

Die Küstenentwicklung im südlichen Südamerika (Argentinien, Chile) seit dem jüngeren Mittelpleistozän – Meeres- spiegelschwankungen und Neotektonik

GERHARD SCHELLMANN¹ UND ULRICH RADTKE²

ABSTRACT

In recent years research about marine stratigraphy of beach terraces in Chile and Patagonia has made great progress by the use of new dating methods. ¹⁴C-, Th/U-, ESR- and AAR-age-dating of molluscs indicated that there exist up to three coast lines of the last interglacial and the penultimate last interglacial period above the Holocene strand beams. Compared to the tectonically strongly influenced Pacific coast of Chile with its active continental border, the passive continental border at the Patagonian coast of Argentina is characterized by a less tectonic uplift - at least during the Younger Quaternary. Therefore the preserved fossil coast lines of Patagonia were mainly influenced by shorttime glacial-eustatic changes of the sealevel. Because of the still insufficient exactness of their absolute age-dating methods, it cannot be determined whether the coast lines of one interglacial belong to a regression phases during an interglacial maximum (i.e. oxygen isotope stage 5e) or whether they represent younger submaxima (i.e. oxygen isotope stage 5a or 5c). An altimetric correlation of marine terraces is not possible both at the tectonically active Pacific coast and the tectonically more stable and quiet Atlantic coast because of local or regional differences in neotectonic movements which interfere with eustatic marine sea level oscillations.

RESUMEN

En los últimos años el uso de nuevos métodos de datación ha dado un gran impulso al conocimiento de la estratigrafía marina de las terrazas costeras en Chile y Argentina. Los métodos de datación ¹⁴C, Th/U, ESR y AAR en moluscos, documentan que por encima de las playas holocénicas existieron hasta tres líneas de costa, en distintas capas de altura, para el período del pre-último interglacial y del último interglacial. En comparación con la fuerte influencia tectónica de la costa Pacífica de Chile, que actúa como un borde continental activo, el borde continental pasivo de la costa patagónica en

¹ Institut für Geographie, Universität-GH Essen, Universitätsstr. 15, 45117 Essen, Germany.

² Geographisches Institut, Universität zu Köln, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln, Germany.

Argentina está caracterizado por un levantamiento marcadamente menor, al menos, durante el Cuaternario Superior. Por eso, las líneas fósiles de costa en Patagonia fueron mayoritariamente influenciadas por cambios eustáticos glaciales del nivel del mar, de corta duración. Debido a la insuficiente exactitud de las dataciones absolutas, todavía no es posible decir si las líneas de costa de un interglacial corresponden a una fase de regresión durante el máximo interglacial (p.e. isótopo de oxígeno-nivel 5e) o si ellas representan un submáximo más joven (p.e. isótopo de oxígeno-nivel 5a o 5c). No es posible una correlación basada en la altitud de las terrazas marinas, debido a las diferencias locales y regionales en los movimientos neotectónicos y a la interferencia de las oscilaciones eustáticas del nivel marino, quedando el tema referido a la tectónica activa de la costa Pacífica, así como también, a la tectónica más estable de la costa atlántica.

ZUSAMMENFASSUNG

In den vergangenen Jahren wurde die Gliederung mariner Strandterrassen in Chile und Patagonien durch den Einsatz neuerer Altersbestimmungsmethoden entscheidend vorangebracht. ^{14}C -, Th/U-, ESR- und AAR-Altersdatierungen an Mollusken belegen, daß oberhalb der holozänen Strandwälle in unterschiedlichen Höhenlagen jeweils bis zu drei letztinterglaziale und vorletztinterglaziale Küstenlinien existieren. Im Vergleich zu der tektonisch stärker beanspruchten chilenischen Pazifikküste mit ihrem aktiven Kontinentalrand ist der passive Kontinentalrand an der patagonischen Küste Argentiniens durch eine deutlich geringere tektonische Heraushebung - zumindest im Jungquartär - charakterisiert. Insofern sind die dort erhaltenen fossilen Küstenlinien im wesentlichen aufgrund kurzzeitig wirksamer glazialeustatischer Schwankungen des Meeresspiegels entstanden. Aufgrund der noch nicht ausreichenden Genauigkeit ihrer absoluten Altersdatierung können aber noch keine Aussagen darüber gemacht werden, inwieweit es sich bei den verschiedenen innerhalb eines interglazialen Meeresspiegelhochstandes entstandenen Strandablagerungen um Zeugnisse regressiver Phasen während des interglazialen Maximums (z. B. Sauerstoffisotopenstufe 5e) oder um jüngere Submaxima (z. B. Isotopenstufe 5a oder 5c) handelt. Eine altimetrische Korrelation mariner Terrassen ist aufgrund lokal bzw. regional unterschiedlicher neotektonischer Bewegungen in Interferenz mit eustatischen Meeresspiegeloszillationen grundsätzlich weder an der tektonisch aktiven Pazifikküste noch an der tektonisch stabileren und ruhigeren Atlantikküste möglich.

1. EINFÜHRUNG

Seit der Mitte des letzten Jahrhunderts (DARWIN 1846) wird die Genese der fossilen Strandterrassen an der argentinischen und chilenischen Küste diskutiert, eine intensive Bearbeitung fand aber erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts statt. Trotzdem sind aber noch viele Fragen, wie z. B. nach der räumlichen Verbreitung und sedimentologischen Gliederung litoraler Sedimente, der exakten Zahl der Strandlinien und dem genauen Alter der Terrassenbildungen wenig zufriedenstellend beantwortet.

Obwohl die Datenbasis z. Zt. noch sehr limitiert ist, finden sich wiederholt Aussagen über das Ausmaß neotektonischer Aktivität oder die Größenordnung von Paläomeeresspiegelschwankungen. Häufig basieren diese Aussagen aber auf einer nicht korrekten stratigraphischen Aufnahme oder auch auf falschen sog. „absoluten“ Datierungen und führen somit in die Irre. Ein Beispiel hierfür ist die erstaunlicherweise immer noch in Südamerika

sehr lebendig geführte Diskussion um einen innerwürmzeitlichen Meeresspiegelhochstand um ca. 35.000 J.v.h. Hierbei handelt es sich eindeutig um eine Fehlinterpretation von ^{14}C -Altern (vgl. Diskussion in RADTKE 1988 und SCHELLMANN & RADTKE 1997).

