

## Über die Frühgeschichte (Campan bis Eozän) der südlichen mittelamerikanischen Landbrücke

On the ancestral south Central American land-bridge (Campanian to Eocene)

Von Hartmut Seyfried und Peter Sprechmann, Costa Rica

Mit 6 Abbildungen im Text

SEYFRIED, H. & SPRECHMANN, P. (1986): Über die Frühgeschichte (Campan bis Eozän) der südlichen mittelamerikanischen Landbrücke. [On the ancestral south Central American land-bridge (Campanian to Eocene).] – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1986 (1): 38–55; Stuttgart.

**Abstract:** The southern part of the Central American isthmus resulted from the subduction of the oceanic Pacific plate beneath the oceanic Caribbean plate. The rise of this land-bridge from the pre-Campanian ocean floor is characterized by a Campanian to Eocene island arc stage, an Oligocene to Miocene swell stage as well as a Pliocene to Recent mountain chain stage. The present study deals mainly with the island arc stage. The first island arcs emerged towards the beginning of the Late Campanian: a non-volcanic archipelagos of basaltic islands bounded by strike-slip fault scarps. Where insular shelves did exist, they were colonized by Rudist biostromes; the talus originated mainly by rock-falling and avalanching. As early as at the end of the Late Campanian, the greater part of this basaltic archipelagos subsided. During the Paleocene and the Eocene, it became more or less deeply buried under hemipelagic sediments deriving from the active andesitic island arc which formed at the site of the actual mainland. The borders of this andesitic island arc were oversupplied with clastics due to excessive erosion. Thus, carbonate shelves could hardly extend and were restricted to some patchy areas where communities of larger foraminifera and red algae developed during the Middle/Upper Eocene. Due to local uplift, however, a relatively small isolated Bahama-type carbonate platform established in the western Bajo Tempisque area, producing the (probably Eocene) Barra Honda formation. This carbonate platform both supplied slide blocks to the adjacent basins and was surged up and bypassed by turbidites deriving from the andesitic island arc. Paleovertebratological data evidence that from both island chains only the Campanian one permitted an exchange of terrestrial animals between North and South America. This early connection must have been disrupted, from the latest Campanian onward, by transform displacements and/or plate rotations. In this context it may be annotated that the present-day geological configuration in the Costa Rican area provides only incomplete paleogeographical profiles. A hypothetical section fitting the Peninsula de Nicoya and Bajo Tempisque area with the Quepos – Fila Costeña – Talamanca area would join the missing links. This configuration, however, requires NW – SE lateral displacements which, at the moment, can neither be localized nor be proved due to the lack of paleomagnetical data.

**Key words:** Paleogeographical reconstruction, Campanian, basaltic island arc, Rudist biostromes, Maestrichtian, Paleogene, andesitic island arc, paleoenvironment, evolution, subduction; Central America, Costa Rica.

**Zusammenfassung:** Die südliche mittelamerikanische Landbrücke ging aus der Subduktion der ozeanischen pazifischen Platte unter die ozeanische karibische Platte hervor. Ihre Entstehung läßt sich in eine prä-campane ozeanische Vorgeschichte, eine Frühgeschichte mit inselbogenartigen Verhältnissen (Campan bis Eozän) und eine jüngere Geschichte (Oligozän - Rezent) unterteilen, in deren Verlauf der Isthmus seine heutige Form erst ziemlich spät (Pleistozän) erhielt. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich in der Hauptsache mit der bislang fast noch unbekannteren Frühgeschichte. Im Obercampan existierte ein nichtvulkanischer Basaltinsel-Archipel, auf dessen Insularschelfen sich Rudisten-Biostrome ansiedelten. Der größte Teil dieses Basaltinsel-Archipels versank schon wieder am Ende des Campans und wurde im Verlaufe des Paleozäns und Eozäns unter dem Schutt des sich langsam herausbildenden vulkanisch aktiven andesitischen Inselbogens begraben. Erkenntnisse über die Beschaffenheit der insularen bzw. kontinentalen Environments dieser Epoche lassen sich nur aus zeitgleichen Abhangsedimenten gewinnen. Dies ist der zentrale methodische Ansatz in dieser Studie.

**Resumen:** La región meridional del istmo centroamericano se originó por la subducción de la placa del Pacífico por debajo de la del Caribe. El levantamiento del puente-istmo a partir del fondo oceánico pre-Campaniense se materializó en las siguientes etapas: a) un estadio de arco de islas (Campaniense a Eoceno), b) un estadio de «umbral» («swell») (Oligoceno a Mioceno), y c) un estadio de puente-istmo o de cordillera montañosa (Plioceno a Reciente). El presente estudio analiza principalmente el estadio de arco de islas. El arco de islas primitivo se constituyó, al inicio del Campaniense Superior, como un archipiélago de islas basálticas volcánicamente inactivas, definidas por fallas de salto en dirección. Las áreas de plataformas insulares creadas fueron colonizadas por biostromos de Rudistas. Los sedimentos de pie de escarpe se originaron, en lo principal, a partir de caída de bloques y por avalanchas. En el Campaniense Tardío cuspidal dió inicio una fase de subsidencia que afectó a la mayor parte del archipiélago basáltico. Durante el Paleoceno y Eoceno este quedó más o menos profundamente sepultado por sedimentos hemipelágicos originados en el arco de islas andesítico volcánicamente activo. Este se edificó en la región que hoy ocupa Costa Rica ístmica. Los bordes del arco de islas andesítico fueron sobrealimentadas por material clástico originado en una intensa erosión. En consecuencia, plataformas carbonatadas solo pudieron desarrollarse en áreas restringidas siendo colonizadas por comunidades de macroforaminíferos y algas rojas. El área occidental del Bajo Tempisque fué afectada por un ascenso local, permitiendo el establecimiento de una plataforma carbonatada aislada del tipo «Bahama», originando las litofacies que definen a la Formación Barra Honda, depositada probablemente en el Eoceno. Esta plataforma carbonatada alimentó con bloques deslizados a las cuencas adyacentes. Corrientes de turbidez provenientes del arco de islas andesítico se proyectaron hacia la base de esta plataforma, siendo en parte desviadas alrededor de ella («by-passing»). Datos paleovertebradológicos señalan que sólo fué posible un intercambio de faunas terrestres entre las Américas del Norte y del Sur por el archipiélago de islas basálticas del Campaniense Superior. Estas migraciones se vieron presumiblemente interrumpidas por disrupciones laterales transformantes que afectaron a esta cadena insular. En este contexto, debe señalarse que la configuración geológica actual del área de Costa Rica proporciona solo cortes paleogeográficos incompletos. Un transecto hipotético que, por una parte, enlace las regiones de Nicoya y del Bajo Tempisque y, por otra, las áreas de Quepos - Fila Costeña - Talamanca permitiría relacionar componentes originados en un mismo contexto paleogeográfico. No obstante, una reconstrucción de este tipo requiere

desplazamientos laterales NW – SE que no pueden ser ubicados ni comprobados mientras no existan datos paleomagnéticos que los sustenten.

