

Diss. ETH Nr. 8056

**DIE SALINITÄTSKRISE IM MESSINIAN (SPÄTES MIOZÄN) DER BECKEN VON
FORTUNA UND SORBAS (SÜDOST-SPANIEN)**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN

der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Daniel Wilhelm Müller
dipl.Geol. Universität Zürich

geboren am 7. August 1957
von Oberuzwil SG

Angenommen auf Antrag von:
Prof.K.J.Hsü, Referent
Dr.J.A.McKenzie, Korreferent

1986

ZUSAMMENFASSUNG

Die Salinitätskrise im Messinian verursachte die Ablagerung von mächtigen Evaporithorizonten in einem "tiefen, ausgetrockneten Mittelmeer" (Hsü et al., 1973). Dieses Modell setzt folgende Bedingungen voraus: 1) Die Evaporite wurden während eines kontinuierlich marinen Zuflusses aus dem Atlantik ausgefällt und 2) Mehrere, zeitlich begrenzte Unterbrüche im marinen Zustrom führten zu drastischen Änderungen in der Sedimentation und der Fauna im Mittelmeer und in den Meeresstrassen, die das Mittelmeer mit dem Atlantik verbanden.

Um eine detaillierte Korrelation zwischen den magnetostratigraphisch gut datierten paläozeanographischen Ereignissen im Atlantik und den nur relativ datierbaren lithologischen Veränderungen im Mittelmeer während des Messinians zu erhalten, wurden die sedimentologischen und paläozeanographischen Veränderungen in einer dieser Meeresverbindungen, der Betischen Strasse, studiert. In dieser wurden die nahe zum Mittelmeer am östlichen Ende gelegenen Becken von Fortuna und Sorbas ausgewählt. In diesen ist das Messinian lithologisch am vollständigsten erhalten.

Sedimentologische Ergebnisse zusammen mit geochemischen Untersuchungen ergaben Informationen über Änderungen der Wassermassen, deren Zirkulationen und des Wasserspiegels während dem späten Tortonian und des Messinians.

Für eine bessere Korrelation und eine genauere Abgrenzung wurde im Becken von Fortuna die Fortuna-Gruppe, bestehend aus den Los Baños-, Chicamo- und Rambla Salada-Formationen, neu definiert.

In den tortonischen Mamoya-Mergeln und in den messinianischen Sanel-Mergeln, die beide die Los Baños-Formation des Fortuna-Beckens bilden, konnte ein unterer mariner Abschnitt von einem unterschiedlich salinen bis brackischen oberen Abschnitt unterschieden werden. Ein starker Wasser Spiegelabfall im oberen Teil der Mamoya-Mergel (~5.9 mj) verursachte das Progradieren der Deltas, Korallenriffe wuchsen auf topographisch bis zu 200 Meter tieferen Niveaus, bis sie von brackischen Sedimenten bedeckt oder durch Erosion zerstört wurden. Die Isotopendaten aus den Korallenkalken zeigen eine Änderung in der Diagenese, welche mit der zunehmenden Beeinflussung von meteorischen Wässern erklärt wird. Die beiden marin/brackischen Abschnitte werden von Konglomeraten mit Gips- und Halitbildung (Fenazar-Schicht), beziehungsweise von Mergel/Dolomit/Gips-Zyklen (Tale-Gipse) überlagert, die ihrerseits von einem Erosionshorizont gegen das Hangende begrenzt werden.

Nach der intra-Messinian Erosion (5.37 mj) stellten sich mit der intra-Messinian Überflutung wieder normalmarine Bedingungen zwischen 5.35 und 5.25 mj ein, was durch die erstmals bestimmten atlantischen Diatomeenassoziationen in der Chicamo-Formation belegt werden konnte. Diese marinen Einflüsse dauerten bis ins späte Messinian, was durch die der Überflutung folgenden sieben marin/terrestrischen Zyklen im unteren Abschnitt der Rambla Salada-Formation nachgewiesen werden konnte. Die Zyklen bestehen jeweils aus sandigen Mergeln in der Beckenmitte und Korallenriffen am Rand. Beides wird von kontinentalen, rötlich gefärbten, Konglomeraten überdeckt.