Die Ergebnisse älterer Forschungen zur Verbreitung und Genese quartärer Küstenterassen im südlichen Südamerika sind in CLAPPERTON (1993), RADTKE (1989) und PASKOFF (1989) zusammengestellt. Jüngere Arbeiten zur Terrassengenese in Nordchile sind von LEONARD & WEHMILLER (1992) und ORTLIEB et al. (1996a, 1996b, 1996c) veröffentlicht worden. AGUIRRE & WHATLEY (1995), ISLA et al. (1996) sowie WEILER (1998) präsentieren neue Ergebnisse von der Pampaküste, SCHELLMANN (1995, 1996, 1998) von der patagonischen Küste Argentiniens.

Der vorliegende Artikel beinhaltet die Ergebnisse jüngerer geomorphologischer Feldforschungen und geochronologischer Studien zur Gliederung der patagonischen Küstenterassen, wo insbesondere bei der Gliederung der letzt- und vorletzinterglazialen Bildungen bedeutsame Fortschritte erzielt werden konnten. Die am passiven Kontinentalrand ermittelten Ergebnisse werden mit den Studien verglichen, die am aktiven Kontinentalrand Chiles durchgeführt worden sind. Darüber hinaus werden auch allgemeine Aspekte und Probleme diskutiert, die bei der Interpretation von neotektonischen Bewegungen und Meeresspiegelschwankungen von Bedeutung sind. Der untersuchte Zeitraum reicht vom jüngeren Mittelpleistozän bis zum Holozän.

2. METHODEN

Auf der Basis geomorphologischer, paläopedologischer und sedimentologischer Feldstudien konnte die bisher gültige Stratigraphie zur Gliederung der marinen Terrassen des jüngeren Mittelquartärs und des Jungquartärs revidiert werden (SCHELLMANN 1996, 1998; RADTKE 1989). Die im Rahmen der geochronologischen Studien eingesetzten Methoden beinhalten die Radiokohlenstoff- (^{14}C), die Elektronenspin-Resonanz- (ESR) und die Thorium/Uran-Datierung ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$); bei einigen Proben wurde die Aminosäure-Razemisierungs-Methode (AAR) eingesetzt.

Im Gegensatz zu den meisten bisherigen Studien war im Rahmen unserer Untersuchungen die wichtigste Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Anwendung der Datierungsmethoden, daß sich die Molluskenschalen *in situ* befanden, denn allein so ist garantiert, daß die ermittelten Altersdaten für eine stratigraphische Interpretation von Wert sind. Die *in situ*-Stellung der Mollusken wird dadurch belegt, daß beide Schalen, d.h. ein intaktes Schalenpaar der Bivalvia gefunden wurden. Da kurz nach dem Absterben der Muscheln die organischen Ligamente verwesen, würden bei einer späteren Umlagerung nur die Einzelschalen transportiert und sedimentiert werden. Verschiedene Kontrolluntersuchungen an ungepaarten Einzelschalen belegten (u.a. RADTKE 1989, 1990), daß die paläontologisch nicht

unterscheidbaren Muscheln aus dem letzten Interglazial auch in Sedimenten des Holozäns auftreten. Da sie sich optisch nicht von den jüngeren Molluskenschalen unterscheiden, kann es zu „Fehl“-datierungen kommen. ^{14}C -Paralleldatierungen von holozänen Mollusken von verschiedenen Lokalitäten belegen (vgl. Tab. 1), daß bei der Untersuchung beidschaliger und noch geschlossener Muscheln innerhalb der Fehlerabweichung praktisch identische Alter ermittelt werden können, die den Sedimentationszeitraum sehr zuverlässig eingrenzen - ein Ergebnis, das durch die Datierung verschiedener einschaliger Muscheln aus einer Sedimentationsschicht nicht erreicht werden konnte (vgl. SCHELLMANN 1998: 137).

Lokalität	Pa-Nr.	Stratigraphie	^{14}C -Alter BP (unkal.)	Hd-Nr. ¹⁾
Camarones	Pa 33*1	T1 ₍₁₎ - Vorstrandablagerungen	6.708 ± 46	16502
	Pa 33*4		6.663 ± 59	18214
Bustamante	Pa 57*3	H1-Strandwallsedimente	5.424 ± 40	18213
	Pa 57*4		5.380 ± 70	17683
	Pa 58*3	H2-Strandablagerungen	4.473 ± 40	18397
	Pa 58*4		4.420 ± 80	17683
Caleta Olivia	Pa 72*1	H2-Strandablagerungen	5.381 ± 60	16509
	Pa 72*3		5.240 ± 50	18473

¹⁾ ^{14}C -Datierungen: Dr. B. KROMER (Institut für Umwelphysik, Universität Heidelberg).

Tab. 1: ^{14}C -Alter von jeweils zwei verschiedenen, beidschalig in einer Sedimentlage eingelagerten Muscheln.

Bezüglich der methodischen Details der ESR-, Th/U- und AAR-Methode sei hier auf SCHELLMANN (1996, 1998) und SCHELLMANN & RADTKE (1997) verwiesen.

3. MITTEL UND JUNGQUARTÄRE MARINE TERRASSEN AN DER PATAGONISCHEN KÜSTE ARGENTINIENS

Ausgedehnte aus marinen Geröllen aufgebaute Strandwallsysteme in unterschiedlicher Höhenlage prägen den unter makrotidalem Einfluß stehenden patagonischen Küstenraum, wobei die landeinwärtige Erstreckung sich auf wenige Zehnermeter oder mehrere Kilometer belaufen kann. Die rezenten Strandwälle befinden sich in Höhen bis maximal 2-3 Meter oberhalb des aktuellen Tidenhochwasserniveaus, ältere Strandwallsysteme im Landesinnern sind noch bis in Höhen von über 100 Meter erhalten.

