

Erste Befunde zu Veränderungen des holozänen Meeresspiegels und zur Größenordnung holozäner ^{14}C -Reservoireffekte im Bereich des Golfo San José (Península Valdés, Argentinien)

Helmut BRÜCKNER¹, Gerhard SCHELLMANN², Gerd DAUT³, Roland MÄUSBACHER³, Enrique SCHNACK⁴ & Heike SCHNEIDER³

Abstract

Geomorphologic and chronostratigraphic investigations along the coasts of the Golfo San José show a well preserved sequence of Holocene beach ridges. Dating results are based on ^{14}C -AMS ages of embedded mollusc shells. Due to the tectonic stability of the Península Valdés since the Middle Pleistocene, and the protected exposition of the gulf against storm waves from the Atlantic Ocean, surface elevations of these beach ridges have been strongly dominated by eustatic sea-level variations. Therefore, it can be assumed that the uppermost beach ridges, which are 6500 ^{14}C years old, were deposited during the maximum Holocene transgression when relative sea level was c. 3 m higher than present. Sea level later declined, reaching a significantly lower level as early as 3200 ^{14}C BP.

Another aspect focuses on the variations in marine reservoir ages in the area. By ^{14}C dating charcoal and mollusc shells from indigenous fire places in the Golfo San José area it is shown that during the younger Sub-Atlantic the marine ^{14}C reservoir value was c. 340 years, i.e. more than 60 years below the modern global mean of c. 405 years. In contrast, the ^{14}C reservoir value was c. 590 years during the late Subboreal, i.e. c. 190 years higher than the modern global mean. This emphasizes the magnitude of the marine ^{14}C reservoir changes in the Golfo San José during the Middle and Late Holocene.

¹ Fachbereich Geographie, Philipps-Universität Marburg, D-35032 Marburg, h.brueckner@staff.uni-marburg.de

² Institut für Geographie, Universität Bamberg, D-96045 Bamberg

³ Institut für Geographie, Universität Jena, D-07743 Jena

⁴ Laboratorio de Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

1. Einleitung und Forschungsstand

Die Península („Halbinsel“) Valdés liegt an der nordpatagonischen Atlantikküste, etwa 300 km südlich der Mündung des Río Colorado, der das semiaride bis aride Ostpatagonien von den feuchteren Grasländern der argentinischen Pampa trennt. Aus geologischer Sicht befindet sich die Halbinsel am Ostrand des Nordpatagonischen Massivs in einem lokal begrenzten intrakontinentalen Becken, das vor allem in der Kreidezeit und im Alttertiär mit etwa 3000 m mächtigen flachmarinen und festländischen Ablagerungen gefüllt wurde (u.a. SCASSO et al. 2001, URIEN et al. 1981). Diese Schichten wurden im Jungtertiär von den fluvialen Kiesen der sog. „*Rodados patagónicos*“ weitflächig überdeckt. Neben äolischen Sedimenten bilden sie mit Mächtigkeiten von bis zu 6 m (ISLA et al. 2000) in weiten Bereichen der Península Valdés das Oberflächengestein – diskordant ausgebreitet über den liegenden feinklastischen und zum Teil Gipslagen führenden flachmarinen Ablagerungen der miozänen Puerto Madryn-Formation (Abb. 1; ISLA et al. 2000). Durch Küstenerosion in die Strandzone verlagert wurden diese kiesigen Grobklastika im Laufe des Mittel- und Jungpleistozäns von der Brandung vor allem an der Nordostküste im Bereich der Caleta Valdés bis zum Punta Norte sowie in einzelnen Buchten in der Umrahmung des Golfo San Matias zu Strandwällen angehäuft.

Obwohl schon ROVERETO (1921) und FERUGLIO (1950) litorale Akkumulationsformen auf der Península Valdés beschrieben hatten, wurden genauere morpho- und chronostratigraphische Aufnahmen erst in den 1980er und 1990er Jahren von FASANO et al (1983), CODIGNOTTO (1983), CODIGNOTTO & KOKOT (1988), RADTKE (1989), RADTKE et al. (1989), RUTTER et al. (1989; 1990) sowie SCHELLMANN (1998) durchgeführt. Fast alle diese Küstenstudien befassten sich mit der Verbreitung und vor allem mit der Datierung der an der Nordostküste der Península Valdés im Bereich der Caleta Valdés erhaltenen pleistozänen Strandwall-Lagunen-Systeme Ia bis IV, die sich auf ca. 30 km Länge entlang der N-S-verlaufenden Caleta Valdés in einer Meereshöhe von ca. 26 – 28 m ü. M. erstrecken (Abb. 2). Auf der Basis von AAR (Aminosäure-Razemisierung)- und ESR (Elektronen-Spin-Resonanz)-Altersdatierungen an eingelagerten Muschelschalen konnten RADTKE (1989), RADTKE et al. (1989) sowie RUTTER et al. (1989; 1990) ein letztinterglaziales Alter des jüngsten System IV aufzeigen. Dagegen weisen die Ergebnisse der AAR-Bestimmungen für das System III (u.a. RUTTER et al. 1990: 401) auf eine Entstehung während des vorletzten oder eines älteren mittelpleistozänen Meeresspiegel-Hochstandes hin. Mit Hilfe von ESR- und Th/U-Datierungen sowie paläopedologischen Hinweisen geht SCHELLMANN (1998)