Eine ähnliche Zyklizität von marinen Einflüssen ist im Becken von Sorbas, südlich von Fortuna, erhalten. Die Ereignisse in den Becken von Fortuna und Sorbas können mit den schon bekannten Ereignissen aus dem Mittelmeer korreliert werden. Mit Hilfe der Ereignisstratigraphie wird für die

messinianische "Salinitätskrise" folgender Ablauf vorgeschlagen:

Die Tripoli-Formation (5.93-5.7 mj) (obere Mamoya-Mergel/obere Chozas-Fm), die unteren Evaporite (5.7-5.5 mj) (Sanel-Mergel/Abad-Mb) und die oberen Evaporite (5.25-5.15 mj) (marine Rambla Salada-Fm/Yesares-Mb) wurden während marinen Einflüssen aus dem Atlantik ins Mittelmeer abgelagert. In dieser Zeit floss das Wasser in der Betischen Meeresstrasse nur Richtung Mittelmeer, da dessen Meeresspiegel mehrere hundert Meter unter demjenigen des Atlantiks lag. Einzig während der intra-Messinian Überflutung (5.35-5.25 mj), die das Mittelmeer nach der intra-Messinian Erosion (5.37 mj) wieder füllte, gab es für kurze Zeit eine normale Zirkulation mit einem mediterranen Ausfluss in den Atlantik. Diese Überflutung wird durch die Diatomeen der Chicamo-Formation und des Mittelmeers (Site 124), wie auch durch die Anwesenheit von einem Korallenriff auf Zypern, belegt.

Die drei durch intensive Erosion nachgewiesenen Abschlüsse des Mittelmeers vom Atlantik am Ende der Mamoya-Mergel/Chozas-Fm (Fenazar-Schicht/Azagador-Mb, ≈5.7 mj), der Tale-Gipse (5.37 mj) und im oberen Abschnitt der Rambla Salada-Fm/Sorbas-Mb (5.1 mj) wurden von Meeresspiegeltiefständen im Atlantik verursacht. Diese wiederum sind Ausdruck von maximalen Glazialzeiten, welche sich in positiven $\delta^{18}\text{O}$ -Exkursionen in planktonischen und benthonischen Foraminiferen aus dem Atlantik und Pazifik niederschlugen. Durch Vergleiche dieser Maxima mit der Magnetostratigraphie der Tiefseebohrkerne ausserhalb des Mittelmeers und Korrelation dieser Punkte zur Ereignisstratigraphie im Mittelmeer und in der Betischen Strasse können den einzelnen Phasen des Messinians die im Text angeführten absoluten Alter zugeordnet werden.

Das Auffüllen des Mittelmeers im Pliozän geschah infolge des tektonischen Aufbrechens der Strasse von Gibraltar. Der tiefe Einschnitt erlaubte dem mediterranen salinen Tiefenwasser wieder den Ausfluss in den Atlantik, wo die Formation von nordatlantischem Tiefenwasser den Eisabbau in der Antarktis einleitete. Diese Phase ist durch starke $\delta^{18}\text{O}$ -Schwankungen im Atlantik und im Mittelmeer gekennzeichnet.

ABSTRACT

The Messinian Salinity Crisis caused the formation of evaporites in a deep desiccated basin according to the model proposed by Hsü et al.(1973). This model implies:

- 1) the evaporites were deposited during periods of steady influx of marine Atlantic waters and
- 2) several isolations of the Mediterranean from the Atlantic during the late Miocene led to drastic changes in the sediments and the fauna of the Mediterranean and the connecting seaways.

To prove this model, the sedimentological and paleoceanographic record in two basins situated in one of these former seaways, the Betic Straits, was studied. The Fortuna and Sorbas basins are located on the eastern end of the seaway, close to the Mediterranean Sea.

Sedimentological data, combined with isotope geochemistry, gave information on changes in watermasses, in the circulation pattern and in water levels during the Late Tortonian and the Messinian in this two basins.

In the Tortonian Mamoya-marls and early Messinian Sanel-marls, which together constitute the Los Baños-Formation (830 m) of the Fortuna basin, a lower marine sequence could be distinguished from upper brackish deposits. A fall in sea level caused progradation of deltas; reefs continued to grow on geographically lower levels until they were covered by brackish sediments or until erosion started to destroy them. The isotope data suggests a change in reef diagenesis due to the increasing influence of meteoric water. The overlying brackish shallow-water units contain gypsum and halite deposits. Normal marine conditions were again established between 5.35 and 5.25 my, as shown by Atlantic diatom assemblages in the Chicamo-Formation. Marine conditions lasted into the Late Messinian, documented by seven marine-terrestrial cycles in the Rambla Salada-Formation. The cycles consist of sandy marls in the basin and reefs along the margins both covered by conglomeratic red beds.

