

KOMMISSION FÜR BIOLOGIE

Arbeitsgruppe Botanik

Bericht Dorothea Bartels

Prof. Dr. Dorothea Bartels

Jahresbericht 2013

Untersuchungen zu Trockenstresstoleranz bei höheren Pflanzen

Die meisten höheren Pflanzen können keinen zellulären Wasserverlust unter 80% bis 70 % überleben, nur spezialisierte Organe wie Samen und Pollen sind austrocknungstolerant. Eine Ausnahme stellen die Wiederauferstehungs- oder Resurrection-Pflanzen dar. Diese Pflanzen können vollständig austrocknen, im ausgetrockneten Zustand verharren und bei Einsetzen von Niederschlägen erholen sie sich innerhalb von 24 Stunden. Wiederauferstehungspflanzen wachsen in ökologischen Nischen mit saisonalen Niederschlägen und können ihren Wassergehalt der relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebung anpassen. Unsere Untersuchungen konzentrieren sich weiterhin auf die afrikanische Wiederauferstehungspflanze *Craterostigma plantagineum* und nah verwandte Pflanzen zu Vergleichszwecken. (Bartels und Hussain, 2011).

I. Vergleichende Genomik bei trockentoleranten Pflanzen und nicht toleranten Pflanzen

Der Schwerpunkt der Untersuchungen zu Trockentoleranz lag auf der vergleichenden Genomik. Dieses ist der Vergleich der Genexpression und Genregulation mit nah verwandten Pflanzen aus der Gruppe der Linderniaceae, die sich in ihrer Trockentoleranz unterscheiden. Lindernia-Spezies wurden von Prof. Dr. E. Fischer (Koblenz) in verschiedenen Habitaten in Afrika gesammelt. Eine der Pflanzen (*Lindernia brevidens*) wurde an einem Standort am Indischen Ozean gesammelt, wo Pflanzen nie vollständig austrocknen. Unter Laborbedingungen ist diese Pflanze entgegen den Vorhersagen austrocknungstolerant. Weiterhin wurden zwei nicht trockentolerante Pflanzen *Lindernia subracemosa* und *Lindernia rotundifolia* in unsere Untersuchungen mit einbezogen. Es war möglich umfassende Transkriptomdaten von zwei weiteren Pflanzen zu bekommen von der trockentoleranten Pflanze *Lindernia brevidens* und der nicht austrocknungstoleranten Pflanze *Lindernia subracemosa*. Somit haben wir nun die Möglichkeit zwei trockentolerante Pflanzen miteinander zu vergleichen und parallel dazu trockentolerante Pflanzen mit einer nicht trockentoleranten Pflanze. Dieses wird für Gene mit sehr verschiedenen Funktionen durchgeführt und resultierte bereits in zwei abgeschlossene Bachelorarbeiten in 2013 (Bertram und Millan-Hildago, 2013)

II. Funktionen von Stressproteinen

Zur Aufklärung der Funktion von Trockenstress induzierten Proteinen wurden weitere proteom- und biochemische Untersuchungen an dem Protein CDeT11-24 aus *Craterostigma plantagineum* durchgeführt. Dieses Protein ist besonders in *C. plantagineum* und verwandten Linderniaceae exprimiert, aber nicht in der genetischen Modellpflanze *Arabidopsis* oder Getreiden. Beim Austrocknen der Zelle kommt dieses Protein in phosphorylierter Form vor. Daher wurde versucht, mögliche Enzyme (Kinasen) aufzureinigen, die dieses Protein phosphorylieren können. In 2013 konnte eine Kinase als rekombinantes Protein aufgereinigt werden und es wurde gezeigt, dass dieses Protein in vitro das Protein CDeT11-24 als Zielgen phosphoryliert. Diese Arbeiten wurden im Rahmen einer in 2013 begonnenen Doktorarbeit durchgeführt und es wurden Untersuchungen zur Regulation angefangen.

III. Aldehyddehydrogenasen als detoxifizierende Enzyme: Molekular-genetische Untersuchungen in *Arabidopsis thaliana*

Aldehyddehydrogenasen (ALDHs) sind konservierte Enzyme, die in allen Organismen vorkommen. In Pflanzen sind einige ALDHs mit Stresstoleranz assoziiert, da sie giftige Aldehyde, die als Konsequenz von Stress akkumulieren, detoxifizieren. In diesem enzymatischen Prozess werden die Aldehyde zu den entsprechenden Carbonsäuren umgewandelt (Stiti et al. 2011). In vielen Fällen ist der Stoffwechselweg bislang ungeklärt. Deswegen benutzen wir Mutanten, um die Funktion der Stress assoziierten ALDHs aufzuklären. Diese Untersuchungen werden an dem genetischen Modellorganismus *Arabidopsis thaliana* durchgeführt, da nur hier die Mutanten zur Verfügung stehen. *Arabidopsis* hat vierzehn Gene, die potentiell für ALDHs kodieren. Die umfassende Untersuchung wurde fortgesetzt mit zwei wesentlichen Schwerpunkten.

Ein Schwerpunkt lag auf der Analyse der regulatorischen Sequenz. Diese Arbeiten konnten in 2013 abgeschlossen werden und sind als Manuskript eingereicht worden. In diesen Arbeiten wurden Promoter Sequenzen identifiziert, die für die Genaktivierung durch Trocken- und Salzstress verantwortlich sind. Diese Sequenzen unterscheiden sich von Sequenzen, die für die Aktivierung des Gens durch Verwundung eine Rolle spielen. – Weiterhin wurde die enzymatische Aktivität zweier Aldehyddehydrogenasen biochemisch untersucht, um die Aminosäuren zu identifizieren, die für die Katalyse der Enzyme kritisch sind. Es wurden verschiedene mutierte Enzyme hergestellt, und es konnte gezeigt werden, welche Bereiche des Proteins für die Affinität von Ko-faktoren wichtig sind.

