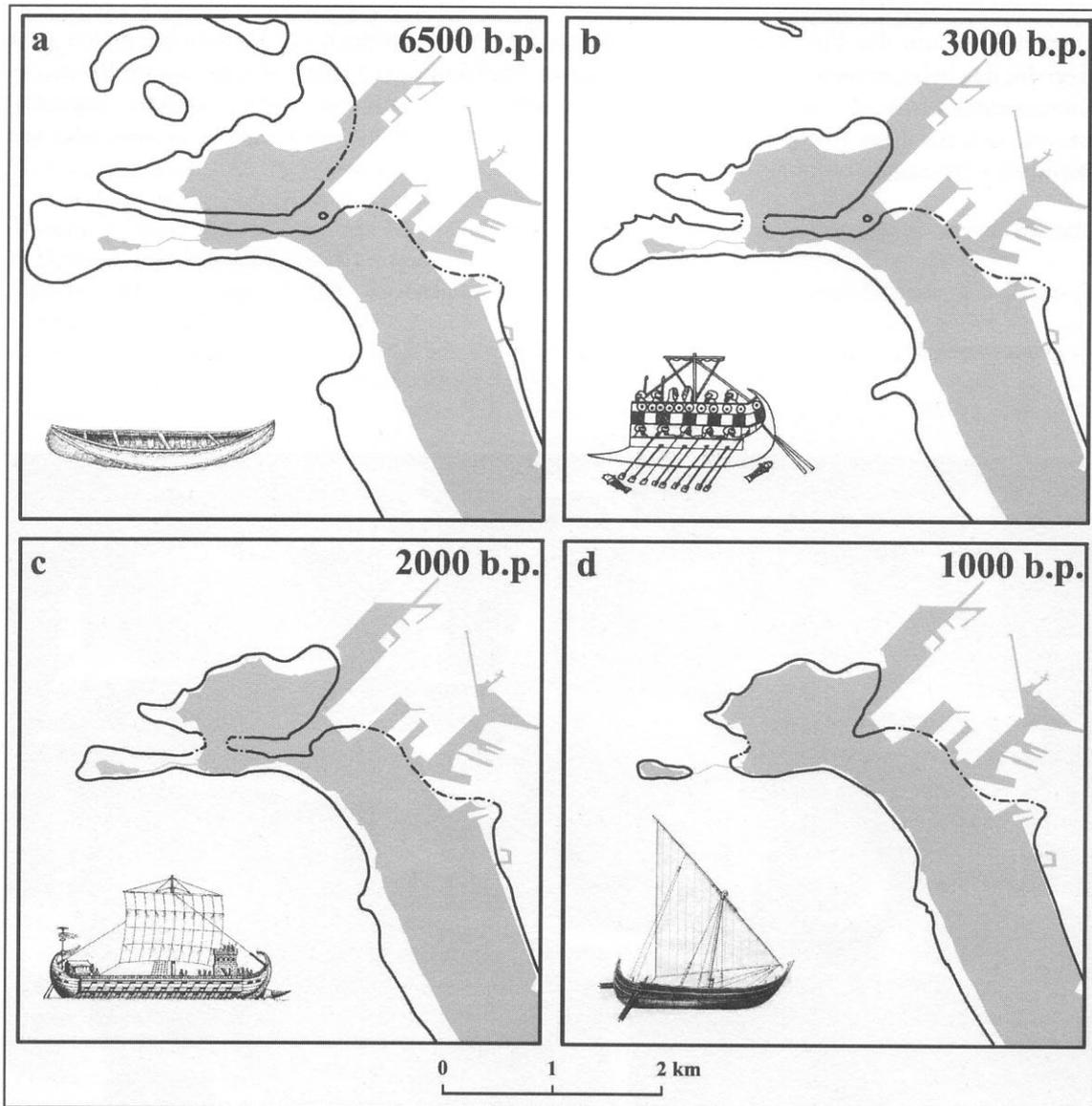


Abb. 23 Küstenverläufe im Bereich der Altstadt von Cádiz (Arteaga u. a., im Druck). a) Küstenverlauf zur Zeit des höchsten Meerwasserspiegels etwa 6500 b. p.; b) Küstenverlauf etwa zur Zeit der phönizischen Stadtgründung; c) Küstenverlauf in der frühen römischen Kaiserzeit; d) Küstenverlauf im Hochmittelalter. Die heutige Gestalt der Halbinsel einschließlich der modernen Hafenanlagen ist jeweils grau hinterlegt. Wo keine hinreichenden Informationen vorlagen, z. B. im Bereich der modernen Hafenanlagen, wurde die Küstenlinie mit unterbrochener Linie eingetragen. Die Schiffspiktogramme stammen aus: Seymour (1984); Herm (1973) sowie Landström (1961).

Ergebnisse und die Überlegungen, die zu dieser Karte geführt haben, sind mit allen notwendigen Einzelheiten bei Arteaga u. a. (s. o.) beschrieben.

Auch wenn auf der heutigen Insel von Cádiz und San Fernando kein Wein mehr angebaut wird, auch wenn heute keine Garum-Fischsauce mehr produziert wird, auch wenn Cádiz heute nicht mehr einer der ganz großen Häfen in Europa ist, es bleibt einer der ganz großen Plätze der Geschichte. Deshalb haben wir versucht, auch die Geschichte dieser Bucht und dieser Landschaft für den Zeitraum des Holozän nachzuzeichnen. Die Auswirkungen der Geschichte haben weit gereicht, das belegen nicht zuletzt auch Amphoren für Wein oder Garum wie wir sie im Römisch-Germanischen Museum in Köln wiederfanden (Abb. 24). Diese Amphoren sind zwar nur charakteristisch für diese Region der Iberischen Halbinsel, aber sie könnten auch aus Cádiz oder aus San Fernando stammen.



