

Lesseps-Migration oder eine Reise durch den Suezkanal

Ursula Leppig

Stichwörter

Suezkanal, Organismenwanderung, Lesseps-Migranten, Hydrologie des Suezkanals, Ökologie.

Zusammenfassung

Mit der Fertigstellung des Suezkanals im Jahre 1869 stand ein neuer Wasserweg zur Verfügung, der seither das Rote Meer mit dem Mittelmeer verbindet und eine Organismenwanderung ermöglicht. Diese Migration verläuft einsinnig von Süden nach Norden, d.h. vom Roten Meer über den Golf von Suez und durch den Suezkanal in das Mittelmeer. Für dieses einmalige Phänomen in der modernen Biogeographie wurde der Begriff „Lessepsian Migration“ geprägt. Der Grund für die Wanderung in eine Richtung liegt in der geologischen Vergangenheit der Mittelmeerregion sowie des Nahen und Mittleren Ostens. Die Schließung des Mittelmeers vor gut 10 Millionen Jahren, die anschließende Austrocknung und die Wiederauffüllung über die Straße von Gibraltar spielt dabei die entscheidende Rolle. Im östlichen Mittelmeer herrscht seither eine Sackgassensituation, in die, verglichen mit dem westlichen Mittelmeer, nur wenige Organismengruppen vom Atlantik her über die Straße von Gibraltar vorgedrungen sind. Dagegen lebt jenseits des Suezkanals im Roten Meer und im Indischen Ozean eine hochdiverse tropische Fauna, die, wenn sie es schafft, die „Barriere Suezkanal“ zu durchbrechen, im östlichen Mittelmeer viele freie ökologische Nischen findet. Dieses ökologische Gefälle zwischen Rotem Meer und Mittelmeer ist hauptsächlich verantwortlich für das Phänomen „Lesseps-Migration“

Anschrift der Verfasserin:
PD Dr. Ursula Leppig
Geologisches Institut der Universität Freiburg
Albertstr. 23B, D-79104 Freiburg
E-Mail: ursula.leppig@geologie.uni-freiburg.de

Lessepsian Migration: A Journey through the Suez Canal

Key Words

Suez Canal, Migration, Lessepsian Migrants, Hydrology of the Suez Canal, Ecology

Abstract

The Suez Canal, opened in 1869, represented a new way connecting the Red Sea with the Mediterranean which is not only used by ships but also by organisms. This migration is unidirectional from South to North, from the Red Sea and the Gulf of Suez through the Suez Canal into the Mediterranean. For this unique phenomenon within modern biogeography the term “Lessepsian Migration” was coined. The background for this unidirectional migration is the geological past of the Mediterranean area and the Near and Middle East. The closure of the Mediterranean about 10 million years ago, its dessication and re-filling play the important role. The Eastern Mediterranean represents a cul-de-sac situation compared with the Western Mediterranean. Only few organisms succeeded in populating this area coming from the Atlantic through the Straits of Gibraltar into the Mediterranean. In the Red Sea, however, a highly diverse tropical fauna is living which, after a successful migration through the Suez Canal may populate many free ecological niches in the eastern Mediterranean. This ecological gradient between the Red Sea and the Mediterranean is mainly responsible for the phenomenon “Lessepsian Migration”

1. Einleitung

Mit der Fertigstellung des Suezkanals im Jahre 1869 war über den Isthmus von Suez eine Verbindung zwischen Mittelmeer und Rotem Meer bzw. Indischem Ozean geschaffen worden, der einen bis dahin nicht vorhandenen Weg nicht nur für Schiffe sondern auch für Organismen öffnete. Die große wissenschaftliche Bedeutung eines eventuellen Faunenaustausches war bereits mit der Planung des Kanalbaues erkannt worden. Schon aus den ersten Jahren und Jahrzehnten nach der Eröffnung liegen eine Reihe von Publikationen vor, die sich mit der Wanderung von Organismen im und durch den Kanal beschäftigen. 1924 organisierte die Royal Society sogar eine zoologische Expedition, die als „Cambridge Expedition to the Suez Canal“ bekannt wurde und aus welcher viele Publikationen zu verschiedenen Tiergruppen resultierten. Anschließend beschäftigten sich auch italienische, französische und israelisch-amerikanische Forschungsteams mit dem Migrationsprozess, der bis auf den heutigen Tag stattfindet und ein attraktiver Forschungsgegenstand geblieben ist.

2. Der Suezkanal

Schon in geschichtlicher Zeit wurden im Bereich des Isthmus von Suez immer wieder künstliche Wasserwege geschaffen, die Mittelmeer und Rotes Meer miteinander verbinden sollten (Por 1978). Sie verliefen nicht in N-S-Richtung, sondern benutzten verschiedene Nilarme:

Ramses II, ägyptischer Pharao im 13. Jahrhundert v. Chr.

Darius, persischer Herrscher im 6. Jahrhundert v. Chr.

Trajan, römischer Kaiser im 2. Jahrhundert n. Chr.

Napoleon I, dessen Ingenieure allerdings nicht über erste Vermessungen hinaus kamen, da er vorzeitig in der Schlacht von Trafalgar von Nelson geschlagen worden war (1798)

Als Erbauer des heutigen Suezkanals gilt Ferdinand de Lesseps, französischer Diplomat und selbst ernannter Ingenieur. In Wirklichkeit war es der österreichische Ingenieur Alois Negrelli, der den Kanal geplant hatte. Er starb jedoch, bevor die Bauarbeiten begonnen hatten.

