



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Untersuchung der benthischen Foraminiferenfauna im
Zusammenhang mit der Lessepsschen Invasion: Analyse
eines Sedimentkerns an der Mittelmeerküste Israels“

verfasst von / submitted by

Matthias David Nagy, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2019/ Vienna 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 066 815

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium

Erdwissenschaften UG2002

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Petra Heinz

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	Seite 1
1.1 Foraminiferen und der Einfluss von Umweltfaktoren auf diese Organismen	Seite 1
1.2. Menschliche Einflüsse	Seite 2
1.2.1. Der Kanalbau und seine Folgen	Seite 2
1.2.2. Invasive Arten	Seite 2
1.2.3. Einwanderungsmechanismen	Seite 4
1.2.4. Klimatische Begünstigung	Seite 5
1.3. Fragestellungen	Seite 6
2. Material und Methoden	Seite 6
2.1. Untersuchungsgebiet und Kernparameter	Seite 6
2.2. Probenaufbereitung	Seite 8
2.3. Quantitative und qualitative Analyse der Fauna	Seite 9
2.3.1. Diversitätsindizes	Seite 9
2.3.2. Dominanzanalyse	Seite 10
2.3.3. Korrelation mit externen Parametern	Seite 11
2.3.4. Verwendete Computerprogramme	Seite 11
3. Ergebnisse	Seite 12
3.1. Korngrößenanalyse	Seite 12
3.2. Benthische Foraminiferenvergesellschaftung	Seite 13
3.2.1. Artenanzahl und Individuenanzahl	Seite 13
3.2.2. Artenliste	Seite 14
3.2.3. Diversität	Seite 47
3.2.4. Korrelation mit den Korngrößen	Seite 48
3.2.5. Dominante Arten	Seite 49
3.3. Unterschiede zwischen den Layern	Seite 53
3.3.1. Non-metric multidimensional scaling Analyse	Seite 53
3.3.2. Analyse des Artenvorkommens	Seite 55
4. Diskussion	Seite 56
4.1. Datenmangel und dessen Konsequenzen	Seite 56
4.2. Veränderung der Fauna	Seite 56
4.3. Die „ältere“ Kernhälfte im Kontext zum gesamten Kern	Seite 58
4.4. Natürliche Veränderungen der Faunenzusammensetzung und Korrelation mit der Umwelt	Seite 61
4.5. Invasive Arten	Seite 64

4.5.1. Probleme mit den Status „invasiv“	Seite 64
4.5.2. Invasive Arten im Kontext zum gesamten Kern	Seite 67
5. Fazit	Seite 67
6. Literaturverzeichnis	Seite 69
7. Anhang	Seite 77
7.1 Kurzfassungen	Seite 77
7.1.1. Kurzfassung in deutscher Sprache	Seite 77
7.1.2. Kurzfassung in englischer Sprache	Seite 79
7.2. Rohdaten	Anhang
7.2.1. Zählraten	Anhang
7.2.2. Splits	Anhang
7.2.3. Sedimentdaten	Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Karte des Levantinischen Meeres	Seite 7
Abbildung 2	Skizze des untersuchten Sedimentkerns und dessen Aufteilung auf die daran beteiligten Masterarbeiten	Seite 9
Abbildung 3	Anteil der verschiedenen Korngrößenfraktionen im gesamten Sedimentkern	Seite 12
Abbildung 4 A	Verteilung der Anzahl der Arten in dem „älteren“ Teil des Kerns	Seite 14
Abbildung 4 B	Verteilung der Individuen in dem „älteren“ Teil des Kerns	
Abbildung 5 A	Verteilung der Diversität (Shannon Index) über den „älteren“ Teil des Kerns (Layer 35 – Layer 70)	Seite 47
Abbildung 5 B	Verteilung der Evenness über den „älterer“ Teil des Kerns (Layer 35 – Layer 70)	
Abbildung 5 C	Verteilung der Dominanz über den „älteren“ Teil des Kerns (Layer 35 – Layer 70)	
Abbildung 6	Absolute Häufigkeiten der neun dominanten Arten der Größenfraktion >500 µm im „älteren“ Kernabschnitt	Seite 50
Abbildung 7	Relative Häufigkeiten der acht dominanten Arten der Größenfraktion >500 µm im „älteren“ Kernabschnitt	Seite 51
Abbildung 8	Absolute Häufigkeiten der acht dominanten Arten der Größenfraktion 500 – 125 µm im „älteren“ Kernabschnitt	Seite 51
Abbildung 9	Relative Häufigkeiten der acht dominanten Arten der Größenfraktion 500 – 125 µm im „älteren“ Kernabschnitt	Seite 52
Abbildung 10	Absolute Häufigkeiten der acht dominanten Arten der Größenfraktion 125 – 63 µm im „älteren“ Kernabschnitt	Seite 52
Abbildung 11	Relative Häufigkeiten der acht dominanten Arten der Größenfraktion 125 – 63 µm im „älteren“ Kernabschnitt	Seite 53
Abbildung 12	MDS Diagramm aller Größenfraktionen zusammen (>63 µm).	Seite 54
Abbildung 13	MDS Diagramm der „großen“ Größenfraktion (> 125 µm)	Seite 54

Abbildung 14	MDS Diagramm der „kleinen“ Größenfraktion (125 – 63 µm)	Seite 55
Abbildung 15 A	Verteilung der Artenzahl der verschiedenen Größenfraktionen über den ganzen Kern verteilt (Layer 1 - 70)	
Abbildung 15 B	Verteilung der Individuenzahl der verschiedenen Größenfraktionen über den ganzen Kern verteilt (Layer 1 – 70).	Seite 59
Abbildung 16 A	Verlauf des Shannon Index über den gesamten Kern (Layer 1 – Layer 70)	
Abbildung 16 B	Verlauf der Dominanz über den gesamten Kern (Layer 1 – Layer 70)	
Abbildung 16 C	Verlauf der Evenness über den gesamten Kern (Layer 1 – Layer 70)	Seite 60
 Bildtafelverzeichnis		
Bildtafel 1		Seite 34
Bildtafel 2		Seite 35
Bildtafel 3		Seite 36
Bildtafel 4		Seite 37
Bildtafel 5		Seite 38
Bildtafel 6		Seite 39
Bildtafel 7		Seite 40
Bildtafel 8		Seite 41
Bildtafel 9		Seite 42
Bildtafel 10		Seite 43
Bildtafel 11		Seite 44
Bildtafel 12		Seite 45
Bildtafel 13		Seite 46
 Tabellenverzeichnis		
Tabelle 1	Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen der Artenzahl und Korngrößenfraktionen (fein: <63 µm, grob: >500 µm), angegeben in Form des Korrelationskoeffizienten Kendall's Tau.	Seite 49
Tabelle 2	Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen der Individuenanzahl und Korngrößenfraktionen (fein: <63 µm, grob: >500 µm), angegeben in Form des Korrelationskoeffizienten Kendall's Tau.	Seite 49
Tabelle 3	Zählraten der Foraminiferenvergesellschaftung des „älteren“ Kernabschnitts.	Anhang
Tabelle 4	Größe der untersuchten Splits.	Anhang
Tabelle 5	Masse der Sedimentfraktionen.	Anhang

Formelverzeichnis

Formel 1	Berechnung zum prozentuellen Anteil der Individuen einer Art (n) an der Gesamtzahl der Individuen (N) aller Arten.	Seite 9
Formel 2	Berechnung des Shannon-Wiener-Index.	Seite 9
Formel 3	Berechnung der Evenness, wobei H der Shannon-Wiener-Index ist und S die Species Richness	Seite 10
Formel 4	Berechnung der Dominanz.	Seite 10

Abkürzungsverzeichnis

aff.	Species affinis, hohe Ähnlichkeit zu
cf.	confer, man vergleiche
dw	dryweight, Trockengewicht
et al.	et alia, und andere
sp.	species, eine nicht näher bestimmbare Art
spp.	species pluralis, nicht näher bestimmbare Arten
MDS	Non-metric multidimensional scaling Analyse
WoRMS	World Register of Marine Species

Danksagung

Allen voran möchte ich mich bei Frau Professor Petra Heinz und Dr. Paolo Albano für das zur Verfügung stellen des Sedimentkerns und des Raums und der Zeit bedanken, die mir es ermöglichten, diese Arbeit zu schreiben. Auch für ihre Expertise und die daraus folgenden Hilfestellungen möchte ich danken.

Ganz besonders herzlicher Dank geht auch an Dr. Annekatrin Enge, die mir nicht nur Literatur und ihre Zeit und Hilfe bei den Wirren des Bestimmens zur Verfügung gestellt hat, sondern auch immer die Nerven behalten hat, wenn Herausforderungen einmal unübersichtlich wurden. Sie war eine unentbehrliche Unterstützung.

Außerdem will ich mich bei meiner Verlobten Gloria Quell bedanken, die mit mir diese Arbeit als eingespieltes Team und mit viel Motivation über die Bühne gebracht hat.

Zuletzt danke ich natürlich auch meinen Eltern Maria und Wilhelm Nagy und meinem Bruder Stefan Nagy für ihre Unterstützung im Hintergrund und die vielen aufmunternden Worte.

1. Einleitung

1.1 Foraminiferen und der Einfluss von Umweltfaktoren auf diese Organismen

Foraminiferen sind einzellige Eukaryoten, die taxonomisch zu den Rihzarian eingeordnet werden und hauptsächlich marin verbreitet sind. Aufgrund ihrer Schalenstruktur werden sie in drei Großgruppen unterteilt: Die Porzellanschaler, Kalkschaler und Sandschaler. Sie passen sich in auffälliger Weise an ihre Umweltbedingungen an, sie spezialisieren sich durch Variation in ihrem Schalenaufbau (*Murray 1991*) und dienen als Indikatoren für Umweltbedingungen wie Licht, Salzgehalt des Wassers, Wassertemperatur, Wassertiefe, Substratbeschaffenheit und Nahrungsangebot. Das Vorhandensein von ausreichend Licht reguliert die Primärproduktion im Meerwasser und somit die Verteilung von Phytoplankton, eine Nahrungsquelle, die von vielen Foraminiferen genutzt wird. Benthische Organismen wie Algen und Seegras bieten den Foraminiferen aber auch Schutz vor Strömung und ein Substrat um sich festzusetzen. Das Nahrungsangebot hat besonders in oligotrophen Regionen einen Einfluss auf die Individuendichte von Foraminiferen (*Jannink et al., 2001*). In lichtreichen, warmen und salzhaltigen Regionen siedeln sich vor allem Miliolida (Porzellanschaler) an, die durch ihre dicke weiße Schale ihr Zytoplasma vor den Schäden der UV Strahlung schützen können und die Vorteile eines ruhigen Lebensraums und ausreichend Nahrung ausnutzen (*Armstrong & Braiser, 2005*). Vergesellschaftungen von Miliolida sind in hypersalinen Regionen (Salzgehalt über 40 ‰) typisch. Die porenlosen Miliolida können sich durch ihre dicke Schale gut vor dem hohen Salzgehalt schützen (*Armstrong & Braiser, 2005*).

Besonders im Flachwasser hat auch die sedimentäre Zusammensetzung des Substrates einen Einfluss auf die Abundanz von Foraminiferenarten (*Jannink et al., 2001*).

Hartsubstrat bevorzugende Arten sind meist epifaunal und weisen eine große Diversität an morphologischen Ausprägungen auf. Foraminiferenarten, die sich an grobe Sande angepasst haben, leben entweder epifaunal anwachsend, oder semi-infaunal. Ihre Schalen sind dick, stark ornamentiert und länglich ausgeprägt (*Armstrong & Braiser, 2005*).

Eine Änderung der lokalen Faunenzusammensetzung wird häufig als Anzeichen für die Änderung von Umweltbedingungen angesehen. Zum Beispiel gehen die Erwärmung des Meerwassers mit der Einwanderung und dem Überleben von tropischen Arten einher (*Hyams et al., 2002*).

1.2. Menschliche Einflüsse

1.2.1. Der Kanalbau und seine Folgen

Das Mittelmeer ist ein stark isolierter Wasserkörper. Seine tektonisch bedingte vollständige Trennung vom Roten Meer im mittleren Miozän, wurde erst durch den Bau des Suezkanals im Jahr 1869 aufgehoben. Der östliche Teil des Mittelmeeres (Levantisches Meer) ist nun wieder direkt mit dem südlich gelegenen Roten Meer verbunden, doch die lange Isolation des Mittelmeeres und die unterschiedlichen Umweltbedingungen lassen eine starke Diskrepanz zwischen den tropischen Organismen des Roten Meeres und den subtropischen des Mittelmeeres erkennen. Der durchgängig wiedererlangte Wasserstrom zwischen diesen beiden Meeren führt unweigerlich zu einem Wiederaufleben des Faunenaustauschs und brachte bereits hunderte tropische Arten durch den Kanal in das Mittelmeer (*Rilov & Galil, 2009; Por, 2010; Edelstein et al., 2013*). Von ihnen gehören rund 30 zu den Foraminiferen (*Zenetos, 2012*). Nach 1869 wurde der Kanal im Vergleich zu seinem ursprünglichen Zustand in drei Schritten um ein vierzehnfaches vergrößert. Dadurch verstärkte sich auch die Zuwanderung von invasiven Arten (*De Baisi et al., 2003*).

1.2.2. Invasive Arten

Als invasive Arten werden Arten bezeichnet, die außerhalb ihres historisch überlieferten Lebensraums vorkommen. Ihr Vorkommen geht über ihr natürliches Potential der Ausbreitung hinaus, indem sie klimatische, physiologische oder physische Barrieren durch den indirekten oder direkten Einfluss des Menschen in der Vergangenheit überschritten (*Zenetos et al., 2012*). Heimische Arten werden als Arten definiert, die sich ohne Einfluss des Menschen in einer Region etablieren können und in ihrer natürlichen Reichweite vorkommen (*International Council for the Exploration of the Sea, 2005*).

Eine Sonderform der invasiven Arten sind die Lessepsschen Invasoren. Benannt nach dem Projektplaner des Suezkanals Ferdinand de Lesseps, umfasst dieser Begriff all jene Arten, die über den Suezkanal vom Roten Meer in das Mittelmeer einwandern (*Kovalev, 2006*). In der folgenden Arbeit wird diese spezielle Unterscheidung jedoch nicht mehr gemacht. Mit invasiven Arten werden ausschließlich Lessepssche Invasoren gemeint, außer es wird extra auf das Gegenteil hin gewiesen.

Dieser Fokus auf die Invasoren, die durch den Suezkanal gelangen, ist insofern wichtig, da das Mittelmeer nicht in jedem geographischen Bereich gleichermaßen von einer

Einwanderung invasiver Arten betroffen ist. *Edelist und Kollegen (2013)* bezeichnen den östlichen Teil des Mittelmeeres (das Levantinische Meer) als „[...] the world's most invaded ecosystem“ („[...] das Ökosystem mit der höchsten Einwanderung weltweit“) und zeigen mit ihren Untersuchungen an invasiven Fischen, dass die Etablierung von Invasoren in diesem Teil des Mittelmeeres das Vorkommen invasiver Fische in jedem anderen Wasserkörper übertrifft. Auch *Rilov & Galil (2009)* unterstützen diese Aussage durch ihre Studie an Fischen, Mollusken und Crustacea und kamen zu dem Schluss, dass der östliche Teil der von der Invasion am stärksten betroffene Teil des Mittelmeeres ist und dass fast 100% der Invasoren aus dem Roten Meer stammen. Der Suezkanal ist der wahrscheinlichste Zugang für invasive Arten in das Mittelmeer (*Gofas & Zenetos, 2003*) und die unübertroffene Anzahl an Lessepsischen Invasoren im gesamten Levantinischen Becken, lässt sich am wahrscheinlichsten durch die Nähe zum Suezkanal erklären (*Rilov & Galil, 2009*). Doch auch andere Faktoren begünstigen die Etablierung im östlichen Mittelmeer. Im Vergleich zu vielen anderen subtropischen Gewässern ist das Levantinische Meer, durch dessen oligotrophen Bedingungen, relativ arm an Diversität, was invasiven Arten potentielle Nischen öffnet (*Rilov & Galil, 2009*). Außerdem bietet das östliche Mittelmeer für sie attraktive Umweltbedingungen, wie eine hohe Wassertemperatur (besonders im Winter) und einen hohen Salzgehalt (*Rilov & Galil, 2009*), Bedingungen die sich in den kommenden Jahren noch weiter verändern werden (*Béthoux, et al., 1990, 1998*) und einwandernden tropischen Arten noch bessere Überlebenschancen bieten (*Raitsos et al., 2010*).

Auch invasive Foraminiferen im östlichen Mittelmeer sind hauptsächlich Lessepsische Invasoren. Deren Untersuchungen im Mittelmeer sind jedoch nicht sehr ausgeprägt. Studien zu den Ausmaßen der Einwanderung reichen nur einige wenige Dekaden zurück, da ein Erfassen der Datenlage durch die Größe der Organismen erschwert wird. Viele der ersten Studien befassen sich mit tropischen Großforaminiferen, die in das Mittelmeer einwandern (*Hyams et al., 2002; Yokes et al., 2007; Mercado et al., 2013; Meric et al., 2015*), allen voran *Amphistegina lobifera* und *Heterostegina depressa*. Großforaminiferen waren in der warmen Tethys weit verbreitet, doch treten heute nur selten im Mittelmeer auf. Ihr Wiederaufkommen wird mit warmen Temperaturen im Winter korreliert (Wasseroberflächentemperaturen die nicht unter 16°C fallen), die ihnen auch das Überleben im Mittelmeer ermöglichen und vermutlich die Klimaerwärmung reflektieren (*Hyams et al., 2002*). Da die Wassertemperatur ein ökologischer Schlüsselfaktor für die Verbreitung von vielen Arten ist (*Hoegh-Guldberg &*

Bruno, 2010), wird deren Erhöhung im Mittelmeer, vor allem bei den mit tropischen Verhältnissen assoziierten Großforaminiferen zu einer Verbreitung führen, die über das Levantini-sche Meer hinaus geht (Langer et al., 2012). Schon jetzt ist eine rapide nordwestwärts gerichtete Wanderung zu beobachten, bei der *Amphistegina* spp. bald die Adria erreicht hat und auf ihrem Weg dort hin bereits an vielen Küsten die dominante Foraminiferenart geworden ist (Langer et al., 2012).

Viele paläontologische und genetische Studien untersuchen nun ob Foraminiferenarten tatsächlich eingewandert sind (aus einer anderen Population stammen) und unser Wissensgewinn wird immer größer (beispielsweise Mercado et al., 2013, Yokes et al., 2007). Der aktuelle Stand der Untersuchungen zeigt, dass jährlich neue invasive Arten identifiziert werden und die Anzahl über dreißig Arten hinaus geht (Zenetos et al., 2012). Doch trotz zahlreicher Studien über dieses Thema, fehlt das Wissen über die Faunenzusammensetzung zur Zeit vor der Lessepsschen Invasion.

1.2.3. Einwanderungsmechanismen

In ihrer Zusammenschau über die Transportwege von benthischen Foraminiferen in unbesiedelte Gebiete fasste Alve (1999) folgende Möglichkeiten zusammen: Transport der Produkte der sexuellen oder asexuellen Vermehrung durch die Wassersäule (Gameten, Zygoten, Agamonten oder Gamonten), Transport der Juvenilstadien bei meroplanktonischer Lebensweise und daraus resultierender Transport durch die Strömung, aktive Bewegung über den Meeresboden oder passiv durch physikalisches Aufwirbeln der Foraminiferen vom Boden in die Wassersäule. Oft werden auch Aktivitäten der Menschen als Transportmöglichkeit passiv genutzt, so wie die Überführung in ein neues Gebiet durch Ballastwasser der Schiffe (Lessard 1980, Witte, 1994, McGann & Sloan, 1996). Für den Transport durch den Suezkanal sind jedoch wenige dieser Möglichkeiten geeignet. Es wird angenommen, dass die Gameten von Foraminiferen nur eine kurze Lebensdauer von einigen Tagen haben (Alve, 1999) und durch Transport auch zunehmend Distanz zu anderen Gameten erlangen und so kein lebensfähiger Organismus entstehen kann (Alve, 1999). Ein meroplanktonischer Lebensabschnitt ist nur bei den Gattungen *Tretomphalus*, *Tretomphaloides*, *Millettiana*, *Cymbaloporella*, und *Rosalina* nachgewiesen (Alve, 1999). Die invasiven Arten im Mittelmeer gehören nicht zu diesen Gattungen und so kann dieser Weg auch ausgeschlossen werden. Aktive Fortbewegung der Foraminiferen durch den Kanal, indem sie ihre Pseudopodien nutzen, kann auf Grund der

Länge des Kanals von 163 km ebenso ausgeschlossen werden. Foraminiferen bewegen sich zu langsam und nur ungerichtet (Alve, 1999). Eine Kolonialisierung würde nur bei sehr kleinen Distanzen erfolgreich sein (Schafer & Young, 1977). Ob in Suspension geratene Foraminiferen in das Mittelmeer eingespült werden könnten, hängt von der Strömungsstärke und der Zeit ab, die die Foraminifere in Suspension überleben könnte. Da sich benthische Foraminiferen jedoch an eine epifaunale Lebensweise angepasst haben, sind sie nur schwer in Suspension zu bringen (Sherman & Coull, 1980). Am wahrscheinlichsten ist zum einen der Transport durch Ballastwasser, eine Art der Überführung, die auch biologische und klimatische Barrieren umgeht. Ein ebenfalls wahrscheinlicher Mechanismus ist in einer Studie von Guy-Haim et al. (2017) beschrieben, die einen Transport der Foraminiferen im Verdauungstrakt von einwandernden Fischen untersuchte. Im Mittelmeer wurden in den Kotbällen der aus dem Roten Meer eingewanderten Fischarten *Siganus rivulatus* und *Siganus luridus* lebende Individuen von 29 Foraminiferenarten gefunden.

1.2.4. Klimatische Begünstigung

Eine physikalische Barriere zwischen dem Mittelmeer und dem Roten Meer zu durchbrechen, reicht noch nicht aus um Arten uneingeschränkten Austausch zwischen diesen beiden Wasserkörpern zu ermöglichen. Durch ihre Lage und lange Trennung stellen das Mittelmeer und das Rote Meer Lebensräume mit oft stark unterschiedlichen Bedingungen dar, die sich erst angleichen müssen, um das Überleben einer invasiven Art in dem neuen Meer zu ermöglichen. Die Einwanderungsraten von invasiven Arten durch den Suezkanal waren bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts noch gering (Zenetos et al., 2005), was man auf die zwei signifikanten Faktoren Wassertemperatur und Salinität zurückführen kann (Galil, 2006). Das Mittelmeer ist kälter und weniger salzhaltig als das Rote Meer, sodass tropische Arten es schwerer hatten, sich im Mittelmeer zu etablieren. Doch durch die globale Klimaerwärmung verändert sich dieser Umstand (Raitos et al., 2010). Einwandernde Arten können sich durch die Erwärmung des Mittelmeeres nicht nur besser etablieren, die wärmeren Wassertemperaturen stressen auch die heimischen Arten, wodurch ihre Konkurrenzfähigkeit abnimmt (Harris et al., 2001). Durch die Temperaturerhöhung steigt auch die Salzkonzentration des Mittelmeers (Theocharis et al., 1999), ein Umstand, der tropische Arten weiter begünstigt. Doch nicht nur das Mittelmeer wird salzhaltiger, auch im Kanal selbst steigen die

Salzkonzentrationen durch die steigenden Temperaturen und begünstigen dadurch die Einwanderung (*mündliche Mitteilung; Galil, 2018*).

1.3. Fragestellungen

Ziel dieser Arbeit ist eine Rekonstruktion der Lessepsschen Invasion durch die Untersuchung von benthischen Foraminiferen an der israelischen Mittelmeerküste. Wissen über die ursprüngliche Faunenzusammensetzung vor der Öffnung des Suezkanals fehlt und Datensammlungen, die invasive Foraminiferen im Mittelmeer erfassen, reichen nur wenige Dekaden zurück und geben Anlass für intensivere Forschung. Um den Invasionsprozess zu untersuchen, soll die Faunenzusammensetzung benthischer Foraminiferen vor der Öffnung des Suezkanals mit jener nach dessen Öffnung auf Unterschiede und dem Vorhandensein von invasiven Foraminiferenarten untersucht und verglichen werden. Dies soll durch die Analyse eines Sedimentkerns geschehen, dessen Länge von ungefähr 80 cm, den Zeitraum vor und nach der Kanalöffnung mit hoher Wahrscheinlichkeit abdeckt. Der Kern wurde in zwei Hälften unterteilt und mit der Unterstützung von G. Quell analysiert, wobei die „ältere“ Kernhälfte in dieser Masterarbeit behandelt werden soll und die „jüngere“ von G. Quell untersucht wird (*Quell, in Vorbereitung*).

Im Rahmen der Untersuchung sollen folgende konkrete Fragen beantwortet werden:

- a) Wie kann die Foraminiferenfauna im „älteren“ Teil des Kerns beschrieben werden?
- b) Gibt es Veränderungen der Fauna, die im „älteren“ Kernabschnitt beobachtbar sind?
- c) Welche Unterschiede bestehen zum „jüngeren“ Teil des Kerns?
- d) Gibt es Indizien dafür, dass der „ältere“ Teil des Kerns die Zeit vor der Öffnung des Suezkanals widerspiegelt, ohne dass eine Datierung zum Zeitpunkt des Schreibens dieser Arbeit vorliegt?

2. Material und Methoden

2.1. Untersuchungsgebiet und Kernparameter

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurde ein Sedimentkern untersucht. Die Probenahme des Kerns fand im September 2016, im Flachwasser vor Atlit an der israelischen Mittelmeerküste statt und somit südlich der Haifa Bay (siehe Abbildung 1). Die Karte wurde

mit dem Programm Surfer (Golden Software Inc., 2011, Version 10.2.601) erstellt. Der etwa 80 cm lange Sedimentkern wurde in 40,7 m Wassertiefe, an den Lateralkoordinate 034.9050683°N und Longitudinalkoordinate 32.7555830°E entnommen. Auffallend war das heterogene Sediment im Untersuchungsgebiet, das aggregierte Klumpen von korallinen Algen und verschiedenen Korngrößen aufwies. Das zur Kernentnahme verwendete Gerät war ein Kolbenlot das jedoch als Schwerelot mit angebrachten Gewichten von 100 kg benutzt worden war (Gallmetzer et al., 2016). Der Kerndurchmesser betrug 7 cm. Der Kern wurde direkt nach der Entnahme in annähernd 1 cm dicke Abschnitte unterteilt und die daraus resultierenden Lagen jeweils als Layer bezeichnet. All jenen Lagen, die durch die Größe der korallinen Algen nicht in exakt 1 cm breite Anteile geschnitten werden konnten, wurden als Doppel-Layer zusammen gefasst. Da daraus verschiedene Sedimentvolumina entstanden, die nicht vergleichbar mit denen der Einzel-Layer waren, wurden zum Vergleich alle Layer untereinander auf ein Gewicht von 10 g normiert. Die Proben wurden nach dem Schneiden luftgetrocknet und in Plastiksäckchen bis zur weiteren Analyse aufbewahrt.

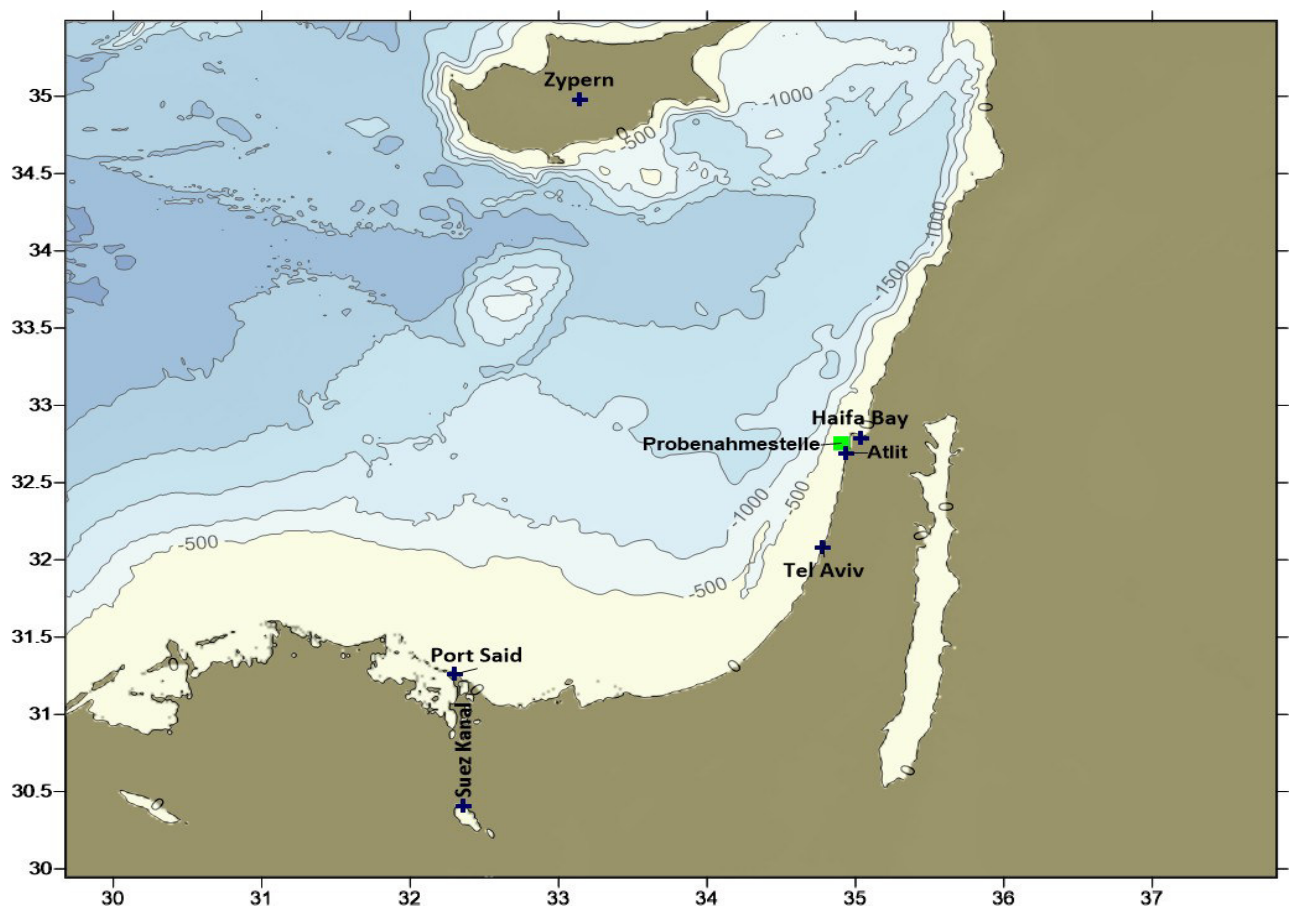


Abbildung 1: Karte des Levantinischen Meeres. In grün ist die Probeentnahmestelle südlich der Haifa Bay markiert. Die unterschiedlichen Farben zeigen die Isobathen, die unterschiedlichen Wassertiefen, an.