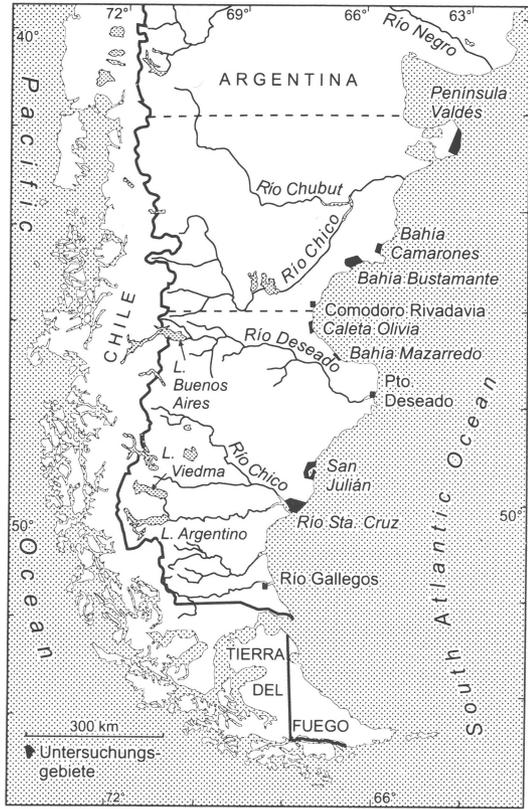


Abb. 1: Lage der Untersuchungsgebiete an der patagonischen Atlantikküste.

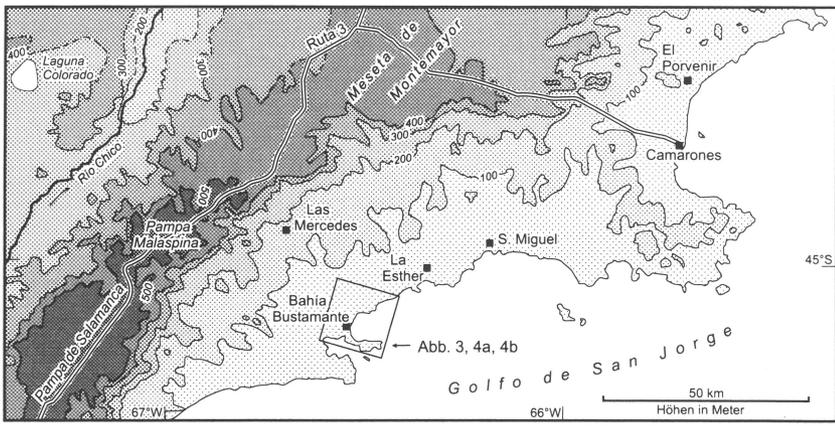


Abb. 2: Topographische Übersicht der patagonischen Küste im Bereich des Golfo de San Jorge mit Lage der Bahía Bustamante.

Die Grundlage für die geologische und stratigraphische Aufnahme und Gliederung Patagoniens, insbesondere auch für den Küstenraum, wurde von FERUGLIO (1948, 1950) gelegt. Nachfolgende Untersuchungen von RADTKE (1989) und RUTTER et al. (1989, 1990) zeigten aber, daß eine stichhaltige Gliederung der marinen Terrassen noch ausstand. Die hierfür notwendigen morphologischen Detailkartierungen und Feldstudien wurden von G. SCHELLMANN im Zeitraum 1992 bis 1995 durchgeführt. Sie erbrachten eine detaillierte Gliederung der jung-mittelpleistozänen, jungpleistozänen und holozänen Strandwallssysteme (SCHELLMANN 1996, 1998). Die Lage der untersuchten Lokalitäten ist in Abbildung 1 dargestellt.

3.1. Morpho- und pedostratigraphische Gliederung der marinen Terrassen

Besonders lohnenswerte Untersuchungsräume an der patagonischen Küste Argentiniens stellten mit ihren jeweils vielgliedrigen Terrassentreppen die Lokalitäten Bustamante am Golfo de San Jorge und das ca. 100 Kilometer weiter nördlich gelegene Camarones dar (Abb. 2).

Zu den wichtigsten Ergebnissen der stratigraphischen Gliederung der dort erhaltenen Küstenterrassen zählt, daß neben mehreren holozänen, bis zu drei letztinterglaziale und mindestens drei vorletztinterglaziale Strandwallssysteme identifiziert werden konnten (Tab. 2).

FERUGLIO (1950)	Höhe (m ü. M)	CIONCHI (1987)	Höhe (m ü. M)	RADTKE (1989)	Höhe (m a. mhT)	Terrassen- niveaus	Höhen- lage (m ü. mTw)	Stratigraphie		
								Holozän	Eem	
„Cordón litoral interno“	28 - 40	System I	35 - 41	Mittel-Pleistozän	33 - 35	T6-Komplex	35 - 43		T6	
						T5-Niveau	28 - 31		T5 ₍₉₎	
„Cordón litoral intermedio“	20 - 26	System II	25 - 29	Letztes Interglazial	18 - 20	T4-Niveau	ca. 25		T4 ₍₇₎	
						T3-Niveau	18 - 21		T3 ₍₅₎	T3 ₍₇₎
						T2-Niveau	14 - 15		T2 ₍₅₎	T2 ₍₇₎
„Cordón litoral reciente“	11 - 12	System III	8 - 10	Holozän	10 - 11	T1-Niveau	10 - 12	T1 ₍₁₎	T1 ₍₅₎	
						niedrigere holozäne Niveaus	9 - 10	H1		
							7 - 8	H2		
							< 7	sub- rezent, rezent		

ü. M. = über Meer; mhT = mittleres Tidenhochwasser; mTw = mittleres Tidenwasser; T_(Zahl) Zahl = Sauerstoff-Isotopenstufe

Tab. 2: Stratigraphische Übersicht und Höhenlage von Strandterrassen an der Bahía Bustamante nach SCHELLMANN (1996, 1998) verglichen mit den Terrassengliederungen von FERUGLIO (1950), CIONCHI (1987) und RADTKE (1989).

Im noch höher gelegenen Hinterland existieren weitere ältere marine Terrassen, deren genaue zeitliche Stellung aber noch nicht bekannt ist. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen einige geologische Profile durch die Strandwallsysteme und die Verteilung der pleistozänen und holozänen marinen Sedimente im Bereich der Bahía Bustamante.