Vor dem Bau gab es allerlei Bedenken und Befürchtungen. Da der Meeresspiegel des Roten Meeres etwa 2 m höher liegt als der des Mittelmeeres, sah man sich in der Zukunft mit Überschwemmungen im Bereich des Isthmus konfrontiert. Eine weitere Sorge war, dass Sand aus der Wüste eingeblasen werden und so den Kanal versanden lassen könnte. Auch die Austrocknung des Kanals wurde befürchtet. Zum Glück ist keines dieser Szenarien Wirklichkeit geworden.

Baubeginn war 1859. Etwa 1.5 Millionen Menschen waren bis zur Fertigstellung am Bau beteiligt; es gab währenddessen Choleraepidemien und viele Menschen mussten dabei auch ihr Leben lassen.

Der Suezkanal ist 162.5 km lang, seine durchschnittliche Breite beträgt 325 m, seine durchschnittliche Tiefe 14.5 m. 70 km wurden in trockenes Land gegraben, die übrigen 90.5 km queren Seen und Salzsümpfe. Die höchste Erhebung (23 m ü. NN) des Isthmus liegt bei km 72 (von N gezählt), der Einfluss der Gezeiten reicht vom Mittelmeer her bis km 24, vom Roten Meer/Golf von Suez her bis km 120 (Abb. 1).

3. Definition „Lessepsian Migration“

Seit der Öffnung des Suezkanals war bekannt, dass Organismen in den Kanal einwandern, entweder darin „stecken bleiben“ oder es schaffen, ihn zu durchqueren und sich auf der anderen Seite etablieren.

Bereits 1902 erkannte Tillier die Einsinnigkeit des Migrationsphänomens, die in der Folgezeit immer evidenter wurde. Diese Wanderung findet nur in eine Richtung statt, nämlich von Süden nach Norden, d. h. vom Golf von Suez durch den Suezkanal ins Mittelmeer. POR (1969, 1971, 1990) prägte für dieses einmalige Phänomen in der modernen Biogeographie den Begriff „Lessepsian Migration“. Die wandernden Organismen sind die Lesseps-Migranten. Für Wanderer in Gegenrichtung, Anti-Lesseps-Migranten, gibt es kaum Fakten. Organismen, die sich an Schiffsrümpfe heften und so als „Schwarzfahrer“ sowohl in die eine als auch in die andere Richtung, d. h. überall hin reisen, sind keine Lesseps-Migranten. Organismen, die als Lesseps-Migranten gelten, müssen im Roten Meer/Golf von Suez, im Suezkanal und im Mittelmeer vorkommen.

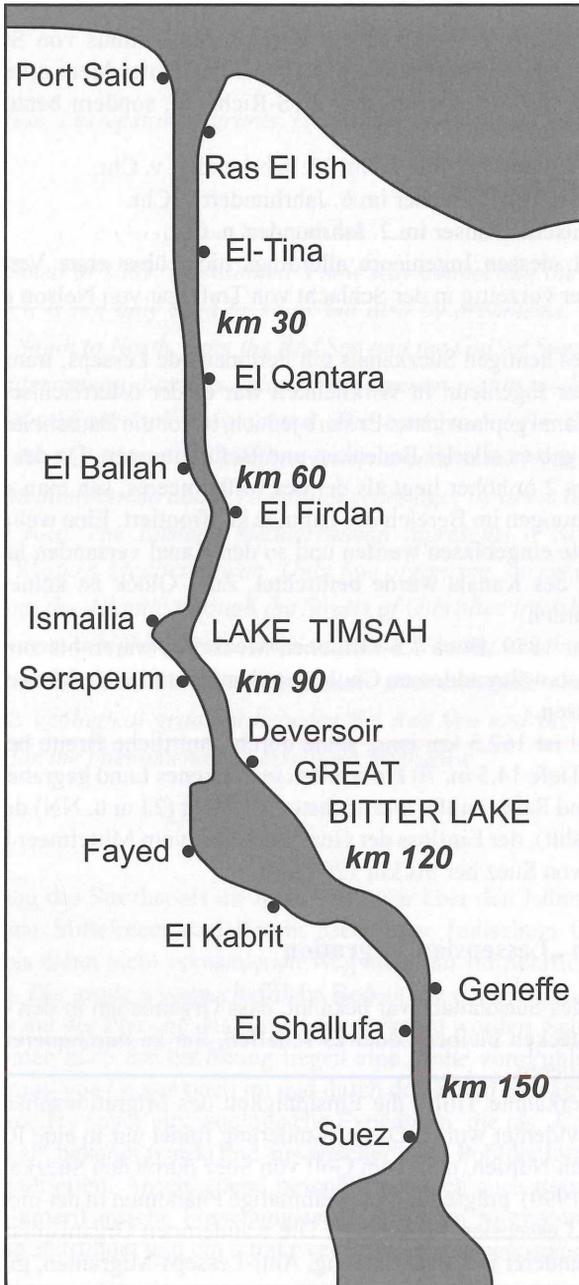


Abb. 1: Geographie des Suezkanals

4. Geologischer Hintergrund

Um das Phänomen „Lesseps-Migration“ besser verstehen zu können, ist es notwendig, die jüngere geologische Vergangenheit dieser Region zu betrachten.