## 1. Einleitung

Eine landfeste Verbindung zwischen Nord- und Südamerika besteht erst seit dem Pliozän; sie ist das Ergebnis der Kollision zwischen zwei ozeanischen Platten: Subduktion der pazifischen Platte unter die karibische Platte. Die Entstehungsgeschichte dieser Landbrücke läßt sich im wesentlichen in fünf tektonosedimentäre Etappen gliedern:

1. Bathonien-Santonien (cf. BAUMGARTNER et al. 1984): Bildung ozeanischer Kruste und eupelagischer Sedimente.
2. Campanien: Bildung eines vulkanisch inaktiven Archipels durch Anhebung eines relativ schmalen Streifens ozeanischer Kruste.
3. Maastrichtien-Eozän: Absenkung des Campan-Archipels; Bildung eines vulkanisch aktiven andesitischen Inselbogens im Gebiet des heutigen Festlandes.
4. Oligozän-Miozän: Zusammenwachsen der Insularschelfe und der einzelnen vulkanischen Apparate zu einer schwellenartigen Landverbindung mit ausgedehnten Silikatwatten; Heraushebung der Halbinsel Nicoya.
5. Plio-Pleistozän-Rezent: Rasche Hebung der Schwelle zur Landbrücke, an deren Aufbau zahlreiche dioritische Intrusionen beteiligt sind; Bildung mächtiger molasseartiger Piedmontsedimente (vgl. RIVIER & SEYFRIED 1985).

Die ozeanische Vorgeschichte (Etappe 1) der heutigen Landbrücke ist mittlerweile aus zahlreichen Arbeiten, die sich hauptsächlich mit der Halbinsel Nicoya beschäftigen, sehr gut bekannt (SPRECHMANN 1984, WILDBERG 1983, SCHMIDT-EFFING 1979, H.-J. GURSKY 1984, BAUMGARTNER et al. 1984). Auch die jüngere Geschichte (Etappen 4 und 5) ist durch die Arbeiten von WEYL (1980), FISCHER (1981) und SPRECHMANN (1982) in den Grundzügen bekannt. Eine große Kenntnislücke besteht jedoch in bezug auf die Frühgeschichte (Etappe 2) der südlichen mittelamerikanischen Landbrücke. SCHMIDT-EFFING (1974) und STIBANE et al. (1977) beschrieben Campan-Rudistenkalke als erste Zeugnisse einer Heraushebung der ozeanischen Kruste. Nach SIMPSON (1950) und BONAPARTE (1984 a, b) hat diese frühe Verbindung zwischen den beiden amerikanischen Kontinenten immerhin einen Austausch von Landwirbeltier-Faunen ermöglicht.

Auch über die Gestalt des andesitischen Inselbogens der 3. Etappe liegen bislang noch kaum Erkenntnisse vor. Dies liegt daran, daß die damaligen vulkanischen Apparate entweder erodiert oder unter mächtigen jüngeren Bildungen begraben worden sind. Neritische Ablagerungen aus dieser Zeit sind nur spärlich vorhanden und geben kaum brauchbare paläogeographische Anhaltspunkte.

Es liegt deshalb nahe, Hinweise auf die Beschaffenheit insularer bzw. konti-

mentaler Environments der 2. und 3. Etappe aus zeitgleichen submarinen Abhangesedimenten abzuleiten. Dies ist der zentrale methodische Ansatz in der vorliegenden Studie.

In diesem Zusammenhang möchten wir klarstellen, daß wir den Begriff »Inselbogen« in der vorliegenden Arbeit aus naheliegenden Gründen sehr eng fassen und nur dann verwenden, wenn tatsächlich Inseln vorhanden waren.

Außerdem ist noch darauf hinzuweisen, daß die in der Literatur über die Geologie Costa Ricas häufig verwendeten Begriffe »externer« und »interner« magmatischer Bogen (vgl. MORA 1981a) in gewisser Weise irreführend sind, da a) beide Komplexe nicht gleichzeitig nebeneinander, sondern nacheinander bestanden haben, wobei der ältere, basaltische Komplex teilweise unter dem Schutt des jüngeren, andesitischen Komplexes begraben wurde, und b) es möglich ist, daß die – im wesentlichen aus basaltischem Grundgebirge aufgebaute – Halbinsel Nicoya ursprünglich eine andere paläogeographische Position im Verhältnis zum »internen« andesitischen Inselbogen innehatte als heute (vgl. Kap. 3).

## 2. Der Basaltinsel-Archipel des Campans (Etappe 2)

### Insularschelfe mit Rudisten-Biostromen

Die ältesten neritischen Ablagerungen Costa Ricas finden sich hauptsächlich im Bereich der Halbinsel Sta. Elena (Profil<sup>1</sup>57,100/<sup>2</sup>20,700 auf Blatt 3048 I Murciélago; vgl. Abb. 1), an der Playa Panamá bei Coco sowie im Tal des Río Tempisque (Cerro Cebollín bei Bolsón – vgl. STIBANE et al. 1977).

Im Rahmen dieser Arbeit wollen wir in erster Linie das Profil<sup>1</sup>57,100/<sup>2</sup>20,700 auf der Halbinsel Sta. Elena vorstellen. Es handelt sich hier um den einzigen Aufschluß mit nichtumgelagerten Rudisten-Biozönosen auf der Halbinsel. Die vorwiegend roten Rudistenkalke wurden einige Jahre lang in einem kleinen Steinbruch abgebaut. Heute ist der Aufschluß schon fast zugewachsen und nur noch über einen längeren Fußmarsch zu erreichen.

Die Ablagerungen bestehen in der Hauptsache aus Rudisten-Biostromen und bioklastischen Kalken mit einem hohen Anteil an Basaltgeröllen; sie werden nach SCHMIDT-EFFING (1974) unter der Bezeichnung »Formation El Viejo« zusammengefaßt. In dem von uns aufgenommenen Profil auf der Halbinsel Sta. Elena (s. Abb. 2) ist klar zu erkennen, daß die Besiedlungsstrategie der Rudisten im wesentlichen auf der allmählichen Milieuverbesserung durch Auffüllung ungünstiger Kleinreliefs mit grobklastischem Biodetritus beruht (vgl. GILI 1984). Rudisten-»Dickichte« finden sich nirgends direkt auf dem Basalt, sondern erst über einer Unterlage aus grob- und mittelklastischen Sedimenten. Dünne, röhrenförmige Kolonien scheinen dabei eher im geschützten Faziesbereich (Mikrit) vorzukommen, währenddessen große, dickschalige Organismen die Nähe des



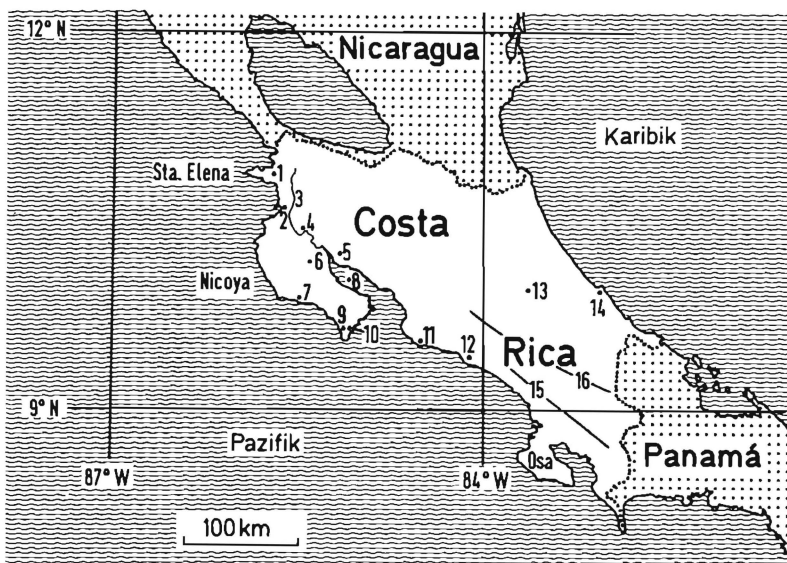


Abb. 1. Übersichtskarte mit den im Text genannten Orten.

