

SP3: SUBMARINE GROUNDWATER DISCHARGE (SGD) AREAS ALONG THE SOUTH AFRICAN COAST AND ITS EFFECTS ON BENTHIC INFAUNAL COMMUNITIES

Schlussbericht

Dr. Michael L. Zettler & Franziska Glück

Vorliegendes Teilprojekt wurde durch das Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde durchgeführt. Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02WSP1306C gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichtes liegt bei den Autoren.

I. Kurze Darstellung

1. Aufgabenstellung

Die in den Teilprojekten SP1 und SP2 lokalisierten und quantifizierten Grundwasseraustritte werden in SP3 durch benthosbiologische Methoden aus Sicht der Meeresfauna untersucht. Zum einen werden die ökologischen Auswirkungen der Grundwasseraustritte auf die Meeresbodenfauna eingeschätzt und zum anderen wird getestet, inwieweit sich benthische Organismen als Indikatoren für solche Grundwasseraustritte eignen. Während der erste Punkt einen Bezug zur Biodiversitätsforschung und zu Untersuchungen von Meeresressourcen aufweist, ist der zweite Punkt als Instrumentarium für Anwendungen und Modellierungen in ähnlichen oder geografisch angrenzenden Gebieten zu sehen. Beide Fragestellungen sind für den Erhalt von Ökosystemdienstleistungen des küstennahen Ozeans von unbedingter Wichtigkeit.

2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Untermeerische Grundwasseraustritte sind weltweit bekannt. Man unterscheidet mehrere Arten von sogenannten „submarine groundwater discharge (SGD)“. Sie können sehr lokal oder auch diffus sein, andauernd oder zeitweilig begrenzt und reines Süßwasser oder Brackwasser (Mischwasser) enthalten. In einem Verbundprojekt wurden in mehreren Teilprojekten Ursachen, Menge, Verortung, Effekte sowie sozio-ökonomische Auswirkungen an der südafrikanischen Küste untersucht. Generell üben solche Austritte auch Effekte auf die Lebewelt aus. Ziel unseres Teilprojektes war die Lokalisation solcher Austritte sowie die unmittelbaren Auswirkungen auf die bodenbewohnenden wirbellosen Lebewesen herauszufinden. Gleichzeitig sollen die Daten zur Analyse der Lebensgemeinschaften herangezogen werden.

3. Die Planung und Ablauf des Vorhabens

wird durch folgende Milestones vorgegeben:

MILESTONE 3.1: Prearrangement of the SP3 sampling campaigns

- 3.1.1 Assessment of existing SP3-relevant data related to the investigated ESA; desk study, data collection and evaluation in close cooperation with CSIR
- 3.1.2 Defining sampling schemes and suitable sampling locations; sampling locations and schemes were chosen related to the terrestrial relief, to the marine environment and the results of SP1, 2 and 4
- 3.1.3 Arrangements regarding logistics for sampling campaign; permission regarding sampling of benthic marine biota/equipment might be necessary and will have to be organized in close collaboration with CSIR

MILESTONE 3.2: Individual sampling campaigns; samples will be taken from coastal macrozoobenthic communities at localized SGD spots within the ESA and at fully marine non-seepage reference sites (for each of the two ESAs two individual campaigns were planned)

MILESTONE 3.3: Campaign specific lab analysis and joint data assessment; analysis of samples, assessment of suitability of certain benthos species for localization of SGD areas, interrelating gained information with results from SP1, 2 and 4

Die SP3-Milestones wurden nahtlos in die Milestones des Gesamtprojekts eingebettet.

Der Ablauf gestaltete sich in für jede Kampagne nach folgendem Schema:

Die Probenahmen setzen sich aus einer Reihe von Standardmethoden für Benthos-Untersuchungen zusammen. Sedimentkerne wurden durch Taucher oder in Wathosen ausgehoben und dienen der quantitativen Benthosanalyse. Zusätzlich konnten Kratzproben für qualitative Untersuchungen gewonnen werden. Die Messung abiotischer Faktoren im Porenwasser und in der Wassersäule beinhalten Salinität, Temperatur, Radon, Korngröße, organischer Gehalt und diverse Nährstoffe. Die Artbestimmung und Sammlungsarbeit wurde im Labor vorgenommen. Alle Daten werden durch Anwendung ökostatistischer Werkzeuge einer Gemeinschaftsanalyse unterzogen.

4. Stand der Forschung/State of the art:

Several studies have analyzed marine biogeography around the South African coast and each has recognized between two and five broad coastal biogeographic provinces (Griffiths et al. 2008). In this study, four Exemplary Study Sites will be specified with focus on the warm-temperate Agulhas Bioregion between False Bay and East London. Whereas several macrozoobenthic investigations from intertidal waters of South Africa have been published in the last decades (e.g. Day et al. 1970, Field 1971, Griffiths et al. 2008, McLachlan 1977, 1980, Schlacher & Wooldridge 1996, Wendt & McLachlan 1985, Lange 2008) the effects of SGD were completely ignored so far. Only very few studies exist worldwide dealing with this topic. In recent years the investigation and quantification of SGD to the oceans has increased; but particularly in the field of hydrology and hydrogeology. It is supposed that SGD may be an important nutrient source (Johannes 1980, Slomp & van Capellen 2004) and therewith influences coastal primary production (Carmichael & Valiela 2005), benthic marine plant abundances (Maier & Pregnall 1990, for East Africa: Kamermans et al. 2002) and macrozoobenthic communities (Miller & Ullmann 2004, Zipperle & Reise 2005, Dale & Miller 2008). SGD is supposed to affect productivity, biomass, species composition and zonation (Johannes 1980). Research conducted by Miller & Ullmann at Delaware Bay, United States (2004) demonstrated that ground water seeps host varied, well adapted and productive

benthic communities due to a variety of effects including reduced salinity, stabilized temperature and increased nutrient flux. They speculate on the role of SGD in distinctly contributing to overall biodiversity. Furthermore it has been shown by Zipperle & Reise (2005) that freshwater seepage areas can be used as preferred habitats to avoid competitive interactions with other marine food competitors in the German Wadden Sea. Waska & Kim (2010) state that globally SGD significantly impacts the local ecosystem structures in the intertidal zone. Moreover, they proved the de-coupling of salinity and macrofaunal distribution patterns, which Dale & Miller already hypothesized in 2008. Although an impact of SGD on benthic communities due to its desalination of near bottom marine waters and its chemical load is probable, no systematic investigations of this phenomenon exist so far. In brackish water systems (e.g. estuaries) salinity, exposition and oxygen supply are the main environmental variables which affect the composition of benthic communities and species' abundances in an unprecedented way (Zettler et al. 2007).

The main research focus of the Leibniz Institute for Baltic Sea Research (IOW) benthic working group has been and will be to model probabilities of occurrence of characteristic macro-invertebrate species from different functional groups occurring in marine and estuarine areas in response to major environmental forcing factors (salinity, water depth and seabed substrate type) (e.g. Glockzin & Zettler 2008, Gogina & Zettler 2010). Habitat suitability models allowed satisfactorily predicting the potential distribution of macrofaunal species based solely on modelled salinity, bathymetry and rough sediment class information. The results indicated that salinity, depth and substrate type are all important in determining the distribution of most characteristic macrobenthic species on meso- and large scales.