2.2. Probenaufbereitung

Das Gesamtrockgewicht jedes Layers wurde durch Wiegen bestimmt, bevor das Sediment mit destilliertem Wasser in Suspension gebracht wurde. Beim Schlämmen wurde jede Sedimentprobe mit destilliertem Wasser und der Hilfe von Sieben in die Korngrößenfraktionen $>500\text{ }\mu\text{m}$ und $<63\text{ }\mu\text{m}$ aufgeteilt und in Gefäßen aufgefangen. Restwasser wurde abdekantiert und die Proben wurden über Nacht bei 40°C im Trockenschrank getrocknet. Das Trockengewicht jeder Korngrößenfraktion wurde durch Wiegen bestimmt.

Zur besseren Bearbeitung wurden die jeweiligen Sedimente dann weiter in die Größenfraktion $>500\text{ }\mu\text{m}$, $500 - 125\text{ }\mu\text{m}$ und $125 - 63\text{ }\mu\text{m}$ aufgeteilt. Die Fraktionen $500 - 125\text{ }\mu\text{m}$ und $125 - 63\text{ }\mu\text{m}$ wurden nach dem Wiegen mit einem ASC Proben Mikrosplitter (ASC-MS-1) homogen gesplittet und gewogen. Durchschnittlich wurde so ein Anteil der Probe von etwa $0,02\text{g}$ zur Untersuchung heran gezogen ($1/64$ der Probe, seltener $1/128$ der Probe). Nachweisgrenze eines Splits waren 300 bestimmbare Individuen, ab dieser Anzahl konnte die Analyseergebnisse auf die gesamte Probe hochgerechnet werden.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde jeder fünfte Layer des älteren Teils des Kerns analysiert, angefangen von Layer 35 (Mitte des Kerns), bis Layer 70 (ältester Layer). Die „jüngere“ Hälfte des Kerns wurde von *G. Quell* und in höherer Auflösung von *K. Zimmermann* (blauer Bereich, siehe Abbildung 2) beschrieben (*Quell, in Vorbereitung; Zimmermann, in Vorbereitung*) und vervollständigt das Bild. Es wurde bei der Analyse kein Unterschied zwischen Lebend- und Totgesellschaft gemacht, sondern die absolute Anzahl an Individuen der benthischen Foraminiferen bestimmt. Die wenigen planktischen Foraminiferen wurden bei dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Auch die Anzahl der Arten wurde ermittelt. Das Auslesen und die Identifikation der Foraminiferen auf Artniveau wurde mit einem Motic Stereomikroskop und einem Rasterelektronenmikroskop (Inspect S50; Fei, Japan) durchgeführt. Für letzteres wurden die Foraminiferen als Vorbereitung auf einen Stub mit Kohleklebefilm geklebt, unter Argonatmosphäre mit Gold besputtert und dann im Hochvakuum unter dem Rasterelektronenmikroskop bestimmt.

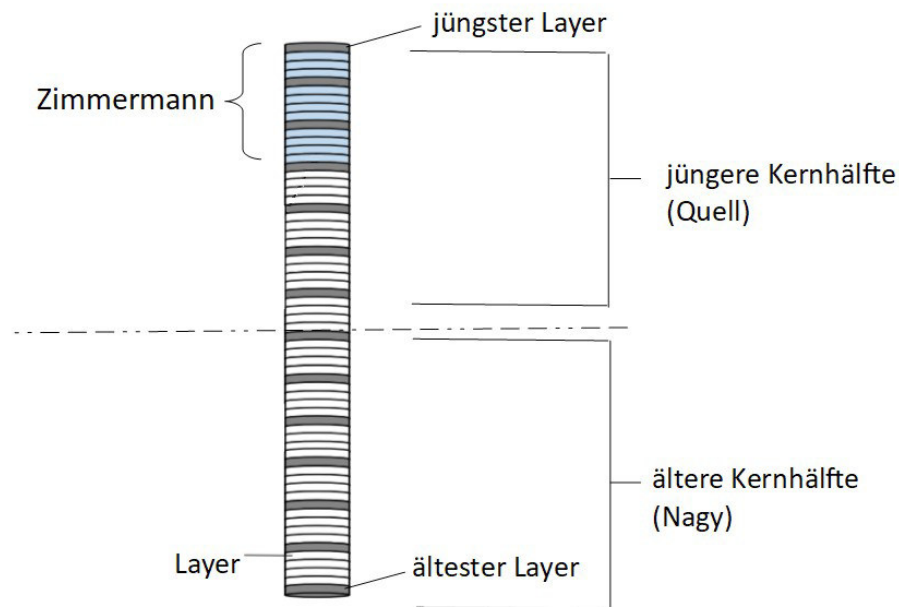


Abbildung 2: Skizze des untersuchten Sedimentkerns und dessen Aufteilung auf die daran beteiligten Masterarbeiten von G.Quell, M. Nagy und K. Zimmermann. In dunkelgrau hervorgehoben ist jeder 5. Layer, in hellblau hervorgehoben sind die Layer welche von K. Zimmermann analysiert wurden. Die gestrichelte Linie zeigt die künstliche Einteilung des Kerns in zwei Hälften

2.3. Quantitative und qualitative Analyse der Faunendaten

2.3.1. Diversitätsindizes

Die Veränderung der Artenzusammensetzung wurde durch mehrere Parameter analysiert und beschrieben. Als einfachstes Diversitätsmerkmal wurde die Species Richness (S) herangezogen (definiert nach *Spellerberg et al. (2003)*, als Anzahl der Arten in einer gegebenen Probe), ein Maß, das die Veränderung der Artenanzahl über die Zeit hinweg darstellen kann. Weiters wurde der Shannon-Wiener Index berechnet, ein oft verwendetes Maß für die Biodiversität (*Spellerberg, 2003*). Er bringt einen Zusammenhang zwischen den Arten und deren Individuenzahlen, wie in unten stehender Formel (Formel 1 und Formel 2) gezeigt.

$$p_i = \frac{n}{N}$$

Formel 1: Berechnung zum prozentuellen Anteil der Individuen einer Art (n) an der Gesamtzahl der Individuen (N) aller Arten.

$$H = - \sum p_i \cdot \ln(p_i)$$

Formel 2: Berechnung des Shannon-Wiener-Index.

Je mehr der resultierende Wert H von 0 abweicht, desto mehr Taxa und mehr Individuen sind in der Probe vorhanden (*Spellerberg, 2003*).

Da die Species Richness nichts über die Zusammensetzung an Arten der einzelnen Layer aussagt, wurde die Evenness berechnet. Die Evenness (E) gibt die Ähnlichkeit der Abundanzen verschiedener Arten in einer Gemeinschaft an. Formel 3 zeigt die verwendete Formel.

$$E = \frac{H}{\ln(S)}$$

Formel 3: Berechnung der Evenness, wobei H der Shannon-Wiener-Index ist und S die Species Richness

Die Evenness ist also ein dimensionsloser Wert zwischen 1 und 0. Je näher der resultierende Wert sich bei 1 befindet, desto gleichmäßiger verteilen sich die Individuenzahlen auf die Artenzahlen einer Probe.

Die Dominanz ist der Evenness sehr ähnlich und daher ein gutes Vergleichsmaß. Sie misst in einem Intervall von 0 (Gleichverteilung) zu 1 (die Probe besteht nur aus einem Taxon) die Verteilung der Individuen über die Anzahl der Arten. Formel 4 zeigt die Art der Berechnung. Artenreiche Faunen und artenarme Faunen haben stets ein unterschiedliches D. Da 1 nur bei einer dominanten Art erreicht werden kann, werden die D Werte geringer, je mehr seltene Arten in der Probe identifiziert werden.

$$D = \sum_i \left(\frac{n_i}{n} \right)^2$$

Formel 4: Berechnung der Dominanz. n_i ist der Anteil an Individuen, in Bezug auf n, der Anzahl an Arten.

Um die Layer untereinander auf ihre Ähnlichkeit zu vergleichen und diese Ergebnisse graphisch darzustellen, wurde eine Non-metric multidimensional scaling Analyse (MDS) durchgeführt. Dabei wurde die Artenzusammensetzung und die Individuenzahl zwischen den Layern verglichen und jeder Layer in Relation zu seiner Ähnlichkeit mit anderen Layern in einem Koordinatensystem aufgetragen. Die relativen Abstände zwischen den Layern spiegeln die Ähnlichkeit wieder. Größere Distanzen zwischen den Layern zeigt eine geringe Ähnlichkeit an.

2.3.2. Dominanzanalyse

Während die Dominanz als Diversitätsindex (siehe Punkt 2.3.1.) eine Aussage darüber treffen kann, ob es dominante Arten in den einzelnen Layern gibt, soll die Dominanzanalyse diese

dominanten Arten identifizieren. Die Dominanzanalyse wurde fraktionsabhängig durchgeführt. Anders als bei anderen Analysen wurden hier die Fraktionen $> 500 \mu\text{m}$, $500 \mu\text{m} - 125 \mu\text{m}$ und $125 \mu\text{m} - 63 \mu\text{m}$ analysiert. Da die Fraktion $< 500 \mu\text{m}$ die Fraktion $> 500 \mu\text{m}$ in ihrer Individuenanzahl weit übertrifft, aber angenommen wurde, dass die meisten invasiven Foraminiferen in der „großen“ $> 500 \mu\text{m}$ -Fraktion zu finden sind, würde bei einer Zusammenlegung aller Probengrößen, dieses Signal der invasiven Foraminiferen verloren gehen – sie wären nie dominant. Daher wurde jede Fraktion einzeln auf die zehn individuenreichsten Arten untersucht. Beide Kernhälften des gesamten Kerns, nicht nur der „ältere“ Teil des Kerns, wurde für diese Analyse auf seine individuenstärksten Arten untersucht (siehe *Quelle, in Vorbereitung*). Als dominante Arten wurden jene Arten definiert, die über den Kern verteilt, in mindestens 11 von 17 Layern unter den zehn individuenstärksten Arten waren.

2.3.3. Korrelation mit externen Parametern

Um den Zusammenhang zwischen der Faunenveränderung und Umweltparametern zu untersuchen, wurden Korrelationen zwischen dem Sediment und der Abundanz beziehungsweise Artenzahl durchgeführt. Hierfür wurde das Programm Past 3.20 verwendet. Nach einer Prüfung auf die Normalverteilung der Faunenparameter der unterschiedlichen Layer und der Korngrößenverteilung über die Layer wurde erkannt, dass der Datensatz des Sediments nicht normalverteilt ist. Daher wurde im weiteren Schritt als Korrelationsmaß Kendall's Tau verwendet, das sich für nicht normalverteilte Datensätze eignet. Es ist ein nicht-parametrischer Test und wird nach Press et al. (1992) durchgeführt.

Es wurden keine weiteren externen Parameter für eine Korrelationsanalyse herangezogen, da keine Daten zum Gehalt an organischem Material im Sediment (gesamt Kohlenstoff Messung) oder der Wassertemperatur zur Verfügung standen. Eine Datierung der Layer lag zum Zeitpunkt des Schreibens dieser Arbeit noch nicht vor. Sie soll bei ihrem Vorliegen Aufschluss über den Zeitrahmen geben, in dem sich die Sedimente abgelagert haben.

2.3.4. Verwendete Computerprogramme

Für die statistische Analyse wurde das Programm PAST 3.20 verwendet (*Hammer et al., 2001*). Die graphische Darstellung wurde mit RStudio, Version 1.1.463 (*Rstudio Team, 2016*) und dem Zusatzpaket ggplot2 (*Wickham, 2016*) durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1. Korngrößenanalyse

Das Sediment wurde in drei Korngrößenklassen unterteilt, „grob“ ($>500\text{ }\mu\text{m}$), „mittel“ (umfasste $500\text{ }\mu\text{m} - 63\text{ }\mu\text{m}$) und „fein“ (umfasste alles $< 63\text{ }\mu\text{m}$). Der gesamte Kern wurde analysiert. Die Massenanteile dieser drei Fraktionen wurde für jeden Layer erfasst und ausgewertet (siehe Abbildung 3 und *Quell, in Vorbereitung*). Im ältesten Teil des Kerns, zwischen Layer 70 und den Layern 65 – 66, nimmt die „fein“ Fraktion des Sediments rapide zu. Sie bleibt im weiteren Verlauf konstant dominant, bis zu Layer 15, dort findet eine starken Abnahme der „fein“ Fraktion statt, wodurch sie bei Layer 5 ihr Minimum erreicht. Die „grob“ Fraktion wird daraufhin dominant. Die „mittel“ Korngrößenklasse bleibt weitgehend stabil und bildet in keinem der Layer den größten Massenanteil.

Als Umweltparameter wurde die Sedimentzusammensetzung in weiterer Folge mit der Artenanzahl und der Individuenanzahl korreliert.

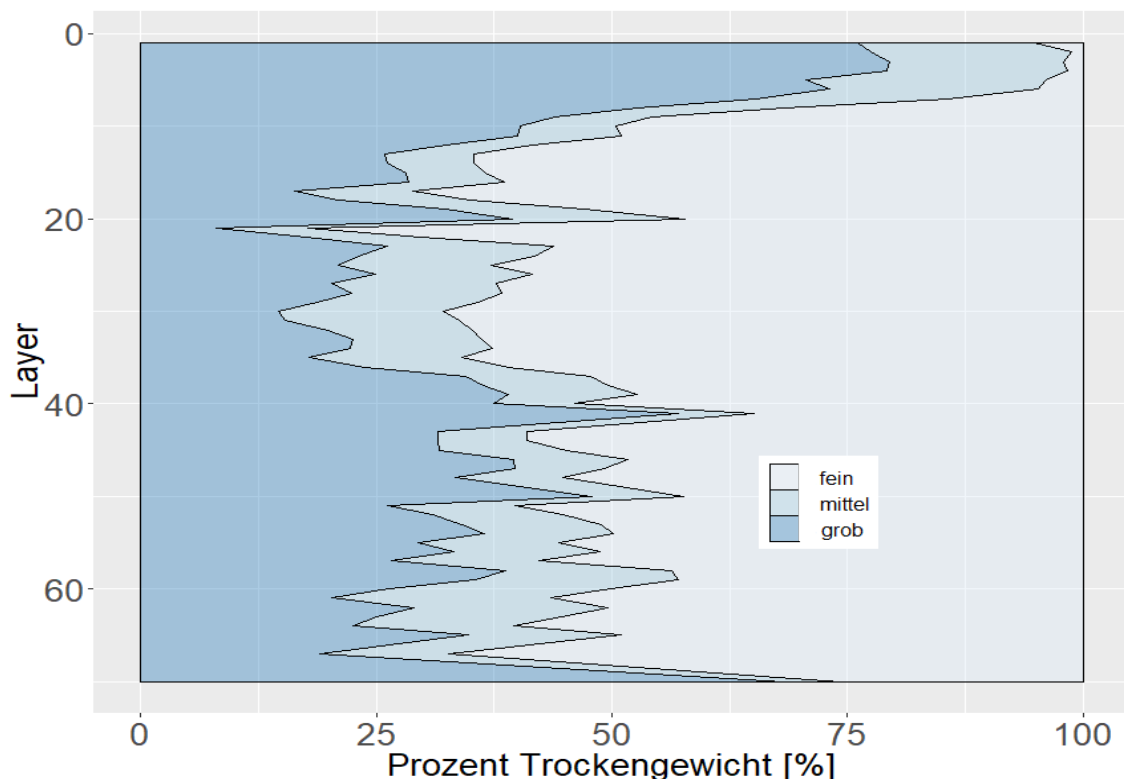


Abbildung 3: Anteil der verschiedenen Korngrößenfraktionen im gesamten Sedimentkern. Die Fraktion „grob“ umfasst die Korngröße $> 500\text{ }\mu\text{m}$. Die Fraktion „mittel“ umfasst die Korngrößen $500 - 63\text{ }\mu\text{m}$. Die Fraktion „fein“ umfasst die Korngröße $< 63\text{ }\mu\text{m}$. Die Daten für die „jüngere“ Kernhälfte sind der Arbeit von *Quell (in Vorbereitung)* entnommen.

3.2. Benthische Foraminiferenvergesellschaftung

3.2.1. Artenanzahl und Individuenanzahl

Die Artenverteilung über den Kern ist überwiegend homogen, 67% der Arten kommen in beiden Kernhälften vor. 43 Arten (21%) fehlen in dem Bereich des Kerns, der in dieser Arbeit untersucht wurde und etablierten sich somit erst in den jüngeren Schichten. Insgesamt wurden 161 Arten in der älteren Kernhälfte gefunden wovon 24 Arten (~12% des gesamten Kerns) nur in diesem Abschnitt vorkommen und somit im Laufe der Zeit verschwinden. Diese Arten gehören überwiegend zu den *Spiroloculinen*, genauso wie jene 43 Arten, die nur in den jüngeren Schichten vorkommen.

Nur eine Art, die als invasiv identifiziert werden konnte, wurde im untersuchten Kernabschnitt gefunden. Diese Art, *Acervulina inhaerens*, kommt vor allem in Layer 45 – 46, Layer 48 – 50 und Layer 55 vor und wurde somit in sehr „alten“ Layern gefunden.

Abbildung 4 zeigt den Verlauf der Artenanzahl und Individuenanzahl über den Kern. Dabei sind die Ergebnisse in die Fraktion „groß“ (>125 µm), „klein“ (125 µm – 63 µm) und gesamt (>63 µm) aufgeteilt. Um die Layer untereinander zu vergleichen, wurde die Artenanzahl und Individuenanzahl jeweils auf 10 g Trockengewicht der ursprünglichen Probe normiert.

Es gibt eine deutliche Diskrepanz zwischen den Größenfraktionen. Sowohl in der Artenzahl als auch in der Individuenzahl ist die „große“ Fraktion dominanter und macht den Großteil der gesamten Anzahl an Arten und Individuen aus (siehe Abbildung 4).

Ein allgemein steigender Trend von älteren zu jüngeren Layer ist bei der Anzahl an Individuen zu erkennen, der sein Maximum bei Layer 45 – 46 erreicht. Auffällig ist auch, dass der „älteste“ Teil des Kerns (Layer 70 bis Layer 55) der einzige Abschnitt ist, bei dem die Anzahl an Individuen der „kleinen“ Fraktion, die der „großen“ Fraktion übertrifft.

Bei der Anzahl an Arten ist in diesem Kernabschnitt kein deutlicher Trend zu erkennen, sie hat ihr Maximum bei Layer 48 – 50 doch sinkt daraufhin wieder von den „älteren“ zu den „jüngeren“ Layern stark.

Betrachtet man die Arten aufgeteilt auf ihre Ordnungen, konnten die meisten gefundenen Arten den Miliolida (93 von 161 Arten) zugeordnet werden, das sind 57,8 %. Rotaliida machen 36,6 % der Arten aus, während agglutinierende Foraminiferen nur 5,6 % der gefundenen Arten darstellen. Auch in der Individuenzahl dominieren die Miliolida leicht. Durchschnittlich machen sie rund 53 % der Individuen aus, während die Rotaliida durchschnittlich rund 45 % und die agglutinierenden Foraminifere rund 0,52 % ausmachten.

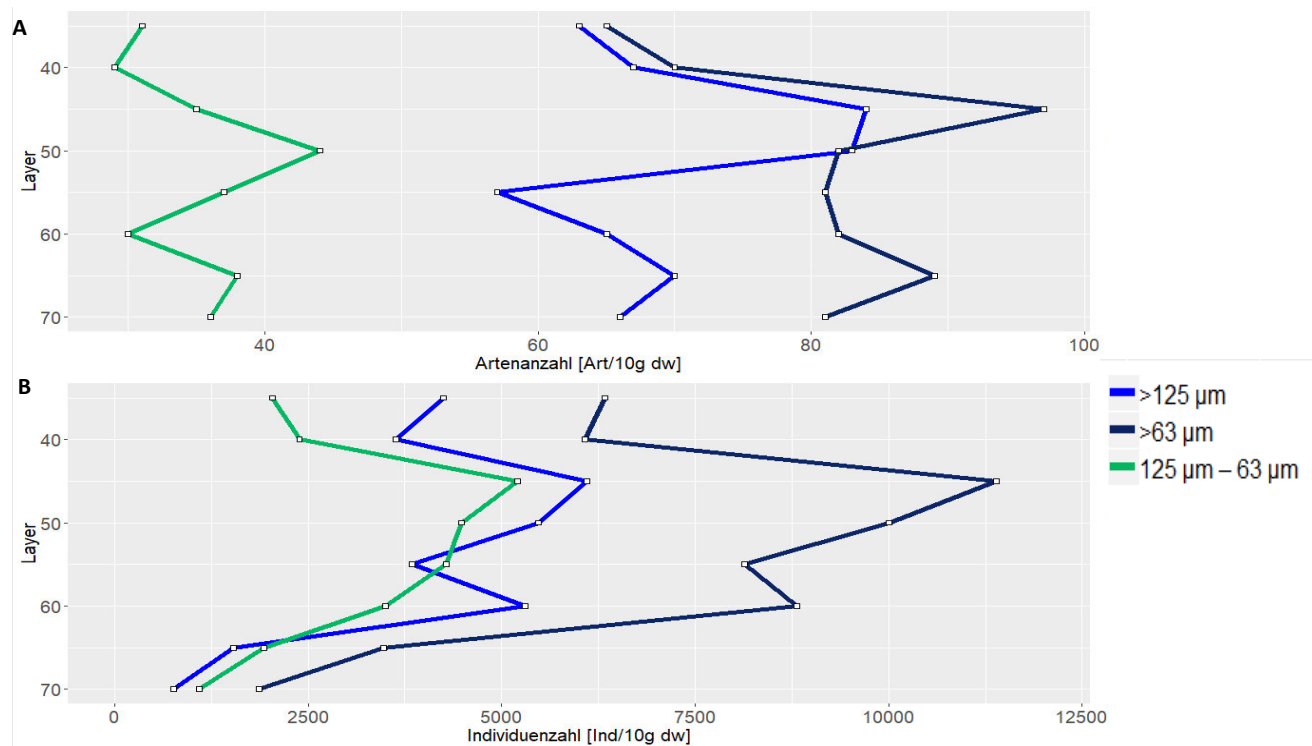


Abbildung 4 A: Verteilung der Anzahl der Arten in dem „älteren“ Teil des Kerns

Abbildung 4 B: Verteilung der Anzahl der Individuen in dem „älteren“ Teil des Kerns

3.2.2. Artenliste

Zur Bestimmung der Foraminiferen auf Artniveau wurden hauptsächlich die Arbeiten von *Meric et al. (2014 a)*, *Cimerman & Lange (1991)* und *Milker et al. (2012)* verwendet. In Sonderfällen wurde auch *Loeblich & Tappan (1988)*, *Yanko (1998)*, *Hottinger et al. (1993)* und *Sgarella et al. (1993)* herangezogen. Die spezifische Bestimmungsliteratur je Art wird in der folgenden Artenliste angeführt. Durch aktuelle Umbenennungen stimmen die Namen nicht in jedem Fall mit der Bestimmungsliteratur überein. In der untenstehenden Liste wurden die aktuellen Namen verwendet, die in WoRMs (World Register of Marine Species) aufgelistet wurden (*Stand April 2019*).

Für die Identifikation von invasiven Foraminiferen diente in erster Linie die dreigeteilte Liste von *Zenetos et al (2008, 2010, 2012)*. Für Funde von invasiven Arten die nach 2012 beschrieben wurden, wird die jeweilige spezifische Bestimmungsliteratur ebenso in der folgenden Artenliste vermerkt. Potentiell invasive Arten sind mit einem * hervorgehoben.

Die Zählraten pro Layer für den gesamten Kern sind im Anhang zu finden. Die Bestimmung wurde in Zusammenarbeit mit Gloria Quell durchgeführt, was bei Arten, die nur auf Gattungsniveau bestimmt werden konnten, in dieser Arbeit zu einer Abweichung von einer kontinuierlicher Nummerierung führt (zum Vergleich siehe *Quell, in Vorbereitung*).

Stamm: **FORAMINIFERA** Eichwald, 1830

Ordnung: **TEXTULARIINA** Delage & Hérouard, 1896

Familie: **TEXTULARIIDAE** Ehrenberg, 1838

Textularia bocki Höglund, 1947

Bildtafel: 1A - B

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Textularia truncata Höglund, 1947

Bildtafel: 1C - D

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Textularia cf. truncata Höglund, 1947

Kammerform und Größe der Mineralkörner wie *T. truncata*, letzten zwei Kammern im Querschnitt breiter. Apertur schmal und kurz.

Textularia sp. 1 Defrance, 1824

Bildtafel: 1F

Habitus wie *T. bocki*, doch Sediment ab etwa der Hälfte der Kammern zunehmend an Größe. Letzten beiden Kammern flach.

Textularua sp. 2 Defrance, 1824

Habitus wie *T. bocki*, doch Sediment ab etwa der Hälfte der Kammern abnehmend an Größe. Letzten beiden Kammern rund, wie bei *T. bocki*.

Textularia sagittula (Defrance, 1824)

Bildtafel: 1E

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; dort als *Spiroplectinella sagittula*

Textularia spp. Defrance, 1824

Familie: **PSEUDOGAUDRYINIDAE** Löblich & Tappan, 1985

Connemarella rudis Wright, 1900

Bildtafel: 1 G - H

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Ordnung: **LOFTUSIIDA** Kaminski & Mikjalevich, 2000

Familie: **HADDONIIDAE** Saidova, 1981

Haddonina sp. Chapman, 1898

Bildtafel: 1I

Fehlende Apertur.

Ordnung: **MILIOLINA** Delage & Hérouard, 1896

Familie: **CRIBROLINOIDAE** Cushman & LeRoy, 1939

Adelosina cliarensis Heron-Allen & Earland, 1930

Bildtafel: 1J - L

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Adelosina cf. cliarensis d'Orbigny, 1826

Oberfläche glatt, Zahn bifid und in langem Hals mit runder Apertur lokalisiert, wie bei *A. cliarensis*; älteste beiden Kammern breiter als bei *A. cliarensis*, mit vier äußeren Kammern sichtbar.

Adelosina bicornis (Walker & Jacob, 1798)

Bildtafel: 2A - B

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; dort bestimmt als *Lachlanella bicornis*

Adelosina dubia d'Orbigny, 1905

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)*

Adelosina elegans Williamson, 1858

Bildtafel: 2C - D

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Adelosina inricata Terquem, 1878

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Adelosina italica Terquem, 1878

Bildtafel: 2E

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Adelosina mediterranensis Le Calvez & Le Calvez, 1958

Bildtafel: 2F - G

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Adelosina cf. partchsi d'Orbigny, 1826

Habitus wie *A. partschi* (nach Meric et al. 2014 a) doch keine deutliche Ornamentierung.

Adelosina pulchella d'Orbigny, 1826

Bildtafel: 2H - L

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Adelosina sp. 3 d'Orbigny, 1826

Ähnlich *Adelosina pulchella*, doch die äußeren Kammern sind breiter. Viele dieser Individuen waren zusätzlich deformiert.

Adelosina sp. 5 d'Orbigny, 1826

Adelosina mediterranensis ähnlich, doch Kammern in einem flacheren Winkel angeordnet.

Adelosina sp. 6 d'Orbigny, 1826

Quinqueloculina duthersi sehr ähnlich, doch Hals sehr kurz.

***Adelosina* sp. 7** d'Orbigny, 1826

Ähnlich wie *Adelosina pulchella*, doch seitlicher Kiel stärker ausgeprägt, als bei *A. pulchella*. Viele dieser Individuen waren auch deformiert (zu viele Kammern in der äußersten Umwindung sichtbar)

***Adelosina* sp. 9** d'Orbigny, 1826

Quinqueloculina duthersi sehr ähnlich, doch nur vier Kammern von außen zu sehen.

***Adelosina* spp.** d'Orbigny, 1826

Familie: **FISCHERINIDAE** Millett, 1898

Vertebralina striata d'Orbigny, 1826

Bildtafel: 3A - B

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Familie: **HAUERINIDAE** Schwager, 1876

***Affinetrina planciana* (d'Orbigny, 1839)**

Bildtafel: 8G – J

bestimmt nach: *Samir et al. (2003)*

Articulina mucronata d'Orbigny, 1839

Bildtafel: 3C

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)*

Cycloforina contorta d'Orbigny, 1846

Bildtafel: 3D - E

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)*

Cycloforina tenuicollis Wiesner, 1923

Bildtafel: 3F

bestimmt nach: *Milker et al., (2012)*

Lachlanella undulata d'Orbigny, 1852

Bildtafel: 3G - H

bestimm nach: *Milker et al. (2012)*

Lachlanella aff. undulata d'Orbigny, 1852

Apertur fehlend.

Miliolinella subrotunda Montagu, 1803

Bildtafel: 3I – L

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Miliolinella cf. hybrida (Terquem, 1878)

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; dort auch als *Miliolinella cf. M. hybrida* bestimmt

Miliolinella cf. subrotunda Wiesner, 1931

Habitus wie *M. subrotunda*, Zahn breit doch nicht so hoch wie bei *M. subrotunda* (mehr leistenförmig).

Miliolinella webbiana d'Orbigny, 1839

Bildtafel: 4A - B

bestimmt nach: *Cimerman et al., (1991)*

Milliolinella aff. webbiana d'Orbigny, 1839

Apertur abgebrochen.

Miliolinella sp. 1 Wiesner, 1931

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)* dort auch als *Miliolinella sp. 1* bestimmt.

Miliolinella sp. 2 Wiesner, 1931

Sehr ähnlich zu *M. subrotunda*, Kammern jedoch mehr aufgewölbt.

Pseudotriloculina lecalvezae (Kaasschieter, 1961)

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*; dort bestimmt als *Pseudotriloculina laevigata*;

Widersprüchliche Nomenklatur: „*Triloculina laevigata* d'Orbigny in Terquem, 1878 (not Bornemann, 1855) was replaced by *T. lecalvezae* Kaasschieter, 1961. The recent species described as *P. laevigata* should also be renamed.“ (*WoRMS, April 2019*)

Pseudotriloculina limbata (d'Orbigny, 1905)

Bildtafel: 4C - D

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; dort bestimmt als *Quinqueloculina limbata* benannt.

Pseudotriloculina rotunda d'Orbigny, 1893

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Pseudotriloculina cf. rotunda Cerif, 1970

Bildtafel: 4E - F

Kammern schmaler als *P. rotunda*, doch runder als *P. subgranulata*; Zahn bifid und lang, doch kein ausgeprägter Rand um die Apertur, was typisch für *P. subgranulata* wäre. Schale glatt und strukturlos.

Pseudotriloculina sp. Cerif, 1970

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)* dort auch als *Pseudotriloculina sp.* bestimmt

Quinqueloculina berthelotiana d'Orbigny, 1839

Bildtafel: 4G - H

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Quinqueloculina cf. berthelotiana d'Orbigny, 1826

Kammern gedrungener als bei der eher länglichen *Q. berthelotiana*.

Quinqueloculina bidentina d'Orbigny, 1839

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Quinqueloculina bosciana d'Orbigny, 1839

Bildtafel: 4I - J

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Quinqueloculina disparilis d'Orbigny, 1893

Bildtafel: 4K – M

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Quinqueloculina aff. disparilis d'Orbigny, 1893

Apertur fehlend oder nur teilweise vorhanden.

Quinqueloculina duthersi (Schlumberger, 1886)

Bildtafel: 5A - C

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; dort bestimmt als *Adelosina duthersi*.

Quinqueloculina jugosa Cushman, 1944

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Quinqueloculina laevigata d'Orbigny, 1839

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Quinqueloculina lamarckiana d'Orbigny, 1839

Bildtafel: 5D - F

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Quinqueloculina aff. lamarckiana d'Orbigny, 1839

Apertur abgebrochen.

Quinqueloculina parvula Schlumberger, 1894

Bildtafel: 5G - I

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Quinqueloculina schlumbergeri (Wiesner, 1923)

Bildtafel: 5J - L

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)*; dort bestimmt als *Quinqueloculina stelligera*.