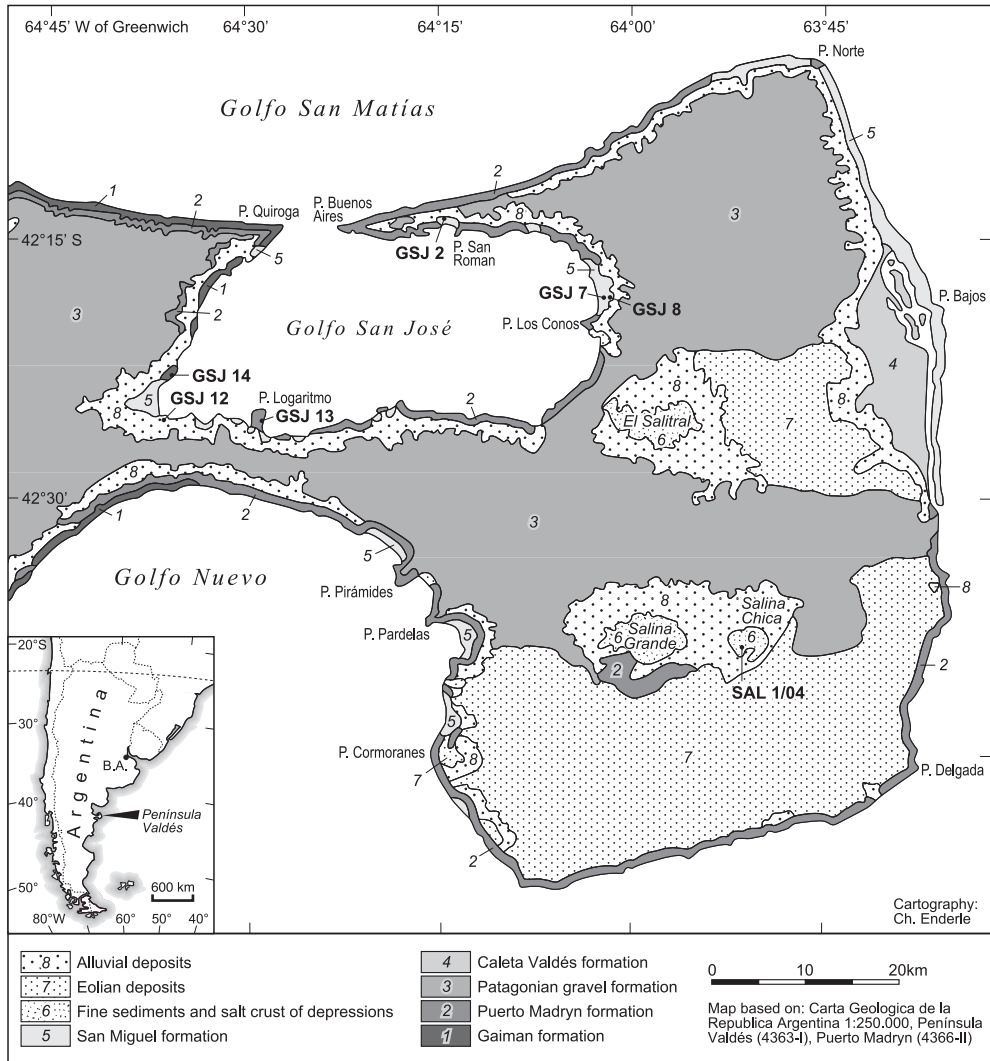


Abb. 1: Geologische Karte der Península Valdés mit den im Text beschriebenen Lokalitäten. Die Strandwallserien werden in der Legende der offiziellen geologischen Karte als „Formación San Miguel – Gravas y arenas“ (hier: Nr. 5) bezeichnet. Quelle: Carta Geológica de la República Argentina, Escala 1:250.000, Península de Valdés (4363-I), Puerto Madryn (4366-II), Edición Cartográfica Preliminar (2003), sowie verschiedene topographische Karten.

für die beiden ältesten Strandwall-Lagunen-Systeme Ia und Ib von einer mittelpleistozänen Entstehung während der Meeresspiegelhochstände MIS 7 (System Ib) bzw. mindestens MIS 9 (System Ia) aus. Wenn auch die genaue geochronologische Einstufung der hier erhaltenen pleistozänen Strandwallsysteme noch nicht abschließend geklärt ist, so zeigen die bisherigen Untersuchungen doch, dass die Península Valdés –

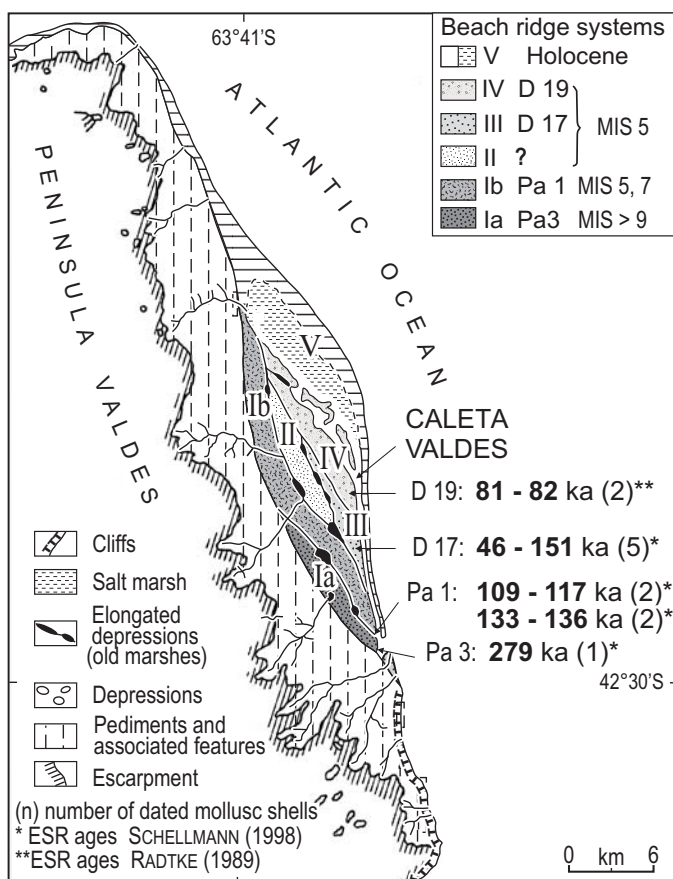


Abb. 2: Übersichtskarte zur Verbreitung und Alterseinstufung der mittel- bis jungpleistozänen Strandwall-Lagunen-Systeme im Bereich der Caleta Valdés. Die morphostratigraphische Verbreitung stützt sich auf FASANO et al. (1983) sowie SCHELLMANN (1998), die Alterseinstufungen auf RADTKE (1989), RUTTER et al. (1990) sowie SCHELLMANN (1998).

anders als die meisten Küstengebiete Mittel- und Südpatagoniens (siehe hierzu auch SCHELLMANN & RADTKE in diesem Band) – mindestens seit dem jüngeren Pleistozän tektonisch so stabil war, dass die Oberflächen der fossilen Strandwälle aus den letzten Interglazialen heute noch in ähnlicher Meereshöhe liegen. Insofern ist gerade dieses Gebiet sehr geeignet für Untersuchungen von glazial-eustatischen Veränderungen des Paläomeeresspiegels auf der Basis fossiler Strandformen, können doch tektonische Einflüsse auf deren heutige Höhenlage vernachlässigt werden.

Erstaunlich ist allerdings, dass derartige Studien sich bisher fast nur auf die pleistozänen Küstenformen konzentrierten, während die durch Einsatz der ^{14}C -Altersbestimmungsmethode wesentlich genauer datierbaren holozänen Strandbildungen auf

der Península Valdés relativ wenig Beachtung fanden. Zwar konnten CODIGNOTTO (1983) sowie CODIGNOTTO & KOKOT (1988) anhand von fünf ^{14}C -datierten Muschelschalen aufzeigen, dass die östlich der Caleta Valdés erhaltenen und bis zu 8 – 10 m ü. M. (FASANO et al. 1983: Fig. 4) hohen holozänen Strandwälle des Systems V (Abb. 2) vor allem im Zeitraum zwischen 5724 ± 105 und 1330 ± 80 ^{14}C -Jahren BP allmählich von Norden nach Süden voranschreitend abgelagert wurden. Genauere morpho- und chronostratigraphische Differenzierungen fehlen allerdings bis heute.

Erst in jüngerer Zeit wurden erstmalig auch entsprechende Untersuchungen holozäner Strandwallsysteme in der Umrahmung des Golfo San José durchgeführt. Von dort beschreiben WEILER & MEISTER (1999), WEILER (2000) sowie ISLA et al. (2000: 7f.) im Bereich der Garganta del Delfín (Dolphin's Gorge) und beim San José Creek ($42^\circ 25' 30''$ S, $64^\circ 37' \text{W}$) drei Strandhakensysteme („spit systems I-III“) in 10, 8 und 6 m ü. M. Das älteste System I besitzt nach WEILER (2000: 84) eine 4 m mächtige Decke aus Dünensanden, so dass die Oberflächen der unterlagernden Strandwallablagerungen maximal in einer Meereshöhe von 6 m ü. M. liegen.