Carmichael, R. H. & Valiela, I. 2005: Coupling of near-bottom seston and surface sediment composition: changes with nutrient enrichment and implications for estuarine food supply and biogeochemical processing. *Limnology and Oceanography* 50: 97-105

Dale, R. K. & Miller, D. C. 2008: Hydrologic interactions of infaunal polychaetes and intertidal groundwater discharge. *Marine Ecology Progress Series* 363: 205-215

Day, J.H., J.G. Field, & M.J. Penrith 1970: The benthic fauna and fishes of False Bay, South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 39: 1-108

Field, J.G. 1971: Numerical analysis of changes in the soft-bottom fauna along a transect across False Bay, South Africa. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 7: 215-253

Glockzin, M. & M.L. Zettler 2008: Spatial macrozoobenthic distribution patterns in relation to major environmental factors- A case study from the Pomeranian Bay (southern Baltic Sea). *Journal of Sea Research* 59: 144-161

Gogina, M.A., Zettler, M.L. 2010: Diversity and distribution of benthic macrofauna in the Baltic Sea. Data inventory and its use for species distribution modelling and prediction. *Journal of Sea Research* 64: 313-321

Griffiths, C.L., Robinson, T.B., Lange, L & A. Mead 2008: Marine Biodiversity in South Africa: An Evaluation of Current States of Knowledge. *PLoS One* 5(8): e12008

Johannes, R. E. 1980: The ecological significance of the submarine discharge of ground water. *Marine Ecology Progress Series* 3: 365-373

Kamermans, P., Hemminga, M. A., Tack, J. F., Mateo, M. A. & 5 others 2002: Groundwater effects on diversity and abundance of lagoonal seagrasses in Kenya and on Zanzibar Island (East Africa). *Marine Ecology Progress Series* 231: 75-83

Lange, L. 2008: Benthic invertebrate biodiversity and biogeography patterns of South Africa. *World Conference on Marine Biodiversity in Valencia, 11-15 Nov 2008, Book of Abstracts*

Maier, C. M. & Pregnall, A. M. 1990: Increased macrophyte nitrate reductase activity as a consequence of groundwater input of nitrate through sandy beaches. *Marine Biology* 107: 263-271

McLachlan, A. 1977: Composition, distribution, abundance and biomass of the macrofauna and meiofauna of four sandy beaches. *Zoologica Africana* 12: 279-306

McLachlan, A. 1980: Intertidal zonation of macrofauna and stratification of meiofauna on high energy sandy beaches in the eastern Cape, South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 44: 213-222

Miller, D. C. & Ullmann, W. J. 2004: Ecological consequences of groundwater discharge to Delaware Bay, United States. *Ground Water* 42: 959-970

Schlacher, T.A. & T.H. Wooldridge 1996: Axial zonation of subtidal macrozoobenthos in the Gamtoos Estuary, South Africa. *Estuaries* 19: 680-696

Slomp, C. P. & van Capellen, P. 2004: Nutrient inputs to the coastal ocean through submarine groundwater discharge: controls and potential impact. *Journal of Hydrology* 295: 64-86

Waska, H. & Kim, G. 2010: Differences in microphytobenthos and macrofaunal abundances associated with groundwater discharge in the intertidal zone. *Marine Ecology Progress Series* 407: 159-172

Wendt, G. & McLachlan, A. (1985): Zonation and biomass of the intertidal macrofauna along a South African sandy beach. *Cahiers de biologie marine* 26: 1-14

Zettler, M.L., Schiedek, D., Bobertz, B. 2007: Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55: 258-270

Zipperle, A. & Reise, K. 2005: Freshwater springs on intertidal sand flats cause a switch in dominance among polychaete worms. *Journal of Sea Research* 54: 142-150

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

CSIR – Council for Scientific and Industrial Research, Stellenbosch

UCT – University of Cape Town, Kapstadt

Knysna Basin Project, Knysna

II. **Eingehende Darstellung**

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses

Die Verwendung und Finanzierung des Vorhabens verlief planmäßig (unter Punkt 2. dargestellt). Die größte und wichtigste Position sind Personalmittel, welche die Realisierung des Arbeitsprogrammes über 3 Jahre gewährleisten. Das Personal konnte planmäßig und termingerecht beschäftigt werden. Die Verbrauchsmittel wurden wie vorgesehen für Probenahmeequipment und Laborbedarf eingesetzt. Extra aufgeführt ist die Bootsmiete für die Probenahmeausfahrten im küstennahen Ozean inklusive Tauchereinsatz und Benzin. Die beantragten Reisemittel wurden nach Plan für regelmäßige Probenahmekampagnen, ein Kick-Off-Meeting und eine Summer School nach Südafrika, sowie für regelmäßige Projekttreffen mit den Partnern innerhalb Deutschlands ausgegeben.

Darstellung der erzielten Ergebnisse:

Das Gemeinschaftsprojekt wurde mit Erhalt des Zuwendungsbescheids zum 01.08.2013 offiziell begonnen. Die Projektpartner verständigten sich umgehend nach Projektbeginn auf einen gemeinsamen Zeitraum zur Durchführung der Kick-Off-Veranstaltung in Südafrika (23.-29.09.2013). Bis zu diesem Termin konnte die Doktorandin den Stand der Forschung bzgl. des Forschungsvorhabens für SP3 erarbeiten und wichtige Literaturstudien vornehmen. Weiterhin wurde das Projekt auf der AG-Seite („AG Ökologie benthischer Organismen“) der IOW-Homepage und in der institutsinternen Zeitschrift vorgestellt.

Beide Wissenschaftler aus SP3 nahmen vom 23.-27.09.2013 am geplanten Kick-Off-Meeting in Stellenbosch, Südafrika teil. Inhaltliche Schwerpunkte der Auftaktveranstaltung waren:

- Einführung in die erste Untersuchungsregion des Projektes *Strand/Gordon's Bay* basierend auf Erfahrungen und Kenntnissen aus vorangestellten Arbeiten von SP1 und 2,
- Vorstellung bei dem südafrikanischen Partner Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) in Stellenbosch,
- Abstimmung vorhandener bzw. benötigter Infrastruktur/Ausrüstung mit dem CSIR,
- Gemeinsame Besichtigung von aussichtsreichen Beprobungspunkten in der Region *Strand/Gordon's Bay*,
- Projektvorstellung bei potenziellen südafrikanischen Partnern: University of Cape Town (UCT), Freshwater Research Unit; University of Stellenbosch, Forestry Department; Department of Water Affairs and Forestry – South Africa,
- Interne Abstimmung für die folgende Probenahmekampagne.

Die Abschnitte Strand/Gordon's Bay der False Bay konnten als erste „Exemplary Study Area“ (ESA) festgelegt werden. Sowohl Bathymetrie, als auch Sedimenteigenschaften und der nahegelegene Hafen in Gordon's Bay bilden eine gute Basis für eine erfolgreiche Probenahme auf See (SP3 Milestone 3.1.2). Nach Vorstellung der Partner vom CSIR in Stellenbosch stehen dem SP3 zwei Bootsführer und direkte Ansprechpersonen vor Ort zur Verfügung. Außerdem bestehen diverse Lagerungsmöglichkeiten für das Probenequipment auf dem Gelände des CSIR. An Strandabschnitten der Orte Strand und Gordon's Bay wurden bereits Vertreter der Gattungen Gastropoda und Bivalvia gesammelt, zum IOW transportiert und taxonomisch aufgegliedert. In den folgenden Wochen wurden die Exemplare bis auf Artniveau bestimmt und ein Bestimmungsschlüssel für kommende Probekampagnen erstellt.

Im Anschluss an die Kick-Off-Veranstaltung wurde in den Monaten Oktober, November und Dezember 2013 die erste Probekampagne vorbereitet. Parallel zur Materialbeschaffung konnte ein 8fuß-Schiffscontainer mit dem nötigen Equipment (Van Veen Greifer, Dredge, Siebe, Siebtisch, Zarges-Boxen, Probegefäße, Kameraausrüstung, Büromaterial, Seesachen usw.) bepackt, der Zoll informiert und eine Firma für den Transport in Auftrag genommen werden (SP3 Milestone 3.1.3). Nach Kontaktaufnahme stellte sich Prof. Dr. Charles Griffiths von der University of Cape Town (UCT) nun als offizieller Gutachter der Doktorandin zur Verfügung und begleitete die Probenahme, die Datensammlung und -auswertung.

