

**BACHELORARBEIT**

Im Studiengang Geowissenschaften

---

# **Aminosäureverteilung in Oberflächensedimenten vor der Küste Namibias**

---

Universität Hamburg  
Institut für Geologie

Verfasserin: Lea Teichert

Betreuer: Dr. Niko Lahajnar und Dr. Birgit Gaye

Bearbeitungszeitraum: 12.11.2015 – 14.04.2016

Abgabetermin: 14.04.2016



**Inhalt**

Inhalt.....	III
Kurzfassung .....	IV
Abstract .....	V
Abkürzungen und Symbole .....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung.....	8
1.1 Einführung und Zielsetzung .....	8
1.2 Arbeitsgebiet .....	9
1.3 Sedimentationsprozesse.....	13
1.4 Sauerstoffminimumzone .....	16
1.5 Aminosäuren.....	17
2 Methoden.....	20
2.1 Probennahme und Aufbereitung.....	21
2.2 Laboranalysen.....	22
2.2.1 Kohlenstoff und Stickstoff .....	22
2.2.2 Aminosäureanalytik.....	23
3 Ergebnisse .....	25
3.1 Verteilung der Aminosäuren und Amino Zucker .....	25
3.2 OC-Gehalte und Stickstoffanteile .....	27
3.3 Reaktivitätsindex und Degradationsindex.....	29
3.4 Nicht-proteinogene Aminosäuren.....	30
4 Diskussion.....	31
4.1 Diagenese-Stadien .....	31
4.2 Verteilung und Schelfgeometrie.....	37
4.3 Verteilung und Sauerstoff.....	41
5 Zusammenfassung und Ausblick .....	45
Literaturverzeichnis.....	47
Weitere Bezugsquellen .....	50
Erklärung .....	51
Danksagung .....	52
Anhang.....	53

## Kurzfassung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des GENUS Forschungsprojekts erstellt und befasst sich mit der Verteilung der Aminosäuren im Benguela Auftriebsgebiet. Hierzu wurden die Oberflächensedimente des namibischen Schelfs auf Kohlenstoff, Stickstoff sowie die Konzentration der Aminosäuren analysiert. Die Proben wurden während der Expedition „Maria S. Merian 17-3“ (Januar 2011 – Februar 2011) und „Meteor 103-1“ (Dezember 2013 – Januar 2014) mithilfe eines Multicorers genommen. Das organische Material ist im gesamten Untersuchungsgebiet nur mäßig degradiert. Sowohl die starke Auftriebszelle vor Lüderitz (26°S), als auch der küstennahe Bereich vor Walvis Bay (23°S) zeigt sich ein abweichendes Bild mit vorzugsweise frischen Material, einhergehend mit hohen Konzentration an Aminosäuren. Der Reaktivitätsindex und Degradationsindex weist nur teilweise ein Trend mit der Tiefe auf, was vermuten lässt, dass das suspendierte Material in der Wassersäule vollständig homogen verteilt ist. Des Weiteren geben niedrige O<sub>2</sub>-Konzentrationen in Sauerstoffminimumzonen Anzeichen für geringeren Abbau organischen Materials. Dieser Umstand steht in keinem direkten Zusammenhang mit der Aminosäureverteilung, vielmehr scheinen Schelfmorphologie, Sedimentationsprozesse und die Intensität von Primärproduktion die Verteilung stärker zu beeinflussen. Da Aminosäuren den größten Anteil an organischem Kohlenstoff ausmachen sind sie stark an dessen Vorkommen gebunden. Die Aminosäuren GLY, ASP, GLU und ALA sind im namibischen Schelf am höchsten konzentriert und kommen sowohl in Silikat- als auch in Kalzitschalern vor. Während der *onshore* Bereich von silikatischen Planktonblüten dominiert wird, sind im *offshore* Bereich kalzitische Komponenten vorrangig anzufinden.

## Abstract

This thesis was carried out as a part of the GENUS (Geochemistry and Ecology of the Namibian Upwelling System) project and deals with the distribution of amino acids in the Benguela Upwelling System. For this purpose, surface sediments of the Namibian shelf were analysed regarding their carbon and nitrogen contents as well as their amino acid concentrations. The samples were taken by using a multicorer as part of the two expeditions „Maria S. Merian 17-3“ (January 2011 – February 2011) and „Meteor 103-1“ (December 2013 – January 2014). Throughout the study area the organic material is only partially degraded. Both the strong Lüderitz cell (26°S) and the coastal zone off Walvis Bay (23°S) reveal a different picture with preferentially fresh matter concurrent with high concentrations of amino acids. The reactivity index as well as degradation index show a slightly trend with depth, thus, it is assumed that the suspended material in the water column is homogeneous contributed. Moreover, low O<sub>2</sub>-concentrations in oxygen minimum zones indicate less degradation of organic matter. However, this fact is not directly related to the distribution of amino acids, instead it is more likely that shelf morphology, sedimentation processes and the intensity of the primary productivity have a stronger impact on their distribution. Since amino acids represent the major amount of organic carbon, they are strongly depended on its content. The amino acids GLY, ASP, GLU and ALA generally occur i.a. in siliceous and calcareous plankton and have the highest concentration within the Namibian shelf. While onshore areas are dominated by siliceous plankton blooms, offshore areas are primary enriched in calcareous components.

## Abkürzungen und Symbole

AA	amino acids	Aminosäuren
AAIW	Antarctic Intermediate Water	Antarktisches Zwischenwasser
BCC	Benguela Coastal Current	Benguela Küstenstrom
BNL	benthic nepheloid layer	bodennahe nepheloid Schicht
BUS	Benguela Upwelling System	Benguela Auftriebsgebiet
EBUE	Eastern Boundary Upwelling Ecosystem	Ökosystem im Auftriebsgebiet am östlichen Ozeanrand
ESACW	Eastern South Atlantic Central Water	Südostatlantisches Zentralwasser
HA	hexosamines	Aminozucker
INL	intermediate nepheloid layer	intermediäre nepheloid Schicht
NADW	North Atlantic Deep Water	Nordatlantisches Tiefenwasser
OC	organic carbon	organischer Kohlenstoff
OM	organic matter	organisches Material
OMZ	oxygen minimum zone	Sauerstoffminimumzone
POC	particulate organic carbon	partikulärer, organischer Kohlenstoff
SACW	South Atlantic Central Water	Südatlantisches Zentralwasser
SPM	suspended matter	suspendiertes Material
THAA	total hydrolysable amino acids	Gesamtanteil aller Aminosäuren
TOC	total organic carbon	gesamter, organischer Kohlenstoff

## Abbildungsverzeichnis

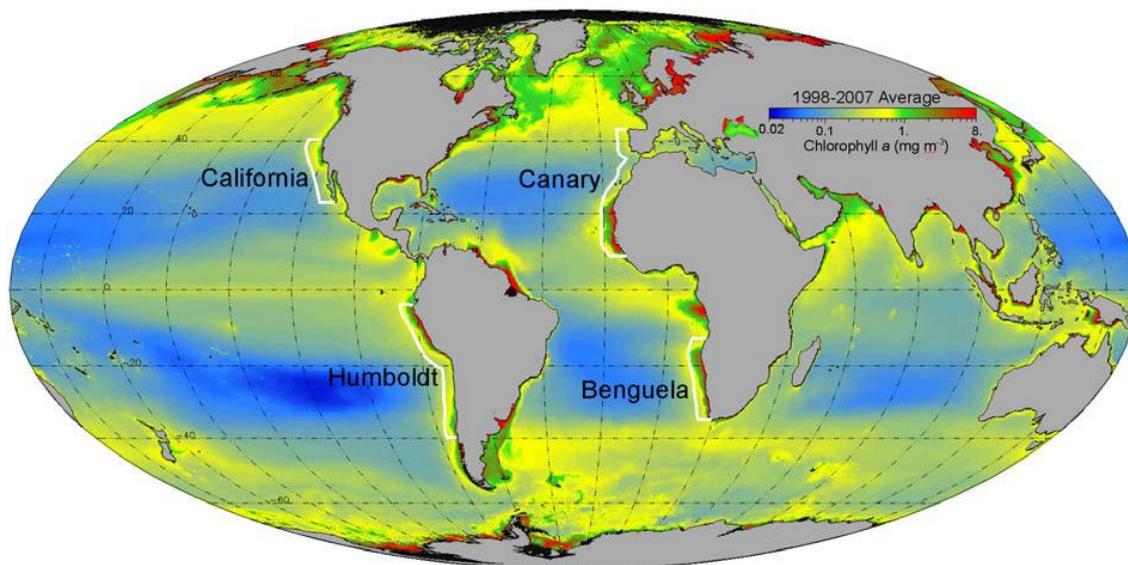
Abbildung 1: Die vier großen Eastern Boundary Upwelling Ecosystems (EBUEs) .....	9
Abbildung 2: Strömungen und Grenzen im Benguela Upwelling System .....	10
Abbildung 3: Auftriebsprozesse im Benguela Upwelling System .....	12
Abbildung 4: Namibischer Schelf bei 25,5° S .....	15
Abbildung 5: Flussrate von planktonischem organischen Kohlenstoff, des normalisierten Flusses und des prozentualen Anteils organischen Kohlenstoffs je nach Wasser- bzw. Sedimenttiefe .....	19
Abbildung 6: Stationspunkte der Untersuchungsgebiete .....	20
Abbildung 7: Multicorer beim Einholen .....	21
Abbildung 8: Standard Aminosäurespektrum .....	24
Abbildung 9: Verteilung der Aminosäuren zw. 17°S-30°S.....	25
Abbildung 10: Verteilung der Aminosäuren zw. 17°S und 30°S. ....	26
Abbildung 11: OC-Gehalt der Oberflächensedimente zw. 17°S und 30°S. ....	27
Abbildung 12: Stickstoffanteil der AA am Gesamtstickstoff zw. 17°S und 30°S. ....	28
Abbildung 13: Reaktivitätsindex und Degradationsindex zw. 17°S-30°S. ....	29
Abbildung 14: Stoffmengenanteil der nicht-proteinogenen Aminosäuren zw. 17°S-30°S.....	30
Abbildung 15: Verhältnis von AA/HA und GLUAM/GALAM zw. 17°S und 30°S. ....	32
Abbildung 16: ASP/ $\beta$ -ALA und GLU/ $\gamma$ -ABA Verhältnisse zw. 17°S-30°S.....	33
Abbildung 17: Korrelation von DI und RI.....	34
Abbildung 18: Korrelation von RI mit der Tiefe .....	35
Abbildung 19: Korrelation von DI mit der Tiefe .....	35
Abbildung 20: Durchschnittlichen Stoffmengenkonzentration einiger Aminosäuren .....	38
Abbildung 21: Korrelation von Aminosäuren und organischem Kohlenstoff .....	40
Abbildung 22: Sauerstoffkonzentration in $\mu$ M von 17°S-30°S.....	41
Abbildung 23: Korrelation der THAA und Sauerstoff .....	42
Abbildung 24: Korrelation von Ornithin und Sauerstoff .....	42
Abbildung 25: Korrelation von DI und Sauerstoff .....	43

# 1 Einleitung

## 1.1 Einführung und Zielsetzung

Auftriebsgebiete befinden sich überwiegend in Küstenregionen und zeichnen sich durch eine sehr hohe Primärproduktion aus. Das Benguela Auftriebsgebiet vor der namibischen Küste gehört zu den vier größten *Eastern Boundary Upwelling Ecosystems* (EBUEs), in denen durch Auftrieb Nährstoffe aus dem Tiefenwasser in das Oberflächenwasser der Westküste des Kontinents gelangen. Unter die EBUEs fallen auch das Humboldtsystem vor Peru, die kalifornische Küste, das Kanarensystem vor Nordwestafrika sowie das *Benguela Upwelling System* (BUS) vor Namibia (Abb. 1). Obwohl sie nur weniger als 1% der gesamten Fläche des Ozeans einnehmen, machen sie zusammen 5% der globalen marinen Primärproduktion aus (Pauly und Christensen, 1995). Auftriebsgebiete sind eng an ihre Umgebung bzw. an Atmosphäre, Lithosphäre und Geosphäre gekoppelt. Daher erfahren sie, je nach Verhalten der Wassermassen sowie der Sauerstoffversorgung, saisonale Veränderungen, welche die Primärproduktion variieren lassen. Neben den natürlichen Faktoren, trägt auch der Mensch zur Beeinflussung der Stoffkreisläufe bei. Während das *Upwelling* (dt. Auftrieb) einen relativ kleinen Bereich nahe der Küste einnimmt (10-30 km), ist der Bereich der Phytoplankton-Produktion, einhergehend mit hohen Fischbeständen, deutlich größer (über 100 km). Folglich stellt die Fischerei einen sehr wichtigen Sektor in den EBUEs dar (Carr, 2001). Jedoch verändern sich Auftriebsgebiete in ihrer Biodiversität durch Überfischung und Küstenverschmutzung sowie durch den Klimawandel (Shannon et al., 2006).

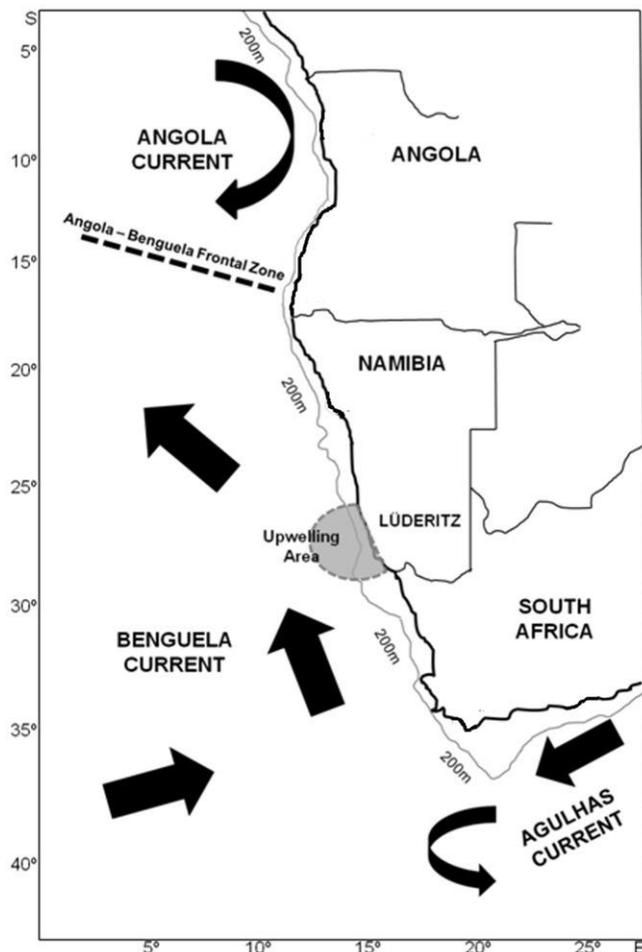
Diese Arbeit wurde im Rahmen des internationalen Forschungsprojekt GENUS (*Geochemistry and Ecology of the Namibian Upwelling System*) erstellt. Das GENUS-Projekt untersucht Beziehungen biogeochemischer Zyklen und ökologischer Strukturen im Hinblick auf den Klimawandel sowie anthropogene Einflüsse (GENUS Homepage). Ziel dieser Arbeit ist es, die Verteilung der Aminosäuren entlang des namibischen Schelfs hinsichtlich der Einflussfaktoren (u.a. Sauerstoffminima, Tiefe, Schelfbeschaffenheit und organisches Material) zu analysieren und ihre Auswirkungen für die Umwelt zu interpretieren. Um die Degradationsstadien und Quellen des organischen Materials zu ermitteln, werden die Aminosäuren in ihrer Abbauresistenz, sowie das Verhältnis von proteinogenen zu nicht-proteinogenen Aminosäuren miteinander verglichen.



**Abbildung 1:** Die vier großen *Eastern Boundary Upwelling Ecosystems* (EBUEs). Gezeigt wird die durchschnittliche Chlorophyll a Konzentration der Jahre 1998-2007. Chlorophyll a ist ein geeigneter Indikator für Phytoplankton Biomasse. (*Progress in Oceanography*, 2009)

## 1.2 Arbeitsgebiet

Das Arbeitsgebiet befindet sich im Südatlantik vor der Südwestküste Afrikas und erstreckt sich von 15°S – 30°S. Das eigentliche BUS umfasst einen Bereich von 15°S – 37°S und wird im Norden sowie im Süden durch die warmen Meeresströmungen, dem Angola Strom und dem Agulhas Strom, begrenzt. Dies unterscheidet das BUS von den anderen drei EBUEs und macht es in dieser Hinsicht einzigartig (*Shannon et al.*, 2006). Bei 15°S – 17°S trifft das BUS in der Angola-Benguela Front auf die südlich gerichteten Küstenströmungen des *Angola Current System* (*Champman und Shannon*, 1987). Die Agulhas Bank, eine große Schelfregion, formt die südliche Grenze im BUS (*Hutchings et al.*, 2009). Die Hauptströmungen im BUS sind der Benguela Strom (*Benguela Current*) und der Benguela Küstenstrom (*Benguela Coastal Current*, *BCC*). Der *Benguela Current* wird durch arktische Gewässer gespeist und verläuft von Südafrika nordwärts bis zum Äquator, driftet aber bei ca. 30°S Richtung *offshore* ab (Abb. 2). Der *BCC* hingegen verläuft nordwärts entlang der Küste.

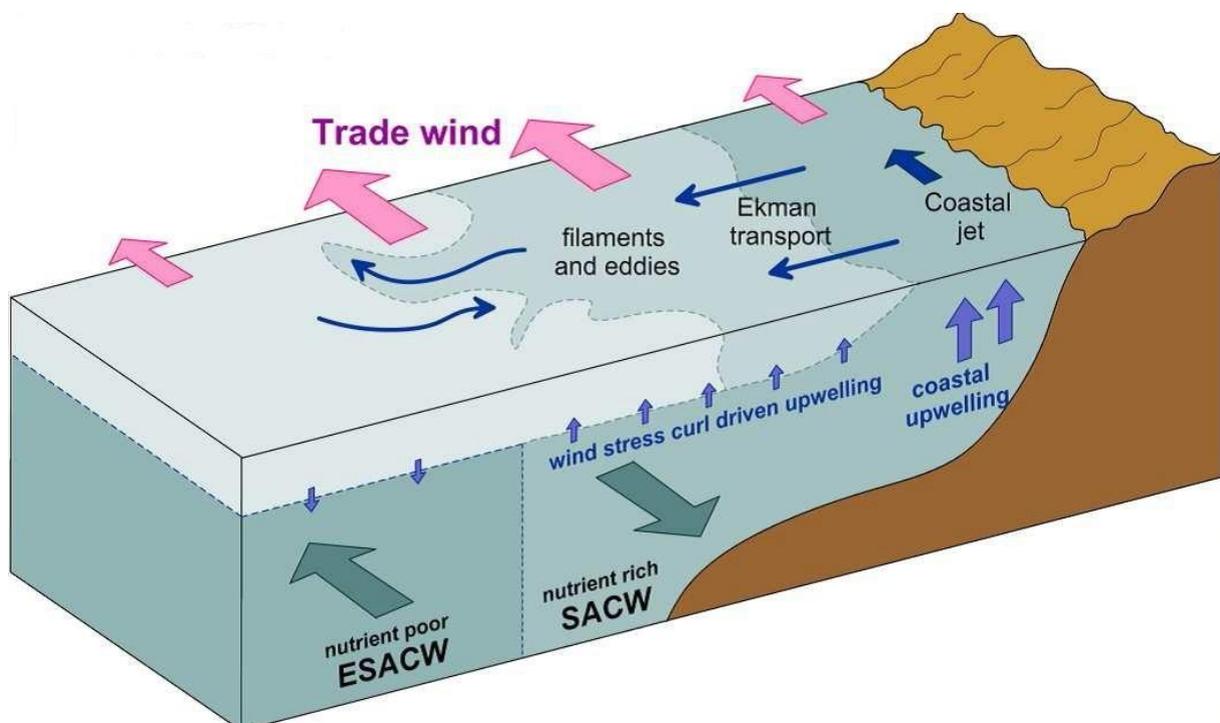


**Abbildung 2:** Strömungen und Grenzen im *Benguela Upwelling System*. Strömungsrichtungen und Intensität werden je nach Pfeildicke und Orientierung charakterisiert. (Verändert nach Romina Henriques et al., 2014)

Im BUS werden vier verschiedene Wassermassen klassifiziert: Das Südatlantische Zentralwasser (*South Atlantic Central Water, SACW*) verläuft polwärts nach Süden, ist sehr sauerstoffarm, aber nährstoffreich (Inthorn et al., 2006 b). Daher ist es die Hauptnährstoffquelle für die Primärproduktion im namibischen Schelfbereich. Das Südostatlantische Zentralwasser (*Eastern South Atlantic Central Water, ESACW*) dagegen ist besser durchlüftet, jedoch nährstoffärmer. Als einziges der vier Wassermassen fließt es äquatorwärts. Beide Wassermassen befinden sich in einer Tiefe von 0– 500 Metern, wobei es durch das SACW im inneren Schelf zu Sauerstoffminimumzonen (*oxygen minimum zones, OMZs*) im Bereich von 150 – 450 m kommt (Inthorn et al., 2006 b). Als frischeste Wassermasse gilt das Antarktische Zwischenwasser (*Antarctic Intermediate Water, AAIW*) in 700 - 800 m Tiefe und zeichnet sich durch eine erhöhte Salinität gegenüber den anderen Wassermassen aus (Shannon und Nelson, 1996). Bei der untersten Wassermasse handelt es sich um das

salzhaltige, kalte Nordatlantische Tiefenwasser (*North Atlantic Deep Water, NADW*), welches moderate Sauerstoffgehalte anzeigt (*Inthorn et al., 2006 b*). Innerhalb des BUS kommt es durch das intensivste Auftriebsgebiet des Systems, der „Lüderitz-Zelle“, um 26°S zu einer Aufspaltung in eine nördliche und eine südliche Region. Beständige Passatwinde, die das ganze Jahr über vorkommen, führen zu einer turbulenten Umwälzung des Wassers und somit zu einer hohen Advektion Richtung offener See (*Hutchings et al., 2009*). In dieser „Grenzzone“ verändern sich die durch den Auftrieb hervorgehobenen Wassermassen in ihrer Salinität und Sauerstoffkonzentration (*Hutchings et al., 2009*). Nördlich der Lüderitz-Zelle bei 23°S befindet sich die Walvis Bay-Zelle, die kräftig, aber unbeständig ist und durch saisonale Schwankungen eine geringere Auftriebskraft als die Lüderitz-Zelle aufbringt (*Shannon et al., 2006*). Im Zentrum des BUS, zwischen 15°S – 30°S, herrscht ganzjährig Auftrieb (*Boyer et al., 2000*), lediglich durch intersaisonal auftretende Eddies kommt es zu Schwankungen (*Wefer und Fischer, 1993*). Gegensätzlich dazu ist der Auftrieb im Süden saisonal geprägt. Dieser Umstand wird durch die Agulhas Bank hervorgerufen, die eine vertikal geschichtete Wassersäule im Sommer und eine gut durchmischte Wassersäule im Winter aufweist (*Schumann, 1998*). Im Zentrum der Agulhas Bank befindet sich eine saisonale kalte Wasserschicht nahe des Oberflächenwassers (*Boyd und Schillington, 1994*), welches zu einer erhöhten Chlorophyll Konzentration von März bis Juni führt (*Demarcq et al., 2003*). Je nach Windstärke sowie Windrichtung und Unterschieden in der Schelfgeometrie werden die Strömungen und somit Auftriebszonen regional beeinflusst. Die Primärproduktion im Auftriebsgebiet erreicht über das Jahr zwei Maxima, eines zwischen Mai und Juni und das andere zwischen Oktober und November (*Wefer und Fischer, 1993*). Als Auftrieb bezeichnet man das Aufsteigen von tiefer liegenden Wassermassen im Ozean bis ins Oberflächenwasser entlang einer Küste, infolge eines Druckgefälles durch charakteristische Windmuster (*Chavez und Messie, 2009*). Starke Winde entlang der Küste führen zum Ekman Transport, der das Oberflächenwasser von der Küste weg zum offenen Ozean hin transportiert und zum Auftrieb von nährstoffreichem Tiefenwasser in die euphotische Zone führt (*Shannon et al., 2006*). Die Intensität ist abhängig von Windstärke, Küstentopographie und Verlauf des Schelfhangs. Passatwinde und starke Küstenwinde (*coastal jets*) sind die Antreiber für den Ekman Transport und sorgen somit für den Auftrieb des SACW. In Folge des auftriebsnährstoffreichen Wassers kommt es zu einer erhöhten Primärproduktion im oberen Teil der Wassersäule und nahe der Küste, während tiefere Wassermassen mit geringerer Sauerstoffkonzentration zu OMZs an der Küste und im oberen Schelfhang führen. Gesteuert

durch intensive Windströmungen, wird das Oberflächenwasser küstenparallel nordwärts gesteuert. Die Corioliskraft lenkt das wärmere Wasser in Richtung Westen und die kalten, tieferen Lagen zur Oberfläche. Hieraus resultiert eine seewärts gerichtete Strömung entlang der Küste, deren Sogwirkung Tiefenwasser aufsteigen lässt (Chavez und Messie, 2009). Folglich wird das Oberflächenwasser durch kaltes Tiefenwasser ersetzt und die Oberflächenwassertemperatur kühlt im küstennahen Bereich ab, was wiederum die Primärproduktion anregt (Abb. 3). Tiefere Wasserschichten hingegen sind phosphat- und nährstoffreich, jedoch wenig lichtdurchflutet und somit ungeeignet für die Primärproduktion. Sobald aber die Nährstoffe in Folge des Auftriebs zugänglich für die Primärproduzenten werden, kommt es zur Ausbildung von Planktonblüten im Küsten- und Schelfbereich. Diese Blüten sind abhängig von der Auftriebsgeschwindigkeit und der Windstärke, mit zunehmender Stärke werden die Nährstoffe weiter auf den Ozean hinaus gedriftet. Unterschiedliche Windgeschwindigkeiten, abseits der Küste, werden als *wind stress curl* (windgetriebene Wirbel) bezeichnet, die ebenfalls Auftrieb hervorrufen und zu dessen Gesamttransport beitragen (Messie et al., 2009). Das sogenannte küstenferne *Ekman pumping* trägt, neben dem Küstenauftrieb, ebenso zu einem erhöhten Nährstoffgehalt im Oberflächenwasser bei (Chavez und Messi, 2009).