Im oberen Oligozän (25-23 Ma, Ma = Millionen Jahre vor heute) bestand zwischen dem Mittelmeer und dem Indischen Ozean eine breite Verbindung, die über das heutige Syrien, Mesopotamien und den Persischen Golf verlief. Nach W existierte eine Verbindung zum Atlantik, ebenso nach N zu einem Seitenarm der Tethys, der Paratethys, deren Reste das Schwarze Meer, das Kaspische Meer und der Aralsee sind (Abb. 2).

Anschließend, im Laufe des Miozän, wurde durch die Annäherung von Afrika an Europa (Grund für die Entstehung der Alpen und ihrer Fortsetzung bis in den Mittleren Osten) die Verbindung zum Indischen Ozean geschlossen. Die Schließung war vor etwa 11 Ma beendet. Auch die Verbindungen zum Atlantik und zur Paratethys schlossen sich. Damit war das Mittelmeer von den Weltmeeren abgeschnitten. Dieses Szenario der Isolation in Verbindung mit einem ariden Klima in jener Zeit bewirkte, dass das Mittelmeer binnen etwa 600 000 Jahren austrocknete (HSÜ et al. 1973, DOUMENGE 1996, KRIJGSMAN et al. 1999, MCKENZIE 1999). Dieser Prozess fand im obersten Miozän, dem Messin statt, weshalb dieses Ereignis als Messinian Event bezeichnet wird (Abb. 3).

Es wurde 1970 bekannt, als im Rahmen eines Tiefseebohrungsprojektes 2000-3000 m Salzablagerungen (Evaporite) unter dem Boden des heutigen Mittelmeers entdeckt wurden (HSÜ et al. 1973, ROUCHY 1986, PITMAN & RYAN 2001). Außer unter dem Meeresboden findet man die Evaporite heute auch u.a. im Apennin, auf Sizilien, Zypern und Kreta (ROUCHY 1986).

Das Mittelmeer stellte damals wie heute nicht ein großes Becken dar, sondern es besteht aus mehreren Teilbecken, in deren tiefsten Bereichen Wasser stehen blieb. In einigen Bereichen war dies „Salzlake“, in anderen aber auch Süßwasser, da nach wie vor Flüsse von allen

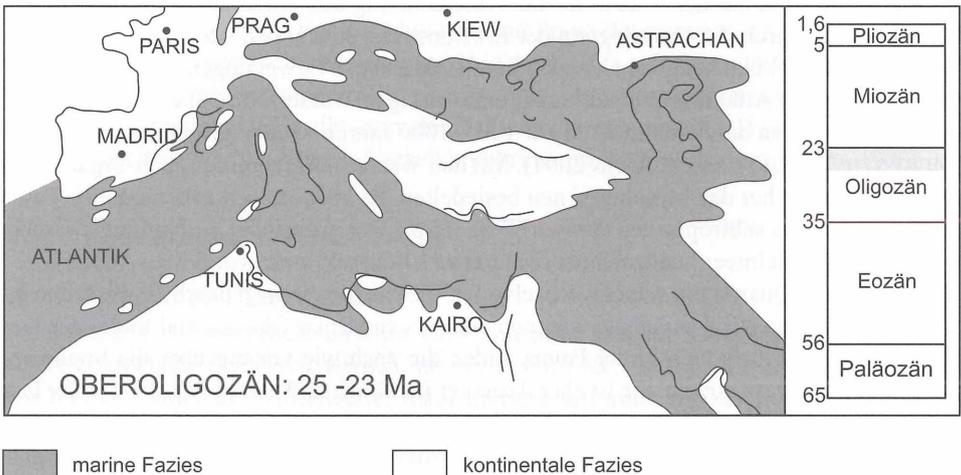


Abb. 2: Paläogeographie im Oligozän (verändert nach Faupl 2000)

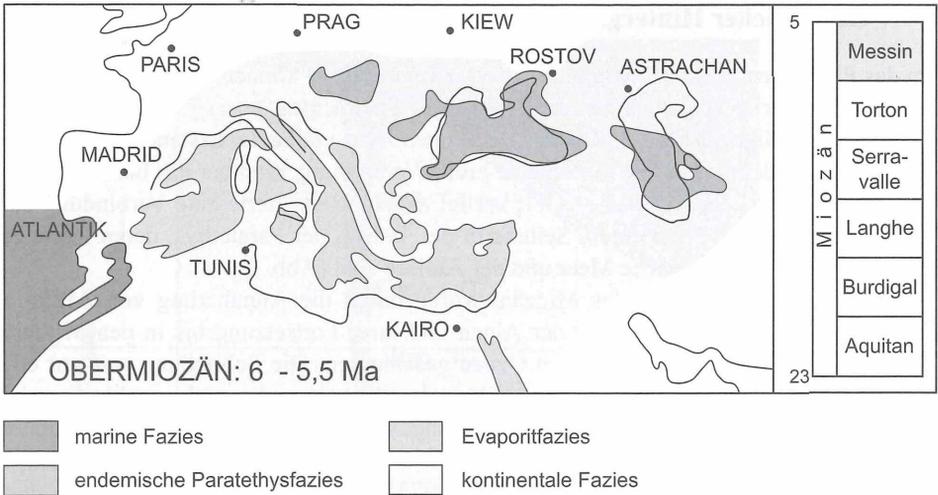


Abb. 3: Paläogeographie im Messin (verändert nach Faupl 2000)