Abschließend für das Jahr 2013 und der Zusammenfassung dienend wurde am 06.12.2013 am Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ in Leipzig ein interner Workshop durchgeführt. Aus SP3 nahmen zwei Wissenschaftler daran teil. Der Workshop diente vorrangig der Ergebnispräsentation der vorangegangenen Geländekampagne von SP1/SP2. Im Workshop wurden außerdem folgende Inhalte bearbeitet:

- Inhaltliche Vorstellung und Diskussion der beiden geplanten Promotionsvorhaben,
- Datenaustausch zwischen SP1/SP2 und SP3/SP4: Konzeptvorstellung eines gemeinsamen Datentransferlaufwerks (FTP-Server), bereitgestellt durch das UFZ,
- Austausch von möglichen Datenquellen zu Klima-, Landnutzungs-, Boden-, Fließgewässer- und Grundwasserstandsdaten,

- Erörterung weiterer Untersuchungsregionen: Region Hermanus (ESA2) und Region Sedgefield (ESA3),
- Abstimmung und Koordination der geplanten Geländekampagne im März/April 2014.

Für SP3 wurde die erste Probekampagne auf den 04.04.-15.04.2014 festgelegt.

In Anlehnung an die geplanten Feldarbeiten im ersten Halbjahr 2014 wurde zu Koordinationszwecken am 3./4. März das erste SPACES GSI Projekt-Meeting des Jahres am Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde ausgerichtet.

Inhaltliche Schwerpunkte der Veranstaltung waren:

- Einführung in die erste Untersuchungsregion Strand/Gordon's Bay basierend auf gesammelter Literatur, vorangestellten Arbeiten und der ersten Geländekampagne (SP1/SP2) im Anschluss an das Kick-Off Meeting in 2013 vor Ort (SP3 Milestone 3.1.1),
- Planung und Organisation der ersten Probenahmekampagne in Strand/Gordon's Bay (März/April 2015),
- Abstimmung vorhandener bzw. benötigter Infrastruktur/Ausrüstung mit den Projektpartnern, sowie des zeitlichen Ablaufs und der Zusammenarbeit in Südafrika (SP3 Milestone 3.1.3).

Im Anschluss an das erste Projekt-Meeting im März 2014 wurden einige Änderungen bezüglich der benthosbiologischen Probenahmemethodik und der damit verbundenen Infrastruktur vorgenommen. Nach Rücksprache mit südafrikanischen Kollegen wurde vom Einsatz eines Van Veen Greifers, sowie einer Dredge abgesehen. Ursprünglich wurde davon ausgegangen, dass es sich im Beprobungsgebiet vor Gordon's Bay um einen reinen Sandaquifer handelt. Tatsächlich werden jedoch im nahen Küstenbereich vor Gordon's Bay teilweise scharfkantige Gesteine von einer etwa 10cm dicken Sandschicht überdeckt. Van Veen Greifer können an diesen Stellen nicht tief genug in das Sediment eindringen, um die gesamte Benthosgemeinschaft zu erfassen. Auch eine Dredge kann auf solch einem Untergrund nicht problemlos eingesetzt werden. Stattdessen wurden Kerne und Taucher empfohlen um zu gewährleisten, dass auch tief im Sediment lebende (bis 30cm) Benthosgemeinschaften mittels Handcorer erfasst werden können und die Beprobung durch den Einsatz von Tauchern der UCT flexibler gestaltet werden kann (Tauchereinsatz erspart durch die visuelle Möglichkeit der Stationsauswahl mit geeignetem Untergrund in erheblichem Maße wertvolle Schiffszeit).

Die Umstellung der Methodik für die Probenahme mariner Biota ist jedoch nicht als Nachteil, sondern vielmehr als Fortschritt zu verstehen. Der Austausch mit südafrikanischen Wissenschaftlern und deren Expertise in Hinblick auf die Meeresbodenbeschaffenheit, Gemeinschaftsstrukturen und Wetterbedingungen erlauben eine enorme Zeitersparnis bei der praktischen Erprobung der besten Beprobungsmethodik und einen nachhaltigen Umgang mit den natürlichen Ressourcen.

Weiterhin ging aus Gesprächen mit den deutschen Projektpartnern hervor, dass dem IOW keine Daten zur Lokalisation von untermeerischen Grundwasseraustrittsstellen zugearbeitet werden, sondern nur ein großräumiger Bereich in Küstennähe als Areal möglicher Austrittsstelle angegeben werden kann. Damit ergab sich die zusätzliche Aufgabenstellung, die Salzgehalte des Sediment-Porenwassers innerhalb dieses Areals selbst zu messen und so

nach Grundwasserquellen zu suchen. Dafür wurden im Vorfeld der ersten Probenahmekampagne von einem Techniker des IOW Lanzen angefertigt, die von den Tauchern bis zu 30cm tief in das Sediment eingeführt werden und mit denen man Porenwasser extrahieren kann. Darüberhinaus sollte nicht nur der Salzgehalt des Porenwassers, sondern auch die Nährstoffe darin untersucht werden. Aus diesem Grund konnte die Nutzung der dafür nötigen Messgeräte mit Kollegen einer weiteren Arbeitsgruppe am Leibniz-Institut für Ostseeforschung vereinbart werden.

Der vorbereitete Container des IOW mit Probenahmeausrüstung und Verbrauchsmaterialien wurde verschifft und traf zu Beginn des Jahres 2014 in Südafrika ein. Er konnte bis zum Projektende auf dem Gelände des CSIR dort gelagert werden. Das benötigte „Integrated Environmental And Fisheries Research And Development Permit“ wurde im Vorfeld beim Department Agriculture, Forestry and Fisheries/Environmental Affairs (Republic Of South Africa) beantragt und für den Zeitraum eines Jahres ausgestellt.

Die erste Probenahmekampagne (SP3) wurde im Anschluss an das Koordinationstreffen im Zeitraum vom 4.-15. April 2014 in Strand/Gordon's Bay wie geplant durchgeführt (SP3 Milestone 3.2). Ziele dieser Kampagne waren:

- die Lokalisation und Charakterisierung von SGD areas auf Grundlage der Daten von SP1/SP2 (SeaSurfaceTemperature (MT-SST), Morpho-structural Analysis (MSA)) durch die Abarbeitung der vorbereiteten Stationskarte und die Messung von Porenwasser-Salinität,
- bei erfolgreicher Detektion die anschließende Durchführung der ganzheitlichen Benthosprobenahme, sowie die Charakterisierung der benthischen Biodiversität und Gemeinschaftsstrukturen an den lokalisierten Austrittsstellen.

Dabei wurde stets der folgende Arbeitsablauf eingehalten:

Positionsfindung des Taucherbootes, Aufnahme der GPS-Koordinaten und der Wassertiefe durch den Bootsführer, Detektion abiotischer Parameter durch die Doktorandin (Wassertemperatur und Salzgehalt), Tauchereinsatz und damit die Positionierung und Nutzung von Lanzen zur Porenwasserentnahme, die Analyse des Porenwassers an Bord durch die Doktorandin (Salzgehalt und Nährstoffe), der erneute Tauchereinsatz zur Beprobung des Makrozoobenthos/des Sediments mittels Kernen und die Analyse dieser Kerne an Bord durch die Doktorandin plus eines Technikers. Um zu gewährleisten, dass auch flache Stationen mit einer Wassersäule < 3 Meter beprobt werden konnten, wurden die Taucher vom Strand aus entlang eines Transekts ins Wasser entlassen. Jeweils in 25 Meter-Schritten (von 0 bis 225 Meter vom Strand aus in Richtung offene Bucht) wurden Stationen gesetzt und anschließend planmäßig bearbeitet.