Nach ^{14}C -Datierungen an Muschelschalen besitzen die drei Strandwallsysteme ein Bildungsalter von etwa 6200-5990 a BP (I), 2405 a BP (II) und 1140 (III) ^{14}C BP (WEILER 2000: 84f.). WEILER (2000: 84f.) geht davon aus, dass ältere Teile des Systems I vor 6000 ^{14}C BP während des mittelholozänen Transgressionsmaximums und jüngere Teile nach 6000 ^{14}C BP während eines außergewöhnlichen Sturm- oder Tidenereignisses entstanden sind. Alle drei Systeme werden nicht als auf den Golfo San José beschränkte singuläre Formenbildungen angesehen, sondern vielmehr als überregionale, durch Meeresspiegelveränderungen entstandene Erscheinungen mit zeitlich parallelen Bildungen auch an anderen Küstenlokalitäten entlang der argentinischen Atlantikküste gedeutet.

An diese ersten detaillierteren morpho- und chronostratigraphischen Aufnahmen holozäner Strandterrassen auf der Península Valdés, die letztlich das einzige zur Zeit verwendbare Archiv für die Entwicklung des holozänen Meeresspiegels in diesem Küstenbereich sind, knüpfen die hier vorgestellten Untersuchungen zu den holozänen Strandterrassen in der Umrahmung des Golfo San José an.

2. Lage der untersuchten Lokalitäten

Anders als die Caleta Valdés an der Ostküste der Halbinsel, die im Zentrum der

meisten bisherigen Untersuchungen zur Küstenentwicklung in diesem Raum stand, ist der Golfo San José eine im Bogen nach Süden ausgreifende Bucht (Abb. 1). Sie besitzt dadurch eine extrem geschützte Lage gegenüber den Sturmwellen des offenen Atlantiks und ist zudem durch eine submarine Schwelle vom Atlantik abgesetzt (MÄUSBACHER et al. 2007: DFG-Abschlußbericht, unveröff.). Insofern ist der Golfo San José viel besser als die offene Atlantikküste an der Caleta Valdés für die Erforschung von Meeresspiegelveränderungen auf der Basis litoraler Formen geeignet, können hier doch Sturmwellen nur in abgeschwächter Form die Höhenlage der Strandablagerungen beeinflussen.

Im Einzelnen konzentrierten sich die Küstenaufnahmen auf die Lokalitäten Puerto San Román (Abb. 1: GSJ 2) sowie den Küstenabschnitt zwischen Punto Galván und Punta Los Conos (Abb. 1: GSJ 7). Außerdem konnten Muschelschalen und Holzkohlen von einem indigenen Rastplatz bei der Lokalität GSJ 14 (Abb. 1) nördlich von Garganta del Delfín (Dolphin's Gorge, Ankerplatz Fondeadero La Argentina) geborgen und mit Hilfe der ^{14}C -Methode datiert werden, um Informationen zur Besiedlungsgeschichte einerseits und zum holozänen ^{14}C -Reservoireffekt in diesem Küstenabschnitt andererseits zu erhalten.

3. Strandwallserie bei Puerto San Román

3.1 Beschreibung der Strandwallserie

Die Lokalität Puerto San Román zeichnet sich durch einen großen Tidenhub aus (mittlere Tide: 5,75 m, Springtide: 8,41 m; vgl. Tab. 1). Daher sind an Land verschiedene aktuelle Wasserstandsniveaus (Tidehochwasser-Marken, Sturmstrände) erkennbar, die sich vertikal und horizontal über einen relativ großen Strandbereich erstrecken. Eine Unterscheidung zwischen oberstem rezenten Sturmniveau und älteren fossilen Strandwällen ist dadurch möglich, dass der aktuelle Sturmstrand vegetationsfrei ist und Plastikreste in die dortigen litoralen Ablagerungen eingearbeitet sind. Aufgrund der starken Wellendynamik bestehen die Strände im oberen Eulitoral und im Supralitoral aus Grobschottern und sind fast matrixfrei.

An diese rezenten Bildungen schließt sich eine Serie von fossilen Strandwällen an, die mehrere hundert Meter landeinwärts reicht und mit markanter Grenze vom Hinterland abgesetzt ist. Alle Strandwälle enthalten Muscheln (Einzelschalen), Muschelbruch sowie grobe, gut gerundete Schotter in sandiger Matrix. Sie stammen vermutlich hauptsächlich aus aufgearbeiteten „*Patagonian Gravel*“ („*Rodados Patagónicos*“), die

Tab. 1 Strandniveaus und Strandwallsequenz bei Puerto San Román entlang eines Transekts (bei GSJ 3, beim Blowout). Messung der aktuellen Wasserstände am 24.02.2004 gegen 18 Uhr. ü. M. = über dem Mittelwasser, ü. A.P. = über dem Argentinischen Bezugspegel bei Mar del Plata. Das Mittelwasser liegt am Pegel Puerto San Román bei 4,11 m. 0 m ü. M. = 4,11 m ü. A.P. Gemäß dem Gezeitenkalender wurde am 24.02.2004 das Flutniveau um 15:02 Uhr mit 7,52 m erreicht, das Ebbeniveau um 21:20 Uhr mit 0,76 m, das Mittelwasser um 18:11 Uhr mit 4,11 m (Quelle des Gezeitenkalenders: Servicio de Hidrografia Naval 2004: 198 f., Fondeadero San Román, Golfo San José).

Höhe m ü. M.	Höhe m ü. A.P.	Milieu	Morphologie
9,23	13,34	holozäner Strandwall (Top)	oberster Strandwall in diesem zentralen Transekt, Schotter in sandiger Matrix (benachbarte Dünen reichen bis 16 m ü. M.)
8,16	12,27	holozäner Strandwall –	Strandwall aus der Strandwallserie mit Vegetation, Schotter in sandiger Matrix
6,37	10,48	holozäner Strandwall (Top)	Niveau des Weges (Mitte der Fahrspur)
6,34	10,45	Sturmniveau (Top)	markanter holozäner Strandwall, Schotter in sandiger Matrix mit sehr viel Muschelbruch
6,35	10,46	Sturmniveau (Top)	oberstes subrezentos Sturmniveau (?), Schotter, kaum Matrix
6,04	10,15	oberstes Litoral	markanter rezenter Sturmstrandwall, Schotter, kaum Matrix
4,46	8,57		Springtideniveau, Schotter, kaum Matrixmaterial (Fuß des zugehörigen Strandwalls, Spülsaum)
1,77-3,96	5,88-8,07	oberes Eulitoral	aktueller Strandwall, Grobschotter, matrixfrei (Wellenaufwurf hier bei Flut um 15:02 Uhr; nasser Strand), steil ansteigend
0,25-1,77 bis 0,25	4,36-5,88 bis 4,36	Eulitoral Eulitoral	Sand, nur wenige Schotter, moderat ansteigendes Profil Sandwatt mit Rippelmarken, flaches Profil

auf den umgebenden Hochflächen anstehen (Abb. 1). Die Vermessung der Strandwallserie erfolgte in Ermangelung eines Theodoliten mit einem Handgefällsmesser.

Die Umrahmung des Küstenhofs von Puerto San Román ist in der Regel 50 m hoch (max. 72 m). Sie besteht aus Feinsanden, Schluffen und eingeschalteten Schotterlagen der ins Miozän gestellten „Formación Puerto Madryn“ (Abb. 1). Diese enthält u.a. Riesenaustern, deren bis zu 20 cm große Schalen zum Teil Bioerosionsspuren von lithophagen Muscheln und Aufwuchs von Seepocken (Balaniden) tragen. Obenauf liegt eine lose Schotterstreu („*Patagonian Gravel*“). Einige dieser Schotter zeigen Wüstenlack. Zwischen Umrahmung und oberen Strandwällen ist an manchen Stellen eine Dünenzone entwickelt. Etliche „Blowouts“ geben den Blick frei auf unterlagernde Strandwälle mit vielen Muscheln und vereinzelt Steinwerkzeugen.