Quinqueloculina seminula Linnaeus, 1758

Bildtafel: 6A - B

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)*

Quinqueloculina viennensis Le Calvez & Le Calvez, 1958

Bildtafel: 6C - D

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Quinqueloculina sp. 2 d'Orbigny, 1826

Sehr ähnlich *Q. parvula*, doch glatte Oberfläche und breiter, kurzer Zahn.

Quinqueloculina sp. 3 d'Orbigny, 1826

Sehr ähnlich *Q. limbata* bei *Meric et al. (2014 a)*, doch mit längerem Hals.

***Quinqueloculina* sp. 4** d'Orbigny, 1826

Habitus länglich mit glatter Schale (ähnlich *Adelosina cliarensis*, doch Kammern deutlich breiter als bei *A. cliarensis*). Fünf Kammern sind von außen sichtbar. Ein langer dünner Hals endet mit einer runden Apertur und einem bifiden Zahn.

***Quinqueloculina* spp.** d'Orbigny, 1826

Sigmoilina costata (Schlumberger, 1893)

Bildtafel: 6E - G

bestimmt nach: *Sgarella et al. (1993)*; dort bestimmt als *Sigmoilinita costata*

***Sigmoilinita* sp.** Schlumberger, 1887

Bildtafel: 6H

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)*; dort bestimmt als *Sigmoilinita* sp 1.

Siphonaperta* aff. *aspera d'Orbigny, 1826

Bildtafel: 6I

Kragen um Apertur nicht ausgeprägt (vergleiche: *Milker et al. (2012)*)

Siphonaperta dilatata Le Calvez & Le Calvez, 1958

Bildtafel: 6J

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)*

Triloculina marioni Schlumberger, 1893

Bildtafel: 7A - C

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Triloculina* cf. *marioni Schlumberger, 1893

Habitus wie *T. marioni*, doch Apertur weist keinen verdickten Rand auf.

Triloculina oblonga (Montagu, 1803)

Bildtafel: 7D - E

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*; dort bestimmt als *Pseudotriloculina oblonga*

***Triloculina* sp. 1** d'Orbigny, 1826

Habitus länglich, ähnlich *Adelosina cliarensis* mit langem Hals, doch nur drei Kammern von außen sichtbar. Schale glatt.

***Triloculina* sp. 3** d'Orbigny, 1826

Ähnlich *Triloculina marioni*, doch Zahn etwas kürzer. Individuen oft deformiert, sodass die Kammern nicht richtig aufgebaut wurden. Die Apertur liegt etwa auf halber Höhe einer normalgebauten *Triloculina*.

***Triloculina* spp.** d'Orbigny, 1826

Wellmanellinella striata Sidebottom, 1904

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Familie: **NUBECULARIIDAE** Jones, 1875

***Calcituba* sp.** Roboz, 1884

Bildtafel: 7F - G

Ähnlich *Calcituba polymorpha*, doch nur eine lange Kammer.

***Nodophthalmidium* sp.** Macfadyen, 1939

Bildtafel: 7H

Nur juvenile Individuen, deshalb nicht näher bestimmbar

Familie: **OPHTHALMIDIIDAE** Wiesner, 1920

***Edentostomina* sp.** Collins, 1958

Bildtafel: 7I

Spirophthalmidium acutimargo Bardy, 1884

Bildtafel: 7J

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

***Spirophthalmidium* sp. 1** Cushman, 1927

Bildtafel: 7K

bestimmt nach *Cimerman et al. (1991)*; dort auch bestimmt als *Spirophthalmidium* sp. 1

***Spirophthalmidium* aff. sp. 1** Cushman, 1927

abgebrochene Apertur

***Spirophthalmidium* sp. 2** Cushman, 1927

Bildtafel: 7L

bestimmt nach *Milker et al. (2012)*; dort auch bestimmt als *Spirophthalmidium* sp .2

Familie: **SPIROLOCULINIDAE** Wiesner, 1920

Spiroloculina angulosa d'Orbigny, 1904

Bildtafel: 8A - B

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Spiroloculina* aff. *angulosa d'Orbigny, 1904

Zahn abgebrochen

Spiroloculina depressa d'Orbigny, 1826

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Spiroloculina* aff. *depressa d'Orbigny, 1826

Apertur abgebrochen

Spiroloculina dilatata

Bildtafel: 8C - D

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Spiroloculina* cf. *dilatata

Jüngste Kammer nicht stark verbreitert, im Gegensatz zu *S. dilatata*.

Spiroloculina excavata d'Orbigny, 1845

Bildtafel: 8E

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Spiroloculina ornata d'Orbigny, 1839

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

***Spiroloculina* spp.** d'Orbigny, 1826

***Spirosigmoilina pusilla* Earland, 1934**

bestimmt nach: *Jones (1994)*; dort als *Spiroloculina pusilla* bestimmt

Ordnung: **LAGENIDA** Delage & Hérouard, 1896

Familie: **LAGENIDAE**

***Lagena striata* d'Orbigny, 1839**

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Familie: **POLYMORPHINIDAE** d'Orbigny, 1839

***Polymorphina* sp. d'Orbigny, 1826**

Bildtafel: 8F

Ordnung: **OTALIIDA**

Familie: **ACERVULINIDAE**

****Acervulina inhaerens* Schulze, 1854**

Bildtafel: 8K - L

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

***Planogypsina squamiformis* Chapman, 1901**

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

***Sphaerogypsina globula* Reuss, 1884**

Bildtafel: 9A

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Familie: **AMMONIIDAE** Saidova, 1981

Ammonia cf. compacta Hofker, 1964

Bildtafel: 9B - C

Aussehen ähnlich wie bei *Meric et al. (2014 a)*;

Ammonia inflata Seguenza, 1862

Bildtafel: 9D - E

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Ammonia parkensoniana d'Orbigny, 1839

Bildtafel: 9F - G

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Ammonia aff. parkensoniana Brünnich, 1771

Apertur abgebrochen

Ammonia tepida Cushman, 1926

Bildtafel: 9H - I

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Ammonia sp. 1 Brünnich, 1771

Individuen werden nie größer als 500 µm. Kein „umbilical plug“.

Ammonia spp. Brünnich, 1771

Challengerella bradyi Billman, Hottinger & Oesterle, 1980

Bildtafel: 9J - K

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*. Weist auch große Ähnlichkeit zu *Ammonia beccarii* auf, siehe *Avnaim-Katav et al. (2013)*.

Challengerella aff. bradyi Billman, Hottinger & Oesterle, 1980

Apertur abgebrochen

Familie: **AMPHISTEGINIDAE** d'Orbigny, 1826

****Amphistegina lobifera*** Larsen, 1976

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; invasiv nach: *Zenetos et al. (2008)*; siehe 4.Diskussion

Familie: **ASTERIGERINATIDAE** Reiss, 1963

Asterigerinata mamilla Williamson, 1858

Bildtafel: 10A - B

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Familie: **BOLIVINITIDAE** Cushman, 1927

Bolivina variabilis Williamson, 1858

Bildtafel: 9L

bestimmt nach: *Kucera et al. (2017)*

***Bolivina* spp.** d'Orbigny, 1839

Bulimina* cf. *aculeata d'Orbigny, 1846

Bildtafel: 10C

bestimmt nach: *Avnaim-Katav et al. (2013)*. Die Individuen waren alle juvenil, wodurch die Stacheln nicht ausgeprägt sind.

Familie: **CIBICIDAE** Cushman, 1927

***Cibicides* sp. 1** Monfort, 1808

Nur juvenile Formen, daher nicht näher bestimmbar.

***Cibicides* spp.** Monfort, 1808

Cibicidoides lobatulus Walker & Jacob, 1798

Bildtafel: 10D - F

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; dort bestimmt als *Lobatula lobatula*

Cibicidoides cf. lobatulus Walker & Jacob, 1798

Individuen oft unregelmäßig aufgerollt. Apertur aber wie *C. lobatulus*.

Dyocibicides biserialis Cushman & Valentine, 1930

Bildtafel: 10G

bestimmt nach: *Lui (2008)*

Paracibicides edomica Perelis & Reiss, 1975

Bildtafel: 10H - I

bestimmt nach: *Meric et al., (2014 a)*

Familie: **DISCORBINELLIDAE** Sigal, 1952

Discorbinella bertheloti (d'Orbigny, 1839)

Bildtafel: 10J - K

bestimmt nach: *Milker et al., (2012)*

Familie: **ELPHIDIIDAE** Galloway, 1933

Criboelphidium poeyanum d'Orbigny, 1839

Bildtafel: 10L

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

Elphidium advenum (Cushman, 1922)

Bildtafel: 11A - C

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*; dort bestimmt als *E. depressulum*.

Elphidium crispum (Linnaeus, 1758)

Bildtafel: 11D

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Elphidium aff. crispum (Linnaeus, 1758)

Letzte Kammer mit abgebrochener Apertur

Elphidium macellum (Fichtel & Moll, 1798)

Bildtafel: 11E

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

***Elphidium* spp.** Monfort, 1808

Porosononion granosum d'Orbigny, 1846

Bildtafel: 11F - G

bestimmt nach: *Hottinger et al. (1993)*

Familie: **EPONIDIDAE** Hofker, 1951

Eponides repandus Fichtel & Moll, 1798

Bildtafel: 11H - I

bestimmt nach: *Hottinger et al. (1993)*

Eponides* aff. *repandus Fichtel & Moll, 1798

Letzte Kammer mit abgebrochener Apertur.

Planopulvinulina dispansa Brady, 1884

Bildtafel: 11J - K

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Familie: **GLABRATELLIDAE** Loeblich & Tappan, 1964

Glabratella hexamerata Seiglie & Bermúdez, 1965

Bildtafel: 11L

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Pileolina patelliformis (Bardy, 1884)

Bildtafel: 12H - I

bestimmt nach: *Cimerman et al. (1991)*

***Pileolina* sp. 1** Bermúdez, 1952

Mehr Kammern in äußerster Umwindung als *Pileolina patelliformis*. Suturen sichtbar.

Äußerste Kammern leicht aufgewölbt.

Familie: **MISSISSIPPINIDAE** Saidova, 1981

Stomatorbina concentrica (Parker & Jones, 1864)

Bildtafel: 12A

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)*

***Stomatorbina* spp.** Dorreen, 1948

Familie: **HOMOTREMATIDAE** Cushman, 1927

Miniacina miniacea (Pallas, 1766)

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Familie: **NONIONIDAE** Montfort, 1808

Astrononion stelligerum (d'Orbigny, 1839)

Bildtafel: 12B - C

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Nonionoides turgidus (Williamson, 1858)

Bildtafel: 12D

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; dort bestimmt als *Nonionella turgida*

Familie: **HAYNESINIDAE** Mikhalevich, 2013

Haynesina depressula (Walker & Jacob, 1798)

Bildtafel: 12E

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; dort bestimmt als *Nonion depressulus*

Familie: **NUMMULITIDAE** Blainville, 1827

****Heterostegina depressa*** d'Orbigny, 1826

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*; invasiv nach: *Zenetos et al., (2008)*; siehe 5. Diskussion

Familie: **PLANORBULINIDAE** Schwager, 1877

Planorbulina mediterranensis d'Orbigny, 1826

Bildtafel: 12F

bestimmt nach: *Meric et al., (2014 a)*

Familie: **REUSSELLIDAE** Cushman, 1933

Reussella spinulosa Reuss, 1850

Bildtafel: 12G

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Familie: **ROSALINIDAE** Reiss, 1963

Neoconorbina terquemi (Rzehak, 1888)

Bildtafel: 12J - K

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Rosalina bradyi (Cushman, 1915)

Bildtafel: 13A - B

bestimmt nach: *Meric et al. (2014 a)*

Rosalina aff. bradyi (Cushman, 1915)

Älteste Kammern abgebrochen.

Rosalina macropora (Hofker, 1951)

Bildtafel: 13C - D

bestimmt nach: *Milker et al. (2012)*

***Rosalina* sp. 1** d'Orbigny, 1826

Flacher als *Rosalina bradyi* mit äußeren Kammern, die spitz ausgezogen sind.

***Rosalina* sp. 2** d'Orbigny, 1826

Schale durchsichtig und fragil. Habitus wie *R. bradyi*.

***Rosalina* sp. 3** d'Orbigny, 1826

Schale durchsichtig und fragil. Habitus runder, ähnlich *Gavelinopsis* sp. 1 doch nur 5 – 6 Kammern wie bei *Rosalina bradyi*.

Familie: **SIPHOGENERINOIDIDAE** Saidova, 1981

Rectuvigerina phlegeri Le Calvez, 1959

Bildtafel: 12L

bestimmt nach: *Meric et al., (2014 a)*

Familie: **TRICHOHYALIDAE** Saidova, 1981

Buccella granulata di Napoli Alliata, 1952

Bildtafel: 13E - F

bestimmt nach: *Meric et al., (2014 a)*

Familie: **UVIGERINIDAE** Haeckel, 1894

***Uvigerina* spp.** d'Orbigny, 1826

Familie: **VAGINULINIDAE** Reuss, 1860

***Lenticulina* sp.** Lamarck, 1804

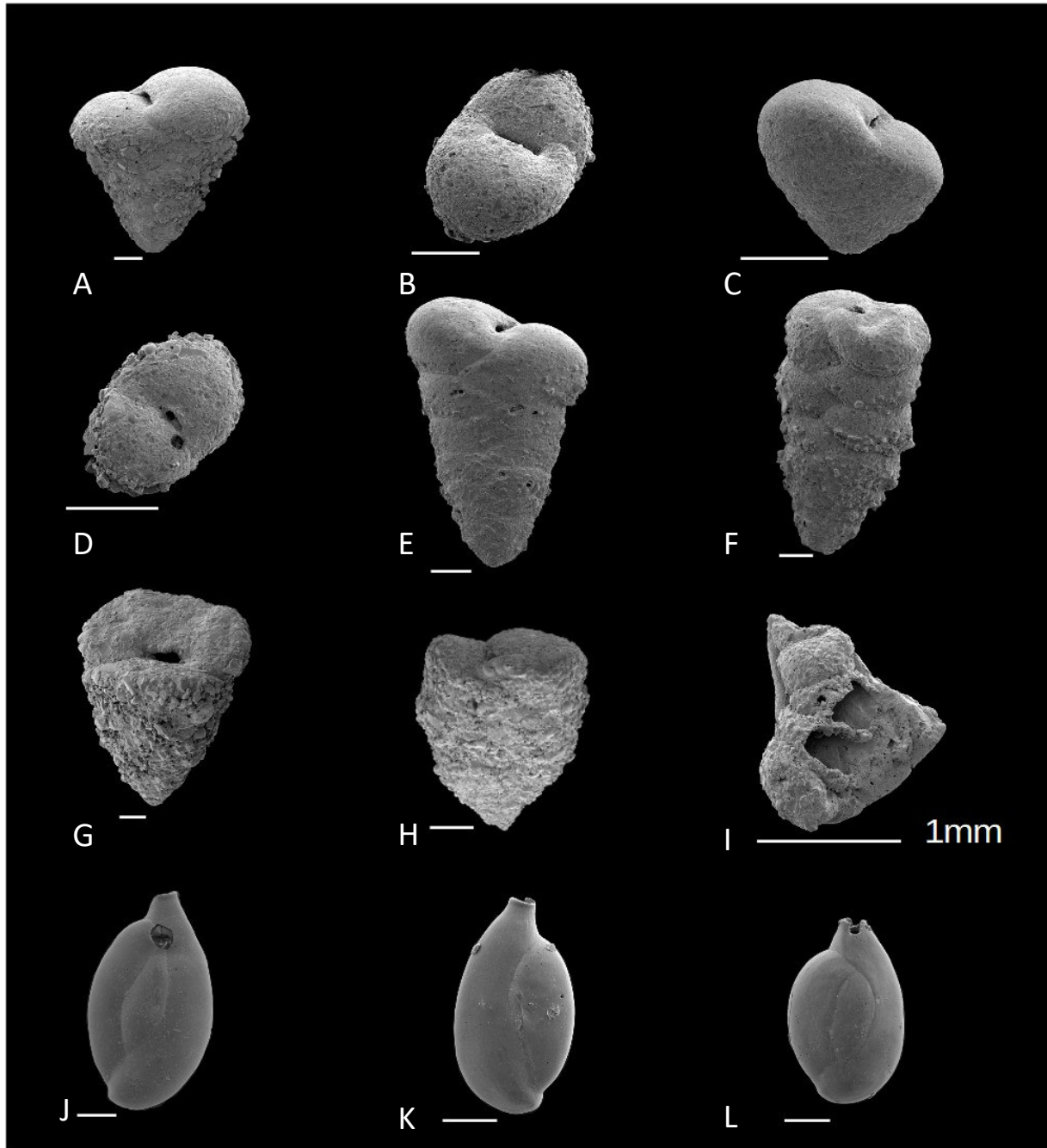
Familie: **SVRATKINIDAE** Burgrova, 1989

Svratkina tuberculata (Balkwill & Wright, 1885)

Bildtafel: 13G - H

bestimmt nach: *Sgarella et al., (1993)*

Bildtafel 1



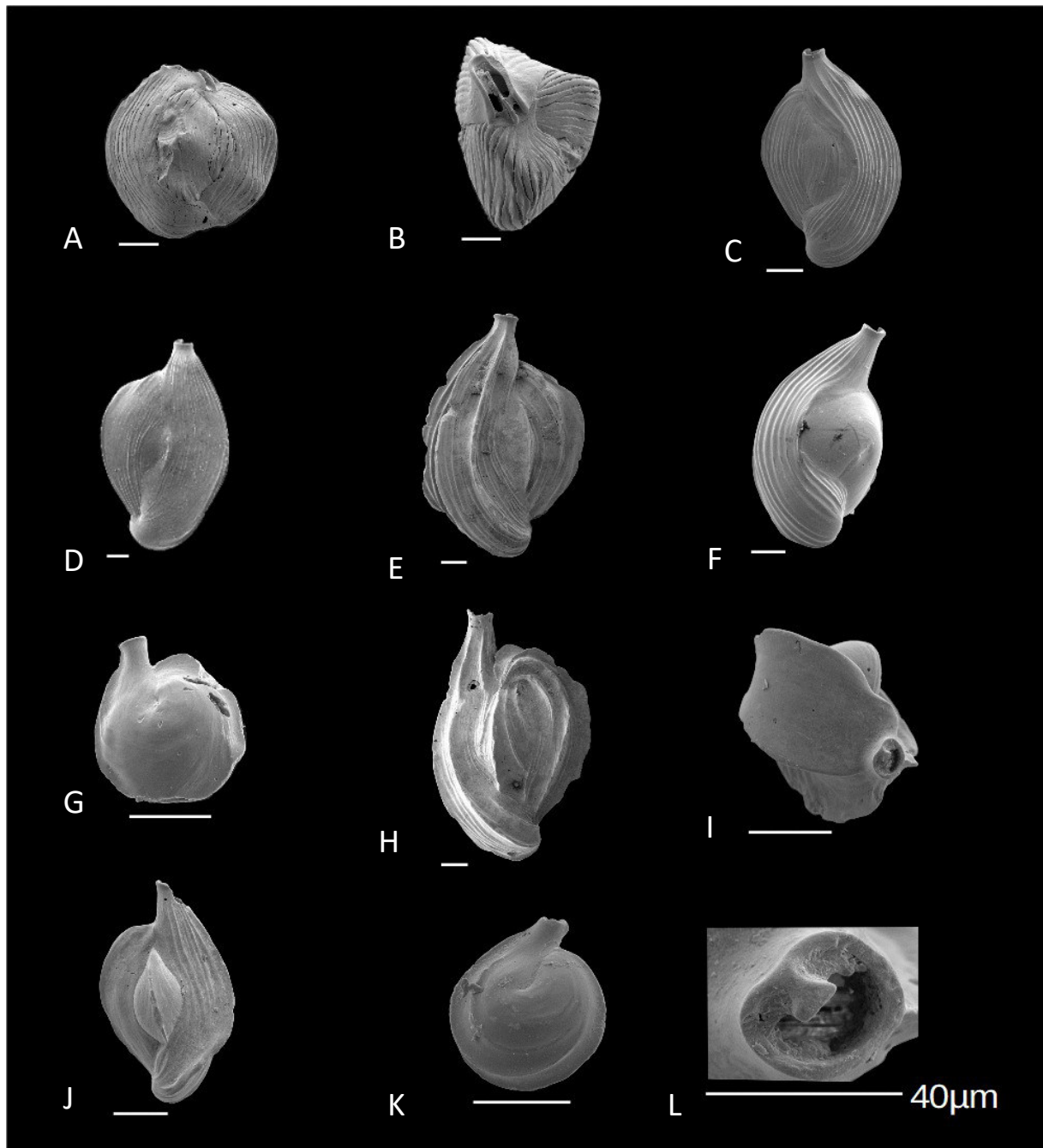
1A - B) *Textularia bocki* 1C - D) *Textularia truncata* 1E) *Textularia sagittula*

1F) *Textularia* sp. 1 1G - H) *Connemarella rudis* 1I) *Haddonina* sp.

1J - L) *Adelosina cliarensis*

Maßstab: 100 µm

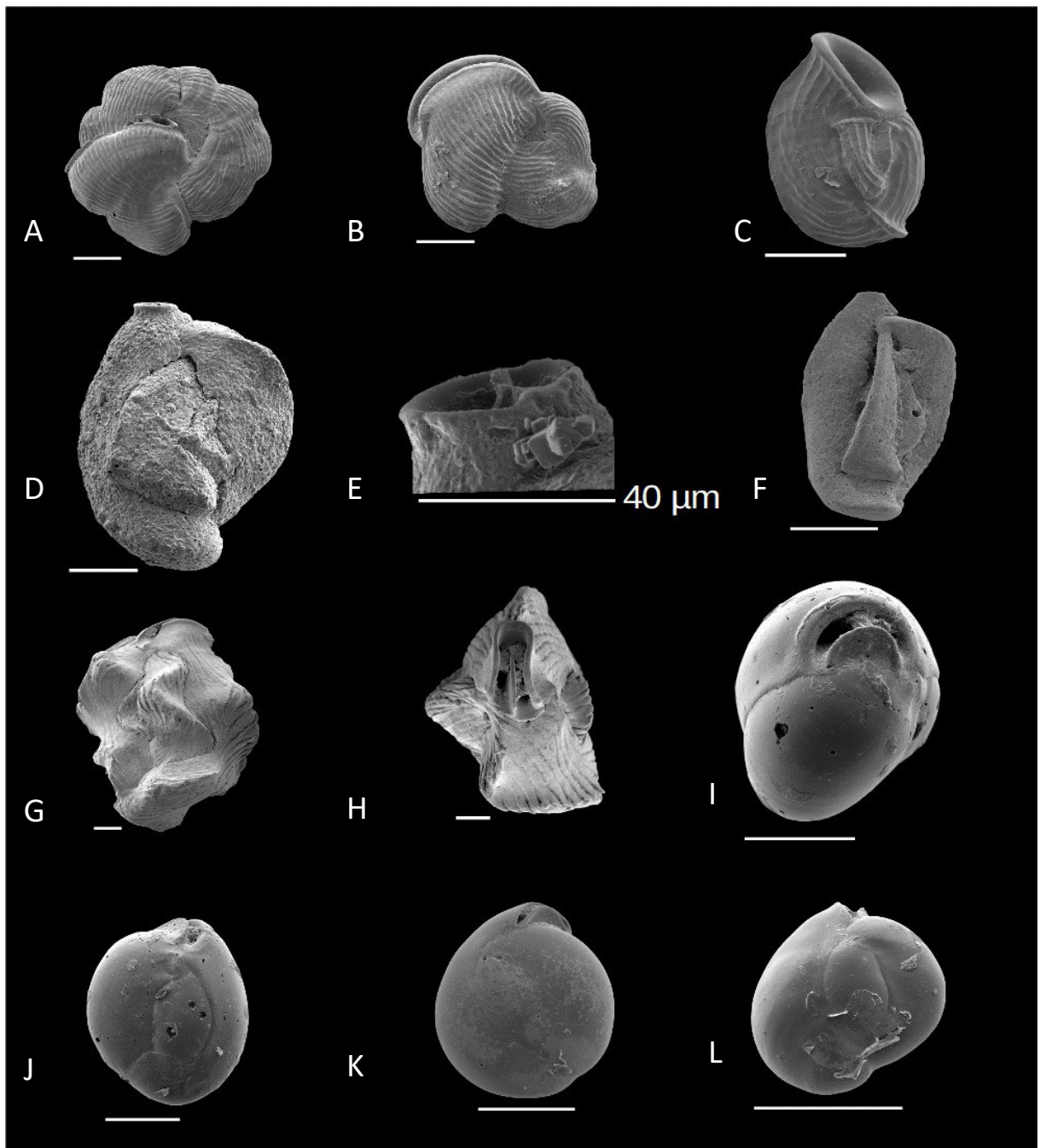
Bildtafel 2



2A - B) *Adelosina bicornis* 2C - D) *Adelosina elegans* 2E) *Adelosina italica*
 2F) *Adelosina mediterraneensis* 2G) *A. mediterraneensis* Juvenil
 2H - J) *Adelosina pulchella* 2K) *A. pulchella* Juvenil 2L) *A. pulchella* Apertur

Maßstab: 100 µm

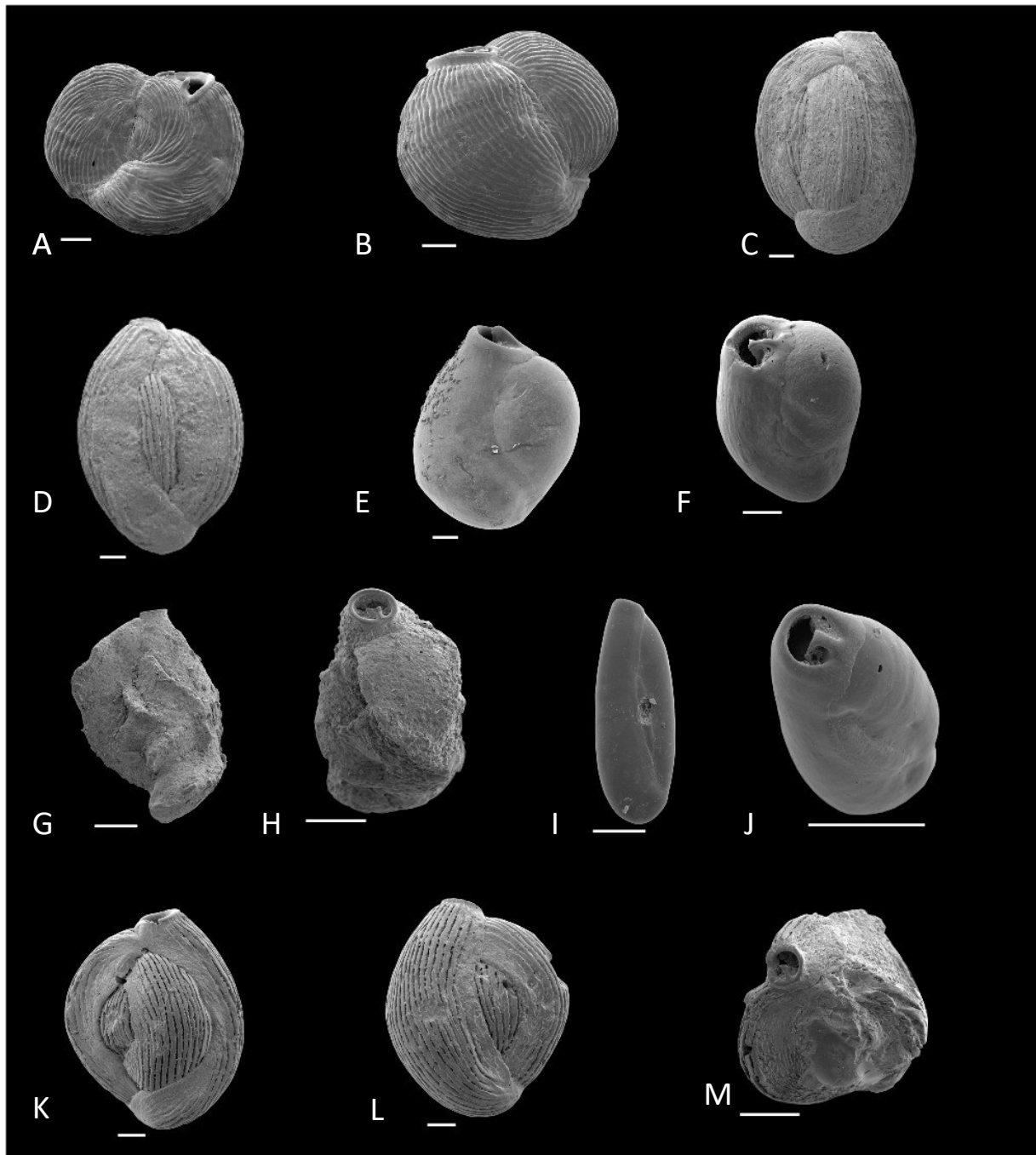
Bildtafel 3



3A - B) *Vertebralina striata* 3C) *Articulina mucronata* 3D) *Cycloforina contorta*
 3E) *C. contorta* Apatur 3F) *Cycloforina tenuicollis* 3G - H) *Lachlanella undulata*
 3I - L) *Miliolinella subrotunda*

Maßstab: 100 µm

Bildtafel 4



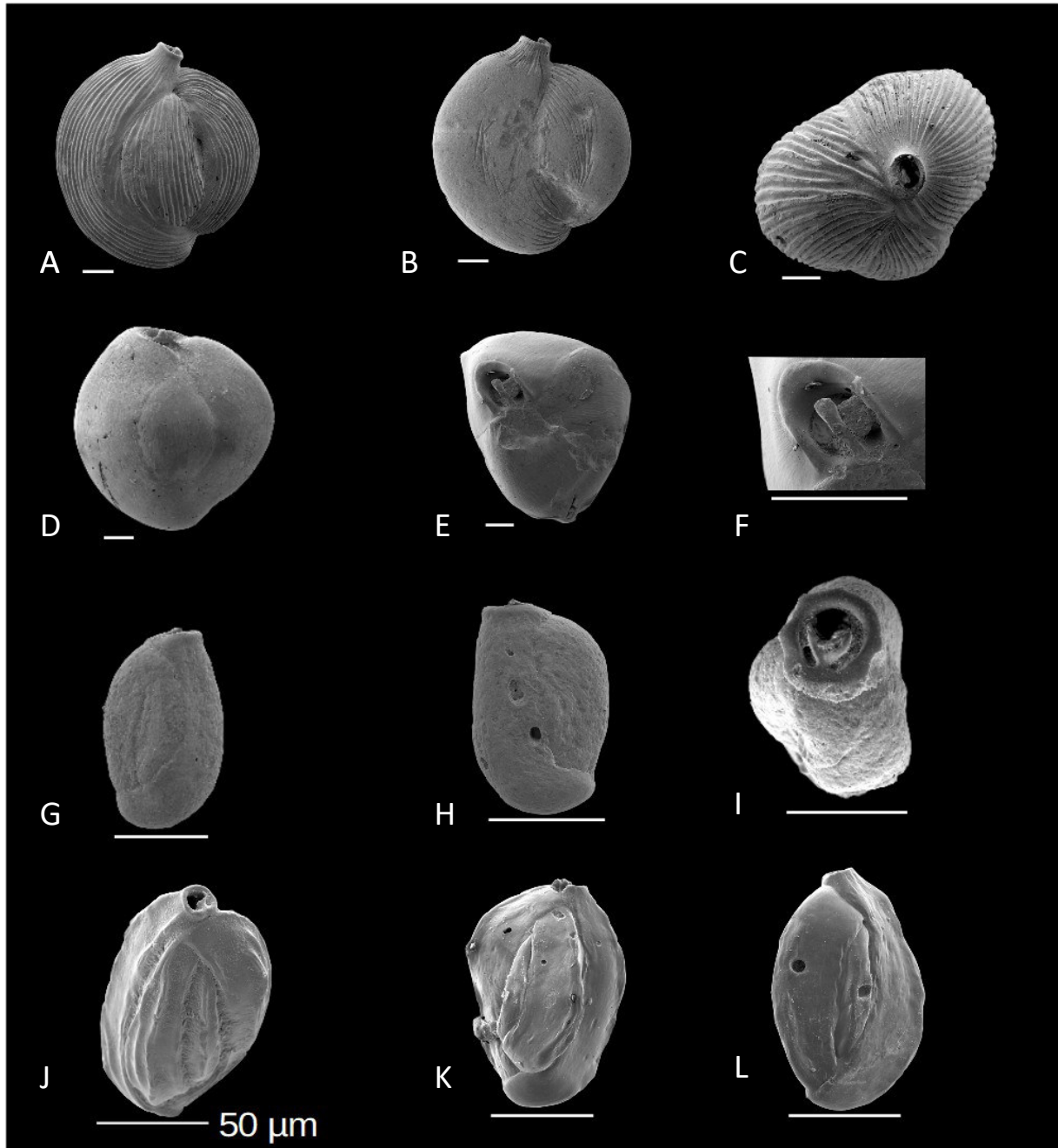
4A - B) *Miliolinella webbiana* 4C - D) *Pseudotriloculina limbata*