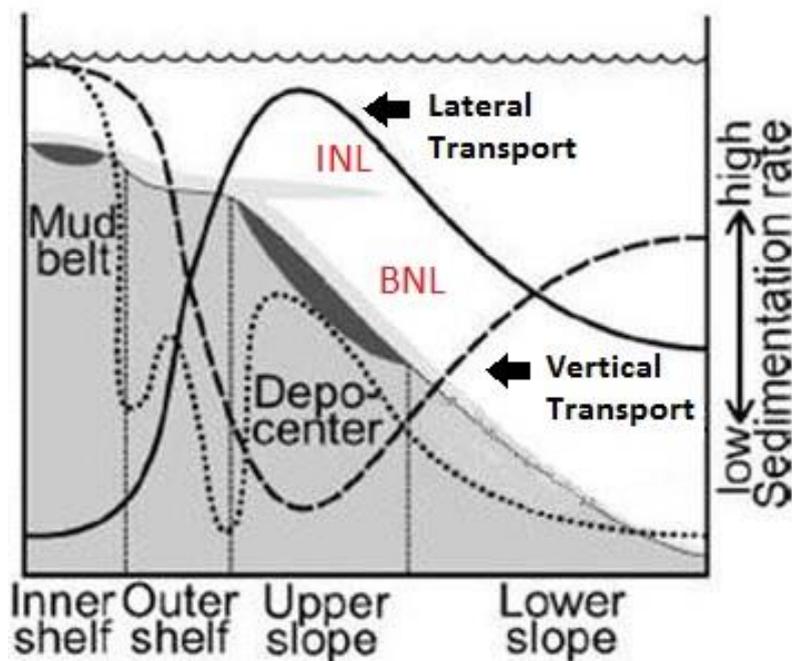
**Abbildung 3:** Auftriebsprozesse im Benguela Upwelling System. Erläuterung im Text. (Mohrholz et al., 2014)

### 1.3 Sedimentationsprozesse

Auftriebsgebiete sind essentiell für die Primärproduktion im Ozean und den Transport von organischem Material von der Küstenregion in die Tiefsee (*Inthorn et al., 2006 b*). Schelfgebiete dienen als Ablagerungsraum für Sedimente und organic carbon (OC, dt. organischer Kohlenstoff) sowie der Produktion und Remineralisierung von OC. Das Benguela Auftriebsgebiet gilt als eines der produktivsten Auftriebsgebiete im gesamten Ozean (*Inthorn et al., 2006 a*). Ansammlungen und Senken von organischem Material befinden sich im inneren Schelf sowie im oberen Hang und werden vom lateralen Transport in den *nepheloid layers* kontrolliert (*Mollenhauer et al., 2007*). Der namibische Schelf lässt sich in einen inneren und äußeren Schelf sowie den Schelfhang aufteilen (Abb. 4). Während der innere Schelf an der Küste und dessen Schelfkante in ca. 100 - 200 m Wassertiefe liegt, befindet sich der äußere Schelf mit seiner Schelfkante in etwa 400 m Tiefe, ca. 50 km von der Küste entfernt. Abgeschlossen wird das Schelfsystem vom Schelfhang, der dem äußeren Schelf folgt. Laut *Carr (2002)* ist die Primärproduktion im inneren Schelf am höchsten. Dies hat zur Folge, dass es im Flachwasser zu einer Sauerstoffzehrung kommt und sich organisch angereicherte Schlämme im inneren Schelf bilden (*Inthorn et al., 2006 a*). Zwischen 20,6°S und 25,5°S, bei Walvis Bay und Lüderitz, befindet sich mit einem Ausmaß von ca. 25.000 km<sup>2</sup> der größte Schlammgürtel (*Mudbelt*) mit den höchsten OC-Gehalten von 15 % (*Inthorn et al., 2006 a*). Die Phytoplanktonvergesellschaftungen im Benguela System bestehen aus Diatomeen und Dinoflagellaten, wobei Diatomeen häufig *onshore* (besonders im *Mudbelt*) und Dinoflagellaten *offshore* vorkommen (*Barlow et al., 2001*). Neben der marinen Produktion werden über die Atmosphäre und Flüsse ebenfalls organische sowie anorganische Bestandteile terrigenen Ursprungs eingetragen. Generell weist der Schelfhang keine OC-Anreicherung auf, mit Ausnahme des Depotcenters am oberen Hang zwischen 24°S und 26,5°S, welches durch frisches und resuspendiertes Material sowie Karbonaten und organisches Material charakterisiert ist (Abb. 4). Das OM (organic matter dt. organisches Material) im Depotcenter besitzt eine signifikante Menge an *pre-aged* (dt. vorgealtertem) OC (*Hall and Mc Cave, 1998*). Der OC-Gehalt liegt bei ca. 9 % (*Inthorn et al., 2006 a*). Unterhalb der Wellenbasis kommt es zu Umwälzströmungen und verstärkter (Re-)Suspension am Meeresboden. Das organische Material wird durch Sedimentationsprozesse abgelagert und lateral durch die *nepheloid layers* vom Schelf bis zur Tiefsee transportiert. Grundsätzlich wird zwischen den *intermediate nepheloid layers* (Anhäufung von Partikeln des Zwischenwassers,

INLs), die entlang den Grenzen der Meeresströmungen verlaufen und den *bottom nepheloid layers* (beeinflusst durch turbulentes Fließen, BNLs), die entlang des Meeresbodens verlaufen, unterschieden. Beide spielen eine sehr wichtige Rolle, da der laterale Transport zu einem höheren Eintrag von OM führt als der vertikale Eintrag von der Oberfläche (*Inthorn et al., 2006; McPhee- Shaw et al., 2004*). Das Oberflächenwasser transportiert das OM durch äquatorwärts gerichtete Winde *offshore*, während durch den BCC das Wasser im inneren Schelf *onshore* transportiert wird. Durch den Auftrieb entsteht im inneren Schelf ein quasi-geschlossenes System (*Inthorn et al., 2006 b*). Durch die ständige Zirkulation über dem küstennahen Schelf erfolgt eine immer wiederkehrende Erosion und erneute Ablagerung, außerdem wird Material aus der namibischen Wüste durch Bergwinde eingetragen. Diese Partikel werden hier in Richtung Küste transportiert. Im äußeren Schelf werden die Partikel über lange Distanzen entlang des Schelfs, durch den Einfluss des SACW in den partikelreichen BNLs am Meeresboden, polwärts transportiert und somit eine ausgeprägte Sedimentation unterdrückt. Laut *Bremner und Willis (1993)* unterstützt der geringe OC-Gehalt im äußeren Schelf und entlang der Schelfkante die Hypothese von lokalen Erosionen. Solche Erosionen sind im äußeren Schelf, nahe der Schelfkante, besonders stark ausgeprägt, während sie jedoch am Schelfhang und nahe der Küste in deutlich abgeschwächter Form auftreten (*Inthorn et al., 2006 b*). An der Schelfkante entstehen die INLs, dabei handelt es sich um eine Art von Partikelschleier, die über die Schelfkante hinausgehen und aus denen gelöste Partikel teilweise wieder in die Wassersäule über dem oberen Kontinentalhang eingebracht werden. Es wird davon ausgegangen, dass sie aus den BNLs entstehen, da beide *layers* dieselbe Partikelansammlung haben (*Inthorn et al., 2006 b*). An der Schelfkante ist der laterale Eintrag von Partikeln in INLs und BNLs höher als der vertikale Eintrag von frischem OM aus dem Oberflächenwasser (Abb. 4). Dies führt zu einer hohen Sedimentationsrate sowie der Erhaltung von OC in Depotcentern am oberen Hang. Ansammlungen von partikulärem organischem Kohlenstoff (particulate organic carbon, POC) am Schelfhang werden weniger durch marine Produktion und Hypoxie in Sauerstoffminimumzonen hervorgerufen, als durch Sedimentation durch lateralen Eintrag (*Inthorn et al., 2006 a*). Am niederen Hang wird Material weiterhin durch die BNLs transportiert, diesmal unter dem Einfluss des AAIW. Hier entstehen sogenannte „tiefe INLs“, deren Ursprung nicht final geklärt werden kann. Entweder können rezente Prozesse, wie z. B. sinkende Planktonschleier oder auch Phänomene in der Wassersäule, wie *internal tides* oder *Kontinentale Schelf-Wellen*, die Formation von tiefen INLs

aus resuspendiertem Material der BNLs erklären (Inthorn et al., 2006 b). Insgesamt nimmt der Einfluss des lateralen Transports im niederen Hang ab (der vertikale Transport von frischem OM ist höher als der laterale Transport), wodurch die Sedimentationsrate herabgesenkt wird. Die Remineralisierung von sinkenden Partikeln in der Wassersäule ist in Bezug auf die Wassertiefe sehr intensiv, sodass verhältnismäßig wenige Partikel das Sediment erreichen (Inthorn et al., 2006 a, submitted). Darüber hinaus bestimmt auch die Sinkgeschwindigkeit den biologischen Abbau: je langsamer die Partikel sinken, desto länger unterliegen sie der Zersetzung. Während des *offshore* Transports wird OM abgebaut, eine Radiocarbon Studie hat gezeigt, dass der Transport von OM durch die *nepheloid layers* zu Senken mit *pre-aged* OM mit Altern von bis zu 3000 Jahren in den Hängen führt (Inthorn et al., 2006 a). Zwischen dem inneren Schelf und dem Schelfhang tritt durch den *offshore* Transport oder Erosion nahe der Schelfkante ein Altersgradient, mit älteren Altern im Schelfhang, auf. Die *nepheloid layers* sind die Hauptquelle für den Transport der Partikel im Benguela System, jedoch kann der Beitrag der INLs und BNLs schwer auseinandergehalten werden. Auch Saisonalität, Topografie sowie das Wetter haben Einfluss auf das Oberflächenwasser und damit auf die OC Senken am Meeresgrund (Inthorn et al., 2006 a).



**Abbildung 4:** Namibischer Schelf bei 25,5° S. Dargestellt werden lateraler (durchgezogene Linie), sowie vertikaler (gestrichelte Linie) Eintrag von organischem Material und Sedimentationsrate. (Verändert nach Inthorn et al., 2006 a)

## 1.4 Sauerstoffminimumzone

Als Sauerstoffminimumzone wird die Zone im Küstensystem mit der niedrigsten Sauerstoffsättigung bezeichnet. Die Sauerstoffversorgung sowie Sauerstoffverbrauch und damit auch der Nährstoffausgleich, haben großen Einfluss auf das chemische Gleichgewicht des gesamten Ökosystems. OMZs entstehen für gewöhnlich in Regionen mit hoher Primärproduktion, da der Partikelfluss von OM, bzw. die Zehrung und der Abbau des OM den Sauerstoffgehalt verringert (*Twichell et al., 2002*). Im namibischen Schelf liegt die OMZ zwischen 150 – 450 m Tiefe (*Inthorn et al., 2006 b*). Oberhalb der OMZ findet ein Austausch der Wassermassen mit der Atmosphäre statt; das Wasser dort besitzt eine ähnliche O<sub>2</sub>-Konzentration wie die Atmosphäre. Wasserschichten unterhalb der OMZ sind sehr sauerstoffreich (199-238 µM *F. Aspetsberger, 2005 zitiert nach Inthorn et al., 2006a*), da hier weniger O<sub>2</sub> verbraucht wird und kaltes Wasser aus den Polarregionen durch den AAWI eingetragen wird. Unterhalb der Thermokline verlaufen zwei Strömungen; zum einen das sauerstoffarme, aber nährstoffreiche SACW und zum anderen das nährstoffarme, aber sauerstoffreiche ESACW. Das SACW und die Sauerstoffkonzentration über den gesamten namibischen Schelf sind mit einander verknüpft. Zudem beeinflussen auch lokale Faktoren, wie Sauerstoffverbrauch und Remineralisierung von sinkenden Partikeln, den Sauerstoffgehalt (*Meisel et al., 2011*). Nicht nur eine hohe Primärproduktion führt zu einem hohen Sauerstoffverbrauch, sondern auch bei Stoffwechselprozessen von Bakterien in den *nepheloid layers* an der Schelfkante, kommt es zur Sauerstoffzehrung (*Inthorn et al., 2006 b*). In der Schelfregion ist der Einfluss des SAWC besonders stark, folglich ist hier das Sauerstoffminimum verstärkt ausgeprägt. Von Norden nach Süden nimmt die Intensität der OMZ jedoch ab, was auf den abschwächenden, südlich polwärts fließenden SACW zurückzuführen ist (*Inthorn et al., 2006 b*). Das sauerstoffreiche ESACW gleicht die Sauerstoffversorgung nahe des Oberflächenwassers aus, jedoch ist dieser direkt abhängig von küstenparallelen Winden (*Emeis et al., 2007*). So beschränkt sich der Ekman Strom bei schwächeren Winden im Sommer auf intermediäre Tiefen, dies führt zu einer geringeren Zufuhr des ESACW und geringerem Luftwechsel als im Winter (*Mohrholz et al., 2008*). Ein weiteres Phänomen der OMZ ist die Ablösung des aeroben Abbaus durch Denitrifikation, sobald der komplette Sauerstoff verbraucht ist. Hierbei nutzen Bakterien Nitrat zum Abbau von OM, wodurch es zu einem immensen Stickstoffverlust kommt. Dieser Verlust hat beträchtliche Auswirkungen auf verschiedene biologische Prozesse. Die mikrobielle

Degradation durch Denitrifikation von Aminosäuren hinterlässt, im Gegensatz zur aeroben Degradation, größere intaktere Mengen an kohlenstoffhaltigem OM und somit C/N-Verhältnissen im nicht abgebauten OM (*Twichell et al., 2002*). Dies wirkt sich auch auf den CO<sub>2</sub> Gehalt des Auftriebswassers sowie den Fluss zwischen Ozean und Atmosphäre aus (*Chavez und Messie, 2009*).

## 1.5 Aminosäuren

Der größte Anteil der marinen Primärproduktion im Ozean findet in den Küstenregionen statt. Diese Bereiche sind für die Produktion, Erhaltung sowie Remineralisierung von OC von großer Wichtigkeit (*Dauwe und Middelburg, 1998*). Das in der euphotischen Zone produzierte OM wird während des Sinkprozesses zur Futterquelle für pelagische und benthische Organismen und besteht zum Großteil aus Aminosäuren (*amino acids, AA*) und Aminosukzern (*hexosamines, HA*). Lediglich ein geringer Anteil des OM wird ins Sediment eingebettet, da es zum einen an der Wasseroberfläche und zum anderen beim Herabsinken in der Wassersäule zu Remineralisierungsprozessen durch heterotrophes Zooplankton und Bakterien kommt. Laut *Emerson und Hedges et al. (1988)* gelangen nur etwa 4 % des globalen POC Flusses aus der euphotischen Zone ins marine Sediment. Mit zunehmender Tiefe oder durch Alterierung des OM verringert sich der relative Anteil von AA und HA (*Lee und Cronin, 1984; Müller et al., 1986*). Labile Komponenten im OM werden bevorzugt von u.a. heterotrophen Bakterien als Substrat genutzt und sind dadurch ein Teil der aktiven Mineralisation (*Alldregde, 1989*). Stickstoffhaltige Komponenten des organischen Materials, wie z.B. Aminosäuren, werden dabei schneller degradiert als stickstoffarme Komponenten (*Grutters et al., 2001*). Während labile Komponenten mit der Tiefe verloren gehen, wächst der Anteil des nicht charakterisierbaren Materials im TOC (total organic carbon, dt. gesamter organischer Kohlenstoff) und macht daher den Großteil des Sediments aus (Abb. 5) (*Lee et al., 2004*). Um Quellen sowie Degradationsstadien von OM zu identifizieren, werden organische Biomarker und diagenetische Indikatoren benutzt. Die Mehrheit des analytisch erkennbaren organischen Materials wird u.a. durch Aminosäuren, Lignin und Kohlenhydrate aufgebaut und liefert unterschiedliche Information über OC-Quellen und diagenetische Prozesse (*Cowie und Hedges, 1992*). Aminosäuren sind die Hauptformen von Stickstoff (N) und wichtiger Bestandteil im OM von marinen Organismen (*Parson et al., 1997*) sowie von OM in rezenten Küstensedimenten und Partikel in der Wassersäule (*Lee und Cronin, 1984*). Durch ihren großen

Anteil im POC und N, welche in der Wassersäule und Sediment wiederverwertet werden, sind sie wichtige Nährstoffe für sekundäre Produzenten. Während sich die Konzentration und Zusammensetzung der Aminosäuren im Zuge fortschreitender Diagenese verändert, beeinflussen wechselnde Nährstoffgehalte, Adsorption- und Desorptionsverhalten sowie deren Beständigkeit gegen Abbau, die Aufteilung der Aminosäuren (*Lee et al., 1988; Cowie und Hedges, 1992*). Zwei Aminosäureparameter verringern sich während der Diagenese; auf der einen Seite der Anteil des OC, der als Aminosäuren erkennbar ist (AA-C%), und auf der anderen Seite der Stickstoffanteil (AA-N%) (*Keil et al., 2000*). Aminosäuren unterscheiden sich unter einander in ihrer Abbauresistenz; diese unterschiedlichen Stadien der Degradation werden z.B. mit dem Reaktivitätsindex (RI) und dem Degradationsindex (DI) ermittelt. Je geringer der Abbau, desto höher die Indizes (RI ca. 0,2 bis 20; DI ca. -2 bis +2) (*Jennerjahn und Ittekkot, 1997; Dauwe und Middelburg 1998*).

Aus dem Quotienten der aromatischen Aminosäuren Tyrosin (Thy) und Phenylalanin (Phe) und den nicht proteinogenen Aminosäuren  $\beta$ -Alanin ( $\beta$ -ALA) und  $\gamma$ -Aminobuttersäure ( $\gamma$ -ABA) ergibt sich der RI (siehe Formel 1.) (*Jennerjahn und Ittekkot, 1997*):

(1)

$$RI = \frac{(Tyr) + (Phe)}{(\beta - ALA + \gamma - ABA)}$$

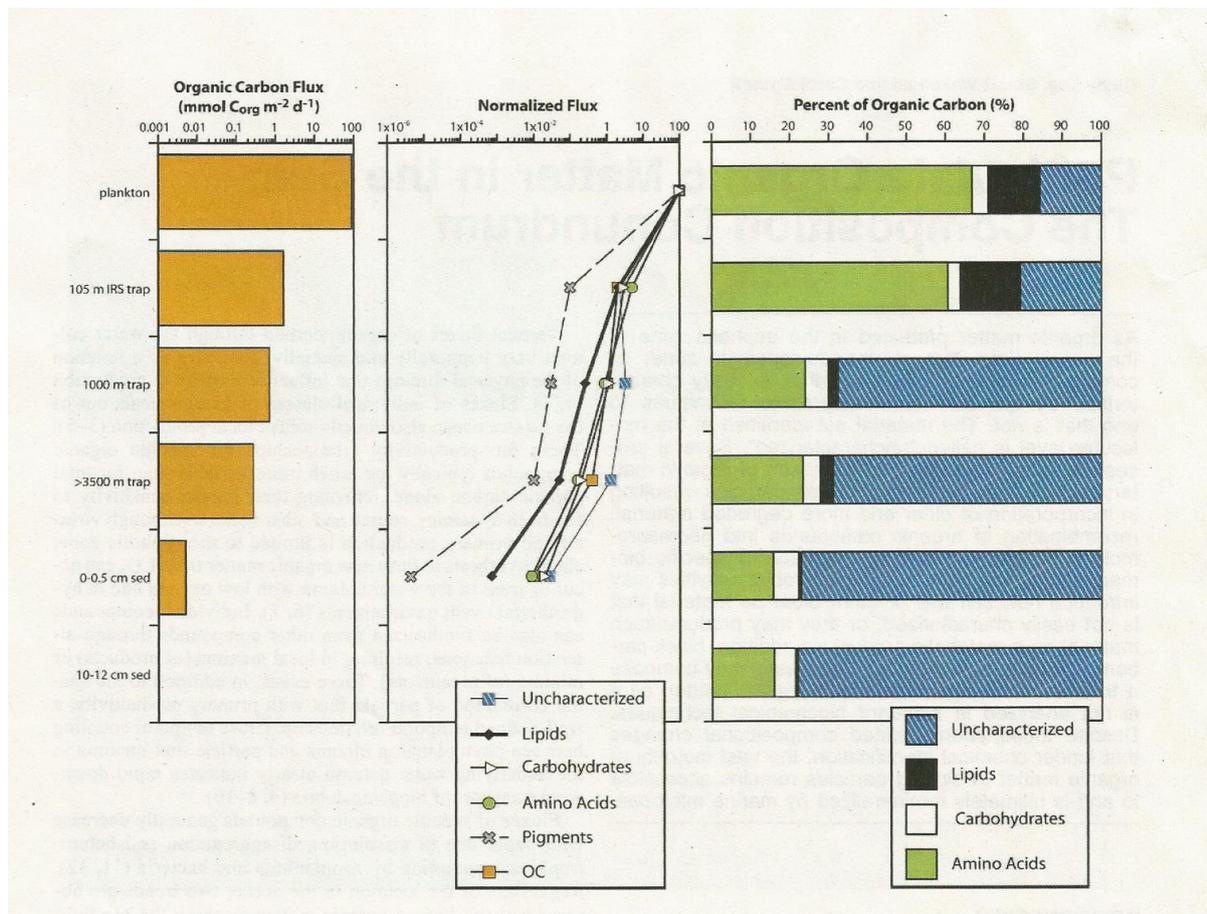
Der DI misst die diagenetische Veränderung einer Probe anhand des molaren Anteils in Prozent ( $var_i$ ), dem Durchschnitt ( $AVG_{var_i}$ ), der Standardabweichung ( $STD_{var_i}$ ) sowie des Koeffizienten ( $fac.coef.i$ ) von 14 Aminosäuren in der entsprechenden Formel (2) (*Dauwe und Middelburg, 1998*):

(2)

$$DI = \sum_i \left[ \frac{var_i - AVG_{var_i}}{STD_{var_i}} \right] \times fac.coef.i$$

Ergänzend dazu reflektiert auch das Verhältnis einiger Aminosäuren zueinander, wie ASP/ $\beta$ -ALA und GLU/ $\gamma$ -ABA, den Zerfallszustand. *Total Hydrolysable Amino Acids (THAA)* entspricht dem Gesamtanteil aller Aminosäuren, die aus den Partikeln extrahiert und gemessen werden können. Dazu gehören die proteinogenen sowie die nicht-proteinogenen Aminosäuren.

Die nicht-proteinogenen AA entstehen beim Abbau von proteinogenen AA und kommen daher im Verhältnis vermehrt bei stark abgebautem Material vor, da sie nicht in lebendem oder frischem organischem Material zu finden sind (Lee und Cronin, 1982). Nicht-proteinogene Aminosäuren sind ein Indikator für bakterielle Aktivität und ihre relative Menge erhöht sich bei Alterierung des OM durch die Decarboxylierung ihrer Vorgängeraminosäuren (Lee et al., 2004).  $\beta$ -Alanin und  $\gamma$ -Aminobuttersäure entstehen durch die Decarboxylierung der peptid-formenden Carboxylgruppe von Asparaginsäure (ASP) und Glutaminsäure (GLU) (Lee und Cronin, 1982). Ornithin, eine andere nicht-proteinogene AA, ist das Zerfallsprodukt von Arginin und nimmt in ihrem Anteil mit zunehmender Tiefe in den OMZs zu (Lee et al., 2004). Neutrale AA (wie z.B.: Valin, Methionin, Phenylalanin, Isoleucin oder Leucin) werden bevorzugt mineralisiert (Grutters et al., 2001) und sind reich in sinkenden Partikeln (Keil et al., 2000).



**Abbildung 5:** Vereinfachte grafische Darstellung der Flussrate von planktonischem organischen Kohlenstoff (in mmol C<sub>org</sub> pro m<sub>2</sub>, pro Tag, links), des normalisierten Flusses (mitte) und des prozentualen Anteils organischen Kohlenstoffs (rechts) je nach Wasser- bzw. Sedimenttiefe. (Lee et al., 2004)

## 2 Methoden

Die Proben wurden während der *FS METEOR M103-1* Fahrt im Zeitraum vom 28.12.2013-15.01.2014 im Benguela Auftriebsgebiet vor der namibischen Küste genommen. Das Arbeitsgebiet umfasst insgesamt 5 Transekte, einen bei Lüderitz (25°S-27°S), drei nördlich davon bei Walvis Bay (23°S), Terrace Bay (20°S) und Kunene (17°S), sowie eine südlich davon bei Oranjemund (29°S) an der Grenze zu Südafrika (Abb. 6). Die Transekte befinden sich senkrecht zur Küste und sind durch einige Stationen, die zwischen den Transekten liegen, verbunden. Die Sedimentkerne wurden mithilfe des *Multicorer* aus Tiefen von 23 – 3921 m geborgen. Probenaufbereitung und -auswertung wurden erst im Labor vorgenommen. Da nicht jede Sedimentprobe im Hinblick auf Aminosäuren bearbeitet wurde, werden in den Ergebnissen die ergänzenden Datensätze der *Merian* Fahrt (MSM 17-3, Januar 2011 bis Februar 2011) hinzugezogen. Somit ist eine flächendeckende Aussage der Aminosäureverteilung entlang des namibischen Schelfs gewährleistet.

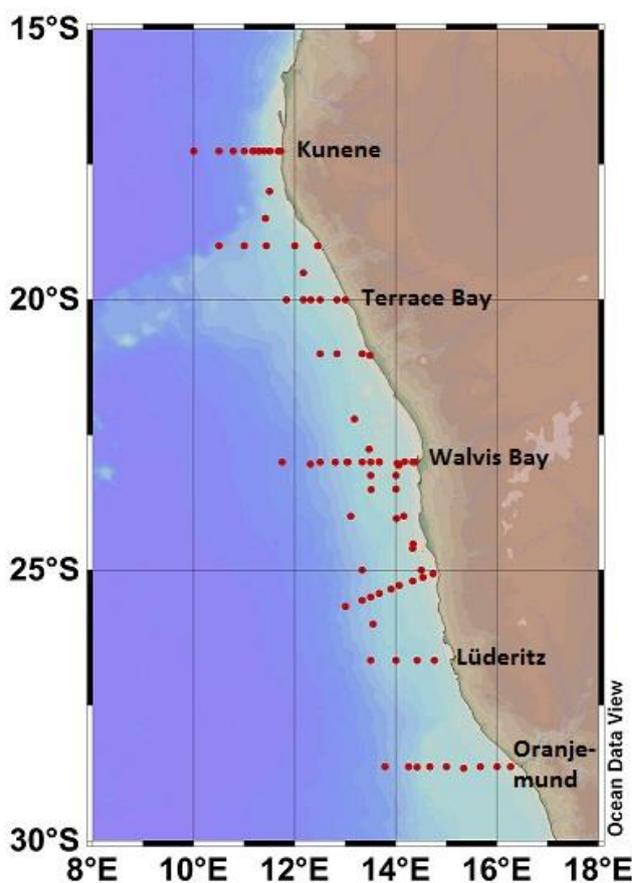


Abbildung 6: Stationspunkte der Untersuchungsgebiete (Verändert nach Lahajnar, 2014)

## 2.1 Probennahme und Aufbereitung

Die Oberflächensedimente wurden mithilfe des *Multicorer* geborgen. Der *Multicorer*, auch *MUC* genannt, besteht aus einem Rahmen, an welchem Füße angebracht sind und einem inneren, beweglichen „Kopf“, der aus acht Kunststoffrohren besteht (Abb. 7). Vor dem Einsatz muss der *Multicorer* „gespannt“ werden, indem die Verschlussklappen ober- und unterhalb der Rohre geöffnet und arretiert werden. Anschließend wird der an einem Drahtseil befestigte *Multicorer*, ins Wasser gelassen und zum Meeresboden „gefiert“. Sobald die Füße am Meeresgrund aufsetzen, bewegt sich der Kopf durch sein Eigengewicht bzw. mithilfe von Bleigewichten weiter wobei die Rohre ins Sediment gedrückt werden. Die Bleigewichte befinden sich oberhalb der Rohre im Kopfstück und werden je nach Sedimentbeschaffenheit eingesetzt. Nach der Beprobung sorgt ein Schließmechanismus dafür, dass sich die Verschlussklappen entriegeln die Sedimentkerne ober- und unterhalb verschließen. Beim „Hieven“ kann so das Sediment ohne Verwirbelungen geborgen werden. Damit ein Auslaufen bei der Entnahme verhindert wird, werden die Sedimentkerne an der Unterseite mit Gummistopfen geschlossen. Anschließend werden die Kerne auf ein Rohr montiert und das Sediment langsam herausgedreht. Das Sediment wird zentimeterweise „geschnitten“, anschließend eingeschweißt und für die spätere Bearbeitung im Labor eingefroren. Für die Aminosäuren-Analysen werden jeweils die Oberflächensedimente der oberen 0 - 1 cm bearbeitet.



