

Bathymetrische Kompilation und geomorphologische Analysen am Knipovich-Rücken

Ein Beitrag von JONAH GEILS

Mittelozeanische Rücken stellen das erste Glied im globalen Förderband von Neubildung, Abkühlung, Abdeckung und Subduktion ozeanischer Kruste dar. Eine ihrer Gattungen, die ultralangsam spreizenden Rücken, ist erst in den letzten Jahren in den Fokus der Forschungsgemeinschaft gerückt und deswegen noch nicht im Detail verstanden. Zu einem Vertreter dieser Gruppe, dem Knipovich-Rücken in der Norwegen-Grönland See, wurde deswegen eine Kompilation von hochauflösenden bathymetrischen Daten angefertigt und damit erstmals ein detailreicher, zusammenhängender Datensatz in diesem Gebiet generiert. Dieser wurde anschließend mit einer ringförmigen Nachbarschaftsanalyse in zwei Frequenzbereichen analysiert und ausgewertet. So konnten übergeordnete Strukturen wie magmatisch robustere Bauten sowie deren interne Struktur dargestellt werden. Der automatisierte und einheitliche Charakter dieser Methodik eröffnet dabei Möglichkeiten in Bezug auf objektivere und quantitativere Rückschlüsse. Festgestellt wurde dabei, dass die Orientierung der Riftachse Auswirkung auf die Ausrichtung von bestimmten tektonischen Strukturen hat. Des Weiteren kann ein Einfluss der Obliquität auf die Strukturgröße am Rücken nachgewiesen werden. Diese Abhängigkeit wird aber zusätzlich von der Magmaverfügbarkeit im jeweiligen Gebiet beeinflusst. Unterschiede

Knipovich-Rücken | Mittelozeanische Rücken | Nachbarschaftsanalyse | Obliquität

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Kompilation von schiffsbasierten Bathymetriedaten am Knipovich-Rücken, deren gemeinsamer Prozessierung und anschließender geomorphologischer Auswertung. Besonders ist diese Zusammenstellung deswegen, weil sie das erste Mal einen zusammenhängenden, hochaufgelösten Datensatz des Knipovich-Rückens liefert. Des Weiteren wird die geomorphologische Analyse automatisiert und damit objektiver und quantitativer durchgeführt als es bei diesen Daten gemeinhin der Fall ist. Es sollen dabei Verbindungen zwischen bedingender Geologie und geomorphologischer Ausprägung geknüpft werden und damit die Fragen »Welche Prozesse stecken hinter der Morphologie?« und im Umkehrschluss »Was sagt die Morphologie über die Geologie eines Gebietes aus?« beantwortet werden.

Alle Karten in dieser Arbeit sind im UPS-Nord-Koordinatensystem der Nummer 32661 dargestellt. Für die Kompilation standen Daten aus 31 Expeditionen des FS *Polarstern* und drei des FS *Maria S. Merian* zur Verfügung. Da die drei *Maria S. Merian*-Expeditionen großflächig Daten im Arbeitsgebiet liefern und mit einem moderneren Fächer-echolot aufgezeichnet worden sind, werden sie als Hauptdatensätze genutzt.

2 Einführung in das Arbeitsgebiet

Mit einer Länge von über 60 000 km stellen Mittelozeanische Rücken eine der größten Strukturen

auf unserem Planeten dar (Fowler 2005). Basierend auf ihrer Spreizungsrate, also der Geschwindigkeit, mit der die Platten sich voneinander entfernen, werden sie nach schnell (80 bis 180 mm/Jahr), intermediär (55 bis 70 mm/Jahr) und langsam spreizenden (<55 mm/Jahr) Rücken unterteilt. Weiterhin können die langsam spreizenden Rücken bei geringeren Raten als 20 mm/Jahr als ultralangsam spreizend klassifiziert werden (Dick et al. 2003). Vertreter sind das Arktische sowie das Südwest-Indische Rückensystem. Im Rahmen dieser Arbeit soll nun der Knipovich-Rücken, als Teil des Arktischen Rückensystems, genauer betrachtet werden (Abb. 1).

Der Knipovich-Rücken wird vom Mohns-Rücken im Süden und der Molloy-Störungszone im Norden eingefasst (Curewitz et al. 2010). Er erstreckt sich damit grob 550 km in Nord-Süd-Ausrichtung. Neben der geringen Spreizungsrate zeichnet er sich durch eine Obliquität, also eine Schiefe, beim Spreizungsprozess aus. Abb. 2 verdeutlicht den Sachverhalt. Aufgrund der unterschiedlichen Orientierung der Riftachse variiert diese Obliquität (θ) aber auch entlang der Struktur. Die Parameter Spreizungsrate und deren Richtung werden in der Literatur mit 14,7 mm/Jahr und 307° angegeben (Sella et al. 2002).