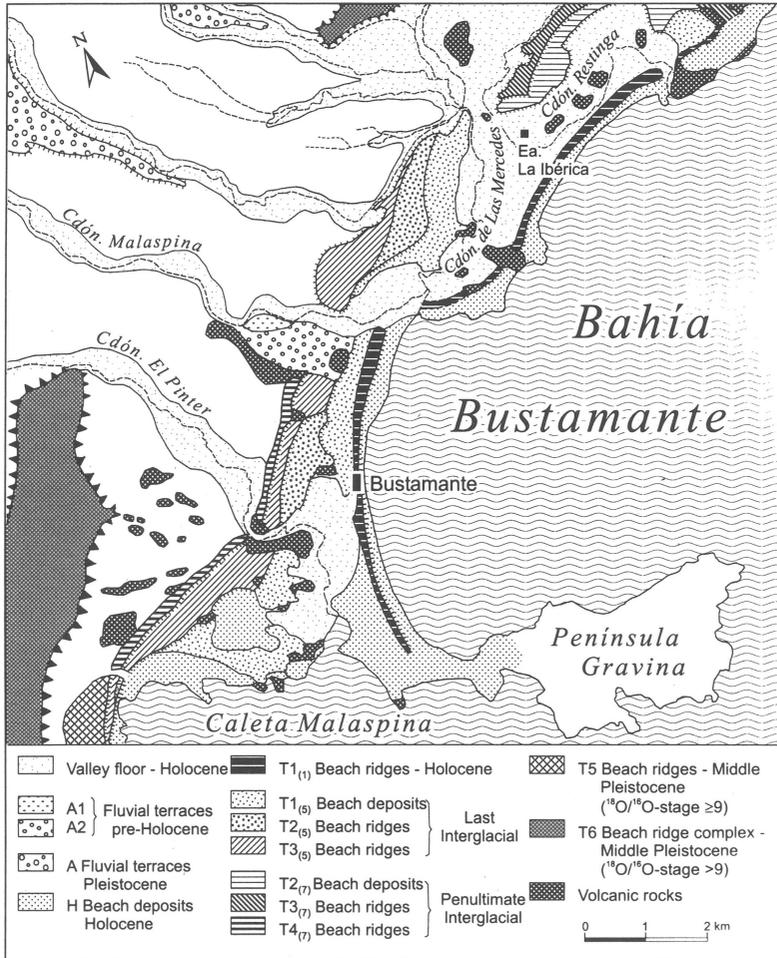


Abb. 3: Morphologisch-geologische Übersichtskarte der patagonischen Küste an der Bahía Bustamante.

Die Trennung der in Tabelle 2 aufgeführten stratigraphischen Einheiten geschah anhand geomorphologischer und geochronologischer Methoden. Mit zunehmendem Alter der Se-

dimente korrespondieren verschiedene Stadien der Pedogenese wie aber auch eine jeweils spezifische Zusammensetzung der Sedimente. So zeichnen sich die Strandwälle, die während des holozänen Transgressionsmaximums abgelagert worden sind, durch eine spärliche Verbreitung initialer Bodenbildungen, maximal Pararendzinen, welche nur sehr schwach verbraunt sind, aus. Zur Ausbildung pedogener Kalkkrustenhorizonte („Caliche“) ist es noch nicht gekommen. Im Gegensatz hierzu findet man auf den älteren pleistozänen Terrassen gut entwickelte Braunerden und man kann feststellen, daß generell die Mächtigkeit der pedogenen Kalkkrusten mit ansteigendem Alter der Strandwälle zunimmt. Die praholozanen marinen Terrassenflächen besitzen mitunter begrabene fossile Bodenhorizonte, flieerartige Kolluvien sowie Kryoturbationen und kleinere Eiskeilpseudomorphosen (Details in SCHELLMANN 1998).

Bei der geomorphologischen Kartierung des litoralen Formenschatzes fällt auf, daß „vollständige“ Sequenzen von Strandwall-Lagunensystemen die Ausnahme sind. An vielen Kustenlokalitaten sind sie erodiert oder aber auch nie ausgebildet worden. Zudem muß berücksichtigt werden, daß die Höhenlage der holozänen und der letztinterglazialen wie auch die der letzt- und vorletztinterglazialen Terrassenflächen sehr ähnlich sein kann (vgl. Tab. 2, Abb. 4b). Es ist sogar möglich, daß ältere Terrassenflächen seewärts von einige Meter höher liegenden jüngeren Strandwällen gesäumt werden (vgl. Abb. 4b: S III, S IV). Aus diesen Bemerkungen ergibt sich somit konsequenterweise der Schluß, daß sich eine altimetrische Trennung „eo ipso“ und „a priori“ verbietet. Diese Feststellung hat insofern große Bedeutung, da die altimetrische Korrelation von Terrassen ein essentielles Element im Methodeninstrumentarium älterer Untersuchungen war.

3.2. Ergebnisse der geochronologischen Untersuchungen

Die Chronostratigraphie der verschiedenen untersuchten Strandablagerungen basiert an der patagonischen Küste i.w. auf den Daten der ^{14}C - und der ESR-Datierung fossiler Mollusken (Abb. 5, Abb. 6). Die schon oben angesprochene Unzuverlässigkeit von Daten, die nicht an noch geschlossenen Muschelschalen ermittelt werden, ist in Abbildung 5 verdeutlicht. Mit Hilfe von ESR-Datierungen ist grundsätzlich eine altersmäßige Differenzierung holozäner, letztinterglazialer, vorletztinterglazialer und älterer Sedimente möglich. Obwohl der methodische Fehler der ESR-Datierung, der sog. Laborfehler (engl. „precision“), kleiner als 15 % ist, zeigen die an mehreren beidschaligen Muscheln aus einer Sedimentlage ermittelten ESR-Alter eine größere Differenz (Abb. 5). Aus diesem Grund ist es zur Zeit noch nicht möglich, mit der ESR-Technik zwischen den einzelnen Submaxima des letzten Interglazials, Sauerstoffisotopenstufen 5a, 5c oder 5e, zu differenzieren. Die zusätzlich durchgeführten Th/U- und AAR-Messungen ergaben sehr widersprüchliche Ergebnisse (Details in SCHELLMANN 1998) und belegen, daß eine routinemäßige und standardisierte Anwendung bei Mollusken nicht uberrall möglich ist.