**Abbildung 7:** Multicorerer beim Einholen. (Merian-Fahrt MSM 17-3, Foto von Toralf Heene)

## 2.2 Laboranalysen

### 2.2.1 Kohlenstoff und Stickstoff

Für die Analyse der Aminosäuren werden zuerst die Kohlen- und Stickstoffwerte benötigt, um die spätere Einwaage der zu analysierenden Proben zu bestimmen. Zunächst werden die eingefrorenen Proben aufgetaut und das Sediment in Becher überführt. Um die Proben vollständig zu dehydrieren, ohne dass sich die Körner beim Trocknen verkleben, werden sie in den Gefriertrockner gegeben. Abhängig von der Mineralhärte wird das getrocknete Sediment entweder in der *Planetenkugelmühle* oder per Hand gemörsert. Sobald das Sediment fein genug ist, werden die Anteile an Gesamtkohlenstoff ( $C_{\text{tot}}$ ), organischem Kohlenstoff ( $C_{\text{org}}$ ) und Stickstoff ( $N_{\text{tot}}$ ) mithilfe des *Carlo Erba Nitrogen Analyzer 1500* ermittelt. Da  $C_{\text{gesamt}}$  und  $C_{\text{org}}$  gemessen wird, errechnet sich  $C_{\text{carb}}$  durch:

$$C_{\text{carb}} = C_{\text{gesamt}} - C_{\text{org}}$$

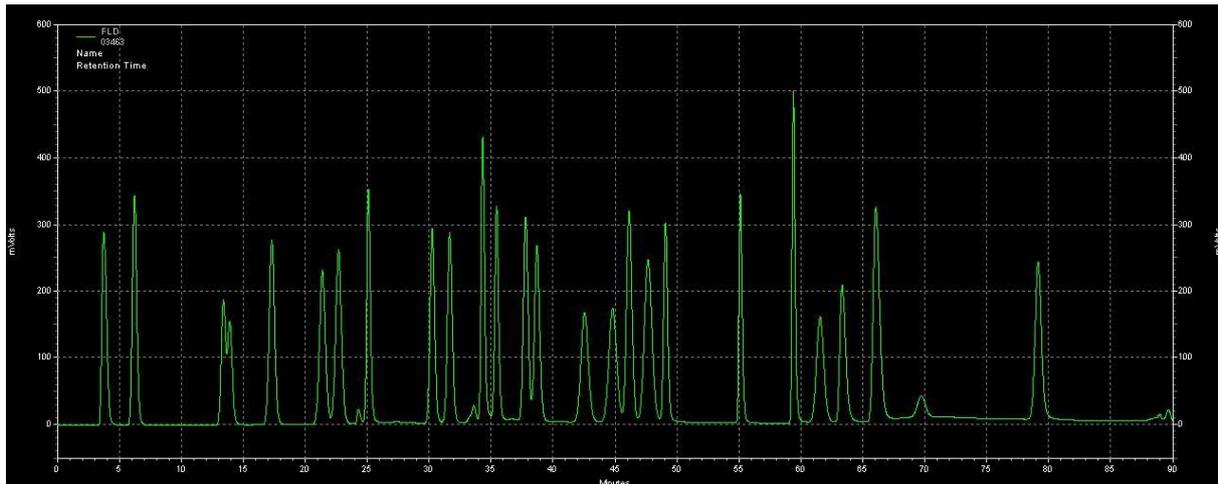
Zur Bestimmung von  $N_{\text{tot}}$  werden jeweils 1,5-2 mg der Proben eingewogen, in Zinnkapseln überführt und geknüllt. Für die  $C_{\text{org}}$ -Analysen (1,5-2 mg Probe) müssen, aus Gründen der besseren Säurebeständigkeit, ausgeglühte Silberkapseln verwendet werden. Um den organischen Kohlenstoff zu bestimmen, muss der Gesamtkohlenstoff zunächst in seine organischen und karbonatischen Anteile getrennt werden. Hierzu werden in die Silberkapseln schrittweise 100  $\mu\text{l}$  N HCl hinzugefügt, bis keine Reaktion mehr stattfindet – es kommt zur Entkarbonisierung. Anschließend werden die Proben über Nacht auf einer Heizplatte bei 50°C getrocknet; dieser Vorgang wird in der Regel dreimal wiederholt. Danach werden die Proben in den Probenteller des Analysators gegeben. Zur Kalibrierung des Geräts werden als Standardsubstanz jeweils ca. 0,25 mg Acetanilid ( $\text{C}_8\text{H}_9\text{ON}$ ) in Silberkapseln eingewogen, welche ebenfalls luftdicht verschlossen und vor und nach den Proben in den Teller gesetzt werden. Als Blindwerte werden leere Kartuschen beigegeben. Bei dieser Methode liegen die Fehlerabweichungen bei 0,15% für Kohlenstoff und 0,005% für Stickstoff (*Verardo, Froelich und McIntyre, 1990 & Nieuwenhuize, Maas und Middelburg, 1994, Carlo Erba NA-1500 Analyzer Handbuch*). Die Proben gelangen über einen Probengeber des *Carlo Erba Nitrogen Analyzer 1500* in einen Verbrennungsreaktor, in dem sie bei 1020°C unter Sauerstoffzufuhr oxidiert und verbrannt werden. Chrom(III)-oxid und silberbeschichtetes Kobaltoxid entfernen Halogenide und andere Stoffe, die die Messung verfälschen können. Als

Verbrennungsprodukte entstehen  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  und  $\text{H}_2\text{O}$ , die durch einen Heliumträgerstrom in eine zweite, mit reduziertem Kupfer gefüllte Reduktionssäule gelangen. Hier wird das  $\text{NO}_x$  bei  $650^\circ\text{C}$  zu  $\text{N}_2$  reduziert. Anschließend werden die Gase in eine Wasserfalle geleitet und mit Hilfe von Magnesiumperchlorat von Wasser befreit. Der übriggebliebene Stickstoff und Kohlenstoff wird durch eine 2 m lange Chromatographiesäule bei  $54^\circ\text{C}$  getrennt. Die Komponenten werden anschließend in einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor gegen einen Helium-Vergleichsstrom bestimmt und über die Software EAGER-200 aufgezeichnet.

### 2.2.2 Aminosäureanalytik

In Abhängigkeit der  $C_{\text{org}}$  und N-Gehalte werden 0,5 -100 mg der Sedimentproben in ausgeglühte Glasampullen eingewogen und 5 ml 6N HCl hinzugefügt. Anschließend werden die Proben mit reinem Argon versetzt und eingeschweißt und für 22 Stunden bei  $110^\circ\text{C}$  im Trockenofen hydrolysiert. Bei diesem Vorgang werden die Aminosäuren „gekocht.“ Durch die Säure werden die Proteine in die einzelnen Aminosäuren zerlegt, sodass eine Komponentenanalyse möglich ist. Nach der Hydrolyse werden 3 ml der Probe mit einer Messpipette abgehoben und durch einen  $0,45\ \mu\text{m}$  Filter in einen Kolben gegeben, hierbei muss darauf geachtet werden, möglichst kein Sediment mit abzuheben. Anschließend wird mit 2 ml destilliertem Wasser nachgespült. Die Kolben kommen nun in einen Rotationsverdampfer, um die Säure verdampfen zu lassen. In einem  $40^\circ\text{C}$  Wasserbad unter einem Druck von ca. 30 mbar werden die Proben für 20 Minuten rotiert (drei Mal für jede Probe). Nach den ersten beiden Durchgängen werden ca. 2 ml destilliertes Wasser hinzugefügt, sodass durch die Hydrolyse zum Schluss nur die Aminosäuren übrigbleiben. Nach dem letzten Durchgang wird den Kolben genau 1 ml PVP-Puffer (pH-Wert 2,2) zugesetzt, damit die Aminosäuren vollständig in die Lösung übergehen und keine Rückstände am Kolben haften bleiben. Nach Überführung der Lösung mit Hilfe einer Messpipette in eine ausgeglühte Phiole kann diese abschließend gemessen werden. Nachdem die Probe in den Probenteller gegeben wird, werden  $50\ \mu\text{l}$  aus der Phiole angesaugt und in den Aminosäureanalysator (*Biochrom B-30*) überführt. Dabei gelangen sie durch ein Pumpsystem in eine Kationenaustauschsäule, die ein Kationen-Austausch-Harz (*Utropac 8 Harz*) enthält, der alle Aminosäuren auffängt. Das Harz gibt in Abhängigkeit von Temperatur und pH- Bedingungen das Aminosäuregemisch so ab, dass jede einzelne Aminosäure gelöst und unter Zugabe unterschiedlicher Pufferlösungen eluiert wird. Die einzelnen Aminosäuren werden mit der *OPA- Reagenz*, welche o-Phthaldialdehyd (OPA) und 2-Mercaptoethanol enthält, zusammengeführt und bilden dabei

einen fluoreszierenden Komplex. Der Fluoreszenzdetektor Merck Hitachi L-2480 emittiert durch eine Lampe Strahlung, wodurch die Aminosäuren und das Reagenz angeregt werden. Der Komplex sendet eine Strahlung ab, welche über eine Software gemessen und als *Peaks* im Diagramm dargestellt wird. Die Wellenlänge der Extinktion beträgt dabei 340nm, die der Emission 450nm (*Dauwe und Middelburg, 1998*). Die Konzentration der Aminosäuren verhält sich proportional zur Fluoreszenz. In der Abbildung 8 ist ein solches Spektrum dargestellt.



**Abbildung 8:** Standard Aminosäurespektrum mit unterschiedlichen Peaks zu verschiedenen Zeiten. Die einzelnen Peaks stellen die Aminosäuren dar. Der *Biochrom30* benötigt ca. 90 Minuten für ein vollständiges Aminosäureprofil, wobei jede Aminosäure zu einer bestimmten Minute ausschlägt. Man erstellt den Standard vorweg und vergleicht anschließend die Peaks der zu analysierenden Probe, dessen Aminosäuren ähnliche Zeiten besitzen. Es werden 22 Aminosäuren, sowie die beiden Aminozucker (Glucosamin und Galactosamin) in folgender Reihenfolge gemessen: Cysteinsäure (CYA), Taurin (TAU), Methioninsulfoxid (MSO), Asparaginsäure (ASP), Threonin (THR), Serin (SER), Glutaminsäure (GLU), Glycin (GLY), Alanin (ALA), Valin (VAL), Methionin (MET), Isoleucin (ILE), Leucin (LEU), Tyrosin (TYR), Phenylalanin (PHE), Glucosamin (GLUAM), Galactosamin (GALAM),  $\beta$ -Alanin ( $\beta$ -ALA),  $\gamma$ -Aminobuttersäure ( $\gamma$ -ABA), Histidin (HIS), Tryptophan (TRP), Ornithin (ORN), Lysin (LYS), Arginin (ARG). Die sauren Aminosäuren werden zuerst gemessen, da sie schneller gelöst werden, die basischen Aminosäuren am Ende. Das Verhältnis von Aminosäuren zu Aminozuckern, sowie Glucosamin zu Galactosamin geben Aufschluss über die Art des Abbaus. (*Lahajnar, 2016*)

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Verteilung der Aminosäuren und Aminosucker

Die Konzentration der Aminosäuren im namibischen Schelf reicht von 1,06 mg/g bis 48,8 mg/g. In Abbildung 9 wird die Verteilung der gesamten Aminosäuren in mg/g Sediment von 17°S-30°S dargestellt. Die Konzentration ist nahe der Küste, zwischen 25°S und 26°S, mit 49 mg/g am höchsten. Moderate Konzentrationen zwischen 20-30 mg/g kommen entlang der Küste zwischen 20°S und 26°S vor, wobei an den Koordinaten 21°S 13°E sowie 23°S 14°E weitere Maxima mit erhöhten Konzentration bis zu 40 mg/g auftreten. Am äußeren Schelf verringern sich die Konzentrationen kontinuierlich Richtung *offshore* und erreichen ihr Minimum von 2 mg/g bei 22°S-23°S. Lediglich zwischen 25°S und 26°S zeigen sich am oberen Hang moderate Konzentrationen. Zum Norden sowie zum Süden hin verringern sich die Konzentrationen der AA kontinuierlich – die Werte erreichen maximal bis zu 15 mg/g. An den Koordinaten 17°S und 11°E sowie 29°S 17°E befinden sich ein weiteres Minima (1,06 mg/g und 2,4 mg/g). Im Durchschnitt liegt die Konzentration der Aminosäuren bei etwa 14,1 mg/g.

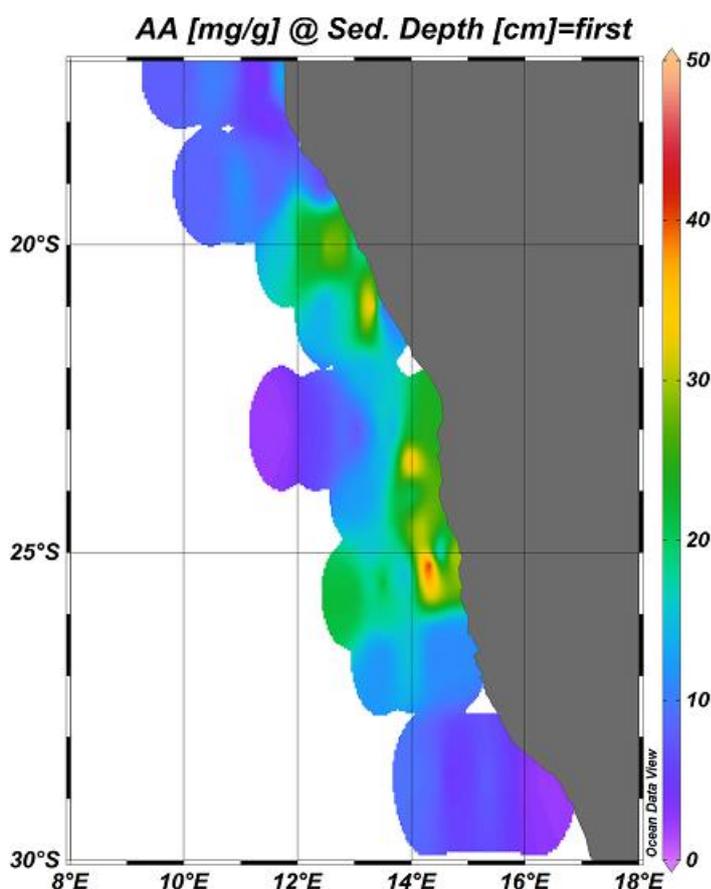
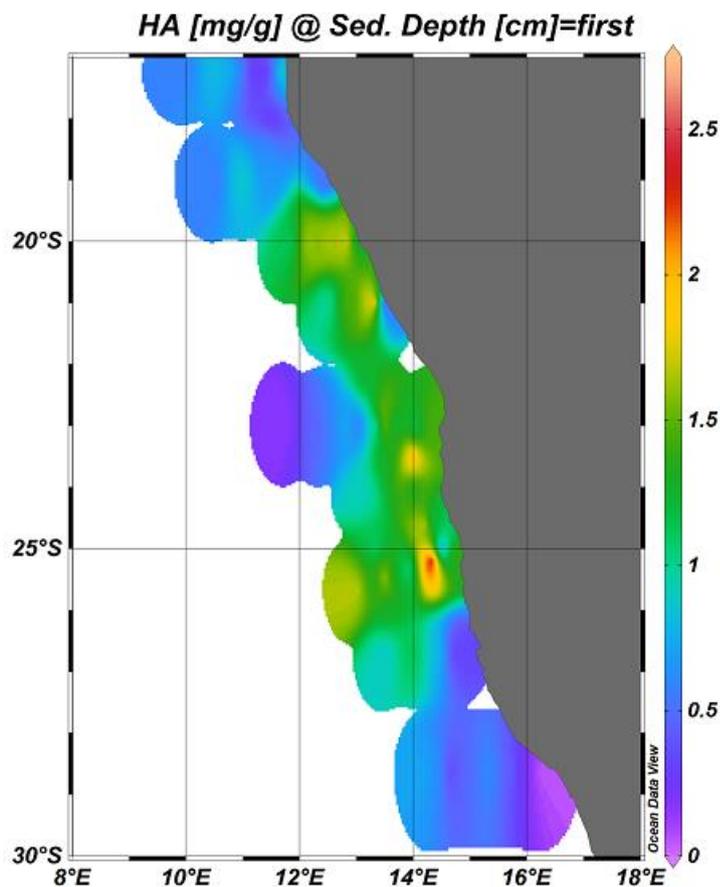


Abbildung 9: Verteilung der Aminosäuren in mg/g zwischen 17°S-30°S.

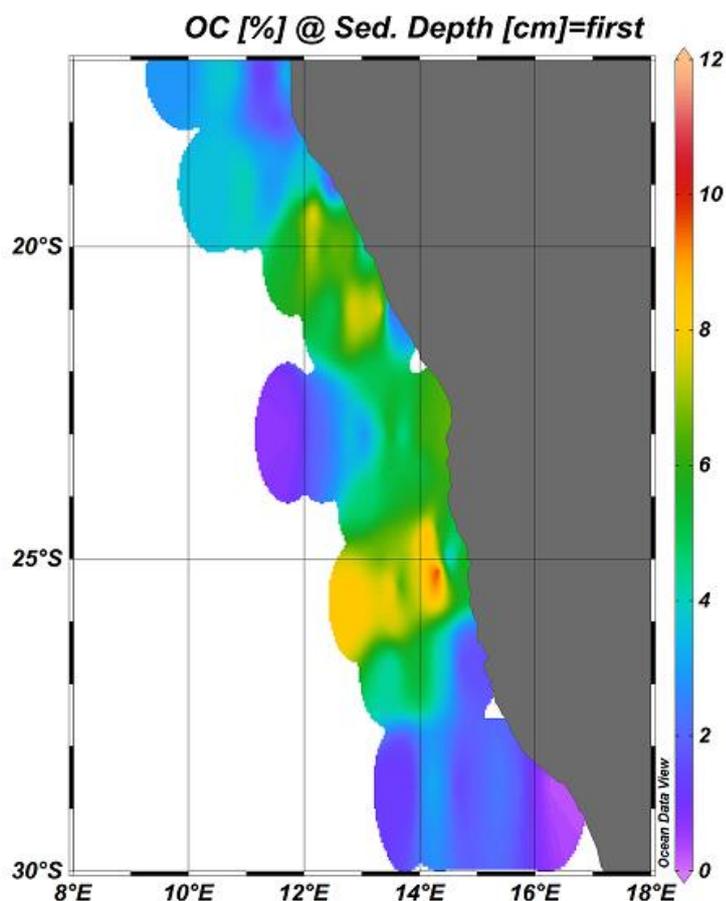
Grundsätzlich sind die Aminosucker trotz ähnlichem Verteilungsbild geringer konzentriert als die Aminosäuren (Abb. 10). Im Durchschnitt beträgt die Konzentration 0,91 mg/g. Moderate Konzentration von 1-1,5 mg/g ziehen sich auch entlang der Küste. Auffällig ist, dass sich, im Vergleich zu den Aminosäuren, der Bereich generell etwas weiter ausprägt und sich weiter in Richtung Süden erstreckt (20°S-27°S). Erhöhte Konzentrationen von 1,5-1,8 mg/g stellen sich an den Koordinaten 20°S-21°S 13° E sowie 23°S 14°E auf. Das Maximum von 2,2 mg/g befindet sich ebenfalls küstennah zwischen 25°S und 26°S, gleiches gilt für die minimale Konzentration von 0,3 mg/g an 29°S 17°E. Die Konzentration verringert sich *offshore*, mit einer Ausnahme bei 20°S sowie zwischen 25°S und 26°S. Im Gegensatz zu den AA bleibt die Konzentration moderat und erhöht sich bei 25°S-26°S am oberem Hang erneut. Zum Norden und zum Süden hin treten die geringsten Werte mit bis zu 0,8 mg/g auf.



**Abbildung 10:** Verteilung der Aminosucker in mg/g zwischen 17°S und 30°S.

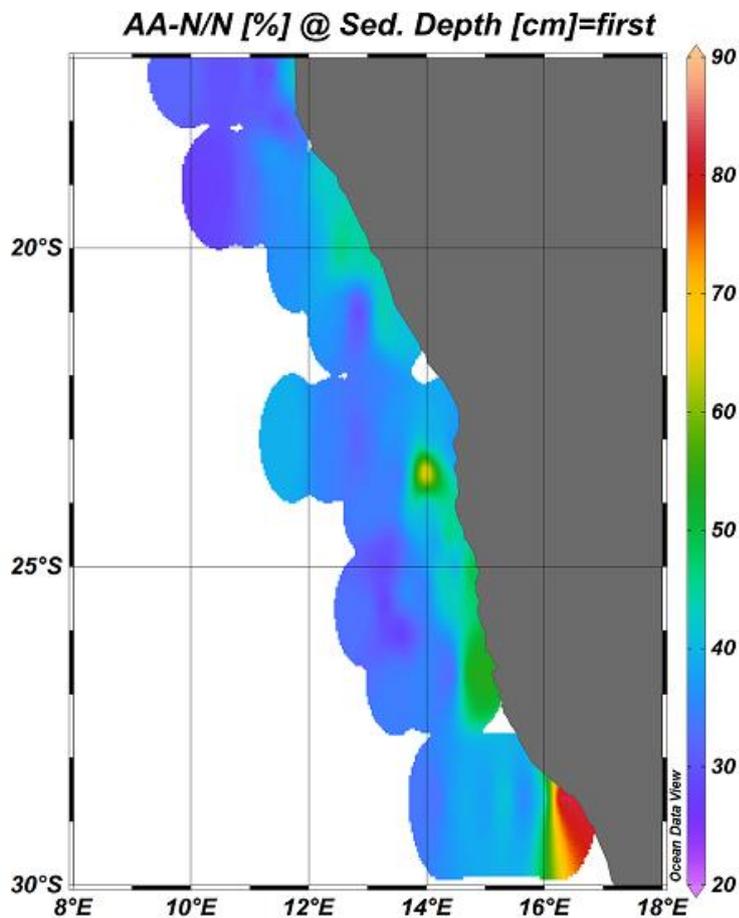
### 3.2 OC-Gehalte und Stickstoffanteile

In der Abbildung 11 wird der OC-Gehalt der Oberflächensedimente in Prozent [%] dargestellt. Die Verteilung des organischen Kohlenstoffs ist auf den ersten Blick die der Aminosäuren sehr ähnlich. Durchschnittlich beträgt der Gehalt des organischen Kohlenstoff 4,3%. Entlang des Namibischen Schelfs von 21°S- 27°S liegt der OC-Gehalt etwas über dem Durchschnitt bei ca. 6%. Ebenso ist der Anteil des OC in einigen Bereichen erhöht (8%). Im Gegensatz zu den Aminosäuren bleibt der OC-Gehalt bei 26°S in Richtung *offshore* konstant. Zwischen 22°S- 23°S verringert sich der OC-Gehalt am äußeren Schelf in Richtung *offshore* und liegt unter dem Durchschnitt. Im Norden und Süden befinden sich *onshore* sowie *offshore* die geringsten OC Werte, wobei der Anteil des organischen Kohlenstoffs in den nördlichen Gebieten gegenüber den südlichen leicht erhöht ist (1-4% vs. 0,2-3%). Das Maximum an OC von 11,5% liegt, wie Im Falle der AA und der HA küstennah zwischen 25° und 26°S.



**Abbildung 11:** OC-Gehalt der Oberflächensedimente in Prozent [%] zwischen 17°S und 30°S.

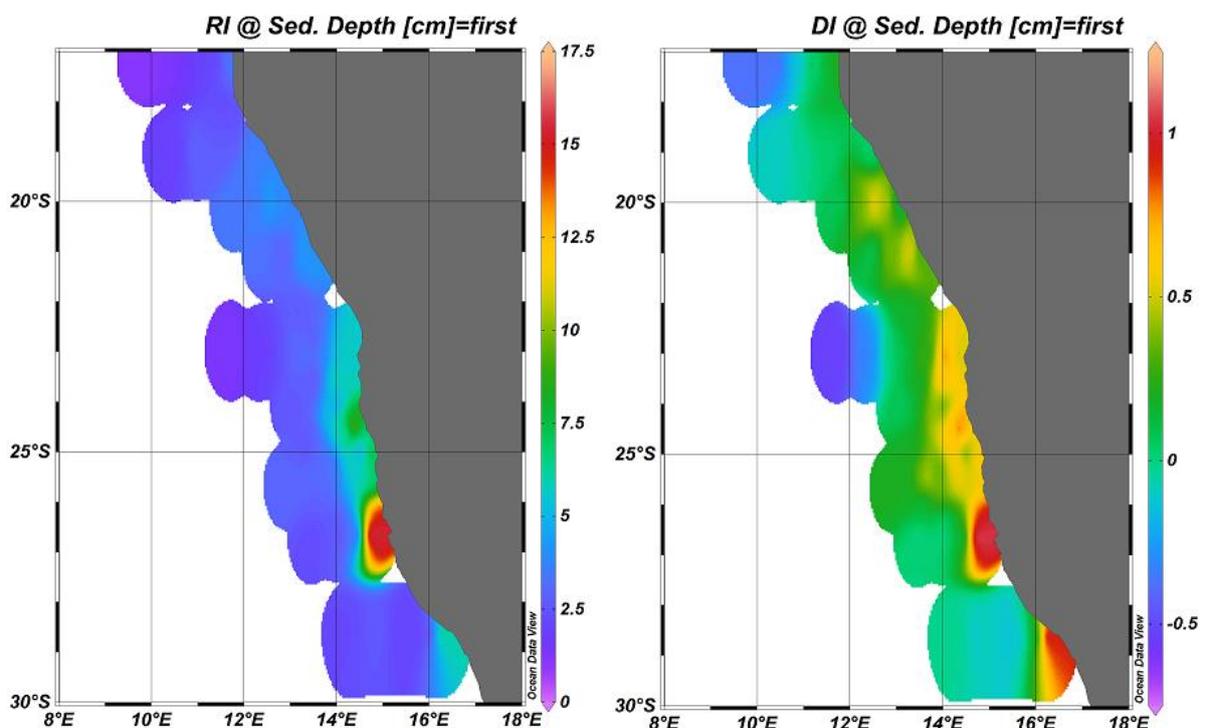
Die Abbildung 12 stellt den Aminosäurestickstoff am gesamten Stickstoff (total N=N<sub>tot</sub>) in Prozent [%] dar. Von 17°S bis 30°S beträgt der prozentuale Aminosäurestickstoff durchschnittlich 37,6%. Grundsätzlich zeigt sich, trotz einiger Ausnahmen, ein relativ homogenes Erscheinungsbild. Entlang der Küste liegt der Stickstoffanteil bei ca. 40-50%, zwischen 26°S-27°S ist der Stickstoffanteil jedoch mit bis zu 60% leicht erhöht. Die höchsten Werte liegen küstennah bei 23°S sowie südlich zwischen 28°S und 29°S bei ca. 70%. Hier befindet sich auch das Maximum, mit einem Stickstoffanteil von 88%. Auffällig ist, dass der geringste OC-Gehalt mit dem höchsten Stickstoffanteil einhergeht. In Richtung Norden und Süden sowie weiter fernab der Küste ist die Verteilung von Stickstoff homogen (zwischen 30% und 40%), wobei der Anteil im Süden minimal höher ist.