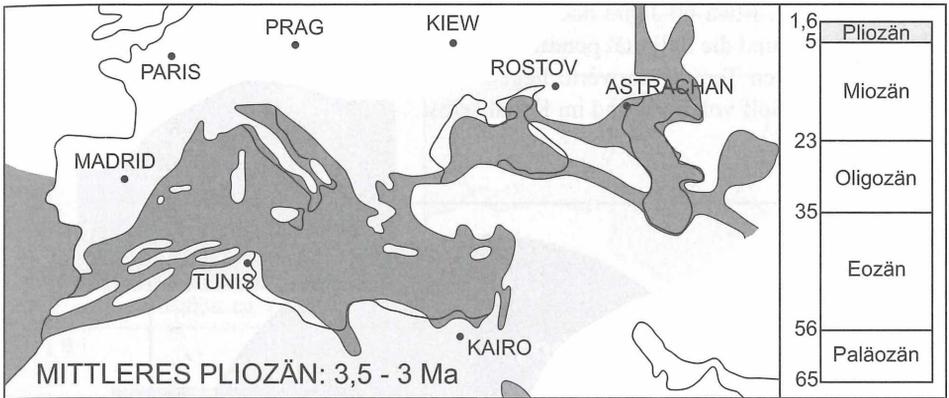
Seiten ins Mittelmeer entwässerten. Aus Sicht der Organismen waren beide Szenarien eine Katastrophe, da sie ursprünglich an mehr oder weniger normal-marine Bedingungen angepasst waren (als normal marin gelten ca. 34 ‰ Salzgehalt). Es ist anzunehmen, dass nur ganz wenige das „Inferno“ überlebt haben.

Außer den Evaporiten gibt es noch einen weiteren Beweis für die Austrocknung: Tief eingeschnittene Flusstäler, z.B. unter dem Nil und der Rhône. Sie waren zwar schon seit den 50-iger Jahren des 20. Jahrhundert bekannt, man hatte jedoch keine Erklärung für sie. Im Zuge der Planung und des Baues des Assuanstaudammes in den 60-iger Jahren des vorigen Jahrhunderts stieß man aufgrund seismischer Messungen wieder auf den „Nil-Canyon“ (FAUPL 2000). Erst mit der Erkenntnis der Austrocknung des Mittelmeers wurde klar, dass diese Canyons durch die Tieferlegung der Erosionsbasis entstanden waren.

Dann kam es beim heutigen Gibraltar durch tektonische Bewegungen und/oder Meeresspiegelanstieg im Atlantik zur Ausbildung eines riesigen Wasserfalles, über den unvorstellbare Wassermassen das Mittelmeer in nur 100 – 1000 Jahren wieder aufgefüllt haben sollen (MCKENZIE 1999, PITMAN & RYAN 2001). Mit den Wassermassen kamen auch Organismen, die vom Atlantik her das Mittelmeer neu besiedelten. Es handelt sich dabei um eine Fauna aus tropischen bis subtropischen Breiten (POR 1978). Die neuerliche Verbindung zwischen Atlantik und Mittelmeer kennzeichnet die Grenze Miozän/Pliozän vor 5 Ma (Abb. 4).

Es folgt das Quartär mit seiner wechselvollen Geschichte, bedingt durch die Eiszeiten mit ihren Meeresspiegelschwankungen während der verschiedenen Glazial- und Interglazialzeiten. Dies spiegelt sich auch in der Fauna wider, die nach wie vor nur über die Straße von Gibraltar einwandern konnte. Sie ist eher Anzeiger für kühleres Wasser (POR 1978). Der Isthmus von Suez hätte in der Zeit eigentlich mehrfach überflutet werden müssen, da seine höchste Erhebung lediglich 23 m (heute) beträgt. Von tektonischen Bewegungen aus dieser Zeit ist jedoch nichts bekannt. In den Sedimenten des Isthmus findet man im Norden Mittelmeerfauna, im Süden Rote-Meer-Fauna und in der Mitte eine Süßwasserfauna, die mit Ablagerungen des Nil in Verbindung gebracht werden muss (POR 1978). Es gibt also keinen Nachweis dafür, dass das Rote Meer mit dem Mittelmeer im Quartär in Verbindung gestanden hat.

Lesseps-Migration oder eine Reise durch den Suezkanal



■ marine Fazies □ kontinentale Fazies

Abb. 4: Paläogeographie an der Grenze Miozän/Pliozän (verändert nach Faupl 2000)

5. Lesseps-Migranten

Man kennt heute gut 500 Arten, die als Lesseps-Migranten angesehen werden und jedes Jahr kommen 5-10 Neuentdeckungen dazu (z.B. FOX 1924, BEN-TUVIA 1955, 1966; POR 1969, 1971, 1990; ZIBROWIUS 1992, 2001; GALIL & ZENETOS 2002, GOLANI 2005, CIESM 2006 u.v.a.). Die größte Gruppe sind mit 27 % die Krebse, gefolgt von den Fischen und Mollusken (21 %), welche sowohl Schnecken als auch Muscheln beinhalten. Pflanzen (Algen und Seegräser) und Würmer sind ebenfalls wichtige Migranten (POR 1978) (Abb. 5, Abb. 6).