Abb. 4a:

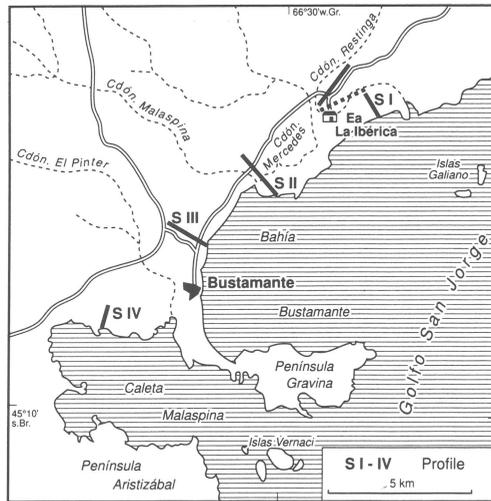


Abb. 4b:

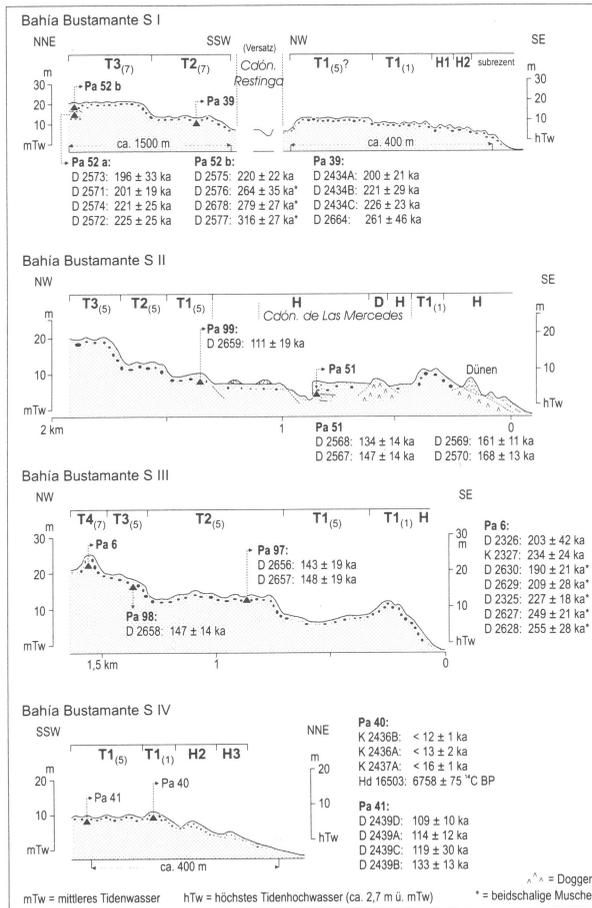


Abb. 4a: Lage der morphologisch-geologischen Profilschnitte S I bis S IV in Abb. 4b an der Bahía Bustamante.

Abb. 4b: Morphologisch-geologische Profilschnitte S I bis S IV an der Bahía Bustamante (Lage der Profile in Abb. 4a).

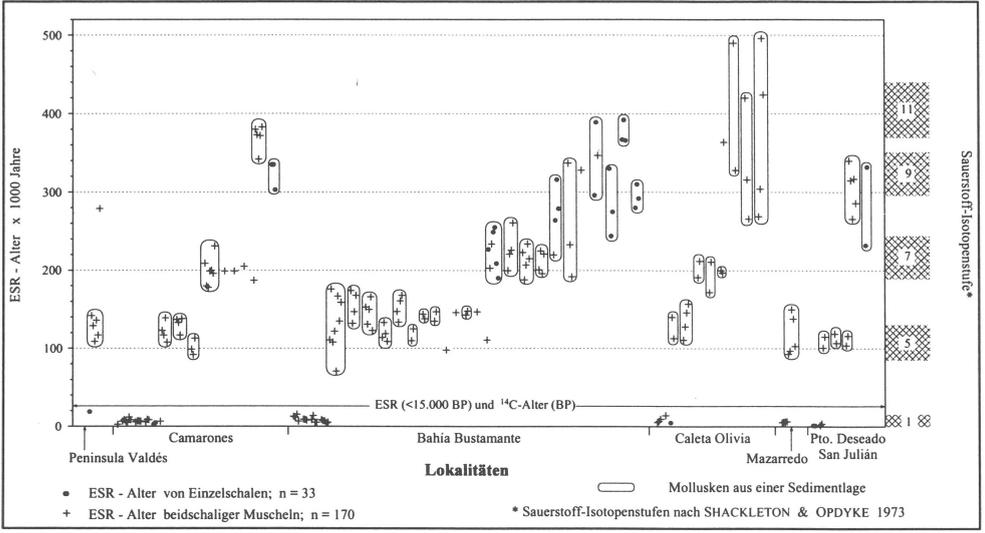


Abb. 5: ESR-Alter aragonitischer Muscheln von verschiedenen Lokalitäten an der patagonischen Atlantikküste.

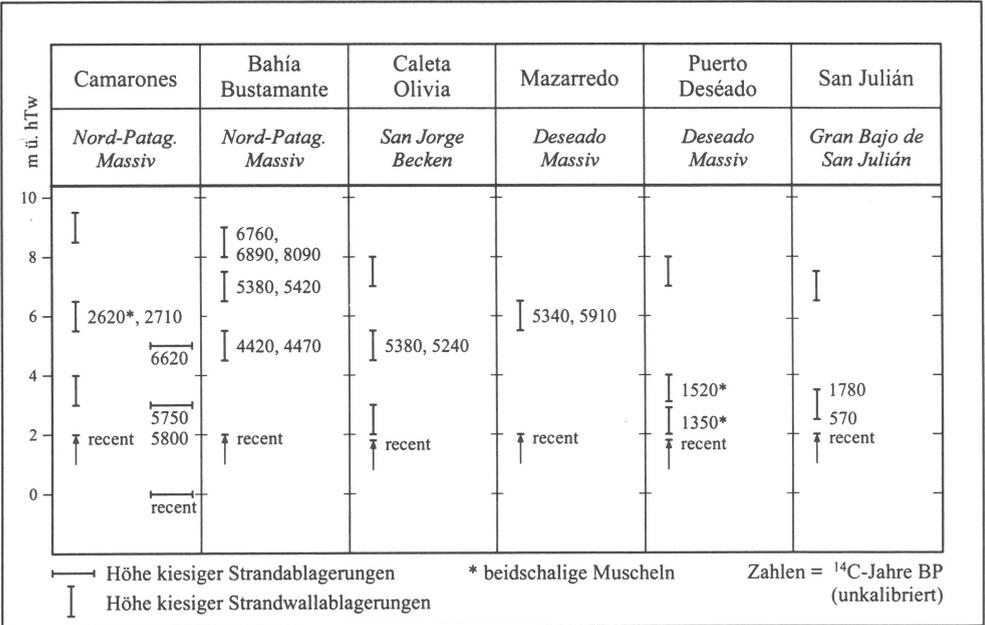


Abb. 6: Höhenlage und ¹⁴C-Alter holozäner Strandterrassen an der patagonischen Atlantikküste.