An analogous sequence of repeated marine incursions is preserved in the Sorbas basin to the south of Fortuna.

The events, recorded in the formations of Fortuna- and Sorbas basins can be correlated with the events known from the Mediterranean Sea. Based on eventstratigraphy, the following scenario for the Messinian "Salinity Crisis" is proposed:

The Tripoli-Formation (5.93-5.7 my) (top Mamoya-marls, top Chozas-Fm), the Lower Evaporites (5.7-5.5 my) (Sanel-marls, Abad-Mb) and the Upper Evaporites (5.25-5.15 my)(marine Rambla Salada-Fm, Yesares-Mb) were deposited during the influx of Atlantic water into the Mediterranean. During this time a unidirectional flow from the Atlantic through the Betic Straits dominated. Only during the intra-Messinian inundation (5.35-5.25 my), occurring after an intra-Messinian erosional event (5.37 my), a bidirectional flow was established, which is documented in the diatomites of the Chicamo-Fm and the Mediterranean (Site 124) as well as in a reef on Cyprus.

The three sedimentological recognized isolations of the Mediterranean from the Atlantic during the Messinian, which caused erosion horizons at the top of the Mamoya-marls in Fortuna and the Chozas-Fm in Sorbas (≈ 5.7my), at the end of the Tale-gypsum/Yesares-Mb (5.37 my) and in the upper section of the Rambla Salada-Fm/Sorbas-Mb (5.1 my) can be correlated with eventstratigraphy and some biostratigraphical and geochemical changes to low sea level stands (glacial time) in the Atlantic.

These glacial times are shown as positive $\delta^{18}\text{O}$ excursions of the benthic and planktic foraminiferas in the Atlantic side of the Betic Straits as well as in the world ocean. Comparing now the $\delta^{18}\text{O}$ -maxima with the magnetostratigraphy in the open ocean Deep Sea Drilling cores, the previous absolute ages for the events of the Messinian "Salinity Crisis" can be tied to the sedimentological events in the Betic Straits. Because of a missing magnetostratigraphic control in the Mediterranean region, this is until now the only approach to a detailed time scale for the Messinian.

The tectonic opening of the Straits of Gibraltar at the Miocene/Pliocene boundary provided an outflow for the "Mediterranean Sea Outflow Water" (MSOW), thereby causing a reorganization of the circulation in the Atlantic ocean. This in turn triggered the melting of the Antarctic ice cap, which is expressed by strong $\delta^{18}\text{O}$ fluctuations in the early Pliocene, until stable conditions were reached.

RESUMÉN

La crisis de salinidad en el Messiniano causó el depósito de extensos horizontes evaporíticos en un "mar Mediterráneo profundo y seco" (Hsü et al., 1973). Este modelo presupone las siguientes condiciones: 1) las evaporitas fueron precipitados durante una afluencia continua del Atlántico 2) Varias interrupciones limitadas temporalmente en ésta afluencia marina causaron cambios drásticos en la sedimentación y la fauna del Mediterráneo y también en los canales marinos que se conectaban con el Atlántico.

Para demostrar esta teoría, fueron estudiadas la sedimentología y la paleo-oceanografía en dos puntos de una de estas conexiones marítimas en la Depresión Bética: Fortuna y Sorbas, situadas en el extremo oriental de ésta Depresión, junto al mar Mediterráneo.

Aquí el Messiniano conserva una de las más completas series litológicas. Resultados sedimentológicos e investigaciones geoquímicas proporcionaron informaciones sobre cambios en las masas, circulación y nivel del agua durante el último Tortoniano y el Messiniano.