4E - F) *Pseudotriloculina* cf. *rotunda* 4G - H) *Quinqueloculina berthelotiana*

4I - J) *Quinqueloculina bosciana* 4K - M) *Quinqueloculina disparillis*

Maßstab: 100 µm

Bildtafel 5



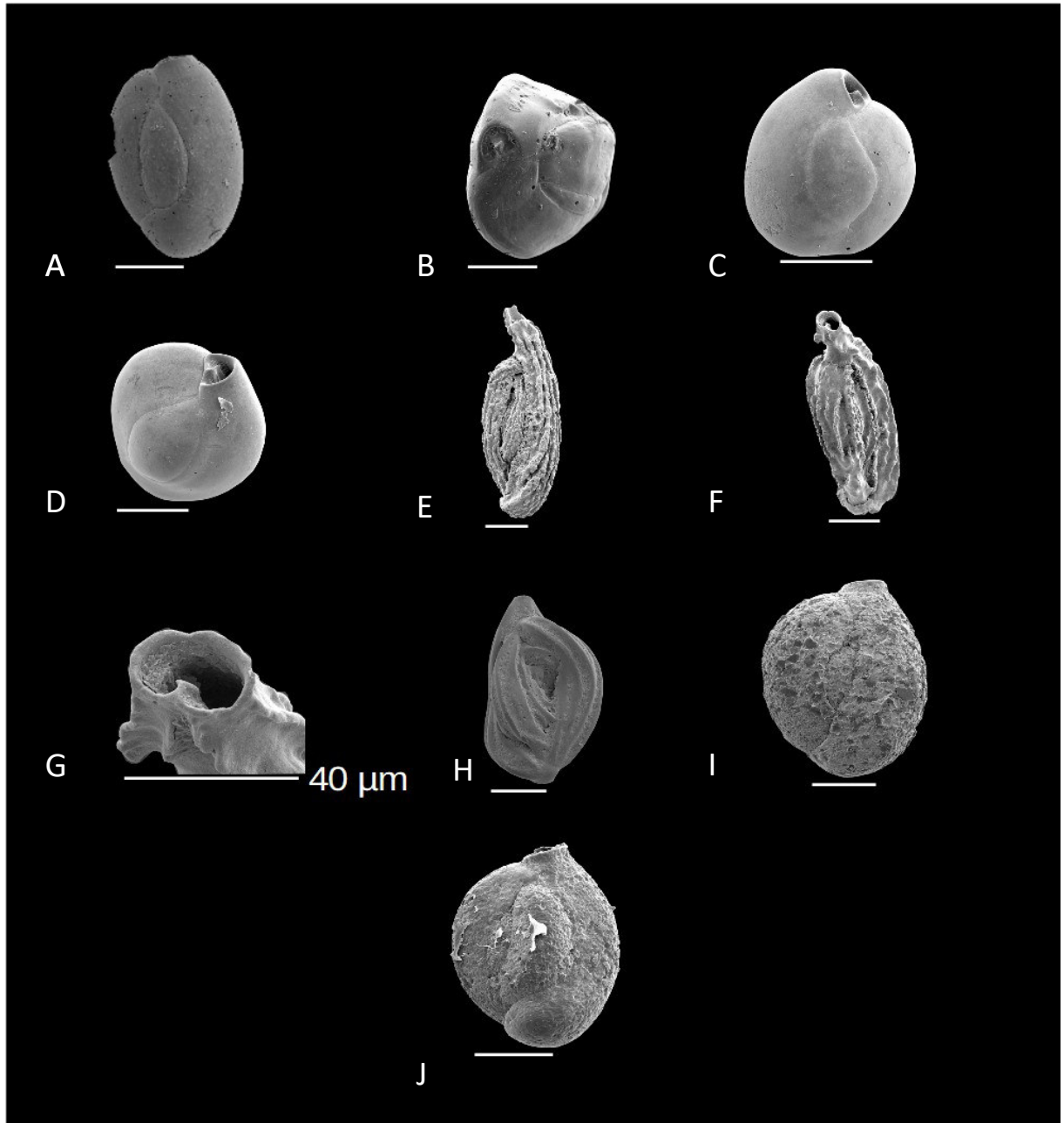
5A - C) *Quinqueloculina duthersi* 5D - F) *Quinqueloculina lamarckiana*

5F) *Q. lamarckiana* Apertur 5G - H) *Quinqueloculina parvula* 5I) *Q. parvula* Apatur Ansicht

5J - L) *Quinqueloculina schlumbergeri*

Maßstab: 100 µm

Bildtafel 6



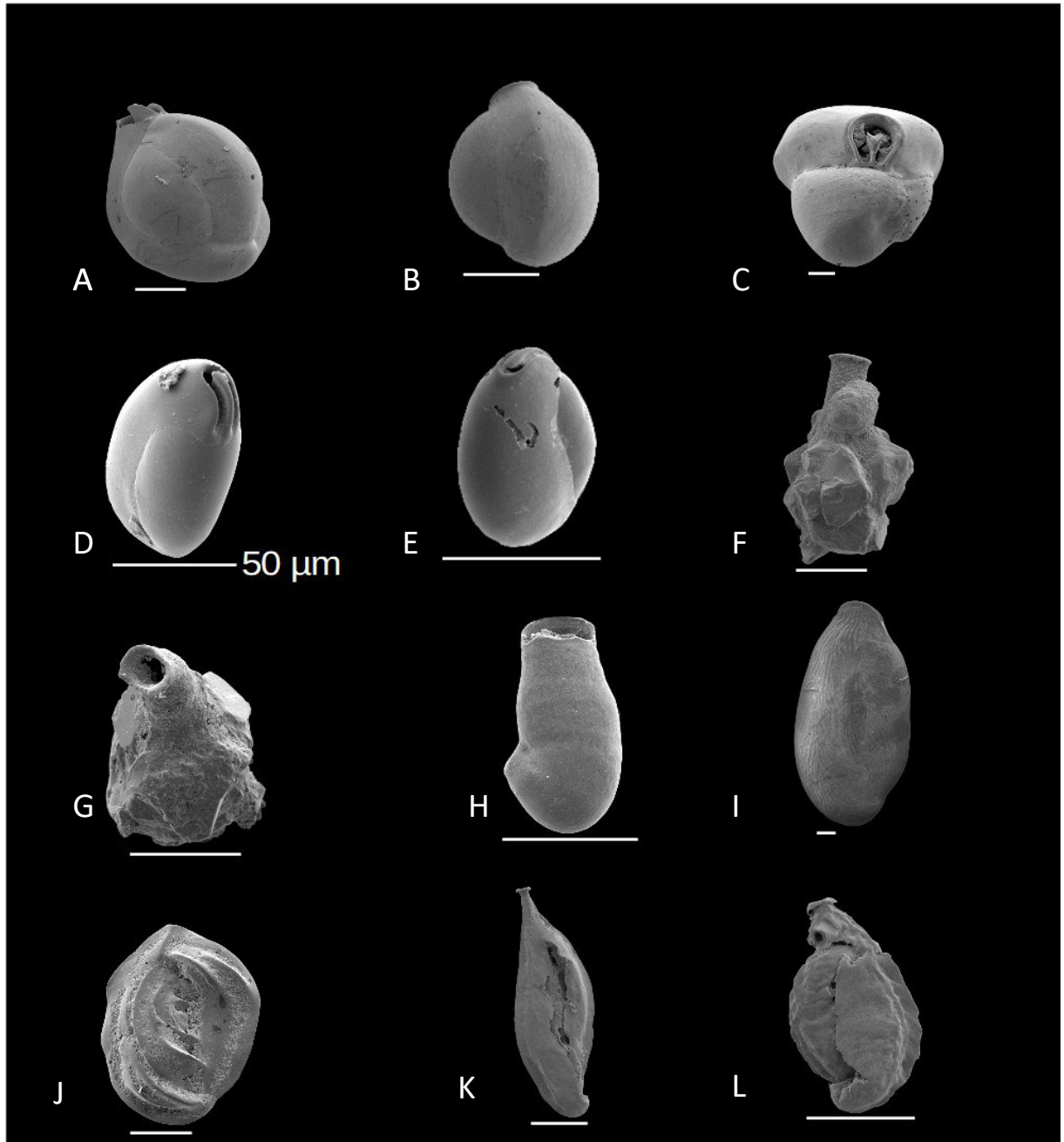
6A - B) *Quinqueloculina seminula* 6C - D) *Quinqueloculina viennensis*

6E - F) *Sigmoidinella costata* 6G) *S. costata* Apertur 6H) *Sigmoidinella* sp.

6I) *Siphonaperta* aff. *aspersa* 6J) *Siphonaperta dilatata*

Maßstab: 100 µm

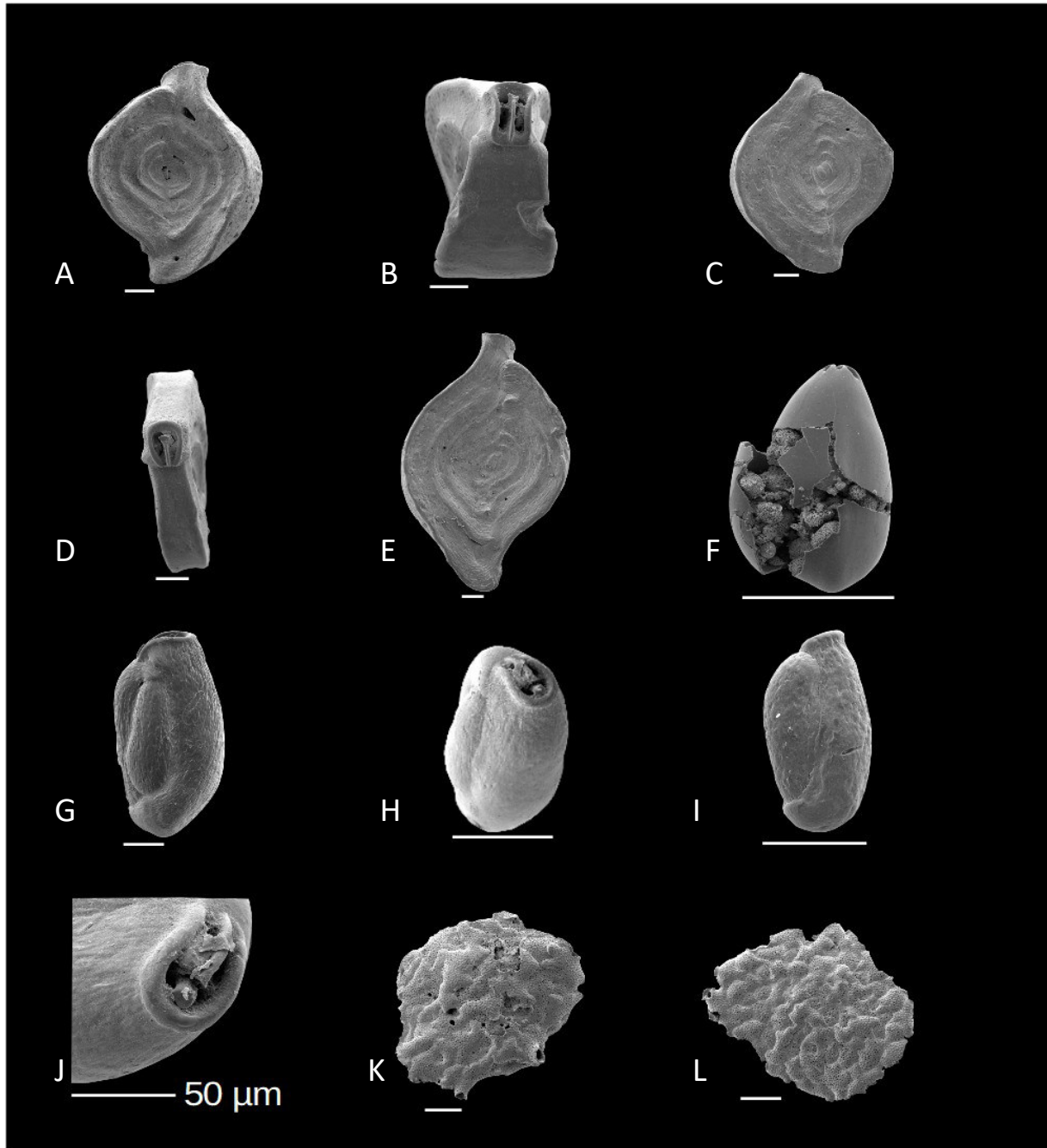
Bildtafel 7



7A - C) *Triloculina marioni* 7D - E) *Triloculina oblonga* 7F - G) *Calcituba* sp.
 7H) *Nodophthalmidium* sp. Juvenil 7I) *Edentostomina* sp.
 7J) *Spirophthalmidium acutimargo* 7K) *Spirophthalmidium* sp.1 7L) *Spirophthalmidium* sp.2

Maßstab: 100 µm

Bildtafel 8



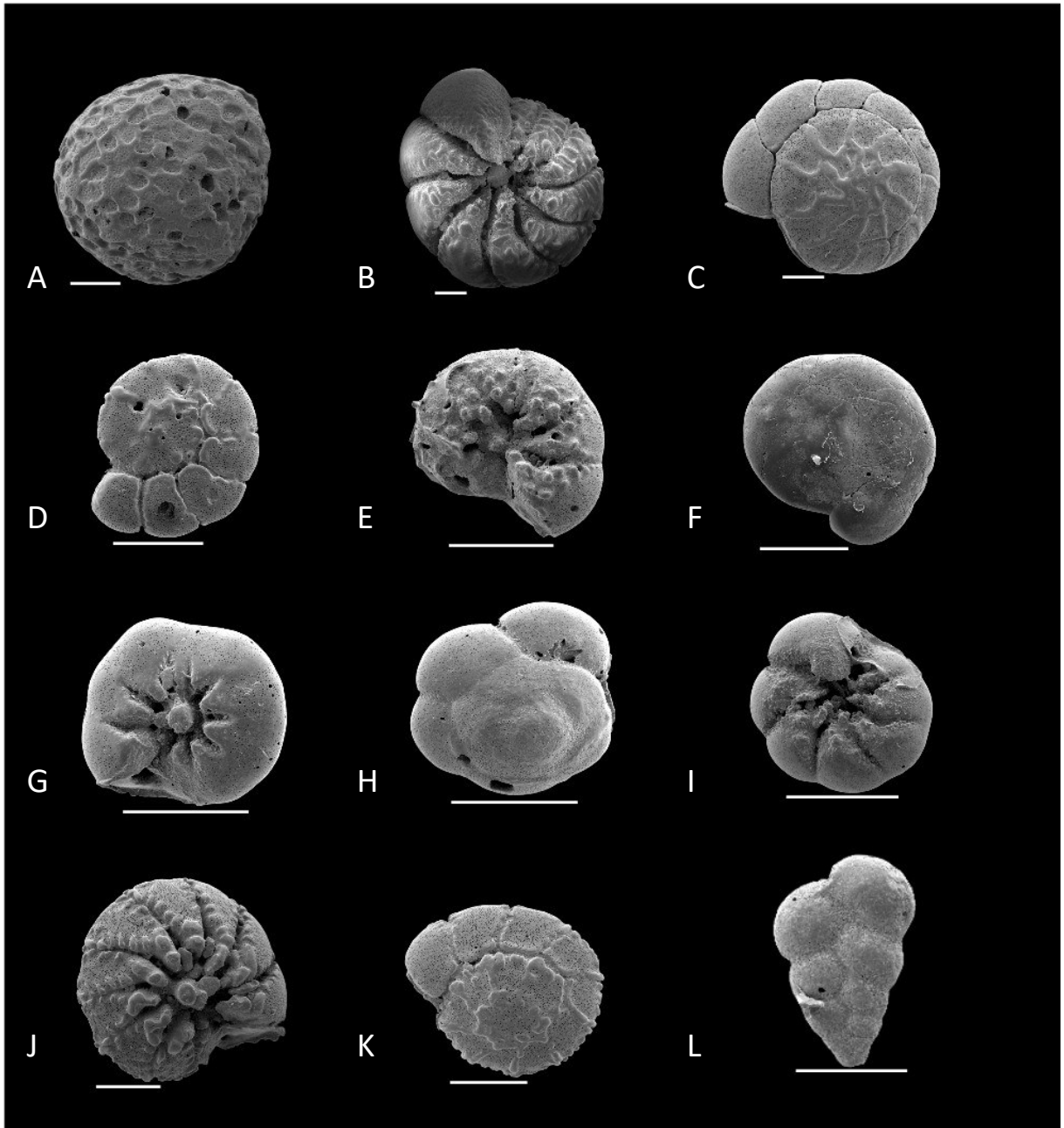
8A - B) *Spiroloculina angulosa* 8C - D) *Spiroloculina dilatata*

8E) *Spiroloculina excavata* 8F) *Polymorphina* sp.

8G - I) *Affinetrina planciana* 8J) *A. planciana* Apertur 8K - L) *Acervulina inhaerens*

Maßstab: 100 µm

Bildtafel 9



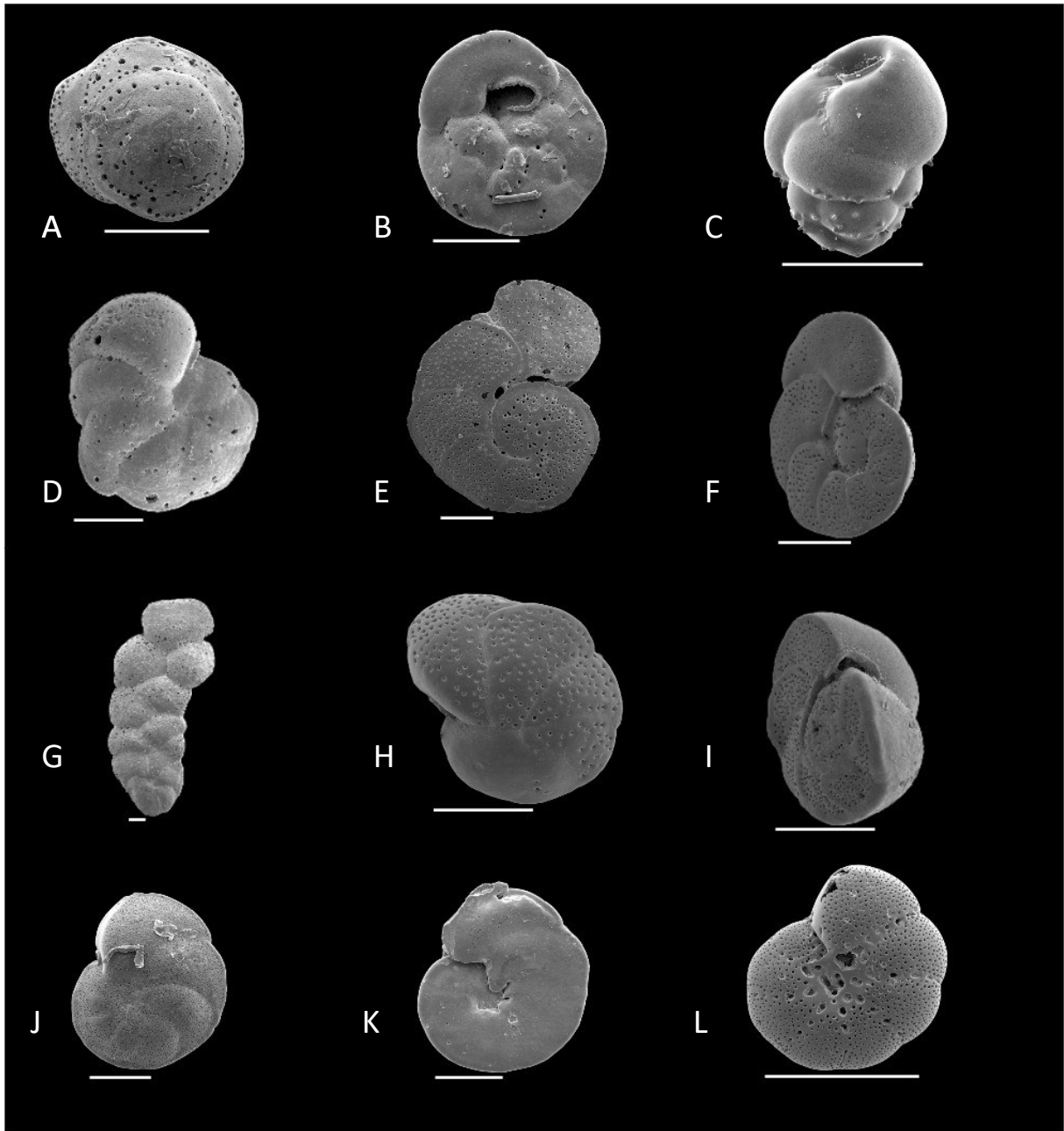
9A) *Spaerogypsina globula* 9B - C) *Ammonia* cf. *compacta*

9D - E) *Ammonia inflata* 9F - G) *Ammonia parkensoniana*

9H - I) *Ammonia tepida* 9J - K) *Challengerella bradyi* 9L) *Bolivina variabilis*

Maßstab: 100 µm

Bildtafel 10



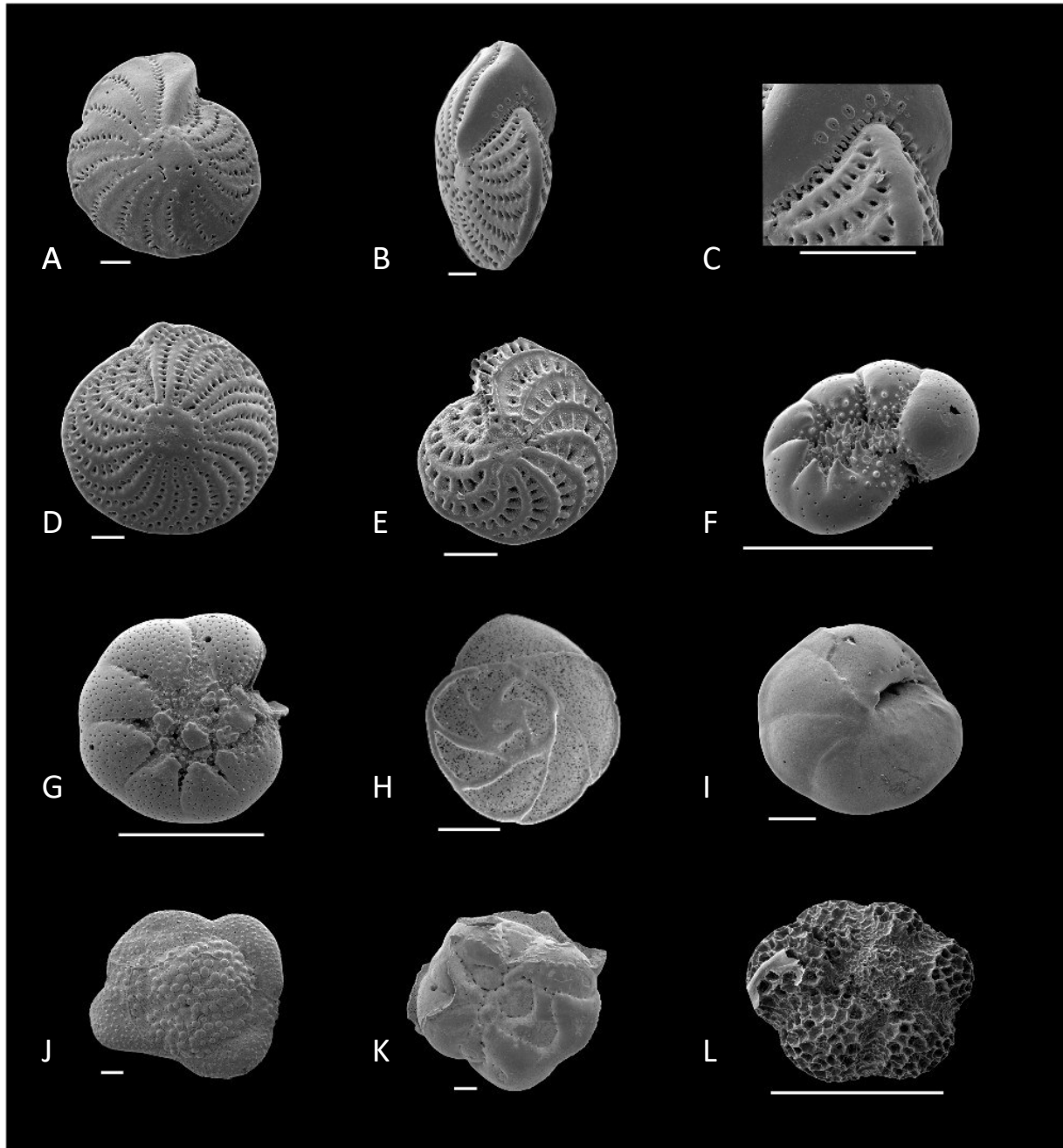
10A - B) *Asterigerinata mamilla* 10C) *Bulimina* cf. *aculeata*

10D - F) *Cibicidoides lobatulus* 10G) *Dyocibicides biserialis* 10H - I) *Paracibicides edomica*

10J - K) *Discorbinella bertheloti* 10L) *Cribroelphidium poeyanum*

Maßstab: 100 µm

Bildtafel 11



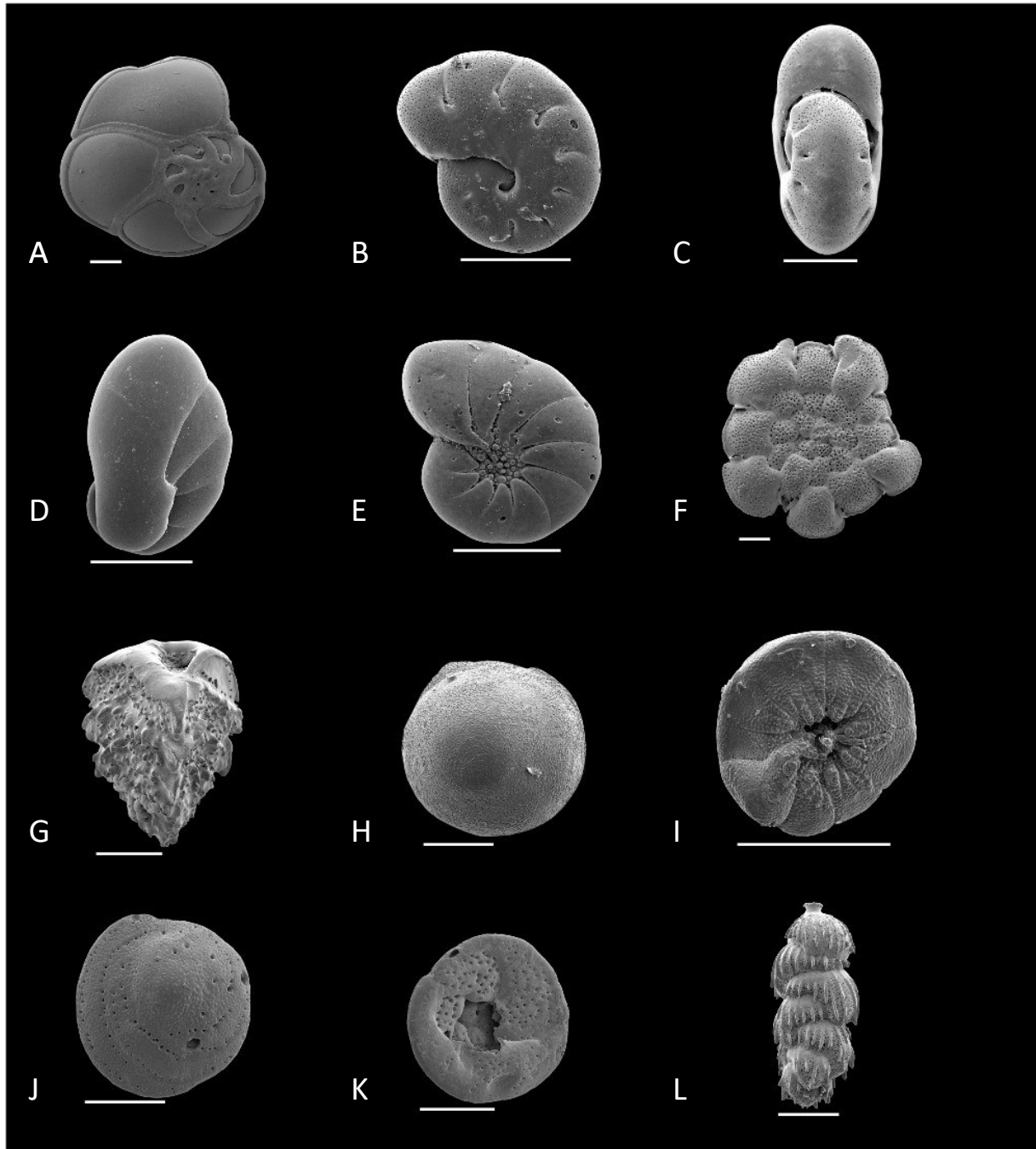
11A - B) *Elphidium advenum* 11C) *E. advenum* Apertur

11D) *Elphidium crispum* 11E) *Elphidium macellum* 11F - G) *Porosononion granosum*

11H - I) *Eponides repandus* 11J - K) *Planopulvinulina dispansa* 11L) *Glabratella hexamerata*

Maßstab: 100 µm

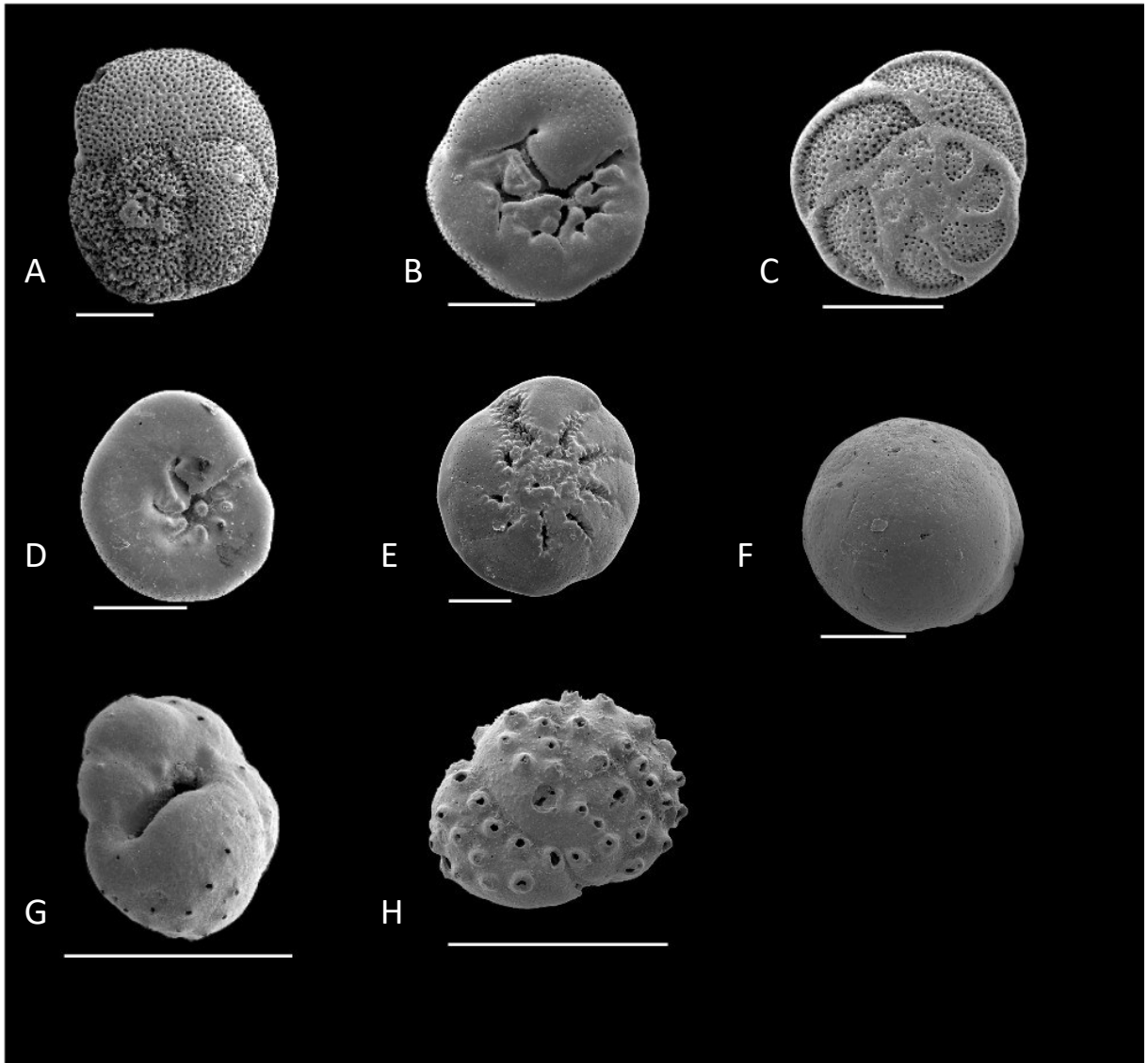
Bildtafel 12



12A) *Stormatorbina concentrica* 12B - C) *Astrononion stelligerum* 12D) *Nonioinides turgidus*
 12E) *Haynesina depressula* 12F) *Planorbulina mediterranensis* 12G) *Reusella spinulosa*
 12H - I) *Pileolina patelliformis* 12J - K) *Neoconorbina terquemi* 12L) *Rectuvigerina phlegeri*

Maßstab: 100 µm

Bildtafel 13



13A - B) *Rosalina bardyi* 13C - D) *Rosalina macropora* 13E - F) *Buccella granulata*

13G - H) *Svratkina tuberculata*

Maßstab: 100 µm

3.2.3. Diversität

Wie in Punkt 2.3.1. *Diversitätsindizes* beschrieben, wurde die Diversität der Probe anhand der Arten- und Individuenzusammensetzung berechnet. Die Ergebnisse sind in den Abbildung 5A - C dargestellt.