4. MITTEL UND JUNGQUARTÄRE MARINE TERRASSEN AN DER PAZIFISCHEN KÜSTE CHILES

Die Subduktion der pazifischen Nazca-Platte unter den südamerikanischen Kontinent stellt die Ursache für vielfältige neotektonische Aktivitäten entlang der chilenischen Pazifikküste dar. Aufgrund einer großen regionalen Varianz des Ausmaßes dieser tektonischen Bewegungen verbietet sich eine altimetrische Korrelation der zahlreichen i.w. herausgehobenen marinen Terrassenflächen.

Aufgrund der eklatanten und bisher noch nicht zufriedenstellend erklärten Fossilarmut in den pleistozänen marinen Sedimenten Süd- und Mittelchiles haben sich die Forschungen auf die Bearbeitung des Mittel- und Jungquartärs im Norden des Landes konzentriert. Durch eine Vielzahl von an Mollusken ermittelten ESR- und Th/U-Altern konnte gezeigt werden (RADTKE 1987, 1989), daß die Küste Nordchiles einer differenzierten Neotektonik unterworfen war, die zur Heraushebung mariner Terrassen in unterschiedliche Höhenlagen geführt hat. Zum Beispiel erreicht das letztinterglaziale Transgressionsmaximum im Gebiet zwischen Tongoy (30°S) und Iquique (20°S) Höhen, die zwischen ca. 10 und 40 m ü.M. liegen. Im südlichen Peru konnten Strandwälle des letzten Interglazials sogar in über 100 m Höhe gefunden werden. Die große räumliche Variabilität der Hebungsraten wird z. B. dadurch verdeutlicht, daß in der Bucht von La Serena im Süden bei der Lokalität Herradura die letztinterglaziale Terrassenfläche in einer Höhenlage von ca. 5-15 ü.M. liegt und auch noch Ablagerungen des vorletztinterglazialen Hochstandes enthält - ein Beleg für eine relativ geringe Heraushebung seit dem vorletzten Interglazial. Im Norden der Bucht, ca. 35 Kilometer entfernt, ist dagegen das letztinterglaziale Transgressionsmaximum in ca. 40 m ü.M. zu finden.

In jüngeren Untersuchungen bestätigten auch ORTLIEB et al. (1996a) die räumliche Variabilität der Hebungstektonik an der nordchilenischen Küste. Auf der Basis von AAR- und Th/U-Datierungen von Mollusken konstatierten sie zudem für das Küstengebiet bei Hornitos (ca. 23° S), daß der Terrassenkörper aus Sedimenten von zwei Transgressionszyklen des letzten Interglazials zusammengesetzt ist, die wahrscheinlich mit den Isotopenstufen 5e und 5c korrespondieren. Es sollte an dieser Stelle aber noch einmal betont werden, daß es unseres Erachtens zur Zeit mit keiner der verwendeten Datierungstechniken, AAR, ESR oder Th/U, möglich ist, zwischen den relativen Maxima der verschiedenen Interglaziale zu differenzieren.

5. EINIGE ALLGEMEINE ÜBERLEGUNGEN ZU NEOTEKTONIK UND PALÄO-MEERESSPIEGELSCHWANKUNGEN IM SÜDLICHEN SÜDAMERIKA

Bisher war es allein in den Tropen mit seinen gehobenen quartären Korallenriffen möglich, mittels der Th/U-Datierung fossiler Korallen, wie z.B. auf Barbados oder Papua Neu Guinea

geschehen, eine Differenzierung der fossilen Riffe der drei Isotopenstufen (5a: ca. 80.000; 5c: ca. 105.000; 5e: ca. 125.000 J.v.H) des letzten Interglazials vorzunehmen. Um so wichtiger ist es, festzustellen, daß es durch die Untersuchungen in Patagonien erstmals möglich wurde, auch in den höheren Breiten der Ektropen, d.h. hier an der patagonischen Küste Argentiniens, ebenfalls zwischen drei letztinterglazialen Meeresspiegelhochständen unterscheiden zu können. Zudem war eine Trennung von drei vorletztinglazialen Hochständen und zahlreicher holozäner Meeresspiegeloszillationen möglich geworden. Inwieweit diese reichhaltige Differenzierung von Küstenterrassen des letzten und vorletztinglazialen Interglazials in Chile ebenfalls möglich werden wird, bleibt Neuuntersuchungen vorbehalten, die unter Einsatz der inzwischen verbesserten ESR-Datierungstechnik (SCHELLMANN & RADTKE 1997, im Druck) für die nächsten Jahre geplant sind.

Im Gegensatz zu der generell tektonisch stärker beanspruchten Pazifikküste Südamerikas war die Ostküste des Kontinents am passiven Kontinentalrand zumindest seit dem Mittelpleistozän durch eine relativ geringe Hebungsrate von $<0,12$ m/1000a gekennzeichnet. Neben den Gebieten mit leichter Hebungstendenz, die durch eine mehr oder weniger vielgliedrige Sequenz von mit zunehmendem Alter höhenmäßig leicht ansteigenden fossilen Strandwällen interglazialer Meeresspiegelhochstände charakterisiert sind, gibt es aber auch an der patagonischen Küste Abschnitte, an denen tektonische Absenkung (z. B. im Norden von San Julián) oder auch tektonische Stabilität (z. B. Halbinsel Valdés) seit dem Mittelpleistozän zu beobachten war. Obwohl es sich anbietet, das jeweilige tektonische Verhalten eines Küstenabschnittes in Beziehung zum präquartären Untergrund mit seinen verschiedenen Lineamenten zu setzen, wie dieses z. B. durch CODIGNOTTO et al. (1992) für das Holozän postuliert wurde, existiert unseres Erachtens entlang der patagonischen Küste keine Korrelation zwischen jungquartären tektonischen Bewegungen und der räumlichen Verteilung mesozoisch/alttertiärer Becken und Massive. Es konnte vielmehr gezeigt werden, daß in so unterschiedlichen Küstengebieten wie z. B. im Bereich des San Jorge Beckens oder im Bereich des Deséado Massivs gleichermaßen seit dem Mittelpleistozän eine schwache Hebungstendenz nachzuweisen ist. Andererseits konnte nördlich von San Julián, und damit ebenfalls im Bereich des Deséado Massivs, im gleichen Zeitraum eine Absenkung festgestellt werden (SCHELLMANN 1995, 1998).