Fig. 1. Outline map with localities mentioned in text. 1:  $157,100/20,700$ ; 2: Playa Panamá; 3: Río Tempisque; 4: Cerro Cebollín (NE' Bolsón); 5: Cerro Barbudal, Cerros Cerco de Piedra; 6: Barra Honda; 4 - 5 - 6: Bajo Tempisque; 7: Punta Indio (SW' Sámara); 8: Golfo de Nicoya; 9: Malpaís; 10: Montezuma; 11: Punta Judas; 12: Quepos (Punta Catedral, Punta Serrucho); 13: Las Animas (Turrialba); 14: Limón; 15: Fila Costeña; 16: Cordillera de Talamanca.

»Plattform«-Randes kolonisierten (vgl. GILI 1984). Auf die Nähe zum Außenrand deutet im Falle der dickschaligen Kolonien auch der zyklische Aufbau des Profils hin, der mit Sturmflutereignissen im Zusammenhang stehen könnte (Rudistenbiostrom – Großforaminiferenkalk mit *Pseudorbitoides israelkyi* – Aufarbeitungsbrekzie – s. Abb. 2 b). Besonders erwähnenswert scheint uns das Vorkommen von wohlgerundeten Basaltgeröllen und Basaltblöcken, was zum einen litorale Aufarbeitungsprozesse belegt und zum anderen auf das Vorhandensein eines basaltischen Untergrundes in unmittelbarer Nähe hinweist. Die massive Präsenz von Basaltgeröllen jeglicher Größenklasse scheint einen Transport von weither auszuschließen (vgl. dazu TOURNON & AZEMA 1980).

Eine weitere bemerkenswerte Erscheinung im genannten Profil ist eine mächtige submarine Geröllhalde, die sich direkt mit dem von dickschaligen Rudisten besiedelten »Plattform«-Außenrand verzahnt. Die Natur dieses Abhanges ist eindeutig tektonisch und belegt damit – zusammen mit dem völligen Fehlen von Tuffen und Laven – die nichtvulkanische Entstehung des Basaltinsel-Ar-

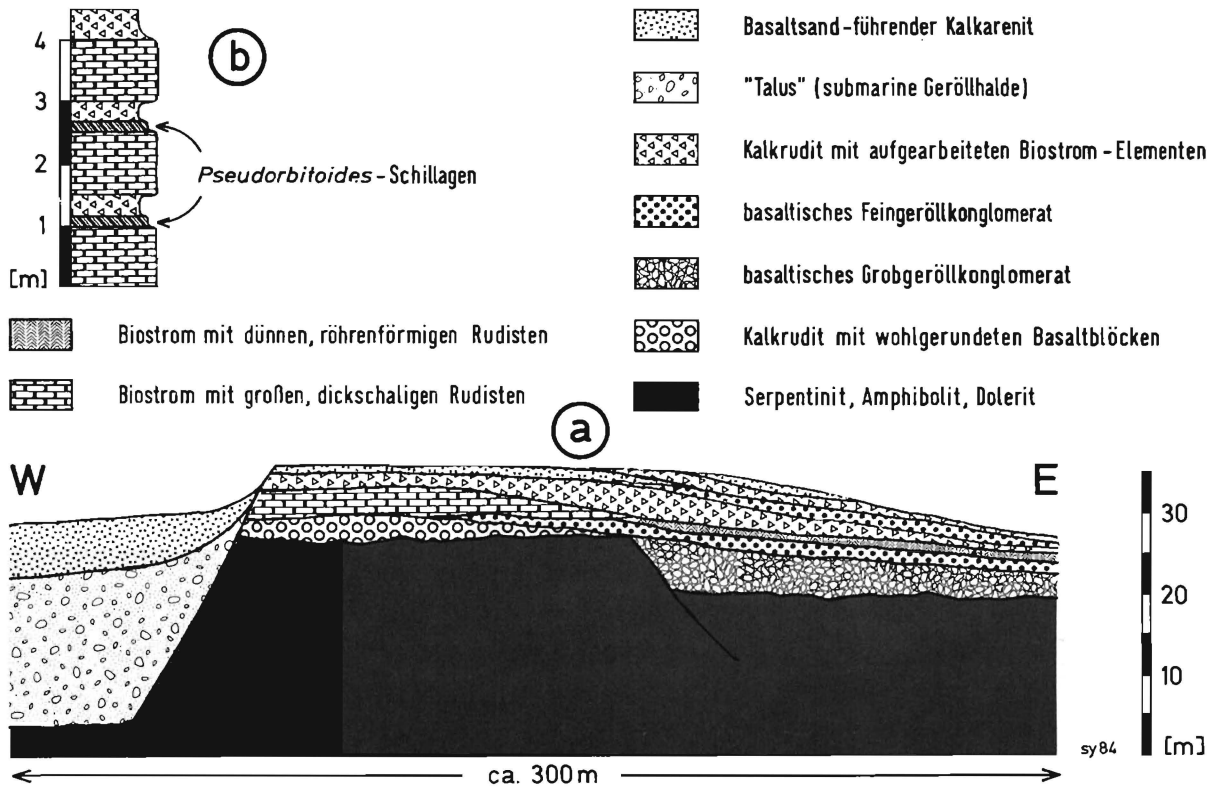


Abb. 2. Campanie Rudisten-Biostrome im Aufschluß '57,100/'20,700 auf der Halbinsel Sta. Elena. a) geologischer Profilschnitt; b) zyklische Abfolge im »Plattform«-Randbereich.

Fig. 2. Campanian Rudist biostromes at '57,100/'20,700 from the Sta. Elena peninsula. a) geological section; b) cyclic sequence at the »platform« margin.

chips (s. Abb. 2). Die Geröllhalde enthält große, vollständig erhaltene Rudisten und Nerineen sowie Rudisten-, Korallen- und Hydrozoenfragmente neben Bruchstücken bereits verfestigter Teile des Biostromes.

Ähnliche Beobachtungen konnten wir in den anderen oben genannten Aufschlüssen campaner Rudisten-Biostrome machen. Damit ergibt sich, daß der Ablagerungsraum der Gesteine der Formation El Viejo Insularschelf-Charakter gehabt haben muß. Das Alter der Sedimente kann mit *Pseudorbitoides israelskyi* eindeutig auf die Zone UC 11–12 (nach VAN GORSEL 1978: fig. 30), also oberstes Campan, eingeengt werden. Wir halten es für wahrscheinlich, daß die Entstehung dieses Basaltinsel-Archipels durch tektonische Heraushebung eines Streifens älterer ozeanischer Kruste verursacht wurde.






### Die Beschaffenheit der Abhänge des Basaltinsel-Archipels

Aufschlüsse, die die Verhältnisse an den Abhängen des Basaltinsel-Archipels am eindrucksvollsten zeigen, finden sich in der Umgebung des Cerro Barbudal (14,700/243,800 – Blatt 3146 I Abangares). Sie verdeutlichen, daß es neben den Inseln mit einem mehr oder weniger breiten Rudistenbiostrom-Insularschelf auch noch eine Reihe von Inseln gegeben haben muß, auf denen das Relief wohl zu steil war, als daß es die Ansiedlung größerer Biostrome erlaubt hätte. Dies schließen wir aus den großen Mengen sowohl angewitterten als auch frischen Basaltschutts, der sich vorwiegend in Form von submarinen Steinlawinen-Ablagerungen in einem Kegel extrem proximaler Sedimente anhäufte (s. Abb. 3). Der Schutt enthält durchweg geringe, aber gleichbleibende Mengen von Radiolarit- und Kieselkalkdetritus und wurde hauptsächlich aus südwestlicher Richtung geschüttet.