Weshalb sind unter den Lesseps-Migranten nur wenige Gruppen vertreten? Dazu soll zusammen getragen werden, was die Migranten auf ihrem Weg durch den Suezkanal erwartet, d.h. es soll, soweit untersucht, die Hydrographie des Kanals näher betrachtet werden. Parameter, zu denen es Untersuchungen gibt, sind Salinität, Temperatur, Strömungen und Untergrund. Kaum oder keine Daten gibt es zu den Faktoren Verschmutzung, Wasserstände, Evaporation, Wassertransparenz, Nährstoffgehalt und Primärproduktion (Daten aus POR 1978).

6. Hydrographie des Suezkanals

6.1 Salinität und Temperatur

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass im Golf von Suez und im Suezkanal selbst, deutlich höhere Salzgehalte gemessen werden, als im Roten Meer und im Mittelmeer. Es handelt sich hierbei immer um Mittelwerte, lokal können, aufgrund starker Evaporation in den Sommermonaten deutlich höhere Werte erreicht werden. Im Suezkanal sind die Bitter Lakes (Great Bitter Lake und Little Bitter Lake) die größte Salzbarriere. Vor dem Kanalbau gab es in dieser Gegend nur Salzseen und -sümpfe (Sebkas). Im Untergrund lagen ursprünglich etwa 18 m mächtige Salzlager. Durch das neu zufließende Kanalwasser

begannen sich die Salze aufzulösen. Währenddessen war die Salinität vergleichsweise hoch (ca. 60 ‰). Etwa 60 Jahre nach der Eröffnung des Kanals (um 1930) waren diese Salze weggelöst und die Salinität pendelte sich bis 1960 auf einen Wert von 43 – 48 ‰ ein. Auch die mittleren Temperaturwerte liegen im Mittelmeer und im Roten Meer deutlich unter denen im Golf von Suez und im Kanal selbst.

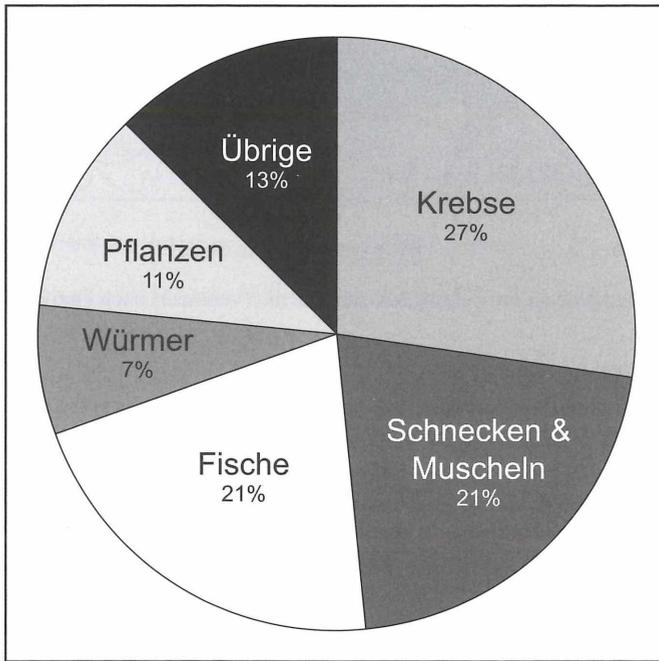


Abb. 5: Verteilung der Lesseps-Migranten

Tab. 1 Salinität und Temperatur (*1. Zahl: Sommer, 2. Zahl: Winter)

	Salinität	Temperatur*
Westliches Mittelmeer	38 ‰	25/12°
Östliches Mittelmeer	39 ‰	29/16°
Suezkanal	43-48 ‰	30/14°
Golf von Suez	43-48 ‰	30/16°
Rotes Meer	39 ‰	30/16°