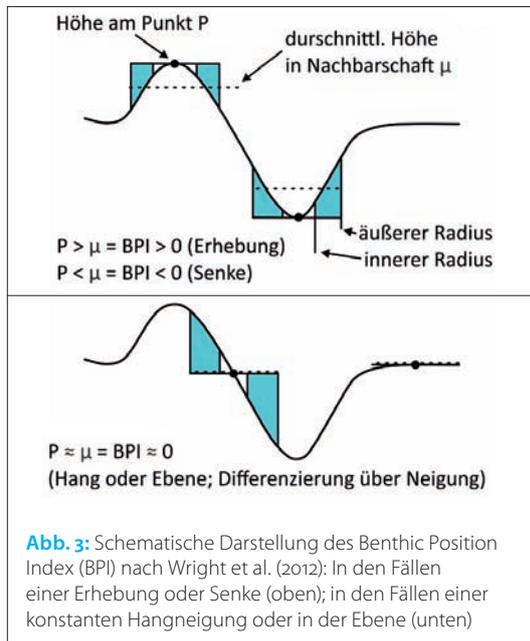
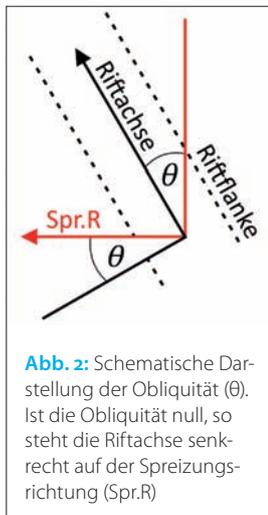
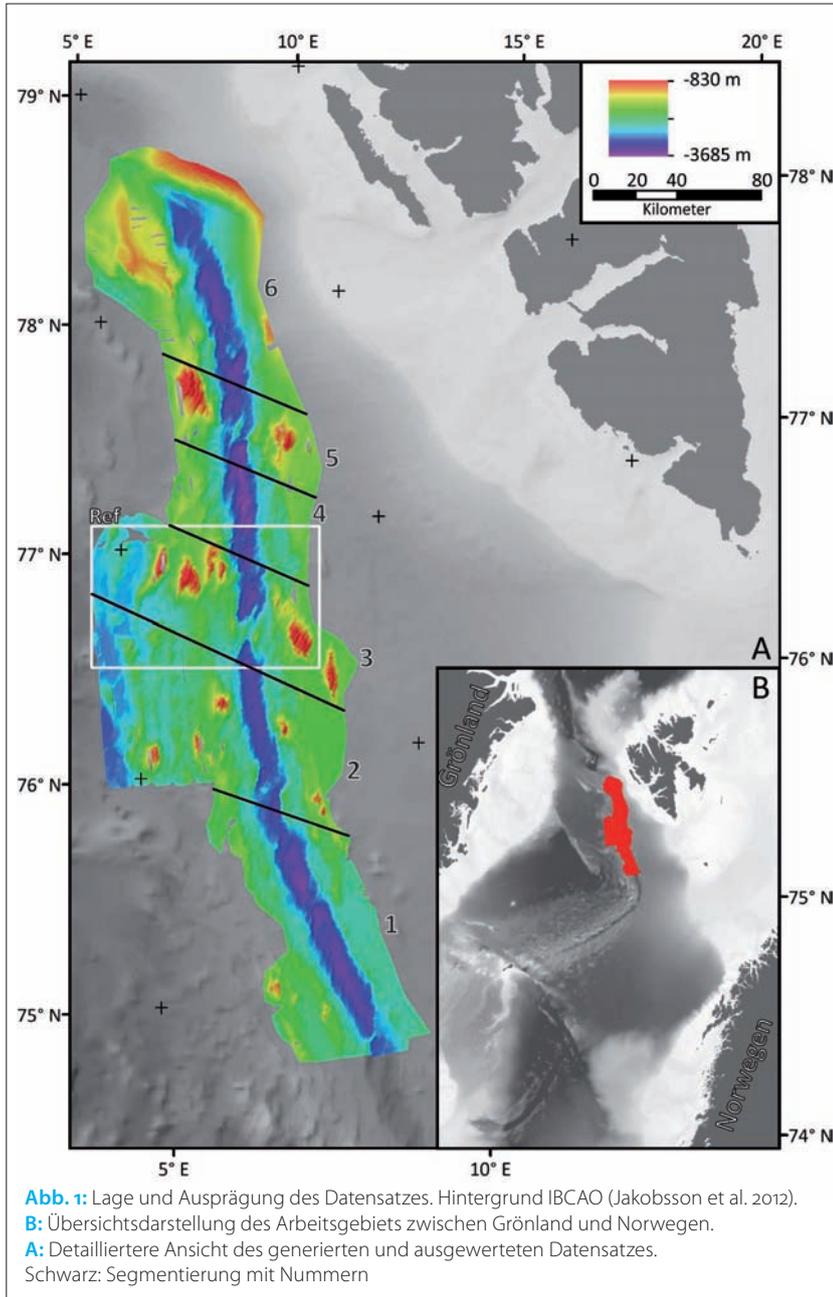
Allgemein stellt sich das Rifttal als eine Senke von ca. 3000 bis 3600 m Wassertiefe dar, welche in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen von ca. 500 bis 1000 m hohen Seamounts unterbro-

den in der Rauigkeit des Meeresbodens weisen weiterhin auf eine zeitliche Variabilität dieser Magmaproduktion hin. Außerdem konnten morphologische Unterschiede in den zwei bekannten magmatischen Centern in diesem Gebiet aufgedeckt werden.

Autor

Jonah Geils studiert am Fachbereich für Geowissenschaften an der Universität Bremen.

jogeils@uni-bremen.de



chen wird. Die beiden mit Abstand prominentesten Strukturen innerhalb des Rifttals liegen dabei jeweils auf einer Linie von Seamounts in Spreizungsrichtung (Curewitz et al. 2010). Die südliche dieser beiden Strukturen ist auch als Logachev Seamount bekannt.

Um Mittelozeanische Rücken zu segmentieren und so einem internen Vergleich zugänglich zu machen, werden bestimmte Unterscheidungsmerkmale gebraucht. Am Knipovich-Rücken wurde eine solche Segmentierung von Vogt et al. (1998) aufgrund von Variationen in der Gesteinsmagnetisierung getätigt. Die einzelnen Segmente entlang der Struktur werden dabei von Gebieten geringer Magnetisierung parallel zur Spreizungsrichtung getrennt. Basierend auf dieser Unterteilung, wurde der Knipovich-Rücken in sechs Segmente separiert (Abb. 1).

3 Methodik

Die in Abschnitt 1 erwähnten Hauptdatensätze sind an Bord des Forschungsschiffs *Maria S. Merian* produziert worden und basieren auf dem Kongsberg EM122 MBES.

Nach dem Zusammentragen der Daten wurden die Soundings in Fledermaus flächenhaft prozessiert und das editierte Grid anschließend mit der Software ESRI ArcGIS analysiert, die um die BTM-Toolbox (Benthic Terrain Modeler; Wright et al. 2012) erweitert wurde. Mit Hilfe dieser Toolbox können sogenannte fine- und broadscale Benthic Position Indices erstellt werden. Die Theorie hinter dieser Nachbarschaftsanalyse ist in Abb. 3 gezeigt.

Die zu setzenden Parameter, innerer und äußerer Radius der ringförmigen Analyse, werden dabei aus einem Referenzgebiet (Abb. 2) abgeleitet. Für den finescale BPI wurden sie auf 400 m bzw. 1000 m und für den broadscale BPI auf 1500 m bzw. 6000 m gesetzt. Während im größeren Suchgebiet übergeordnete Strukturen wie die massiven vulkanischen Rücken erkannt werden sollen, befasst sich der feinskalige BPI einerseits mit deren interner Struktur sowie allgemein mit kleineren morphologischen Merkmalen.