Das Spektrum der proximalen Sedimente reicht von submarinen Felssturz-Brekzien oder Steinlawinen über unorganisierte oder inversgradierte Brekzien bis zu matrixgestützten Debrisflow-Ablagerungen, Geröllpsammiten (»pebbly sandstones«) oder »granule flow«- bis »sandflow-Sedimenten. Die in Abb. 3 markierten Einheiten enthalten Ammoniten. Außerdem finden sich Inoceramen sowie zahlreiche umgelagerte neritische Fossilien: Rudisten, Seeigel, Austern, Korallen und Großforaminiferen, darunter wiederum *Pseudorbitoides israelskyi*. Einen Hinweis auf nahe Emersionsgebiete geben Holzreste und die bereits schon genannten Gerölle aus angewittertem Basalt. Einen Hinweis auf das Vorhandensein von Bruchschollentreppen (»gradins de faille«) erhält man aus der Tatsache, daß die proximalen Ablagerungen einmal direkt dem Basalt, an anderer Stelle (Hügel um 15, 150°43,800 am Cerro Barbudal) aber einer Schichtfolge Basalt – Tuffturbidit – Kieselkalk aufliegen (s. Abb. 3).

RIVIER (1983) bezeichnete die proximalen Sedimente der Region Barbudal als Formation Barbudal und stufte sie als kontinental ein. Unserer Meinung nach bezeugen sie indessen beträchtliche submarine Escarpments, wie sie nor-

## Abhangsedimente der Cerros Cerco de Piedra (Maastricht bis Eozän)

-  "inner fan"- bis "mid fan"- Ablagerungen mit Andesitgeröll-Vormacht
  -  Olistostrome mit großen Plattformkarbonat-Olistolithen aus der Barra Honda - Formation
  -  "lower inner fan"- bis "mid fan"- Ablagerungen mit Basaltgeröll-Vormacht
- ### "fault scarp"- Ablagerungen aus dem Korridor von Barbudal (Campan)
-  *Pseudorbitoides*- "grainflow"- Sedimente und Olistostrome mit neritischen Fossilien, Holzresten und Ammoniten
  -  brekziöse Konglomerate mit gradierter Schichtung oder planaren "foresets", "gravel flow"- oder "sand flow"- Ablagerungen, Geröllpsammite und "debris flow"- Sedimente sowie Blockbrekzien aus graugrünem Basaltschutt
  -  "debris flow"-Ablagerungen, konglomeratische Brekzien mit planaren "foresets" und invers- bis normalgradierte Brekzien sowie submarine Steinlawinen-Sedimente aus weinrotem, angewittertem Basaltschutt

## ältere ozeanische Gesteine vom Cerro Barbudal

-  Kieselkalke, grüne (seladonisierte) Glastuffe, basaltisches Grundgebirge

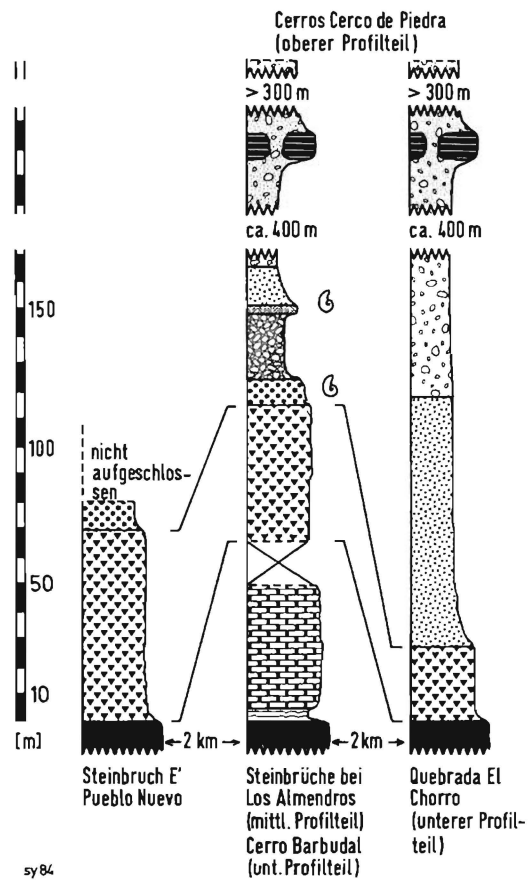


Abb. 3. Schematisierte Profile der Abhangsedimente der Region Barbudal (Campan bis Eozän). Bei den grünen Glastuffen im Profil «Cerro Barbudal» handelt es sich um Glastuff-Turbidites.

Fig. 3. Generalized serial section of Campanian to Eocene slope sediments from the Barbudal area. The green vitric tuffs in the «Cerro Barbudal» section are to be considered as tuff-turbidites.

sy 84

malerweise von dynamischen geotektonischen Suturen, etwa Seitenverschiebungen oder Deckenstirnen, bekannt sind (vgl. GAUPP 1982), wobei der Geländebefund in diesem Falle eher für Seitenverschiebung als für Deckenstirn spricht.

### 3. Der aktive andesitische Inselbogen (Etappe 3: Maastricht – Eozän)

#### Das Bajo Tempisque-Gebiet – eine Schlüsselregion für die paläogeographische Rekonstruktion

Der überwiegende Teil des campanan Basaltinsel-Archipels wurde gegen Ende des Campans rasch abgesenkt und von mächtigen hemipelagischen Ablagerungen überdeckt. In der Grobfraction dieser Sedimente tritt die Basaltvormacht rasch zugunsten einer Andesitvormacht zurück, währenddessen die Sandfraction parallel dazu ein allmähliches Ansteigen des Quarzgehaltes aufweist (s. Abb. 3). Das Liefergebiet dieser Komponenten muß der sich allmählich im Osten herausbildende aktive andesitische Inselbogen gewesen sein. Der Zeitpunkt, ab dem dieser als mehr oder weniger zusammenhängende Inselkette in Erscheinung trat, dürfte durch das erstmalige Auftreten litoral gerundeter Andesit-Gerölle in diesen Hemipelagiten markiert sein. Dieser Zeitpunkt fällt nach unseren bisherigen Erkenntnissen ins Oberpaleozän. Spätestens ab dieser Epoche muß an den Küsten dieses Inselbogens ein konstantes Überangebot an Abtragungsmaterial bestanden haben. In Extremfällen sind überkritische Anhäufungen küstenparallel vorsortierten Sandmaterials geschlossen abgerutscht und führten so zur Bildung von Megaturbiditen, wie man sie zum Beispiel von der Punta Indio bei Sámará kennt.

Im Gebiet des westlichen Bajo Tempisque kam es im Gefolge lokaler Hebungen zur Ausbildung eines begrenzten, maximal 500 km<sup>2</sup> großen Karbonatschelfes vom Bahama-Typ, auf dem sich die Kalke der Formation Barra Honda (s. MORA 1981 b) bildeten. Nach den von uns bisher vorgenommenen paläontologischen Auswertungen dürfte die Bildungszeit dieser Kalke größenordnungsmäßig ins Eozän fallen (vgl. Kap. 5).