Publikationen

García-Fernández A., Iriando J, Bartels D, Escudero A. (2013) Response to artificial drying until drought-induced death in different elevation populations of a high-mountain plant *Plant Biology* 15 (Suppl.1), 93-100

Challabathula D., Bartels D. (2013) Balancing salinity stress responses in halophytes and non-halophytes *Functional Plant Biology* doi.org/10.1071/FP12299

Gasulla F, vom Dorp K, Dombrink I.; Zährringer U., Gisch N, Dörmann Peter; Bartels, D (2013) The role of lipid metabolism in the acquisition of desiccation-tolerance in *Cra-terostigma plantagineum*: a comparative approach. *The Plant Journal* accepted doi: 10.1111/tpj.12241

Puthur J, Shackira AM, Pardha Saradhi P, Bartels D (2013) Chloroembryos: A unique photosynthesis system *Journal of Plant Physiology* doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071

Bartels D., Challabathula D., (2013) Desiccation tolerance in resurrection plants: new insights from transcriptome, proteome and metabolome analysis *Frontiers in Plant Physiology* DOI: 10.3389/fpls.2013.00482

Cruz, F. P; Loh, R. K. T. M.; Dezar, C.; Romanel, E.; Arongaus, A.; Romano, E; Bartels, D.; Chan, R. L., Alves-Ferreira M (2014) Unveiling coffee molecular response mechanisms to drought: the homeobox-leucine zipper I *CAHB12* is able to confer water deficit tolerance to transgenic plants *Journal of Experimental Botany* (in revision)

Stiti N, Podgórska K, Bartels D (2014) Aldehyde dehydrogenase enzyme ALDH3H1 from *Arabidopsis thaliana*: identification of amino acid residues critical for cofactor specificity *BBA - Proteins and Proteomics* (in revision)

Im Rahmen der Forschung erschienene Bachelor- oder Master Arbeiten und Dissertationen:

Dissertationen

Jian Shen, 2013, "Characterization of drought stress regulator *CBF/DREB* genes in *Hordeum vulgare*: Expression analysis in ten different barley cultivars"

Masterarbeiten

Chandrasekar, Balakumaran, 2013, „Studies on hyper reactive cysteine containing proteins in *Arabidopsis thaliana* using electrophilic acetamide probes“

Pandey, Bikram, 2013, “Characterization of Promiscuous Enzyme Activities of Aldehyde Dehydrogenases in *Arabidopsis thaliana*: ALDH3H1 & ALDH3I1“

Bachelorarbeiten

Bertram, Hannah, 2013, „Analysen zur Expression auf Transkriptions- und Proteinebene des unbekanntes Gens 06401 in *Craterostigma plantagineum*, *Lindernia brevidens* und *Lindernia subracemosa*“

Millán Hidalgo, Christopher, 2013, „Chlorophyll catabolism in *Craterostigma plantagineum*, *Lindernia brevidens* and *Lindernia subracemosa* during dehydration and rehydration“

Frühsorger, Andreas, 2013, „Biochemische Untersuchungen und zellbiologische Studien des Stressproteins CDeT11-24 aus der trockenoleranten Pflanze *Craterostigma plantagineum*“

Bericht Wilhelm Barthlott

I. Biodiversität im Wandel

Das Langzeitvorhaben „Biodiversität im Wandel“ der Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz, beschäftigt sich in globalem und regionalem Maßstab mit der Erfassung, Quantifizierung und Analyse von Mustern der Artenvielfalt von Pflanzen.

1. Biodiversität und Tropenökologie

a) Globale Analysen

Die Weltkarte der globalen Biodiversität wurde 2013 auf der Basis von Analysen der Florenwerke, Herbarbelegen und Fotoarchiven für SW-Asien überarbeitet. Dadurch ließ sich ein weiteres Diversitätszentrum in dieser Region identifizieren: Das Caucasus/South-west Asia Centre of Biodiversity. Die aktualisierte Weltkarte der globalen Biodiversität wurde zur Publikation eingereicht (s.u. Barthlott et al. in press).

Als Ergebnis von jahrelangen umfangreichen Studien zur Rasterelektronenmikroskopie der Orchideensamen wurde im Berichtsjahr eine Monographie angefertigt, die zum Druck in der Zeitschrift „Englera“, angenommen wurde (s.u. Barthlott et al. in press).

In der AG Biodiversity, Macroecology & Conservation Biogeography von Prof. Dr. Holger Kreft (Göttingen) wurden im Berichtsjahr u.a. folgende Themen bearbeitet:

- **Biogeographie und Makroökologie von Inseln (global):** Als Teil der Doktorarbeit von P. Weigelt wurde der Einfluss verschiedener Isolationsmaße auf Artenzahlen von Inseln auf globalem Maßstab untersucht. Dazu wurden intensive geographische und statistische Analysen durchgeführt. Insgesamt wurden 17 verschiedene, teilweise neuentwickelte Isolationsmaße getestet (Weigelt & Kreft 2013). Es wurden umfangreiche globale Analysen zur Charakterisierung von physischen und bioklimatischen Bedingungen auf Inseln durchgeführt (Weigelt, Jetz & Kreft, 2013). Die Promotion von P. Weigelt wurde im Dezember 2013 abgeschlossen. In Kooperation mit einem internationalen Autorenteam wurden die Arten-Fläche-Beziehungen von Inseln- und Festlandsflore sowie die Skalenabhängigkeit von Artenreichtum untersucht (Patino et al. submitted; Gerstner et al. in press; Karger et al. in press).
- **Prozessbasierte Modellierung in der Biogeographie:** Das Ziel dieser Arbeiten ist eine Integration von populationsökologischen (z.B. Demographie, Ausbreitung), biogeographischen (z.B. Fernausbreitung, Geologie) sowie evolutiven Prozessen (z.B. Artbildung und Aussterben) und die Anwendung des Modells auf klassische und moderne Theorien der Inselbiogeographie und andere biogeographische Muster (z.B. Höhengradienten, Areal-Dynamik). Ein prozessbasiertes biogeographisches Modell (Cabral & Kreft 2012) wurde für inselbiogeographische Fragestellungen und für einen direkten Test der Vorhersagen des „General Dynamic Models“ von Whittaker et al. (2008) modifiziert. Ein Manuskript dazu wurde eingereicht (Cabral, Wiegand & Kreft, Manuskript in review).