Die entstehenden Rücken- bzw. Trogflächen außerhalb der untergeordneten Schwankungen ($BPI > 1$ Standardabweichung = Rücken, $BPI < -1$ Standardabweichung = Trog) werden zu Polygonen konvertiert und anschließend gefiltert (Löschen von $A_{Polygon} < 1 \text{ km}^2$). Die verbleibenden Polygone liefern die Flächenstatistik und werden anschließend durch konvexe Hüllen eingefasst, um so die anderen Attribute wie die Orientierung angeben zu können. Da in einem projizierten Koordinatensystem gearbeitet wurde, darf diese allerdings nur als Orientierung zum Bezugsmeridian und nicht zu geographisch Nord verstanden werden. Polygone, die die anschließende Aufteilung auf die Segmente zerschneiden würde, zählen in beiden angrenzenden Segmentstatistiken.

Die Riftachse wurde mit dem gleichen Arbeitsablauf bestimmt. Dabei wurden jedoch nur die

Tröge aus dem broadscale BPI mit 5 km inneren und 30 km äußeren Radius ausgewertet. Um nur den allgemeinen Trend des Rifttals darzustellen, wurde als einhüllende Form ein Rechteck gewählt.

4 Ergebnisse

Abb. 4 zeigt die Flächen, die als Rücken bzw. Tröge im fein- und breitskaligen Bereich erkannt werden können. Aus den Ergebnissen wurde Abb. 5 generiert. Dort sind neben einer Tabelle auch beispielhaft die Rosendiagramme für das dritte Segment, sowie die Flächenstatistik als kumulativer Plot für die breitskaligen Rücken gezeigt.

4.1 Ergebnisse nach Segmenten

Das erste Segment spiegelt den südlichsten Teil des Datensatzes wider. Die Orientierung der Riftachse konnte mit 336° bestimmt werden. Die Obliquität ist somit in diesem Gebiet am größten. Die Strukturen sind eher klein. Die Orientierung derselben ist nahe Nord-Süd, wobei die breitskaligen Rücken eher Richtung Westen liegen (bis 335°) und die breitskaligen Tröge sehr starke Variationen aufweisen (325° bis 35°).

Im zweiten Segment knickt die Riftachse auf 350° ab. Dazu ändern sich auch einige Charakteris-

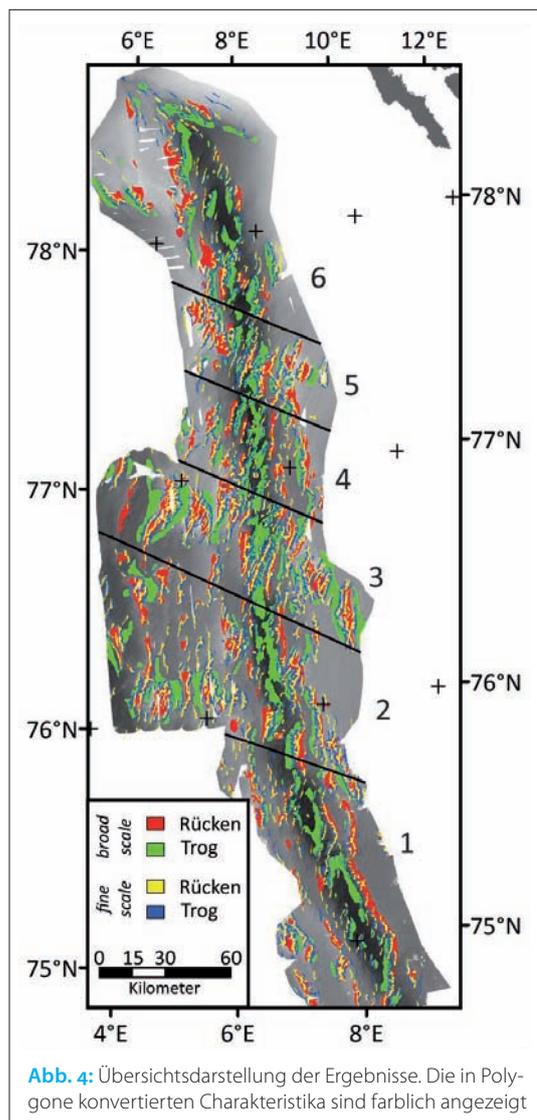


Abb. 4: Übersichtsdarstellung der Ergebnisse. Die in Polygone konvertierten Charakteristika sind farblich angezeigt