Miozän, wie RIVIER (1983) vermutet, ist sicher auszuschließen, da Detritus jeglicher Größe (bis hin zu Gleitschollen) von den Rändern dieser Karbonatplattform in die Abhangsedimente der Cerros Cerco de Piedra bei Barbudal gelangte (s. Abb. 3). Diese Abhangsedimente reichen jedoch nach den bisher vorliegenden Daten nicht bis ins Oligozän. Außerdem enthalten die Ostrakoden-Assoziationen aus dieser Formation keine noch lebenden Gattungen; auch dieses Argument spricht für ein zumindest paläogenes Alter.

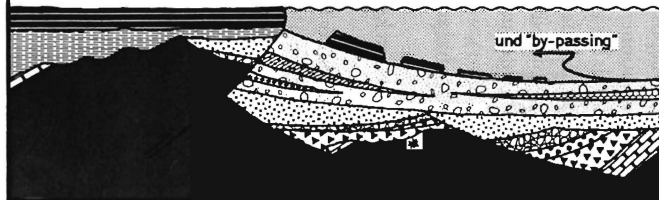
Auf der Grundlage dieser Beobachtungen haben wir ein Schema der strukturellen Entwicklung des Bajo-Tempisque-Gebietes entworfen, dessen Einzelheiten in Abb. 4 erläutert sind. Dabei ist besonders auf die postulierte Seitenver-

Region Barra Honda

Region Barbudal

Region Talamanca s.l.?

### Paleozän - Eozän – lokale Heraushebung

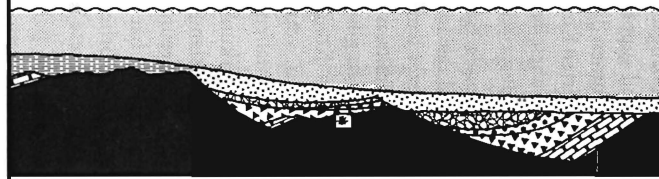


mögliche Position einer  
späteren  
Seitenverschiebung

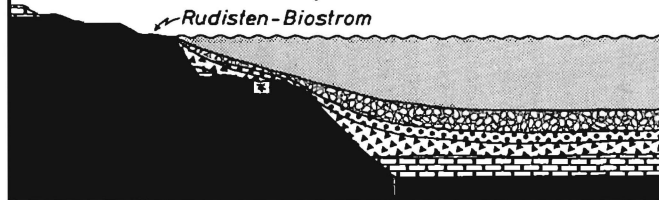
### und Bildung des andesitischen Inselbogens









### Maastricht – anhaltende regionale Absenkung



### oberstes Campan – Absenkung des Basaltinsel - Archipels



Legende wie Abb.3;  
weitere Signaturen:

-  Andesitschutt - Blockbrekzien
-  Basaltschutt - Blockbrekzien
-  resedimentierte Resedimente
-  rötliche Sandmergel ("couches rouges")
-  vulkanische Apparate
-  versunkene Verwitterungsflächen

sy84

Abb. 4. Strukturelle Entwicklung des Bajo Tempisque-Gebietes vom späten Campan bis zum Eozän.

Fig. 4. Campanian to Eocene structural evolution of the Bajo Tempisque area. Late Campanian: basaltic archipelagos subsiding; Maastrichtian: further regional subsidence; Paleocene - Eocene: local compressive uplift and andesitic island arc formation.

schiebungszone im Osten dieses Gebietes hinzuweisen: In der heutigen geographischen Konfiguration finden sich im Osten des Bajo-Tempisque-Gebietes nirgendwo Gesteine, die älter als Mittel- bis Obermiozän sind. Als möglicher Entstehungsraum des andesitischen Inselbogens der Etappe 3 käme aufgrund der gesamten geologischen Situation etwa das Gebiet der Cordillera de Talamanca mit samt ihren nördlichen Ausläufern in Frage. Dies ist in Abb. 4 entsprechend angedeutet. Wir werden auf dieses Problem im nächsten Kapitel nochmals zurückkommen.

### Das Problem Quepos

Der extrem instabile Rand der Barra-Honda-Karbonatplattform lieferte Gerölle, Blöcke und Gleitschollen in fast alle zeitgleichen Abhangesedimente des Deckgebirges der Nicoya-Basalte. Darüber hinaus finden sich diese Komponenten jedoch auch in proximalen Abhangesedimenten des Raumes Quepos, die im wesentlichen aus »inner fan«- und »upper mid fan«-Faziesassoziationen bestehen (s. Abb. 5). Das Hauptvorkommen dieser Kalktrümmer liegt dabei in »debrisflow«-Sedimenten, unorganisierten Konglomeraten und Blockbrekzien – Ablagerungen also, die mit großer Wahrscheinlichkeit noch im Canyon selbst oder in den primären Verteilungskanälen zum Absatz gelangten. Beachtet man nun

- a) die heutige Lage der Barra-Honda-Karbonatplattform (s. Abb. 1),
- b) die Tatsache, daß der Großteil der in Abb. 5 dargestellten grobklastischen Sedimente aus Westen geschüttet wurde, sowie
- c) die Tatsache, daß es heute im Umkreis von mehr als 100 Kilometern kein Liefergebiet für diese Komponenten gibt, und
- d) den Umstand, daß die basalen Konglomerate zahlreiche Gabbro-Gerölle enthalten (freundl. mündl. Mitt. von Dipl.-Geol. J. WINSEMANN), für die ebenfalls eine Zufuhr aus einer nahen Quelle auszuschließen ist,

so erhebt sich die Frage nach der Herkunft dieser Komponenten. Paläomagnetische Daten liegen aus Costa Rica bislang nur in ganz geringem Umfang vor (s. WEYL 1980: 279 ff.). GOSE (1984 und freundl. mündl. Mitt. auf dem 9. Lateinamerika-Kolloquium in Marburg 1984) hat jedoch darauf hingewiesen, daß die Halbinsel Nicoya nach den bisher vorliegenden Ergebnissen nach dem Eozän eine nord- bis nordwestwärts gerichtete Drift durchlaufen haben muß.

Solange noch keine verlässlichen paläomagnetischen Vergleichsdaten aus dem festländischen Costa Rica vorliegen, wäre es verfrüht, das Vorkommen der exotischen Gerölle von Quepos durch eine ursprünglich südöstlichere Position der Halbinsel Nicoya in bezug auf den Quepos-Komplex zu erklären. Außerdem ist es praktisch unmöglich, Seitenverschiebungen, insbesondere die Nord-Süd gerichteten, mit paläomagnetischen Methoden zu erfassen, wenn keine Rotationen damit verbunden sind. Immerhin aber würde ein geologischer Schnitt: Halbinsel Nicoya + Bajo-Tempisque-Gebiet – Quepos – Fila Costeña – Cordil-