Lesseps-Migration oder eine Reise durch den Suezkanal

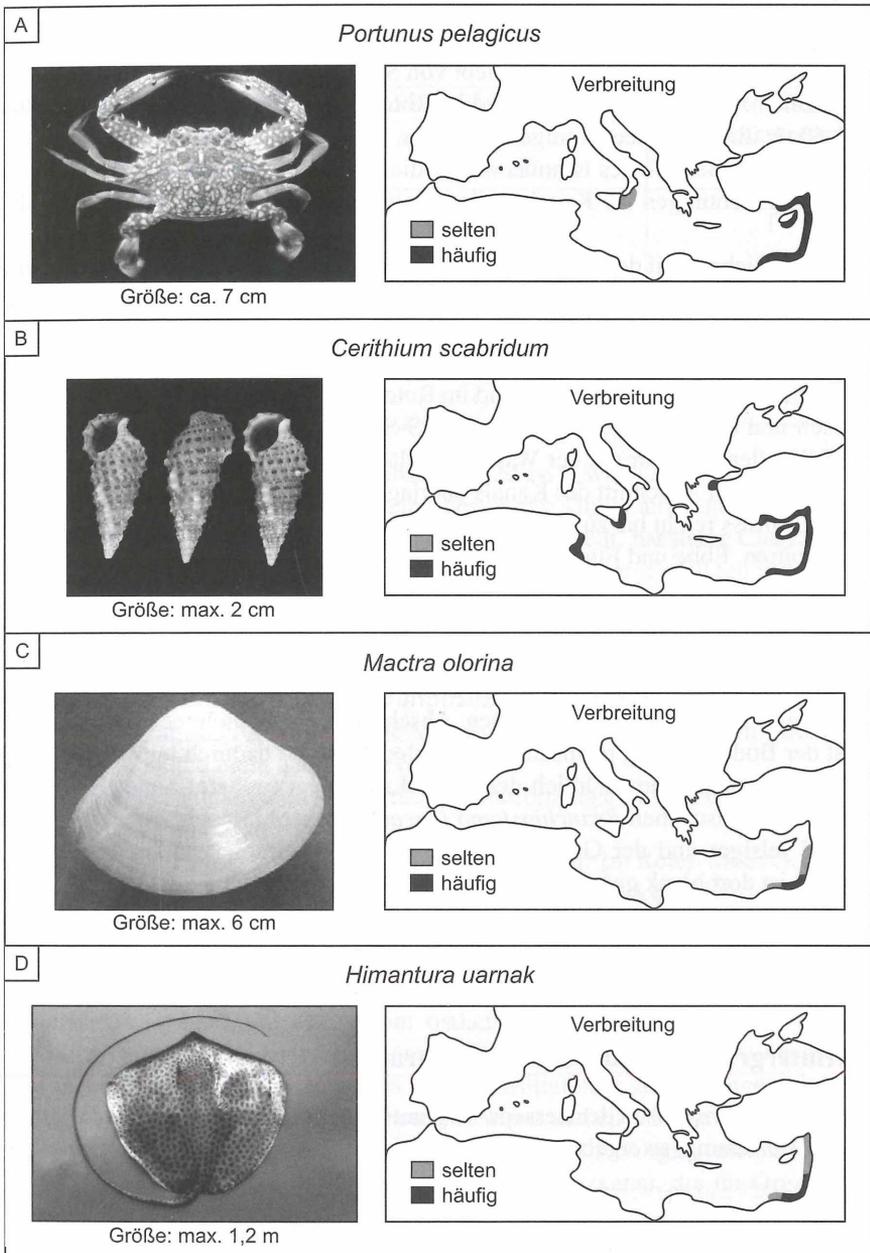


Abb. 6: Beispiele für Lesseps-Migranten und ihre derzeitige Verbreitung im Mittelmeer (Atlas CIESM 2000)

6.2 Strömungen

3 Parameter beeinflussen die Strömungen im Kanal:

- Gravitation: Die Meeresspiegelhöhe im Roten Meer liegt durchschnittlich 2 m über der im Mittelmeer; das Wasser fließt von S nach N.
Gezeiten: Der Gezeitenunterschied im Roten Meer/Golf von Suez beträgt 1.20 m bis 1.50 m, im Mittelmeer wenige Dezimeter.
- Winde: Im Bereich des Isthmus wehen die Winde vorwiegend aus NNE.

Die Strömungsrichtungen im Kanal variieren aufgrund dieser Parameter innerhalb eines Jahres:

Im nördlichen Teil des Kanals dominiert von Oktober bis Juni eine N-Strömung aufgrund der Meeresspiegelunterschiede im Golf von Suez und im Mittelmeer. Das Wasser wird gravitativ nach N gedrückt.

In den Sommermonaten (Juli bis September), wenn der Meeresspiegel durch starke Evaporation im Golf von Suez und im Roten Meer gefallen ist, lässt die N-Strömung nach und es herrscht eher eine leichte S-Strömung. Es wirken jetzt die Winde aus NNE, allerdings nur auf der Wasseroberfläche.

Im südlichen Abschnitt des Kanals überlagern die Gezeiten von S her die Strömung. Ihr Einfluss reicht bis zu den Bitter Lakes und ist dort mit etwa 40 cm noch deutlich zu spüren. Ebbe und Flut kommen mit 2 -3 Stunden Verzögerung dort an.

6.3 Untergrund

Natürlicher Untergrund steht nur in den Seen zur Verfügung. Die Seiten des Kanals sind mit Steinen und Betonplatten befestigt, was für sessile Organismen durchaus eine geeignete Unterlage sein kann. Im nördlichen Abschnitt, vom Mittelmeer bis zu den Bitter Lakes ist der Boden sandig, gemischt mit dunklem Ton und dadurch teilweise ein unangenehm riechender Schlamm. Südlich der Bitter Lakes liegt sauberer Sand. Hier fühlt sich sogar das Lanzettfischchen *Branchiostoma lanceolatum* wohl. Noch weiter im S wird der Untergrund felsiger und der Gezeiteinfluss macht sich immer stärker bemerkbar. Der Kanalboden ist dort blank gefegt.

Zu den Parametern Verschmutzung, Wasserstände, Evaporation, Wassertransparenz, Nährstoffgehalt und Primärproduktion gibt es kaum Daten, ihre Auswirkung auf die Organismen lässt sich derzeit nicht abschätzen.