3.2 Morphogenese der Strandwallserie

Bei einer Strandwallsequenz repräsentieren die jüngsten Strandwälle aktuelle Flutniveaus einschließlich des letzten Springtidehochwasserniveaus. Die übrigen verdanken ihre Bildung in aller Regel Sturmsituationen. Bei derartigen Extremereignissen ist der Wellenaufwurf am höchsten und reicht jeweils am weitesten landeinwärts. Die

dabei geschaffenen Strandwälle bleiben als Zeugen dieser hohen Meeresspiegel zurück. Zu einer geomorphologisch ausgebildeten Abfolge unterschiedlich hoher Strandwall-Lagunen-Systeme kommt es bei einer allmählichen Hebung des Landes bzw. einem allmählichen Absinken des Meeresspiegels, wenn spätere Sturmwellen die vorherigen Niveaus nicht mehr erreichen, weil sich das Gebiet mittlerweile über dem Sturmniveau befindet.

Seitliche Abfolgen von weitgehend höhengleichen Strandwall-Lagunen-Systemen entstehen dagegen vor allem lateral akkretionär, wenn aus sedimentologischen und strömungsdynamischen Gründen ein Strandwall meerwärts vor den anderen abgelagert wird. Das ist etwa der Fall, wenn viel Sediment an Kliffen anfällt, das durch Küstenlängstransport verdriftet wird.

Bei einem höhenmäßigen Vergleich fossiler Strandwälle mit den heutigen Bildungen sollte möglichst das rezente Sturmniveau, mindestens aber das Springtidehochwasserniveau als Referenz zugrunde gelegt werden. Für die Strandwallsequenz bei Puerto San Román gilt nach Tab. 1, dass das höchste aktuelle Sturmniveau mindestens bis 6,04 m ü. M. (= 10,15 m ü. A.P.), maximal bis 6,35 m ü. M. (= 10,46 m ü. A.P.) reicht. In dem o.g. Transekt wurde der oberste ehemalige Strandwall mit 9,23 m ü. M. (= 13,34 m ü. A.P.; knapp 5 m ü. Springtideniveau) eingemessen. Die Differenz zu den Oberflächen aktueller Sturmablagerungen beträgt etwa 3 m (ca. 3,2 m, mindestens 2,9 m).

3.3 Alter der Strandwallserie

Der am weitesten landeinwärts gelegenen Strandwall wurde beprobt (geogr. Koordinaten: 64° 15' 09'' W, 42° 13' 34'' S). Er zeigt Schotter in feinsandig-schluffiger, mittelbrauner Matrix. An der Oberfläche sind die Schotter als Deflationspflaster angereichert. Sie sind dort im Durchschnitt 1-3 cm, maximal 6 cm groß. Im unteren Bereich einer Aufgrabung ab etwa 60 cm Tiefe ist die Schotterpackung dicht. Nach oben zu mischt sich mehr und mehr Matrixmaterial (vorwiegend Sand) ein. Das deutet darauf hin, dass sich das Meer nach der Bildung des eigentlichen Strandwalls langsam zurückzog (Regression) und küstennahe Dünen nachwanderten. Das Deflationspflaster bezeugt, dass später bei starken Winden das Matrixmaterial aus den obersten Lagen ausgeweht wurde.

Aus dem am weitesten landeinwärts gelegenen Strandwall stammt die Probe GSJ

Tab. 2: Radiokohlenstoff-Alter (^{14}C -AMS) der vorliegenden Studie aus der Umrahmung des Golfo San José. Datierungslabor: Physikalisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg, Dipl.-Phys. A. Scharf. *Ameghinomia antiqua* OSORIO & BAHAMONDE, 1968 [früherer Name: *Protothaca antiqua* (KING, 1832)] und *Aulacomya ater* (MOLINA, 1782) sind Meeresmuscheln. Bestimmung durch Dr. Maite González, Instituto de Biología Marina y Pesquera Almirante Storni, San Antonio Oeste. *Essensabfall.

Proben-Nr.	Labor-Nr.	Material	Delta ^{13}C (‰)	^{14}C -Alter (konv.)
GSJ 2/4-F	Erl-8460	<i>Ameghinomia antiqua</i>	-0,4	6518 $\pm$ 61 a BP
GSJ 7/0-F	Erl-8461	große Einzelklappe, <i>unbestimmt</i> (wie <i>Glycymeris</i> sp.)	-1,9	3215 $\pm$ 55 a BP
GSJ 12A-F	Erl-7252	<i>Aulacomya ater</i> *	2,7	3170 $\pm$ 58 a BP
GSJ 12A-HK	Erl-7254	Holzkohle	-23,2	2581 $\pm$ 66 a BP
GSJ 14A-F	Erl-7253	<i>Aulacomya ater</i> *	-5,2	676 $\pm$ 53 a BP
GSJ 14A-HK	Erl-7255	Holzkohle	-24,3	334 $\pm$ 50 a BP
GSJ 14B-F	Erl-8462	<i>Aulacomya ater</i> *	1,0	853 $\pm$ 50 a BP
GSJ 14B-HK	Erl-8463	Holzkohle	-25,7	516 $\pm$ 42 a BP

2/4F (Tab. 2), entnommen aus einer Aufgrabung in 50 cm Tiefe. Eine 6,5 cm große Einzelschale der marinen Muschel *Ameghinomia antiqua* datiert auf 6518 $\pm$ 61 ^{14}C BP (konv. ^{14}C -Alter). Damit könnten diese Strandwälle den ältesten Bildungen des etwa 5990 bis 6230 ^{14}C -Jahre alten Systems I nach WEILER (2000) an der Westküste des Golfo San José entsprechen.

Das Alter zeigt, dass zum Höhepunkt des Atlantikums das Meer sein höchstes Niveau erreichte und dabei die ältesten im Golfo San José erhaltenen Strandwälle akkumulierte. Diese Befunde stimmen sehr gut mit den Ergebnissen zur holozänen Entwicklung des Meeresspiegels an der mittel- und südpatagonischen Atlantikküste überein (u.a. SCHELLMANN & RADTKE 2003). Dort datiert das holozäne Transgressionsmaximum auf den Zeitraum von 6200 – 6900 konv. ^{14}C -Jahren BP (SCHELLMANN & RADTKE in diesem Band).

Während dieses frühmittelholozänen Transgressionsmaximums besaß der Meeresspiegel nach SCHELLMANN & RADTKE (in diesem Band) absolut gesehen eine etwa 2 bis 3 m höhere Lage als heute. Insofern ist die heutige Höhenlage der ältesten Strandwälle an der Lokalität Puerto San Román mit etwa 3 m Höhe über den aktuellen Strandwallbildungen vermutlich allein durch die postulierte höhere Meeresspiegellage während ihrer Ausbildung erklärbar, ohne dass größere isostatische Bewegungen des Landes angenommen werden müssen. Im Einklang damit stehen auch die bereits oben dargestellten Befunde von der Caleta Valdés, wo die dort erhaltenen mittel- und jungpleistozänen Strandwall-Lagunen-Systeme eine relativ große tektonische Stabilität der Península Valdés seit deren Bildungszeit belegen.