Im Rahmen der ersten Probenahme mit drei Seetagen konnten insgesamt 22 Stationen untersucht werden. Die Salinitätswerte der Wassersäule bewegten sich an allen Stationen im natürlichen Bereich zwischen 34,9 und 34,7 PSU. Lediglich an einer Station (Station 44) konnte ein deutlich geringerer Wert von 33,3 PSU nahe über dem Meeresboden detektiert werden. Im Porenwasser des Sediments dagegen wurden an 6 anderen Stationen (Stationen 22, 23, 24, 27, 33, Endpoint 2) Salinitätswerte <34,6 PSU gemessen. Dort und an Station 44 wurde direkt im Anschluss an die Messung der abiotischen Parameter die Beprobung des Makrozoobenthos durchgeführt. Die sehr geringen Abweichungen der Salinität in den

Porenwasserproben vom natürlichen Salzgehalt stellen jedoch vermutlich kein eindeutig belegbares Grundwassersignal dar. Daraus können nicht mit Sicherheit Rückschlüsse auf die Struktur benthischer Gemeinschaften gezogen werden, denn mit großer Wahrscheinlichkeit führt eine Grundwasserzufuhr mit solch geringen Salzgehaltsdifferenzen zu keiner messbaren Veränderung von Biodiversität und Abundanzen.

Am 14.07.2014 trafen sich alle Projektteams zur Auswertung der ersten Felddaten im Zuge des zweiten SPACES GSU Projekt-Meetings am Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ in Leipzig. Das Meeting diente vorrangig der Ergebnispräsentation der vorangegangenen Geländekampagne. Es wurden der Abgleich der SGD-Signale von SP1/SP2 und SP3 bearbeitet.

Vom 22. September bis 5. Oktober 2014 wurde die zweite Probenahmekampagne des SP3 in Strand/Gordon's Bay durchgeführt.

In Anlehnung an die geplanten Feldarbeiten im ersten Halbjahr 2015 wurde zu Koordinationszwecken am 22./23. Januar das erste SPACES GSI Projekt-Meeting des Jahres am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ in Leipzig von Dr. Reiner Stollberg und Priv. Doz. Dr. Michael Schubert ausgerichtet. Aus SP3 nahmen zwei Wissenschaftler teil. Inhaltliche Schwerpunkte der Veranstaltung waren:

- Auswertung der vorangegangenen Feldarbeiten aus 2014 in Gordon's Bay (SP3/SP4) und Knysna (SP1/SP2) mit Ergebnisvorstellung und Datenaustausch,
- Vorstellung der zweiten Untersuchungsregion Knysna basierend auf der Geländekampagne von SP1/SP2 in 2014,
- Planung und Organisation der ersten Probenahmekampagne in Knysna für SP3 (Februar 2015) (SP3 Milestone 3.1.2) und
- Abstimmung vorhandener bzw. benötigter Infrastruktur/Ausrüstung mit den Projektpartnern, sowie des zeitlichen Ablaufs und der Zusammenarbeit in Südafrika (SP3 Milestone 3.1.3).

Die erste Probenahmekampagne (SP3) wurde im Anschluss an das Koordinationstreffen im Zeitraum vom 12.-28. Februar 2015 in Knysna planmäßig durchgeführt (SP3 Milestone 3.2).

Ziele dieser Kampagne waren:

- Die Lokalisation und Charakterisierung von SGD areas auf Grundlage der Daten von SP1/SP2 (Sea Surface Temperature (MT-SST), Morpho-structural Analysis (MSA)) durch die Abarbeitung der vorbereiteten Stationskarte und die Messung von Porenwasser-Salinität und abiotischen Parametern,
- bei erfolgreicher SGD-Detektion die anschließende Durchführung der ganzheitlichen Benthosprobenahme, sowie die grobe Charakterisierung der benthischen Biodiversität und Gemeinschaftsstrukturen an den lokalisierten Austrittsstellen.

Am 8./9. Juli 2015 trafen sich alle Projektteams zum zweiten SPACES GSI Projekt-Meeting in 2015 an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf unter der Leitung von Prof. Dr. Carsten Lorz. Das Meeting diente der Vorstellung inhaltlicher Gesamtfortschritte der Sub-Projekte und der Diskussion übergreifender fachlicher Schnittstellen. Es wurden insbesondere die modellseitige Zusammenführung fachlicher Inhalte aus SP1 und SP4 initiiert. Darüberhinaus

wurden technische Anforderungen, sowie zu behandelnde Inhalte der bevorstehenden Summer School 2016 diskutiert und strukturiert. Vom IOW reisten zwei Wissenschaftler an.

Arbeitsplanung: Es besteht eine genehmigte Änderung des ursprünglichen Untersuchungsplans der vier Exemplary Study Areas (ESAs) – im Zwischenbericht (2015) des UFZ näher beleuchtet. Weiterhin wurde im Zuge des ersten Projekt-Meetings deutlich, dass Hermanus (ESA2) für SP3 als Untersuchungsstandort ungeeignet ist. Basierend auf den gesammelten Daten von SP1/SP2 ist dieses Gebiet für eine umfangreiche Benthosbeprobung sowohl zu tief (Taucher können nur für wenige Tauchgänge pro Tag eingesetzt werden) als auch zu steinig (Kerne können das Sediment nicht durchdringen). Es kommt eine stark exponierte Küstenlage dazu, die mit hoher Windanfälligkeit und problematischer Dünung einhergeht. Damit wird der Einsatz eines Tauchbootes schwer behindert. Da sich Knysna (ESA3) als hochinteressanter Standort mit deutlichen SGD-Signalen erwies, wurde vereinbart, dort ein zweites Mal Untersuchungen aufzunehmen und das Stationsnetz weiter zu verfeinern.

Vom 19. November - 3. Dezember 2015 wurde die zweite Probenahmekampagne des SP3 in Knysna durchgeführt (SP3 Milestone 3.2). Ziele dieser Kampagne waren:

- Probenahme entlang von Transekten auf dem Sandwatt vor Leisure Island als Schwerpunktareal für die SGD-Detektion und
- wiederholte Anfahrt der im Februar untersuchten Stationen und ganzheitliche Benthosbeprobung.

Die Probenanalyse (Taxonomie der südafrikanischen Spezies, Aufarbeitung der Sedimentproben, Korngrößenanalyse, Nährstoffanalyse) und Auswertung der gesammelten Daten (Erstellung einer Datenbank, Literaturarbeit) fand während des gesamten Arbeitsjahres am Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde statt (SP3 Milestone 3.3). Die Artbestimmung schwieriger Exemplare wurde von Prof. Charles Griffiths (UCT) unterstützt.

Die Datenanalyse der Ausfahrten von 2014 (ESA1) hatte zum Ergebnis (SP3 Milestone 3.3): In Abbildung 1 sind die Radonkonzentrationen des Porenwassers als Punktquellen dargestellt (Porewater Rn [Bq/m³]). Erhöhte Konzentrationen waren in Strandnähe messbar und unterstützen die Messungen von SP1/SP2, die hier als Linien abgebildet sind. Verknüpft mit den sehr geringen Abweichungen der Salinität in den Porenwasserproben vom natürlichen Salzgehalt in der Wassersäule kann jedoch vermutlich nicht auf ein eindeutig belegbares Grundwassersignal geschlossen werden. Daraus können nicht mit Sicherheit Rückschlüsse auf die Struktur benthischer Gemeinschaften gezogen werden, denn mit großer Wahrscheinlichkeit führt eine Grundwasserzufuhr mit solch geringen Salzgehaltsdifferenzen zu keiner ausschlaggebenden Veränderung in Biodiversität und Abundanzen (siehe Abbildung 2). Grund für den geringen Grundwassereinfluss kann die deutlich exponierte Lage dieses küstennahen Bereichs sein, die mit starken Strömungen und stetiger, sowie schneller Vermischung der Wasserkörper einhergeht.