7. Hintergründe für die Lesseps-Migration

Setzt man die Lebensweisen der Lesseps-Migranten und die Bedingungen im Suezkanal zu einander in Beziehung, so ergeben sich für die Migranten folgende Merkmale und Notwendigkeiten:

Tab. 2 Merkmale erfolgreicher Lesseps-Migranten

Lebensweise	ökologische Bedürfnisse	Reproduktion	Ernährung
aktiv schwimmend (nektonisch)	unempfindlich gegen hohe Salzgehalte	kurzlebige Larven Eier direkt	nicht wählerisch („Allesfresser“)
frei beweglich bodenbezogen (vagil benthonisch)	unempfindlich gegen niedrige und wechselnde Temperaturen	Sporen Samen	
festsitzend (sessil benthonisch)	keine speziellen Bedürfnisse an das Substrat	vegetativ	

Die fett gedruckten Punkte sind ein absolutes „Muss“ Wer auf einen bestimmten Salzgehalt angewiesen ist (stenohalin), nur ganz bestimmte Dinge auf seinem Speiseplan hat (monophag) oder spezielle Bedingungen an das Substrat stellt, hat keine Chance, Lesseps-Migrant zu werden. Die nicht fett gedruckten Punkte sind in der jeweiligen Rubrik Alternativen. Eine erfolgreiche Migration aufgrund vegetativer Fortpflanzung wurde kürzlich von einem Seestern beschrieben (KARAKO et al. 2002). Normalerweise sind Echinodermaten, zu denen die Seesterne gehören, an normalmarine Bedingungen (ca. 34 ‰ Salzgehalt) angepasst und können bei üblicher sexueller Fortpflanzung keine Lesseps-Migranten sein.

Welches sind nun die Gründe für die Wanderung der Organismen im Suezkanal von Süden nach Norden und nicht auch umgekehrt?

Ein wichtiger Punkt ist die vorherrschende Strömungsrichtung im Kanal von Süden nach Norden auf Grund der Gravitation.

Ein weiterer wichtiger Grund ist ökologischer Natur: Im Roten Meer/Golf von Suez lebt eine hoch-diverse tropische Fauna, die aus dem Indopazifik stammt. Im östlichen Mittelmeer hingegen (Sackgassen-Situation) findet sich eine niedrig-diverse Temperiert- bis Kaltwasserfauna, die aus dem Atlantik eingewandert ist und die großenteils ein Relikt aus dem Pleistozän darstellt. Dadurch entsteht ein ökologisches Gefälle, was bedeutet, dass es im östlichen Mittelmeer viele freie ökologische Nischen gibt, die besetzt werden können. Viele Organismen aus dem westlichen Mittelmeer sind bis heute nicht in das östliche Mittelmeer vorgedrungen, da es für sie dort vor allem in den Sommermonaten zu warm und zu salzhaltig ist.

Ein dritter Punkt ist die Voranpassung (Präadaption) der Organismen im Roten Meer an die Bedingungen im Golf von Suez und im Suezkanal, die für Organismen aus dem westlichen Mittelmeer nicht gewährleistet wären.

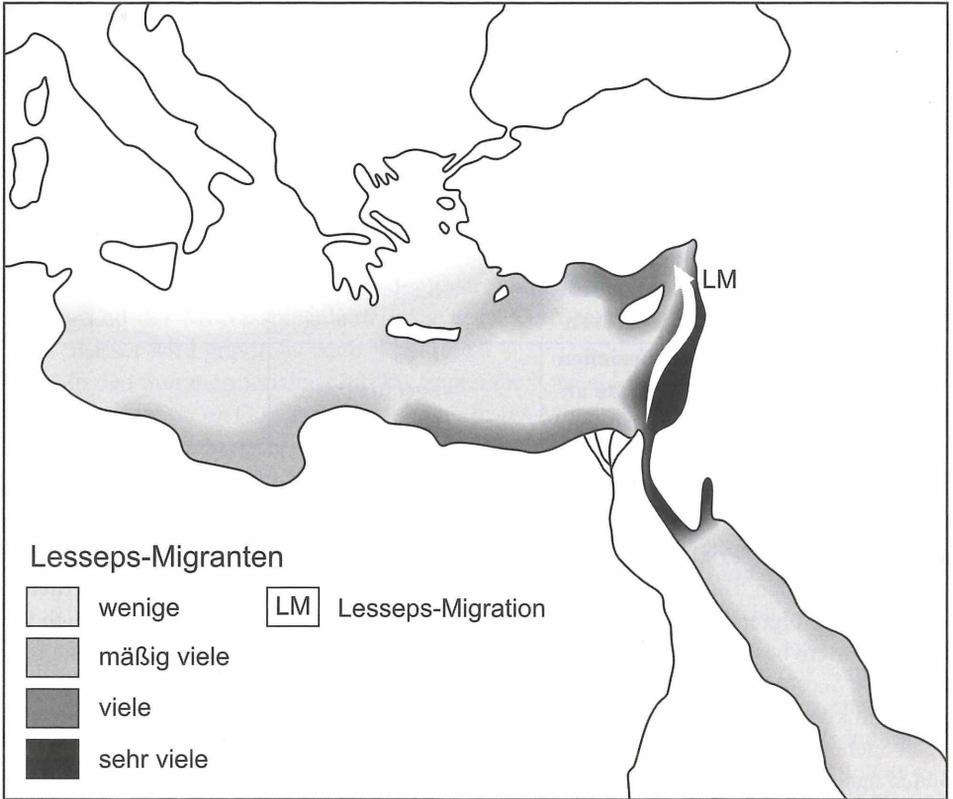


Abb. 7: Ausbreitung der Lesseps-Migranten im östlichen Mittelmeer (verändert nach Por 1990)

8. Ausbreitung der Lesseps-Migranten im östlichen Mittelmeer

Wie weit die Lesseps-Migranten vom Nordausgang des Suezkanals aus inzwischen in das östliche Mittelmeer vorgedrungen sind, geht aus Abb. 7 hervor: Sie haben sich vor allem entlang der levantinischen Küste (Israel, Libanon und Türkei) und bis Rhodos und Kreta sowie entlang der ägyptischen und libyschen Küste ausgebreitet.