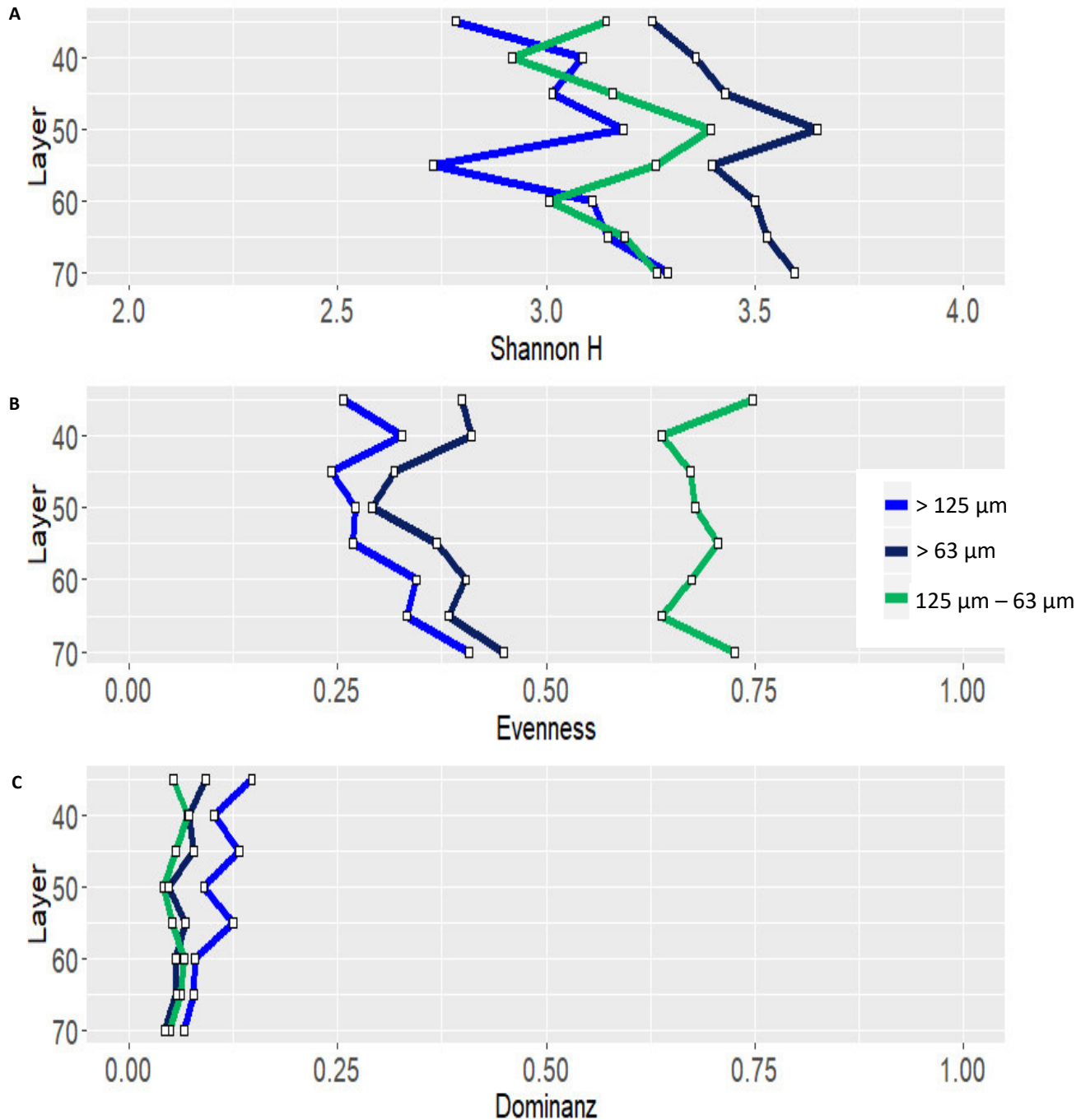


Abbildung 5 : Verteilung der A) Diversität (Shannon Index) B) Evenness C) Dominanz über den „älteren“ Teil des Kerns (Layer 35 – Layer 70).

Die Diversität (Shannon H) ist über den gesamten Kernabschnitt hinweg ähnlich bleibend mit nur einem geringen abnehmenden Trend. Die „große“ ($>125\text{ }\mu\text{m}$) und „kleine“ ($125\text{ }\mu\text{m} - 63\text{ }\mu\text{m}$) Fraktion unterscheiden sich nur geringfügig von einander, zeigen jedoch am Ende des analysierten Abschnitts (Layer 40 und Layer 35) gegensätzliche Trends. Die Diversität der „großen“ Fraktion nimmt in den jüngeren Layern ab, während die der „kleinen“ Fraktion nach einem vorangegangenen Tief wieder zu nimmt. Betrachtet man alle Fraktionen zusammen, schwankt die Diversität zwischen 2,6 und 3,7. Sie hat ein Maximum in der „kleinen“ und „großen“ Fraktion bei Layer 48 - 50, bevor sie in beiden Fraktionen bei Layer 45 – 46 wieder einbricht. In der „großen“ Fraktion hat sie ein ausgeprägtes Minimum bei Layer 55, das mit einem Wert von 2,7 eine kleinere Diversität als das Minimum der „kleinen“ Fraktion bei Layer 40 mit einem Wert von 3,0 aufweist.

Auch die Evenness zeigt in allen analysierten Fraktionen nur wenig Schwankung, auffällig ist jedoch, dass die „kleinere“ Fraktion wesentlich höhere Werte als die „große“ Fraktion aufweist und im Bereich zwischen 0,6 und 0,75 liegt. Die Individuenanzahl der „großen“ Fraktion ist dagegen nicht so gleichmäßig über die Arten hinweg verteilt. Die Evenness kommt hier über 0,5 nicht hinaus und hat auch einen leicht fallenden Trend (von „älter“ zu „jünger“), während die Evenness der „kleinen“ Fraktion einen leicht steigenden Trend (von „älter“ zu „jünger“ aufweist.

Die Analyse der Dominanz ergab den größten Unterschied zwischen den Fraktionen. Generell gibt es einen steigenden Trend in der Dominanz. Die „kleine“ Fraktion bleibt in einem auffallend niedrigen Bereich. Die Dominanz kommt nicht über 0,09 hinaus was mit der hohen Evenness korreliert. Die „große“ Fraktion hat besonders in Layer 35 einige dominante Arten, kommt jedoch auch nicht über den Wert 0,15 hinaus und zeigt somit, dass es viele seltene Arten in den Layern gibt.

3.2.4. Korrelation mit den Korngrößen

Um die Ursache für die Veränderungen in der Foraminiferenvergesellschaftung über den untersuchten Kernabschnitt hinweg zu identifizieren, wurden die Korngrößen des Sedimentanalyse (Punkt 3.1) als externer Parameter mit Artenanzahl und Individuenanzahl auf eine Korrelation hin untersucht. Wieder wurden die Größen „groß“ (Fraktion $>125\text{ }\mu\text{m}$), „klein“ (Fraktion $125\text{ }\mu\text{m} - 63\text{ }\mu\text{m}$) und „gesamt“ ($>63\text{ }\mu\text{m}$) mit dem Massenanteil der Korngrößen „grob“ ($>500\text{ }\mu\text{m}$) und „fein“ ($<63\text{ }\mu\text{m}$) korreliert. Wie in der nachfolgenden Tabelle 1

zusammengefasst, korreliert die Artenanzahl mit keiner Korngröße des Sediments in signifikanter Weise.

Tabelle 1: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen der Artenzahl und Korngrößenfraktionen (fein: <63 µm, grob: >500 µm), angegeben in Form des Korrelationskoeffizienten Kendall's Tau. Kendall's Tau liegt zwischen -1 und 1, wobei ein Ergebnis nahe -1 eine negative Korrelation und Kendall's Tau nahe +1 eine positive Korrelation anzeigt. Ein Kendall's Tau annähernd 0 zeigt keine Korrelation. Die Signifikanz der Korrelation ist dann gegeben, wenn $p < 0,05$ und wird mit fetten Buchstaben hervorgehoben.

	> 63 µm Foraminiferen Fraktion	> 125 µm Foraminiferen Fraktion	125 µm – 63 µm Foraminiferen Fraktion
Sediment fein (< 63 µm)	-0,36	- 0,13	- 0,35
Sediment grob (> 500 µm)	0,26	0,20	0,35

Auch mit der Anzahl an Individuen (Tabelle 2) korreliert keine der Korngrößen des Sediments in signifikanter Weise.

Tabelle 2: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen der Individuenanzahl und Korngrößenfraktionen (fein: <63 µm, grob: >500 µm), angegeben in Form des Korrelationskoeffizienten Kendall's Tau. Kendall's Tau liegt zwischen -1 und 1, wobei ein Ergebnis nahe -1 eine negative Korrelation und Kendall's Tau nahe +1 eine positive Korrelation anzeigt. Ein Kendall's Tau annähernd 0 zeigt keine Korrelation. Die Signifikanz der Korrelation ist dann gegeben, wenn $p < 0,05$ und wird mit fetten Buchstaben hervorgehoben.

	> 63 µm Foraminiferen Fraktion	> 125 µm Foraminiferen Fraktion	125 µm – 63 µm Foraminiferen Fraktion
Sediment fein (< 63 µm)	0,51	0,571	0,37
Sediment grob (> 500 µm)	-0,53	-0,58	-0,4

Korreliert man die Anzahl der Arten mit der Anzahl der Individuen wird auch kein signifikantes Ergebnis erzielt. Das Kendall's Tau betrug bei dieser Korrelation zwischen den „gemeinsamen“ Fraktionen 0,32, zwischen den „großen“ Fraktionen 0,43 und zwischen den „kleinen“ Fraktionen -0,02.

3.2.5. Dominante Arten

Die Dominanzanalyse wurde fraktionsabhängig durchgeführt. In der größten Fraktion (alle Foraminiferen größer 500µm) wurden neun Foraminiferenarten als dominant identifiziert.

Sie machen zusammen 70% der Individuen des in dieser Arbeit analysierten Kernabschnitts aus. Die individuenstärkste und somit dominanteste Art ist in der größten Fraktion *Elphidium crispum*, gefolgt von *Eponides repandus*, *Quinqueloculina disparillis*, *Calcituba* sp., *Planorbulina mediteranensis*, *Cibicidoides lobatulus*, *Connemarella rudis*, *Sphaerogypsina globula* und *Rosalina bradyi*. *Elphidium cprispum* ist in jedem analysierten Layer dominant. Unter den neun dominanten Arten befindet sich keine invasive Art (siehe Abbildung 6 und 7). In der mittleren Fraktion (Foraminiferen zwischen 500µm und 125µm Größe) machen acht Arten 52% des analysierten Kernabschnitts aus. Mit weitem Abstand ist *Asterigerinata mamilla* die individuenstärkste Art. Abbildung 8 und 9 zeigen den großen Unterschied, zwischen der Individuenanzahl von *A. mamilla* zu den restlichen sieben Arten. Diese Gruppe der sieben weiteren dominanten Arten setzt sich aus *Textularia bocki*, *Triloculina marioni*, *Cibicidoides lobatulus*, *Neoconcurbina terquemi*, *Discorbinella bertheloti*, *Elphidium crispum* und *Adelosina mediterraneensis* zusammen.

Auch in der „kleinen“ Fraktion (Foraminiferen zwischen 125µm und 63µm Größe) dominiert *Asterigerinata mamilla*. Die acht häufigsten Arten machen hier 50 % der Individuen aus. Dieses Ergebnis wird in Abbildung 10 und 11 dargestellt. Man sieht, dass die Häufigkeit von *A. mamilla*, anders als bei der „mittleren“ Fraktion, nicht mit so weitem Abstand gegenüber der anderen Arten dominiert. Diese Gruppe der restlichen dominanten Foraminiferen umfasst *Bolivina variabilis*, *Nonion depressulum*, *Miliolinella subrotunda*, *Brizalina* spp., *Quinqueloculina parvula*, *Quinqueloculina stelligera* und *Discorbinella bertheloti*.

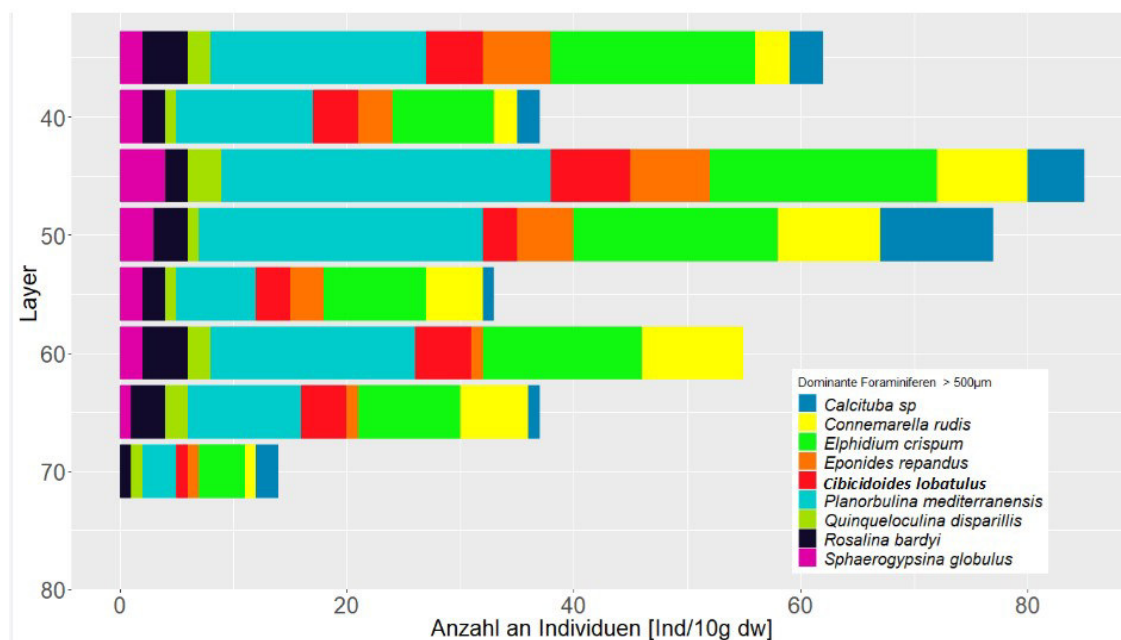


Abbildung 6: Absolute Häufigkeiten der neun dominanten Arten der Größenfraktion >500 µm im „älteren“ Kernabschnitt

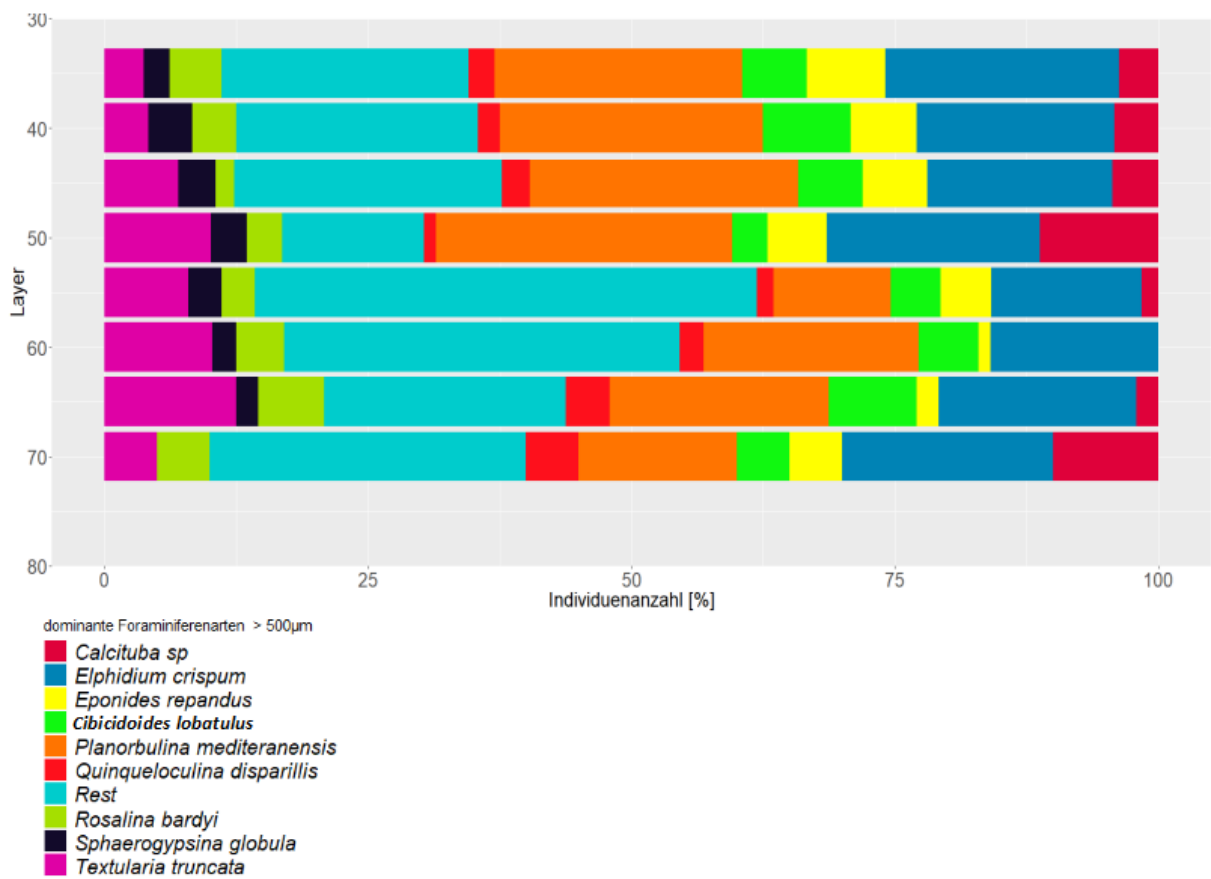


Abbildung 7: Relative Häufigkeiten der neun dominanten Arten der Größenfraktion >500 µm im „älteren“ Kernabschnitt

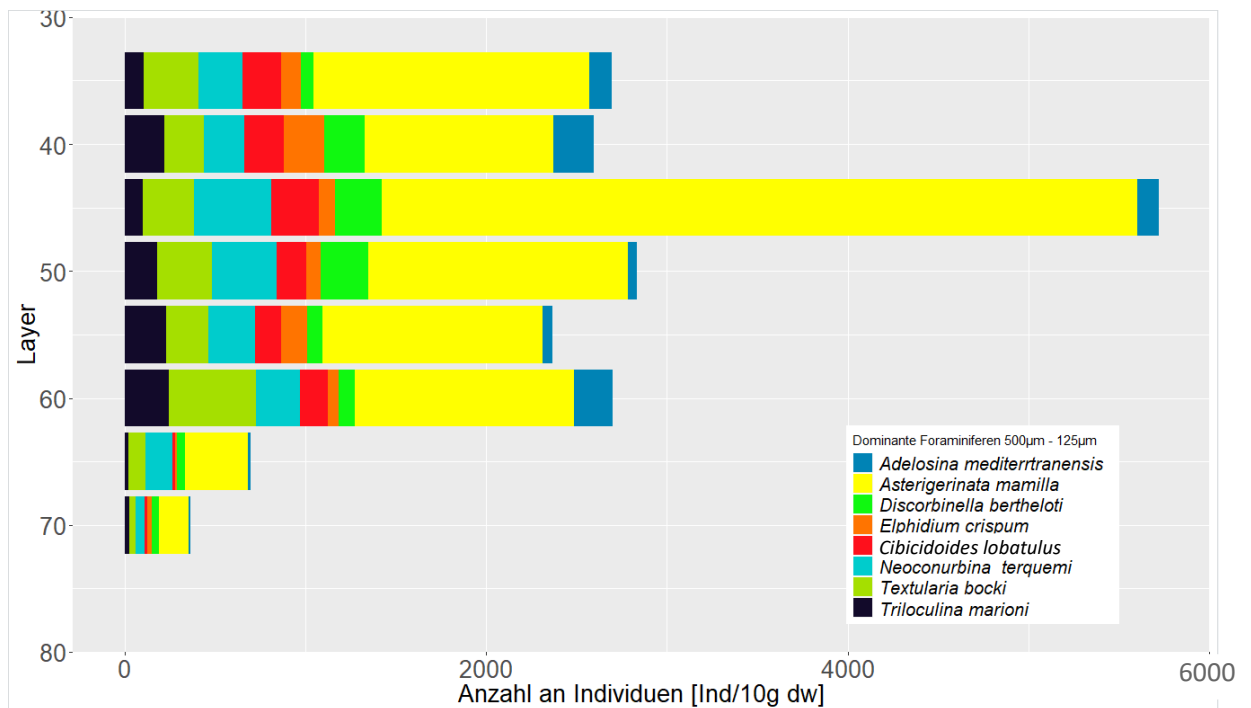


Abbildung 8: Absolute Häufigkeiten der acht dominanten Arten der Größenfraktion 500 – 125 µm im „älteren“ Kernabschnitt

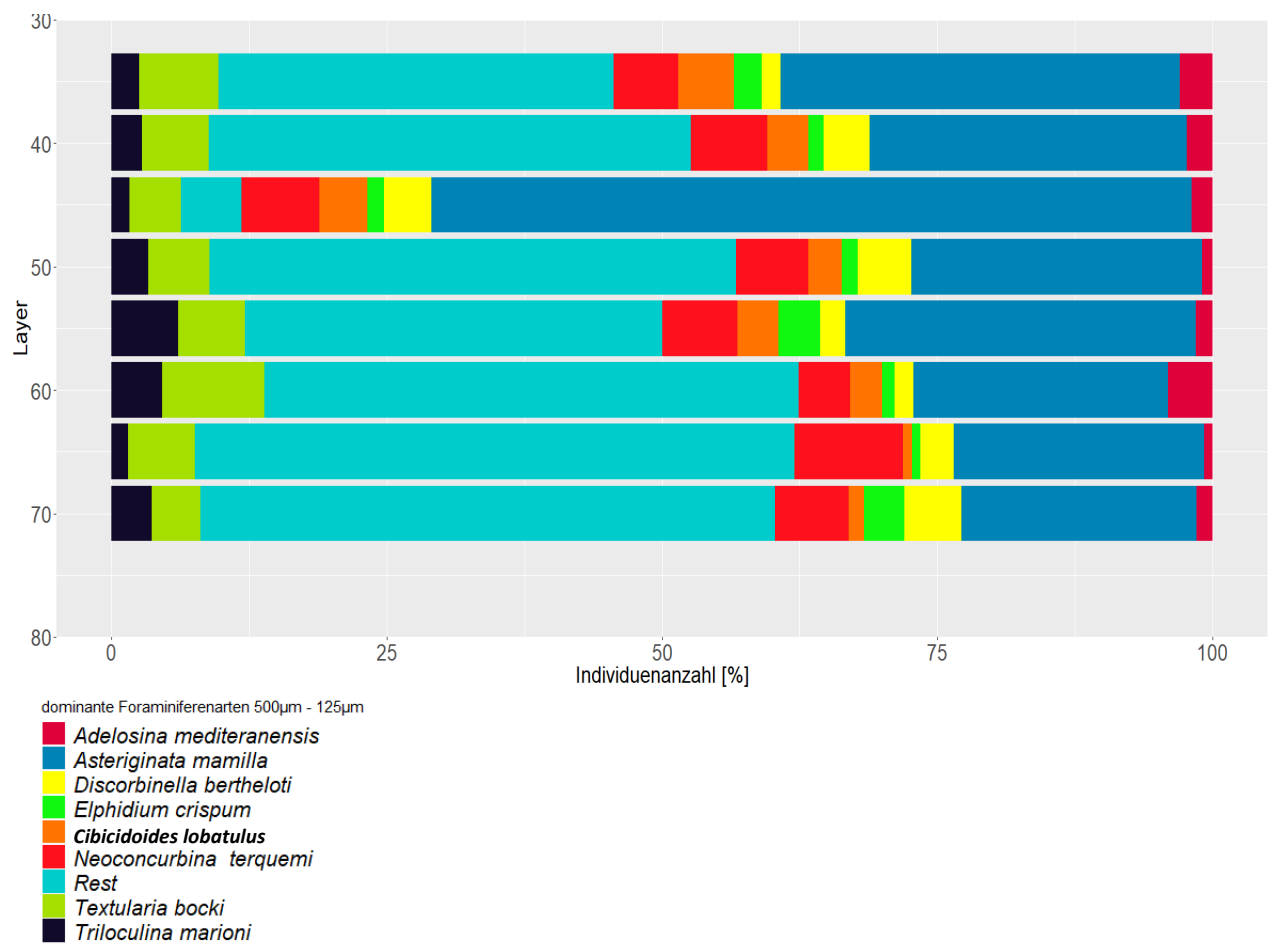


Abbildung 9: Relative Häufigkeiten der acht dominanten Arten der Größenfraktion 500 – 125 µm im „älteren“ Kernabschnitt

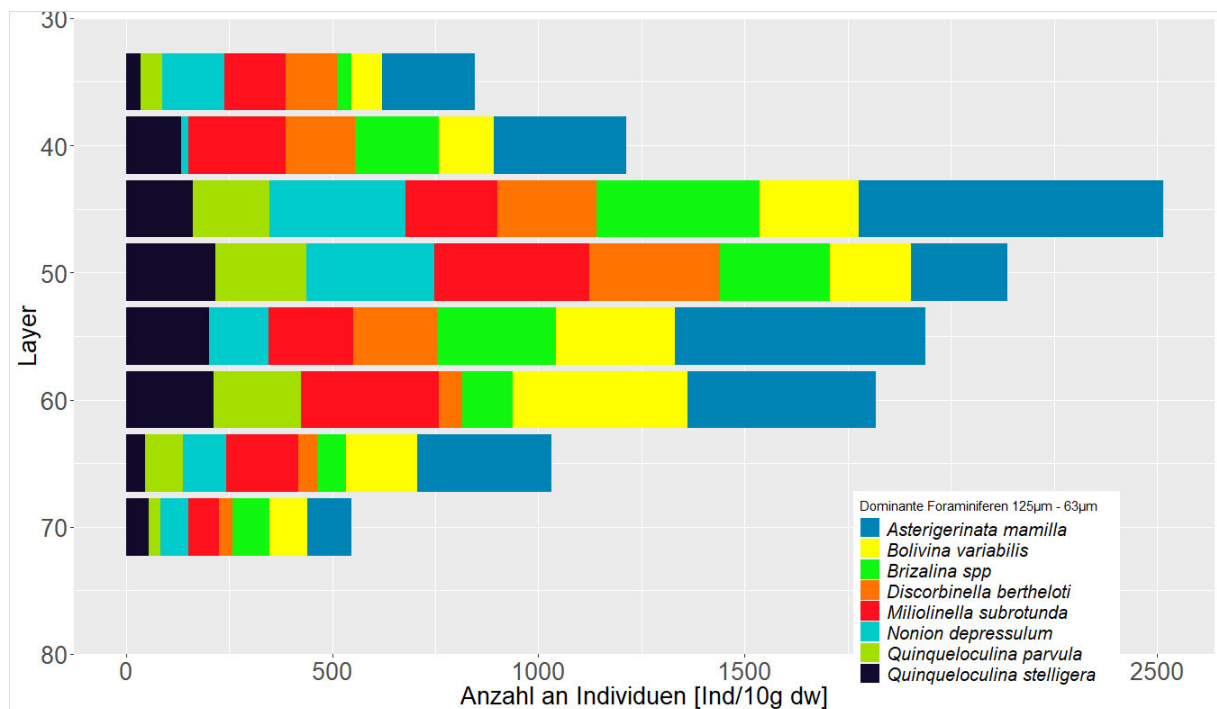


Abbildung 10: Absolute Häufigkeiten der acht dominanten Arten der Größenfraktion 125 – 63 µm im „älteren“ Kernabschnitt

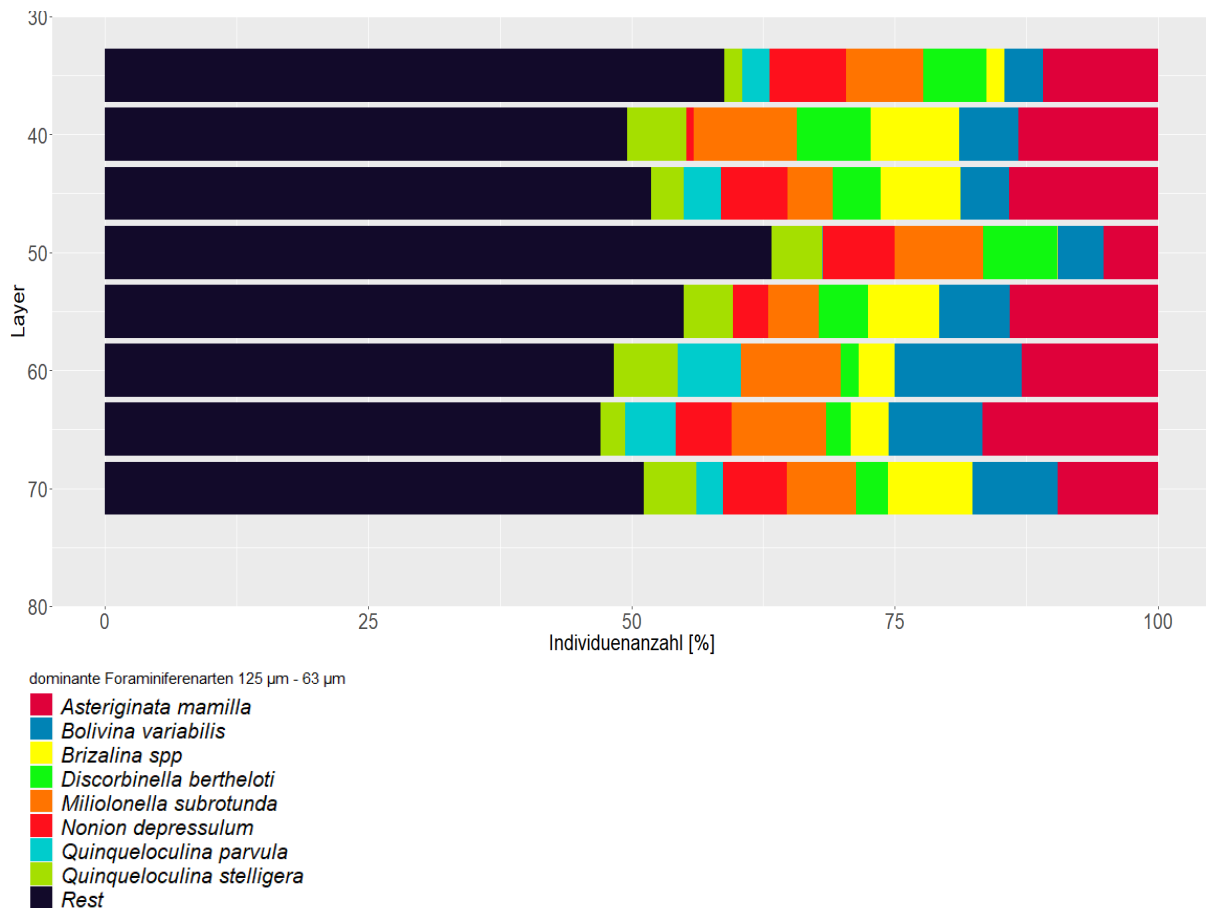


Abbildung 11: Relative Häufigkeiten der acht dominanten Arten der Größenfraktion 125 – 63 µm im „älteren“ Kernabschnitt

3.3. Unterschiede zwischen den Layern

3.3. 1 Non-metric multidimensional scaling Analyse

Die Non-metric multidimensional scaling Analyse wurde fraktionsabhängig durchgeführt und somit für Fraktion „gesamt“ (alle Foraminiferen >63 µm), „groß“ (alle Foraminiferen >125 µm) und „klein“ (alle Foraminiferen zwischen 125 µm und 63 µm) beschrieben.