4. Strandwallserie zwischen Punto Galván und Punta Los Conos

Zwischen dem Punto Galván und der Punta Los Conos (Abb. 1: GSJ 7) befindet sich in der Umrahmung des Golfo San José eine weitere Lokalität mit ausgeprägter Strandwallsequenz. Anders als bei der Strandwallserie von Puerto San Román ist hier die Serie nicht vollständig erhalten. Sie zieht sich von der heutigen Küste zunächst kontinuierlich landeinwärts, bricht dann aber zum Hinterland ab. Landeinwärts schließt sich eine Ausraumzone an, in der bei Starkregen Bäche fließen. In einigen Bereichen sind Dünen entwickelt, die z.T. die Strandwälle überdecken. Landeinwärts dieser Zone sind weitere Strandwälle erhalten (Abb. 3).

An der Oberfläche des am weitesten landwärtigen Strandwalls der unteren Serie liegen durchschnittlich 1-3 cm, maximal 6 cm große Gerölle. Bei einer Aufgrabung erkennt man ab 30 cm Tiefe, vereinzelt bereits ab 15 cm Tiefe, Kalkausblühungen (Ausfällung von CaCO_3) auf der Unterseite der Schotter. Die meist abgeplatteten Schotter liegen in Dachziegellage, ihre durchschnittliche Größe nimmt nach unten ab. Muschelschalen sowie Muschel- und Schneckenbruch tritt massenhaft auf, vor allem die marinen Spezies *Ameghinomia antiqua* (OSORIO & BAHAMONDE, 1968), *Buccinanops deformis* (KING, 1831) und *Aequipecten tehuelchus* (D'ORBIGNY, 1846).

Beprobt wurde der am weitesten landeinwärts erhaltene Strandwall der unteren (= jüngeren) Sequenz, ganz benachbart zu dem in Abb. 3 wiedergegebenen Profil (geogr. Koordinaten: 64° 02' 25" W, 42° 18' 24" S). Es handelt sich bei der Oberflächenprobe GSJ 7/0-F mit Sicherheit um eine der ältesten Muscheln des heute noch erhaltenen unteren Strandwallkomplexes. Die Einzelschale ergab ein Alter von 3215 ± 55 a

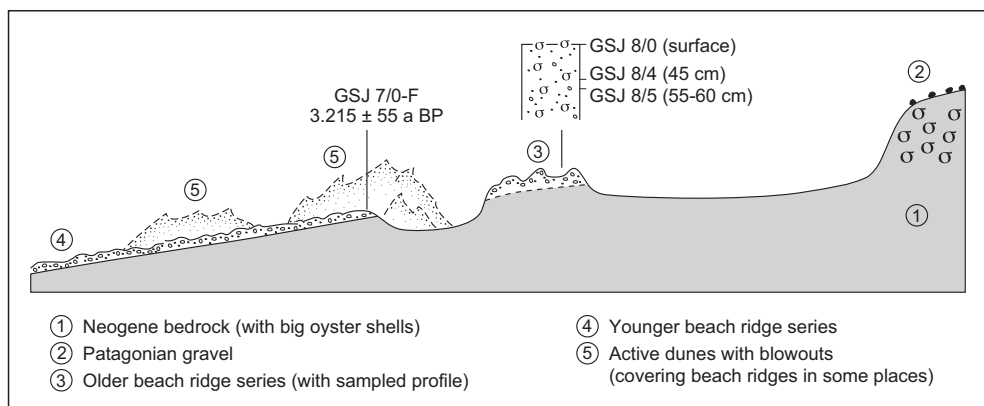


Abb. 3: Profilskizze durch die Strandwallserie zwischen Punto Galván und Punta Los Conos. Im Gegensatz zu der Situation bei Puerto San Román ist hier die Strandwallserie zweigeteilt.

^{14}C BP (Tab. 2). Das hier erhaltene jüngere Strandwallsystem ist zumindest in seinen älteren landwärtigen Teilen älter als die beiden von WEILER (2000) beschriebenen jüngeren Systeme II und III.

Landeinwärts der bis 3,80 m tiefen Ausraumzone sind weitere Strandwälle erhalten (vgl. Abb. 3). Sie haben sich auf dem neogenen Untergrund entwickelt, der anhand von Riesenaustern in schluffig-feinsandigem Substrat deutlich zu erkennen ist. Im Hinterland liegen – nach einer erneuten Ausraumzone – an der Oberfläche die sog. *Patagonian Gravel* direkt auf dem Neogen. Offenbar handelte es sich ursprünglich um eine zusammenhängende Strandwallsequenz, die später zerschnitten wurde. Die Ursache dafür ist unklar (ehemaliger Priel? fluviale Zerschneidung?). Das relativ junge Alter der seit 3215 ± 55 a BP gebildeten unteren Sequenz deutet an, dass es sich auch bei der landeinwärtigen älteren Serie lediglich um holozäne (MIS 1) Strandwälle handelt und nicht etwa um solche des letzten Interglazials (MIS 5.5). Es gibt auch keinen deutlichen Verwitterungsunterschied zwischen den beiden Sequenzen. Nach ESR-Aufnahmen an drei Muschelschalen aus dem hinteren Strandwall-Komplex (Proben GSJ 8/0, GSJ 8/4F, GSJ 8/5F, Lokalität: $64^\circ 02' 03''\text{W}$, $42^\circ 18' 14''\text{S}$; Abb. 3). besitzen alle drei Proben eine sehr geringe Signalthöhe des ESR-Datierungssignals bei $g = 2,0006$, wie sie für holozäne Muschelschalen signifikant ist. Somit ist ihre ^{14}C -Datierung sinnvoll, konnte allerdings noch nicht erfolgen.

5. Befunde zur Größenordnung des ^{14}C -Paläo-Reservoir-effekts im Bereich der Península Valdés und zur Archäologie

Da von den heute zur Verfügung stehenden numerischen Datierungsverfahren an holozänen Muschelschalen die Radiokohlenstoff (^{14}C) – Methode aktuell die wirtschaftlich effizienteste und von der Qualität her genaueste Datierungsmethode ist, sind für eine Kalibrierung der ^{14}C -Alter Kenntnisse über den Einfluss mariner ^{14}C -Reservoir-effekte von großer Bedeutung. Trotzdem ist bis heute sehr wenig über das Ausmaß des ^{14}C -Reservoir-effektes an der patagonischen Atlantikküste und vor allem über die räumlichen und zeitlichen Schwankungen in der Vergangenheit bekannt. Lediglich ALBERO et al. (1987) können anhand vergleichender ^{14}C -Alter an Holzkohlen und Muschelschalen (*Mytilus edulis*) für den Beagle Kanal (Feuerland) für den Zeitraum 360 – 5600 ^{14}C Jahre BP einen durchschnittlichen ^{14}C -Reservoir-effekt an marinen Muschelschalen von etwa 560 Jahren aufzeigen. Dies ist allerdings nicht auf die gesamte patagonische Atlantikküste übertragbar. Besser sind die Kenntnisse über