9. Ausblick

Wie sieht die Zukunft der Lesseps-Migranten aus? Es gibt derzeit keine Anzeichen, dass der Migrationsprozess zum Stillstand kommen könnte. Seit der Fertigstellung des Assuanstaudammes fließt nur noch wenig Nilwasser ins Mittelmeer, was bedeutet, dass der Wegfall dieser temporären Süßwasserbarriere eine Wanderung nach Westen erleichtern würde. Auch die globale Erwärmung dürfte sich positiv auswirken.

Nirgendwo sonst auf der Erde lassen sich derzeit Organismenwanderung, Kolonisierung und Provinzbildung so unmittelbar beobachten. Da Populationen einer Art wegen der einsinnigen Wanderung durch den Suezkanal geographisch dauerhaft voneinander getrennt sind und damit auch ihre genetischen pools, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass Artenbildung im Gange ist oder zumindest bereits eine genetische Distanz im Erbgut festzustellen ist.

Dank

Großer Dank geht an Dipl. Geol. Astrid Hirsch, die die Ausführung fast aller Abbildungen übernommen hat.

Eingang des Manuskripts 28.07.2006

Angeführte Schriften

- Ben-Tuvia, A. 1955. Two Indo-Pacific fishes, *Dasyatis uarnak* and *Upenneus molluccensis* in the eastern Mediterranean. *Nature* 176: 1177-1178.
- Ben-Tuvia, A. 1966. Red Sea fishes recently found in the Mediterranean. *Copeia* 2, 254-275.
- CIESM. 2006. Atlas of exotic species in the Mediterranean. The Mediterranean Science Commission, Monaco. www.ciesm.org/atlas.
- Doumenge, F. 1996. The Mediterranean crises. Lecture 16. CIESM, Monaco: 11 S.
- Faupl, P. 2000. Historische Geologie. UTB. 270 S.
- Fox, H.M. 1924. The migration of a Red Sea crab through the Suez Canal. *Nature* 113: 714-715.
- Galil, B.S. & Zenetos, A. 2002. A sea change – exotics in the Eastern Mediterranean. In: Invasive aquatic species of Europe: distribution, impacts and management. Kluwer scientific publications: 225-236.
- Golani, D. 2005. Impact of Red Sea fish migrants through the Suez Canal on the Aquatic environment of the Eastern Mediterranean. *Yale F & ES* 103: 375-386.
- Hsü, K.J., Ryan, W.B. & Cita, M.B. 1973. Late Miocene Desiccation of the Mediterranean. *Nature*, 242: 240-244.
- Karako, S., Achituv, Y., Perl-Treves, R. & Arcoff, D. 2002. *Asterina burtoni* (Asteroidea; Echinodermata) in the Mediterranean and the Red Sea: does asexual reproduction facilitate colonization? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 234: 139-145.
- Krijgsman, W., Hilgen, F.J. Raffi, I. Sierro, F.J. & Wilson, D.S. 1999. Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 400: 652-655.

- McKenzie, J. 1999. From desert to deluge in the Mediterranean. *Nature*, 400: 613-614.
- Pitman, W. & Ryan, W. B. 2001. Sintflut. Ein Rätsel wird entschlüsselt.- Bastei-Lübbe. 383 S.
- Por, F.D. 1969. The Canuellidae (Copepoda, Harpacticoida) in the waters around the Sinai Peninsula and the problem of "Lessepsian" migration of this family. *Israel. J. Zool.* 18: 169-178.
- Por, F.D. 1971. One hundred years of Suez Canal – A century of Lessepsian Migration: retrospect and viewpoints. *Systematic Zoology* 20/2: 138-159.
- Por, F.D. 1978. Lessepsian Migration. The influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal.- *Ecological Studies* 23. Springer-Verlag. 229 S.
- Por, F.D. 1990. Lessepsian migration. An appraisal and new data. *Bull. Inst. Océanogr.* 7 1-10.
- Rouchy, J.-M. 1986. Les évaporites miocènes de la Méditerranée et de la Mer Rouge et leurs enseignements pour l'interprétation des grandes accumulations évaporitiques d'origine marine. *Bull. Soc. géol. France* (8), t. II/3: 511-520.
- Tillier, J.B. 1902. Le Canal de Suez et sa faune ichthyologique. *Mém. Soc. Zool. France*, 15 (3-4):279-318.
- Zibrowius, H. 1992. Ongoing modification of the Mediterranean fauna and flora by the establishment of exotic species. *Mésogée. Bull. Muséum d'Histoire Naturelle de Marseille*, 51: 83-107.
- Zibrowius, H. 2001. Recent changes in Mediterranean biota. Report of CIESM Round-table session: 2 S.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [96](#)

Autor(en)/Author(s): Leppig Ursula

Artikel/Article: [Lesseps-Migration oder eine Reise durch den Suezkanal 19-32](#)