**Abbildung 12:** Stickstoffanteil der AA am Gesamtstickstoff in Prozent [%] zwischen 17°S und 30°S.

### 3.3 Reaktivitätsindex und Degradationsindex

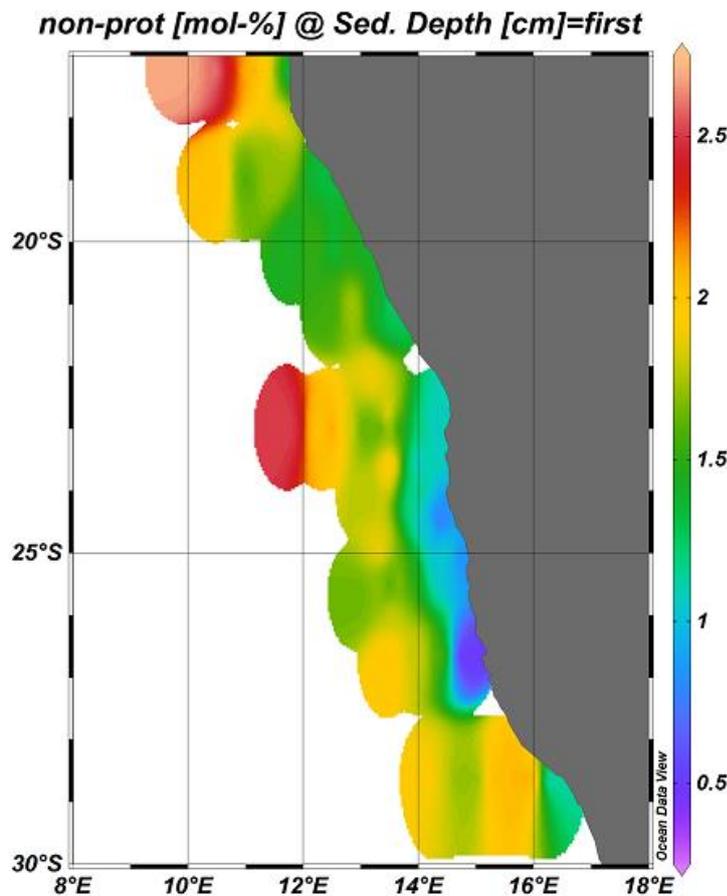
Im Bereich von 17°S-30°S liegt der RI Wert zwischen 1,2 und 16,2 (Abb. 13). Der Mittelwert beträgt 3,4 und die Verteilung ist bis auf einige Bereiche sehr homogen. Nahe der Küste, zwischen 22°S und 27°S, liegt der RI über dem Durchschnitt (ca. 5-16) und erhöht sich in südlicher Richtung, insbesondere ab 24°S, weiter bis auf 7.5-9. Zwischen 26°S – 27°S und 14°E – 15°E steigt der RI Wert Richtung *onshore* und erreicht maximal 16,2 im inneren Schelf. Weiter südlich, an den Koordinaten 29°S 17°E liegt der Wert erneut über dem Durchschnitt bei ca. 5. Die niedrigsten RI Werte (1-2) befinden sich im Norden bei 17°S und bei 22°S – 23°S und 11°E. Der DI-Wert liegt zwischen -0,6 und 1,1 (Abb. 13), durchschnittlich bei 0,2 – höhere Werte von 0,5-0,8 befinden sich *onshore* im inneren Schelf zwischen 22°S und 27°S sowie zwischen 19°S und 21,5°S. Die Verteilung des DI ähnelt der des RI, obwohl er eine weniger homogene Erscheinung hat. Ebenso wie beim RI werden die höchsten Werte von 1,1 im inneren Schelf zwischen 26°S und 27°S und der niedrigste Wert von -0,6 am unteren Hang zwischen 22°S und 23°S erreicht. Während der RI bei 29°S 17°E Werte knapp über dem Durchschnitt aufweist, befindet sich hier ein weiteres Maximum. Werte unter 0 befinden sich im Süden, sowie im Norden. Generell lässt sich sagen, dass der RI-sowie der DI-Wert in Richtung *onshore* steigt.



**Abbildung 13:** Reaktivitätsindex und Degradationsindex zwischen 17°S-30°S.

### 3.4 Nicht-proteinogene Aminosäuren

Die Abbildung 14 zeigt den Stoffmengenanteil der nicht-proteinogenen Aminosäuren in [mol-%]. Es fällt auf, dass sich die Verteilung bzw. der Stoffmengenanteil der nicht-proteinogenen Aminosäuren gegenläufig zu der Verteilung der Aminosäuren verhält. Hier sind die Anteile küstennah eher gering und erhöhen sich stetig in Richtung *offshore*. Die geringsten Anteile (0,5-1 mol-%) befinden sich direkt an der Küste bei 29°S und zwischen 22°S – 27°S. In diesem Abschnitt steigt der Anteil kontinuierlich ab dem äußeren Schelf weiter in Richtung *offshore* (1,5-2 mol-%) und schließt mit einem Maximum von 3,5 mol-% zwischen 22°S und 23°S am niederen Hang ab. Im nördlichen Bereich zwischen 17°S und 21°S sind die Anteile auch nahe der Küste höher, sie liegen bei ca. 1 mol-%. Zwischen 17°S-19°S erhöhen sich die Anteile Richtung *offshore* (2 mol-%) und weisen an den Koordinaten 17°S 10°E ihr Maximum von 2,6 mol-% auf. Im südlichen Bereich liegt der Anteil (neben dem kleinen Minimum) zwischen 28°S und 29°S bei ca. 2 mol-%.

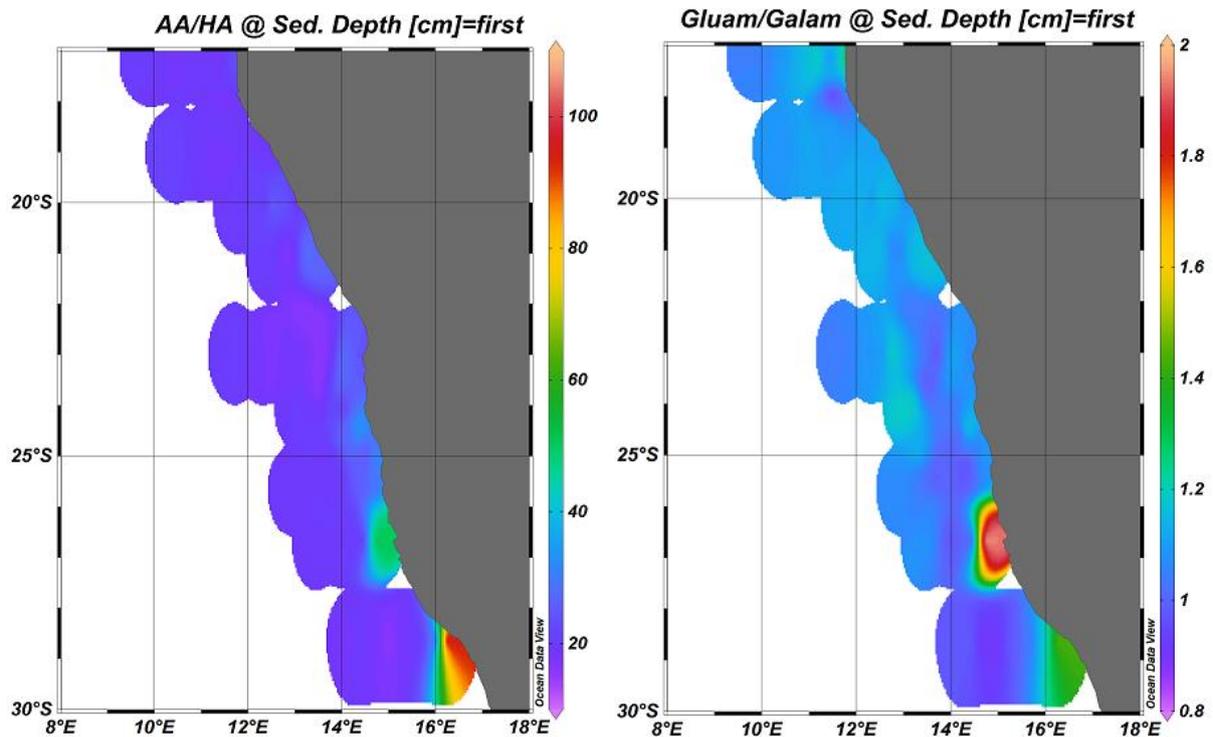


**Abbildung 14:** Stoffmengenanteil der nicht-proteinogenen Aminosäuren in [mol-%] zwischen 17°S-30°S.

## 4 Diskussion

### 4.1 Diagenese-Stadien

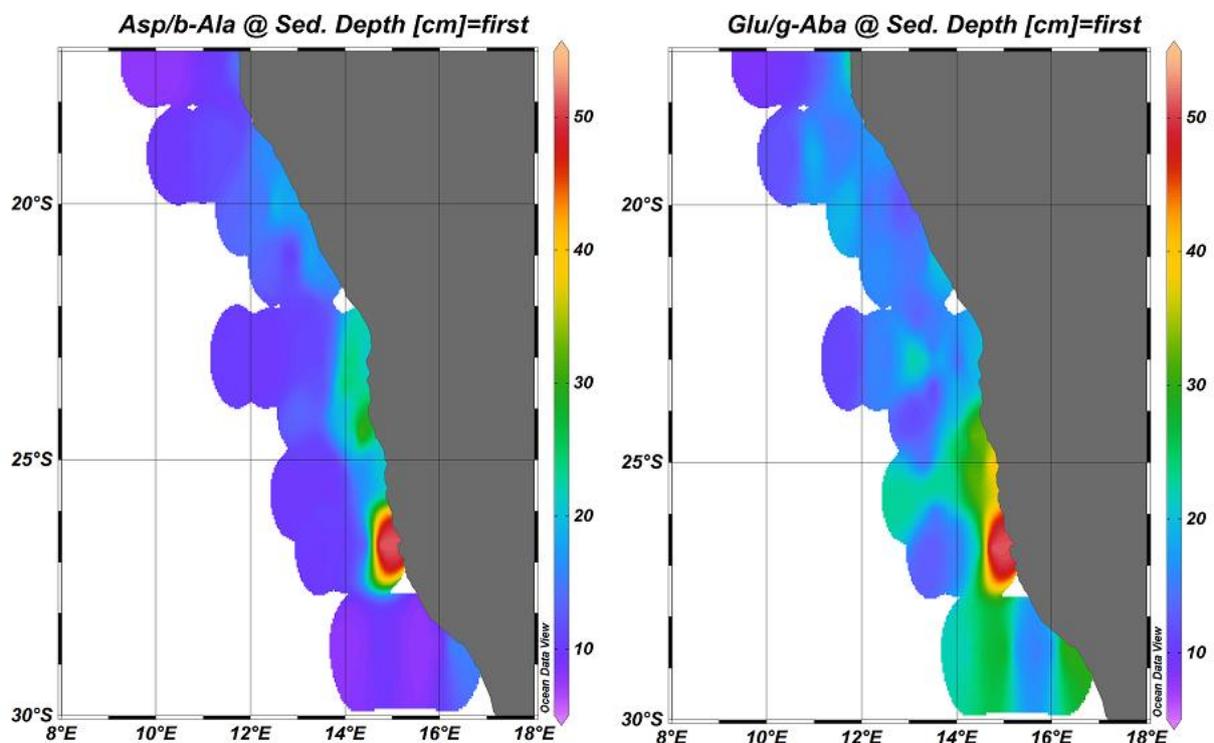
Aminosäuren sind im Wesentlichen höher konzentriert als Amino Zucker und sind damit auch der wichtigere Stickstoff- und Energielieferant. Allerdings stellen Amino Zucker eine essentielle Futterquelle für heterotrophe Organismen dar, da sie aufgrund ihres geringen Anteils an Stickstoff leichter verfügbar sind. (Dauwe und Middelburg, 1998) Durch ihren Beitrag am TOC- und N-Gehalt (Aminosäuren sowie Amino Zucker) können Degradationsstadien und Quellen von OM bewertet werden. Das Verhältnis der Aminosäuren zu den Amino Zuckern beträgt durchschnittlich 22,5 (Abb. 15); kommt es zu einem erhöhten Abbau der Amino Zucker kann das Verhältnis auch um die 40-50 liegen, wie es an der Lüderitz-Zelle der Fall ist. Das Verhältnis von AA/HA erreicht bei 29°S 17°E sein Maximum mit einem extrem hohen Wert über 100 - Werte über 80 sind ein Indiz für Phytoplankton (Dauwe und Middelburg, 1998). Allerdings besitzt nur eine Probe diesen hohen Wert, was für weitere Einflussfaktoren spricht, die nachfolgend diskutiert werden. Nach einer Studie von Benner und Kaiser (2003) kommen HA in allen marinen Phytoplankton, Zooplankton und Bakterien vor. Ab einem Grenzwert von etwa 4 von GLUAM/GALAM im Südatlantik lässt sich auf Chitin-haltiges Material von Zooplankton und marinem Phytoplankton schließen (Müller et al., 1986). Werte unter 1 sind eindeutig bakteriellen Ursprungs, während es sich bei Werten zwischen 1 und 4 um Mischwerte handelt. Letzteres trifft auf die Küste Namibias zu, da dort das Verhältnis von GLUAM und GALAM von 0,94 bis 2 reicht und durchschnittlich um 1,1 liegt (Abb. 15). Nach Liebezeit (1993) haben marine Sedimente ein niedriges GLUAM/GALAM Verhältnis von 1-2, was auf heterotrophe Mikroorganismen hinweist. Das niedrige Verhältnis deutet darauf hin, dass das OM stärker der bakteriellen Degradation unterliegt. Ein hohes GLUAM/GALAM Verhältnis zeigt an, dass der Anteil der Bakterien unter dem Eintrag von Zooplankton liegt und ist ein Indiz für die jüngste Primärproduktion (Benner und Kaiser, 2003). Obwohl das Verhältnis bei Lüderitz bei ungefähr 2 liegt, aber beim Auftrieb viel Chitin-haltiges Plankton erzeugt wird, kann sich das Verhältnis in Richtung Zooplankton verschieben, wodurch sich das GLUAM/GALAM Verhältnis erhöht.



**Abbildung 15:** Verhältnis von AA/HA und GLUAM/GALAM zwischen 17°S und 30°S.

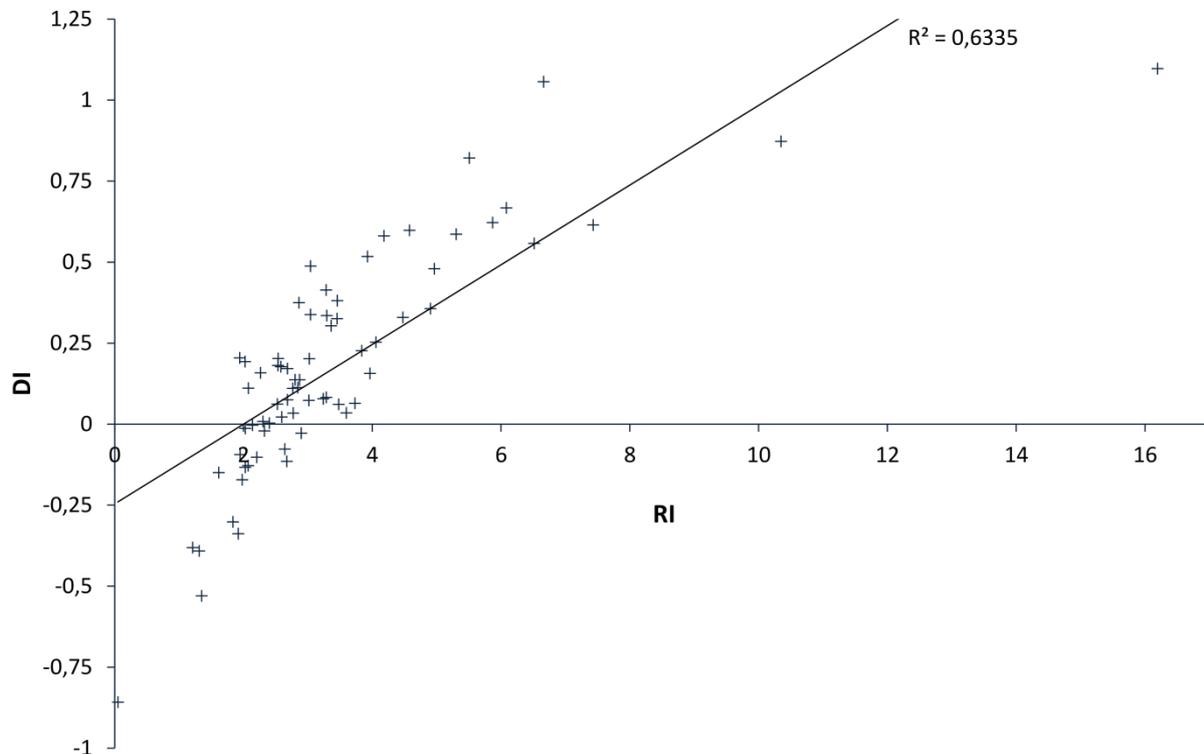
Zusätzliche Parameter für Qualifizierung von Diagenese-Stadien von OM bilden die nicht-proteinogenen Aminosäuren  $\beta$ -Alanin ( $\beta$ -ALA) und  $\gamma$ -Aminobuttersäure ( $\gamma$ -ABA) sowie der Anteil an  $N_{\text{tot}}$ , repräsentiert durch Aminosäuren (Cowie und Hedges, 1992). Der Stickstoffanteil der AA im namibischen Schelf liegt bei durchschnittlich 37,6 %, während der höchste Wert 88% erreicht. Im Laufe von Degradationsprozessen in marinen Sedimenten nimmt dieser Wert ab (Whelan, 1977); fallen sie unter 38%, geben sie ein Anzeichen für diagenetische Veränderungen (Cowie und Hedges, 1992). Lediglich bei Walvis Bay und bei Lüderitz liegen die Stickstoffanteile weit über dem Durchschnitt um 50-60%, bei Walvis Bay sogar noch etwas höher. Demnach hat das OM hier, aller Wahrscheinlichkeit nach, keine diagenetische Veränderung erfahren und muss sehr frisch sein. Nicht-proteinogene Aminosäuren sind generell weniger reaktiv als proteinogene Aminosäuren (Cowie und Hedges, 1992) und kommen nicht im frischen Material vor. Bei Lüderitz ist die Stoffmengenkonzentration der nicht-proteinogenen Aminosäuren eher gering – ein weiterer Hinweis für nicht abgebautes Material. In Richtung *offshore* steigt die Konzentration der nicht-proteinogenen Aminosäuren und hat den höchsten Wert bei 23°S. Darüber hinaus ist im Norden, bei Kunene (17°S), die Konzentration der nicht-proteinogenen Aminosäuren erhöht, was auf abgebautes Material hinweist und in den niedrigen RI- und DI-Werten bestätigt wird. Des Weiteren sind ansteigende

Werte Indikator für bakterielle Aktivität, wobei Werte über 10 mol % typisch für degradiertes (durch Bakterien) Material in Tiefsee-Sedimenten sind (*Wakeham et al., 1993*). Dies bezüglich, ist die Konzentration der nicht-proteinogenen Aminosäuren mit durchschnittlich 1,77 mol-% eher gering sowie auch die Konzentration im Maximum mit 2,5 mol-%. Nicht nur in Richtung Norden und Süden, sondern auch weiter offshore steigen die Konzentrationen der nicht-proteinogenen Aminosäuren, was dafürspricht, dass trotz mäßiger Degradation bereits ein Abbau des Materials eingesetzt hat. Das ASP/ $\beta$ -ALA und GLU/ $\gamma$ -ABA-Verhältnis reflektiert den Zerfallzustand und wird häufig genutzt, um Diagenese-Stadien des OM zu eruieren (*Lee und Cronin, 1982*). Das ASP/ $\beta$ -ALA und GLU/ $\gamma$ -ABA-Verhältnis entspricht dem Degradations-Stadium des OM basierend auf den nicht-proteinogenen Aminosäuren (Abb. 16). Das Verhältnis ist bei Lüderitz am höchsten (ca. 50) und bestätigt den geringen Abbau des OM. Weiter offshore bei Walvis Bay sind die Werte niedriger (ca. 10) und gibt auch dort Anzeichen für das Vorhandensein abgebauten Materials. Hohe ASP/ $\beta$ -ALA und GLU/ $\gamma$ -ABA-Verhältnisse weisen auf Bakterien, Phytoplankton und Zooplankton sowie auf suspendiertes Material hin (suspended matter, SPM). (*Dauwe und Middelburg, 1998*).



**Abbildung 16:** ASP/ $\beta$ -ALA und GLU/ $\gamma$ -ABA Verhältnisse zwischen 17°S-30°S.

Der Reaktivitäts- und Degradationsindex bestätigen diese Einschätzungen teilweise, da grundsätzlich gilt: je geringer der Abbau, desto höher die Indizes (RI ca. 0,2 bis 20; DI ca. -2 bis +2) (Jennerjahn und Ittekkot, 1997; Dauwe und Middelburg, 1998). Die relativ niedrigen Durchschnittswerte beider Indizes liegen bei 3,4 (RI) und 0,2 (DI), folglich handelt es sich um mäßig degradiertes OM. Anhand der Abbildung 17 ist zu erkennen, dass sich der RI bzw. DI ähnlich verhalten. Die höchsten RI-sowie DI-Werte liegen bei 26°S – 27°S (Lüderitz), da dort das OM am geringsten abgebaut ist. Der DI hat einen weiteren hohen Wert bei 29°S 17°E, allerdings handelt es sich hierbei um einen Einzelfall, weshalb kein frisches Material zu erwarten ist. Das Minimum der AA bei Walvis Bay (23°S) weist auch die geringsten RI- und DI-Werte auf, weshalb von einem intensiven Abbau an Aminosäuren auszugehen ist; dasselbe gilt für die Region bei Kunene (17°S). Von Lüderitz weiter nördlich bis Walvis Bay nehmen RI und DI grundsätzlich ab, erreichen aber in diesem Bereich insgesamt die höchsten Werte. Da RI und DI *onshore* die höchsten Werte zeigen und *offshore* die niedrigsten Werte, lässt sich erwarten, dass RI und DI mit zunehmender Tiefe geringere Werte aufweisen. Anhand der Abbildungen 18 und 19 lässt sich dieser Trend generell nachweisen.



**Abbildung 17:** Korrelation von DI und RI

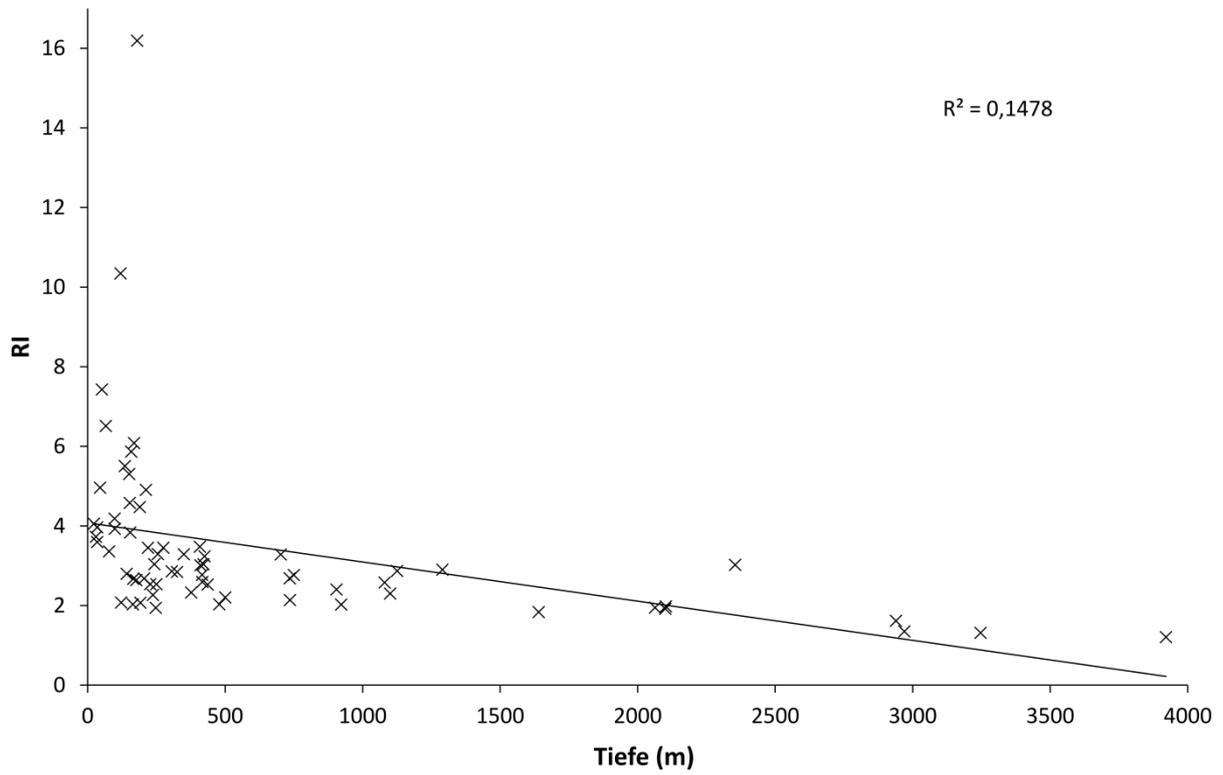


Abbildung 18: Korrelation von RI mit der Tiefe

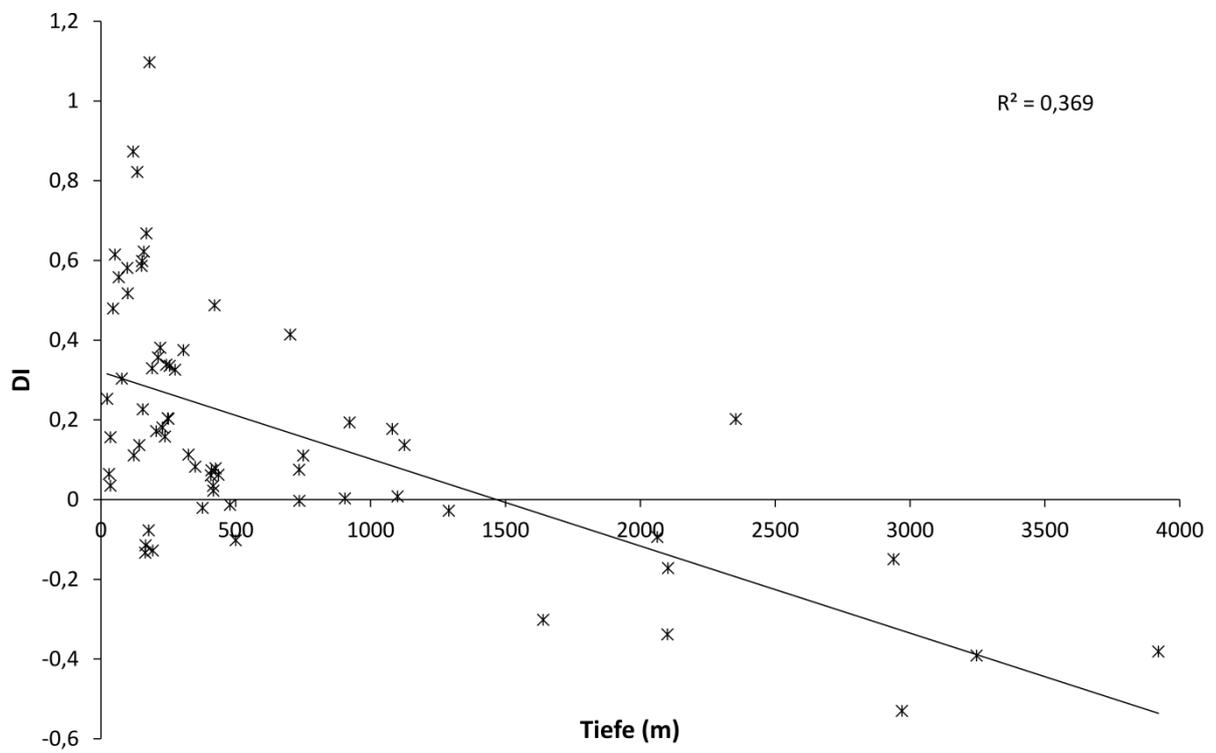


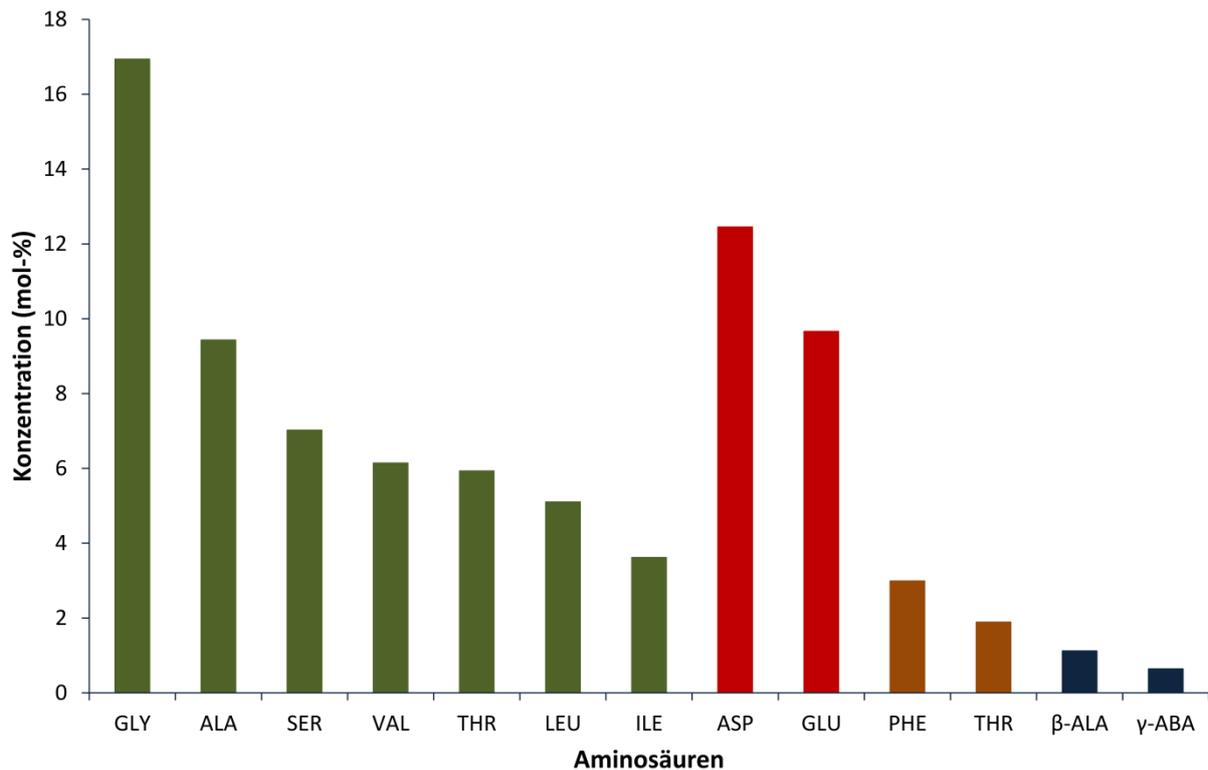
Abbildung 19: Korrelation von DI mit der Tiefe