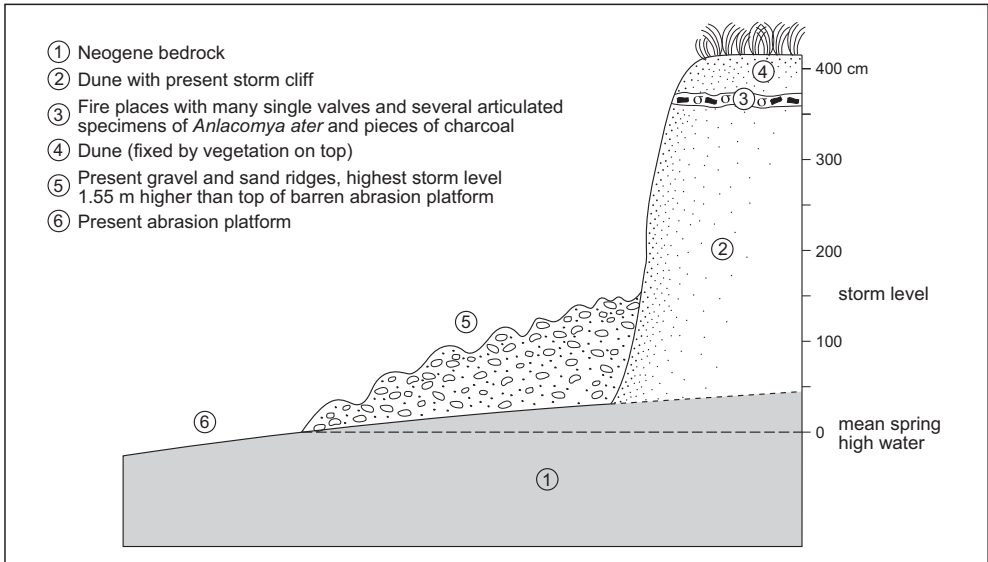


Abb. 4: Im Kliff aufgeschlossene Feuerstellen mit Essensresten (Kökenmöddinger-Lagen mit vielen Muscheln und Holzkohlen) nördlich der Garganta del Delfín („Dolphin’s Gorge“).

die aktuellen ^{14}C -Reservoirwerte. Im globalen Mittel liegt sie im ozeanischen Oberflächenwasser bei etwa 405 Jahren (HUGHEN et al. 2004). Nach CORDERO et al. (2003: Table 2) sollen sie an der offenen nordpatagonischen Atlantikküste je nach Küstenstandort zwischen 230 bis 566 Jahren, im Oberflächenwasser des Golfo San José sogar etwa 860 Jahre betragen.

Kochgruben mit Meeresmuscheln, Holzkohle und Knochen von Guanakos (*Lama guanicoe*) bieten eine sehr gute Möglichkeit, einerseits den ^{14}C -Reservoir effekt zu ermitteln und andererseits Fragen der Besiedlung nachzugehen. Abb. 4 zeigt die Situation bei der Lokalität GSJ 14 (Abb. 1) nördlich von Garganta del Delfín (Dolphin’s Gorge, Ankerplatz Fondeadero La Argentina). Auf dem obersten Bereich der im weichen Neogengestein ausgebildeten Abrasionsplattform liegen Schotter des aktuellen Supralitorals (Springtide- und Sturmnieaus). Sie verdecken den in einer Düne unbekannten Alters ausgebildeten Kliff Fuß. Im oberen Teil des Dünenkliffs sind ehemalige Feuerstellen mit Essensabfällen und Holzkohle erkennbar. Massenhaft treten Einzelschalen und doppelklappige Exemplare von *Aulacomya ater* (MOLINA, 1782) auf. Die unserer *Mytilus edulis* ähnliche Bivalve lebt in Bänken vom unteren Tidal bis in 20 m Wassertiefe. Sie wird in Argentinien „*Mejillón rayado*“ genannt. Die Muscheln wurden offenbar als Bündel ins Feuer geworfen, da sie z.T. noch mit ihren Byssusfäden zusammenhingen. Es gibt auch einige kleinere geschlossene (!) Exemplare, die nicht

Tab. 3: Zusammenstellung der bis 1998 ^{14}C -datierten archäologischen Stätten im Bereich von Golfo San Matías, Golfo San José und Golfo Nuevo (mit 1 Sigma-Fehlerspanne) nach GÓMEZ OTERO, 1998: Tab. 1.

Datiertes Material	Anzahl	^{14}C - Altersspanne (^{14}C BP) 1 Sigma	Jahre cal BC/AD* 1 Sigma
Menschenknochen: Rippen Humerus	17 1	Modern – 2410 ± 50 270 ± 60	Modern – 724-694, 540-402 cal BC 1513-1600, 1617-1668, 1781-1797, 1947-1950 cal AD
Marine Muscheln	10	380 ± 70 – 2640 ± 40	Modern – 431-331 cal BC
Holzkohle	3	380 ± 60 – 3220 ± 70	1447-1522, 1574-1626 cal AD – 1605-1576, 1536-1420 cal BC
Guanako-Knochen	1	460 ± 40	1419 – 1453 cal AD

*kalibriert mit Calib 5.0.2.

verzehrt wurden. Die Kochstellen sind durch einen etwa $\frac{1}{2}$ m mächtigen Dünensand fossilisiert (geogr. Koordinaten: $64^\circ 36' 02''\text{W}$, $42^\circ 23' 17''\text{S}$).

Die Holzkohle der Probe GSJ 14A lag innerhalb (!) einer beidschalig erhaltenen Muschel. Die ^{14}C -Datierung ergab Alter von 676 ± 53 a BP (Tab. 2: Muschel, GSJ 14A-F) und 334 ± 50 a BP (Tab. 2: Holzkohle, GSJ 14A-HK). Zum Vergleich wurde eine weitere Probe aus einer anderen Kochgrube datiert. Bei GSJ 14B handelt es sich um eine verbrannte Muschelklappe und ein unmittelbar benachbartes Stück Holzkohle. Diese Datierungen ergaben: 853 ± 50 a BP (Tab. 2: Muschel, GSJ 14B-F) und 516 ± 42 a BP (Tab. 2: Holzkohle, GSJ 14B-HK).

Aufgrund der exzellenten Übereinstimmung lässt sich hier exakt der Reservoir-Effekt ermitteln. Im ersten Fall (GSJ 14A-Proben) beträgt er 342 Jahre, im zweiten (GSJ 14B-Proben) 337 Jahre, durchschnittlich also 340 Jahre. Damit wurde erstmals für diesen Bereich Argentiniens der Paläoreservoir-Effekt bestimmt. Er liegt im Jungholozän um etwa 60 Jahre unter dem weltweit für offene Ozeane angenommenen Durchschnittswert von etwa 405 Jahren und damit deutlich unter dem von CORDERO et al. (2003: Table 2) postulierten Wert von etwa 860 Jahren. Ein relativ niedriger, dem offenen Ozean ähnlicher Wert des ^{14}C -Reservorieffektes ist unseres Erachtens nicht verwunderlich, da sich aufgrund des makrotidalen Milieus in diesem relativ flachen Golf (max. 80 m tief) das Wasser schnell mit dem des angrenzenden offenen Atlantiks austauscht.

Eine weitere wichtige archäologische Lokalität liegt landeinwärts weit oberhalb des heutigen Strandes in der El Riacho-Zone nahe Garganta del Delfín (San José Creek Site; Geogr. Koordinaten: $64^\circ 34' 36''\text{W}$, $42^\circ 25' 24''\text{S}$; 18 m ü. A.P. = 14 m ü.