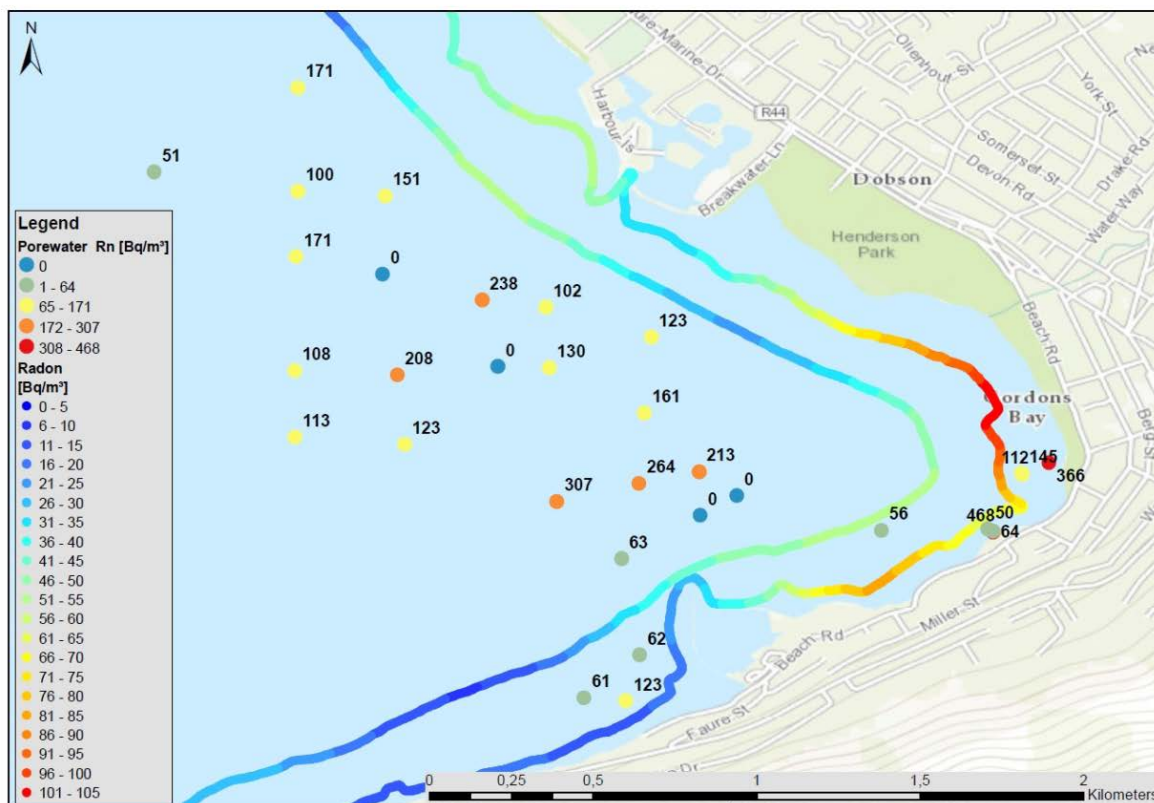


Abbildung 1: Konzentrationen von ²²²Rn im Porenwasser der Stationen vor Gordon's Bay

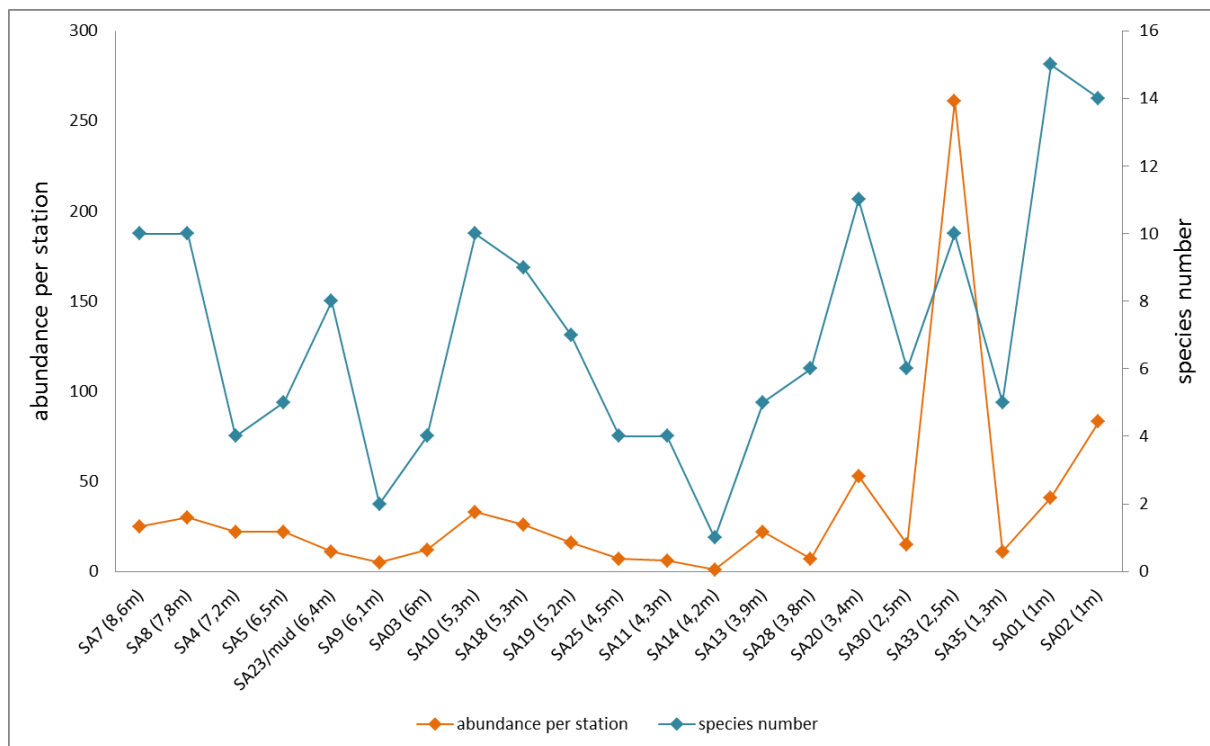


Abbildung 2: Abundanz und Artenzahl der Stationen vor Gordon's Bay

Das Knysna-Ästuar wurde als ESA3 ausgewählt (SP3 Milestone 3.1.2). Sowohl Bathymetrie als auch Sedimenteigenschaften und die günstigen logistischen Voraussetzungen bilden eine gute Basis für die erfolgreiche Durchführung der Probenahme im Ästuar. Durch die enge Zusammenarbeit mit Kollegen von SANParks konnte eine zuverlässige Tauchschule für die Extraktion der Proben unter Wasser gewonnen werden. Ein „Integrated Environmental And Fisheries Research And Development Permit“ für 2015 wurde im Vorfeld beim Department Agriculture, Forestry and Fisheries/Environmental Affairs (Republic Of South Africa) beantragt und für den Zeitraum eines Jahres erweitert. Weiterhin konnte ein Permit im Rahmen der Zusammenarbeit mit SANParks für das Knysna-Ästuar beschafft werden.

An jeder Probenahme-Station wiederholte sich der folgende Arbeitsablauf wie bereits oben im Text beschrieben. Um zu gewährleisten, dass auch flache Stationen mit einer Wassersäule <1 Meter untersucht werden konnten, wurden weitere Proben von Land aus genommen. Das geschah entweder vereinzelt als Punktmessung oder, im Falle von Leisure Island, entlang von Transekten vom flachen zum tieferen Wasser. So wurde es möglich, auf dieser Sandbank ein grobes Stationsnetz abzudecken und zu –arbeiten. Die Beprobung fand täglich zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes statt, um durch den Rückfluss des Wassers aus der Bucht den dadurch verstärkten SGD sicherer detektieren zu können.

Im Rahmen der ersten Probenahme am Standort Knysna mit drei Seetagen plus 2 Landtagen konnten insgesamt 36 Stationen untersucht werden. Innerhalb der zweiten Feldkampagne wurden mit 2 Seetagen und 3 Landtagen insgesamt 51 Stationen beprobt. Die Landtage umfassen hierbei die Probenahme entlang von Transekten vor Leisure Island, sowie an einzelnen Punktquellen anderer Stationen. An Seetagen wurden vor allem Messpunkte entlang des Kanals mit Wassertiefen >2 Meter durch das Ästuar abgearbeitet, die den Messfahrten von SP1/SP2 angeglichen wurden.