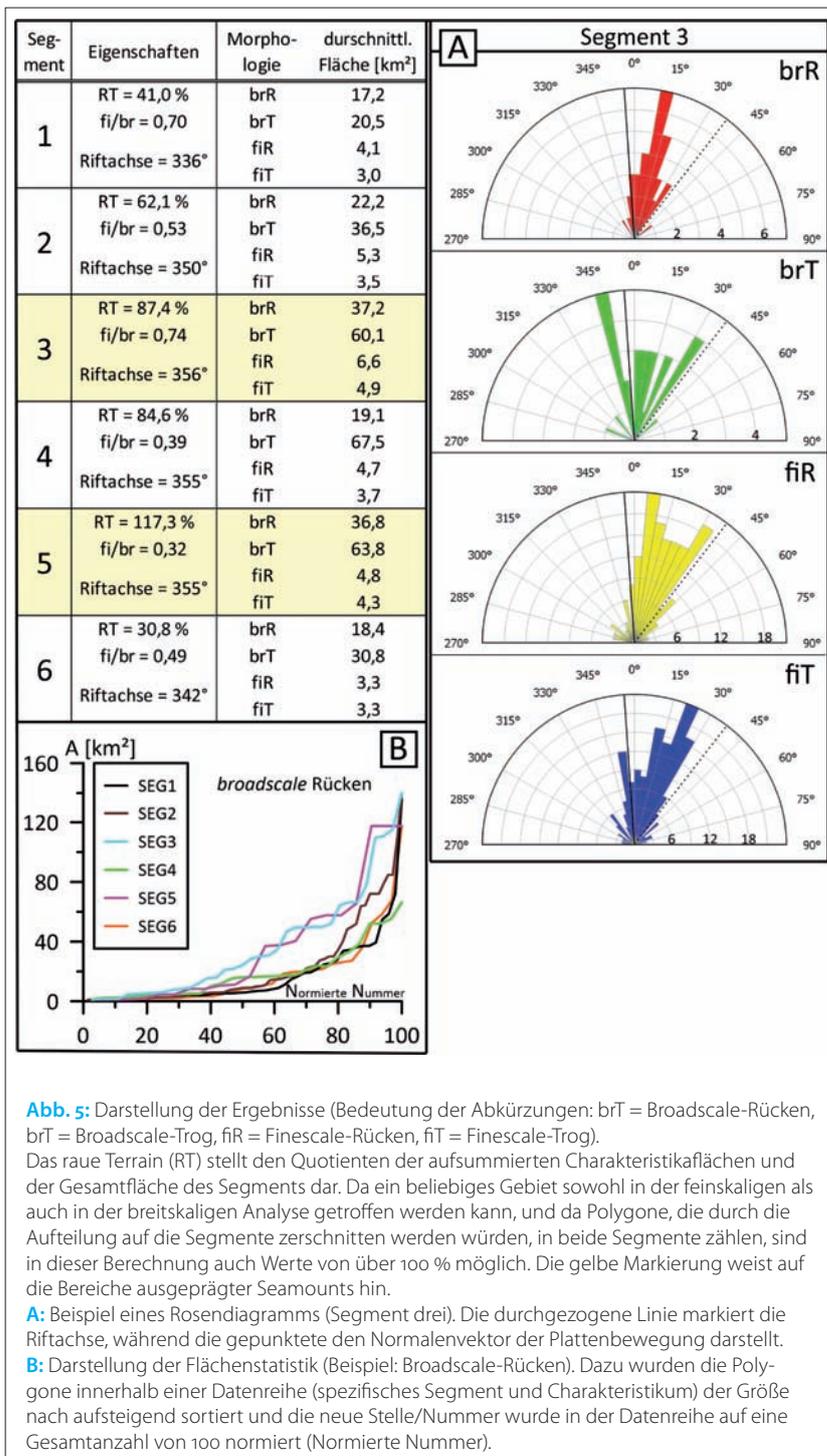


Abb. 5: Darstellung der Ergebnisse (Bedeutung der Abkürzungen: brT = Broadscale-Rücken, brR = Broadscale-Tröge, fiR = Finescale-Rücken, fiT = Finescale-Tröge).

Das raue Terrain (RT) stellt den Quotienten der aufsummierten Charakteristikaflächen und der Gesamtfläche des Segments dar. Da ein beliebiges Gebiet sowohl in der feinskaligen als auch in der breitskaligen Analyse getroffen werden kann, und da Polygone, die durch die Aufteilung auf die Segmente zerschnitten werden würden, in beide Segmente zählen, sind in dieser Berechnung auch Werte von über 100 % möglich. Die gelbe Markierung weist auf die Bereiche ausgeprägter Seamounts hin.

A: Beispiel eines Rosendiagramms (Segment drei). Die durchgezogene Linie markiert die Riftachse, während die gepunktete den Normalenvektor der Plattenbewegung darstellt.

B: Darstellung der Flächenstatistik (Beispiel: Broadscale-Rücken). Dazu wurden die Polygone innerhalb einer Datenreihe (spezifisches Segment und Charakteristikum) der Größe nach aufsteigend sortiert und die neue Stelle/Nummer wurde in der Datenreihe auf eine Gesamtanzahl von 100 normiert (Normierte Nummer).

tika. Vor allem die breitskaligen Strukturen gewinnen an Fläche. Abb. 5B zeigt ab 80 % der Polygone eine Erhöhung der breitskaligen Rücken in Bezug auf die Fläche. Die Orientierung der Strukturen neigt sich Richtung Osten. Nur die breitskaligen Rücken weisen einen Modalwert von 350° bis 355° auf.

Die geringste Obliquität wird im dritten Segment erreicht. Die Riftachse wurde auf 356° bestimmt. Die breitskaligen Strukturen vergrößern sich signifikant, die feinskaligen untergeordnet. Die Orientierung aller Charakteristika neigt sich weiter Richtung Osten und nähert sich der Normalen der Spreizungsrichtung an (Orientierung zwischen 5° und 35°, Abb. 5A). Nur die breitskaligen

Literatur

Crane, Kathleen; Anders Solheim (1995): Seafloor atlas of the northern Norwegian-Greenland Sea; Norsk Polarinstitut, Oslo

Curewitz, Daniel; Kyoko Okino; Miho Asada; Boris Baranov; Evgeny Gusev; Kensaku Tamaki (2010): Structural analysis of fault populations along the oblique, ultra-slow spreading Knipovich Ridge, North Atlantic Ocean, 74°30'N-77°50'N; Journal of Structural Geology, Vol. 32, No. 6, pp. 727-740, DOI: 10.1016/j.jsg.2009.08.011

Dick, Henry J. B.; Jian Lin; Hans Schouten (2003): An ultraslow-spreading class of ocean ridge; Nature, No. 426, pp. 405-412, DOI: 10.1038/nature02128

Dorschel, Boris; Vera Schlindwein (2015): Quantitative geomorphological analyses of Gakkel Ridge (Arctic Ocean) and the Southwest Indian Ridge (Southern Ocean); Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung, Bremerhaven, unveröffentlicht

Fowler, C. M. R. (2005). The solid earth: an introduction to global geophysics (2. Aufl.); Cambridge University Press, 728 pp.

Jakobsson, Martin; Larry Mayer; Bernhard Coakley; Julian A. Dowdeswell; Steve Forbes; Boris Fridman; Hanne Hodnesdal; Riko Noormets; Richard Pedersen; Michele Rebecco; Hans Werner Schenke; Yulia Zarayskaya; Daniela Accetella; Andrew Armstrong; Robert M. Anderson; Paul Bienhoff; Angelo Camerlenghi; Ian Church; Margo Edwards; James V. Gardner; John K. Hall; Benjamin Hell; Ole Hestvik; Yngve Kristoffersen; Christian Marcussen; Rezwan Mohammad; David Mosher; Son V. Nghiem; Maria Teresa Pedrosa; Paola G. Travaglini; Pauline Weatherall (2012): The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0, DOI: 10.1029/2012GL052219

Macdonald, Ken C. (1982): Mid-Ocean Ridges: Fine Scale Tectonic, Volcanic and Hydrothermal Processes Within the Plate Boundary Zone; Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Vol. 10, No. 1, pp. 155-190, DOI: 10.1146/annurev.ea.10.050182.001103

Tröge weisen zusätzlich viele Strukturen bei 345° bis 350° streichend auf.

Im vierten Segment wurde die Riftachse auf 355° bestimmt. Eine Verkleinerung der Charakteristika ist zu erkennen. Eine Ausnahme bilden die breitskaligen Tröge. Die Orientierung der Strukturen bleibt im Vergleich zum dritten Segment weitestgehend gleich. Die breitskaligen Tröge weisen in diesem Segment allerdings keine Anomalie auf.

Auch in Segment fünf wurde die Riftachse mit 355° erkannt. Die Strukturen erreichen eine ähnliche Größe wie im dritten Segment. Die Orientierung der Charakteristika im Raum ist ähnlich der beiden vorangegangenen Segmente und liegt großteilig zwischen 15° und 30°.