Abb. 24 Amphoren, die bei Ausgrabungen in Köln gefunden wurden. Solche Amphoren sind charakteristisch für das Herkunftsgebiet im Südwesten der Iberischen Halbinsel. Vielleicht wurden sie aus Cádiz oder San Fernando gefüllt mit Wein oder Garum (Fischsauce) nach Köln geschickt.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ager, D.V. 1980, *The Geology of Europe*.
- Arteaga, O. 1994: La Liga Púnica Gaditana - Aproximación a una visión histórica occidental, para su contrastación con el desarrollo de la hegemonía cartaginesa, en el mundo mediterráneo, in: VIII Jornadas de Arqueología Fenicio-Púnica, Trabajos del Museo Arqueológico de Ibiza 33, 23–57.
- Arteaga, O. – Kölling, A. – Kölling, M. – Roos, A. M. – Schulz, H. – Schulz, H. D. 2004: Geschichte des Küstenverlaufs im Stadtgebiet von Cádiz, hier MM 45, 183 ff.
- Aubert, M. E. 1994: Tiro y las colonias fenicias de Occidente<sup>2</sup>.
- Bardaji T. – Goy, J. L. – Zazo, C. 2000: El límite Plio-Pleistoceno. Un debate todavía abierto, *Cuaternario y Geomorfología* 14 (1/2) 77–93.
- Barragán Mallofret, D. 2001: Investigación geoarqueológica en San Fernando. Cádiz, unveröffentlichte Magisterarbeit, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla.
- Becker, V. 2001: Entwicklung der Küstenlinie im Holozän in der Bucht von Cádiz, unveröffentlichte Diplommkartierung, Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen.
- Brückner, H. – Radtke, U. 1990: Küstenlinien. Indikatoren für Neotektonik und Eustasie, *Geographische Rundschau* 42, 654–661.
- Dabrio, C. J. – Goy, J. L. – Zazo, C. 1998: The Record of the Tsunami Produced by the 1755 Lisbon Earthquake in Valdelagrana spit (Gulf of Cádiz, Southern Spain), *Geogaceta* 23, 31–34.
- Dabrio, C. J. – Zazo, C. – Goy, J. L. – Sierro, J. F. – Borja, F. – Lario, J. – González, J. A. – Flores, J. A. 1999a: Sequence Stratigraphy of Holocene Incised-Valley Fills and Coastal Evolution in the Gulf of Cádiz (Southern Spain), *Geologie en Mijnbouw* 77, 263–281.
- Dabrio, C. J. – Zazo, C. – Goy, J. L. 1999b: El estuario del Guadalete, in: J. J. Durán Valsero – R. Nucho del Rivero – M. Vallejo Ordóñez (Hrsg.), *Patrimonio Geológico de Andalucía*, 79–83.
- Dabrio, C. J. – Zazo, C. – Goy, J. L. – Sierro, J. F. – Borja, F. – Lario, J. – González, J. A. – Flores, J. A. 2000: Depositional History of Estuarine Infill During the Last Postglacial Transgression (Gulf of Cádiz, Southern Spain), *Marine Geology* 162, 381–404.
- Goy, J. L. – Zazo, C. – Dabrio, C. J. – Lario, J. – Borja, F. – Sierro, J. F. – Flores, J. A. 1996: Global and Regional Factors Controlling Changes of Coastlines in Southern Iberia (Spain) During the Holocene, *Quaternary Science Reviews* 15, 773–780.
- Gracia, F. J. – Alonso, C. – Gallardo, M. – Giles, F. – Benavente, J. – López-Aguayo, F. 2000: Evolución eustática postflandriense en las marismas del Sur de la Bahía de Cádiz, *Geogaceta* 27, 71–74.
- Helms, M. 2001: Holozänstratigraphie und Küstenlinienrekonstruktion im Raum San Fernando (SW-Spanien), unveröffentlichte Diplommkartierung, Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen.
- Herm, G. 1973: *Die Phönizier. Das Purpurreich der Antike*.
- IGME 1987: Erläuterungen und Geologische Karten zu den Blättern 1061 Cádiz, 1062 Paterna de Rivera, 1068 San Fernando, 1069 Chiclana de la Frontera der Mapa Geológico de España im Maßstab 1:50.000, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Klug, H. 1986: *Flutwellen und Risiken der Küste, Wissenschaftliche Paperbacks Geographie*.
- Lager, T. 2001: Küstenlinienrekonstruktion und Holozänstratigraphie im Raum San Fernando (SW-Spanien), unveröffentlichte Diplommkartierung, Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen.
- Landström, B. 1961: *Das Schiff*.
- López-Galindo, A. – Roderio, J. – Maldonado, A. 1999, Surface Facies and Sediment Dispersal Patterns: Southeastern Gulf of Cádiz, Spanish Continental Margin, *Marine Geology* 155, 83–98.
- Luque, L. – Zazo, C. – Goy, J. L. – Dabrio, C. J. – Civis, J. – Lario, J. – Gómez-Ponce, C. 1999: Los depósitos del tsunami de Lisboa de 1755. Su registro en la Bahía de Cádiz. Flecha de Valdelagrana (Spain), in: L. Palli Buxó – C. Roqué Pau (Hrsg.), *Avances en el estudio del Cuaternario español* 63–66.
- Matheron, G. 1976: A Simple Substitute for Conditional Expectations. The Disjunctive Kriging, in: Guarescio u. a. (Hrsg.), *Nato Advanced Study Institute Series, Rome 1975*, 237–251.