Auffällig ist, dass Layer 70, der „älteste“ Layer, in jeder Analyse, also in jeder Größenfraktion, eine große Distanz zu allen anderen Layern zeigt (siehe Abbildung 12 - 14). Auch Layer 60 scheint sich in der Fraktion „groß“ (siehe Abbildung 12) und „klein“ (siehe Abbildung 13) von den anderen Layern stark zu unterscheiden. In der „kleinen“ Fraktion hat auch Layer 35 eine große Distanz zu den anderen und zeigt eine Veränderung in der Artenzusammensetzung. Auch hier sieht man deutlich, dass sich die Artenzusammensetzung zwischen der „großen“ und „kleinen“ Fraktion stark unterscheidet.

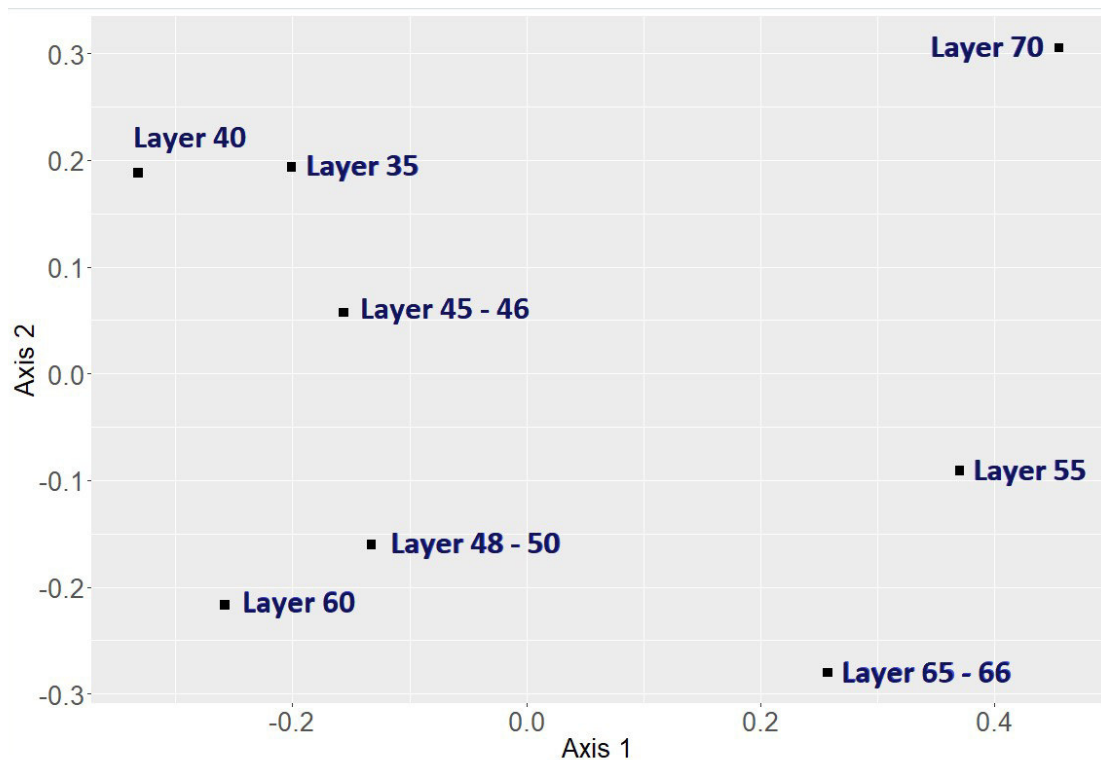


Abbildung 12: MDS Diagramm aller Größenfraktionen zusammen ($>63 \mu\text{m}$).

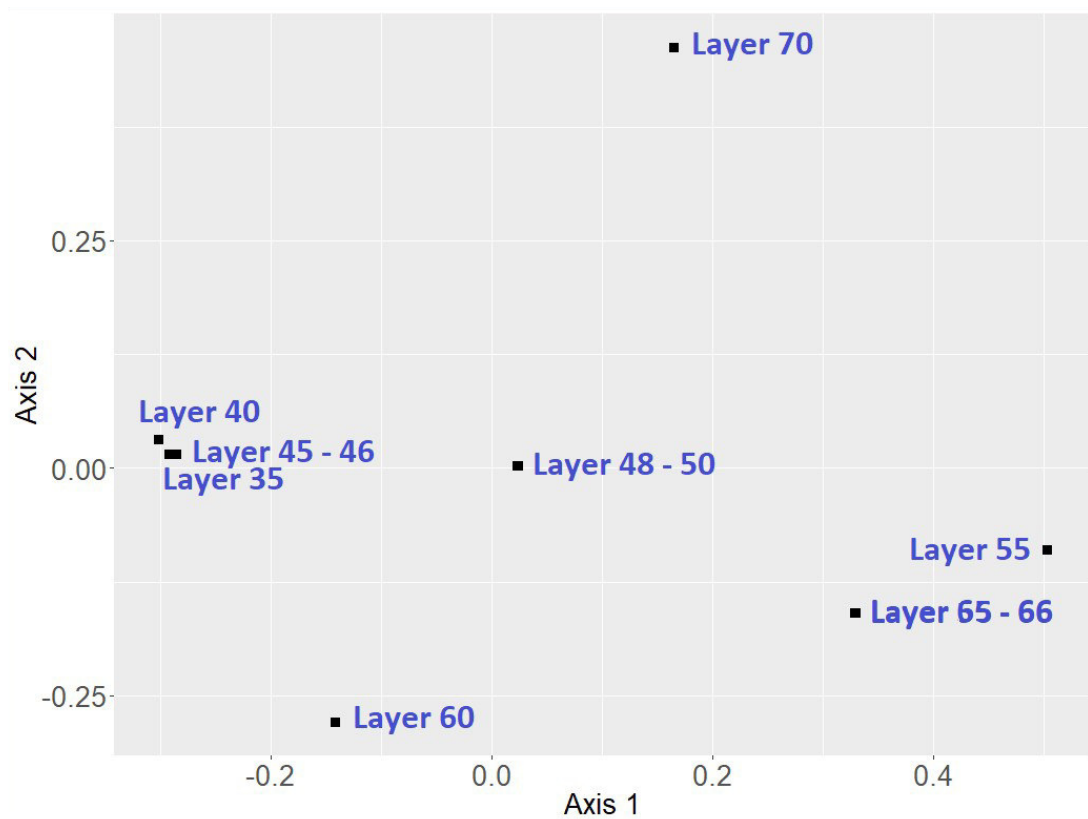


Abbildung 13: MDS Diagramm der „großen“ Größenfraktion ($> 125 \mu\text{m}$)

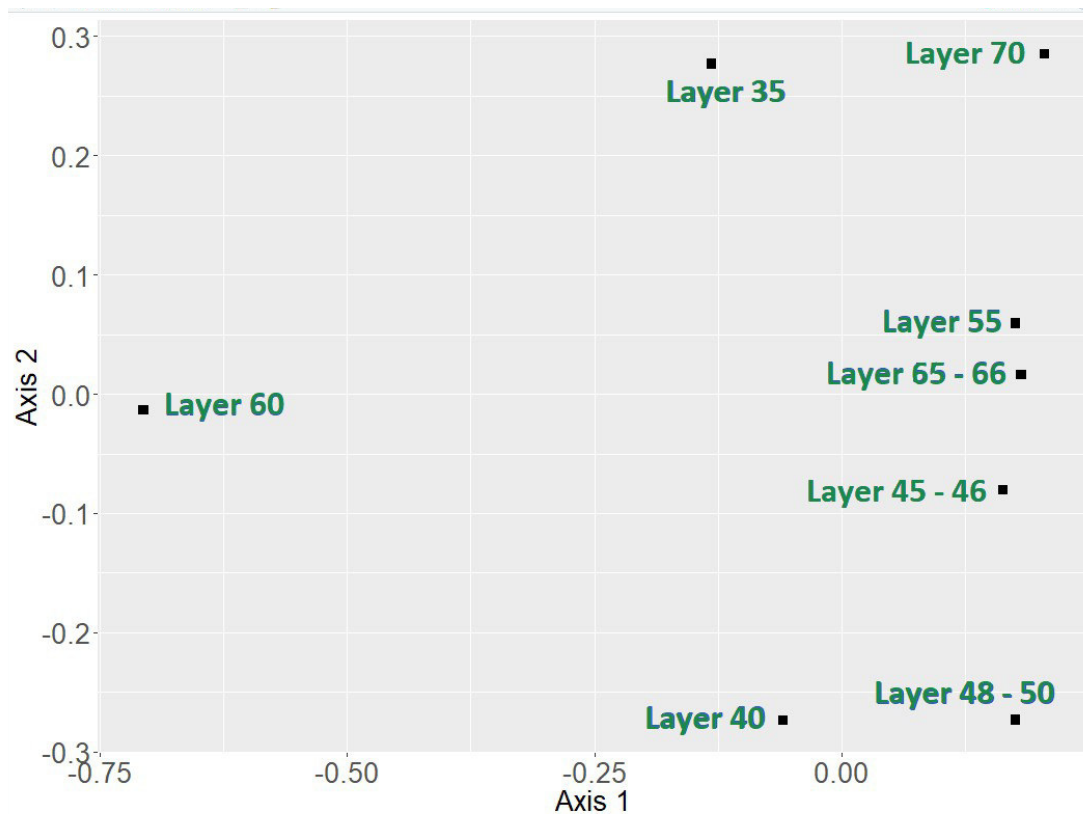


Abbildung 14: MDS Diagramm der „kleinen“ Größenfraktion (125 – 63 µm)

3.3.2. Analyse des Artenvorkommens

Eine Analyse des Artenvorkommens zeigte, dass ~15 % (24 von 161 Arten) der Arten nur in dem hier beschriebenen Teil des Kerns (Layer 35 – Layer 70) vorkommen. Dazu gehören *Spiroloculina ornata*, *Spiroloculina pusilla*, *Adelosina elegans* und *Adelosina dubia*, viele nur auf Gattungsniveau bestimmbare Formen und die wahrscheinlich invasive *Acervulina inhaerens*. Durch die auffällige Sedimentveränderung zwischen Layer 70 und Layer 55 wurde auch dieser Teil genauer analysiert und ergab, dass von den in Layer 35 – Layer 70 vorkommenden Arten, nur 8,33% in diesem „feinen“ Korngrößen armen Abschnitt gefunden wurden.

Das Verhältnis zwischen den drei Schalentypen (Kalkschaler, Porzellanschaler und Sandschaler) über die Layer des hier untersuchten Kernabschnitts verteilt, wies keine auffälligen Veränderungen auf. Die Porzellanschaler dominieren in jedem Layer durch ihre Individuenanzahl leicht, mit nur geringen Schwankungen ihres prozentuellen Anteils zwischen 57 % und 49 %. Die Kalkschaler schwanken zwischen 50,9 % und 41 %. Den Rest bilden die Sandschaler. Die allgemeine Erhaltung, vor allem der Porzellan- und Kalkschaler dieser Probe, kann als gut bezeichnet werden. Durchschnittlich waren nur 0,17 % der Individuen stark beschädigt.

4. Diskussion

4.1. Datenmangel und dessen Konsequenzen

Viele Arbeiten beschäftigen sich mit den Flachwasser - Foraminiferenfaunen an der Mittelmeerküste von Israel (beispielsweise *Reinhardt et al., 1984; Jannink et al., 2001; Hyams et al., 2002; Langer, 2012*) und noch mehr beschäftigen sich mit invasiven Foraminiferen im Mittelmeer (beispielsweise *Olafz, 2006; Hyams-Kaphzan, 2008; Meric et al., 2010, 2011, 2014 b*). Ein Vergleich mit diesen Arbeiten ist jedoch schwierig, da es für unseren Kern keinen zeitlichen Kontext gibt, mit dem die Ergebnisse interpretiert werden können. Die fehlende Datierung der Layer verhindert sowohl eine Bestimmung des Zeitpunktes der Öffnung des Suezkanals und somit der zeitlichen Zuordnung der Layer in meinen Daten, als auch die Korrelation mit Umweltparametern wie Wassertemperatur oder Meeresspiegelschwankungen, die einen Einfluss auf die Veränderung der Faunenzusammensetzung gehabt haben könnten. Auch der Gehalt des organischen Kohlenstoffs, welcher als Indikator für die Nahrungsverfügbarkeit dient und direkt im Sediment des Kerns gemessen werden hätte können, fehlt als Datenquelle und bietet somit keine mögliche Erklärungsbasis für beobachtete Veränderungen.

Um den Datensatz zu erhöhen und auch den jüngeren Teil des Kerns abzudecken, wurde diese Arbeit in enger Kooperation mit Gloria Quell durchgeführt (*Quell, in Vorbereitung*). Besonders die Taxonomie wurde im Laufe unserer Zusammenarbeit abgestimmt und die Daten für die Interpretation des gesamten Kerns vereinigt. Doch auch die zusammengelegten Daten spiegeln nicht das gesamte Bild wieder, da beide Kernabschnitte mit geringer Auflösung analysiert wurden. Feine Schwankungen, die von Layer zu Layer stattfinden, wurden nicht erfasst, da nur jeder fünfte Layer analysiert wurde. Diese Arbeit kann somit nur einen groben Überblick über den Kern geben und schmälert die Genauigkeit der Interpretation.

4.2. Veränderungen der Fauna

Die natürlichen Schwankungen von Vergesellschaftungen und Artenzahlen im Flachwasser können oft durch wenige Parameter erklärt werden, da die Flachwasserbedingungen dieser Region den Sauerstoffgehalt des Wassers als verändernden Faktor ausschließen. Temperaturschwankungen haben im Flachwasser dafür einen umso größeren Einfluss (*Jannink et al., 2001*), doch können Temperaturschwankungen der Vergangenheit, durch eine fehlende

Datierung des Kerns hier nicht mit den Schwankungen der Artenzusammensetzung korreliert werden. Das selbe gilt für Schwankungen der Salinität.

Wie *Jannink et al.*, (2001) in einer Studie, die in der selben Region und in der selben Wassertiefe durchgeführt wurde, zeigt, ist die Levantische See eine hoch oligotrophe Umgebung, sodass Nährstoffschwankungen einen großen und direkten Einfluss auf das System haben. Starke Saisonalität erklärt dort die schwankenden Individuenzahlen. Jährlich führt eine Abkühlung im Herbst zu einer Durchmischung der stratifizierten Wasserschichten im Flachwasser und bringt Nährstoffe in das System, die zu einem Phytoplanktonanstieg im Winter führen, der die Nahrungsquelle für Foraminiferen bildet. Besonders die Wassertiefe von 40m ist stark von diesen saisonalen Veränderungen beeinflusst und reagiert auf Nährstoffeintrag mit einem Anstieg der Anzahl an Individuen. So wie kurzfristige saisonale Unterschiede in der Nährstoffzufuhr eine Veränderung in der Abundanz hervorrufen, ist diese auch durch langfristige Veränderungen in der biologischen Produktivität beeinflusst. Mit dieser Grundlage, eines langfristigen Nährstoffzufuhreinflusses, könnte auch die schwankende Individuenanzahl dieses Kerns erklärt werden. Von dem „ältesten“ Teil des Kernabschnitts bis Layer 45 – 46 ist ein starker Anstieg in der Individuenanzahl zu beobachten. Danach fällt die Anzahl bei Layer 40 wieder ab. Die Anzahl der Individuen zeigt nur kleine Unterschiede in den Trends der beiden Größenfraktionen „klein“ (125 μm – 63 μm) und „groß“ (>125 μm). Man kann von einem allgemein steigenden Trend vom „älteren“ Teil des hier untersuchten Kernabschnitts, zum „jüngeren“ Teil sprechen, eine genaue Interpretation ist jedoch aufgrund der nicht durchgeführten Analyse des organischen Kohlenstoffs im Sedimentkern nicht möglich. Bei der Artenzahl kann eine stärkere Diskrepanz zwischen den beiden Größenfraktionen „klein“ (125 μm – 63 μm) und „groß“ (>125 μm) festgestellt werden. Sowohl Tiefe der Minima und Höhe der Maxima, als auch die Layer in denen diese Ausschläge auftreten, unterscheiden sich zwischen den beiden Größenfraktionen. Der Trend verschiebt sich ab Layer 55 zwischen den beiden Fraktionsgrößen. Während die „kleine“ Fraktion hier noch steigt, fällt die „große“ Fraktion rapide, vom ältesten Teil des Kernabschnitts zum jüngeren hin, ab. Die Artenzahl kann in dieser Region von der Korngröße des Sediments beeinflusst werden (*Jannink et al.*, 2001), doch da bei der Korrelationsanalyse kein signifikantes Ergebnis verzeichnet werden konnte, wird vermutet, dass der Einfluss eines anderen Faktors die Artenzahl in diesem Kernabschnitt stärker gesteuert hat. Die asynchronen Trends zeigen auch, dass die beiden Fraktionen verschieden stark von einem Faktor oder von unterschiedli-

chen Faktoren beeinflusst wurden. Eine Identifikation der beeinflussenden Faktoren ist aufgrund des Datenmangels jedoch nicht möglich.

Die Evenness, der Shannon Index und die Dominanz zeigen keine starken Schwankungen. Dominanz und Evenness zeigen jedoch einen starken Unterschied zwischen den beiden Fraktionsgrößen „klein“ und „groß“. Mit einem Wert zwischen 0,75 und 0,6 liegt die Evenness der „kleinen“ Fraktion sehr viel höher als die Evenness der „großen“ Fraktion, deren Werte zwischen 0,24 und 0,4 schwanken. Die „kleine“ Fraktion ist gleich verteilter, was durch eine niedrigere Anzahl an Arten und Individuen im Vergleich zu der „großen“ Fraktion, erklärt werden kann.

Die Non-metric multidimensional scaling Analysis zeigt, dass Layer 70 in jeder Größenfraktion („gesamt“ >63 , „groß“ $> 125 \mu\text{m}$ und „Klein“ $125 \mu\text{m} - 63 \mu\text{m}$) eine große Distanz zu allen anderen Layern aufweist. Die Faunenzusammensetzung dieses Layers unterscheidet sich von denen der anderen. Auch in der Sedimentzusammensetzung ist Layer 70 auffällig. Die Feinfraktion des Sediments ($< 63 \mu\text{m}$) hat bei Layer 70 ihr Minimum von 25 % des Massenanteils, einen Wert, den sie in dem hier untersuchten Kernabschnitt in keinem weiteren Layer mehr einnimmt, während die Grobfraktion ($> 500 \mu\text{m}$) mit fast 70 % des Massenanteils hier ihr Maximum erreicht. Layer 70 hatte auch die niedrigste Konzentration an Sanden, die zu dem Gewicht der Grobfraktion beitrugen, der Hauptbestandteil des Sediments waren hier Klumpen der korallinen Algen. Dies kann die Diskrepanz des Layer 70 zu den anderen Layern in der MDS Analyse erklären, der Grund für die Anreicherung von korallinen Algen ist jedoch unklar. Andere kleinere Gruppierungen in den unterschiedliche Größenfraktionen der MDS Analyse können durch den Mangel an Daten nicht erklärt werden.

Die gleichbleibende Dominanz von Porzellanschalen (49 % - 57 % pro Layer) an der Individuendichte zeigt einen Lebensraum ohne grobe Schwankungen der Umweltparameter, vor allem der Salinität. Auch der Anteil an dominanten Arten an der Fauna bleibt über den hier untersuchten Kernabschnitt weitgehend stabil. Nur die sedimentäre Zusammensetzung zeigt Veränderungen, was für geringe Schwankungen der Umweltparameter spricht.

4.3. Die „ältere“ Kernhälfte im Kontext zum gesamten Kern

Es ist eine große Diskrepanz zwischen der „älteren“ Kernhälfte und der „jüngeren“ Kernhälfte festzustellen. Vor allem zeigt sich das in den Trends der Diversitätsindizes (Abbildung 16 A - C), doch auch in der Artenzahl und Anzahl an Individuen (Abbildung 15 A - B).

Wie Quell (*in Vorbereitung*) beschreibt, steigt die Artenzahl und Anzahl der Individuen nach dem Abfallen bei Layer 35 enorm. Besonders Layer 1 und Layer 5 übertreffen bei der Artenzahl der Fraktion „groß“ ($>125\mu\text{m}$) die älteren Layer.

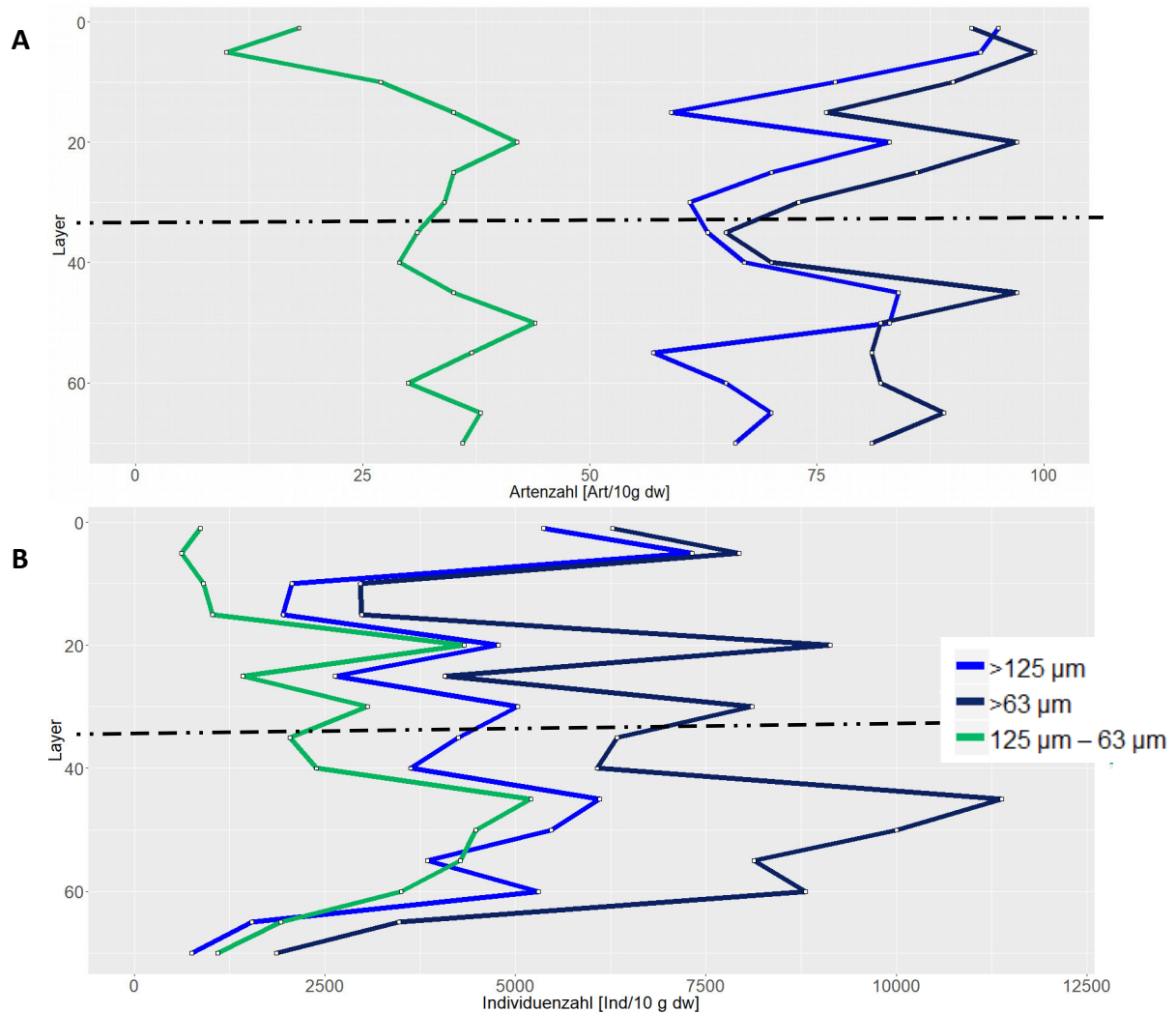


Abbildung 15 : Verteilung der A) Artenzahl und B) Individuenzahl der verschiedenen Größenfraktionen über den ganzen Kern verteilt (Layer 1 – 70). Werte für den „jüngeren“ Teil des Kerns (Layer 1 – 30) wurden der Arbeit von Quell (*in Vorbereitung*) entnommen. Die gestrichelte Linie zeigt die Grenze zwischen „älterer“ und „jüngerer“ Kernhälfte.

Über den gesamten Kern hinweg steigt sowohl die Artenzahl (vom „älteren Teil des Kerns zum „jüngeren“), als auch die Anzahl an Individuen. Nur die „kleine“ Fraktion ($125 - 63\mu\text{m}$) sinkt bei der Artenzahl ab Layer 20 und drückt den allgemein steigenden Trend dadurch. Bei der Anzahl der Individuen ist ein ähnlicher Trend zu sehen, hier steigt die „große“ Fraktion über den gesamten Kern betrachtet, während die „kleine“ Fraktion ab Layer 20 stark sinkt.

Shannon Index, Dominanz und Evenness schwanken stark über den Kern verteilt, doch zeigen keinen auffälligen Trend. Eine genau Analyse, inklusive Beschreibung der Maxima und Minima kann bei Quell (*in Vorbereitung*) gefunden werden.