Das sechste Segment weist mit einer 342° streichenden Riftachse die zweitgrößte Obliquität auf. Die Strukturgrößen fallen allesamt. Die Orientierung der Strukturen kippt wieder deutlich Richtung Westen und kann als Nord-Süd angegeben werden (großteilig zwischen 355° und 10°).

5 Interpretation

5.1 Orientierung der Strukturen zur Riftachse

Wie in Abschnitt 4 erwähnt, zeigt die Strukturorientierung eine Abhängigkeit zur Riftachsenorientierung. Bei einer Ostverschiebung der Riftachse (innerhalb des ersten und vierten Richtungsquadranten) verschiebt sich ebenfalls das Intervall der Strukturorientierung Richtung Osten. Das lässt sich einerseits auf riftparallele Strukturen zurückführen, andererseits auch auf Strukturen, die einen Winkel

zur Riftachse aufweisen. Erstere werden vor allem durch die Riftflanken repräsentiert (Abb. 6). Diese verändern beispielsweise mit der Riftachse vom ersten Segment zum zweiten hin ihre Orientierung. Nach Dick et al. (2003) sind diese Strukturen Teil des Abschiebungssystems, das sich axial von der Rückenachse ausbreitet und als Ursache für diese Terrassierung erkannt werden kann.

Bei den feinskaligen Strukturen muss ebenfalls innerhalb des Charakteristikums differenziert werden. Ausschlaggebend ist hier die interne Struktur von größeren geomorphologischen Charakteristika (Abb. 7). Die Streichrichtung dieser feinskaligen Strukturen ist dabei senkrecht zur Spreizungsrichtung. Da die Verteilung von größeren geologischen Bauten ungleichmäßig über den Datensatz ist, ist auch die Auswirkung auf die feinskalige Orientierungsstatistik unterschiedlich. Hier muss wieder auf die Problematik eines projizierten Koordinatensystems hingewiesen werden. Die Statistik (Abb. 5A) kann dabei die visuell sehr gute Übereinstimmung zwischen der Senkrechten der Spreizungsrichtung und der Orientierung der feinskaligen Strukturen nicht klar manifestieren.

Da anscheinend die Orientierung der Riftachse über das Vorkommen von größeren geologischen Strukturen auf die Richtungsverteilung der Charakteristika wirkt, soll diese Abhängigkeit im Folgenden weiter beleuchtet werden.

5.2 Obliquität und Strukturgröße

Die Abb. 5 zeigt einen signifikanten Anstieg der Größe der Charakteristika in den Segmenten drei und fünf. Dieser Größenzuwachs ist vor allem bei

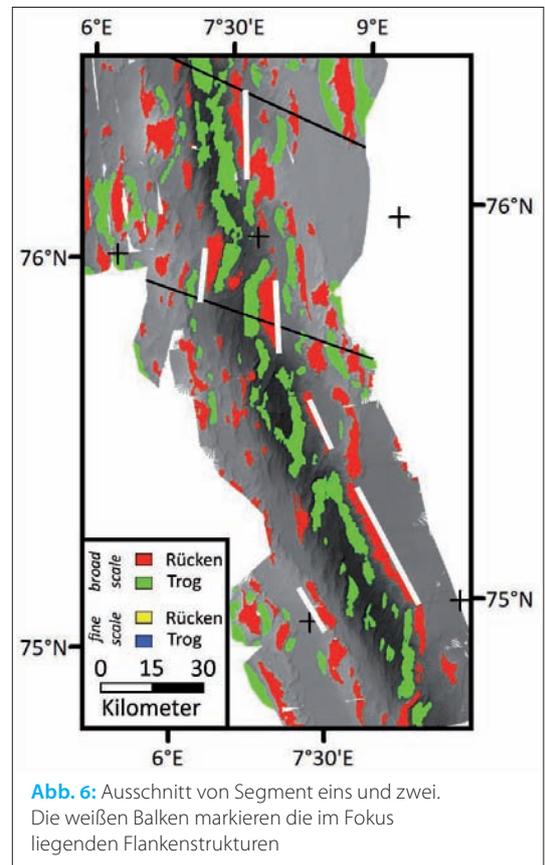


Abb. 6: Ausschnitt von Segment eins und zwei. Die weißen Balken markieren die im Fokus liegenden Flankenstrukturen

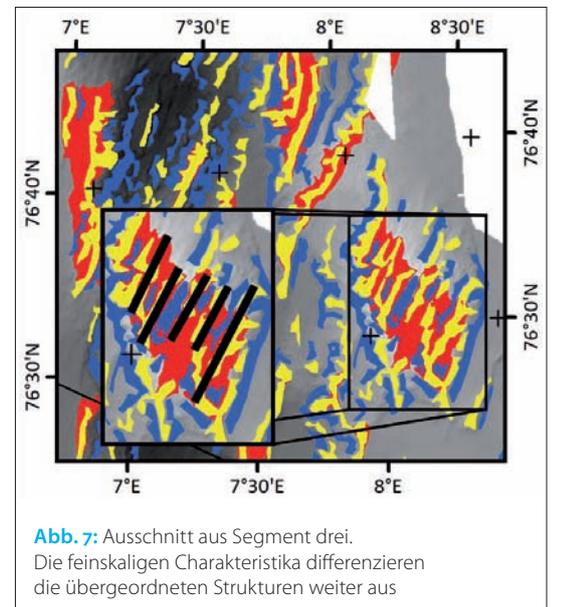


Abb. 7: Ausschnitt aus Segment drei. Die feinskaligen Charakteristika differenzieren die übergeordneten Strukturen weiter aus

den breitskaligen Strukturen zu erkennen. Die breitskaligen Rücken, stellvertretend für größere magmatische Bauten, zeigen stabilere, magmatische Segmente an (Okino et al. 2002). Innerhalb des Datensatzes scheint vor allem die Orientierung der Riftachse und damit die Obliquität eines Segments einen wesentlichen Einfluss auf das Vorkommen dieser Strukturen zu haben. Außerhalb der Daten lassen sich zusätzlich aber auch andere Parameter erkennen, die Einfluss auf das Auftreten haben können. So müssen die Spreizungsrate (Macdonald 1982) und der Magmanachschiebung (Sauter et al. 2011) genannt werden. Diese Parameter werden im Folgenden besprochen.