Es konnten zweierlei hydrochemische Gradienten detektiert werden: ein Gradient der Parameter Salinität, Temperatur und Radonkonzentration von der Flussmündung hin zur Ozeanöffnung und ein Gradient selbiger Parameter entlang der Transekte vor Leisure Island. Sowohl große Differenzen der Salinität zwischen Porenwasser und Meerwasser als auch sehr hohe Radonkonzentration des Porenwasser verschiedener Stationen liefern eindeutige Hinweise auf den Austritt von Grundwasser – vor allem an Station SA32 und den Transektstationen (1-18, 41-47) vor Leisure Island (siehe Abbildungen 3 und 4).

Die Verteilung der makrozoobenthischen Arten (siehe Abbildung 5) lässt darauf schließen, dass SGD einen Einfluss auf Biodiversität und Abundanzen der Gemeinschaften hat und mögliche Anzeigerarten identifiziert werden können. Weiterhin wirkt sich der natürliche Salinitätsgradient vom Fluss zum Ozean auf die Struktur und Zusammensetzung des Markoobenthos aus. Die Artbestimmung aller Feldkampagnen wird Anfang 2016 abgeschlossen sein. Im Anschluss liefern statistische Werkzeuge einen Überblick über den möglichen Zusammenhang von SGD (und damit verknüpfte Parameter, wie Salinität, Temperatur, Nährstoffe) und den Deskriptoren von Benthosgemeinschaften (SP3 Milestone 3.3). Als abschließender Schritt soll nicht nur jede ESA einzeln aus- und bewertet, sondern auch beide ESAs im Vergleich betrachtet werden.

Die wenig exponierte und sehr geschützte Lage des Standorts Knysna mit typisch ästuarinem Charakter gewährleistet eine effiziente Beprobung der vor allem strömungsarmen Randbereiche des Gewässers. Eine direkte Interaktion mit dem offenen Ozean besteht lediglich entlang des tiefen Kanals in der Ästuarmitte, sowie über Ebbe und Flut. So konnten

sowohl Porenwasser- als auch Benthosgemeinschaftsanalysen sehr genau und störungsfrei durchgeführt werden.

Weitere Analysen werden bis dato durchgeführt und Daten ausgewertet.

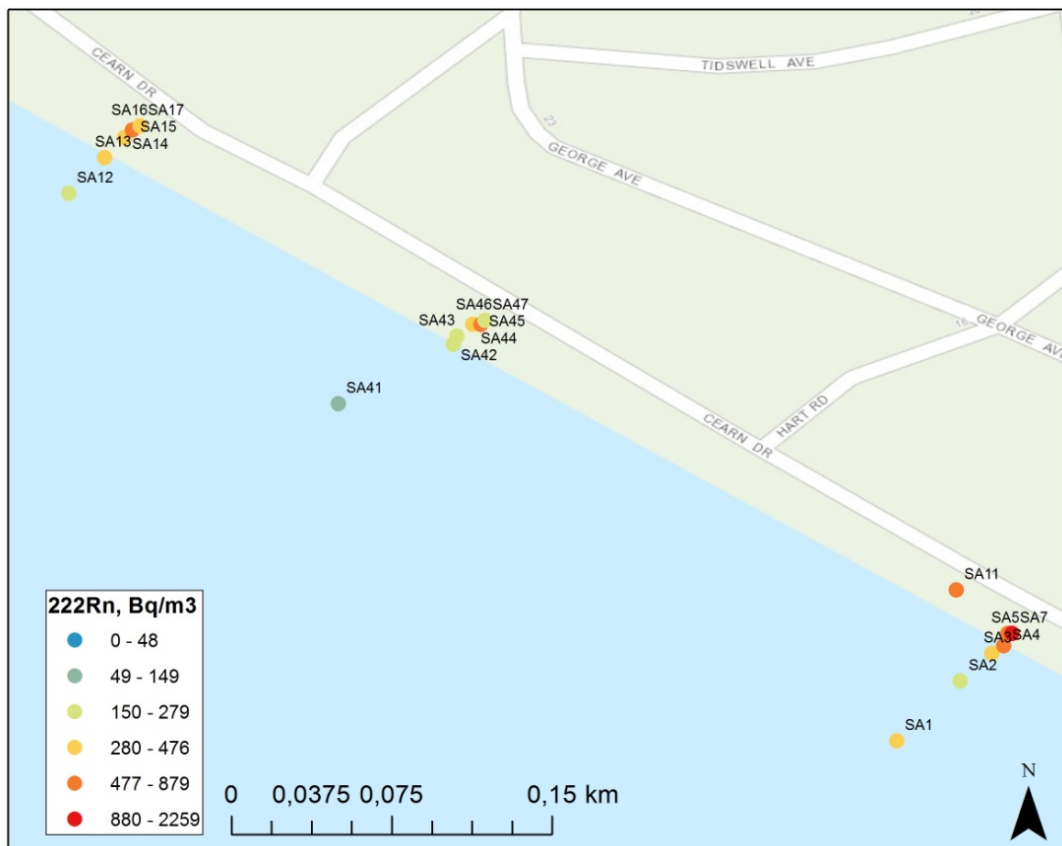


Abbildung 3: ²²²Rn-Konzentrationen im Porenwasser der Stationen vor Leisure Island