Allgemein ist ein abnehmender Trend des RI und DI mit der Tiefe erkennbar, jedoch variiert der RI besonders im Flachwasser und der DI in großen Wassertiefen. Auffällig ist zudem das Vorkommen ausschließlich hoher-Werte (über 6) an den Koordinaten 23,5°S – 26,6°S 14°E, welche den Stationen 225, 229, 233, 264 und 2282 in einer Tiefe von 52 – 180 m entsprechen. Auch die Station 2291, die sich an den Koordinaten 25,6°S 13°E in einer Tiefe von 2354 m befindet und die Station 316, welche sich bei 17,3°S 10°E in einer Tiefe von 3921 m liegt, weisen vergleichsweise hohe RI-Werte auf. Zudem zeigt der DI Auffälligkeiten an den Stationen 298 (2063 m Tiefe), 308 (2103 m Tiefe), 309 (2939 m Tiefe) sowie Station 316, die sich alle im Bereich von 17°S – 19°S und 10°E – 11°E befinden, da dort dessen Werte höher sind. Ebenso die Stationen 2291 und 233, die bereits in ihrem RI erhöht sind, korrelieren nur bedingt mit der Tiefe. Ein möglicher Grund dafür könnte die homogene Verteilung der AA bei Kunene und Oranjemund sein. Auf den Verteilungskarten ist gut erkennbar, dass im Flachwasser sowie offshore der RI und DI wenig variiert, bzw. nur zwischen 22°S und 27°S. In Kombination mit den ASP/ $\beta$ -ALA und GLU/ $\gamma$ -ABA-Verhältnissen, spräche dies für suspendiertes Material in der Wassersäule. In einer Studie von *Gaye et al. (2013)* wurde im Arabischen Meer kein Trend von RI oder DI mit der Tiefe festgestellt, wodurch angenommen wurde, dass das SPM unter der Oberflächenschicht vollständig homogen ist. Studien über organische Komponenten, wie AA und Fettsäuren, nehmen an, dass OM in SPM weniger abgebaut wird als OM von sinkenden Partikeln (*Abramson et al., 2011; Lee et al., 1983; Rontani et al., 2011; Wakeham and Canuel, 1988; zitiert nach Gaye et al., 2013*). Allerdings ist dies ein Widerspruch, da Partikel, die länger in der Wassersäule verbleiben, stärker abgebaut werden (*Degens und Ittekkot, 1987; McCave, 1984*). Eine Erklärung dafür könnten verschiedene Abbaustadien im SPM und Oberflächensedimenten sein, die folglich regional zu unterschiedlichen RI- und DI-Werten führen. Laut *Haake et al. (1996)* hat SPM eine geringere Konzentration an nicht-proteinogenen AA, sowie einen höheren Anteil an AA-C% und AA-N% als sinkende Partikel und Sedimente, wodurch anzunehmen ist, dass OM in SPM weniger degradiert ist (*Gaye et al., 2013*). Unterstützt wird diese Annahme durch Sedimentfallenstudien, welche eine Beziehung von Partikelgrößen und Absinkgeschwindigkeit herstellen konnten; demnach sinkt organisches Material, das an großen Partikeln haftete, schneller zum Meeresboden ab als zuvor postuliert (*Wiebe et al., 1976; Bishop et al., 1977, 1978; Staresinic, 1978; Honjo und Roman, 1987; Spencer et al., 1978; Knauer et al., 1978; Rowe und Gardner, 1978; zitiert nach Lee und Cronin, 1982*) und somit weniger schnell abgebaut

wird als OM an kleineren Partikeln. Laut *Bremner und Willis (1993)* gilt der untere Kontinentalhang bei Kunene in ca. 2100 m Tiefe als Ablagerungsraum für Diatomeenschlämme, neutrale-sowie die sauren AA sind hier verhältnismäßig hoch konzentriert. Aminosäuren, die in siliziklastischen- und karbonatischen Zellwänden vorkommen, sind resistenter gegen mikrobiellen Abbau und reichern sich bei der Degradation von OM an (*Lomstein et al., 2006*). Allerdings ist zweifelhaft, ob OM bei einem so langen Transport nicht vollständig abgebaut wird, da auch die Sauerstoffwerte hier sehr hoch sind, was den rapideren Abbau unterstützt. Möglicherweise ist an dieser Lokation, bedingt durch den steilen Schelfhang, „frisches Material“ im Zuge von Turbeditströmen oder durch andere starke Strömungsverhältnisse eingetragen.

## 4.2 Verteilung und Schelfgeometrie

Der Großteil der im namibischen Schelf vorkommenden Aminosäuren bilden mit 49 mol-% GLY, ASP, GLU und ALA, gefolgt von SER, VAL, THR und LEU (Abb. 20). Die geringsten Konzentrationen weisen die schwefelhaltigen Aminosäuren MET, MSO und TAU sowie die nicht-proteinogenen Aminosäure B-ALA  $\gamma$ -ABA auf. Nach (*Bremner und Willis, 1993*) werden *onshore* Bereiche von Diatomeen und *offshore* Bereiche von kalzitischen Komponenten geprägt. Die Verfügbarkeit von Silizium ist in den Auftriebszellen an der Küste gegenüber der übrigen Region am höchsten und fördert das silikatische Planktonwachstum. Die neutralen Aminosäuren GLY, THR und SER kommen in silikatischen Zellwänden und Diatomeen vor (*Hecky et al., 1973*) und werden während des Sinkprozesses bevorzugt in Diatomeen angereichert (*Lee und Cronin, 1984*). Die Konzentration der neutralen AA bestätigt dies mit hohen Konzentrationen im Schelfbereich von durchschnittlich 54,2 mol%. Hervorzuheben ist hierbei die Aminosäure Glycin, die mit durchschnittlich 16,94 mol% im namibischen Schelf am höchsten konzentriert ist. Im Gegensatz zu den Silikatschalern werden kalzitische Komponenten generell durch die sauren Aminosäuren Asparginsäure und Glutaminsäure (ASP bis zu 25 mol-%) charakterisiert (*Dauwe und Middelburg, 1998*). Ihre Gesamtkonzentration erreicht im Untersuchungsgebiet im Mittel 24,59%, wobei die Konzentration *offshore* bei 23° sein Maximum hat. Das Verhältnis wird jedoch *onshore* sowie *offshore* von Diatomeen dominiert, welches sich an den ASP/GLY Verhältnis erkennen lässt. Das ASP/GLY Verhältnis liegt grundsätzlich unter 1, welches nach *King (1977)* ein Indikator für Silikatschaler ist.

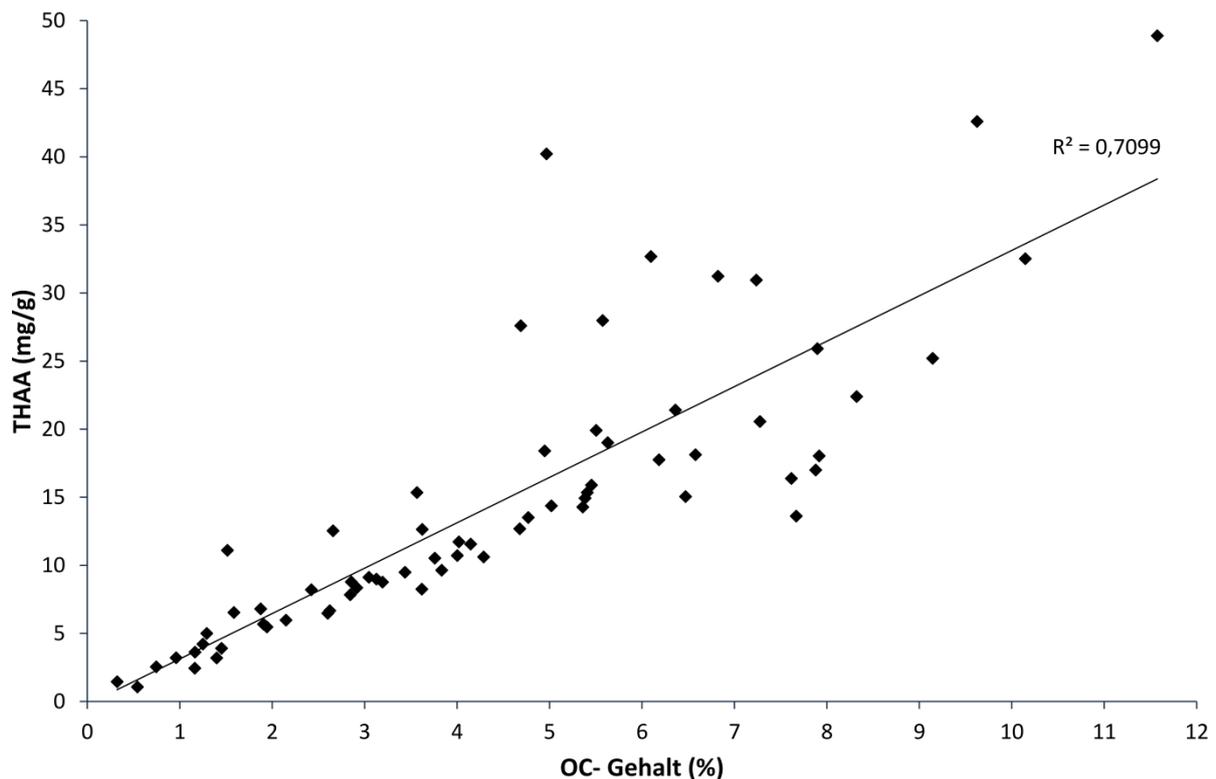


**Abbildung 20:** Darstellung der durchschnittlichen Stoffmengenkonzentration einiger Aminosäuren in [mol-%]

Aminosäuren sind wichtige Bestandteile im OM von marinen Organismen und machen einen großen Anteil im organischen Kohlenstoff aus. Die Schelfmorphologie vor Namibia ist sehr variabel, was sich in der Aminosäureverteilung widerspiegelt. Nicht nur *on-* und *offshore-* Fazies, sondern auch innerhalb der einzelnen Zellen sind sie in ihrer Verteilung höchst variabel. Laut *Inthorn et al. (2006a)* befindet sich zwischen 20,6°S – 25,5°S ein *Mudbelt* mit den höchsten OC-Gehalten sowie zwischen 24° - 26,5°S *offshore* ein Depocenter von OC. Beide Umstände lassen sich anhand des OC-Gehalts, bzw. der Aminosäuren bestätigen. Letztere weisen ihre höchsten Konzentrationen zwischen 19°S- 26°S sowie *offshore* bei Lüderitz auf. Der Schelf bei Lüderitz zeigt die höchste Konzentration der AA in einer Tiefe von 159 m auf. Aufgrund der hohen Primärproduktion im Flachwasser kommen OC-Senken besonders im inneren Schelf vor, welches sich durch geringe C/N-Werte und guter Erhaltung von labilem OM auszeichnet (*Inthorn et al., 2006a*). Das C/N-Verhältnis liegt zwischen Lüderitz und Walvis Bay im inneren Schelf bei ca. 6 und repräsentiert den Eintrag von frischem Material, welches im marinen Milieu zwischen 4 und 8 liegt (*Emerson und Hedges, 1988*). Der Schelf bei Walvis Bay ist ähnlich dem bei Lüderitz, wobei der OC-Gehalt sowie die Konzentration der AA kontinuierlich in Richtung *offshore* sinken und die AA ihre Minimalkonzentration erreichen.

Bei Lüderitz nimmt die Konzentration der AA am äußeren Schelf ab und steigt dann weiter *offshore* erneut an. Hierbei handelt es sich um das sogenannte Depotcenter. Das C/N-Verhältnis ist dort sowie bei Walvis Bay *offshore* höher ( $\geq 8$ ), das Material demnach älter und an Stickstoff abgereichert, was an den relativ niedrigen Stickstoffanteilen zu erkennen ist. Die unterschiedlichen C/N-Verhältnisse lassen sich durch die Sedimentationsprozesse erklären. Der laterale und vertikale Transport beeinflusst die Akkumulierung von OC und Sedimentationsrate. Am oberen Schelfhang wird älteres Material durch den lateralen Transport in den *nepheloid layers* eingetragen, welches zu einer hohen Sedimentationsrate, hohen C/N-Werten und einem erhöhten Anteil an OC in dem Depotcenter führt. Im äußeren Schelf und am unteren Hang übersteigt der vertikale den lateralen Transport und die Sedimentationsrate bzw. Eintrag von „frischen“ OM ist gering. Die zusätzliche geringere Konzentration der AA im äußeren Schelf und offshore bei Walvis Bay bestätigt die Annahme, dass durch den Transport das OM und somit die Aminosäuren abgebaut werden. Am nördlichen und südlichen Rand des Untersuchungsgebiets befinden sich auf Grund der geringen Primärproduktion die geringsten AA-Konzentrationen und OC-Gehalte. Der Kunene Schelf bei 17°S ist im Gegensatz zu Walvis Bay (23°S) und Lüderitz (26°S) eng und flach und besitzt eine steile Schelfkante (*Bremner und Willis, 1993*). Diese Schelfregion wird von terrigenem Material dominiert (*Bremner und Willis, 1993*), da der Mündungsbereich des Kunene Flusses Sedimentfracht einspült. Bedingt durch die Schelfgeometrie sowie der Strömung der Angola-Benguela Front wird daher wenig OC angereichert. Der Schelfbereich im Süden bei Oranjemund (29°S) ist flach und weit und wie der Kunene Schelf von terrigenem (besonders von quarzhaltigem) Material geprägt (*Bremner und Willis, 1993*). Der OC-Gehalt und die Aminosäurekonzentration liegen hier minimal niedriger als im Norden. Ein weiteres Minimum liegt bei 29°S 17°E vor, welches gleichzeitig das Maximum der Stickstoffanteile der AA darstellt. Die Stickstoffanteile im Material sind dort sehr hoch, wo sich frisches Material befindet und-/oder der Gesamtstickstoff sehr niedrig ist. Das C/N-Verhältnis liegt hier bei 4, weshalb ein als Quelle für den OM-Eintrag der Oranje Fluss nur bedingt in Frage kommt. Allerdings steht der geringe OC-Gehalt im Widerspruch mit dem hohen Stickstoffgehalt. Außerdem haben die nicht-proteinogenen AA in diesem Bereich erhöhte Werte, was auf abgebautes Material schließen lässt. Da nur eine Probe diesen hohen Stickstoffwert anzeigt und zudem hohe RI- und DI-Werte, gilt eine Verunreinigung des Materials als wahrscheinlicher. Des Weiteren wird dieses Gebiet, wie im Norden, von abgebautem OM bzw.

geringer Primärproduktion und nur geringem Eintrag von frischem Material dominiert ist. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Verteilung der AA bei Kunene und Oranjemund sehr homogen ist. Ein Trend wie bei Walvis Bay oder Lüderitz lässt sich nicht erkennen, weshalb der laterale und vertikale Transport von OM sich nicht auf diese Regionen anwenden lässt. Da Aminosäuren einen Großteil im OC ausmachen, ist die Verteilung der AA an die des OC gekoppelt, was anhand von Abb. 21 eindeutig erkennbar ist.

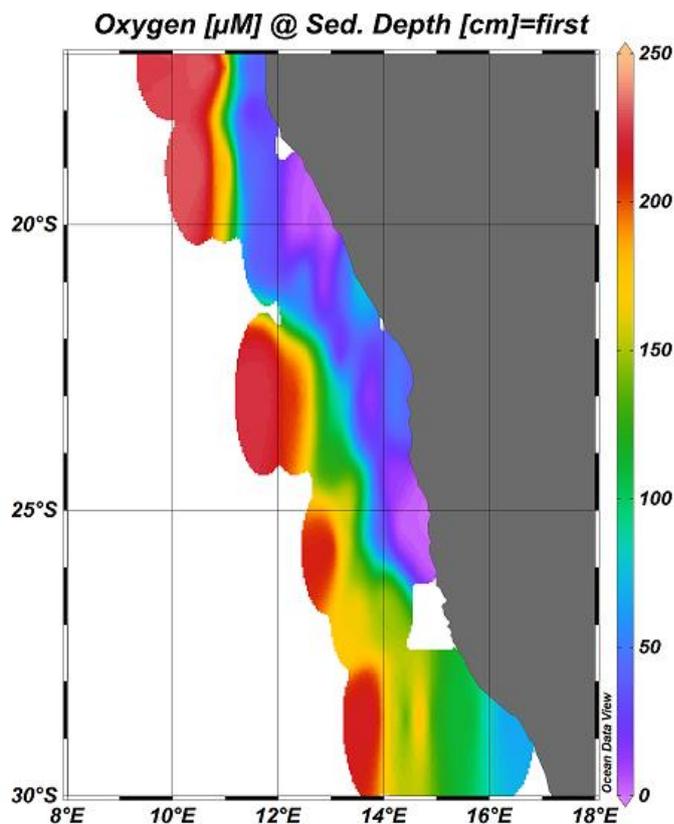


**Abbildung 21:** Korrelation von Aminosäuren und organischem Kohlenstoff

Auffällig bei der Korrelation ist, dass je höher die OC Werte, desto eher treten Abweichungen auf. Zudem handelt es sich bei den „Ausreißern“ erneut um Werte des Flachwassers, die in einer Tiefe von 52-169 m zwischen  $13,3^{\circ}\text{S} - 14,3^{\circ}\text{S}$  und  $20^{\circ}\text{S} - 25,2^{\circ}\text{S}$  vorkommen. Würden diese Werte nicht mitberücksichtigt, käme Korrelationswert von 0,86 zustande. Der Grund in dem ambivalenten Verhalten der AA im Flachwasser könnte in der geringeren Abbaurate in diesem Bereich liegen. Möglichweise beeinflussen auch weitere Quellen für AA ihr Vorkommen oder komplexere Wechselbeziehungen von Sedimentation, Abbau und Zusammensetzung der Primärproduktion treten in Kraft.

### 4.3 Verteilung und Sauerstoff

Der Sauerstoffgehalt im namibischen Schelf reicht von 0-283  $\mu\text{M}$  (Abb. 22). Die niedrigsten Werte befinden sich *onshore* von 17°S – 26°S, die höchsten *offshore*. Die OMZs liegen bei Terrace Bay (20°S), Walvis Bay (23°) und Lüderitz (26°S). Zunächst fällt auf, dass sich der Sauerstoffgehalt Richtung *offshore* kontinuierlich erhöht und die Aminosäuren in den OMZs ihre maximalen Konzentrationen erreichen. Bei Kunene und Walvis Bay in Richtung *offshore*, wo die AA ihre geringsten Konzentrationen aufweisen, ist ein erhöhter  $\text{O}_2$  Wert festzustellen.



**Abbildung 22:** Sauerstoffkonzentration in  $\mu\text{M}$  von 17°S-30°S.

Eine direkte Beziehung von Sauerstoff zu Aminosäuren lässt sich jedoch nur teilweise feststellen (Abb. 23). Obwohl ein genereller abnehmender Trend der AA-Konzentration mit steigendem Sauerstoffgehalt zu erkennen ist, müssen weitere Faktoren ihre Abhängigkeit beeinflussen. Nach Lee *et al.* (2004) wurde in den Sauerstoffminimumzonen im Küstenbereich von Mexiko erhöhte Werte der nicht-proteinogenen Aminosäure Ornithin, die beim Abbau der basischen Aminosäure Arginin entsteht, mit zunehmender Tiefe der OMZ beobachtet. Dieses lässt sich auf den namibischen Schelf nicht anwenden (Abb. 24) und deutet darauf hin, dass hier kein Zusammenhang zwischen der OMZ und den AA besteht. Auch in Abhängigkeit zur Temperatur lässt sich keine Korrelation erkennen.

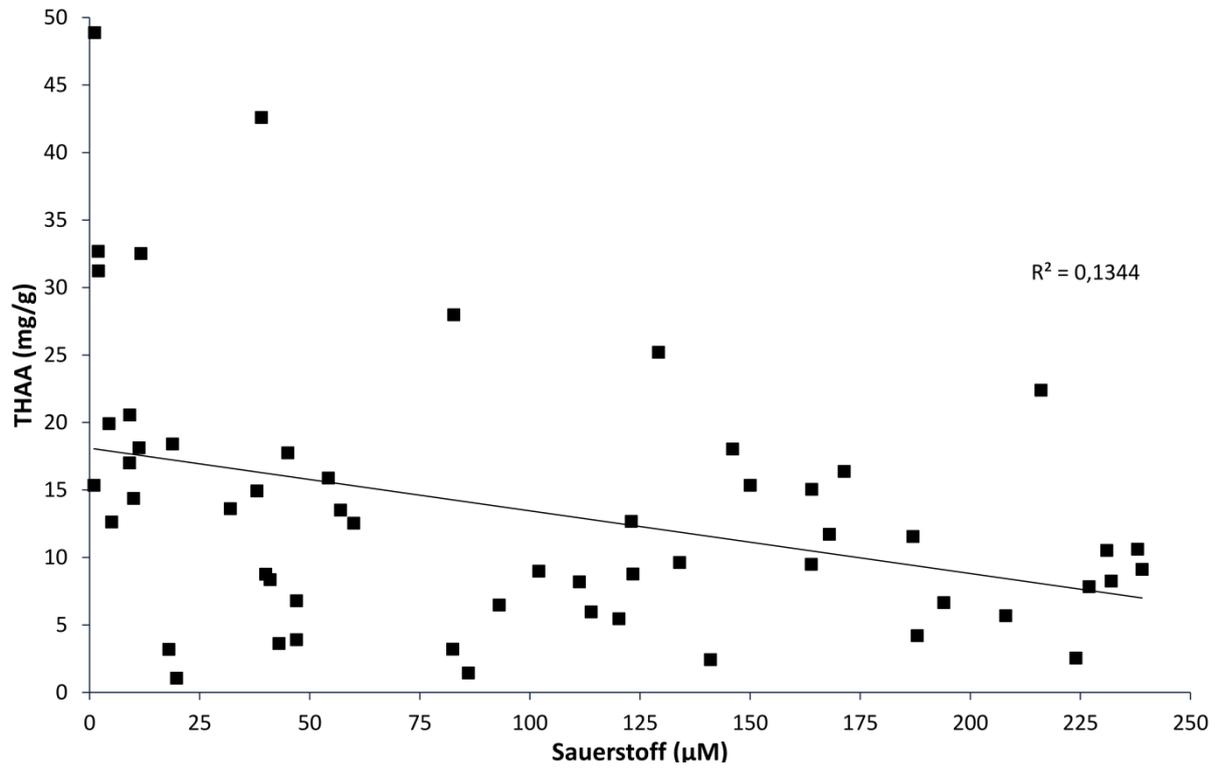


Abbildung 23: Korrelation der THAA und Sauerstoff

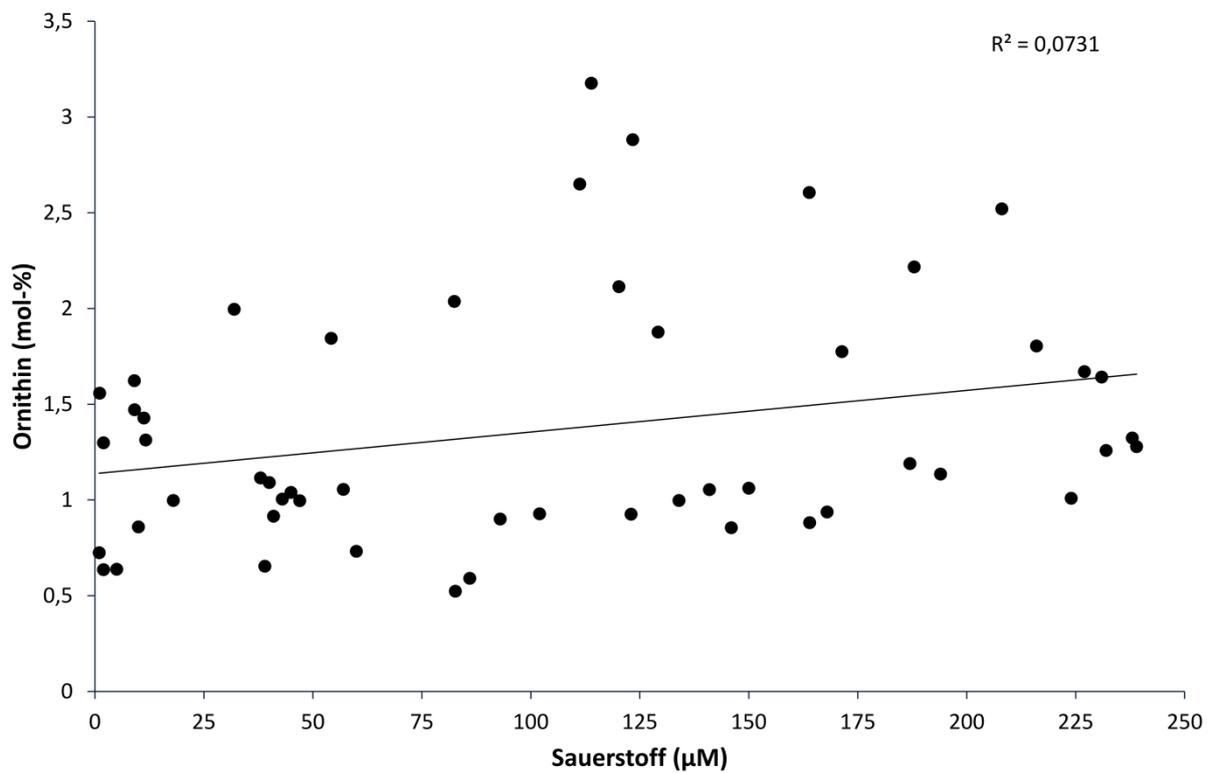
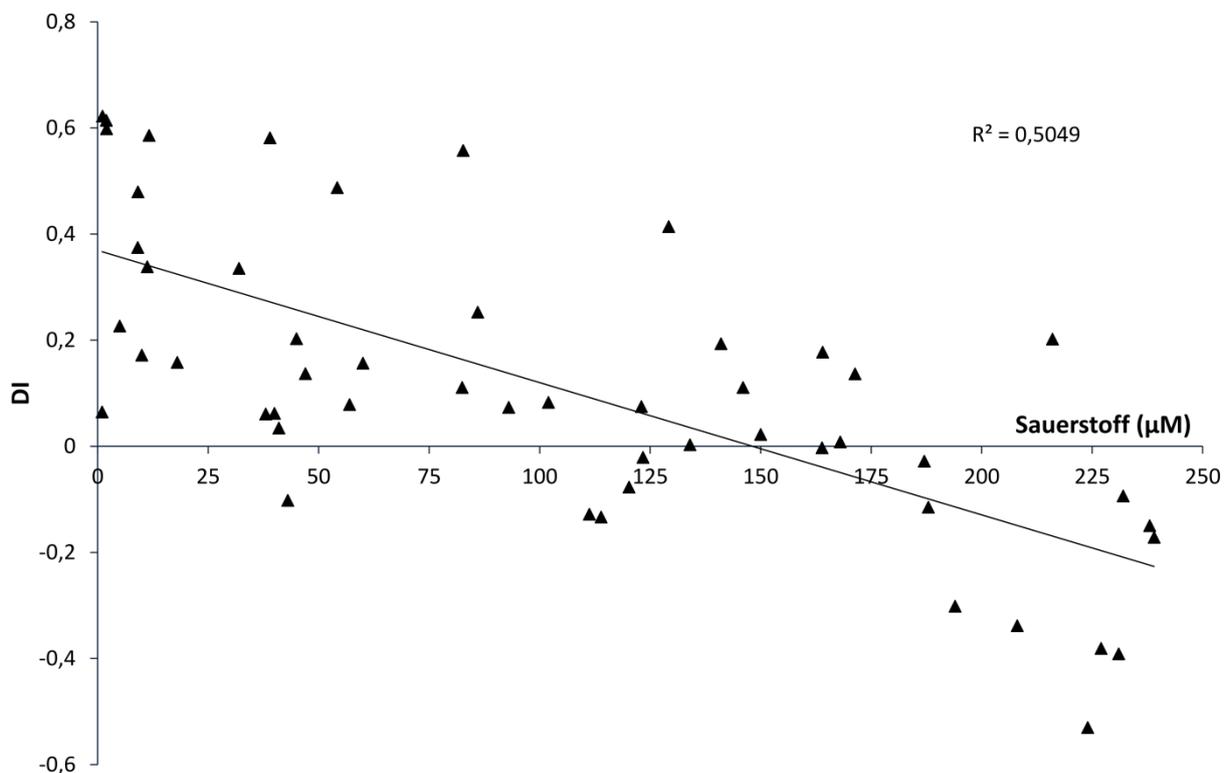