- **Einfluss von räumlicher und klimatischer Heterogenität auf Artenzahlen:** Anke Stein hat in 2011 mit ihrer Doktorarbeit zum Einfluss von Heterogenität auf Artenzahlen begonnen. Sie verfasste einen umfangreichen qualitativen Review des Themas und führte quantitative Meta-Analysen zu diesem Thema durch. Beide Arbeiten sind abgeschlossen und zwei Manuskripte zur Veröffentlichung eingereicht (Stein & Kreft in review; Stein et al. in review). Die Promotion wird im Sommer 2014 abgeschlossen.
- **Artenreichtum und Kenntnisstand der chinesischen Flora:** Frau W. Yang hat in 2011 eine Analyse zum Einfluss von Sammlungsartefakten auf Artenreichtum und Umwelt-Artenreichtumsmodelle abgeschlossen. Sie hat dazu eine große Datenbank der chinesischen Flora mit >4 Mio. Sammlungsbelegen zu 2.377 Regierungsbezirken ausgewertet. Das Manuskript wurde 2013 veröffentlicht (Yang et al. 2013), ein weiteres eingereicht (Yang et al. submitted).
- **Die Arbeiten im DFG-Sonderforschungsbereiches 990** „Ökologische und sozioökonomische Funktionen tropischer Tieflandregenwald Transformationssysteme (Sumatra, Indonesien)“ sind angelaufen. Der SFB hat einen starken tropenökologischen sowie interdisziplinären Fokus. Prof. Dr. Holger Kreft ist als Antragssteller in zwei Teilprojekten vertreten. Untersucht werden zum einen die Pflanzendiversität in Tieflandregenwäldern und in genutzten Systemen (Ölpalm-, Kautschukplantagen, Agroforstsysteme) auf Sumatra sowie die Auswirkungen von Pflanzung einheimischer Baumarten in Ölpalmplantagen in einem Experiment. In 2013 wurden mehrmonatige v.a. Feldarbeiten zu krautiger, epiphytischer und Gehölzvegetation durchgeführt. Zwei Masterarbeiten und eine Bachelorarbeit zu Epiphyten wurden 2013 durchgeführt.
- **Prozessbasierte Modellierung von Demographie und räumlichen Verteilungsmustern von Epiphyten:** G. Petter hat im Rahmen seiner 2011 begonnenen Doktorarbeit ein erstes prozessbasiertes Simulationsmodell für die räumlich-zeitliche Dynamik von Epiphytengemeinschaften erstellt. Zur Validierung populationsökologischer Parameter wurden Feldarbeiten in Panama und Brasilien durchgeführt.

Publikationen:

- Barthlott, W., Erdelen, R.E. & Rafiqpoor, M.D. (in press): Biodiversity and Technical Innovations: Biomimicry from the Macro- to the Nanoscale. *Beilstein Journal* (submitted).
- Barthlott, W., Große-Veldmann, B. & Korotkova, N. (in press): Seed diversity of Orchidaceae - A scanning electron microscopic survey. *Englera* (in press).
- Freudenberger, L., Hobson, P., Schluck, M., Kreft, S., Vohland, K., Sommer, H., Reichle, S., Nowicki, C., Barthlott, W. & Ibsch, P. (2013): Nature conservation: priority-setting needs a global change. *Biodiversity & Conservation*. Doi: 10.1007/s10531-012-0428-6.
- Geffert, J. L., Frahm, J.-P., Barthlott, W. & Mutke, J. (2013): Global moss diversity: spatial and taxonomic patterns of species richness. *Journal of Bryology* **35** (1): 1–11. Doi: 10.1179/1743282012Y.0000000038.

- Gerstner, K., Dormann, C.F., Václavík, T., Kreft, H. & Seppelt, R. (in press): Accounting for geographic variation in species-area relationships improves the prediction of plant species richness at the global scale. *Journal of Biogeography*. Doi:10.1111/jbi.12213
- Gerten, D., Lucht, W., Ostberg, S., Heinke, J. Kowarsch, M., Kreft, H., Kundzewicz, Z.W., Rastgooy, J, Warren, R. & Schellnhuber, H.J. (2013): Asynchronous exposure to global warming: freshwater resources and terrestrial ecosystems. *Environmental Research Letters* 8: 1–12. DOI: 10.1088/1748-9326/8/3/034032
- Karger, D.N., Weigelt, P., Amoroso, V.B., Darnaedi, D., Hidayat, A., Kreft, H. & Kessler, M. (2013): Island biogeography from regional to local scales: evidence for a spatially-scaled echo effect of fern diversity in the Southeast Asian archipelago. *Journal of Biogeography*. doi:10.1111/jbi.12209
- Köster, N., Kreft, H., Nieder, J. & Barthlott, W. (2013): Range size and climatic niche correlate with the vulnerability of epiphytes to human land use in the tropics. *Journal of Biogeography* 40 (5): 963-976. Doi: 10.1111/jbi.12050.
- Kreft, H. & Jetz, W. (2013): Comment on “An Update of Wallace’s Zoogeographic Regions of the World”. *Science* 341: 343.
- Weigelt, P. & Kreft, H. (2013): Quantifying island isolation – insights from global patterns of insular plant species richness. *Ecography* 36: 417–429.
- Weigelt, P., Jetz, W. & Kreft, H. (2013): Bioclimatic and physical characterization of the World’s islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 15307–15312.
- Yang, W., Ma, K. & Kreft, H. (2013): Geographical sampling bias in a large distributional database and its effects on species richness-environment models. *Journal of Biogeography* 40: 1415–1426.

b) Kontinentale Analysen

Die Arbeiten zur Biogeographie und Biodiversität der neuweltlichen Familie der Cactaceae wurden im Berichtsjahr abgeschlossen. Ein Atlas mit Verbreitungskarten von ca. 1400 Arten wurde zum Druck in der „Schumannia“, Journal der Deutschen Kakteen-Gesellschaft, eingereicht (s. u. Literatur).