5.2.1 Spreizungsrate

Ausgehend von der Tatsache, dass der Knipovich-Rücken schräg spreizt, muss die effektive Spreizungsrate bestimmt werden. Von Sella et al. (2002) wurde eine Spreizungsrate von 14,7 mm pro Jahr bei 307° Ausrichtung bestimmt. Die effektive Spreizungsrate für das jeweilige Segment wird nun über einen Proportionalitätsfaktor, bestehend aus dem Kosinus der Obliquität, berechnet. Die folgende Tabelle und Abb. 8 zeigen die Ergebnisse.

Segment	Effektive Spreizungsrate [mm/Jahr]	Durchschnittliche Fläche der breitskaligen Rücken [km ²]
6	8,4	18,38
5	10,9	36,84
4	10,9	19,09
3	11,1	37,23
2	10,0	22,24
1	7,1	17,18

Hervorzuheben ist, dass sich im Falle des Knipovich-Rückens die Spreizungsrate nicht wesentlich entlang der Struktur ändert (Okino et al. 2002). Variationen in der effektiven Spreizungsrate sind also maßgeblich obliquitätsbedingt.

In Abb. 8 ist ein klarer Zusammenhang zwischen der effektiven Spreizungsrate und der durchschnittlichen Fläche der breitskaligen Rücken als Stellvertreter für größere magmatische Bauten zu

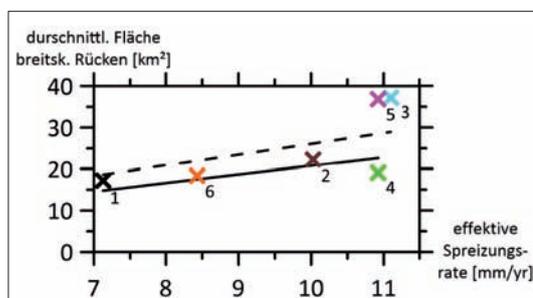


Abb. 8: Grafische Darstellung der berechneten Spreizungsraten. Die linearen Ausgleichsgeraden durch den Ursprung sind mit (gestrichelte Linie, $R^2 = 0,41$), und ohne (durchgezogene Linie, $R^2 = 0,53$) die Segmente drei und fünf berechnet

erkennen. Auffällig ist die Sonderstellung des dritten und fünften Segments. Diese liegen mit ihrer durchschnittlichen Fläche deutlich über dem normalen Trend aus den Segmenten eins, zwei, vier und sechs. Ein Einfluss der effektiven Spreizungsrate auf die Segmentstruktur ist somit durchaus möglich, wenn auch nicht der einzige Faktor mit Hinblick auf die Ausreißer des dritten und fünften Segments.

5.2.2 Magmanachschiebung

Als weitere Ursache für strukturelle Größenvariationen an Mittelozeanischen Rücken kann der Magmanachschiebung genannt werden. Dieser Faktor ist abhängig von vielen verschiedenen mantelinternen Parametern (Regelous et al. 2016). Um die Schmelzenverfügbarkeit am Rücken einschätzen zu können, wurden seismologische (Schlindwein et al. 2013), geomagnetische (Crane u. Solheim 1995) und gravimetrische Daten (Okino et al. 2002) betrachtet. Diese weisen die Segmente drei und fünf als Gebiete stark erhöhter magmatischer Aktivität aus.

5.2.3 Wirkungsabschätzung auf den Knipovich-Rücken

Da ein klarer Trend zwischen effektiver Spreizungsrate und durchschnittlicher Fläche der breitskaligen Rücken (stellvertretend für robuste, magmatische Bauten) innerhalb der Segmente eins, zwei, vier und sechs zu erkennen ist, wird ein Zusammenhang dieser postuliert. Hervorzuheben ist, dass die effektive Spreizungsrate in diesem Fall nur von der Obliquität abhängt, und somit die Größenvariationen der übergeordneten, magmatischen Strukturen in diesen vier Segmenten maßgeblich von dieser bestimmt werden.

Zusätzlich zu diesem Mechanismus wirkt oder dominiert in den Segmenten drei und fünf ein weiterer. Die deutlich erhöhte Schmelzenverfügbarkeit bildet hier ein großes magmatisches Center, welches auch morphologisch zu erkennen ist, aus.

Es wird also postuliert, dass, wenn der Magmanachschiebung als gering bewertet werden kann, die magmatischen Bauten hauptsächlich aufgrund der Obliquität in ihrer Größe variieren. Sobald aber die Magmaversorgung erhöht wird, dominiert die erhöhte Schmelzenverfügbarkeit. Die Verteilung der aufgrund dieses hohen Magmanachschiebung entstehenden magmatischen Center kann dabei als morphologische Ausprägung von mantelinternen Parametern erkannt werden. Zu nennen sind dabei chemische Heterogenitäten, Temperaturverteilung und Konvektion im Mantel (Dick et al. 2003; Okino et al. 2002).

Die in Abb. 9 dargestellte Wirkungskette kann erkannt werden. Die Segmente eins, zwei, vier und sechs werden dabei auf Grundlage der vorangegangenen Interpretation letztendlich dem tektonisch dominierten Regime zugeschrieben, wäh-

- Okino, Kyoko; Daniel Curewitz; Miho Asada; Kensaku Tamaki; Peter Vogt; Kathleen Crane (2002): Preliminary analysis of the Knipovich Ridge segmentation: influence of focused magmatism and ridge obliquity on an ultraslow spreading system; *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 202, No. 2, pp. 275-288, DOI: 10.1016/S0012-821X(02)00790-2
- Regelous, Marcel; Christoph G. Weinzierl; Karsten M. Haase (2016): Controls on melting at spreading ridges from correlated abyssal peridotite – mid-ocean ridge basalt compositions; *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 449, pp. 1-11, DOI: 10.1016/j.epsl.2016.05.017
- Sauter, Daniel; Heather Sloan; Mathilde Cannat; John Goff; Philippe Patriat; Marc Schaming; Walter R. Roest (2011): From slow to ultra-slow: How does spreading rate affect seafloor roughness and crustal thickness?; *Geology*, Vol. 39, No. 10, pp. 911-914, DOI: 10.1130/G32028.1
- Schlindwein, Vera; Andrea Demuth; Wolfram H. Geissler; Wilfried Jokait (2013): Seismic gap beneath Logachev Seamount: Indicator for melt focusing at an ultraslow mid-ocean ridge?; *Geophysical Research Letters*, Vol. 40, No. 9, pp. 1703-1707, DOI: 10.1002/grl.50329
- Sella, Giovanni F.; Timothy H. Dixon; Ailin Mao (2002): REVEL: A model for Recent plate velocities from space geodesy; *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Vol. 107, No. B4, ETG 11-1-ETG 11-30, DOI: 10.1029/2000JB000033
- Vogt, Peter R.; Woo-Yeol Jung; John Brozena (1998): Arctic margin gravity highs: Deeper meaning for sediment depocenters?; *Marine Geophysical Researches*, Vol. 20, No. 5, pp. 459-477, DOI: 10.1023/a:1004775228851
- Wright, Dawn J.; Matt Pendleton; J. Boulware; Shaun Walbridge; B. Gerlt; D. Eslinger; D. Sampson; E. Huntley (2012): ArcGISBenthic Terrain Modeler (BTM) (Version 3.0): Environmental Systems Research Institute, NOAA Coastal Services Center, Massachusetts Office of Coastal Zone Management, <http://esriurl.com/5754>