Bei der Interpretation litoraler Formen und Sedimente darf man nicht dem Irrtum unterliegen, daß diese allein während der sehr wahrscheinlich jeweils recht kurzen Phase des Transgressionsmaximums abgelagert worden sind. An vielen Lokalitäten entlang der patagonischen Küste findet man regressive Bildungen in - verglichen mit dem Maximalstand - niedrigerer Höhenlage, die wahrscheinlich Zeugnisse von Stillstandsphasen eustatischer Meeresspiegelveränderungen während eines Interglazials darstellen (Abb. 7, Abb. 6). Wie aus Abbildung 6 erkennbar ist, lagern seewärts von Strandwällen aus dem mittelholozänen Transgressionsmaximum um 6.600-8.100 J.v.H. (^{14}C -Alter, unkalibriert) verschiedene jüngere holozäne Strandwälle, die eine Zuordnung zu positiven Oszillationen um 5.300-

5.900 J.v.H., um 4.400 J.v.H. und dem jüngerem Subatlantikum um 600 - 1800 J.v.H. erlauben (^{14}C -Alter, unkalibriert).

Da aufgrund der schon angesprochenen fehlenden Datierungsgenauigkeit eine Unterscheidung pleistozäner interglazialer Maxima und Submaxima derzeit nicht möglich ist, ist leider auch keine Aussage erlaubt, inwieweit die den letzt- und vorletztinterglazialen Transgressionsmaxima seewärts vorgelagerten tieferliegenden Strandwälle des gleichen Interglazials (Abb. 7) vergleichbar wären mit den holozänen Oszillationen, d.h. ob sie auch während einer „Phase“ entstanden sind, z. B. während der Isotopenstufe 5e, oder ob sie während zwei verschiedener Transgressionen innerhalb eines Interglazialzyklus, z. B. während der Isotopenstufe 5e und 5c, gebildet wurden.

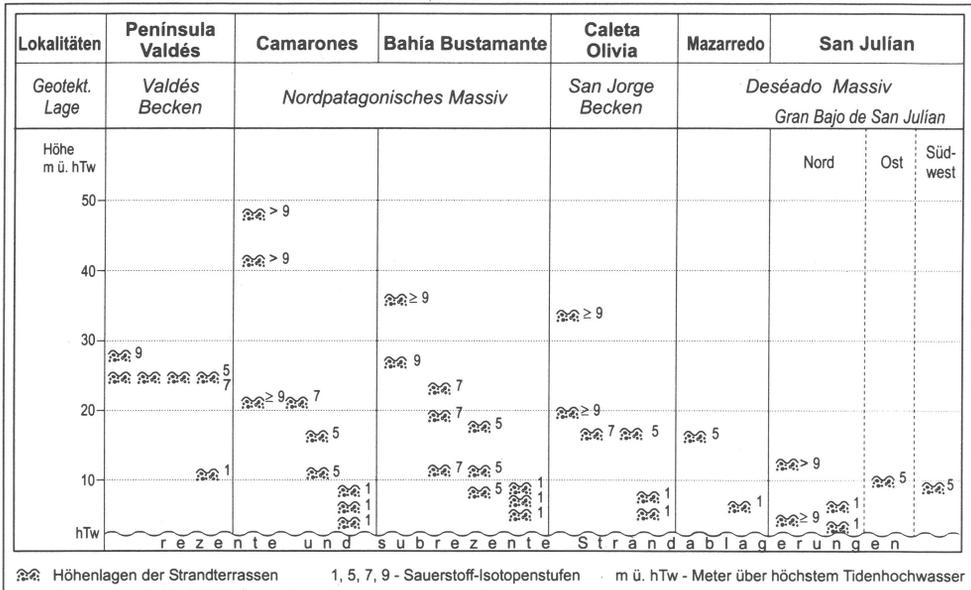


Abb. 7: Höhenlage mittelpleistozäner, letztinterglazialer und holozäner Strandterrassen an der patagonischen Atlantikküste.

In den vergangenen Jahren gab es eine Vielzahl von Veröffentlichungen, die sich mit den holozänen Meeresspiegelschwankungen an der atlantischen Küste Patagoniens beschäftigt haben (z. B. AGUIRRE & WHATLEY 1995; GONZALES & WEILER 1994; ISLA et al. 1996; PORTER et al. 1984; SCHNACK 1993; WEILER 1998). Die eigenen ^{14}C -Datierungen beidschaliger Muscheln belegen, daß die ältesten und am höchsten gelegenen holozänen Strandwall- und Strandablagerungen im älteren Atlantikum um ca. 6.600 bis 8.100 J.v.H. (^{14}C) entstanden (Abb. 6). Dieses impliziert aber, daß, im Gegensatz zu den bisherigen Auffassungen, das holozäne Transgressionsmaximum einige hundert Jahre früher angesiedelt werden muß. Die nachfolgenden Oszillationen um 5.300-5.900, um 4.400 und um 600-1.800 ^{14}C J.v.H. erreichten nur noch niedrigere Höhen. Wenn man die subatlantischen

Strandwälle in Camarones (Abb. 6), die eine Höhle von ca. 6 m über dem höchsten Tidenhochwasser erreichen, nicht als ein lokales Phänomen interpretiert, dann kommt man nicht umhin, von einem deutlichen relativen Meeresspiegelanstieg im älteren Subatlantikum (ca. 2.700 ¹⁴C J.v.H.) auszugehen. Von der brasilianischen Küste wird durch MARTIN et al. (1987) ebenfalls von einem deutlichen Meeresspiegelanstieg um 3.600 und 2.700 ¹⁴C J.v.H. berichtet.

Sicherlich ist es noch zu früh, dem hier skizzierten Schema relativer Meeresspiegelschwankungen an der patagonischen Küste eine Allgemeingültigkeit zuzusprechen, doch indizieren die bisher durchgeführten Untersuchungen, daß man mit dem verbesserten Methodeninstrumentarium aus detaillierter morphologisch-geologischer Kartierung und absoluter Altersdatierung dem Problem der Interferenz von Neotektonik und Meeresspiegelschwankungen näher kommen kann.