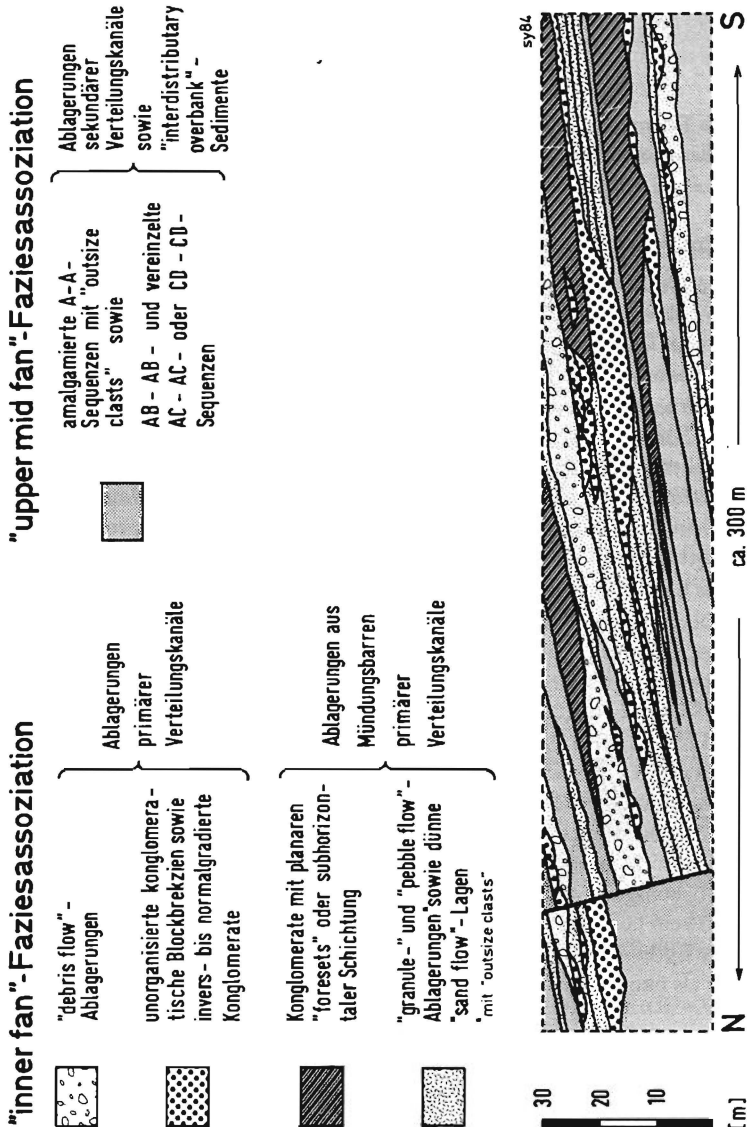


Abb. 5. Geologischer Profilschnitt durch mitteleozäne (cf. AZEMA et al. 1978) Abhangsediimente des westlichen Kliffs der Punta Catedral (Region Quepos). Die Ablagerungen der »inner fan«-Faziesassoziation enthalten Gerölle und Blöcke aus der Barra Honda - Formation (vgl. Text).

Fig. 5. Geological section of Middle Eocene (cf. AZEMA et al. 1978) slope sediments from the westerly cliff of Punta Catedral (Quepos area). Inner fan facies associations comprise primary distributary channel deposits as well as primary distributary channel mouth bar sediments; they contain abundant cobble and boulders deriving from the Barra Honda formation (see text). Upper mid fan facies associations are mainly composed of secondary distributary channel deposits and interdistributary overbank sediments.



lera de Talamanca eine wesentlich sinnvollere Ausdeutung der bislang bekannten paläogeographischen Daten erlauben als die heutige geographische Konfiguration (vgl. Abb. 4).

### Das Problem der Großforaminiferen-Kalke

Die Großforaminiferen-Kalke des südlichen Mittelamerika sind ebenfalls ein charakteristisches Gestein der 3. tektonosedimentären Bildungsetappe. Bezeichnend ist allerdings die Tatsache, daß sie meistens nur lokal auftreten und ihre biostratigraphische Reichweite sehr begrenzt ist. Dies liegt nur zum Teil an Umlagerungsvorgängen (wie zum Beispiel in den Großforaminiferen-Turbiditen der Punta Serrucho bei Quepos), da die Mehrzahl der Vorkommen aufgrund textueller Kriterien (Lithothamnien-Großforaminiferen-Boundstones) als parautochthon bis autochthon einzustufen ist. Aus dem Profil Las Animas bei Turrialba sind sogar Characeen-Thalli bekannt, die auf die Nähe von Süßwasser hindeuten.

Das beschränkte stratigraphische Auftreten (Obercampan, Mittel-/Oberozän, Oberoligozän) und die begrenzte geographische Verbreitung gründen sich unserer Auffassung nach auf das nur relativ »kurzzeitige« Auftauchen geeigneter Biotope im Neritikum des Basaltinsel-Archipels oder des andesitischen Inselbogens. So gesehen könnten die Großforaminiferen-Kalke gewissermaßen als ökotektonische Anzeiger für die Höhepunkte morphotektonischer Entwicklungsetappen gebraucht werden (s. Abb. 6). Ihr endgültiges Verschwinden gegen Ende des Oligozäns hat indessen wahrscheinlich weniger abiotische als vielmehr ökologische Ursachen: Zu Beginn des Miozäns wurde die Großforaminiferen-Lithothamnien-Lebensgemeinschaft durch die wesentlich potentere *Thalassia*-Lebensgemeinschaft verdrängt (vgl. BRASIER 1975). *Thalassia* besitzt indessen kein Fossilisationspotential und ist nur indirekt durch einige charakteristische Epibionten nachzuweisen. Aus diesem Grund ist diese Lebensgemeinschaft als ökotektonischer Indikator nur bedingt zu gebrauchen.

### 4. Ausblick auf die weitere Entwicklung (Etappen 4 und 5: Oligozän – Pleistozän)

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen nur einige der wesentlichsten Aspekte der weiteren Entwicklung der südlichen mittelamerikanischen Landbrücke aufgezeigt werden; für Einzelheiten verweisen wir auf SPRECHMANN (1984), SEYFRIED & AGUILAR (1984), BAUMGARTNER et al. (1984) und FISCHER (1981).

Eine generelle Anhebung des Nicoya-Basements wird durch »shoaling upward«-Schichtfolgen vom Typ Malpais (Süd-Nicoya) angezeigt: Eozäne und oligozäne Großforaminiferen-Kalke in Konturit- bzw. Außenschelf-Environments, oligozäne (?) schluffige Ablagerungen mit Prodelta-Merkmalen, miozäne

molluskenreiche Flachwasser-Siliziklastika. Nonkonform auf mehr oder weniger tiefgründig erodiertem basaltischem Grundgebirge bzw. diskordant auf dessen Deckgebirge liegt die plio-pleistozäne Formation Montezuma mit ausgeprägten Kliff-gebundenen Sedimentationsmerkmalen.

Kontinentale Ablagerungen mit Mastodontenresten schließen die regressive Schichtfolge ab. Erwähnenswert scheint uns in diesem Zusammenhang, daß die (zum Teil intramontanen) Tafeltäler des Bajo Tempisque-Gebietes unseres Erachtens keine Alluvialflächen sind, sondern einen erst in jüngster Zeit aufgetauchten teils lakustrischen, teils brackischen Sedimentationsspiegel darstellen.

Im Valle Central, das heißt also im Umfeld des ehemaligen andesitischen Inselbogens, sind die – im wesentlichen miozänen – Flachwasserformationen San Miguel und Turrucuaes/Coris zu erwähnen, die sich seitlich mit der vulkanoklastischen Formation Pacagua verzahnen (s. RIVIER 1979). Auf der karibischen Seite des Isthmus ist eine Abfolge zu beobachten, die einen in etwa spiegelbildlichen Aufbau zur regressiven Sequenz der Pazifikseite zeigt; sie wird von den Molassesedimenten der Formation Suretka abgeschlossen.