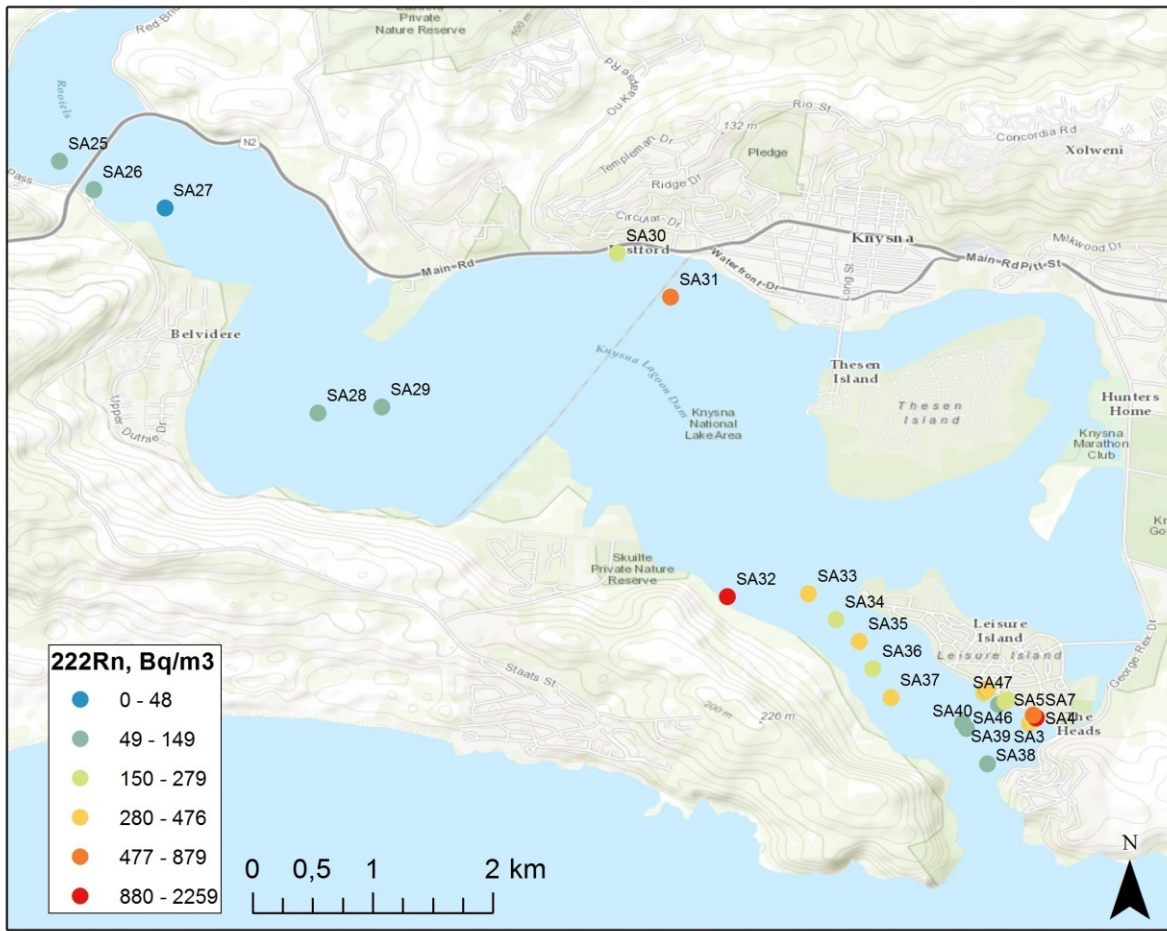


Abbildung 4: ²²²Rn-Konzentrationen im Porenwasser der Stationen in der gesamten Bucht

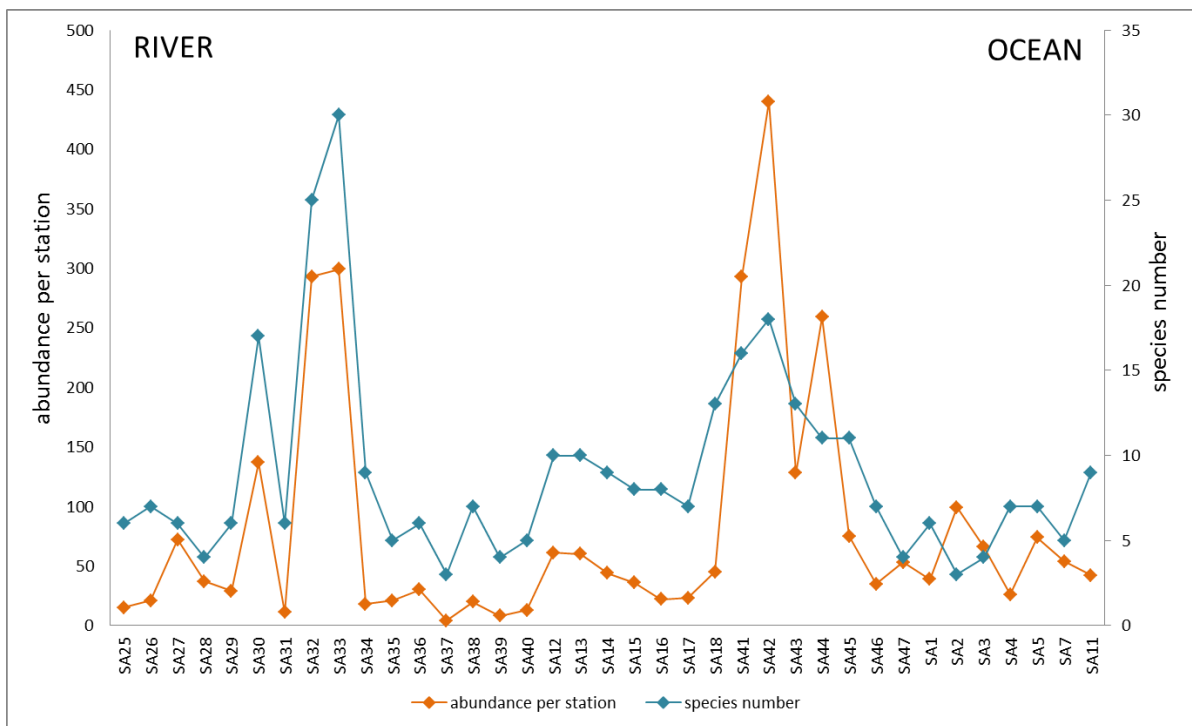


Abbildung 5: Abundanz und Artenzahl der Stationen im Knysna-Ästuar

2. Zahlenmäßiger Nachweis:

Position	Gesamtbewilligung [€]	Ausgaben per 31.07.2016 [€]	Ausgaben 2013 [€]	Ausgaben 2014 [€]	Ausgaben 2015 [€]	Ausgaben 2016 [€]
812 Personal E12-15 F. Glück	88.167,00	91.017,48	12.546,28	30.165,93	30.738,93	17.566,34
834 Bootsmiete	6.000,00	5.669,75	0,00	3.879,55	1.515,57	274,63
843 Verbrauch	5.150,00	3.209,61	307,85	1.093,33	1.238,12	570,31
846 Reisen Inland	2.464,00	1.106,60	0,00	299,50	807,10	0,00
846 Reisen Ausland	26.485,00	27.262,55	3.822,43	11.586,13	9.931,41	1.922,58
Gesamt	128.266,00	128.265,99	16.676,56	47.024,44	44.231,13	20.333,86

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Zentrales im Rahmen des Gesamtprojektes betrachtetes Wirtschaftsgut ist das Grundwasser, welches in der Zielregion dringend sowohl als Trinkwasser als auch für die landwirtschaftliche Bewässerung benötigt wird (vornehmlich im Fokus von SP1 und 2). Weitere Schutzgüter sind die Ökosystemfunktionen des küstennahen Ozeans (SP3). Die Klärung der oben genannten Fragestellungen von SP3 ist für die Erhaltung dieser Ökosystemleistungen von unbedingter Wichtigkeit. Auch wenn die Ergebnisse in SP3 oftmals eher deskriptiver Natur sind, so können sie doch als ein wesentlicher Bestandteil der Biodiversitätsforschung gesehen werden.

4. Voraussichtlicher Nutzen, und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Daten sind noch nicht abschließend analysiert, jedoch steht fest, dass alle geplanten Vorhaben umgesetzt werden konnten. Mit dem Abschluss der Analyse der Daten wird Ende 2017 gerechnet. Erste Ergebnisse konnten publiziert werden (siehe unten). Wesentlicher Bestandteil der Publikationen wird die Fertigstellung der Dissertation von Frau Franziska Glück sein.

5. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen:

Für den Berichtszeitraum sind keine Ergebnisse Dritter bekannt geworden, welche für die Durchführung des Vorhabens relevant sein könnten.

6. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Nach Abschluss der Analysen und nach Beendigung der Promotion sollen die Ergebnisse in 2 bis 3 Publikationen veröffentlicht werden. Die Promotion wird noch dieses Jahr beendet, mit der Veröffentlichung ist nicht vor 2018 zu rechnen.

Eine erste Publikation ist aber bereits erfolgt.

Zettler, M.L., Glück, F.U. 2016: *Wallametopa* (Amphipoda, Stenothoidae) from South Africa with description of a new species. *Crustaceana* 89: 1669-1676

III. Erfolgskontrollbericht

1. Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen Zielen

In wissenschaftliche Kooperation mit Partner aus dem südlichen Afrika (CSRI, University of Capetown) gelang uns die Verfolgung von projektinternen Zielen. Dazu sind in erster Linie die Erfassung von Taxonomie und Ökologie benthischer Organismen in ausgewählten Fallstudien zu sehen. Sowohl die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Projektpartner als auch kooperative Zusammenarbeit mit den Partnern vor Ort ermöglichten die Durchführung des Projektes. Gemeinsam wurden die Ergebnisse auf einer Summerschool in Stellenbosch vorgestellt und diskutiert. Auch wenn die Beteiligung an der Summerschool vor Ort mäßig war, war es dennoch ein Erfolg im Aufbau von wissenschaftlichen und administrativen Netzwerken.

