

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

Institut für Biowissenschaften

Fachgebiet: Meeresbiologie

Betreuer: Prof. Dr. Klaus Jürgens

Gabriela Dangl

(e-mail: gabriela.dangl@gmail.com)

Microbial community dynamics and nitrous oxide production in the Benguela Upwelling System

The Benguela Upwelling System (BUS) off Namibia is a dynamic marine environment characterized by periodic oxygen-deficient zones (OMZs) with significant spatial and temporal variability due to interactions between two distinct water masses. These OMZs are crucial for microbial activity, particularly in nitrogen (N) cycling. The thesis investigates the spatial distribution of microbial communities and the environmental parameters influencing their composition, revealing spatial variations through 16S rRNA gene sequencing. Despite these variations, dominant microbial groups like Alpha- and Gammaproteobacteria, Nitrosopumilales, Synechococcales, and Flavobacteriales were consistent across the region. N species and the fraction of South Atlantic Central Water (SACW) were key factors influencing microbial communities, with random forest analysis showing significant restructuring due to changes in these parameters. Up to 60 % of the microbial community was influenced by variations in nitrous oxide (N₂O) concentrations, which are strongly correlated with oxygen levels. The study used ¹⁵N labeled tracers to reveal higher oxidative and lower reductive N₂O production in the BUS compared to permanent OMZs, with substantial spatial variability. N₂O production peaked in low-O₂ waters, driven by both oxidative and reductive processes. Metagenomic and 16S rRNA gene data identified key microbial players in N₂O production, including Nitrosopumilaceae for ammonium oxidation and Thioglobaceae for incomplete denitrification. The thesis highlights the significant restructuring of microbial communities in response to environmental factors and provides a comprehensive picture of N₂O production mechanisms, emphasizing the importance of combining direct rate measurements with integrative molecular approaches to understand N₂O cycling.

Das Benguela Auftriebssystem (BUS) vor der Küste Namibias ist ein dynamisches Gebiet, das durch periodische Sauerstoffminimumzonen (OMZs) gekennzeichnet ist und aufgrund der Interaktionen zwischen zwei unterschiedlichen Wassermassen eine bedeutende räumliche und zeitliche Variabilität aufweist. Diese OMZs sind entscheidend für die mikrobielle Aktivität, insbesondere im Stickstoffkreislauf. Die Arbeit untersucht die räumliche Verteilung der mikrobiellen Gemeinschaften und die Umweltparameter, die ihre Zusammensetzung beeinflussen, und zeigt durch 16S-rRNA-Gensequenzierung signifikante vertikale Variationen der mikrobiellen Gemeinschaften. Trotz dieser Variationen waren mikrobielle Gruppen wie Alpha- und Gammaproteobakterien, Nitrosopumilales, Synechococcales und Flavobacteriales in der gesamten Region dominant. Nitrat (NH₃-), Nitrit (NO₂-), Distickstoffmonoxid (N₂O) und der Anteil des tropischen Südatlantischen Zentralwassers (SACW) waren Schlüsselfaktoren, die die mikrobiellen Gemeinschaften beeinflussten, wobei die Random-Forest-Analyse eine signifikante Umstrukturierung aufgrund von Veränderungen dieser

Parameter zeigte. Bis zu 60 % der mikrobiellen Gemeinschaft wurden durch Schwankungen der N₂O-Konzentrationen („Lachgas“) beeinflusst, die stark mit der Sauerstoffkonzentration korrelierten. Die Studie verwendete ¹⁵N-markierte Tracer, und zeigt eine höhere oxidative und niedrigere reduktive N₂O-Produktion im BUS im Vergleich zu permanenten OMZs, mit erheblicher räumlicher Variabilität. Die N₂O-Produktion war in sauerstoffarmen Tiefen am höchsten und wurde sowohl durch oxidative als auch durch reduktive Prozesse angetrieben. Metagenomdaten und 16S-rRNA-Gendaten identifizierten wichtige mikrobielle Taxa bei der N₂O-Produktion, darunter Nitrosopumilaceae für die Ammonium-Oxidation und Thioglobaceae für die unvollständige Denitrifikation. Die Arbeit hebt die signifikante Umstrukturierung mikrobieller Gemeinschaften als Reaktion auf Umweltfaktoren hervor und liefert ein umfassendes Bild der N₂O-Produktionsmechanismen, wobei die Bedeutung der Kombination direkter Ratenmessungen mit integrativen molekularen Ansätzen zur Verständnis des N₂O-Kreislaufs betont wird.