Abbildung 24: Korrelation von Ornithin und Sauerstoff

Die Bildung von OMZs beschränkt sich nicht nur durch eine hohe Primärproduktion, sondern insbesondere durch die Strömungen des ESACW sowie des SACW. Dort wo die Primärproduktion am höchsten ist, wird am meisten Sauerstoff beim Abbau des OM gezehrt; die Folge ist eine Reduktion der Sauerstoffkonzentration. Die hohe Konzentration der AA in diesen Bereichen sowie der hohe OC-Gehalt bestätigen die hohe Primärproduktion. *Mohrholz et al. (2008)* berichtet von einer Saisonalität in der Intensität des ESACW und SACW. Demnach ist die O<sub>2</sub> Konzentration im Winter hypoxisch, während sie im Juni und Juli ihr Minimum erreicht. Da die Proben im Zeitraum zwischen Dezember und Februar genommen wurden, fallen sie im letzten Zeitabschnitt (Februar) in einen Bereich in dem der Auftrieb abgeschwächt ist und folglich die Produktion niedriger ist (*Shannon und Nelson, 1996*). Im Gegensatz dazu erreicht sie über das Jahr zwei Maxima, eines zwischen Mai und Juni und eines zwischen Oktober und November (*Wefer und Fischer, 1993*). Demzufolge ist sie nicht vorwiegend an die Primärproduktion, sondern vielmehr an die Strömungen im BUS gebunden. Bei Lüderitz, nahe der Küste, befinden sich die höchsten AA-Konzentrationen, OC-Gehalte und RI- und DI-Werte. Organische Komponenten bauen sich im O<sub>2</sub>-armen Milieu weniger ab, was durch den DI bestätigt wird. Aus diesem Grund lassen sich niedrigere Werte in sauerstoffreichen Milieus finden (Abb. 25).



**Abbildung 25:** Korrelation von DI und Sauerstoff

In der Kern-OMZ bei Lüderitz sind die sich im Zellplasma vorkommenden Aminosäuren, wie TYR und PHE, höher konzentriert als in anderen Regionen und sind während des Abbaus eher labil (Hecky *et al.*, 1973). Weiter *offshore*, am oberen Hang, befinden sich erhöhte AA-Konzentrationen und hohe O<sub>2</sub> Werte, was eine Folge der nicht-stattfindenden Primärproduktion ist. Stattdessen wird das OM hier durch Sedimentationsprozesse eingetragen und dementsprechend auch kein Sauerstoff verbraucht. Des Weiteren weisen tiefere Wasserschichten generell einen höheren Sauerstoffgehalt auf. Bei Walvis Bay ist die OMZ weniger stark ausgeprägt als bei Lüderitz und Terrace Bay. In Folge der geringeren Primärproduktion ist der OC-Gehalt hier minimal niedriger. Die Konzentration der AA hat hier jedoch ein weiteres Maximum, die aromatischen AA sowie die neutralen AA sind hier wie bei Lüderitz relativ hoch konzentriert. Dieser Bereich wird demzufolge vom silikatischen Planktonwachstum dominiert, was im hohen Anteil an Aminosäurestickstoff von 75% widerspiegelt wird. Obwohl sich die hohen Werte von GLY und SER entlang der ganzen Küste ziehen, gibt der leicht erhöhte Anteil der sauren AA bei Lüderitz Annahme für das Vorkommen von kalzifizierendem Plankton wie Coccolithophoriden und planktonischen Foraminiferen. Weiter *offshore* in den sauerstoffreicheren Regionen erhöhen sich die Werte von ASP und GLU. Bei Terrace Bay (20°S) ist der OC-Gehalt wieder höher und die OMZ mehr ausgeprägt als bei Walvis Bay, ein Maximum der AA-Konzentration befindet sich bei 21°S. Während GLY und SER bzw. β-ALA und γ-ABA, wie bei Walvis Bay, erhöhte Konzentrationen aufweisen, ist die von TYR und PHE niedriger. Im Süden bei Oranjemund (29°) ziehen sich moderate O<sub>2</sub>-Gehalte auch entlang der Küste; in Beziehung mit den geringen OC- Werten geben sie daher ein Indiz für die geringste Primärproduktion sowie niedrigste Konzentrationen der AA.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Auftriebsgebiet vor Namibia rangiert die Verteilung der Aminosäuren von 1,06 mg/g bis 48,8 mg/g und ist von mehreren Faktoren abhängig. Moderate Konzentration befinden sich im inneren Schelf zwischen 20°S – 26°S, wobei bei Terrace Bay, Walvis Bay und Lüderitz höhere Werte aufzufinden sind. Die Aminosäurekonzentration erreicht bei 26°S im inneren Schelf ihre höchste Konzentration, ihre Minima liegen *offshore* bei Walvis Bay und Kunene. Aufgrund ihres großen Anteils an der Komponentenfraktion in organischer Substanz, ist die Verteilung der Aminosäuren in erste Linie an Senken und Ablagerungsräume von organischem Kohlenstoff sowie an dessen Produktion und Remineralisierungsprozessen gebunden. Insbesondere im inneren Schelf sorgt der Auftrieb für hohe Nährstoffgehalte, die dort zu einer intensiven Primärproduktion und folglich zu erhöhten Aminosäurekonzentration führen. Darüber hinaus spielen auch weitere Faktoren für die Verteilung, wie Sauerstoffgehalt, Tiefe, Strömungen und Sedimentationsprozesse eine wichtige Rolle. Hohe C/N-Werte sowie RI- und DI-Werte im inneren Schelf lassen auf frisches Material schließen. Grundsätzlich wird der Küstenbereich von Diatomeen dominiert, während küstenfern häufiger Kalzitschaler auftreten. Sowohl für Diatomeen als auch für Kalzitschaler sind die Aminosäuren GLY, ASP, GLU und ALA, aufgrund ihrer hohen Konzentration, besonders signifikant. Des Weiteren hat auch die Schelfmorphologie einen großen Einfluss auf die Verteilung der Aminosäuresequenzen. Während bei Lüderitz und Walvis Bay durch die Morphologie der Küstenregion mehr OC angereichert wird und die Aminosäuren heterogen verteilt sind, sind sie im Norden bei Kunene und im Süden Oranjemund zudem durch die geringe Primärproduktion sehr homogen geprägt. Grundsätzlich sinkt die Aminosäureverteilung bei Walvis Bay und bei Lüderitz küstenfern, aber weist auch ein lokales Maximum am Depotcenter um 26°S auf. Insgesamt lassen erhöhte C/N-Verhältnisse auf älteres Material schließen. Der vertikale Transport der besonders am unteren Schelfhang dominiert führt zu wenig Eintrag von Aminosäuren, da sie während des langen Transport in der Wassersäule fast vollständig abgebaut werden, wohingegen der laterale Transport zu Senken von organischem Kohlenstoff und somit Aminosäuren führt. Trotz eines horizontalen Trends mit der Tiefe des Reaktivitäts- und Degradationsindex, sind die Werte relativ homogen, was auf die homogene Verteilung suspendierender Materials unterhalb der Oberflächenschicht zurückzuführen ist. Anhand der ASP/ $\beta$ -ALA und GLU/ $\gamma$ -ABA Verhältnisse, sowie der Konzentration der nicht-proteinogenen Aminosäuren, lässt sich erkennen, dass das organische Material stärker der mikrobiellen

Degradation unterlegen ist. Küstenfern ist der Abbau von Aminosäuren am stärksten und bei der stärksten Auftriebszelle bei Lüderitz am niedrigsten. Die Aminosäurekonzentration ist in den OMZs am höchsten, doch in erster Linie werden die OMZs von Strömungen beeinflusst. Jedoch zeigt der DI, dass organisches Material in sauerstoffarmen Milieus weniger abgebaut wird. Abschließend lässt sich sagen, dass durch die untersuchten Parameter das gesamte organische Material vor Namibia einer nur mäßigen Degradation unterliegt. Aufgrund teilweiser ambivalenter Trends bzw. Beziehungen, insbesondere im Bereich des Schelfbereichs bezüglich des RI und DI, scheint eine intensivere Untersuchung unter Verwendung zusätzlicher Proxies und Biomarker und (lokal) die Verwendung anderer Beprobungsmethoden sinnvoll, um vor allem auch die Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungsgebieten zu erhöhen.

## Literaturverzeichnis

- ALLDREDGE, A. UND SILVER, M. (1988): Characteristics, dynamics and significance of marine snow. *Progress in Oceanography* 20(1), 41–82.
- BARLOW, R.G., AIKEN, J., SESSIONS H.E., LAVENDER, S. UND MANTEL, J. (2001): Phytoplankton pigment, absorption and ocean colour characteristics in the southern Benguela ecosystem. *South African Journal of Science* 97, 230–238.
- BENNER, R. UND KAISER, K. (2003): Abundance of amino sugars and peptidoglycan in marine particulate and dissolved organic matter. *Limnology and Oceanography* 48(1), 118–128.
- BREMNER, J.M. UND WILLIS, J.P. (1993): Mineralogy and chemistry of the clay fraction of sediments from the Namibian continental margin and the adjacent hinterland. *Marine Geology* 115, 85–116.
- BOYD, A.J. UND SHILLINGTON, F.A. (1994): Physical forcing and circulation patterns on the Agulhas Bank. *South African Journal of Science* 90, 114–122.
- BOYER, D., COLE, J. UND BARTHOLOME, C. (2000): Southwestern Africa: Northern Benguela Current region. *Marine Pollution Bulletin* 41, 123–140.
- CARR, M.-E. (2001): Estimation of potential productivity in Eastern Boundary Currents using remote sensing. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 49, 59–80.
- CHAPMAN, P. UND SHANNON, L.V. (1987): Seasonality in the oxygen minimum layers at the extremities of the Benguela system, *South African Journal of Marine Science*, 5(1), 85–94.
- CHAVEZ, F. UND MESSIE, M. (2009): A comparison of Eastern Boundary Upwelling Ecosystems. *Progress in Oceanography* 83, 80–96.
- COWIE, G.L. UND HEDGES, J.I. (1992): Sources and reactivities of amino acids in a coastal marine environment. *Limnology and Oceanography* 37(4), 703–724.
- DAUWE, B. UND MIDDELBURG, J. (1998): Amino acids and hexosamines as indicators of organic matter degradation state in North Sea sediments. *Limnology and Oceanography* 43(5), 782–798.
- DEGENS, E. T. UND ITTEKOT, V. (1987): The carbon cycle – tracking the path of organic particles from sea to sediment, *Marine petroleum source rocks*, edited by: Brooks, J. M. und Fleet, A. J., Geological Society Special Publication, 122–135.
- DEMARCO, H., BARLOW, R.G. UND SCHILLINGTON, F.A. (2003): Climatology and variability of sea surface temperature and surface chlorophyll in the Benguela and Agulhas Ecosystems as observed by satellite imagery. *South African Journal of Science* 25, 363–372.
- EMEIS, K.-C., STRUCK, U., LEIPE, T. UND FERDELMAN, T.G. (2007): Variability in upwelling intensity and nutrient regime in the coastal upwelling system offshore Namibia: Results from sediment archives. *International Journal of Earth Science* 98, 309–326.
- EMERSON, S.E. UND HEDGES, J.I. (1988): Processes controlling the organic carbon content of open ocean sediments. *Paleoceanography* 3, 621–634.
- GAYE, B., NAGEL, B., DÄHNKE, K., RIXEN, T., LAHAJNAR, N. UND EMEIS, K.-C. (2013): Amino acid composition and  $\delta^{15}\text{N}$  of suspended matter in the Arabian Sea: Implications for organic matter sources and degradation, *Biogeosciences* 10, 7689–7702.
- GRUTTERS, M., VAN RAAPSHORST, W. UND HELDER, W. (2000): Total hydrolysable amino acid mineralisation in sediments across the northeastern Atlantic continental slope (Goban Spur). *Deep Sea Research Part I* 48, 811–832.

- HAAKE, B., RIXEN, T., REEMTSMA, T., RAMASWAMY, V., UND ITTEKOT, V. (1996): Processes determining seasonality and interannual variability of settling particle fluxes to the deep Arabian Sea, *Particle Flux in the Ocean*, edited by: Ittekkot, V., Schäfer, P., Honjo, S. und Depetris P. J., John Wiley & Sons Ltd., 251–270.
- HALL, I. R. UND I. N. MCCAVE (1998): Glacial-interglacial variation in organic carbon burial on the slope of the N. W. European Continental Margin. *Progress in Oceanography* 42, 37–60.
- HECKY, R. E., MOPPER, K., KILHAM, P., UND DEGENS, E. T. (1973): The amino acid and sugar composition of diatom cell-walls. *Marine Biology* 19, 323–331.
- Henriques, R., Potts, W.M., Santos, C.V., Sauer, W.H.H. und Shaw, P.W. (2014): Population Connectivity and Phylogeography of a Coastal Fish, *Atractoscion aequidens* (Sciaenidae), across the Benguela Current Region: Evidence of an Ancient Vicariant Event. *Plos One* 9, 1-11.
- HUTCHINGS, L., VAN DER LINGEN, C.D., SHANNON, L., CRAWFORD, R., VERHEYE, H., BARTHOLOMAE, C., VAN DER PLAS, A.K., LOUW, D., KREINER, A., OSTROWSKI, M., FIDEL, Q., BARLOW, R., LAMONT, T., COETZEE, J., SHILLINGTON, F., VEITCH, J., CURRIE, J. UND MONTEIRO, P. (2009): The Benguela Current: An ecosystem of four components. *Progress in Oceanography* 83, 15–32.
- INTHORN, M., MOHRHOLZ, V. UND ZABEL, M. (2006 B): Nepheloid layer distribution in the Benguela upwelling area offshore Namibia. *Deep Sea Research Part I* 53, 1423–1438.
- INTHORN, M., WAGNER, T., SCHEEDER, G. UND ZABEL, M. (2006 A): Lateral transport controls distribution, quality, and burial of organic matter along continental slopes in high-productivity areas. *Geology* 34(3), 205-208.
- JENNERJAHN, T. UND ITTEKOT, C.E.V. (1997): Organic matter in sediments in the mangrove areas and adjacent continental margins of Brazil: I. Amino acids and hexosamines. *Oceanologica Acta* 20(2), 359–369.
- KEIL, R.G., TSAMAKIS, E. UND HEDGES J.I. (2000): Early diagenesis of particulate amino acids in marine systems. *Perspectives in Amino Acid and Protein Geochemistry*, 69-82.
- KING, K. (1977): Amino acid survey of recent calcareous and siliceous deep-sea microfossils. In: *Micropaleontology* 32(2), 188–193.
- LEE, C. UND CRONIN, C. (1982): The vertical flux of particulate organic nitrogen in the sea: Decomposition of amino acids in the Peru upwelling area and the equatorial Atlantic. *Journal of Marine Research* 41, 227-251.
- LEE, C. UND C. CRONIN (1984): Particulate amino acids in the sea: Effects of primary productivity and biological decomposition. *Journal of Marine Research* 42, 1075-1097.
- LEE, C., MURRAY, D. W., BARBER, T. T., BUESSELER, K. O., DYMOND, J., HEDGES, J. I., HONJO, S., MANGANINI, S. J., MARRA, J., MOSER, C., PETERSON, M. L., PRELL, W. L. UND WAKEHAM, S. G. (1988): Particulate organic carbon fluxes: compilation of results from the 1995 US JGOFS Arabian Sea Process study. *Deep-Sea Research Part II* 45, 2489–2501.
- LEE, C., WAKEHAM, S. UND ARNOSTI, C. (2004): Particulate organic matter in the sea: the composition conundrum. *Ambio* 33(8), 565–575.
- LIEBEZEIT, G. (1993): Amino sugars in Bransfield Strait and Weddell Sea sediments. *Senckenb. Marit.* 23, 29-35.
- LOMSTEIN, B. A., JORGENSEN, B. B., SCHUBERT, C. J., UND NIGGEMANN, J. (2006): Amino acid biogeo- and stereochemistry in coastal Chilean Sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70, 2970–2989.
- MCCAVE, I. N. (1984): Size spectra and aggregation of suspended particles in the ocean. *Deep-Sea Research* 31, 329–352.

- MEISEL, S., STRUCK, U. UND EMEIS, K.-C. (2011): Nutrient dynamics and oceanographic features in the central Namibian upwelling region as reflected in  $\delta^{15}\text{N}$ -signals of suspended matter and surface sediments. *Fossil Record* 14(2), 153-169.
- MOHRHOLZ, V., BARTHOLOMAE, C. H., VAN DER PLAS, A. K. UND LASS, H. U. (2008): The seasonal variability of the northern Benguela undercurrent and its relation to the oxygen budget on the shelf. *Continental Shelf Research* 28(3), 424–441.
- MOHRHOLZ, V., EGGERT, A., JUNKER, T., NAUSCH, G., OHDE, T. UND SCHMIDT, M. (2014): Cross shelf hydrographic and hydrochemical conditions and their short term variability at the northern Benguela during a normal upwelling season. *Journal of Marine Systems* 140, 92–110.
- MOLLENHAUER, G., INTHORN, M., THOMAS, V., ZABEL, M., SINNINGHE DAMSTÉ, J.S. UND EGLINTON, T.I. (2007): Aging of marine organic Matter during cross-shelf lateral transport in the Benguela upwelling system revealed by compound-specific radiocarbon dating. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 8(9), 1-16.
- MÜLLER, P. J., SUESS, E. UND UNGERER, C.A. (1986): Amino acids and amino sugars of surface particulate and sediment trap material from waters of the Scotia Sea. *Deep-Sea Research* 33, 819–838.
- PARSONS, T. R., TAKASHI, M. UND HARGRAVE, B. (1977): *Biological oceanographic processes*, 2 nd ed. Pergamon.
- PAULY, D. UND CHRISTENSEN, V. (1995): Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374, 255-257.
- SHANNON, L. UND NELSON, G. (1996): The Benguela: Large scale features and processes and system variability, *The South Atlantic. Present and past circulation*, G. Wefer (Hrsg.), Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 163-210.
- SHANNON, V., HEMPEL, G., MALANOTTE-RIZZOLI, P., MOLONEY, C. UND WOODS, J. (2006): Benguela: Predicting a Large Marine Ecosystem, *Large Marine Ecosystems* 14, 3-410.
- SCHUMANN, E. H. (1998): The coastal ocean off southeast Africa, including Madagascar. *The Sea* 11, 557–582.
- TWICHELL, S.C., MEYERS, P.A. UND DIESTER-HAASS, L. (2002): Significance of high C/N ratios in Organic-carbon-rich Neogene sediments under the Benguela Current upwelling system. *Organic Geochemistry* 33, 715-722.
- WAKEHAM, S. G., HEDGES, J. I., LEE, C. UND PEASE, T.K. (1993): Effects of poisons and preservatives on the composition of organic matter in a sediment trap experiment. *Journal of marine research* 51, 669-696.
- WEFER, G. UND FISCHER, G. (1993): Seasonal patterns of vertical particle flux in equatorial and coastal upwelling areas of the eastern Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 40(8), 1613–1645.
- WHELAN J. K. (1977): Amino acids in a surface sediment core of the Atlantic abyssal plain. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 41, 803-810.

## **Weitere Bezugsquellen**

GENUS Homepage

<http://genus.zmaw.de/> (letzter Zugriff: 14.02.2016)

ENSO Lexikon Homepage

<http://www.enso.info/enso-lexikon/lexikon-tu.html#u> (letzter Zugriff: 28.02.2016)

Schlitzer, R., Ocean Data View 4.7.4

<http://odv.awi.de>, 2016 (letzter Zugriff: 08.03.2016)

Carlo Erba NA-1500 Analyzer Handbuch

## **Erklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel – insbesondere keine im Quellenverzeichnis nicht benannte Internet-Quellen – benutzt habe. Ich habe die Arbeit bisher nicht in einem anderen Prüfungsverfahren eingereicht. Die schriftliche Fassung entspricht der auf dem elektronischen Speichermedium vorliegenden Fassung. Einer Veröffentlichung stimme ich zu.

Hamburg, den 14.04.2016

## **Danksagung**

In erster Linie gilt großer Dank meinem Betreuer Dr. Niko Lahajnar, der sich immer für mich Zeit genommen hat und mir unterstützend zur Seite stand. Im Weiteren bedanke ich mich für meine Zweitbetreuung durch Dr. Birgit Gaye.

Besonderer Dank gilt auch Mareike Paul, für das bereitwillige Korrekturlesen der Arbeit und mentalen Support, sowie meiner Familie für die tägliche Unterstützung.