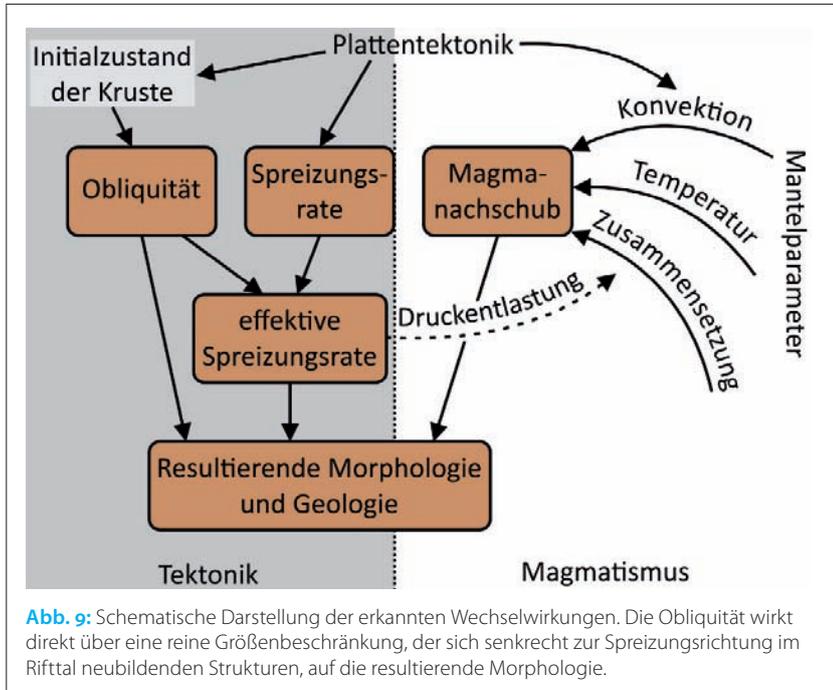


Abb. 9: Schematische Darstellung der erkannten Wechselwirkungen. Die Obliquität wirkt direkt über eine reine Größenbeschränkung, der sich senkrecht zur Spreizungsrichtung im Rifttal neubildenden Strukturen, auf die resultierende Morphologie.

rend das dritte und fünfte Segment magmatisch dominiert sind.

5.3 Weitere Trends

Nachdem die breitskaligen Rücken als anomalie-reichstes Charakteristikum ausführlich behandelt wurden, soll des Weiteren auch noch stärker auf die anderen Anteile der Statistik eingegangen werden.

5.3.1 Raves Terrain

Wie in Abb. 5 zu sehen ist, variiert das raue Terrain von Segment zu Segment. Ein erster Gedanke ist nun, dass das raue Terrain, hier folgend auch Rauigkeit genannt, abhängig ist von der Segmentgröße. Abb. 10 bestätigt dies. So sinkt die Rauigkeit mit der Fläche des jeweiligen Segments. Ein möglicher bedingender Prozess ist die Sedimentation am Knipovich-Rücken. Je länger ein bestimmter Bereich der Kruste am Meeresboden exponiert ist, desto mehr Zeit bleibt sedimentären Prozessen, Material auf diesem abzulegen. Eher schroffere vulkanische Strukturen, die der Auswertungsalgorithmus erfassen würde, werden so nach und nach abgedeckt (Okino et al. 2002). Dies wäre generell

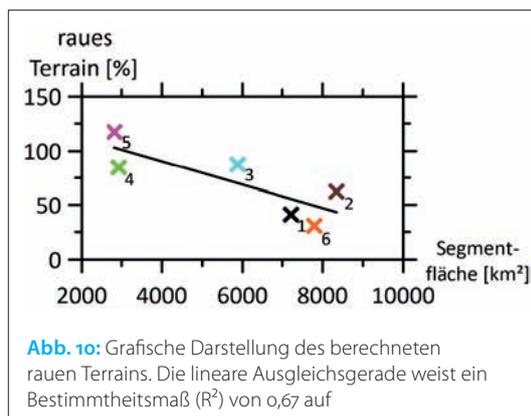


Abb. 10: Grafische Darstellung des berechneten rauen Terrains. Die lineare Ausgleichsgerade weist ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,67 auf

bei größeren Segmenten, die mit zunehmendem Abstand von der Riftachse ältere Krustenalter widerspiegeln, der Fall.

Hervorzuheben ist aber, dass der Zusammenhang nicht das Bestimmtheitsmaß aufweist wie zu erwarten wäre. Da die beiden Größen sehr sicher zu bestimmen sind (das raue Terrain zumindest relativ zwischen den Segmenten), weist dieser Umstand auf weitere Beeinflussungen hin. Dies könnte z. B. die jeweilige magmatische Tätigkeit als Lieferant für junge, schroffe Strukturen sein. Diese Beziehung wurde in Abschnitt 5.2 erläutert und deren Wirkung auf die Rauigkeit kann deswegen relativ gut abgeschätzt werden. Auffällig ist, dass die Segmente drei und fünf oberhalb des Trends liegen. Sie weisen also höhere Rauigkeiten auf als gewöhnlich. Dies ist durch die bereits erwähnte, für den Knipovich-Rücken hohe magmatische Tätigkeit aufgrund von Magmafokussierungen im Mantel gut erklärbar.

Diesem Versatz folgt auch das zweite Segment. Dies kann zusammen mit den nach Segment drei und fünf durchschnittlich drittgrößten breitskaligen Rücken (Abb. 5) als Hinweis auf eine vergangene höhere magmatische Tätigkeit aufgefasst werden. Die größeren magmatischen Bauten liegen in diesem Gebiet weiter entfernt von der aktuellen Riftachse (Abb. 4).