LITERATUR

- AGUIRRE, M. L. & R. C. WHATLEY (1995): Late Quaternary marginal deposits and palaeoenvironments from northeastern Buenos Aires Province, Argentina: A review. - *Quat. Sci. Rev.*, 14: 223-254.
- CLAPPERTON, C. (1993): Quaternary Geology and Geomorphology of South America. - 779 S.; Amsterdam (Elsevier).
- CIONCHI, J. L. (1987): Depositos marinos Cuaternarios de Baha Bustamante, Provincia del Chubut. - *Asociación Geologica Argentina Rev.*, XLII (1-2): 61-72; Buenos Aires.
- CODIGNOTTO, J. O., KOKOT, R. R. & S. C. MARCOMINI (1992): Neotectonism and sea-level changes in the coastal zone of Argentina. - *J. of Coastal Res.*, 8: 125-133.
- DARWIN, C. (1846): Geological observations on South America (Part. 3: The geology of the voyage of the Beagle under the Command of Capt. Fitzroy R.N.). - 279 S.; London.
- FERUGLIO, E. (1948): Edad de las terrazas marinas de la Patagonia. - 18. *Internat. Congres.*, 9: 30 - 39; London.
- FERUGLIO, E. (1950): Descripcion geologica de la Patagonia. - *Dir. General de Yacimientos Petroliferos Fiscales (YPF)*, Tomo I - III; Buenos Aires.
- ISLA, F. I., CORTIZO, L. C. & E. F. SCHNACK (1996): Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the Southern barrier of Buenos Aires, Argentina. - *Quat. Sci. Rev.*, 15: 833-841.
- GONZALES, M. A. & N. E. WEILER (1994): Argentinian Holocene transgression: Sidereal ages. - *J. of Coastal Res.*, 10 (3): 621-627.

- GORDILLO, S., BUJALESKY, G. G., PIRAZZOLI, A., RABASSA, J. O. & J. F. SALIÈGE (1992): Holocene raised beaches along the northern coast of the Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 99: 41-54.
- LEONARD, E. M. & J. F. WEHMILLER (1992): Low uplift rates and terrace reoccupation inferred from mollusk aminostratigraphy, Coquimbo Bay Area, Chile. - *Quat. Res.*, 38: 246-259.
- MARTIN, L., SUGUIO, K., FLEXOR, J.-M., DOMINGUEZ, J. M. L. & A. C. BITTENCOURT (1987): Quaternary evolution of the central part of the Brazilian Coast. The role of sea-level variations and shoreline drift. - *UNESCO Reports in Marine Science*, 43: 97-115; Paris.
- ORTLIEB, L., ZAZO, C., GOY, J. L., HILLAIRE-MARCEL, C., GHALEB, B. & L. COURNOYER (1996a): Coastal deformation and sea-level changes in the Northern Chile subduction area (23°S.) during the last 330 ky. - *Quat. Sci. Rev.*, 15: 819-831.
- ORTLIEB, L., DIAZ, A. & N. GUZMAN (1996b): A warm interglacial episode during Oxygen Isotope Stage 11 in Northern Chile. - *Quat. Sci. Rev.*, 15: 857-871.
- ORTLIEB, L., BARRIENTOS, S. & N. GUZMAN (1996c): Coseismic coastal uplift and coralline algae record in Northern Chile: the 1995 Antofagasta earthquake case. - *Quat. Sci. Rev.*, 15: 949-960.
- PASKOFF, R. (1989): Zonality and main geomorphic features of the Chilean coast. - *Essener Geogr. Arb.*, 18: 237-267.
- PORTER, S. C., STUIVER, M. & C. J. HEUSSER (1984): Holocene sea-level changes along the Strait of Magellan and Beagle Channel, southernmost South America. - *Quat. Res.*, 22: 59-67; New York.
- RADTKE, U. (1987): Palaeo sea-levels and discrimination of the Last and the Penultimate Interglacial fossiliferous deposits by absolute dating methods and geomorphological investigations illustrated from marine terraces in Chile. - *Berliner Geogr. Stud.*, 25: 313-342.
- RADTKE, U. (1989): *Marine Terrassen und Korallenriffe - Das Problem der quartären Meeresspiegelschwankungen erläutert an Fallstudien aus Chile, Argentinien, Barbados.* - *Düsseldorfer Geogr. Schr.*, 27: 244 S.; Düsseldorf.
- RADTKE, U. (1991): Marine terraces as indicators of neotectonic movement: studies from Chile and Argentina. - *Bamberger Geogr. Schr.*, 11: 59-64.

- RUTTER, N., SCHNACK, E. J., FASANO, J. L., ISLA, F. I., DEL RÍO, J. & U. RADTKE (1989): Correlation and dating of Quaternary littoral zones along the coast of Patagonia and Tierra del Fuego. - *Quat. Sci. Rev.*, 8: 213-234.
- RUTTER, N., RADTKE, U. & E. J. SCHNACK (1990): Comparison of ESR and Amino Acid data in correlating and dating Quaternary littoral zones along the Patagonian coast. - *J. of Coastal Res.*, 6: 391-411.
- SCHELLMANN, G. (1995): Untersuchungen zur stratigraphischen Differenzierung mariner Terrassen im südlichen Patagonien (Argentinien). - *Kölner Geogr. Arb.*, 66: 9-22.
- SCHELLMANN, G. (1996): Andine Vorlandvergletscherungen und marine Terrassen - ein Beitrag zur jungkänozoischen Landschaftsgeschichte Patagoniens (Argentinien). - Habilitationsschrift, Universität/GH Essen (unveröffentlicht).
- SCHELLMANN, G. (1998): Jungkänozoische Landschaftsgeschichte Patagoniens (Argentinien). Andine Vorlandvergletscherungen, Talentwicklung und marine Terrassen. - *Essener Geogr. Arb.*, 29: 216 S.; Essen (Klartext Verl.).
- SCHELLMANN, G. & U. RADTKE (1997): Electron Spin Resonance (ESR) techniques applied to mollusc shells from South America (Chile, Argentina) and implications for paleo sea-level curve. - *Quat. Sci. Rev.*, 16: 465-475.
- SCHELLMANN, G. & U. RADTKE (im Druck): Problems encountered in the determination of dose and dose rate in ESR dating of mollusc shells. - *Quat. Sci. Rev.*
- SCHNACK, E. J. (1993): The vulnerability of the east coast of South America to sea-level rise and possible adjustment strategies. - In: WARRICK, R. A., BARROW, E. M. & T. M. WIGLEY (eds.), *Climate and sea-level change: observations, projections and implications*: 336-348; Cambridge (Univ. press).
- WEILER, N.E. (1998): Holocene Sea Levels in Anegada Bay, Argentine. - *J. of Coastal Res.*, 14: 1034-1043.