Im Rahmen der Kooperationen mit Rwanda und Burundi wurden im Berichtsjahr von Prof. Dr. Eberhard Fischer (Koblenz) mit der Zusammenstellung von Checklisten auf der Basis der Auswertung von Herbarbelegen (überwiegend aus Meise) begonnen. Einen besonderen Stellenwert hat die Analyse der Endemiten (Lokalendemiten und Albertine Rift-Endemiten). Die Farne wurden bereits im Rahmen einer Masterarbeit von Aimable Nsanzurwimo (Koblenz/Liège) bearbeitet und sollen in Kürze veröffentlicht werden. Die Analyse der Blütenpflanzen wird ebenfalls zurzeit für eine Publikation vorbereitet.

Im Rahmen des BMBF geförderten WASCAL-Programms (West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use) erfolgten Arbeiten durch Prof. Dr. Stefan Porembski (Rostock) in Kooperation u.a. mit Prof. E. Linsenmair (Würzburg) und Prof. A. Thiombano (Ouagadougou). Die im Bereich der Sudansavanne Burkina Faso und Ghanas durchgeführten Studien beschäftigten sich mit den

Auswirkungen des Klima- und Landschaftswandels auf das pflanzliche Regenerationspotential (Doktoranden: Dimobe Kangbeni, Soma Sanogo). In Zusammenarbeit mit Frau Dr. Stein (Würzburg) wurde im gleichen Gebiet die Bestäubungsökologie von Baumwolle und Sesam entlang eines Störungsgradienten untersucht, um Rückschlüsse auf die Bestäuber-Häufigkeit in Abhängigkeit von menschlichen Einflüssen zu ziehen. An der im Südwesten Burkina Fasos in Dano gelegenen Station der Dreyer-Stiftung wurden durch Stefan Porembski und Mitarbeiter Studien zur Ökologie des Meerrettichbaums *Moringa oleifera* durchgeführt. Am gleichen Standort erfolgten Arbeiten zur Bestäubungsbiologie ausgewählter *Ceropegia*-Arten (in Kooperation mit Prof. Dötterl, Salzburg).

Publikationen:

Barthlott, W., Burstedde, K., Geffert, J.L., Ibisch, P., Korotkova, N., Rafiqpoor, M.D., Stein, A. & Mutke, J. (2014): Biogeography and Biodiversity of Cacti. *Schumannia*, (im Druck).

Nsanzurwimo, A. (2012): Taxonomie, écologie et biogéographie des Ptéridophytes du Rift Albertin (Afrique orientale). Mémoire, Liège & Koblenz.

c) Nationale und regionale Analysen

Das Florenwerk „Vascular Plants of Afghanistan – an Augmented Checklist“ wurde im Berichtsjahr abgeschlossen und gedruckt. Die Autoren (S.-W. Breckle, Bielefeld, I.C. Hedge, Edinburgh und M.D. Rafiqpoor, Akademie Mainz & Nees-Institut) konnten eine Reihe von Spezialisten zur Bearbeitung von Pflanzengruppen gewinnen: D. Albach, Oldenburg (*Veronica*), N. Ataei, Bonn (*Cistanche*), B. DICKORÉ, München (*Oxytropis*), F. Ehrendorfer, Wien (Rubiaceae), H. Freitag, Kassel (Chenopodiaceae und Gymnospermen), C. Fraser-Jenkins, Katmandu und W. Greuter, Berlin/Palermo (Pteridophyten), R. Fritsch, Gatersleben (*Allium*), P. Uotila, Helsinki (*Chenopodium* und hydrophile Monocots), D. Podlech, München (*Artemisia* und *Astragalus*), F. Sales, Coimbra (Poaceae). Das etwa 589 Seiten starke Buch wird für die nächsten Jahrzehnte das Standardwerk der Botanik in Afghanistan und SW-Asien bleiben und eine hervorragende Grundlage für die Biodiversitätsforschung darstellen. Die Analysen der Flora von Afghanistan auf der Basis dieser Checkliste ergeben, dass dieses Land mit ca. 5.000 Blütenpflanzenarten (davon 25% Endemiten) ein Hotspot der Biodiversität in SW-Asien darstellt. Der DAAD finanzierte dankenswerterweise aus den Mittel des Auswärtigen Amtes die Kosten für Druck und Versand des Buches nach Afghanistan.