Para obtener una correlación y un deslinde más exacto, fué definido nuevamente en la cuenca de Fortuna, el grupo de Fortuna, formado por las Los Baños-, Chicamo- y la formación Rambla Salada. En las margas tortonienses de Mamoya y messinianos de Sanel, ámbos pertenecientes a la formación Los Baños de la cuenca de Fortuna, fué posible separar una sección basal marina de otra superior de salina a salobre. Una fuerte caída del nivel del agua en la parte superior de las margas de Mamoya (≈ 5.9 ma) causaron la progresión de deltas, arrecifes coralinos crecieron a niveles topográficos de hasta 200 m más profundos, hasta que fueron cubiertos por sedimentos salobres o destruidos por la erosión. Los datos isotópicos de los corales señalan un cambio diagenético, que se explica por un aumento de la influencia de aguas meteóricas. Las dos secciones marina/salobre son cubiertas por conglomerados de yeso con halita (estrato de Fenazar), o bien por ciclos de margas/dolomita/ yeso (yesos de Tale), que a su vez limitan hacia arriba con un horizonte erosivo.

Después de la erosión intra-Messiniana (5.37 ma) la situación cambió nuevamente y se establecieron condiciones marinas normales con la inundación intra-Messiniana entre 5.35 y 5.25 ma. Ésto pudo ser comprobado por la presencia de asociaciones de diatomitas atlánticas pertenecientes a la formación de Chicamo, que fueron aquí datadas además por primera vez. Éstas condiciones marinas duraron hasta la última parte del Messiniano, lo que pudo ser probado por siete ciclos consecutivos marinos/terrestres sucesivos a ésta inundación y pertenecientes a la formación Rambla Salada. Éstos ciclos están compuestos por margas areniscas en el centro de la cuenca y arrecifes coralinos en los márgenes, ámbos cubiertos por conglomerados continentales rojizos.

En la cuenca de Sorbas al sur de Fortuna se ha conservado una secuencia análoga. Es posible relacionar la situación de las cuencas de Fortuna y Sorbas con las ya conocidas en el mar Mediterráneo. Con ayuda de los datos estratigráficos se propone para la "crisis de salinidad" el transcurso siguiente: La formación Tripoli (5.93-5.7 ma) (margas Mamoya superiores/formación Chozas superior), los evaporitas basales (5.7-5.5 ma)(margas de Sanel/Abad-Mb) y las evaporitas superiores (5.25-5.15 ma)(formación marina Rambla Salada/Yesares-Mb) fueron depositados durante afluencia marítima del Atlántico al mar Mediterráneo. Durante éste tiempo el agua del estrecho bético sólo circulaba en dirección Mediterráneo, dado que el nivel del mar quedaba varias centenas de metros por debajo del

nivel del agua del Atlántico. Sólo después de la inundación intra-Messiniana (5.35-5.25 ma) que llenó nuevamente el Mediterráneo después de la erosión intra-Messiniana (5.37 ma), se estableció por un corto tiempo un flujo normal con dirección hacia el Atlántico. Ésta inundación se prueba por la presencia de diatomeas de la formación Chicamo y del Mediterráneo (DSDP Site 124), y por la presencia de arrecifes coralinos en Chipre.

Los tres aislamientos del Mediterráneo con el Atlántico a fines de la formación de margas de Mamoya/Chozas-Fm (estrato Fenazar/Azagador-Mb, ≈5.7 ma), los yesos de Tale (5.37 ma) y en la parte superior de la formación Rambla Salada/Sorbas-Mb (5.1 ma) documentados por intensivas erosiones, fueron causados por descensos del nivel del agua en el Atlántico. Éstos por su parte son resultado de tiempos glaciales máximos y pueden ser comprobados por excursiones positivas $\delta^{18}\text{O}$ en foraminíferos bentónicos y planctónicos del Pacífico y Atlántico. Comparando la estratigrafía que se da en el Mediterráneo y estrecho bético con puntos máximos de $\delta^{18}\text{O}$ y la magnetostratigrafía de sondeos marinos profundos (DSDP) fuera del Mediterráneo, se pueden definir las edades absolutas de las fases messinianas.

La inundación del Mediterráneo durante el Plioceno ocurrió después de la apertura tectónica del estrecho de Gibraltar. Éste corte profundo hizo posible, que el agua profunda y salina mediterránea circulase al Atlántico causando una reorganización de la circulación en el Océano Atlántico. Ello produjo el deshielo de la capa antártica. Esta fase se muestra en grandes oscilaciones del $\delta^{18}\text{O}$ en el Atlántico y el mar Mediterráneo.