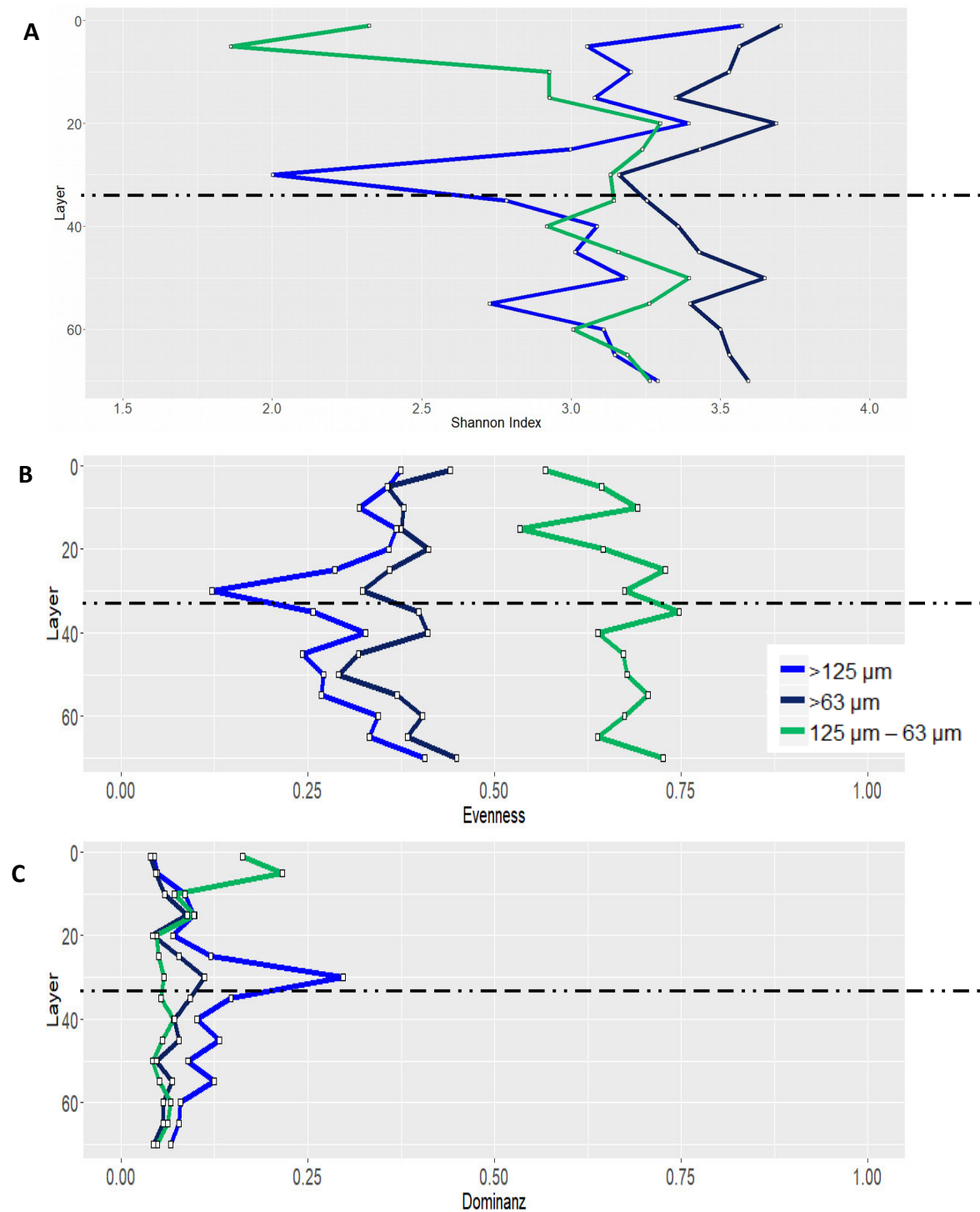


Abbildung 16: Verlauf A) des Shannon Index B) der Dominanz C) der Evenness

über den gesamten Kern (Layer 1 – Layer 70).

Werte für den „jüngeren“ Teil des Kerns (Layer 1 – 30) wurden der Arbeit von Quell (*in Vorbereitung*) entnommen.

Die gestrichelte Linie zeigt die Grenze zwischen „älterer“ und „jüngerer“ Kernhälfte.

Dieser großen Diskrepanz zwischen den beiden Kernhälften muss eine äußere Veränderung zugrunde liegen. Die Analyse des Vorkommens neuer Arten von Quell (*in Vorbereitung*), zeigt dass in der rezenten Kernhälfte 13,73 % neue Arten dazu gekommen sind. Viele der invasiven Arten fallen in diese 13,73 %. Der Zuwachs ist vor allem in den jüngsten Layern zu beobachten (Layer 1 – Layer 10). Das Hinzukommen von invasiven Arten erklärt also nicht den schnellen Aufschwung der den absteigenden Trend der Artenzahl von Layer 70 – Layer 35 beendet und bereits bei Layer 30 ansetzt. Ein Hinzukommen von Arten ist nicht der einzige Grund, warum sich die Gesellschaft des Kerns verändert.

4.4. Natürliche Veränderung der Faunenzusammensetzung und Korrelation mit Umweltparametern

So wie in dieser Arbeit beschrieben, wurde auch bei Jannink et al. (2001) eine Korrelation zwischen der Artenzahl und den Korngrößen des umgebenden Sediments durchgeführt. Die Artenzahl korreliert in der Studie positiv mit dem Sediment. Im hier bearbeiteten Kernabschnitt ist keine Korrelation mit den Sedimenten feststellbar und somit muss die Schwankungen der Artenzahl und Individuenzahl einem anderen, unbekannten, Einfluss unterliegen. Doch betrachtet man den Kern als ganzes (Layer 1 – Layer 70), findet man ähnliche Ergebnis wie in der Studie von Jannink et al. (2001). Die Artenzahl der „gesamten“ ($>63\mu\text{m}$) und der „großen“ ($>125\mu\text{m}$) Größenklasse von Foraminiferen, korreliert negativ mit der „feinen“ ($< 63\mu\text{m}$) Korngröße des Sediments. Die „gesamte“ Fraktion ergab ein Kendall's Tau von -0,51 und die „große“ Fraktion ergab ein Kendall's Tau von -0,54. Beide sind signifikant. Dies liegt vor allem an den „jüngsten“ Layern, die von der Korngröße des Sediments beeinflusst werden (*Quell, in Vorbereitung*).

Der Ausbau des Assuan Damm 1965 hat mit Sicherheit einen drastischen Einschnitt in die Nährstoffzufuhr durch den Nil in das südöstliche Mittelmeer zu verantworten (Azov, 1991), die Hauptquelle an Nährstoffen dieser Region wurde somit stark verringert. Leider kann auch dieses Signal, falls es in dem bearbeiteten Kern aufgefangen wurde, durch fehlende Datierung nicht berücksichtigt werden.

Wie Jannink und ihre Kollegen (2001) nennen auch Samir und Kollegen (2003), Hyams-Kaphzan und Kollegen (2008) und Avnaim-Katav und Kollegen (2013) die Sedimentzusammensetzung, neben der Nährstoffzufuhr als den wichtigsten Faktor für Diversität in der Region, wobei sich Hyams-Kaphzan et al. (2008) besonders intensiv mit dem Sediment beschäftigt.

Bis zur Haifa Bay wird die israelische Küste von den quarzreichen Flussablagerungen des Nildeltas beeinflusst, dessen Erosion die Sande für einen nordostwärts gerichteten Transport zur Verfügung stellt (*Hyams-Kaphzan et al., 2008*). Der Bau des Assuan Staudamms im Jahr 1902 und seine Erweiterung in den Jahren 1936/37 und 1964 brachten starke Veränderungen in der Deltabildung des Nils (*Azov, 1991*). In manchen Regionen erodiert das Delta mit Raten von 20 – 40 m/a (*El-Asmar, 2002*). Rezente Sedimentationsraten an der israelische Küste, in einer Wassertiefe von 33 - 36 m werden mit 55 cm/ka angenommen (*Tapiero, 2002*). Die Veränderung der Sedimentzusammensetzung von feinen Sanden zu größeren Korngrößen des hier untersuchten Kerns, kann nicht mit dem Bau des Assuan Staudamms korreliert werden, da die Datierung des Kerns fehlt, es könnte jedoch eine mögliche Erklärung für die sichtbaren Veränderungen der Korngrößen darstellen.

Die Foraminiferenfauna der vom Nilsediment beeinflussten Provinz südlich der Haifa Bay wird als niedrig an Diversität und Abundanz beschrieben, wobei ein von Ashqelon bis Haifa nordwärts gerichteter, ansteigender Trend an Diversität zu bemerken ist (*Hyams-Kaphzan et al., 2008*).

Nördlich der Haifa Bay beginnt eine karbonatreiche, grobkörnige Provinz, die von den umliegenden Flussablagerungen beeinflusst wird. Das vorliegende Hartsubstrat bietet vor allem für Großforaminiferen gute Bedingungen und diese Region wird mit einer höheren Diversität und Abundanz assoziiert. Die Artenzusammensetzung unterscheidet sich vor allem durch das stärkeren Auftreten von Großforaminiferen (*Hyams-Kaphzan et al., 2008*), unter denen sich hauptsächlich auch invasive Formen befinden (*Fröch, mündliche Mitteilung*).

In den von Hyams-Kaphzan und Kollegen durchgeführten Untersuchungen an der Totgemeinschaft von benthischen Foraminiferen wurde unter anderem ein Gebiet südlich der Haifa Bay nahe Tira beprobt, das nicht unweit von Atlit und somit der Probenahmestelle dieses Kerns liegt. Auch die Wassertiefe von 40 m lässt einen Vergleich mit den hier vorliegenden Ergebnissen zu, obwohl in den Anhängen der Studie eine Wassertiefe der Probenahmestelle von 69 m genannt wird. Nach intensiver Prüfung kann jedoch davon ausgegangen werden, dass es sich hier um einen Tippfehler handelt und 40 m gemeint war. Ein Vergleich mit den Ergebnissen von *Hyams-Kaphzan et al. (2008)* ist jedoch mit einem Fehler behaftet, da in dieser Studie bewusst nur rezente benthische Foraminiferen untersucht wurden und daher nur die ersten 5 cm Sediment analysiert wurden. Aufgrund von starken Schwankungen in der Zusammensetzung des Sediments und damit einhergehend, der Zusammensetzung der

Arten, lässt sich daher ein Vergleich nicht ohne Vorsicht aufstellen. Die Artenanzahl betrug in dieser Station bei Tira 108 Foraminiferenarten. Dieses Ergebnis passt gut zu den durchschnittlich 82 Arten pro Layer, die in diesem Kernabschnitt gefunden wurden und dem ansteigenden Trend der Artenzahl, die bis zum rezenten Teil des Kerns ein ähnliches Ergebnis mit 99 Arten bei Layer 5 zeigt. Die ermittelte Anzahl an Individuen von *Hyams-Kaphzan et al.* (2008) von 1021,2 Individuen/g Sediment übersteigt jedoch bei weitem die durchschnittlich 683 Individuen/g Sediment, die in diesem Kernabschnitt pro Layer gefunden wurden. Dies lässt sich durch die vorher erwähnte methodische Abweichung erklären, bei der in den Proben bei Tira nur die ersten 5 cm Sediment betrachtet wurden. Wie bereits erklärt hängt die Anzahl an Individuen stark mit der Verfügbarkeit von Nährstoffen zusammen (*Jannink et al., 2001*), die auch in der Veränderung der Anzahl an Individuen über den untersuchten Kern verteilt ausschlaggebend ist. Hier ist der „jüngere“ Teil des Kerns besser mit den Ergebnissen von *Hyams-Kaphzan et al. (2008)* zu vergleichen. Die Evenness von 0,31 von den Tira Proben sind mit dem hier untersuchten „älteren“ Teil des Kerns vergleichbar. Hier lag die Evenness bei durchschnittlich 0,397. Auch die Dominanz ist vergleichbar. In den Tira Proben ergab die Analyse der Dominanz 10,7 %, in dem hier untersuchten Kernabschnitt ergab sie durchschnittlich 6,46 %.

In der von *Hyams et al. (2008)* erstellten Studie wurden 27 Arten als dominant (vorkommend in >5% der Probe) definiert. In den Proben des Standortes Tira kamen 17 dieser Arten vor. Vergleicht man diese 17 Arten mit der hier untersuchten Kernhälfte, findet man 14 Übereinstimmungen. Die drei Arten, die nicht in dieser Kernhälfte gefunden wurden, sind *Ammonia beccarii*, *Nubeculina divaricata* und *Pararotalia spinigera*. Da *Challengerella bradii*, die in dieser Kernhälfte gefunden wurde, eine große Ähnlichkeit zu *Ammonia beccarii* aufweist, (siehe *Avnaim-Katav et al. 2013*), kann nicht ausgeschlossen werden, dass es eine weitere potentielle Übereinstimmung gibt. Die Foraminiferen der Tira Probe werden nicht durch Bildtafeln belegt, sodass ein direkter Vergleich der beiden Morphologien nicht stattfinden kann. *Pararotalia spinigera* ist eine invasive Foraminiferenart (*Zenetos et al., 2012*), ihr Fehlen in dem hier untersuchten Kernabschnitt, kann dadurch erklärt werden, dass der „ältere“ Teil des Kerns wahrscheinlich den Ablagerungen vor der Öffnung des Suezkanals entspricht und ein Vergleich mit dem „jüngeren“ Kernabschnitt hier sinnvoller wäre. Da *Nubeculina divaricata* einen fragilen Schalenbau aufweist könnte ihr Fehlen vor allem in der „älteren“ Kernhälfte durch eine schlechte Erhaltung hervorgerufen worden sein.

Auch die Werte von *Avnaim-Katav et al. (2013)* sind mit den hier analysierten Proben vergleichbar. Die untersuchten Sedimente stammen aus der Haifa Bay, etwas nördlich des hier analysierten Kerns. Wieder wurden die ersten 5 cm Sediment in 40 m Wassertiefe als Probe genommen. Mit 67 Arten bleibt die Probe aus Haifa unter den hier gefundenen durchschnittlich 82 Arten, was vermutlich daran liegt, dass nur die Größenfraktion von $>150\mu\text{m}$ zum Bestimmen herangezogen wurde. Der Wert der Evenness von 0,42 ist jedoch durchaus mit dem hier ermittelten Wert von durchschnittlich 0,397 vergleichbar. Auch die Dominanz von 8,3 % liegt sehr nahe bei den hier durchschnittlich 6,46 %. Über die Individuenanzahl wurde von den Autoren nicht berichtet.

Der hier untersuchte Kernabschnitt passt somit gut in den Kontext von anderen Studien, die in gleicher Wassertiefe und in der selben Umgebung erstellt wurden.

4.5. Invasive Arten

4.5.1. Probleme mit dem Status „invasiv“

Der weitläufige Katalog von *Zenetos et al. (2012)* über invasive Organismen im Mittelmeer hat ein eigenes Kapitel über fehlende Daten und die schwierige Interpretation der zusammengefassten und zusammengetragenen Studien, die selbsternannte „Achilles Ferse“ des Projekts. Fehlende Daten, vor allem was die Faunenzusammensetzung vor der Öffnung des Suez Kanals betrifft, sind in der Tat ein großes Problem bei der Interpretation der eigenen Funde, doch auch bei dem Definieren einer Art als invasiv. Auch wenn es keinen Zweifel daran gibt, dass invasive Arten in das Mittelmeer einwandern, werden mehr und mehr Studien darüber geschrieben, ob der Suezkanal tatsächlich der beschreibende Einwanderungsweg dieser Arten ist und auch ob die gefundenen Arten tatsächlich Invasoren darstellen, oder sie bisher nur noch unentdeckt geblieben waren (beispielsweise *Kovalev, 2006; Meric et al., 2015; Zenetos et al., 2017*). Dies geschieht, da in der Vergangenheit Daten aus Listen, die nicht aktualisiert oder von Experten monitorisiert wurden, oft ohne Überprüfung deren Validität als Vergleich für eigene Arbeiten verwendet wurden. Erst 2017 wurde eine von *Galil et al. (2016)* aufgestellte Liste von Taxonomieexperten überprüft (*Zenetos et al., 2017*), mit dem Ergebnis, dass 73 Arten aus der Liste ausgeschlossen und 72 neue Arten hinzugefügt wurden (*Zenetos et al., 2017*). Aufzeichnungen über invasive Arten sind niemals uneingeschränkt verlässlich als Quelle zu verwenden.

Die taxonomische Unsicherheit und auch die mangelhafte Datenlage, die Interpretationen vorangegangener Listen mit einem Fehler behaften, wirken auch in die Arbeiten weiter, die besagte Listen als Quelle verwendet haben und beeinflussen somit auch das Ergebnis dieser Masterarbeit.

In dem hier bearbeiteten Kernabschnitt wurden vier potentiell invasive Arten gefunden:

Acervulina inhaerens, *Amphistegina lobifera*, *Haddonina* sp., und *Heterostegina depressa*.

Acervulina inhaerens wurde im Jahr 2008 veröffentlichten Katalog von *Zenetos et al.* als invasiv beschrieben. Als Quelle wurde die Studie von *Meric et al. (2004)* angeführt, in der einige wenige Individuen von *A. inhaerens* an der Türkischen Küste gefunden wurden. Sie wurde dort nach *Reiss & Hottinger (1984)* bestimmt. In der nachfolgenden Liste der invasiven Arten im Mittelmeer von *Zenetos et al. (2010)* wurde diese Art wieder gestrichen, da Zweifel am Status als invasive Art entstanden waren. Der spezifische Grund, warum *A. inhaerens* nicht mehr in die Liste der invasiven Foraminiferen inkludiert wurde, wird in *Zenetos et al. (2010)* nicht direkt genannt, generell wurde jedoch angeführt, dass wenige Individuen oder schlechte Erhaltung der Schalen ein Grund für einen Ausschluss darstellen können (*Zenetos et al., 2010*). Dies wird daher auch als Grund für den Ausschluss von *A. inhaerens* angenommen. In der hier bearbeiteten Kernhälfte tritt *A. inhaerens* in Layer 45 - 46 und Layer 48 - 50 auf. In beiden Doppellayern wurde nur ein Individuum auf 10 g Sediment gefunden, sodass *A. inhaerens* auch an diesem Standort als selten zu bewerten ist. Ohne Datierung ist der Fund einer potentiell invasiven Art so weit unten im Kern nicht zu erklären. Unter Berücksichtigung der hohen rezenten Sedimentationsraten vor der Küste Israels von 55 cm/ka bei einer Wassertiefe von 33 m – 36 m (*Tapiero, 2002*), kann ein grober Zeitrahmen errechnet werden. Die Layer des hier beschriebenen Kernabschnitts, die einer Länge von etwa 40 cm entsprechen, ergeben unter der Annahme einer konstanten Sedimentationsrate einen rein rechnerischen Zeitraum zwischen ~ 636 a (Layer 35) und ~ 1273 a (Layer 70) vor heute. Dies weist darauf hin, dass das Sedimente von Layer 48 -50 und Layer 45 – 46, in denen *A. inhaerens* gefunden wurde, vermutlich weit vor der Öffnung des Suez Kanals im Jahre 1869 abgelagert worden sind. Weitert man den Blick von dem hier untersuchten „älteren“ Teil des Kerns auf andere Untersuchungen aus, so stellt man fest, dass das Vorhandensein oder die Abwesenheit von invasiven Arten kein guter Indikator für den Zeitpunkt der Öffnung des Suezkanals darstellt, solange die Diskussion über und Identifikation von invasiven Arten nicht weitgehend abgeschlossen ist. *Hyams-Kaphzan et al. (2008)* und *Avnaim-Katav (2013)* argumentie-

ren in ihren Studien, dass Abschnitte ohne invasive Arten die Zeit vor der Öffnung des Suez Kanals erfasst, doch wie der Fund von *A. inhaerens*, eine als invasiv gelistete Art zeigt, sollten weitere Forschungen über pseudoinvasive Arten, Datierungen der Proben und genaue Kenntnisse über die Sedimentationsraten der Region in die Interpretation mit einbezogen werden. Auch zu Beachten sind die in *Por* (1971) zusammengefassten Vermutungen, über natürliche und auch vom Menschen gemachte Verbindungen zwischen dem Roten Meer und dem Mittelmeer, die Vorläufer des Suezkanals darstellen und ihrerseits Chancen für Einwanderungen gegeben haben könnten. Es werden drei Szenarien genannt, in denen das Rote Meer in der Vergangenheit mit dem Mittelmeer verbunden war. Die zeitlich erste Verbindung lag während Meeresspiegelhochständen bei Interglazialen vor. Es gibt jedoch auch Hinweise auf Umweltbedingungen, die während den daraufhin folgenden Glazialen, ein Überleben von eingewanderten Arten im Mittelmeer verhinderten. Eine weitere Verbindung bestand sehr wahrscheinlich nach der letzten Eiszeit, bei leicht erhöhtem Meeresspiegel (Flandrische Transgression). Brackwasserbedingungen in den Verbindungskanälen könnten jedoch einen Faunenaustausch verhindert haben. Diese Verbindungen wurden von den antiken Ägyptern (~7. Jahrhundert vor Christus) ausgebaut und menschlich verändert um einen Wasserweg zwischen dem Roten Meer und dem Mittelmeer zu erhalten. Einwandernde Organismen hätten abermals eine Barriere aus Brackwasser überwinden müssen (*Por*, 1971). Es gibt nur wenige Hinweise, dass diese früheren Verbindungen zu einer Einwanderung tropischer Arten ins Mittelmeer geführt haben könnten. Doch es zeigt auch, dass man die Möglichkeit eines Faunenaustausches vor 1869 berücksichtigen und weiter erforschen muss.

Auch *Haddonia* sp. wurde durch *Meric et al.* (2008) als invasiv definiert und von *Zenetos et al.* (2010) in die Liste der invasiven Arten aufgenommen. Verfolgt man die Herkunft dieser Art zurück, wird in *Meric et al.* (2008) jedoch von „*Haddonia* spp.“ gesprochen. Da nicht genau definiert wurde, wie die invasiven *Haddonia* in dieser Sammelgruppe von den heimischen *Haddonia* unterscheidbar sind, kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch das eine Individuum, das in Layer 48 – 50 gefunden wurde, invasiv ist. Da in dieser Arbeit nur sicher identifizierbare Arten als invasiv eingestuft werden, wird *Haddonia* sp. in dieser Arbeit nicht als invasive Art gezählt. *Amphistegina lobifera* und *Heterostegina depressa* sind reichlich untersuchte und gut belegbare invasive Arten. Ihr Vorkommen in dem hier untersuchten „älteren“ Teil des Kerns ist jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Kontamination mit Individuen aus dem „jüngeren“ Teil des Kerns zurück zu führen. *Amphistegina lobifera* kommt nur zwischen

Layer 1 und Layer 15 vor (*Quell, in Vorbereitung*) und dann im „älteren“ Teil des Kerns wieder im letzten Layer 70. Nur ein einziges Individuum wurde in Layer 70 gefunden, was ein Indiz für eine Kontamination darstellt. Auch die lange Lücke, in der kein Individuum von *A. lobifera* gefunden wurde (zwischen Layer 15 und Layer 70) weist darauf hin. Auch der benachbarte Layer 69 wurde auf *Amphisteginen* untersucht, mit dem Resultat, dass kein weiteres Individuum im „älteren“ Kernabschnitt gefunden wurde.

Bei *Heterostegina depressa* wurde auf die selbe Art verfahren. Sie kommt stark abundant von Layer 1 bis Layer 25 vor (*Quell, in Vorbereitung*) und im „älteren“ Kernabschnitt in Form von einem Individuum in Layer 48 – 50. Wieder wurden Layer 47 und Layer 51 nach *H. depressa* untersucht. Es konnte kein weiteres Individuum im „älteren“ Teil des Kerns gefunden werden.

4.5.2. Invasive Arten im Kontext zum gesamten Kern

Alle vier invasive Arten *Acervulina inhaerens*, *Aphistegina lobifera*, *Haddonina* sp. und *Heterostegina depressa* kommen auch im „jüngeren“ Teil des Kerns vor. Nach *H. depressa* ist im „jüngeren“ Teil des Kerns *Hauerina diversa* die individuenstärkste invasive Art (*Quell, in Vorbereitung*).

5. Fazit

Es konnten 161 Foraminiferenarten identifiziert werden, davon waren die meisten (54,5%) Miliolida, danach folgten die Rotaliida (39,3%) und nur wenige agglutinierende Foraminiferen (6,2%). Auch bei der Individuenanzahl dominieren die Miliolida leicht mit durchschnittlich 53% der Individuen pro Layer, während die Rotaliida durchschnittlich 45% und die Textulariida 0,52% ausmachten. Es sind keine starken Schwankungen zwischen den Verhältnissen der Großgruppen (Miliolida, Rotaliida und Textulariida) untereinander über die „ältere“ Kernhälfte hinweg zu verzeichnen. Über die Kernhälfte verteilt können jedoch starke Schwankungen sowohl in der Artenzahl, als auch in der Anzahl an Individuen festgestellt werden. Ein allgemein sinkender Trend in Richtung der „jüngeren“ Kernhälfte ist bei der Artenanzahl zu verzeichnen. Die Individuenzahl zeigt einen leicht steigenden Trend. Die Fauna ist anhand ihrer Diversitätsindizes vergleichbar mit anderen Studien dieser Region.

Eine Korrelationsanalyse mit dem Sediment ergab keine signifikante Korrelation zwischen der Artenzahl und der Anzahl an Individuen, sodass auftretende Schwankungen dieser beiden Parameter nicht mit dem Einfluss des Sediments auf die Fauna erklärt werden können. Auf

Grund von Datenmangel können keine anderen Umweltparameter identifiziert werden, die eine Veränderung der Artenzahl und Individuenzahl erklären können. Bezieht man die zusätzliche Datenpunkte des „jüngeren“ Kernabschnittes in die Analyse mit ein, führt dies jedoch zu einem anderen Ergebnis. Dann korreliert die Artenanzahl signifikant positiv mit dem „groben“ Sediment, was sich durch einen verstärkten Einfluss des Sediments auf die Fauna erklären lässt. Außerdem treten 11,76% der Foraminiferenarten nur in der „älteren“ Kernhälfte auf. Es wird vermutet, dass die Schwankungen der Individuenzahl durch langfristige Veränderungen des Nährstoffgehalts, in der Form von biologischer Produktivität, erklärt werden können, wie durch andere Studien in der selben Region bereits suggeriert wurde. Es wurde eine invasive Foraminiferenart in dem hier untersuchten Kernabschnitt gefunden. Durch das Fehlen einer Datierung der Sedimente kann das Auftreten einer invasiven Art so tief im Sediment nicht erklärt werden. Aufgrund der durch andere Studien bekannten Sedimentationsrate der Region und unter der vereinfachten Annahme, dass sie über die Jahre gleich geblieben ist, kann vermutet werden, dass Layer 35 – Layer 70, die in etwa Zentimeter 35 bis Zentimeter 70 entsprechen, zwischen ~ 636 a (Layer 35) und ~ 1273 a (Layer 70) vor heute abgelagert wurden. Rein rechnerisch ist es also ein Zeitraum, der der Öffnung des Suezkanals voraus ging. Aufgrund des Auftretens der invasiven Art *Arcevulina inhaerens* in diesem grob errechneten Zeitraum folgt sofort die Frage, ob das Vorhandensein oder nicht Vorhandensein von invasive Arten ein guter Indikator für die Öffnung des Suezkanals ist. Der Fund kann als Argument für frühere Verbindungen, die vor der Öffnung des Kanals existiert hatten, betrachtet werden. Ohne weitere Forschung über vorige Verbindungen zwischen dem Roten Meer und dem Mittelmeer und einer genaueren Definition des Begriffs „invasiv“ ist das Auftreten von invasiven Arten kein guter Indikator für einen Zeitraum. Die bisher rekonstruierten Wege zwischen den beiden Meeren, liefern viele Indizien für existierende Barrieren, die trotz der Verbindung eine Einwanderung erschwerten. Weitere Forschung könnte jedoch zu Erkenntnissen führen, die eine Einwanderung zu einem früheren Zeitpunkt beweisen. In dieser Arbeit wurde auch gezeigt, wie sich Datensammlungen über invasive Arten weiterhin im Wandel befinden und wie der Status als „invasiv“ mit einer Unsicherheit verbunden ist. Die Analyse von Faktoren, die zu einer Etablierung dieser Invasoren führen, ist genauso wichtig, wie die Überprüfung des Status einer invasiven Art.

6. Literaturverzeichnis

- Armstrong, H. A.; Brasier, M. D. **2005**. "Microfossils", Second Edition, Blackwell Publishing, Cornwall, pp. 142 - 188
- Alve, E. **1999** "Colonization of new habitats by benthic foraminifera: a review" *Earth-Science Reviews*, Vol. 46, pp. 167 – 185
- Avnaim-Katav, S.; Almogi-Labi, A.; Sadler, A.; Sivan, D. **2013**. "Benthic foraminifera as palaeoenvironmental indicators during the last million years in the eastern Mediterranean inner shelf" *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 386, pp. 512 – 530
- Azov, Y. **1991** "Eastern Mediterranean – A marine desert?" *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 23, pp. 225 – 232
- Béthoux, J.-P.; Gentili, B.; Raunet, J.; Tailliez, D. **1990** "Warming trend in the western Mediterranean deep water" *Nature*, Vol. 347, pp. 660 – 662
- Béthoux, J.-P.; Gentili, B.; Tailliez, D. **1998** "Warming and freshwater budget change in the Mediterranean since the 1940s, their possible relation to the greenhouse effect" *Geophysical Research Letters*, Vol. 25, No.7, pp. 1023 – 1026,
- Cimerman, F.; Langer, M. R. **1991** "Mediterranean Foraminifera" Ljubljana, published as a common publication by the Slovenian Academy of Sciences and Arts, the Swiss Academy of Natural Sciences and the Scientific Research Center of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, ISBN 86- 7131 – 053 – 1, pp. 210
- De Biasi, A. M.; Aliani, S. **2003** "Shallow-water hydrothermal vents in the Mediterranean sea: stepping stones for Lessepsian migration?" in: Jones M.B., Ingólfsson A.; Ólafsson, E.; Helgason, G.V.; Gunnarsson, K.; Svavarsson, J. (eds) *Migrations and Dispersal of Marine Organisms. Developments in Hydrobiology*, Vol. 174, Springer, Dordrecht, pp. 37-44

- Edelist, D.; Rilov, G.; Golani, D.; Carlton, T.J.; Spanier, E. **2013** "Restructuring the Sea: profound shifts in the world's most invaded marine ecosystem" *A Journal of Conservation Biogeography, Diversity and Distributions*, Vol. 19, pp. 69-77
- El-Asmar, H.M. **2002** "Short term coastal changes along Damietta-Port Said coast northeast of the Nile Delta, Egypt" *Journal of Coastal Research*, Vol. 18, pp. 433 – 441
- Galil, B.S.; **2006** "The marine caravan – the Suez Canal and the Erythrean invasion" In: Gollasch, S.; Galil, B.S.; Cohen, A. N. (eds.), *Bridging divides: Maritime canals as invasion corridors*. Springer, Dordrecht, pp. 207 – 300;
- Galil, B.S.; Marchini, A.; Occhipinti-Ambrohi, A. **2016** "East is east and West is west? Management of marine bioinvasions in the Mediterranean Sea" *Estuar Coastal and Shelf Science*, Vol. 201, pp. 7 - 16
- Gallmetzer, I.; Haselmair, A.; Stachowitsch, M.; Zuschin, M. **2016** "An innovative piston corer for large-volume sediment samples" *Limnology and Oceanography – Methods*, Vol. 10, pp. 698-717
- Gofas, S.; Zenetos, A. **2003** "Exotic molluscs in the Mediterranean basin: Current status and perspectives." *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, Vol. 41, pp. 237 – 277
- Golden Software, Inc. **2011** "Surfer 10", Surface mapping system, Version 10.2.601, Golden Software Inc., Golden, Colorado, U.S.A., <http://www.goldensoftware.com>
- Guy-Haim, T.; Hyams-Kaphzan, O.; Yeruham, E.; Almogi-Labin, A.; Carlton, J.T. **2017** "A novel marine bioinvasion vector: Ichthyochroy, live passage through fish" *Limnology and Oceanography Letters* published by Wiley Periodicals, Inc. On behalf of Association for Science of Limnology and Oceanography, doi: 10.1002/lol2.10039

- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. 2001 "PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis" *Palaeontologia Electronica*, Vol. 4, No.1, 9 pp.
- Harris, L. G.; Tyrrell, M. C. **2001** "Changing community states on the Gulf of Maine: Synergism between invaders, overfishing and climate change" *Biological Invasions*, Vol. 3, pp. 9 – 21
- Hoegh-Guldberg, O.; Bruno, J.F. **2010** "The Impact of Climate Change on the World's Marine Ecosystem" *Science*, Vol. 328, Issue 5985, pp. 1523 – 1528
- Hottinger, L.; Halicz, E.; Reiss, Z. **1993** "Recent foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea" *Academia Scientiarum et Artium Solvenica, Classis IV: Historia Naturalis*, Vol. 33, Lubljana, 179 pp., 230 Bildtafeln
- Hyams-Kaphzan, O.; Almogi-Labin, A.; Sivan, D.; Benjamini, C. **2008** "Benthic foraminifera assemblage change along the southeastern Mediterranean inner shelf due to fall-off of Nile-derived siliciclastics" *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, Stuttgart, Vol. 248, No. 3, pp. 315 – 344,
- Hyams, O.; Almogi-Labin, A.; Benjamini, C. **2002** "Larger foraminifera of the southeastern Mediterranean shallow continental shelf off Israel" *Israel Journal of Earth Science*, 51:169-179
- International Council for the Exploration of the Sea **2005** "ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms 2005", 30 pp.
- Jannink, N.T.; van der Zwaan, G.J.; Meulenkaam, J.E.; Almogi-Labin, A. **2001** "Seasonality, biodiversity and microhabitats in benthic foraminiferal communities" *Geologica Ultraiectina Mededelingen van de Faculteit Aardwetenschappen Universiteit Utrecht* No. 203, pp. 182

Jones, R.W. **1994** "The Challenger Foraminifera" The Natural History Museum, London, Oxford University Press, 280 pp.