Publikationen:

Breckle, S.-W., Hedge, I.C. & Rafiqpoor, M.D. (2013): Vascular Plants of Afghanistan – an Augmented Checklist. *Scientia Bonnensis*. Bonn, New York, Manama, Florianópolis. 598 Seiten.

d) Naturschutz und globaler Wandel

Die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Pierre Ibisch (Forschungsprofessur „Biodiversität und Naturressourcenmanagement im globalen Wandel an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, HNEE; *Centre for Econics and Ecosystem Management* gemeinsam mit dem Writtle College, UK - www.centreforeconics.org) widmet sich weiterhin der Entwicklung des Ökonik-Konzeptes (Ansatz des systematischen Lernens von komplexen ökologischen Systemen für die nachhaltige Entwicklung) (vgl. Hobson & Ibisch 2013), zu dem eine internationale Tagung und eine Buchpublikation vorbereitet werden. In diesem Zusammenhang haben sowohl Lisa Freudenberger ihre Promotion zur ökosystembasierten Prioritätensetzung im Naturschutz (u.a. Freudenberger et al. 2013) als auch Catherine Norris ihre PhD-Arbeit zu thermodynamischen Funktionen von terrestrischen Ökosystemen erfolgreich abgeschlossen. Lisa Freudenbergers Arbeit wurde im Rahmen des kooperativen Promotionsprogramms ‚Klimaplastischer Naturschutz der HNEE, der Universität Potsdam und des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung durchgeführt. Im Zuge ihrer Arbeit erfolgte auch intensivere Kooperation mit der Arbeitsgruppe des Potsdamer Evolutionsbiologen Prof. Dr. Ralf Tiedemann (vgl. Dolgener et al. 2013a, b).

Allgemein spielen die Forschungen zur Anpassung des Naturschutzes an den Umweltwandel weiterhin eine große Rolle. Nach einer Verzögerung in der Herausgabe bzw. im Druck, erschien nunmehr endgültig ein aus einem BfN-Vorhaben zu Schutzgebieten im Klimawandel herausgegebenes Werk (Vohland et al. 2013). Im Rahmen der Arbeit in dem Aktionsforschung-Verbund INKA-BB wird weiterhin die regionale Klimawandelanpassung des administrativen Naturschutzes untersucht und begleitet. Konkrete Befunde auch zur Verwendung neuartiger Methoden sind in einem entsprechenden Buch vorgestellt worden (Luthardt & Ibisch 2013). Dabei geht es u.a. um die am *Centre for Econics and Ecosystem Management* entwickelte MARISCO-Methodik (*Adaptive MAnagement of Risk and Vulnerability at Conservation sites*) zu der mit der Unterstützung durch die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit und weitere Partner ein Methodenhandbuch veröffentlicht wird (Ibisch & Hobson 2013). Die MARISCO-Methodik wurde weiterhin in verschiedenen Vorhaben getestet und weiterentwickelt; der Einsatz erfolgte bzw. erfolgt mit Partnern in Albanien, Guatemala, Ecuador, Kasachstan, Korea, Kosovo, Montenegro, Peru und Russland. In den vorstehenden lateinamerikanischen Ländern, in Albanien und in Südkorea erfolgte auch eine entsprechende Feldarbeit zur systemischen Erfassung der Bedrohungen für die Biodiversität und die Managementwirksamkeit. In Südkorea erfolgte die Teilnahme an einer internationalen Tagung zu grenzüberschreitendem Naturschutz im Baekdu Daegan-Gebirge der koreanischen Halbinsel. Die Arbeit in Korea erfolgt im Rahmen eines DBU-Projektes.

Einen Schwerpunkt der Arbeiten bildet auch die Unterstützung des Bundesumweltministeriums (BMU) bei der Analyse der europäischen Buchenwälder, um eine etwaige Erweiterung der UNESCO-Weltnaturerbebestätte der alten Buchenwälder vorzubereiten. Hierzu wurden sowohl Kartierungsarbeiten und Bestandsaufnahmen zu alten Buchenwäldern und eine Regionalisierung der europäischen Buchenwälder vorgenommen, als auch Expertenworkshops sowie ein Treffen von Vertretern verschiedener europäischer Länder organisiert. Auf dem Balkan wurde mit Unterstützung durch den DAAD und gemeinsam mit Partnern aus Albanien, Kosovo und Mon-

tenegro zu grenzüberschreitendem Naturschutz gearbeitet. Im Rahmen von studentischen Arbeiten wurden auch alte Buchenwälder in Albanien analysiert.

Fortgesetzt wurden die Studien zur Erfassung und Bewertung von straßenlosen Räumen mit ihrem besonderen Potenzial für die Erhaltung der Funktionstüchtigkeit von Landschaftsökosystemen. Hierzu wurde eine indexbasierte Methodik vorgeschlagen (Freudenberger et al. 2013) und gemeinsam mit Kollegen der europäischen Sektion der Society for Conservation Biology und Google eine globale Kartierung der straßenlosen Räume bearbeitet. Die ersten Ergebnisse wurden auf dem *International Congress for Conservation Biology* in Baltimore vorgestellt.

Publikationen:

- Dolgener, N., L. Freudenberger, N. Schneeweiss, P.L. Ibisch & Tiedemann, R. (2013): Projecting current and future distribution of the fire bellied toad *Bombina orientalis* under climate change in north eastern Germany. *Regional Environmental Change*. Doi 10.1007/s10113-013-0468-9.
- Dolgener, N., L. Freudenberger, M. Schluck, N. Schneeweiss, P.L. Ibisch, & Tiedemann, R. (2013): Environmental niche factor analysis (ENFA) relates environmental parameters to abundance and genetic diversity in an endangered amphibian, the fire-bellied-toad (*Bombina orientalis*). *Conservation Genetics*. Doi 10.1007/s10592-013-0517-4.
- Freudenberger, L., P. R., Hobson, M., Schluck, S., Kreft, K., Vohland, H., Sommer, S., Reichle, C., Nowicki, W., Barthlott & P. L. Ibisch (2013): Nature conservation: priority-setting needs a global change. *Biodiversity and Conservation* 22: 1255–1281 (doi 10. 1007/s10531-012-0428-6).
- Freudenberger, L., P.R., Hobson, S., Rupic, G., Pe'er, M., Schluck, J. Sauermann, S. Kreft, N., Selva and P.L. Ibisch (2013): Spatial Road Disturbance Index (SPROADI) for conservation planning: a novel landscape index, demonstrated for the State of Brandenburg, Germany. *Landscape Ecology* 28: 1353–1369 (doi:10.1007/s10980-013-9887-8).
- Hobson, P.R. & P.L. Ibisch (2013): "Forest economics:" mimicking processes and patterns in old growth forest to promote sustainable forestry under global change. In: Ministry for Ecology and Natural Resources of Ukraine & Carpathian Biosphere Reserve (eds.) 2013. Primeval and ancient beech forests of Europe: problems of protection and sustainable use. Proceedings of the International Conference, Rakhiv, September 16.-22., 2013: 66-76.
- Ibisch, P.L. (2013): 300 Jahre „Sylvicultura oeconomica“. Ist der Wald ein Pflegefall? *Politische Ökologie* 132: 36–43.
- Ibisch, P.L. (2013): Ökosystemmanagement. In: J. Wilhelm & H. Ihne (eds.): Einführung in die Entwicklungspolitik, Münster/Hamburg: Lit-Verlag, 3. Auflage: 165–184.
- Ibisch, P.L. & P.R. Hobson (eds.) (2013, in press): The MARISCO method: Adaptive Management of vulnerability and RiSk at COnservation sites. A guide book for risk-robust, adaptive, and ecosystem-based conservation of biodiversity. Centre for Economics and Ecosystem Management, Eberswalde (ISBN 978-3-00-043244-6).

Luthardt, V. & P.L. Ibisch (eds.) (2013): Naturschutz-Handeln im Klimawandel. Risikoabschätzung und adaptives Management in Brandenburg. Centre for Eonics and Ecosystem Management, Eberswalde (ISBN 978-3-00-043708-3).

Hierin enthaltene Kapitel:

Kreft, S., L. Strixner, J. Geyer & Ibisch, P.L.: Positionen von Vertretern des brandenburgischen Naturschutzes zum Klimawandel und zum Umgang mit seinen Wirkungen. 8.

Kreft, S., N. Nusko, D. Aschenbrenner, V. Luthardt & Ibisch, P.L.: Handeln im Wandel – neue Herausforderungen für den Naturschutz: 29–42.

Kreft, S., L. Strixner & P.L. Ibisch: MARISCO – Adaptives Management von Risiken und Vulnerabilität in Naturschutzprojekten: 70–125.

Vohland, K., F. Badeck, K. Böhning-Gaese, G. Ellwanger, J. Hanspach, P.L. Ibisch, S. Klotz, S. Kreft, I. Kühn, E. Schröder, S. Trautmann & W. Cramer (2013): Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel – Risiken und Handlungsoptionen. Naturschutz und Biologische Vielfalt. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

Hierin enthaltene Kapitel:

Vohland, K., G. Ellwanger, J. Hanspach, P.L. Ibisch, S. Klotz, S. Kreft, I. Kühn & Schröder, E.: Schutzgebiete als Inseln im Klimastress? – Einleitung und Projektbeschreibung: 13–30.

Kunze, B., S. Kreft & Ibisch, P.L.: Naturschutz im Klimawandel: Risiken und generische Handlungsoptionen für einen integrativen Naturschutz: 123–152.

Kreft, S., B. Brenneis & Ibisch, P.L.: Indexbasierte Analysen der Sensitivität gegenüber dem Klimawandel am Beispiel deutscher Brutvögel: 153–176.

Kreft, S., F. Tucci, M. Schluck, L. Strixner, I. van Ahee, M. Bienek, N. Linke & Ibisch, P.L.: Indexbasierte Vulnerabilitätsabschätzung für Schutzgebiete und Ableitung von Handlungsoptionen: 177–218.

Vohland, K., F. Badeck, K. Böhning-Gaese, P.L. Ibisch, J. Hanspach, S. Klotz, S. Kreft, I. Kühn, S. Trautmann, W. Cramer & Ellwanger, G.: Fazit und Ausblick: 219–230.

2. Inselberge und fragmentierte Lebensräume

Die Studien an Inselbergen wurden durch Prof. Dr. Stefan Porembski und Mitarbeiter (Rostock) in Westafrika (in Kooperation mit Prof. A. Thiombano, Université de Ouagadougou) und Madagaskar (in Kooperation mit Prof. Rakouth, Université d'Antananarivo, Missouri Botanical Garden) fortgeführt. Barijaona (Université d'Antananarivo) konnte seine Diplomarbeit über *Genlisea margaretae* abschließen und Empfehlungen zum Schutz dieser Art ausarbeiten. Auf dem Hochland konnte Stefan Porembski die Studien an Inselbergen fortsetzen. Insgesamt umfasst die „Checklist of the Malagasy Inselberg Flora“ bisher 706 Arten aus 326 Gattungen und

107 Familien. Zu den artenreichsten Gattungen zählen *Cynorkis*, *Cyperus*, *Kalanchoe*, *Cynanchum*, *Euphorbia*, *Exacum* und *Aloe*.

Die auf Madagaskar bzw. in Afrika auf Inselbergen vorkommenden Arten *Myrothamnus moschatus* und *M. flabellifolius* (Myrothamnaceae) wurden in Kooperation mit Prof. Kragl und Dr. Ruth (Rostock) mittels LCMS (Flüssiggaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung) und GCMS (Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung) im Hinblick auf ihre Inhaltsstoffe untersucht. In den Extrakten beider Arten konnten zahlreiche physiologisch aktive Substanzen nachgewiesen werden. Insbesondere die Fülle an Polyphenolen (Flavonoiden) lässt ein erhebliches antioxidatives Potential erwarten, das gegenwärtig weiter untersucht wird.

Für *Styppeiochloa hitchcockii* (Poaceae), einer mattenbildenden Art, die auf madagassischen Inselbergen weit verbreitet ist, konnte erstmals der Nachweis der Austrocknungstoleranz erbracht werden.