M.; Abb. 1: GSJ 12). Sie hat eine Ausdehnung von 200 x 50 m. In einem Dünenfeld erkennt man zunächst an etlichen Blowout-Gebieten ein Pflaster mit *Patagonian Gravel* und einigen Abschlügen. In den Dünen selbst liegen Kochgruben mit vielen Exemplaren von *Aulacomya ater*, *Ameghinomia antiqua* und *Mytilus edulis platensis* sowie Holzkohle. Zur Datierung wurde ein beidschalig erhaltenes Exemplar von *Aulacomya ater* mit der in ihr vorhandenen Holzkohle geborgen. Als ^{14}C -AMS-Alter wurden ermittelt: 3170 ± 58 a BP (Tab. 2: Muschel, GSJ 12A-F) und 2581 ± 66 a BP (Tab. 2: Holzkohle, GSJ 12A-HK). Daraus errechnet sich ein Paläo- ^{14}C -Reservoir-effekt von 589 Jahren, also deutlich höher als der oben für den Golfo San José rekonstruierte spätmittelalterlich/frühneuzeitliche Reservoir-effekt von etwa 340 Jahren.

Die neuen Datierungen von der Lokalität GSJ 12 sind auch für die Besiedlungsgeschichte der Península Valdés bedeutsam. GÓMEZ OTERO (1998) stellt in ihrer Kompilation der bis 1998 hierzu veröffentlichten Daten fest, dass sich auf der Península Valdés mindestens seit 3220 ^{14}C BP Besiedlungsspuren nachweisen lassen. Das an Holzkohle ermittelte Alter ist somit bisher das zweithöchste aller geoarchäologischen ^{14}C -Datierungen an der patagonischen Küste (vgl. Tab. 3). Als älteste Lokalität zitiert die Autorin ein von CASTRO & MORENO (1998) publiziertes ^{14}C -Alter von 6000 a BP am Cabo Tres Puntas (Südgrenze des Golfo San Jorge; etwa 66° W, 47° S).

Im Bereich der Península Valdés treten die höchsten Alter an der Lokalität El Riacho auf. Zwei archäologische Niveaus werden dort ausgeschieden (GÓMEZ OTERO 1998), die von GÓMEZ OTERO in ISLA et al. (2000: 7) versehentlich vertauscht wurden. Die Alter beider Niveaus wurden an Holzkohlen ermittelt:

- Shell Level I bzw. Fogón nivel 1: 3220 ± 70 a BP (konv. ^{14}C -Alter)
- Shell Level II bzw. Fogón nivel 2: 2640 ± 70 a BP (konv. ^{14}C -Alter)

Nach dieser Terminologie passt das oben genannte Alter von 2581 ± 66 a BP (Holzkohle, GSJ 12A-HK) zum zweiten archäologischen Niveau. Kalibriert ergibt sich: 802-483 BC (kalibriertes 2 Sigma-Alter der Holzkohle; kalibriert mit dem Programm „calib 5.01“, Kalibrationsart „Shcal04“). Damit wurde die zweitälteste Besiedlungsphase in der ersten Hälfte des 1. Jahrtausend v. Chr. im Bereich des Golfo San José durch Jäger-Sammler-Gemeinschaften bestätigt. Die Lokalität eignete sich in der Tat hervorragend als temporärer Siedlungsplatz: Einerseits war das Nahrungsangebot reichhaltig, weil man von dort aus in dem breiten Sandwatt große Muschelbänke ernten und gleichzeitig auf der Anhöhe von einem guten und relativ geschützten Aussichtspunkt zwischen den Dünen Jagd auf Guanakos machen konnte. Es verwun-

dert nicht, dass an dieser Lokalität neben zahllosen Muschelschalen auch viele Fragmente von Guanako-Knochen auftreten. Ferner ist hier Gesteinsmaterial vorhanden, aus dem Werkzeuge gefertigt wurden (GÓMEZ OTERO in ISLA et al. 2000: 7).

6. Schlussfolgerungen

Die hier vorgestellte Pilotstudie zur geomorphologischen und chronostratigraphischen Gliederung holozäner Strandformen in der Umrahmung des Golfo San José konnte eine mehrgliedrige Abfolge holozäner Strandwallsysteme nachweisen und in den Grundzügen die von WEILER (2000) beschriebene Abfolge bestätigen bzw. erweitern. Erste ^{14}C -Datierungen an eingelagerten Muschelschalen belegen, dass um 6500 ^{14}C BP der frühmittelholozäne Meeresspiegelanstieg sein Maximum erreicht hatte und der Meeresspiegel spätestens um 3200 ^{14}C BP deutlich gefallen war. Da die Península Valdés seit dem Mittelpleistozän tektonisch recht stabil war und der Golfo San José zudem sehr gut gegen die Sturmwellen des offenen Atlantiks geschützt ist, kann davon ausgegangen werden, dass die heutige Höhenlage der dort erhaltenen fossilen Strandwälle über den rezenten Bildungen weitgehend Ausdruck absoluter Meeresspiegelveränderungen ist. Danach wäre für das holozäne Transgressionsmaximum um 6500 ^{14}C BP von einem gegenüber heute etwa 3 m höheren Meeresspiegel auszugehen.

Durch die Untersuchung von drei archäologischen Feuerstellen an der Küste des Golfo San José (Península Valdés) und den dort paarweise geborgenen Muschelschalen und Holzkohlen konnte gezeigt werden, dass die ^{14}C -Alter der marinen Mollusken im Vergleich zu den parallel geborgenen Holzkohlen im jüngeren Subatlantikum um etwa 340 Jahre und im ausgehenden Subboreal um etwa 590 Jahre zu hoch sind. Damit deutet sich trotz des weiterhin sehr lückenhaften Befundmaterials an, dass der marine ^{14}C -Reservoireffekt im Bereich des Golf San José im Laufe des Holozäns stärker geschwankt hat. Tendenziell scheint er im mittleren Holozän bis zu 200 Jahre höher, im jüngeren Holozän dagegen eher bis zu 60 Jahre niedriger gewesen zu sein als der globale Mittelwert von ca. 405 Jahren. Insofern sind alle mit Hilfe eines globalen Mittelwertes von 400 Jahren kalibrierten ^{14}C -Alter von Muschelschalen an der nordpatagonischen Atlantikküste aus dem mittleren Holozän wahrscheinlich tendenziell zu jung, diejenigen von jungholozänen Muschelschalen eher etwas zu alt.

Danksagung

Die Geländearbeiten wurden vom 14.02. bis zum 15.03.2004 durchgeführt. Wir danken der in San Antonio Este stationierten argentinischen Küstenwache für die Bereitstellung des Schiffes GC 69 Río Paraná sowie für die vielfältige logistische Unterstützung bei den Arbeiten im Golfo San José und an Land. Dr. M. Haller, Geologe, und Dr. J. Gómez Otero, Archäologin, beide vom Cenpat (Centro Patagonico) des CONICET (Argentinische Forschungsorganisation), Puerto Madryn, verdanken wir wertvolle Informationen. Die Radiokohlenstoff-Datierungen erfolgten im AMS ^{14}C -Labor des Physikalischen Instituts der Universität Erlangen-Nürnberg. Dr. Maite González, San Antonio Oeste, bestimmte die marinen Mollusken. Die Forschungen waren ein Teil der durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanziell unterstützten Pilotstudie: „Möglichkeiten der Rekonstruktion spätglazialer und früh-letztglazialer Meeresspiegel- und Umweltveränderungen im Bereich des Golfo San José (Península Valdés/Argentinien) mit Hilfe von Rammkernsondierungen“ (DFG-GZ.: BR 877/19-1, MA 1308/13-1, SCH 465/4-1).