Im Wesentlichen wurde von den Gegenständen der Förderung aus der Bekanntmachung der Punkt 4 bedient: „Beschreibung, Überwachung und Erhaltung der einzigartigen und reichen Biodiversität angesichts zunehmend schwindender Lebensräume und der Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung, Modellierung potenzieller Veränderungen auf der Basis der Vorhersage von Umweltveränderungen und gesellschaftlichen Veränderungen.“

Die Daten und Ergebnisse sowie auch die Ziele des Projektes gliederten sich maßgeblich in den Förderschwerpunkt 2.2 des IOW ein „Marginal seas as gradient systems“.

2. Wiss.-techn. Ergebnis, Erfahrungen

Die Umsetzung des Vorhabens in Afrika stellte uns von Anfang an vor sehr großen logistischen Herausforderungen, die wir aber gemeinsam mit dem CSIR in Stellenbusch lösen konnten. Die Verschiffung eines Containers mit sämtlichen Equipment war notwendig und stellte sich hernach als wichtiger Grundstein für den Erfolg des Projektes heraus. Das Anwerben von Booten und Tauchern war zum einen nur in enger Kooperation mit der Universität Kapstadt und zum anderen mit der Naturparkverwaltung in Knysna möglich. Insgesamt konnten 4 Messkampagnen erfolgreich durchgeführt werden, wovon 2 in Gordons Bay (False Bay bei Kapstadt) und 2 im Knysna Ästuar lagen. Bei diesen Kampagnen konnten über 3000 Daten von etwa 400 Taxa aufgenommen werden. Hinzu kommen hunderte abiotische Parameter wie Sauerstoff, Salzgehalt, Radon, Nährstoffe und Sedimentparameter (Korngröße, organischer Gehalt). Untermeerische Grundwasseraustritte konnten nur im Knysna Ästuar detektiert werden und auch hier nur lokal auftretend. Ursachen hierfür sind sicher unterschiedlicher Natur. Zum einen nehmen wir an, dass Grundwasseraustritte in Gordons Bay (wie sie durch die anderen Projektpartner durch Messungen in der Wassersäule festgestellt wurden) vermutlich sehr diffus und kaum lokalisierbar sind. Das wird durch das unterliegende kluftige Gestein und die daraufliegende Sedimentschicht verursacht. Es muss davon ausgegangen werden, dass die SGD in Gordons Bay auch durch die exponierte Lage der Bucht durch physikalische Faktoren (Wellen, Strömung) auch sehr schnell mit dem Ozeanwasser vermischt werden. Im Knysna Ästuar hingegen wurden lokale Austritte visuell festgestellt (bei Ebbe trockengefallene Quellen) und zum anderen durch Radon-Messungen bestätigt. Auf mehreren Transekten wurden die Organismen entlang der Quellen untersucht. Mögliche Effekte lassen sich noch nicht ableiten, sollen aber in der Promotion dargestellt werden. In beiden Seegebieten können durch die Daten die Biodiversität der benthischen Lebensgemeinschaften beschrieben und die Taxonomie sowie Ökologie der Arten dargestellt werden. Beide Schwerpunkte sind Ziel der Promotion und vorhandenen bzw. geplanter

Veröffentlichungen. Eine erste Publikation beinhaltet die Neubeschreibung eines im Knysna Ästuar angetroffenen Flohkrebsses.

3. Fortschreibung des Verwertungsplanes:
 - a) Erfindungen/Schutzanmeldungen: keine
 - b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten: entfällt
 - c) Wissenschaftliche und Technische Erfolgsaussichten: Im Rahmen der in der Region um Knysna durchgeführten Feldaktivitäten von SP3 wurde mit den Vertretern des dort ansässigen South Africa National Parks – SANParks ein Datentransfer zu Kontrollzwecken unserer Arbeit vereinbart. Dies dient dem Schutz der lokalen Ressourcen und Güter und soll in Form eines Jahresberichtes von unserer Seite vorgelegt werden. Weiterhin soll aus den erhobenen Daten der Doktorandin eine Doktorarbeit angefertigt werden, was beinhaltet, dass die betreuenden Gutachter (Prof. Dr. Charles Griffiths, University of Cape Town; Prof. Dr. Heide Schulz-Vogt und Prof. Dr. Michael Böttcher, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde) Einsicht in den Ergebnispool dieses Sub-Projekts nehmen. Nach Beendigung der Datenanalyse ist der Transfer der Daten in das Afrikanische Datenbanksystem (AfrOBIS) vorgesehen.
 - d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit: Es sind keine Folgeprojekte diesbezüglich geplant. Die entstandenen wissenschaftlichen Netzwerke zu Kollegen in Südafrika werden weiterhin genutzt, um zum einen die Daten zu transferieren (siehe oben) und zum anderen die taxonomischen Unzulänglichkeiten abzuklären.

4. Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben
keine

5. Präsentationsmöglichkeiten
Keine bzw. entfällt

6. Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung
Die Ausgaben- und Zeitplanung wurde eingehalten. Die Datenauswertung dauert bis dato an.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Submarine groundwater discharge (SGD) areas along the South African coast and its effects on benthic infaunal communities	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Zettler, Michael Glück, Franziska	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.07.2016
	6. Veröffentlichungsdatum 01.04.2017
	7. Form der Publikation Bericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde Seestraße 15 18119 Rostock	9. Ber. Nr. Durchführende Institution Version 1
	10. Förderkennzeichen 02WSP1306C
	11. Seitenzahl 16
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 20
	14. Tabellen 1
	15. Abbildungen 5
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Ziel war es die benthischen Organismen zu erfassen und festzustellen, ob die Verbreitungsmuster durch Umwelteinflüsse wie Grundwasseraustritte beeinflusst werden. Insgesamt konnten 4 Messkampagnen erfolgreich durchgeführt werden, wovon 2 in Gordons Bay (Falsbay bei Kapstadt) und 2 im Knysna Ästuar lagen. Bei diesen Kampagnen konnten über 3000 Daten von etwa 400 Taxa aufgenommen werden. Hinzu kommen hunderte abiotische Parameter wie Sauerstoff, Salzgehalt, Radon, Nährstoffe und Sedimentparameter (Korngröße, organischer Gehalt). Untermeerische Grundwasseraustritte konnten nur im Knysna Ästuar detektiert werden und auch hier nur lokal auftretend. Ursachen hierfür sind sicher unterschiedlicher Natur. Zum einen nehmen wir an, dass Grundwasseraustritte in Gordons Bay (wie sie durch die anderen Projektpartner durch Messungen in der Wassersäule festgestellt wurden) vermutlich sehr diffus und kaum lokalisierbar sind. Das wird durch das unterliegende klüftige Gestein und die darauf liegende Sedimentschicht verursacht. Es muss davon ausgegangen werden, dass die SGD in Gordons Bay auch durch die exponierte Lage der Bucht durch physikalische Faktoren (Wellen, Strömung) auch sehr schnell mit dem Ozeanwasser vermischt werden. Im Knysna Ästuar hingegen wurden lokale Austritte visuell festgestellt (bei Ebbe trockengefallene Quellen) und zum anderen durch Radon-Messungen bestätigt. Auf mehreren Transekten wurden die Organismen entlang der Quellen untersucht. Mögliche Effekte lassen sich noch nicht ableiten, sollen aber in der Promotion dargestellt werden. In beiden Seegebieten können durch die Daten die Biodiversität der benthischen Lebensgemeinschaften beschrieben und die Taxonomie sowie Ökologie der Arten dargestellt werden. Beide Schwerpunkte sind Ziel der Promotion und vorhandenen bzw. geplanter Veröffentlichungen. Eine erste Publikation beinhaltet die wissenschaftliche Neubeschreibung eines im Knysna Ästuar angetroffenen Flohkrebsses.	
19. Schlagwörter South Africa, Gordans Bay, Knysna Estuary, Macrozoobenthos, submarine groundwater discharge (SGD)	
20. Verlag	21. Preis