3. Epiphyten

Prof. Dr. Eberhard Fischer (Koblenz) konnte im Berichtsjahr noch weitere neue Orchideenarten aus Rwanda beschreiben. In Rwanda und Burundi wurden auch die Analysen der Epiphytenflora fortgesetzt, und während der Geländearbeiten wurden zwei neue *Polystachya*-Arten in den Baumkronen entdeckt, die demnächst beschrieben werden. Als erster der geplanten Field Guides für Zentralafrika wurde die „Flora der Lebermoose und Hornmoose Rwandas“ in der renommierten Buchreihe **Abc-Taxa** zum Druck angenommen; es wird im Dezember 2013 erscheinen. Die zweite Auflage des „Field Guides zur Orchideenflora von Rwanda“ (1. Auflage 2010) wird zurzeit für die Publikation vorbereitet. Gleiches gilt für die „Laubmoosflora von Rwanda“. Die vorab online publizierte epiphytische Flechtengattung *Savoronala* aus Süd-Madagaskar wurde jetzt auch in gedruckter Form veröffentlicht.

Publikationen:

Ertz, D., Fischer, E., Killmann, D., Razafindrahaja, T. & Sérusiaux, E. (2013): *Savoronala*, a new genus of Malmideaceae (Lecanorales) from Madagascar with stipes producing sporodochia. *Mycological Progress* 12: 645–656.

Fischer, E. (accepted, 2013): The Liverworts and Hornworts of Rwanda. *Abc taxa* 14: 1-520.

Fischer, E., Killmann, D., Lebel, J.-P. & Delepierre, G. (2013): *Tridactyle nanne-ritzkae*, eine neue Art aus dem Nyungwe Nationalpark, Rwanda. *Tridactyle nanne-ritzkae*, a new species from Nyungwe National Park, Rwanda. *Die Orchidee* 64: 348–353.

4. Untersuchungen an biologischen und technischen Grenzflächen

Ein umfangreicher Übersichtsartikel zur Bionik und ihre Beziehung zur Biodiversität wurde als ein Buchkapitel zur Veröffentlichung eingereicht (Barthlott et al. in press). Die Untersuchung biologischer Oberflächen hinsichtlich ihrer Funktionalität und deren Übertragung auf künstliche Oberflächen für verschiedene technische Anwendungen

bildeten den Schwerpunkt der Forschungen im abgelaufenen Berichtsjahr. In seinem Dissertationsprojekt („Physikalische Eigenschaften der Oberflächen von *Notonecta* und *Salvinia*“) innerhalb des DFG-Graduiertenkollegs „Bionik – Interaktionen über Grenzflächen zur Außenwelt“ befasste sich Dipl.-Phys. Matthias Mail mit der Untersuchung biologischer und technischer Luft haltender Oberflächen. Besonders die Erforschung von Mechanismen zur Stabilisierung der unter Wasser von den biologischen Oberflächen gehaltenen Luftschicht stand hier im Vordergrund. Dieses Projekt findet in enger Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) statt. Es ist thematisch mit dem bereits abgeschlossenen, BMBF geförderten BIONA Verbundvorhaben „Luft haltende Schiffsbeschichtungen nach biologischem Vorbild zur Reibungsreduktion“ verbunden. Hier schloss Dipl.-Biol. Matthias Mayser im Berichtsjahr seine Doktorarbeit zum Thema „Air layers under water on the fern *Salvinia*“ ab. Im Verlauf des Berichtsjahres startete ein weiteres Verbundvorhaben zur Thematik der unter Wasser Luft haltenden Oberflächen. Dieses BMBF geförderte VIP Verbundvorhaben („ARES – Permanent Luft haltende Schiffsbeschichtungen nach biologischem Vorbild zur Reibungsreduktion: vom Konzept zur Technologie“) wird in enger Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern am Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Rostock und am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) durchgeführt. Es hat das Ziel, eine technische, biomimetische Oberfläche, welche in der Lage ist, permanent eine Luftschicht zwischen Schiffsrumpf und Wasser zu halten, welche dann zur Reibungsreduktion eingesetzt werden kann, zu entwickeln und ihre entsprechende Anwendbarkeit für den Schiffsbau zu validieren. Msc. Md. Abul Kalam Azad untersuchte in seinem Dissertationsprojekt („Moisture Harvesting on Plant Surfaces“) im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs „Bionik“, pflanzliche und technische Oberflächen hinsichtlich ihrer Fähigkeit, Wasser aus Nebel zu sammeln. Die Erkenntnisse dieser Untersuchungen sollen in die Entwicklung neuer technischer Oberflächen zur Wassergewinnung aus Nebel einbezogen werden, was für die Nebelosen der Erde (z.B. Atacama und Namib-Wüste) von enormer praktischer Relevanz sein wird.

Publikationen

- Barthlott, W., Erdelen, R.E. & Rafiqpoor, M.D. (in press): Biodiversity as a source of ideas for technological innovations: bionics. In: Lanzerath, D. & Friele, M. (eds): Concept and value in biodiversity. Series: Routledge studies in biodiversity politics and management (erscheint im Januar 2014).
- Barthlott, W. (2013): The *Salvinia* Effect: Stable air retention under water for drag reduction in ships. In: International Society of Bionic Engineering (ed.): ISBE Newsletter 2 (1), Changchun, China
- Klein, A., Mayser, M., Herzog, H., Barthlott, W. & Bleckmann, H. (2012): Replikation von ringförmigen Strukturen, Patent-Nr.: DE 102012212431
- Koch, K., Bennemann, M., Bohn, H.F., Albach, D.C. & Barthlott, W. (2013): Surface microstructures of daisy florets (Asteraceae) and characterization of their anisotropic wetting. *Bioinspiration & Biomimetics* (IOP Publishing) 8. Online at <http://is.gd/OwTVNs>; Doi: 10.1088/1747-3182/13/036005