Literatur

- ALBERO, M., ANGIOLINI, F.E. & PIANA, E.L. (1987): Holocene ^{14}C reservoir effect at Beagle Channel (Tierra del Fuego, Arg. Rep.). – Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, 5: 59-71; Rotterdam.
- Carta Geológica de la República Argentina, Escala 1:250.000, Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM), Subsecretaría de Minería, SEGEMAR: Península de Valdés (4363-I), Puerto Madryn (4366-II), Edición Cartográfica Preliminar (2003); Buenos Aires.
- Carta Topográfica de la República Argentina, Escala 1:100.000, Ejército Argentino – Instituto Geográfico Militar: Hoja 4363-1 (Puerto San Román), Edición 1944, Hoja 4363-2 (Punta Norte), Edición 1944, Hoja 4363-7 (Puerto Pirámides), Edición 1943, Hoja 4363-8 (Caleta Valdés), Edición 1944, Hoja 4366-6 (Puerto Lobos Este) Edición 1944, Hoja 4366-12 (Golfo Nuevo Norte), Edición 1944.; Buenos Aires.
- CAVALLOTTO, J.L., VIOLANTE, R.A. & PARKER, G. (2004): Sea-Level fluctuations during the last 8600 years in the Río de la Plata river (Argentina). – Quaternary International, 114: 155-165.
- CODIGNOTTO, J.O. (1983): Depósitos elevados y/o de acreción Pleistoceno-Holoceno en la costa Fuegino-Patagónica. – Simposio Oscilaciones del Nivel del Mar

durante el Ultimo Hemiciclo Deglacial en la Argentina, abril 1983, Actas: 12-26; Mar del Plata.

CODIGNOTTO, J.O. & KOKOT, R.R (1988): Evolución geomorfológica Holocena en Caleta Valdés. Chubut. – Asociación Geológica Argentina, Rev. XLIII (4): 474-481.

CORDERO, R.R., PANARELLO, H., LANZELOTTI, S. & DUBOIS, C.M.F. (2003): Radiocarbon age offsets between living organisms from the marine and continental reservoir in coastal localities of Patagonia (Argentina). – Radiocarbon, 45: 9-15.

FASANO, J.L., ISLA, F.I. & SCHNACK, E.J. (1983): Un análisis comparativo sobre la evolución de ambientes litorales durante el Pleistoceno tardío-Holoceno: Laguna Mar Chiquita (Buenos Aires) - Caleta Valdés (Chubut). - Simposio Oscilaciones del Nivel del Mar durante el Ultimo Hemiciclo Deglacial en la Argentina, abril 1983, Actas: 27-47; Mar del Plata.

GÓMEZ OTERO, J. (1998): Archaeology of hunter-gatherers in Península Valdés (central coast of Patagonia). Final report of the grant 5453/95 (July 1996 – August 1997). – Unveröffentl. Manuskript.

GUILDERTON, T.P., BURCKLE, L., HEMMING, S. & PELTIER, W.R. (2000): Late Pleistocene sea level variations derived from the Argentine Shelf. – Geochemistry, Geophysics, Geosystems 1.

HUGHEN, K.A., BAILLIE, M.G.L. & 25 others (2004): Marine 04 marine radiocarbon age calibration, 0 - 26 Kyr BP. – Radiocarbon, 46 (3): 1059-1086.

ISLA, F.I., SCHNACK, E.J. & WEILER, N.E. (eds.) (2000): Guidebook, Geological Setting and Quaternary Environments of Península Valdés, Chubut, Argentina. – Field Meeting, October 29-30, 2000.

KOSTADINOFF, J. (1992): Estudio geofísico de la Península de Valdés y los golfos nordpatagónicos. – Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47(2): 229-236.

RADTKE, U. (1989): Marine Terrassen und Korallenriffe - Das Problem der quartären Meeresspiegelschwankungen erläutert an Fallstudien aus Chile, Argentinien und Barbados. – Düsseldorfer Geogr. Schr., 27: 245 S.; Düsseldorf.

RADTKE, U., RUTTER, N. & SCHNACK, E.J. (1989): Untersuchungen zum marinen Quartär Patagoniens (Argentinien). – Essener Geogr. Arb., 17: 267-289; Paderborn.

RUTTER, N., SCHNACK, E.J., FASANO, J.L., ISLA, F.I., DEL RÍO, J. & RADTKE, U.

- (1989): Correlation and dating of Quaternary littoral zones along the coast of Patagonia and Tierra del Fuego. – *Quaternary Science Reviews*, 8: 213-234.
- RUTTER, N., RADTKE, U. & SCHNACK, E.J. (1990): Comparison of ESR and Amino Acid data in correlating and dating Quaternary littoral zones along the Patagonian coast. – *Journal of Coastal Research*, 6: 391-411.
- ROSTAMI, K., PELTIER, W.R. & MANGINI, A. (2000): Quaternary marine terraces, sea-level changes and uplift history of Patagonia, Argentina: comparisons with predictions of the ICE-4G (VM2) model of the global process of glacial isostatic adjustment. – *Quaternary Science Review*, 19: 1495-1525.
- ROVERETO, G. (1921): Studi di Geomorfologia Argentina. – *Soc. Geol. Ital., Boll.* XL (5): 1-47.
- SCASSO, R.A., MCARTHUR, J.M., DEL RÍO, C.J., MARTÍNEZ, S. & THIRLWALL, M.F. (2001): $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Late Miocene age of fossil molluscs in the 'Entrerriense' of the Valdés Peninsula (Chubut, Argentina). – *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 319-329.
- SCHELLMANN, G. (1998): Jungkänozoische Landschaftsgeschichte Patagoniens (Argentinien). Andine Vorlandvergletscherungen, Talentwicklung und marine Terrassen. – *Essener Geographische Arbeiten*, 29: 216 S.; Essen.
- SCHELLMANN, G. & RADTKE, U. (2003): Coastal terraces and Holocene sea-level changes along the Patagonian Atlantic coast. – *Journal of Coastal Research*, 19: 983-996.
- SCHELLMANN, G. & RADTKE, U. (in diesem Band): Neue Befunde zur Verbreitung und chronostratigraphischen Gliederung holozäner Küstenterrassen an der mittel- und südpatagonischen Atlantikküste (Argentinien) - Zeugnisse holozäner Meeresspiegelveränderungen. – *Bamberger Geogr. Schr.*, 22: 1-91; Bamberg.
- Servicio de Hidrografia Naval, Armada Argentina (2004): Tablas de Marea 2004. Puertos de la Republica Argentina y algunos puertos de Brasil, Uruguay y Chile. – Publicacion H-610. Buenos Aires (ISSN 0329-1391).
- URIEN, C.M., ZAMBRANO, J.J. & MARTINS, L.A. (1981): The basins of southeastern South America (southern Brazil, Uruguay and eastern Argentina) including the Malvinas Plateau and southern South Atlantic paleogeographic evolution. – In: VOLKHEIMER, W. & MUSACCIO, E.A. (eds.): *Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de America del Sur*, 1: 45-120; Buenos Aires.
- WEILER, N.E. (2000): Mid-Holocene sea levels and volcanic ash in San José Gulf, Peninsula Valdés, Argentina. – In: SCHNACK, E. J. & MURRAY-WALLACE,

C.V. (eds.): Patagonia 2000. International Conference: „Coastal Interactions during Sea-Level Highstands“. Puerto Madryn, Chubut (Argentina), Oct. 31 – Nov. 3, 2000, Abstract Volume: 83-86; Puerto Madryn.

WEILER, N.E. & MEISTER, C.M. (1999): Niveles marinos holocénicos en el sudoeste del Golfo San José, Península de Valdés, Chubut. – XIV Congreso Geológico Argentino, Actas II: 71-73. Salta.