**Anhang**

Anhang A: Ausfahrt MSM 17-3, 30.01.2011-26.02.2011, S.54-60

Anhang B: Ausfahrt M 103-1, 28.12.2013-15.01.2014, S.61-64

## Anhang A: Ausfahrt MSM 17-3

Cruise	Station	Date	Longitude [°E]	Latitude [°N]	Bot. Depth [m]	TN [%]	TC [%]	OC [%]	Temp [°C]	Oxygen [µM]
MSM 17-3	224	01/30/2011	14,058	-23,063	135	0,82	6,69	6,36		
MSM 17-3	225	01/31/2011	14,000	-23,500	169	0,735	5,754	4,968		
MSM 17-3	226	01/31/2011	13,505	-23,512	228	0,618	12,952	5,360	12,10	
MSM 17-3	228	02/01/2011	14,005	-24,045	212	0,690	10,787	5,630		
MSM 17-3	229	02/01/2011	14,335	-24,512	120	0,755	5,197	4,689		
MSM 17-3	231	02/02/2011	14,500	-25,000	190	0,190	1,404	1,293	11,82	
MSM 17-3	233	02/02/2011	14,760	-26,667	180	0,270	1,684	1,516	11,92	
MSM 17-3	234	02/02/2011	14,417	-26,667	325	0,495	5,790	4,002		
MSM 17-3	235	02/03/2011	14,000	-26,667	417	0,631	10,888	5,408	7,03	150,0
MSM 17-3	236	02/03/2011	13,500	-26,667	1100	0,494	8,962	4,020	3,06	168,0
MSM 17-3	237	02/04/2011	13,550	-26,000	750	0,974	12,611	7,917	4,89	146,0
MSM 17-3	238	02/04/2011	13,333	-25,000	1080	0,753	11,924	6,472	3,66	164,0
MSM 17-3	240	02/05/2011	13,108	-24,000	735	0,530	11,695	4,678	4,99	123,0
MSM 17-3	241	02/05/2011	11,750	-23,000	2970	0,092	9,712	0,746	2,52	224,0
MSM 17-3	242	02/06/2011	12,500	-23,000	1640	0,280	9,529	2,623	3,47	194,0
MSM 17-3	243	02/07/2011	12,800	-23,000	905	0,445	11,097	3,834	4,32	134,0
MSM 17-3	246	02/07/2011	13,050	-23,000	410	0,278	11,406	2,600	7,91	93,0
MSM 17-3	250	02/08/2011	13,333	-23,000	350	0,348	11,681	3,127	8,85	102,0
MSM 17-3	254	02/08/2011	13,667	-23,000	155	0,448	12,582	3,623	13,18	5,0
MSM 17-3	264	02/09/2011	14,333	-23,000	66	0,825	5,892	5,574		82,7
MSM 17-3	266	02/10/2011	13,468	-22,765	250	0,677	14,019	6,184	11,97	45,0
MSM 17-3	267	02/11/2011	13,180	-22,208	205	0,594	13,706	5,020	12,80	10,0
MSM 17-3	268	02/11/2011	13,487	-21,028	23	0,050	0,397	0,322	18,16	86,0
MSM 17-3	269	02/11/2011	13,333	-21,000	98	1,298	9,877	9,625	14,98	39,0
MSM 17-3	272	02/12/2011	12,500	-21,000	425	0,525	11,944	4,770	8,19	57,0
MSM 17-3	274	02/12/2011	11,833	-20,000	408	0,599	12,306	5,383	8,46	38,0
MSM 17-3	275	02/13/2011	12,167	-20,000	275	0,959	12,459	7,897		
MSM 17-3	276	02/13/2011	12,500	-20,000	153	0,894	9,166	6,823	14,08	2,0
MSM 17-3	277	02/13/2011	12,833	-20,000	99	0,971	7,672	7,237		
MSM 17-3	278	02/13/2011	13,000	-20,000	30	0,471	3,727	3,566	16,29	1,0
MSM 17-3	279	02/14/2011	12,450	-19,000	35	0,215	2,015	1,587		
MSM 17-3	292	02/15/2011	11,433	-19,000	416	0,334	9,624	2,916		41,0
MSM 17-3	295	02/16/2011	11,000	-19,000	1290	0,523	6,767	4,147	3,70	187,0
MSM 17-3	298	02/17/2011	10,500	-19,000	2063	0,428	8,178	3,618	3,33	232,0
MSM 17-3	299	02/17/2011	11,417	-18,500	436	0,327	5,298	3,193	9,23	40,0
MSM 17-3	300	02/18/2011	11,500	-18,000	237	0,157	3,791	1,400	12,17	18,0
MSM 17-3	304	02/19/2011	11,717	-17,250	35	0,364	3,122	2,658	17,00	60,0
MSM 17-3	305	02/19/2011	11,507	-17,253	142	0,214	2,058	1,875	14,66	47,0
MSM 17-3	306	02/19/2011	11,288	-17,250	500	0,145	1,388	1,166	7,69	43,0
MSM 17-3	308	02/20/2011	11,000	-17,250	2103	0,384	3,559	3,046	3,19	239,0
MSM 17-3	309	02/21/2011	10,783	-17,250	2939	0,531	4,454	4,287	2,57	238,0
MSM 17-3	310	02/22/2011	10,500	-17,250	3247	0,528	4,637	3,758	2,64	231,0
MSM 17-3	311	02/22/2011	11,183	-17,250	922	0,138	1,861	1,163	4,13	141,0
MSM 17-3	316	02/24/2011	10,000	-17,250	3921	0,361	5,068	2,844	2,64	227,0
MSM 17-3	317	02/26/2011	8,053	-10,117	4825	0,146	2,852	1,073	2,60	284,0

St.	AA-N [µg/g]	HA [mg/g]	HA-C [µg/g]	HA-N [µg/g]	AA-C/C [%]	AA-N/N [%]	HA-C/C [%]	HA-N/N [%]	AA [nmol/g]	HA [nmol/g]	AA/HA	RI	DI
224	2955	1,08	434	84	14,64	35,98	0,68	1,03	173779	6017	28,88	5,51	0,822
225	5562	2,10	843	164	35,17	75,68	1,70	2,23	326998	11705	27,94	6,08	0,668
226	2040	1,29	519	101	11,40	32,99	0,97	1,63	117322	7202	16,29	2,53	0,181
228	2676	1,30	523	102	14,52	38,79	0,93	1,48	155292	7264	21,38	4,90	0,357
229	3743	1,07	432	84	25,76	49,56	0,92	1,11	222423	5999	37,07	10,35	0,873
231	700	0,31	124	24	16,60	36,82	0,96	1,27	40750	1722	23,67	4,48	0,329
233	1492	0,30	121	24	32,38	55,20	0,80	0,87	88826	1684	52,74	16,19	1,097
234	1552	0,83	332	65	11,31	31,34	0,83	1,30	87848	4609	19,06	2,84	0,113
235	2234	1,13	455	88	12,05	35,40	0,84	1,40	125569	6313	19,89	2,59	0,022
236	1707	0,88	355	69	12,34	34,57	0,88	1,40	96053	4921	19,52	2,30	0,008
237	2609	1,27	510	99	9,66	26,79	0,64	1,02	147504	7073	20,86	2,77	0,111
238	2176	1,08	433	84	9,88	28,88	0,67	1,12	123097	6014	20,47	2,58	0,177
240	1830	0,92	369	72	11,48	34,53	0,79	1,35	103778	5121	20,26	2,68	0,075
241	364	0,18	73	14	14,18	39,64	0,98	1,54	20752	1012	20,51	1,35	-0,530
242	977	0,57	230	45	10,64	34,93	0,88	1,60	54585	3192	17,10	1,84	-0,302
243	1393	0,75	301	59	10,61	31,26	0,78	1,31	78781	4176	18,87	2,40	0,003
246	926	0,51	203	40	10,56	33,31	0,78	1,42	52981	2820	18,79	3,01	0,073
250	1287	0,68	273	53	12,23	36,96	0,87	1,52	73581	3783	19,45	3,29	0,083
254	1767	1,11	445	87	14,97	39,45	1,23	1,93	103627	6182	16,76	3,83	0,227
264	3821	1,48	595	116	21,79	46,30	1,07	1,40	228380	8256	27,66	6,51	0,558
266	2554	1,65	663	129	12,30	37,73	1,07	1,90	145764	9198	15,85	2,54	0,203
267	2052	1,27	512	100	12,24	34,57	1,02	1,68	118122	7112	16,61	2,68	0,172
268	204	0,08	32	6	19,08	40,48	1,01	1,25	11980	450	26,64	4,06	0,253
269	5883	2,20	884	172	19,19	45,33	0,92	1,32	347094	12271	28,29	4,18	0,581
272	1946	0,95	383	74	12,05	37,04	0,80	1,42	110644	5309	20,84	3,24	0,079
274	2157	1,10	441	86	11,81	36,00	0,82	1,43	122496	6120	20,02	3,48	0,061
275	3663	1,67	672	131	14,01	38,20	0,85	1,36	211713	9331	22,69	3,45	0,326
276	4331	1,68	678	132	19,80	48,46	0,99	1,47	254026	9403	27,02	4,58	0,598
277	4262	1,83	735	143	18,42	43,89	1,02	1,47	252488	10204	24,74	3,93	0,518
278	2158	1,17	472	92	18,31	45,80	1,32	1,95	127120	6548	19,41	3,73	0,064
279	920	0,49	199	39	17,43	42,83	1,25	1,80	53959	2759	19,55	3,59	0,035
292	1201	0,67	269	52	12,16	35,90	0,92	1,57	68887	3740	18,42	2,77	0,034
295	1676	0,89	356	69	11,77	32,04	0,86	1,32	95092	4941	19,25	2,90	-0,028
298	1206	0,57	228	44	9,55	28,14	0,63	1,03	67881	3164	21,45	1,95	-0,094
299	1258	0,63	252	49	11,61	38,42	0,79	1,50	72145	3496	20,64	2,53	0,062
300	446	0,26	103	20	9,66	28,44	0,74	1,28	26195	1433	18,27	2,26	0,158
304	1751	0,69	279	54	20,05	48,05	1,05	1,49	102300	3866	26,46	3,96	0,156
305	958	0,44	179	35	15,31	44,69	0,95	1,62	55600	2483	22,40	2,80	0,137
306	525	0,25	102	20	13,11	36,29	0,88	1,37	30034	1417	21,19	2,20	-0,102
308	1332	0,69	276	54	12,57	34,70	0,91	1,40	75421	3836	19,66	1,98	-0,172
309	1549	0,81	327	64	10,36	29,18	0,76	1,20	87590	4533	19,32	1,62	-0,150
310	1558	0,83	334	65	11,62	29,51	0,89	1,23	86873	4634	18,75	1,31	-0,391
311	351	0,18	72	14	8,93	25,51	0,62	1,02	20093	1005	19,98	2,03	0,193
316	1155	0,58	231	45	11,46	32,02	0,81	1,25	64629	3212	20,12	1,21	-0,381
317	372	0,33	133	26	9,58	25,49	1,24	1,77	21188	1842	11,50	0,05	-0,858

St.	CYA [mol-%]	TAU [mol-%]	MSO [mol-%]	MET [mol-%]	S-cont. [mol-%]	TYR [mol-%]	PHE [mol-%]	Arom. [mol-%]	HIS [mol-%]	TRP [mol-%]	LYS [mol-%]	ARG [mol-%]	Basic [mol-%]
224	2,26	0,15	0,30	0,59	3,30	2,63	3,99	7,06	2,27	0,44	4,65	3,67	11,83
225	1,69	0,22	0,16	0,61	2,68	2,55	3,73	6,60	2,14	0,31	4,77	3,84	11,65
226	2,14	0,20	0,44	0,39	3,17	2,16	3,08	5,80	2,51	0,57	4,68	4,34	12,98
228	2,02	0,19	0,38	0,12	2,72	2,41	3,38	6,22	2,41	0,43	4,77	4,10	12,45
229	1,66	0,13	0,29	0,51	2,58	2,64	3,98	6,83	2,02	0,21	4,65	3,63	10,91
231	1,42	0,25	0,81	0,22	2,71	1,52	3,45	5,35	2,26	0,39	4,68	4,14	12,06
233	1,50	0,18	0,50	0,22	2,41	2,62	4,57	7,30	1,83	0,11	4,68	3,76	10,64
234	3,07	0,29	0,59	0,41	4,37	1,77	2,83	5,31	2,53	0,71	4,89	4,88	13,95
235	2,50	0,20	0,61	0,33	3,64	1,82	2,87	5,42	2,30	0,73	5,28	5,14	14,51
236	2,53	0,22	0,70	0,31	3,75	1,79	2,79	5,30	2,52	0,72	4,99	5,09	14,25
237	2,65	0,21	0,75	0,28	3,89	2,05	3,00	5,75	2,65	0,71	4,78	4,90	13,88
238	2,41	0,20	0,68	0,70	4,00	2,04	2,89	5,60	2,55	0,68	4,84	4,92	13,87
240	2,54	0,16	0,85	0,39	3,94	1,88	2,89	5,47	2,59	0,70	4,78	4,80	13,79
241	1,98	0,18	2,11	0,26	4,54	1,09	2,31	4,11	2,19	0,71	4,08	5,07	13,05
242	3,05	2,80	5,85	0,33	12,03	1,34	2,59	4,67	2,38	0,74	4,88	5,43	14,57
243	2,56	0,18	0,93	0,41	4,08	1,60	2,84	5,19	2,58	0,75	4,68	4,89	13,91
246	2,49	0,22	0,79	0,35	3,85	1,87	2,92	5,41	2,48	0,63	4,65	4,56	13,22
250	2,20	0,20	0,66	0,32	3,37	1,96	3,04	5,63	2,42	0,63	4,94	4,53	13,44
254	1,94	0,17	0,45	0,19	2,75	2,12	3,28	5,82	2,28	0,42	4,44	3,90	11,68
264	1,96	0,15	0,38	0,18	2,68	2,49	3,81	6,56	1,81	0,26	4,61	3,49	10,70
266	1,92	0,19	0,62	0,40	3,13	2,17	2,91	5,74	2,67	0,67	5,09	4,34	13,80
267	2,02	0,19	0,59	0,28	3,08	2,09	3,02	5,65	2,52	0,54	4,84	4,26	13,02
268	1,77	1,36	0,52	0,20	3,85	1,93	2,97	5,23	2,13	0,33	4,92	3,85	11,83
269	1,88	0,17	0,33	0,35	2,73	2,44	3,65	6,44	2,12	0,35	4,83	3,65	11,61
272	2,33	0,23	0,74	0,34	3,65	1,99	2,98	5,63	2,38	0,66	5,19	4,66	13,94
274	2,06	0,19	0,74	0,42	3,41	2,00	2,95	5,62	2,37	0,67	5,09	4,71	13,95
275	2,57	0,20	0,58	0,30	3,65	2,28	3,04	5,80	2,49	0,47	4,91	4,15	12,81
276	2,05	0,17	0,34	0,38	2,94	2,49	3,48	6,33	2,32	0,36	4,92	3,74	11,97
277	2,46	0,15	0,45	0,20	3,27	2,35	3,62	6,27	2,02	0,30	4,60	3,65	11,24
278	2,18	0,16	0,35	0,20	2,89	2,03	3,17	5,58	1,96	0,38	4,86	3,79	11,71
279	2,48	0,23	0,46	0,23	3,40	1,76	3,05	5,23	2,03	0,41	4,85	3,91	11,95
292	2,29	0,32	0,32	0,26	3,18	1,94	2,82	5,32	2,52	0,56	5,05	4,30	13,34
295	2,68	0,22	0,59	0,29	3,77	1,85	2,78	5,37	2,46	0,75	5,16	4,63	14,19
298	2,96	0,22	0,95	0,42	4,55	1,43	2,56	4,80	2,72	0,81	4,78	4,87	14,45
299	2,49	0,25	0,55	0,34	3,62	1,60	2,73	4,98	2,49	0,65	5,10	4,24	13,57
300	2,92	0,21	0,51	0,42	4,07	1,49	2,89	4,97	2,47	0,59	4,63	3,90	12,58
304	2,46	0,40	0,34	0,25	3,45	1,36	3,14	4,84	1,86	0,33	5,32	4,05	12,30
305	2,91	0,95	0,50	0,23	4,60	1,36	3,10	4,98	2,18	0,51	5,17	4,00	12,87
306	1,77	0,29	0,61	0,25	2,91	1,09	2,67	4,37	2,52	0,61	5,26	4,30	13,69
308	2,82	0,25	0,36	0,25	3,67	1,49	2,56	4,81	2,43	0,75	5,19	4,70	14,35
309	2,99	0,24	0,47	0,32	4,02	1,35	2,52	4,62	2,52	0,75	4,89	4,78	14,27
310	3,17	0,21	0,59	0,16	4,12	0,99	2,48	4,34	2,65	0,87	4,45	5,28	14,90
311	1,79	0,25	0,34	0,30	2,69	1,71	2,82	5,13	2,51	0,59	5,10	4,37	13,63
316	3,02	0,19	0,68	0,26	4,15	0,75	2,49	4,04	2,28	0,79	4,60	5,35	14,69
317	2,66	0,27	0,98	0,23	4,14	0,02	0,45	0,96	2,77	0,48	3,77	4,49	13,71

St.	THR [mol-%]	SER [mol-%]	GLY [mol-%]	ALA [mol-%]	VAL [mol-%]	ILE [mol-%]	LEU [mol-%]	Neutral [mol-%]	ASP [mol-%]	GLU [mol-%]	Acid [mol-%]
224	6,28	7,71	15,07	9,67	6,69	4,46	6,48	56,35	11,38	9,33	22,97
225	6,22	7,27	15,10	9,90	6,81	4,27	6,20	55,78	11,85	10,72	24,27
226	5,89	6,15	17,52	9,89	6,53	3,56	5,08	54,62	12,45	9,49	24,08
228	6,11	7,13	16,43	9,86	6,50	3,76	5,49	55,29	12,20	10,38	24,59
229	6,41	7,17	13,29	10,06	7,21	4,65	6,94	55,74	11,89	11,61	25,15
231	6,23	7,34	15,40	9,82	6,91	4,08	5,82	55,60	12,27	11,28	24,98
233	6,25	6,91	12,05	10,20	7,31	5,13	7,75	55,61	11,63	12,08	25,21
234	5,57	6,77	18,33	9,20	6,12	3,53	4,80	54,33	11,89	9,25	24,21
235	5,59	6,27	18,03	9,45	6,06	3,48	4,85	53,74	12,27	9,34	24,11
236	5,72	6,75	18,04	9,26	5,86	3,38	4,62	53,63	12,49	9,32	24,33
237	5,77	6,71	17,94	9,37	5,87	3,35	4,68	53,68	12,32	9,35	24,32
238	5,61	6,49	17,84	9,32	5,95	3,46	4,77	53,44	12,52	9,34	24,27
240	5,62	6,27	18,19	9,27	5,89	3,39	4,77	53,40	13,02	9,31	24,87
241	5,76	6,55	16,50	8,59	5,32	2,94	4,04	49,70	17,53	9,26	28,77
242	5,53	6,23	18,22	8,92	5,62	3,11	4,25	51,88	14,59	8,98	26,62
243	5,59	6,18	17,92	9,09	5,96	3,41	4,73	52,88	13,69	9,16	25,40
246	5,78	6,11	17,52	9,52	6,12	3,47	4,97	53,49	13,40	9,66	25,56
250	5,75	6,09	17,64	9,69	6,16	3,49	4,94	53,77	13,21	9,68	25,09
254	6,01	6,22	16,73	9,98	7,16	3,85	5,44	55,39	12,97	10,40	25,31
264	6,36	7,32	15,30	10,08	7,17	4,45	6,41	57,08	11,89	10,39	24,23
266	5,78	6,07	17,69	9,81	6,38	3,50	5,01	54,24	12,30	9,46	23,68
267	5,89	6,02	17,62	9,91	6,45	3,61	5,15	54,65	12,55	9,66	24,24
268	5,46	6,55	18,25	9,89	6,42	3,71	5,43	55,71	11,25	11,25	24,27
269	6,30	7,31	15,08	9,95	6,78	4,25	6,11	55,79	11,89	10,43	24,20
272	5,67	6,02	18,19	9,44	5,94	3,49	4,87	53,64	12,92	9,35	24,60
274	5,70	6,24	18,25	9,63	5,93	3,47	4,83	54,05	12,85	9,36	24,27
275	5,97	6,82	16,85	9,67	6,44	3,76	5,35	54,86	12,01	9,81	24,39
276	6,25	7,30	15,20	9,78	6,74	4,14	5,99	55,39	11,81	10,62	24,48
277	6,30	7,73	15,21	9,90	6,65	4,18	6,13	56,11	11,79	10,10	24,35
278	6,06	7,79	17,86	10,24	6,32	3,54	5,18	56,99	12,01	9,80	23,99
279	5,87	7,96	17,31	10,30	6,30	3,50	5,07	56,32	12,11	10,06	24,65
292	5,90	6,75	18,03	9,71	6,21	3,45	4,68	54,73	12,65	9,61	24,55
295	5,56	6,91	18,81	9,21	5,85	3,31	4,50	54,16	12,71	8,95	24,34
298	5,45	6,87	19,03	8,79	5,71	3,20	4,20	53,26	12,84	8,87	24,67
299	5,72	6,90	18,07	9,46	6,13	3,50	4,87	54,65	12,40	9,72	24,61
300	5,66	5,94	17,22	9,57	6,67	3,74	5,25	54,06	13,03	9,94	25,89
304	5,86	6,99	15,51	9,93	6,61	3,82	5,71	54,42	12,68	11,51	26,65
305	5,78	6,56	16,52	9,63	6,34	3,71	5,35	53,89	12,35	10,24	25,50
306	5,87	7,58	18,45	9,45	5,92	3,38	4,68	55,33	12,63	9,97	24,36
308	5,54	7,13	19,10	9,18	5,75	3,18	4,22	54,11	12,49	9,27	24,58
309	5,58	7,44	18,65	8,99	5,71	3,18	4,24	53,79	12,50	9,16	24,65
310	5,59	7,35	19,02	8,84	5,47	2,79	3,85	52,90	12,98	9,00	25,15
311	5,63	7,25	17,81	9,19	6,37	3,69	5,14	55,07	12,09	9,74	23,62
316	5,49	7,28	18,39	8,73	5,54	3,14	4,19	52,76	13,51	8,96	25,49
317	6,11	6,07	15,78	8,53	5,26	2,66	3,51	47,92	14,69	9,40	26,75

St.	CYA [nmol/g]	TAU [nmol/g]	MSO [nmol/g]	MET [nmol/g]	TYR [nmol/g]	PHE [nmol/g]	Tyr/Phe	HIS [nmol/g]	TRP [nmol/g]	LYS [nmol/g]	ARG [nmol/g]	Arg/Orn
224	3926	267	513	1020	4567	6940	0,66	3937	766	8085	6384	4,63
225	5541	728	511	1980	8345	12210	0,68	7007	1029	15596	12549	6,58
226	2505	235	520	462	2529	3608	0,70	2950	673	5496	5092	5,03
228	3131	302	593	192	3740	5243	0,71	3747	674	7413	6370	5,61
229	3690	282	641	1132	5880	8861	0,66	4500	460	10335	8070	8,88
231	580	103	332	90	617	1407	0,44	923	158	1906	1687	6,99
233	1335	159	447	199	2328	4055	0,57	1629	99	4154	3336	14,17
234	2698	252	522	364	1557	2483	0,63	2218	627	4294	4287	5,19
235	3136	248	770	417	2290	3606	0,63	2884	912	6632	6455	4,84
236	2428	207	669	297	1715	2685	0,64	2419	693	4789	4886	5,43
237	3904	308	1109	416	3022	4425	0,68	3902	1041	7048	7228	5,73
238	2965	248	838	867	2508	3557	0,71	3137	832	5964	6055	5,58
240	2638	167	878	409	1947	2998	0,65	2684	727	4959	4982	5,19
241	412	38	438	54	227	479	0,47	454	147	846	1052	5,02
242	1662	1529	3192	182	730	1414	0,52	1301	404	2662	2964	4,78
243	2014	145	731	326	1260	2239	0,56	2034	593	3689	3854	4,91
246	1320	116	417	188	989	1545	0,64	1312	333	2465	2417	5,06
250	1619	145	484	234	1445	2236	0,65	1781	462	3634	3332	4,88
254	2006	181	463	199	2194	3400	0,65	2368	437	4597	4042	6,11
264	4478	343	870	418	5694	8696	0,65	4132	595	10539	7980	6,67
266	2803	274	900	588	3162	4237	0,75	3885	973	7423	6323	4,17
267	2389	228	693	333	2474	3565	0,69	2980	633	5723	5035	4,96
268	212	163	62	24	231	356	0,65	256	39	590	461	6,52
269	6526	600	1146	1216	8474	12660	0,67	7362	1230	16774	12680	5,59
272	2579	257	824	376	2205	3296	0,67	2634	730	5740	5151	4,41
274	2520	238	907	514	2448	3614	0,68	2903	817	6237	5771	4,23
275	5431	431	1219	636	4832	6441	0,75	5269	1000	10389	8791	5,26
276	5214	439	855	960	6324	8835	0,72	5894	916	12490	9492	5,88
277	6223	383	1126	517	5937	9142	0,65	5112	757	11606	9215	5,42
278	2773	199	445	260	2577	4028	0,64	2489	484	6176	4821	5,23
279	1338	122	250	125	952	1648	0,58	1097	222	2616	2111	5,22
292	1575	220	222	176	1334	1944	0,69	1737	385	3478	2962	4,70
295	2546	207	558	276	1755	2639	0,66	2335	714	4909	4399	3,89
298	2009	148	645	283	970	1738	0,56	1846	553	3246	3309	3,87
299	1793	182	395	243	1153	1967	0,59	1799	470	3676	3056	3,88
300	765	55	135	111	391	757	0,52	647	153	1213	1021	3,91
304	2512	412	345	258	1396	3214	0,43	1907	341	5441	4140	5,53
305	1621	525	280	128	758	1723	0,44	1214	286	2877	2226	4,02
306	530	88	183	74	328	802	0,41	756	183	1579	1292	4,28
308	2126	191	268	186	1125	1932	0,58	1834	567	3918	3542	3,67
309	2622	207	412	279	1186	2204	0,54	2209	660	4287	4187	3,61
310	2751	186	512	135	856	2152	0,40	2305	758	3865	4589	3,22
311	360	51	69	60	344	568	0,61	505	119	1025	877	4,14
316	1949	126	438	171	487	1610	0,30	1471	513	2970	3458	3,20
317	564	58	208	48	5	96	0,05	586	102	799	952	2,04

St.	THR [nmol/g]	SER [nmol/g]	GLY [nmol/g]	ALA [nmol/g]	VAL [nmol/g]	ILE [nmol/g]	LEU [nmol/g]	ASP [nmol/g]	GLU [nmol/g]	Asp/Gly	ThrSer/GlyAla
224	10914	13395	26185	16797	11621	7748	11260	19772	16214	0,76	0,57
225	20344	23789	49383	32386	22276	13952	20272	38758	35056	0,78	0,54
226	6911	7213	20560	11599	7662	4171	5961	14612	11130	0,71	0,44
228	9496	11079	25521	15307	10096	5842	8518	18946	16114	0,74	0,50
229	14256	15956	29569	22384	16035	10353	15426	26439	25819	0,89	0,58
231	2541	2990	6276	4001	2814	1663	2372	5001	4596	0,80	0,54
233	5552	6137	10706	9062	6495	4558	6887	10330	10730	0,96	0,59
234	4895	5951	16106	8079	5380	3099	4219	10442	8127	0,65	0,45
235	7021	7879	22639	11864	7608	4375	6089	15409	11728	0,68	0,43
236	5497	6482	17324	8891	5630	3249	4440	11992	8950	0,69	0,46
237	8511	9891	26457	13827	8664	4936	6897	18173	13792	0,69	0,46
238	6909	7989	21960	11471	7322	4255	5877	15409	11497	0,70	0,45
240	5834	6504	18878	9619	6113	3518	4950	13511	9661	0,72	0,43
241	1196	1359	3425	1783	1104	610	838	3637	1921	1,06	0,49
242	3021	3400	9944	4867	3066	1700	2321	7965	4904	0,80	0,43
243	4405	4866	14119	7161	4692	2683	3729	10783	7216	0,76	0,44
246	3062	3235	9281	5044	3243	1840	2635	7102	5118	0,77	0,44
250	4230	4484	12982	7131	4535	2569	3631	9722	7123	0,75	0,43
254	6231	6446	17339	10340	7416	3992	5636	13440	10782	0,78	0,46
264	14521	16710	34939	23020	16369	10171	14629	27145	23724	0,78	0,54
266	8426	8844	25784	14294	9296	5108	7305	17924	13784	0,70	0,43
267	6957	7111	20811	11707	7624	4266	6080	14829	11416	0,71	0,43
268	654	785	2187	1185	769	445	650	1348	1347	0,62	0,43
269	21882	25379	52331	34545	23541	14754	21209	41259	36203	0,79	0,54
272	6275	6665	20130	10448	6572	3863	5391	14301	10341	0,71	0,42
274	6981	7649	22361	11795	7263	4246	5916	15746	11460	0,70	0,43
275	12641	14429	35674	20476	13644	7954	11320	25433	20768	0,71	0,48
276	15866	18541	38606	24838	17126	10518	15205	30010	26969	0,78	0,54
277	15913	19514	38411	24984	16787	10566	15488	29761	25503	0,77	0,56
278	7705	9902	22699	13017	8030	4506	6591	15268	12460	0,67	0,49
279	3170	4295	9342	5556	3401	1889	2736	6534	5427	0,70	0,50
292	4065	4652	12421	6686	4279	2374	3223	8717	6622	0,70	0,46
295	5291	6574	17885	8754	5566	3152	4279	12090	8513	0,68	0,45
298	3702	4666	12915	5969	3874	2171	2854	8716	6024	0,67	0,44
299	4128	4977	13037	6823	4425	2525	3515	8944	7014	0,69	0,46
300	1483	1557	4512	2507	1748	980	1374	3413	2604	0,76	0,43
304	5992	7154	15868	10155	6760	3906	5838	12972	11775	0,82	0,51
305	3213	3650	9187	5355	3525	2060	2973	6867	5692	0,75	0,47
306	1764	2278	5542	2837	1777	1016	1405	3793	2994	0,68	0,48
308	4182	5379	14406	6923	4335	2400	3185	9423	6990	0,65	0,45
309	4884	6518	16332	7876	5001	2785	3716	10946	8022	0,67	0,47
310	4857	6387	16521	7676	4748	2421	3343	11273	7821	0,68	0,46
311	1131	1457	3579	1846	1281	741	1032	2430	1957	0,68	0,48
316	3549	4706	11885	5642	3579	2026	2709	8733	5790	0,73	0,47
317	1294	1286	3344	1808	1115	564	744	3113	1992	0,93	0,50