### 5. Vergleich mit wirbeltierpaläontologischen und tektonischen Studien

STREBIN (1982) hat durch Gefügeanalysen auf der Halbinsel Nicoya vier Deformationsphasen (D1–4) nachgewiesen, die auf Abb. 6 dargestellt sind. Nach M. GURSKY (1984) handelt es sich dabei durchweg um verhältnismäßig geringfügige Deformationserscheinungen. Selbst in den ältesten pelagischen Sedimenten können nur »Verfaltungen eines relativ flachen Strukturniveaus mit relativ geringen Einengungsbeträgen« nachgewiesen werden (M. GURSKY 1984: 81). WILDBERG (1983) hat die D2-Deformation in Zusammenhang mit kompressiven Bewegungen während der beginnenden Subduktion gebracht. Weitere Zuordnungen scheinen den oben genannten Autoren zufolge im Moment noch nicht möglich zu sein.

Wie wir schon in Kap. 3 ausführten, können in einer geotektonischen Situation, wie sie im südlichen Mittelamerika bis zum Beginn des Miozäns bestand (Fehlen eines Kontinentalschelfes), auch Großforaminiferen-Kalkalgen-Thanaozöosen zur Korrelation tektonischer Ereignisse herangezogen werden: Geeignete neritische Lebensräume traten nur während der Kulminationsphasen morphotektonischer Entwicklungsetappen auf. Abb. 6 zeigt die weitgehende Übereinstimmung der »ökotektonischen« mit der gefügeanalytischen Korrelationsmethode (vgl. dazu auch BAUMGARTNER et al. 1984: fig. 7).

Außerdem könnten auch noch schwebende stratigraphische Fragen einer Lösung nähergebracht werden: So sind wir zum Beispiel der Meinung, daß »ÖD3« (s. Abb. 6) das Alter der Barra-Honda-Plattformkarbonate anzeigen müßte. Eine paläontologische Bestätigung dieser Hypothese (Datierung mit Hilfe von Korallen und Dasycladaceen) scheint sich abzuzeichnen.

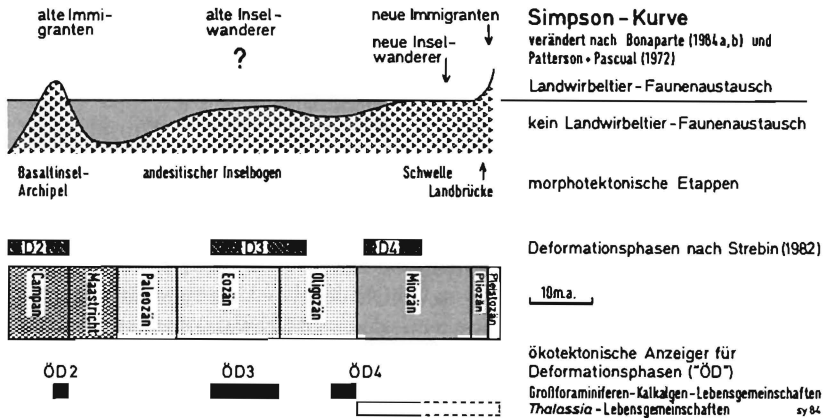


Abb. 6. Korrelation paläovertebratologischer, sedimentologischer, gefügeanalytischer und paläoökologischer Daten zur Entwicklung der südlichen mittelamerikanischen Landbrücke.

Fig. 6. Correlation of paleovertebratological, sedimentological, structural, and paleoecological data on the evolution of the south Central American isthmus. The modified »Simpson-curve« shows periods of exchange of terrestrial vertebrates between North and South America. Considering the special geotectonic circumstances during the rise of the land-bridge (lack of continental shelves etc.) boundstones of larger foraminifera and calcareous algae are supposed to indicate the crucial episodes of the morphotectonic stages.

Vom wirbeltierpaläontologischen Standpunkt aus hat SIMPSON (1950) trotz des zur damaligen Zeit noch relativ bescheidenen biostratigraphischen Standards mit überraschender Präzision die Zeitspannen landfester bzw. inselkettenhafter Verbindungen zwischen Nord- und Südamerika abgeleitet (s. Abb. 6). Eine erste Invasion von »alten Immigranten« datiert er in die oberste Kreide und ins unterste Paleozän, eine zweite Invasion durch »alte Inselwanderer« folge vom späten Eozän bis zum Oligozän, eine dritte Invasion durch »neue Inselwanderer« fände ab dem späten Miozän statt, und schließlich folge die Invasion der »neuen Immigranten« ab dem Pliozän.

Der Umfang der ersten Immigrationswelle nach Südamerika in der Oberkreide ist BONAPARTE (1984 b) zufolge durchaus mit dem der letzten Einwanderungswelle im Pleistozän zu vergleichen: Nach seinen Angaben fand der Faunenaustausch des späten Campans über einen Zeitraum von 4 bis 6 Millionen Jahren hinweg statt. Dabei migrierten Hadrosaurier, Condylarthra, pelomedu-side Schildkröten, Titanosaurier, Enanthiornithen und Booiden.

Diese Erkenntnisse können von uns in der Weise ergänzt werden, als eine erste Landwerdung im südlichen Mittelamerika in Form eines Basaltinsel-Archi-

pels erfolgte, dessen Lebensdauer exakt auf die Zone UC 11–12 (vgl. Kap. 2) eingengt werden kann. Dies steht wiederum mit weiteren Angaben BONAPARTE's in Einklang, denen zufolge während des Campans in Südamerika kontinentale Verhältnisse vorherrschten, währenddessen im Maastricht ausgedehnte Seengebiete als zusätzliche paläogeographische Barriere dienten (BONAPARTE 1984 b: fig. 1A und 1B).

Ein möglicher Faunenaustausch durch »alte Inselwanderer« während des späten Eozäns/Oligozäns (SIMPSON 1950) wird von BONAPARTE (1984 b) in Frage gestellt, da in dieser Zeit offensichtlich keine Vorfahren der Neuweltaffen (Ceboidea) sowie Caviomorpha nach Nordamerika migrierten. Dies würde bedeuten, daß der andesitische Inselbogen keine durchgängige Verbindung zwischen den beiden Kontinenten herstellte (s. Abb. 6).

Ein kontinuierlicher Faunenaustausch zwischen Nord- und Südamerika hat mit Sicherheit ab dem Pliozän stattgefunden (s. Abb. 6). Erst ab diesem Zeitabschnitt finden sich auch ausgedehnte kontinentale Ablagerungen auf der südlichen mittelamerikanischen Landbrücke (vgl. RIVIER & SEYFRIED 1985). Die endgültige Heraushebung des Isthmus geschah schließlich im Pleistozän und ist durch Vergletscherungserscheinungen auf der Cordillera de Talamanca belegt (WEYL 1980).

## 6. Danksagung

Wir danken der Vicerrectoría de Investigación der Universidad de Costa Rica für die Finanzierung der Geländearbeiten (Projekt 113-84-31). Den Herren PROF. DR. REINHARD SCHMIDT-EFFING (Marburg) und PROF. DR. RUDOLF FISCHER (Hannover) danken wir für gemeinsame Geländebegehungen, bei denen wir zahlreiche wertvolle Ratschläge erhielten. Herr DR. SIEGFRIED KUSSMAUL (San José) und Herr DR. GERHARD FRANZ (Berlin) besorgten uns freundlicherweise die petrographische Bearbeitung der Dünnschliffe aus den vulkanischen Gesteinen. Herr DR. REINHARD GAUPP (Hannover) beriet uns bei der genetischen Interpretation der proximalen Ablagerungen von Barbudal. Schließlich ist es uns noch eine angenehme Pflicht, die engagierte Mitarbeit der Studenten des Sedimentologie-Kurses 1983 der Escuela Centroamericana de Geología zu erwähnen, die während einer Geländeübung auf der Halbinsel Sta. Elena unter schwierigen Bedingungen mithalfen, die Lagerungsverhältnisse des auf Abb. 2 dargestellten Aufschlusses zu klären.