Kovalev, A.V. **2006** "On the problem of Lessepsian migrations of zooplanktonic organisms" Mediterranean Marine Science, Vol. 7, No. 2, pp. 67-71

Kucera, M.; Silve, L.; Weiner, A. K. M.; Darling, K.; Lübke, B.; Holzmann, M.; Pawlowski, J.; Schönfeld, J.; Morard, R. **2017** "Caught in the act: anatomy of an ongoing benthic-planktonic transition in a marine protist", Journal of Plankton Research, Vol. 39, Issue 3, pp. 436 - 449

Langer, M. R.; Weinmann, A. E.; Lötters, S.; Rödder, D. **2012** " "Strangers" in Paradise: Modeling the biogeographic range expansion of the foraminifera Amphistegina in the Mediterranean Sea" Journal of Foraminiferal Research, Vol. 42, No. 3, pp. 234 – 244

Lessard, R.H. **1980** "Distribution patterns of intertidal and shallow-water foraminifera of the tropical Pacific Ocean." Cushman Foundation Foraminifera Research, Special Publication 19, pp. 40 – 58

Liu, J.Y. **2008** "Checklist of marine biota of China seas" Science Press Beijing, ISBN 978-7-03-023722-4, pp. 1267

Loeblich, A.R. Jr.; Tappan, H. **1988** "Foraminiferal Genera and Their Classification" Van Nostrand Reinhold Company, New York, Band 1: 970 pp., Band 2: 847 Bildtafeln

McGann, M.; Solan, D.; **1996** "Recent introduction of the foraminifera Trochammina hadai Uchio into San Francisco Bay, California, USA" Marine Micropaleontology, Vol. 28, pp. 1 - 3

Meric, E.; Avsar, N.; Bergin, F. **2004** "Benthic foraminifera of Eastern Aegean Sea (Turkey) systematics and autoecology" Chamber of Geological Engineers of Turkey and Turkish Marine Research Foundation, Publication No. 18, p. 306

- Meric, E.; Avsar, N.; Nazik, A.; Yokes, M.B.; Dincer, F. **2008** "A Review of Benthic Foraminifers and Ostracodes of the Antalya Coast" *Micropaleontology*, Recent Benthic Foraminifera along the Southwest Coasts of Antalya (SW Turkey) and the Impact of Alien Species on Autochthonous Fauna, Vol. 54, No.3 /4, pp. 199 – 240
- Meric, E.; Yokes, M.B.; Avsar, N., Bircan, C. **2010** "An oasis for alien benthic Foraminifera in the Aegean Sea" *Aquatic Invasions*, Vol. 5, Issue 2, pp. 191 – 195
- Meric, E.; Yokes, M.B.; Avsar, N. **2011** "A new guest in Ilica Bay (Cesme-Izmir-Turkey), *Conscinospira acicularis*." *Marine Biodiversity Record*, 4:e94
- Meric, E.; Avsar, N.; Baki Yokes, M.; Dincer, F. **2014 a** "Atlas of Recent Benthic foraminifera from Turkey" *Micropaleontology*, Vol. 60, No. 3 – 4, pp. 211 – 398
- Meric, E.; Avsar, N.; Baki Yokes, M.; Brut, I.; Tas, S.; Eryilmaz, M.; Dincer, F.; Bircan, C.; **2014 b** "Opinions and comments on the benthic foraminiferal assemblage observed around the mineral submarine spring in Kusadasi (Aydin, Turkey)" *Marine Biodiversity Records*, Vol. 7., e103, p. 1
- Meric, E.; Yokes, M.B.; Avsar, N.; Dincer, F.; **2015** "New Observations of Alien Foraminifera on the Turkish Coasts of the Aegean Sea" *International Journal of Environment and Geoinformatics*, Vol. 2, No. 2, pp. 77 – 57
- Merkado, G.; Holzmann, M.; Apothéloz-Perret-Gentil, L.; Pawlowski, J.; Abdu, U.; Almogi-Labin, A.; Hyams-Kaphzan, O.; Bakhrat, A.; Abramovich, S. **2013** "Molecular Evidence for Lessepsian Invasion of Soritids (Larger Symbiont Bearing Benthic Foraminifera)" *PLoS ONE* 8(10): e77725
- Milker, Y.; Schmiedl, G. **2012** "A taxonomic guide to modern benthic shelf foraminifera of the western Mediterranean Sea." *Palaeontologia Electronica*, Vol. 15, Issue 2, 16A, pp.134

- Murray, J. W. **1991**. "Ecology and paleoecology of Benthic Foraminifera." Logman Scientific & Technical, Harlow, Essex, 341 pp.
- Oflaz, S. A. **2006** "Taxonomy and distribution of the benthic foraminifera in the gulf of Iskebderun, Eastern Mediterranean" A Master Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, pp. 306
- Por, F.D. **1971** "One Hundred Years of Suez Canal – A Century of Lessepsian Migration: Retrospect and Viewpoints" Systematic Biology, Vol. 20, Issue 2, pp. 138 – 159
- Por, F.D. **2010** "Climate Optimum rejuvenates the Mediterranean marine world" Integrative Zoology, Vol. 5, pp. 112–121.
- Press, W.H.; Teukolsky, S. A.; Vetterling, W. T.; Flannery, B. P. **1992** "Numerical recipes in C: The art of Scientific computing." Second Edition, Cambridge University Press, pp. 994
- Quell, G. **in Vorbereitung** "Die rezente Foraminiferenfauna an der Küste Israels (Levantinisches Meer): ihre zeitliche Entwicklung und das Auftreten invasiver Arten" Masterarbeit, Universität Wien
- Raitsos, D.R.; Beaugrand, G.; Georgopoulos, D.; Zenetos, A.; Pancucci-Papadopoulou, A. M.; Theocharis, A.; Papathanassiou, E. **2010**, "Global climate change amplifies the entry of tropical species into the Eastern Mediterranean Sea" , Limnol. Oceanogr., Vol. 55, No.4, pp. 1478 – 1484
- Reinhardt, E.G.; Patterson, R.T.; Schroder-Adams, C.J. **1994** "Geoarchaeology of the ancient harbor site of Caesarea Maritima, Israel: Evidence from sedimentology and paleoecology of benthic foraminifera" Journal of Foraminiferal Research, Vol. 24, No.1, pp.37-48,
- Reiss, Z.; Hottinger, L. **1984** "The Gulf of Aqaba" Ecological Studies, Ecological Micropaleontology, 1. Auflage, pp. 319

- Rilov G., Galil B. **2009** "Marine Bioinvasions in the Mediterranean Sea – History, Distribution and Ecology." in Rilov G., Crooks J.A. (eds) *Biological Invasions in Marine Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, Vol. 204., Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 549 - 575
- RStudio Team, **2016** RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>
- Samir, A.M.; Abdou, H.F.; Zazou, S.M.; El-Menhawey, W.H. **2003** "Cluster analysis of recent benthic foraminifera from the northwestern Mediterranean coast of Egypt" *Éditions scientifiques et médicales Elsevier, Revue de micropaléontologie*, Vol. 46, pp. 111 – 130
- Schafer, C.T.; Young, J.A. **1977** "Experiments on mobility and transportability of some nearshore benthonic foraminifera species." *Geological Survey of Canada, Paper No. 77-1C*; pp. 27 – 31
- Sgarella, F. And Moncharmont Zei, M. **1993** "Benthic foraminifera in the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology" *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 32, pp. 154 – 264
- Sherman, K.S.; Coull, B.C.; **1980** "The response of meiofauna to sediment disturbance" *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 46, pp. 59 – 71
- Spellerberg, I. F.; Fedor, P. J. **2003** "A tribute to Claude Shannon (1916 – 2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon – Wiener' Index" *Global Ecology and Biogeography*, Vol. 12, Issue 3; pp. 177 – 179
- Tapiero, I. **2002** "High-resolution paleoecologic and paleoclimatic changes of the Holocene, based on benthic foraminifera and sediments from the Mediterranean inner shelf, Israel" - Master Thesis, Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel, pp. 130 (English abstract)

- Theocharis, A.; Nittis, K.; Kontoyiannis, H.; Papageorgiou, E.; Balopoulos, E. **1999** "Climate changes in the Aegean Sea influence the Eastern Mediterranean thermohaline circulation (1986 – 1997)" *Geophysical Research Letter* 26, pp. 1617 – 1620
- Wickham, H. **2016** "ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis", Springer-Verlag New York, 276 pp.
- Witte, L.J.; **1994** "Man-made dispersal of microbenthos." *Marine Micropaleontology*, 23, pp. 87 – 88
- WoRMS Editorial Board **2019**, World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2019-06-10. doi:10.14284/170
- Yanko, V.; Ahmad, M.; Kaminski, M. **1998** "Morphological deformations of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: Implications for pollution monitoring" *Journal of Foraminiferal Research*, Vol. 28, No. 3, pp. 177 - 200
- Yokes, M.B.; Meric, E.; Avsar, N. **2007** "On the presence of alien foraminifera Amphistehina lobifera Larsen on the coast of the Maltese Island" *Aquatic Invasions*, Vol. 2, Issue 4, pp. 439 – 441
- Zenetos, A.; Cinar, M.; Pancucci-Papadopoulou, M.; Harmelin, J.; Furnari, G.; Andaloro, F.; Bellou, N.; Streftaris, N.; Zinrowius, H. **2005** "Annotated list of marine alien species in the Mediterranean with records of the worst invasive species" *Mediterranean Marine Science*, Vol. 6, No. 2, pp. 63 – 118
- Zenetos, A.; Meric, E.; Verlaque, M.; Galli, P.; Boudouresque, C.-F.; Giangrande, A.; Cinar, M.E.; Bilecenoglu, M. **2008** "Additions to the annotated list of marine alien biota in the Mediterranean with special emphasis on Foraminifera and Parasites" *Mediterranean Marine Science*, Volume 9, No.1, pp. 119-165

Zenetos, A.; Gofas, S.; Verlaque, M.; Cinar, M.E.; Garcia Raso, J.E.; Bianchi, C.N.; Morri, C.; Azzurro, E.; Bileceno, M.; Frogli, C.; Siokou, I.; Violanti, D.; Sfriso, A.; San Martin, G.; Giangrande, A.; Katagan, T.; Ballesteros, E.; Ramos-Espala, A.A.; Mastrototaro, F.; Ocana, O.; Zingone, A.; Gambi, M.C.; Streftaris, N. **2010** "Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial Distribution" Mediterranean Marine Science, Vol. 11, 381 pp.

Zenetos, A.; Gogas, S.; Morri, C.; Rosso, A.; Violanti, D.; Garcia Raso, J.E.; Cinar, M.E.; Almogil-Labin, A.; Ates, A.S.; Azzurro, E.; Ballesteros, E.; Bianchi, C.N.; Bilecenoglu, M.; Gambi, M.C.; Giangrande, A.; Gravili, C.; Hyams-Kaphzan, O.; Karachile, P.K.; Katsanevaskis, S.; Lipej, L.; Mastrototaro, F.; Mineur, F.; Pancucci-Papadopoulou, M.A.; Ramos Espalá, A.; Salas, C.; Dan Martín, G.; Sfriso, A.; Streftaris, N.; Verlaque, M. **2012** "Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways" Mediterranean Marine Science, Vol. 13, No. 2, pp. 328 - 352

Zenetos, A.; Cinar, M. E.; Crocetta, F.; Golani, D.; Rosso, A.; Servello, G.; Shekar, N.; Turon, X.; Verlaque, M. **2017** "Uncertainties and Validation of alien species catalogues: The Mediterranean as an example" Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 191, pp. 171 – 187

Zimmermann, K. **in Vorbereitung** "Sedimentäre Veränderung und ihr Einfluss auf Foraminiferen des östlichen Mittelmeeres im zeitlichen Bezug zur Öffnung des Suezkanals" Masterarbeit, Universität Wien

7. Anhang

7.1 Kurzfassungen

7.1.1 Kurzfassung in deutscher Sprache

Durch die Öffnung des Suezkanals vor genau 150 Jahren ist das seit dem Miozän vergleichsweise isolierte Mittelmeer mit dem Roten Meer wieder direkt verbunden. Dies führt unweigerlich zu einem Faunenaustausch und brachte bereits hunderte tropische Arten aus dem Süden in das Mittelmeer. Die Unterschiede von Wassertemperatur und dadurch Lebensbedingungen zwischen dem tropischen Roten Meer und dem subtropischen östlichen Mittelmeer (Levantisches Meer) werden durch die Klimaerwärmung bedingt immer geringer. Diese Einwanderung von nicht heimischen Arten ist ein fortlaufender Prozess, dessen Anfänge in dieser Arbeit analysiert werden sollen. Durch die Untersuchung eines etwa 80 cm langen Sedimentkerns, der an der israelischen Mittelmeerküste in 40 m Wassertiefe südlich der Haifa Bay genommen wurde, soll die Faunenzusammensetzung benthischer Foraminiferen ermittelt werden. Der Kern wurde in ca. 1 cm dicke Layer unterteilt und thematisch in zwei Hälften eingeteilt. In dieser Arbeit wird in einer groben Auflösung, in Form von jedem fünften Layer, ein Überblick über die „ältere“ Kernhälfte (Layer 35 – Layer 70) gegeben, um vor allem die Faunenzusammensetzung von benthischen Foraminiferen vor der Öffnung des Suezkanals zu beschreiben. Es wurde die gesamte Vergesellschaftung (lebend und tot) in der Größenklasse $> 63 \mu\text{m}$ auf Artenzahl und Individuenzahl untersucht und die Diversität bestimmt. Dadurch wurden natürliche Veränderungen in der Faunenzusammensetzung und Individuenzahl mit den Sedimentparametern korreliert, so wie die Vermutung aufgestellt, dass Veränderungen der Individuenzahl mit dem Nährstoffeintrag zusammenhängen. Insgesamt wurden 161 Arten identifiziert. Die Artenanzahl schwankt zwischen einem Maximum von 97 Arten und einem Minimum von 65 Arten, mit einem sinkenden Trend in Richtung des „jüngeren“ Kernabschnitts. Das Verhältnis der Großgruppen Miliolida, Rotaliida und Textulariida untereinander schwankt über die Kernhälfte verteilt nur gering, was ein Indiz für stabile Umweltbedingungen darstellt. Durchschnittlich wurden 6826 Individuen in den Layer gefunden. Die Anzahl an Individuen zeigt einen leicht steigenden Trend in Richtung des „jüngeren“ Kernabschnitts. Die Fauna kann anhand der Diversität (Shannon Index) von durchschnittlich 3,54 als divers beschrieben werden. Der Wert der Evenness von durchschnittlich 0,3970, mit nur geringen Schwankungen in einzelnen Layern, zeigt einen normalen Grad an Gleichverteilung in dieser Region. Der Dominanzwert von durchschnittlich 0,0646 zeigt das Vorhanden-

sein von vielen seltenen Arten und ist ebenso mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichbar.

Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit liegt noch keine Datierung vor, doch mit Hilfe der bekannten Sedimentationsrate in dieser Region und bei einer Wassertiefe von ungefähr 40 m, konnte errechnet werden, dass die „ältere“ Kernhälfte vermutlich im Zeitraum von etwa 636 Jahren vor heute (Layer 35) bis etwa 1273 Jahren vor heute (Layer 70) abgelagert wurde. Dies ist eindeutig vor der Öffnung des Suezkanals. Dennoch wurde die potentiell invasive Foraminiferenart *Acervulina inhaerens* bereits in dieser Kernhälfte gefunden. Dies liefert, wie auch in anderen Studien vermutet, einen weiteren Hinweis auf mögliche frühere natürliche und auch bereits künstliche Verbindungen zwischen dem Mittelmeer und dem Roten Meer, die einen Faunenaustausch ermöglicht haben könnten.

7.1.2. Kurzfassung in englischer Sprache

The opening of the Suez Canal happened exactly 150 years ago and led to a reconnection between the Mediterranean Sea, which had been isolated since the Miocene and the Red Sea. Due to the ongoing climate change differences between the tropical Red Sea and the subtropical Eastern Mediterranean Sea (Levantine Sea) diminish more and more. This driving force inevitably leads to an exchange between organisms of those two habitats and is the cause of hundreds of species already entering the Mediterranean Sea through its southern canal. This work aims to take a look at this ongoing migration process. For this, the faunal composition of benthic foraminifera was investigated in a sediment core of approximately 80 cm length, which assumed to cover the time span before and after the canal opening. The core was taken off the coast of Israel south of Haifa Bay in 40 m water depth. It was sectioned into layers (about 1 cm thickness) and thematically divided into two parts. The task of this thesis was to give an overview of the “older” (layer 35 – layer 70) part of the core with a resolution of every fifth layer analysed in order to describe the faunal composition of benthic foraminifera that appeared to be not effected by the opening of the Suez Canal yet. There was no distinction made between the living and dead assemblage and the size fraction larger 63 μm was considered. The number of species, number of individuals and the diversity was recorded. As a result it was possible to show changes in the assemblage composition and number of individuals due to natural causes. The faunal composition was correlated with sediment properties. Changes in the number of individuals might be explained by consider-

ing changes in the nutrition influx of the region. There were a total of 161 species identified, that appeared in the “older” part of the core. The number of species oscillates between it’s maxima of 97 species and it’s minima of 65 species. It shows a general decreasing trend towards the “younger” part of the core. The relation between the groups of miliolids, rotaliids and textulariids changed only slightly over time, which shows the possibility of past stable environmental conditions. There were 6826 individuals on average in every layer. The number of individuals slightly increases towards the “younger” part of the core. The community can be described as diverse, with a shannon index that shows an average of 3,54. The evenness shows an average value of 0,3970 and indicates an equal distribution of taxa over the layers, which is common for this region. The dominance concludes in an average value of 0,0646 which demonstrates the existence of many rare species. This result is common for the region as well.

At this point in time there has been no dating of any of the core slices. By referring to the sedimentation rate for this region and considering the sampling at 40 m water depth, we can speculate that the “older” part of the core must have been deposited between 636 years (layer 35) and about 1279 (layer 70) years before today. This clearly covers the time frame prior to the opening of the Suez Canal. However, the invasive foraminifera *Acervulina inhaerens* appears in this part of the core. This provides further evidence to theories about previous natural and artificial openings between both seas that existed before the opening of the Suez Canal, which could have led to an exchange between organisms as well.

7.2. Rohdaten

7.2.1. Zähldaten

Tabelle 3: Zähldaten der Foraminiferenvergesellschaftung des „älteren“ Kernabschnitts. Dick dargestellte Arten wurden nicht in Berechnungen miteinbezogen.

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70		
	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm
Acervulina inhaerens	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina aff cliarensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina carinata-striata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina cf cliarensis	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina cf partschi	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina cliarensis	1	0	0	3	0	0	1	0	0	3	0	2	1	0	3	1	1	4	2	0	1	6	4	0	3	0	3	1	0	2
Adelosina dubai	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinqueloculina duthiersi	3	0	0	3	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	5	0	0	4	0	0	0	0	0	5	1	0	4	2	0
Adelosina elegans	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	5	0	0	0	0
Adelosina intricata	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Adelosina italica	6	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	3	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
Adelosina mediterraneensis	10	7	1	6	5	4	4	3	2	5	2	0	7	1	1	6	2	3	3	0	1	3	7	0	3	1	3	2	2	2
Adelosina pulchella	4	0	0	2	0	0	5	0	0	9	0	0	8	0	0	5	1	1	8	1	0	9	3	0	3	3	0	3	0	0
Adelosina sp 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70		
	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm
Adelosina sp 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina sp 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina sp 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina sp 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina sp 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Adelosina sp 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina sp 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Adelosina sp 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Adelosina sp 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	5	0	0	1	1	0
Adelosina sp 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adelosina sp 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Adelosina spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	5	0	1	0	0	0	11	0	0
Affinetrina planciana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammomia cf parkinsonia	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonia cf compacta	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Ammonia inflata	0	1	0	0	0	4	0	0	2	0	0	5	0	0	2	0	0	1	0	3	5	0	0	0	0	0	2	0	6	2
Ammonia parasovica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonia parkinsoniana	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	0	3
Ammonia sp 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonia spp	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0	1	0	0	0

[illegible]

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70			
	>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm
Connemarella rudis	12	1	0	9	0	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	24	1	0	40	1	0	63	1	0	12	0	0	
Conorbella sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Criboelphidium poeyanum	0	2	1	0	4	1	0	0	1	0	2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Cycloforina columnosa	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cycloforina contorta	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	
Cycloforina tenuicollis	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cycloforina villafranca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dentalina cf ornata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Discorbinella bertheloti	0	4	7	0	9	10	0	5	3	0	6	7	0	9	13	0	9	10	0	3	7	0	3	2	0	4	4	0	7	6	
Edentostomina rupertiana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Edentostomina sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elphidium aculeatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elphidium advenum	2	10	0	0	3	0	0	5	1	1	3	0	4	0	0	2	12	0	0	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0
Elphidium aff crispum	4	0	0	1	0	0	4	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elphidium crispum	66	6	0	36	3	0	62	3	0	48	1	0	65	0	0	54	4	0	64	5	0	58	2	0	99	1	0	43	5	0	

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70		
	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63µm
Adelosina bicornis	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lachlanella undulata	2	0	0	1	0	0	2	0	0	4	0	0	3	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	12	0	0	1	0	0
Lagena striata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lenticulina sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cibicidoides cf lobatulus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4
Cibicidoides lobatulus	17	12	2	17	8	5	24	4	5	13	7	3	18	7	14	27	5	5	13	5	1	21	5	0	47	1	2	5	2	3
Massilina secans	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miliolinella aff webbiana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miliolinella cf hybrida	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Miliolinella semicostata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miliolinella subrotunda	0	3	8	0	2	14	0	0	10	0	0	0	0	0	13	0	3	13	0	0	9	0	2	11	1	5	15	0	4	13
Milliolinella cf subrotunda	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Milliolinella sp 1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	1	0	0	9	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	1	4
Milliolinella sp 2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Milliolinella webbiana	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	2	1	0	1	0
Neoconorbina terquemi	0	14	0	0	15	0	0	7	0	0	11	0	0	13	0	0	11	0	0	9	0	0	8	0	0	13	0	0	9	0

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70		
	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63µm
Nodopthalmidium sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haynesina depressula	0	0	8	0	4	1	0	4	7	0	0	7	0	0	24	0	0	5	0	0	5	0	5	0	0	0	9	0	0	12
Nonionoides turgidus	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Paracibicides edomica	0	7	1	0	4	0	0	4	0	0	1	0	0	5	0	0	7	0	0	0	1	0	5	0	0	5	1	0	2	0
Pararosalina dimorphiformis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pararotalia calcariformata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pararotalia sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pileolina patelliformis	0	0	0	0	4	0	0	3	0	0	3	0	0	15	0	0	0	7	0	5	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
Pileolina sp.	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Planogypsina squamiformis	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planopulvinulina dispansa	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	4	0	0	2	0	0	2	0	0	8	0	0	1	0	0
Planopulvinulina sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbulina mediterraneensis	68	2	0	44	1	0	67	2	0	86	1	0	63	0	0	45	2	0	55	3	0	78	2	0	108	0	0	35	4	0
Planorbulina sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polymorphina sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70		
	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63µm
Porosononion granosum	0	4	5	0	5	0	0	2	3	0	0	2	0	0	5	0	0	5	0	0	3	0	6	0	0	2	5	0	0	2
Pseudotriloculina lecalvezae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pseudotriloculina aff oblonga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pseudotriloculina aff subgranulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudotriloculina cf subgranulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
Triloculina oblonga	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Pseudotriloculina rotunda	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pseudotriloculina sp	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudotriloculina cf rotunda	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrgo denticulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrgo oblonga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrgo sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinqueloculina aff disparilis	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinqueloculina aff lamarckiana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinqueloculina aff seminula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

[illegible]

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70			
	>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm			>500 µm 500 – 125 µm 125 – 63 µm
Quinqueloculina seminula	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	7	0	0	3	0	0	6	0	0	5	3	0	2	0	0	0	
Quinqueloculina sp 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quinqueloculina sp 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	
Quinqueloculina sp 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quinqueloculina sp 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quinqueliculina schlumbergeri	0	2	2	0	2	8	0	0	4	0	2	3	0	0	11	0	2	6	0	8	7	0	0	7	0	2	4	0	3	10	
Quniqueloculina spp	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quniqueloculina viennensis	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	
Rectuvigerina phlegeri	0	0	0	0	6	0	0	3	1	0	0	1	0	1	2	0	4	0	0	1	1	0	0	3	0	0	1	0	4	0	
Reusella sp	0	3	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	6	0	0	3	0	0	2	0	0	4	0	0	3	1	0	3	1	
Rosalina aff bradyi	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	
Rosalina bradyi	13	3	0	7	0	0	10	4	1	11	0	0	8	0	0	14	5	0	11	0	0	18	0	1	28	0	0	8	1	4	
Rosalina macropora	0	6	1	0	9	8	0	2	0	0	1	0	0	3	0	0	7	0	0	1	0	0	3	0	0	3	0	0	5	3	
Rosalina sp 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Rosalina sp 2	0	1	10	0	0	17	0	0	10	0	0	7	0	0	9	0	6	0	0	0	6	0	2	2	0	3	0	0	4	9	

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70		
	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63µm
Rosalina sp 3	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	6	0	2	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	8	0	0	3
Sigmoilina costata	0	4	3	0	2	6	0	4	4	0	4	0	0	4	2	0	3	4	0	5	6	0	3	3	0	4	5	0	2	10
Sigmoilinita sp 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Sigmoilinita tricosta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonaperta aff horrida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinqueloculina agglutinans	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonaperta cf aspera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonaperta dilatata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Siphonaperta horrida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonaperta sp 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonaperta sp 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonina reticulata	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Siphotextularia sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sorites sp 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaerogypsina globula	6	0	0	5	0	0	13	0	0	12	0	0	10	0	0	9	0	0	7	0	0	7	0	0	0	0	0	5	0	0
Spirilina sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Spiroloculina aff dilatata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0

[illegible]

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70		
	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63µm
<i>Spirosigmoilona pusilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spiroloculina</i> sp 1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spiroloculina</i> sp 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spiroloculina</i> sp 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0
<i>Spiroloculina</i> spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Spirophthalmidium tenuiseptatum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirophthalmidium acutimargo</i>	0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	6	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
<i>Spirophthalmidium</i> sp 1	0	1	3	0	1	0	0	0	5	0	0	4	0	0	12	0	2	3	0	1	3	0	0	4	0	0	4	0	2	4
<i>Textularia sagittula</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirophthalmidium</i> cf sp 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirophthalmidium</i> sp 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	7
<i>Stomartorbina</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Stomatorbina concentrica</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0
<i>Svratkina tuberculata</i>	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	0	0	3
<i>Textularia bocki</i>	4	17	3	2	13	1	5	5	1	4	7	0	6	7	0	3	12	1	6	8	1	36	16	2	10	8	2	1	6	1
<i>Textularia</i> cf <i>truncata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

[illegible]

	Layer 35			Layer 40			Layer 45- 46 A			Layer 45 - 46 B			Layer 48- 50 A			Layer 48- 50 B			Layer 55			Layer 60			Layer 65- 66			Layer 70			
	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	>500 µm	500 – 125 µm	125 – 63 µm	
Wellmanellinella sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wellmanellinella striata	4	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0
Miliolimidea spp	11	0	0	5	0	17	7	0	0	3	0	3	9	0	13	11	3	0	5	0	0	0	0	4	18	0	7	0	4	8	
Rotaliida spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	
Miniacina miniacea (Bruchstücke)	135	0	0	106	0	0	178	0	0	306	0	0	408	0	0	171	0	0	127	0	0	165	0	0	52	0	0	145	0	0	
Miniacina miniacea (Basen)	75	0	0	58	0	0	87	0	0	112	0	0	89	0	0	99	0	0	49	0	0	59	0	0	38	0	0	25	0	0	

7.2.2. Splits

Tabelle 4: Größe der untersuchten Splits. Nur die Fraktionen 500 – 125 µm und 125 – 63 µm wurden gesplittet.

	Layer 35	Layer 40	Layer 45 – 46 A	Layer 45 – 46 B	Layer 48 – 50 A	Layer 48 – 50 B	Layer 55	Layer 60	Layer 65 - 66	Layer 70
Split	1/64	1/64	1/128	1/128	1/64	1/128	1/128	1/128	1/128	1/64

7.2.3. Sedimentdaten

Tabelle 5: Masse der Sedimentfraktionen.

Layer	Probe [g]	Grob (>500µm) [g]	Fein (500 –63µm) [g]	Ton (< 63µm) [g]
70	113,3333	77,1862	6,8781	29,269
67	44,2975	8,4265	6,0413	29,8297
65-66	110,3545	38,4322	17,8697	54,0526
64	45,5345	10,2655	7,769	27,5
63	42,4066	10,6064	8,341	23,3661
62	39,3047	11,3684	8,1177	19,8186
61	36,3243	7,3434	8,4509	20,53
60	42,2123	11,1089	9,9032	21,2002
59	57,4152	20,393	12,381	24,6412
58	42,6795	16,5487	7,4798	18,651
57	53,1947	14,1718	8,2592	30,7637
56	46,6158	15,499	7,2118	23,905
55	44,2975	12,9937	6,6204	24,6834
54	35,8028	13,07	4,858	17,8748
53	47,1239	16,0417	7,0017	24,0805
52	49,0956	15,2157	6,7342	27,1457
51	38,0326	9,9656	5,1499	22,9171
48 – 50 B	74,2028	35,4964	7,2312	31,4752
48 – 50 A	62,7387	20,882	7,1775	34,6792
47	45,8059	18,1502	4,3805	23,2752

Layer	Probe [g]	Grob (>500µm) [g]	Fein (500 –63µm) [g]	Ton (< 63µm) [g]
45 – 46 B	57,4024	22,7183	6,9412	27,7425
45 – 46 A	51,7437	16,3765	6,9879	28,3793
44	46,0924	10,6338	4,9414	30,5172
41 – 43 B	51,6122	16,2308	5,3439	30,0375
41 – 43 A	78,7066	44,937	6,2404	27,5292
40	38,0368	14,2459	3,2552	20,5357
39	29,4821	11,4802	4,0519	13,95
38	43,0655	15,6538	5,6992	21,7125
37	45,0955	15,5586	5,9442	23,5927
36	35,21	8,3418	5,3912	21,477
35	36,1142	6,43	5,8765	23,8077