St.	ORN [nmol/g]	ORN [mol-%]	Gluam [nmol/g]	Galam [nmol/g]	$\beta$ -ALA [nmol/g]	$\gamma$ -ABA [nmol/g]	Gluam [mol-%]	Galam [mol-%]	$\beta$ -ALA [mol-%]	$\gamma$ -ABA [mol-%]	Gluam/ Galam	Asp/ $\beta$ -Ala	Glu/ $\gamma$ -Aba	non-prot [mol-%]
224	1380	0,79	3196	2822	808	1281	53,11	46,89	0,47	0,74	1,13	24,46	12,66	1,20
225	1908	0,58	6122	5583	1557	1822	52,30	47,70	0,48	0,56	1,10	24,89	19,24	1,03
226	1012	0,86	3566	3635	1243	1178	49,52	50,48	1,06	1,00	0,98	11,75	9,45	2,06
228	1136	0,73	3687	3577	981	851	50,76	49,24	0,63	0,55	1,03	19,31	18,94	1,18
229	909	0,41	3309	2691	704	720	55,15	44,85	0,32	0,32	1,23	37,54	35,84	0,64
231	241	0,59	877	844	296	156	50,96	49,04	0,73	0,38	1,04	16,90	29,41	1,11
233	235	0,27	1123	561	192	202	66,69	33,31	0,22	0,23	2,00	53,79	53,08	0,44
234	827	0,94	2260	2349	996	426	49,04	50,96	1,13	0,48	0,96	10,49	19,09	1,62
235	1333	1,06	3132	3180	1490	784	49,62	50,38	1,19	0,62	0,98	10,34	14,96	1,81
236	900	0,94	2560	2361	1206	705	52,02	47,98	1,26	0,73	1,08	9,94	12,70	1,99
237	1261	0,85	3664	3409	1616	1077	51,81	48,19	1,10	0,73	1,07	11,25	12,81	1,83
238	1086	0,88	3208	2806	1427	924	53,35	46,65	1,16	0,75	1,14	10,80	12,44	1,91
240	960	0,93	2792	2329	999	844	54,52	45,48	0,96	0,81	1,20	13,52	11,45	1,78
241	209	1,01	519	493	348	176	51,27	48,73	1,68	0,85	1,05	10,45	10,94	2,52
242	619	1,13	1662	1529	829	339	52,09	47,91	1,52	0,62	1,09	9,61	14,47	2,14
243	786	1,00	2283	1892	1040	416	54,68	45,32	1,32	0,53	1,21	10,37	17,34	1,85
246	477	0,90	1488	1332	625	216	52,77	47,23	1,18	0,41	1,12	11,36	23,73	1,59
250	683	0,93	1973	1810	847	272	52,16	47,84	1,15	0,37	1,09	11,47	26,20	1,52
254	662	0,64	3017	3165	914	545	48,80	51,20	0,88	0,53	0,95	14,71	19,77	1,41
264	1196	0,52	4408	3848	919	1290	53,39	46,61	0,40	0,56	1,15	29,53	18,39	0,97
266	1515	1,04	4651	4547	1657	1258	50,57	49,43	1,14	0,86	1,02	10,82	10,96	2,00
267	1015	0,86	3625	3486	1377	875	50,98	49,02	1,17	0,74	1,04	10,77	13,05	1,91
268	71	0,59	242	207	85	60	53,87	46,13	0,71	0,50	1,17	15,94	22,43	1,21
269	2268	0,65	6594	5677	2184	2869	53,74	46,26	0,63	0,83	1,16	18,89	12,62	1,46
272	1167	1,05	2835	2474	1068	632	53,40	46,60	0,96	0,57	1,15	13,39	16,37	1,54
274	1366	1,11	3231	2888	1170	574	52,80	47,20	0,96	0,47	1,12	13,46	19,98	1,42
275	1671	0,79	4996	4334	1645	1620	53,55	46,45	0,78	0,76	1,15	15,46	12,82	1,54
276	1616	0,64	5098	4305	1379	1933	54,22	45,78	0,54	0,76	1,18	21,77	13,95	1,30
277	1701	0,67	5485	4719	1668	2172	53,76	46,24	0,66	0,86	1,16	17,84	11,74	1,52
278	921	0,72	3385	3163	845	926	51,70	48,30	0,66	0,73	1,07	18,06	13,46	1,39
279	404	0,75	1455	1305	404	319	52,71	47,29	0,75	0,59	1,11	16,17	17,01	1,34
292	630	0,92	1958	1781	747	436	52,37	47,63	1,08	0,63	1,10	11,67	15,19	1,72
295	1132	1,19	2607	2334	1072	444	52,77	47,23	1,13	0,47	1,12	11,28	19,16	1,59
298	855	1,26	1648	1517	879	511	52,07	47,93	1,30	0,75	1,09	9,91	11,80	2,05
299	787	1,09	1836	1659	743	492	52,53	47,47	1,03	0,68	1,11	12,04	14,27	1,71
300	261	1,00	696	738	351	156	48,55	51,45	1,34	0,59	0,94	9,71	16,72	1,94
304	749	0,73	2247	1619	727	436	58,12	41,88	0,71	0,43	1,39	17,84	26,99	1,14
305	554	1,00	1300	1183	497	389	52,35	47,65	0,89	0,70	1,10	13,83	14,61	1,59
306	302	1,01	780	637	307	205	55,04	44,96	1,02	0,68	1,22	12,35	14,61	1,71
308	964	1,28	2054	1782	1003	542	53,54	46,46	1,33	0,72	1,15	9,39	12,90	2,05
309	1160	1,32	2414	2118	1273	823	53,27	46,73	1,45	0,94	1,14	8,60	9,74	2,39
310	1427	1,64	2416	2219	1470	821	52,12	47,88	1,69	0,95	1,09	7,67	9,52	2,64
311	212	1,05	560	446	263	187	55,65	44,35	1,31	0,93	1,25	9,24	10,46	2,24
316	1079	1,67	1645	1568	1095	640	51,20	48,80	1,69	0,99	1,05	7,97	9,04	2,69
317	467	2,20	995	848	1018	1026	53,99	46,01	4,81	4,84	1,17	3,06	1,94	9,65

## Anhang B: Ausfahrt M 103-1

Cruise	Station	Date	Longitude [°E]	Latitude [°N]	Bot. Depth [m]	TN [%]	TC [%]	OC [%]	Temp [°C]	Oxygen [µM]
M103-1	2282	12/28/2013	14,200	-24,600	151	1,268	11,153	10,147	11,613	11,64
M103-1	2283	12/28/2013	14,733	-25,066	52	0,879	6,447	6,095	11,5959	1,98
M103-1	2285	12/29/2013	14,333	-25,199	159	1,511	13,020	11,575	11,5256	1,11
M103-1	2287	12/29/2013	13,900	-25,350	255	0,574	7,873	7,668	11,2121	31,97
M103-1	2288	12/29/2013	13,667	-25,433	421	0,604	11,309	5,454	8,3075	54,21
M103-1	2289	12/30/2013	13,501	-25,489	702	1,032	14,793	9,144	5,3597	129,21
M103-1	2290	12/30/2013	13,333	-25,550	1126	0,896	13,125	7,616	3,4527	171,37
M103-1	2291	12/30/2013	12,999	-25,666	2354	0,958	13,904	8,321	2,9838	216,04
M103-1	1	01/01/2014	16,266	-28,634	46	0,041	0,209	0,178	10,0315	64,58
M103-1	2	01/01/2014	16,000	-28,636	122	0,122	1,360	0,961	9,6061	82,48
M103-1	3	01/01/2014	15,667	-28,633	164	0,255	8,247	2,150	9,477	113,89
M103-1	4	01/02/2014	15,332	-28,633	192	0,281	11,636	2,424	8,9533	111,22
M103-1	5	01/02/2014	14,999	-28,633	177	0,209	12,147	1,944	9,3946	120,20
M103-1	6	01/02/2014	14,667	-28,633	166	0,151	11,832	1,251	10,0281	187,95
M103-1	7	01/02/2014	14,417	-28,639	377	0,326	12,010	2,855	9,1973	123,39
M103-1	8	01/02/2014	14,250	-28,633	736	0,432	11,473	3,438	4,6318	163,90
M103-1	9	01/03/2014	13,783	-28,634	2028	0,158	9,306	1,162	2,9977	216,16
M103-1	10	01/05/2014	12,310	-23,038	2101	0,235	10,081	1,905	3,142	208,06
M103-1	20	01/07/2014	13,503	-23,003	242	0,753	14,291	6,580	12,3613	11,23
M103-1	34	01/09/2014	14,366	-23,000	45	0,959	7,453	7,277	12,7675	9,11
M103-1	36	01/09/2014	12,831	-20,996	306	0,831	13,383	7,879	10,5774	9,07
M103-1	39	01/10/2014	12,166	-19,484	233	0,964	10,914	8,662		
M103-1	41	01/10/2014	12,001	-19,001	207	0,460	4,331	3,504		
M103-1	43	01/11/2014	11,665	-17,250	78	0,687	5,485	4,948	15,2438	18,81
M103-1	45	01/11/2014	11,400	-17,250	248	0,065	1,806	0,543	11,749	19,73
M103-1	46	01/12/2014	11,301	-17,251	479	0,219	2,169	1,452	7,4671	46,96
M103-1	59	01/15/2014	12,333	-19,999	220	0,688	12,720	5,504	12,3323	4,41

St.	AA-N [µg/g]	HA [mg/g]	HA-C [µg/g]	HA-N [µg/g]	AA-C/C [%]	AA-N/N [%]	HA-C/C [%]	HA-N/N [%]	AA [nmol/g]	HA [nmol/g]	AA/HA	RI	DI
2282	32,52	13931	4487	1,85	744	145	13,73	35,38	264883	10331	25,64	5,30	0,586
2283	32,68	14046	4492	1,46	589	114	23,04	51,12	265099	8170	32,45	7,43	0,614
2285	48,88	21010	6792	2,75	1106	215	18,15	44,94	396395	15353	25,82	5,87	0,622
2287	13,62	5733	1937	1,00	402	78	7,48	33,73	111687	5579	20,02	3,29	0,335
2288	15,88	6730	2282	1,25	503	98	12,34	37,78	128375	6982	18,39	3,04	0,488
2289	25,20	10680	3606	1,81	730	142	11,68	34,93	205990	10127	20,34	3,28	0,414
2290	16,38	6914	2358	1,27	511	99	9,08	26,31	134415	7089	18,96	2,87	0,137
2291	22,39	9444	3211	1,70	685	133	11,35	33,51	183333	9512	19,27	3,02	0,202
1	2,46	1092	362	0,03	13	3	61,42	87,88	19134	182	104,86	6,66	1,057
2	3,21	1356	461	0,22	88	17	14,10	37,73	26522	1216	21,80	2,08	0,111
3	5,97	2511	880	0,45	182	35	11,68	34,46	49130	2528	19,44	2,03	-0,133
4	8,20	3460	1200	0,64	258	50	14,27	42,71	67155	3584	18,74	2,07	-0,128
5	5,46	2312	780	0,49	196	38	11,89	37,24	44796	2723	16,45	2,64	-0,077
6	4,21	1783	598	0,33	134	26	14,25	39,73	34634	1858	18,64	2,67	-0,115
7	8,78	3679	1278	0,65	261	51	12,89	39,16	72279	3618	19,98	2,33	-0,021
8	9,49	3970	1385	0,74	298	58	11,55	32,08	77851	4141	18,80	2,14	-0,003
9							0,00						
10	5,68	2359	818	0,45	180	35	12,38	34,84	46775	2492	18,77	1,92	-0,338
20	18,12	7723	2553	1,75	703	137	11,74	33,89	148440	9761	15,21	3,04	0,338
34	20,55	8773	2841	1,42	572	111	12,06	29,62	168785	7931	21,28	4,96	0,479
36	17,00	7184	2401	1,46	588	114	9,12	28,87	138723	8159	17,00	2,86	0,375
39													
41													
43	18,40	7789	2558	1,30	521	101	15,74	37,22	150382,3	7232,1	20,79	3,36	0,303
45	1,06	445	147	0,10	41	8	8,19	22,58	8733,4	565,8	15,43	1,94	0,204
46	3,90	1645	558	0,33	134	26	11,33	25,48	32380,9	1854,9	17,46	2,03	-0,013
59	19,92	8511	2792	1,57	632	123	15,46	40,58	162142,7	8772,4	18,48	3,45	0,381

St.	CYA [mol-%]	TAU [mol-%]	MSO [mol-%]	MET [mol-%]	S-cont. [mol-%]	TYR [mol-%]	PHE [mol-%]	Arom. [mol-%]	HIS [mol-%]	TRP [mol-%]	LYS [mol-%]	ARG [mol-%]	Basic [mol-%]
2282	2,64	0,15	0,78	0,60	4,18	2,56	3,42	6,24	2,24	0,26	4,53	3,48	11,82
2283	2,46	0,16	0,71	0,33	3,67	2,48	3,50	6,16	1,99	0,18	4,89	3,56	11,93
2285	2,62	0,15	0,64	0,54	3,96	2,60	3,40	6,37	2,27	0,37	4,61	3,78	12,58
2287	3,28	0,22	0,51	0,76	4,77	2,12	2,79	5,36	2,68	0,46	4,63	3,81	13,58
2288	3,73	0,20	0,67	0,89	5,48	2,22	3,01	5,83	2,77	0,60	5,13	4,63	14,97
2289	2,89	0,18	0,67	1,03	4,77	2,21	2,85	5,49	2,54	0,44	4,95	4,23	14,05
2290	2,89	0,19	0,62	0,70	4,40	1,97	2,91	5,26	2,35	0,38	5,08	4,47	14,05
2291	3,01	0,18	0,69	0,71	4,58	2,06	2,89	5,36	2,44	0,41	4,85	4,40	13,90
1	1,29	0,04	0,84	0,47	2,64	2,54	3,96	7,03	1,85	0,52	7,22	7,69	17,92
2	2,55	0,22	0,20	0,48	3,44	1,92	2,69	4,94	2,32	0,34	5,23	4,18	14,10
3	2,74	0,22	0,37	0,49	3,82	1,67	2,53	4,56	2,18	0,36	5,92	4,70	16,33
4	2,79	0,19	0,44	0,53	3,95	1,65	2,64	4,64	2,03	0,35	6,01	4,87	15,91
5	2,62	0,18	0,59	0,66	4,05	1,59	2,90	4,79	1,90	0,31	5,41	4,24	13,96
6	1,97	0,17	0,89	0,57	3,60	1,64	2,91	4,77	1,82	0,23	4,95	4,13	13,34
7	2,76	0,24	0,57	0,76	4,33	1,66	2,55	4,57	2,38	0,35	5,39	4,31	15,31
8	3,23	0,20	0,65	0,81	4,89	1,64	2,58	4,58	2,32	0,36	5,52	4,66	15,47
9													
10	2,60	0,19	1,17	0,35	4,32	1,40	2,47	4,21	2,13	0,35	4,36	4,51	13,87
20	2,61	0,17	0,58	0,47	3,83	2,29	3,08	5,75	2,59	0,39	4,72	3,71	12,84
34	2,83	0,13	0,64	0,59	4,18	2,41	3,46	6,13	2,10	0,27	4,41	3,30	11,55
36	3,37	0,20	0,98	0,90	5,45	2,08	2,96	5,46	2,63	0,43	4,89	3,82	13,39
39													
41													
43	3,41	0,38	0,44	0,46	4,69	1,85	3,09	5,28	2,11	0,33	5,17	3,58	12,28
45	3,41	0,33	0,83	0,63	5,19	1,43	2,72	4,61	2,53	0,47	4,57	3,05	11,95
46	2,05	0,22	0,48	0,35	3,11	1,75	2,65	4,79	2,46	0,39	5,13	3,64	13,25
59	2,64	0,17	0,50	0,53	3,84	2,22	3,13	5,80	2,48	0,44	5,03	3,74	13,07

St.	THR [mol-%]	SER [mol-%]	GLY [mol-%]	ALA [mol-%]	VAL [mol-%]	ILE [mol-%]	LEU [mol-%]	Neutral [mol-%]	ASP [mol-%]	GLU [mol-%]	Acid [mol-%]
2282	6,38	8,05	9,59	15,67	9,31	4,10	5,66	55,56	11,74	9,59	23,98
2283	6,37	8,49	10,51	14,63	9,42	4,19	6,07	55,54	11,57	10,51	24,54
2285	6,34	8,21	9,82	15,03	9,30	4,01	5,85	55,21	11,41	9,82	23,85
2287	6,03	8,47	8,89	17,35	8,84	3,51	4,69	54,70	11,66	8,89	23,83
2288	5,68	6,31	8,81	16,81	8,66	3,63	5,09	51,93	11,86	8,81	24,40
2289	5,89	7,27	8,63	17,50	8,81	3,67	5,14	54,04	11,92	8,63	23,44
2290	5,99	6,68	8,84	18,13	9,00	3,50	4,77	53,74	12,39	8,84	24,12
2291	5,99	7,07	8,89	17,84	8,82	3,51	4,75	53,63	12,41	8,89	24,30
1	5,68	6,32	11,33	10,55	9,19	4,83	7,69	50,30	10,33	11,33	22,95
2	5,96	7,96	9,73	17,79	9,15	3,31	4,65	54,50	11,39	9,73	23,67
3	5,89	7,56	8,81	17,43	9,49	3,14	4,24	53,28	11,49	8,81	23,05
4	5,75	6,28	9,33	17,15	9,60	3,29	4,42	52,39	12,07	9,33	24,18
5	5,97	6,09	9,47	16,59	9,97	3,52	4,78	53,39	12,95	9,47	25,04
6	6,13	7,08	9,37	16,30	9,83	3,47	4,76	53,85	13,58	9,37	24,93
7	5,94	8,22	8,70	17,42	9,06	3,21	4,14	53,43	12,20	8,70	23,66
8	5,76	7,28	8,64	17,88	8,75	3,24	4,31	52,50	12,32	8,64	24,19
9											
10	6,12	8,19	8,62	17,24	8,70	3,02	4,14	52,53	14,79	8,62	26,00
20	6,18	6,34	9,58	17,13	9,53	3,70	5,18	54,30	12,33	9,58	24,51
34	6,51	9,19	8,58	16,02	9,65	3,99	5,67	57,31	11,35	8,58	22,75
36	6,11	6,68	8,74	17,08	9,18	3,63	5,09	53,57	12,06	8,74	24,17
39											
41											
43	6,43	7,53	9,81	15,97	9,60	3,83	5,59	55,17	11,63	9,81	24,85
45	6,04	7,30	9,85	16,80	9,34	3,62	4,95	54,16	12,57	9,85	25,83
46	6,44	8,33	9,48	17,69	9,33	3,27	4,48	55,18	12,41	9,48	23,94
59	6,55	7,28	9,82	15,61	9,43	3,77	5,27	54,27	12,10	9,82	24,56

St.	CYA [nmol/g]	TAU [nmol/g]	MSO [nmol/g]	MET [nmol/g]	TYR [nmol/g]	PHE [nmol/g]	Tyr/Phe	HIS [nmol/g]	TRP [nmol/g]	LYS [nmol/g]	ARG [nmol/g]	Arg/Orn
2282	7000	392	2076	1602	6793	9056	0,75	5931	678	11986	9229	2,65
2283	6531	424	1895	875	6573	9268	0,71	5288	483	12973	9443	2,74
2285	10393	583	2550	2158	10324	13471	0,77	9009	1453	18275	14970	2,42
2287	3660	244	569	853	2369	3112	0,76	2999	509	5170	4259	1,91
2288	4787	254	857	1140	2847	3858	0,74	3551	774	6588	5942	2,51
2289	5958	366	1379	2132	4543	5864	0,77	5241	906	10206	8718	2,25
2290	3883	260	828	939	2654	3905	0,68	3158	507	6822	6015	2,52
2291	5512	336	1256	1295	3783	5293	0,71	4474	748	8895	8066	2,44
1	246	8	160	90	486	758	0,64	355	100	1382	1471	12,00
2	675	57	54	127	509	713	0,71	615	89	1387	1109	2,05
3	1347	107	182	242	820	1241	0,66	1069	179	2907	2309	1,48
4	1871	129	298	353	1105	1775	0,62	1363	236	4033	3269	1,84
5	1176	82	264	295	710	1298	0,55	849	137	2422	1898	2,00
6	683	59	307	198	567	1008	0,56	631	78	1713	1431	1,86
7	1998	173	414	547	1201	1846	0,65	1718	253	3895	3115	1,50
8	2516	157	507	630	1274	2005	0,64	1806	282	4299	3626	1,79
9												
10	1216	90	547	166	653	1155	0,57	998	162	2040	2109	1,79
20	3867	251	862	700	3395	4566	0,74	3843	579	7002	5509	2,60
34	4768	216	1072	990	4062	5833	0,70	3542	452	7442	5573	2,24
36	4681	282	1353	1243	2880	4103	0,70	3645	596	6781	5303	2,35
39												
41												
43	5134,0	565,0	662,3	693,7	2786,1	4648,9	0,60	3174,3	502,8	7770,3	5379,3	3,27
45	297,8	28,4	72,3	54,8	124,5	237,2	0,52	220,7	41,1	399,2	266,6	2,30
46	664,3	72,7	156,1	114,8	566,3	857,9	0,66	797,1	125,7	1659,7	1178,3	2,22
59	4286,3	271,9	807,7	866,4	3603,6	5081,8	0,71	4018,0	716,6	8163,3	6058,3	2,72

St.	THR [nmol/g]	SER [nmol/g]	GLY [nmol/g]	ALA [nmol/g]	VAL [nmol/g]	ILE [nmol/g]	LEU [nmol/g]	ASP [nmol/g]	GLU [nmol/g]	Asp/Gly	ThrSer/GlyAla
2282	16896	21320	41509	24664	16942	10847	14986	31098	25409	0,75	0,58
2283	16890	22518	38782	24965	16916	11099	16079	30671	27853	0,79	0,62
2285	25131	32532	59586	36854	25679	15886	23172	45227	38910	0,76	0,60
2287	6738	9457	19380	9869	6487	3922	5241	13023	9932	0,67	0,55
2288	7295	8105	21584	11123	7365	4658	6538	15231	11304	0,71	0,47
2289	12136	14982	36059	18141	11857	7553	10580	24551	17782	0,68	0,50
2290	8052	8980	24366	12095	7634	4701	6410	16653	11885	0,68	0,47
2291	10974	12957	32703	16166	10365	6439	8715	22746	16297	0,70	0,49
1	1088	1208	2018	1758	1157	924	1471	1976	2168	0,98	0,61
2	1582	2112	4718	2427	1505	878	1233	3022	2580	0,64	0,52
3	2896	3713	8562	4661	2717	1544	2083	5646	4329	0,66	0,50
4	3862	4219	11516	6448	3958	2210	2971	8107	6263	0,70	0,45
5	2676	2729	7433	4466	2896	1577	2139	5799	4243	0,78	0,45
6	2123	2453	5645	3406	2175	1202	1648	4704	3246	0,83	0,51
7	4296	5943	12590	6547	3923	2323	2995	8821	6286	0,70	0,54
8	4485	5671	13919	6808	4101	2525	3358	9592	6727	0,69	0,49
9											
10	2862	3830	8062	4071	2396	1412	1937	6917	4030	0,86	0,55
20	9168	9417	25428	14149	9262	5485	7694	18306	14216	0,72	0,47
34	10993	15506	27035	16289	10597	6742	9563	19154	14478	0,71	0,61
36	8471	9264	23694	12731	8070	5030	7056	16727	12122	0,71	0,49
39											
41											
43	9663,9	11319,0	24012,1	14437,3	9363,4	5763,4	8412,6	17488,7	14747,8	0,73	0,55
45	527,6	637,9	1467,2	815,7	533,2	316,3	432,4	1098,0	860,2	0,75	0,51
46	2084,6	2697,0	5727,4	3021,1	1830,0	1058,0	1450,4	4018,7	3068,6	0,70	0,55
59	10612,8	11802,3	25307,8	15289,7	10314,0	6119,7	8548,3	19613,3	15918,4	0,77	0,55

St.	ORN [nmol/g]	ORN [mol-%]	Gluam [nmol/g]	Galam [nmol/g]	$\beta$ -ALA [nmol/g]	$\gamma$ -ABA [nmol/g]	Gluam [mol-%]	Galam [mol-%]	$\beta$ -ALA [mol-%]	$\gamma$ -ABA [mol-%]	Gluam/ Galam	Asp/ $\beta$ -Ala	Glu/ $\gamma$ -Aba	non-prot [mol-%]
2282	3480	1,31	5054	5277	1885	1103	48,92	51,08	0,71	0,42	0,96	16,49	23,04	1,13
2283	3442	1,30	4286	3884	1439	693	52,46	47,54	0,54	0,26	1,10	21,31	40,20	0,80
2285	6175	1,56	7499	7854	2858	1196	48,85	51,15	0,72	0,30	0,95	15,82	32,53	1,02
2287	2229	2,00	2788	2791	1228	436	49,98	50,02	1,10	0,39	1,00	10,60	22,78	1,49
2288	2368	1,84	3460	3522	1727	480	49,56	50,44	1,35	0,37	0,98	8,82	23,57	1,72
2289	3867	1,88	5099	5029	2451	719	50,34	49,66	1,19	0,35	1,01	10,02	24,74	1,54
2290	2385	1,77	3626	3463	1784	501	51,15	48,85	1,33	0,37	1,05	9,34	23,74	1,70
2291	3307	1,80	4913	4600	2302	701	51,65	48,35	1,26	0,38	1,07	9,88	23,25	1,64
1	123	0,64	109	74	120	67	59,58	40,42	0,62	0,35	1,47	16,53	32,23	0,98
2	540	2,04	654	562	413	175	53,80	46,20	1,56	0,66	1,16	7,31	14,71	2,22
3	1561	3,18	1282	1246	735	280	50,70	49,30	1,50	0,57	1,03	7,68	15,44	2,07
4	1780	2,65	1784	1801	999	391	49,76	50,24	1,49	0,58	0,99	8,11	16,02	2,07
5	947	2,11	1294	1429	614	147	47,53	52,47	1,37	0,33	0,91	9,45	28,85	1,70
6	768	2,22	879	979	471	119	47,29	52,71	1,36	0,34	0,90	9,99	27,33	1,70
7	2083	2,88	1799	1818	1058	252	49,74	50,26	1,46	0,35	0,99	8,33	24,93	1,81
8	2029	2,61	2053	2088	1213	320	49,58	50,42	1,56	0,41	0,98	7,91	21,02	1,97
9														
10	1179	2,52	1300	1192	694	248	52,17	47,83	1,48	0,53	1,09	9,97	16,25	2,01
20	2120	1,43	4918	4843	1824	795	50,38	49,62	1,23	0,54	1,02	10,04	17,88	1,76
34	2483	1,47	3945	3986	1322	672	49,74	50,26	0,78	0,40	0,99	14,49	21,55	1,18
36	2252	1,62	4191	3969	1637	804	51,36	48,64	1,18	0,58	1,06	10,22	15,07	1,76
39														
41														
43	1644,3	1,09	3827,0	3405,1	1488,8	724,2	52,92	47,08	0,99	0,48	1,12	11,75	20,36	1,47
45	115,9	1,33	277,2	288,7	139,6	46,7	48,98	51,02	1,60	0,53	0,96	7,86	18,42	2,13
46	530,3	1,64	999,0	856,0	491,5	210,5	53,85	46,15	1,52	0,65	1,17	8,18	14,58	2,17
59	2228,1	1,37	4540,8	4231,5	1599,7	914,5	51,76	48,24	0,99	0,56	1,07	12,26	17,41	1,55