Das Segment vier weist einen ähnlich geringen, rezenten Magmatismus auf wie das zweite Segment. Aussagen zu der geschichtlichen Entwicklung dieses Segments sind allerdings deutlich schwieriger, da es eine verminderte Ausdehnung parallel zur Spreizungsrichtung aufweist. Eine Erhöhung des rauen Terrains wie im zweiten Segment durch den vermehrten Auftritt von Rückenstrukturen entfernt von der Achse bleibt deswegen aus.

Das erste und das sechste Segment weisen im Einklang mit der erhöhten Obliquität und der reduzierten Magmaverfügbarkeit ein Defizit im rauen Terrain gegenüber dem Trend auf. Auch hier sei erwähnt, dass die im Vergleich zum zweiten und dritten Segment geringere Ausdehnung in Spreizungsrichtung Aussagen zu zeitlichen Strukturvariationen erschwert.

5.3.2 Frequenzverteilung

Die Arbeit von Dorschel u. Schindwein (2015) legt nahe, dass magmatisch robustere Segmente erhöhte f_i/br -Verhältnisse haben. Dies kann durch die schroffe Morphologie von vulkanisch aktiven Gebieten erklärt werden, welche zusätzlich zu dem größeren magmatischen Gebäude an sich viele kleinere bzw. feinskalige Strukturen aufweist. Diesem Trend folgend, liegt das höchste f_i/br -Verhältnis mit 0,74 im dritten Segment vor. Die Bereiche zwei, vier und sechs liegen gut 20 % darunter. Besonderheiten zeigen sich dagegen im ersten sowie im fünften Segment.

Das Segment eins weist im Vergleich zu den anderen, schwächer magmatischen Gebieten ein

hohes f_i/br -Verhältnis von 0,70 auf. Dies könnte auf die markante Darstellung von sigmoidalen Störungen im Rifttal zurückzuführen sein (Curewitz et al. 2010), welche in den anderen Segmenten deutlich untergeordnet ist. Begründet werden könnte diese Besonderheit des ersten Segments durch die hohe Obliquität. Das sechste Segment, mit im Vergleich ebenfalls erhöhter Obliquität, stellt diese Beziehung untergeordnet dar.

Das Segment fünf wird dahingegen von einem f_i/br -Verhältnis von lediglich 0,32 beschrieben. Dieser Wert liegt deutlich unter den Erwartungen für ein magmatisch robusteres Gebiet. Dies könnte als Hinweis auf einen nicht zu vernachlässigbaren Unterschied zwischen den beiden vulkanischen Centern gedeutet werden, welcher sich in der geringeren internen Komplexität der magmatischen Bauten im fünften Segment manifestiert. Eine Erklärung hierfür kann allerdings nicht geliefert werden. Weitere Studien z. B. zur lokalen Seismizität am nördlichen Knipovich-Rücken könnten hier Abhilfe leisten.

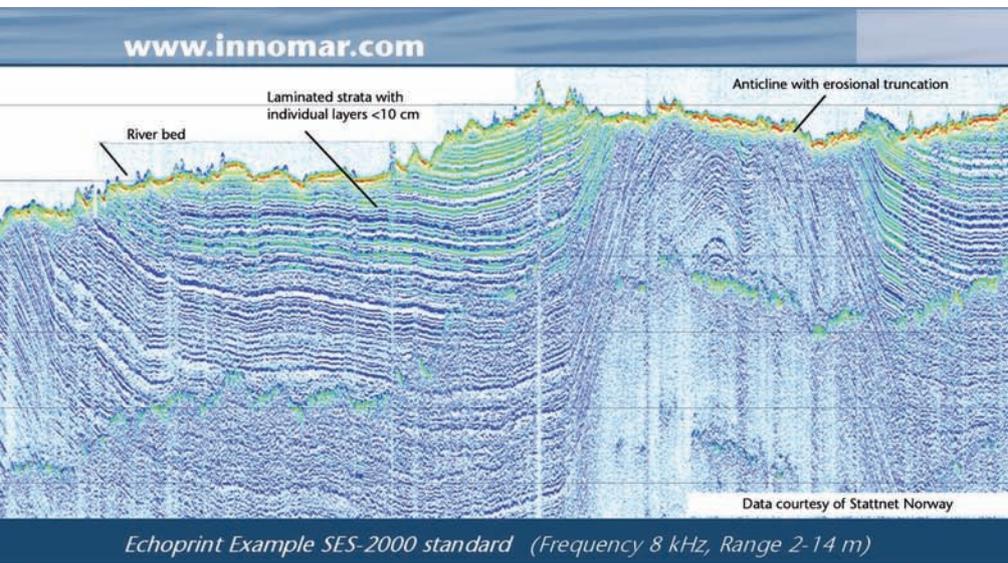
6 Zusammenfassung

Basierend auf der vorangegangenen Darstellung und Interpretation der Daten konnten folgende

Zusammenhänge erkannt bzw. postuliert werden:

- Die Orientierung der Riftachse bedingt die Ausrichtung von gewissen geologischen Strukturen an ultralangsam spreizenden Rücken (z. B. Riftflanken).
- Strukturgrößen werden teilweise von der Obliquität bestimmt. In Gebieten mit höherer Magmaversorgung dominiert allerdings dieser Materialnachschub, welcher als Ausdruck von mantelinternen Faktoren an der Erdoberfläche gewertet werden kann.
- Morphologien, die vom Rifttal entfernt sind, weisen auf zeitliche Variationen der Magmaversorgung an Teilen des Knipovich-Rückens hin.
- Die zwei prominenten, magmatisch robusteren Segmente entlang des Rückens weisen Unterschiede in ihrer internen Komplexität auf.

Zukünftige methodisch ähnliche Studien an anderen Mittelozeanischen Rücken könnten die hier postulierten Zusammenhänge prüfen bzw. diese unter anderen geologischen Rahmenbedingungen erweitern. Außerdem sind weitere Untersuchungen am Knipovich-Rücken erforderlich. —



SES-2000 Parametric Sub-Bottom Profilers

Discover sub-seafloor structures and embedded objects with excellent resolution and determine exact water depth

- ▶ Different systems for shallow and deep water operation available
- ▶ Menu selectable frequency and pulse width
- ▶ Two-channel receiver for primary and secondary frequencies
- ▶ Narrow sound beam for all frequencies
- ▶ Sediment penetration up to 200m (SES-2000 deep)
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Portable system components allow fast and easy mob/demob
- ▶ Optional sidescan extension for shallow-water systems