## 7. Literatur

- AZEMA, J.; GLAÇON, G.; TOURNON, J. & VILA, J.-M. (1978): Precisiones acerca del Paleoceno de Puerto Quepos y sus alrededores, Provincia de Puntarenas, Costa Rica. – Inst. Geogr. Nac., Inf. semest., 1978 (2): 77–88; San José.
- BAUMGARTNER, P. O.; MORA, C. R.; BUTTERLIN, J.; SIGAL, J.; GLAÇON, G.; AZEMA, J. & BOURGOIS, J. (1984): Sedimentación y paleogeografía del Cretácico y Cenozoico del litoral pacífico de Costa Rica. – Rev. Geol. Amer. Central, 1: 57–136; San José.
- BONAPARTE, J. F. (1984a): Nuevas pruebas de la conexión física entre Sudamérica y Norteamérica en el Cretácico Tardío (Campaniano). – Actas III. Congr. Argent. Paleont. Bioestrat.: 141–149; Corrientes.

- BONAPARTE, J. F. (1984 b): El intercambio faunístico de vertebrados continentales entre América del Sur y del Norte a fines del Cretácico. – Mem. III. Congr. Latinoamer. Paleont.: 438–450; Oaxtepec.
- BRASIER, M. D. (1975): An outline history of seagrass communities. – *Paleontology*, 18 (4): 681–702; London.
- FISCHER, R. (1981): Die Herausformung des mittelamerikanischen Isthmus im Miozän Costa Ricas. – *Zbl. Geol. Paläont./I*, 1981 (3/4): 210–221; Stuttgart.
- GAUPP, R. (1982): Sedimentationsgeschichte und Paläotektonik der kalkalpinen Mittelkreide (Allgäu, Tirol, Vorarlberg). – *Zitteliana*, 8: 33–75; München.
- GILI, E. (1984): Ramp to Rudist-shelf evolution (Upper Cretaceous, South-Central Pyrenees). – Abstr. 5th Europ. Regional Mtg. Int. Ass. Sediment.: 195–196; Marseille.
- GOSE, W. A. (1984): Paleomagnetic results from the Caribbean and their tectonic significance. – Tagungsh. 9. Geowiss. Lateinamer.-Koll.: S. 74; Marburg.
- GURSKY, H.-J. (1984): Die Sedimentgesteine im ophiolithischen Nicoya-Komplex (Oberjura bis Alt-Tertiär von Costa Rica): ihre Verbreitung, Fazies und geologische Geschichte mit besonderer Berücksichtigung der Radiolarite. – Diss. Univ. Marburg: 394 S.; Marburg.
- GURSKY, M. (1984): Die Bedeutung hydrothormaler und metamorpher Prozesse im Ophiolith-Komplex Costa Ricas und seinem Auflager. – Tagungsh. 9. Geowiss. Lateinamer.-Koll.: 80–81; Marburg.
- MORA, S. (1981 a): Clasificación morfotectónica de Costa Rica. – *Inst. Geogr. Nac. Inf. semest.*, 1981 (2): 35–55; San José.
- (1981 b): Barra Honda. – *Edit. Univ. estat. dist., Ser. Educ. Ambiental*, 5: 94 S.; San José.
- PATTERSON, B. & PASCUAL, R. (1972): The Fossil Mammal Fauna of South America. – [In:] KEAST, A.; ERK, F. C. & GLASS, B. (Eds.): *Evolution, Mammals, and Southern Continents*: 247–309; Albany (State Univ. of New York Press).
- RIVIER, F. (1979): Geología del área norte de los Cerros de Escazú, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. – *Inst. Geogr. Nac. Inf. semest.*, 1979 (1): 99–137; San José.
- (1983): Síntesis geológica y mapa geológico del área del Bajo Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. – *Inst. Geogr. Nac. Inf. semest.*, 1983 (1): 7–30; San José.
- RIVIER, F. & SEYFRIED, H. (1985): Genèse des bassins molassiques de part et d'autre de la Cordillera de Talamanca (Costa Rica, Amérique Centrale). – *Abstr. Symp. Foreland Basins*: 110; Fribourg.
- SCHMIDT-EFFING, R. (1974): El primer hallazgo de ammonites en América Central y notas sobre las facies Cretácicas en dicha región. – *Inst. Geogr. Nac. Inf. semest.*, 1975 (2): 53–61; San José.
- (1979): Alter und Genese des Nicoya-Komplexes, einer ozeanischen Paläokruste (Oberjura bis Eozän) im südlichen Zentralamerika. – *Geol. Rdsch.*, 68 (2): 457–494; Stuttgart.
- SEYFRIED, H. & AGUILAR, T. (1984): Sedimentologie und Paläoökologie jungtertiärer Sandwatt-Ablagerungen Costa Ricas. – Tagungsh. 9. Geowiss. Lateinamer.-Koll.: 156–159; Marburg.
- SIMPSON, G. G. (1950): History of the fauna of Latin America. – *Amer. Scient.*, 38: 361–389. [Span. Übersetzung in: SIMPSON, G. G. (1964): *Evolución y geografía*: 57–84; Buenos Aires (Eudeba).]

- SPRECHMANN, P. (1982): Estratigrafía de Costa Rica (América Central), I: Unidades estratigráficas sedimentarias. – Actas V. Congr. Latinoamer. Geol., 1: 55–71; Buenos Aires.
- (ed) (1984): Manual de Geología de Costa Rica, 1: Estratigrafía, 320 S.; San José (Edit. Univ. Costa Rica).
- STIBANE, F. R.; SCHMIDT-EFFING, R. & MADRIGAL, R. (1977): Zur stratigraphisch-tektonischen Entwicklung der Halbinsel Nicoya (Costa Rica) in der Zeit von Oberkreide bis Untertertiär. – Gießener Geol. Schr., 12: 315–358; Gießen.
- STREBIN, M. (1982): Zur Deformationsgeschichte des Ophiolith-Komplexes der Halbinsel Nicoya (Costa Rica) und seines sedimentären Auflagers. – Tagungsh. 8. Geowiss. Lateinamer.-Koll.: 94; Göttingen.
- TOURNON, J. & AZEMA, J. (1980): Sobre la estructura y la petrología del macizo ultrabásico de Santa Elena (Provincia de Guanacaste, Costa Rica). – Inst. Geogr. Nac. Inf. semest., 1980 (1): 17–54; San José.
- VAN GORSEL, J. T. (1978): Late Cretaceous Orbitoidal Foraminifera. – [In:] HEDLEY, R. H. & ADAMS, C. G. (eds.): Foraminifera, 3: 1–120; London (Academic Press).
- WEYL, R. (1980): Geology of Central America. – Beitr. Region. Geol. Erde, 15: 371 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- WILDBERG, H. (1983): Die Magmatite des Nicoya-Komplexes, Costa Rica, Zentralamerika. – Diss. Univ. Marburg: 165 S.; Marburg.

Eingang des Manuskriptes bei der Schriftleitung in Münster am 3. April 1985.

Anschrift der Verfasser:

Dr. HARTMUT SEYFRIED und Dr. PETER SPRECHMANN, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria – Apartado 35, Costa Rica, Mittelamerika.