- Martínez López, R. (Hrsg.) 2000: Un mar para la historia de Cádiz. Cartografía y estampas de la Biblioteca de D. Federico Joly Höhr (s. XVI – s. XIX), Catálogo.
- Ménanteau, L. – Vanney, J. R. – Guillemot, E. 1989: Mapa Fisiográfico del Litoral Atlántico de Andalucía, M. F. 04: Rota – La Barrosa (Bahía de Cádiz) M.F. 05: Cabo Roche – Ensenada de Bolonia.
- Mörner, N. A. 1976: Eustasy and Geoid Changes, *Journal of Geology* 84, 123–151.
- Nelson, C. H. – Baraza, J. – Maldonado, A. – Rodero, J. – Escutia, C. – Barber, J. H. 1999: Influence of the Atlantic Inflow and Mediterranean Outflow Currents on Late Quaternary Sedimentary Facies of the Gulf of Cádiz Continental Margin, *Marine Geology* 155, 99–129.
- Rambaud, F. 1997: *Portus Gaditanus*, MM 38, 75–88.
- Reitz, A. 2001: Küstenlinienverlagerung und Stratigraphie im Holozän in der Bucht von Cádiz, unveröffentlichte Diplomkartierung, Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen.
- Schönenberg, R. – Neugebauer, J. 1997: Einführung in die Geologie Europas.
- Schulz, H. D. – Felis, T. – Hagedorn, C. – von Lührte, R. – Reiners, C. – Sander, H. – Schneider, R. – Schubert, J. – Schulz, H. 1995: Holozäne Küstenlinie am Unterlauf des Río Guadalquivir zwischen Sevilla und der Mündung in den Atlantik, MM 36, 220–232.
- Seymour, J. 1984: Vergessene Künste. Bilder vom alten Handwerk.
- Wilke, I. 2001 Die Bucht von Cádiz im Holozän, unveröffentlichte Diplomkartierung, Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen.
- Zazo, C. – Goy, J. L. – Dabrio, C. J. – Belluomini, G. – Improta, S. – Lario, J. – Bardaji, T. – Silva, P. G. 1994: Holocene Sequence of Sea-Level Fluctuations in Relation to Climate Trends in the Atlantic-Mediterranean Linkage Coast, *Journal of Coastal Research* 10, 933–945.

## RESUMEN

### Las líneas de costa en la Bahía de Cádiz y San Fernando durante el Holoceno

El presente trabajo constituye la primera parte de la información que en tres ensayos separados esperamos ofrecer en *Madridrer Mitteilungen* acerca de los resultados obtenidos en las investigaciones geoarqueológicas que durante el otoño del año 2000 y la primavera del año 2001, bajo la dirección de Horst D. Schulz (Universidad de Bremen, Alemania) y de Oswaldo Arteaga (Universidad de Sevilla), se llevaron a cabo en el ámbito de la Bahía de Cádiz.

En esta primera publicación, por consiguiente, damos a conocer el cometido interdisciplinario que concierne a la Geología. De este modo, comenzamos mostrando la historia del desarrollo costero en la Bahía de Cádiz y en los alrededores de San Fernando, durante varios momentos del Holoceno. Además se señalan las sucesivas particularidades geomorfológicas que a través del tiempo han venido conformando la fisonomía espacial del actual paisaje litoral. En una segunda publicación, al contar con la misma base paleogeográfica que ahora presentamos, esta vez por parte de O. Arteaga, A. Kölling, M. Kölling, A. M. Roos, H. Schulz y H. D. Schulz, se adelantan los resultados relativos a la geoarqueología urbana de Cádiz, que muestran la localización concreta del antiguo ‘Puerto de Gadir’. Y, finalmente, en una futura síntesis ofrecida por O. Arteaga y A. M. Roos, quedarán consignadas las expectativas antrópicas que con relación al Holoceno inciden en la transformación de estos espacios insulares, al tiempo que se reafirman las vinculaciones históricas que el famoso puerto ha venido manteniendo respecto del ámbito marítimo de la Bahía, desde los tiempos de la Gadir fenicia y púnica, pasando por las épocas relativas a la Gades romana y a la *Yazirat-Qadiš* de las fuentes escritas árabes, hasta alcanzar el reborde costero la fisonomía moderna que conecta con la actual ciudad de Cádiz.

Nachweis der Abbildungsvorlagen: Abb.1 – 21: Autoren. – Abb. 22: nach Martínez López 2000. – Abb. 23: nach Arteaga u. a. (s. o.). – Abb. 24: nach Foto Römisch-Germanisches-Museum der Stadt Köln (M. Jeiter).

Anschrift der Autoren: Prof. Dr. Horst D. Schulz – Veith Becker – Marcus Helms – Tanja Lager – Anja Reitz – Iris Wilke, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330440, D-28334 Bremen, E-Mail: hdschulz@uni-bremen.de. – Daniel Barragán Mallofret, Dpto. de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Sevilla, c/ María de Padilla s/n, E-41004 Sevilla, Spanien. E-Mail: Danimallofret@yahoo.de.