II. Systematik, Morphologie und Taxonomie

Prof. Dr. Eberhard Fischer (Koblenz) setzte die systematischen Arbeiten an Linderniaceen, Balsaminaceen und weiteren Pflanzengruppen fort. Die erste zusammenfassende Phylogenie der Linderniaceae erscheint im Dezember 2013. Darin konnte gezeigt werden, dass die Gattung *Lindernia* polyphyletisch ist. Die entsprechenden nomenklatorischen Konsequenzen werden in dieser Studie aufgezeigt. Aus dem Regenwald von Gabun konnte eine neue *Torenia*-Art beschrieben werden. Auf Madagaskar wurden neue Springkräuter (*Impatiens*) gesammelt. Durch zahlreiche Neuentdeckungen wurde die Fertigstellung der Revision von *Impatiens* für Madagaskar verzögert. Auch in Burundi wurden zwei spektakuläre neue *Impatiens*-Arten entdeckt. Von Dembo-Flächen (Laterit-Krusten) in Zambia ist eine neue *Crepidorhopalon*-Art beschrieben und zum Druck in „Phytotaxa“ eingereicht.

Weitere Neubeschreibungen umfassen zwei *Dracaena*-Arten aus Gabun, eine rosettige *Dracaena*-Art aus dem Kongo, eine neue holomykotrophe *Eulophia*-Art aus Rwanda, eine spektakuläre fliegenblütige *Pararistolochia* aus Gabun mit über 35 cm langen Osmophoren, eine neue *Teedia* aus Südmadagaskar sowie eine neue Flechtengattung *Isalonactis* aus dem Isalo-Gebirge Südmadagaskars. *Neoschumannia gishwatiensis*, eine endemische Liane aus Rwanda, wurde gültig veröffentlicht. Die Gattung umfasst 3 Arten mit einer disjunkten Refugial-Verbreitung.

Das Buch von Hrn. Vogel zur Blütenbiologie und Diversität der Pflanzen in Südafrika (s. Jahresbericht 2012) ist um die Jahreswende erschienen (s. Publikationen).

Hr. Vogel hat seine Studie zum Vorkommen von Ornithophilie und Chiropterophilie bei den Compositen (Asteraceae) nahezu fertiggestellt: Während die Bestandsaufnahme der ökologischen Blütensyndrome (Stile) der übrigen Angiospermen relativ weit fortgeschritten ist, gibt es bisher keine umfassenden Erhebungen von derartigen eutropen Anpassungen dieser artenreichen Familie, die bekanntlich gekennzeichnet ist durch köpfchenförmige Infloreszenzen (Cephalien), die Einzelblüten nachformen. Die große Mehrheit dieser Sippe ist bei prinzipiell gleichförmigen (allotropen) Cephalien mit einer Raumstruktur auf einer Stufe allgemeiner Entomophilie geblieben. Im beschränkten Rahmen ihres Bauplans ist es jedoch vereinzelt zur Entwicklung von prägnant stiltypisch spezialisierten (eutropen) Anpassungen an Vogel- und Fledermausbestäubung gekommen, in letzterer Hinsicht allerdings mit bisher sehr beschränkter direkter Nachweisquote. Anhand von Eigenbeobachtungen auf zahlreichen Forschungsreisen und der spärlichen Literatur werden rund 50 ornithophile Arten, Angehörige von neun Tribus aus vier tropischen Kontinenten erfasst, darunter solche unter den relativ ursprünglichen Mutisien mit Schwerpunkt in den Anden.

Publikationen:

Ertz, D., Tehler, A., Fischer, E., Killmann, D., Razafindrahaja, T. & Sérusiaux, E. (submitted): *Isalonactis*, a new genus of Rocellaceae (Arthoniales) from Southern Madagascar. *The Lichenologist*.

Fischer, E. & Darbyshire, I. (submitted): A new species of *Crepidorhopalon* (Linderniaceae) from Zambia. *Phytotaxa*.

- Fischer, E. & Dehling, M. (submitted): A new species of *Pararistolochia* (Aristolochiaceae) from Gabon. *Phytotaxa*.
- Fischer, E. & Rahelivololona, E. (submitted): New species of *Impatiens* (Balsaminaceae) from Madagascar. *Phytotaxa*.
- Fischer, E. & Lachenaud, O. (2013): A new species of *Torenia* (Linderniaceae) from Gabon, remarks on *Torenia mannii* Skan, and a key to the African and Madagascan *Torenia* species. *Phytotaxa* 125: 40-46.
- Fischer, E., Killmann, D. & Meve, U. (2013): *Neoschumannia gishwatiensis* (Apocynaceae, Asclepiadoideae-Ceropegieae) from Gishwati Forest, Rwanda – a third and new species from a disjunct African genus. *Phytotaxa* 77: 19-26.
- Fischer, E., Killmann, D., Lebel, J.-P. & Delepierre, G. (2013): *Eulophia pocsii*, eine neue holomykotrophe Art aus dem Nyungwe Nationalpark, Rwanda. *Eulophia pocsii*, a new holomycotrophic species from Nyungwe National Park, Rwanda. *Die Orchidee* (Im Druck).
- Fischer, E., Schäferhoff, B. & Müller, K. (2013): The phylogeny of Linderniaceae – The new genus *Linderniella*, new combinations in *Bonnaya*, *Craterostigma*, *Lindernia*, *Micranthemum*, *Torenia* and *Vandellia*, and a checklist of all accepted species. *Willdenowia*. (Im Druck).
- Mwachala, G. & Fischer, E. (2013): *Dracaena rosulata* (Asparagaceae) – a new species from D.R.Congo. *Phytotaxa* 88: 6-8.
- Mwachala, G. & Fischer, E. (2013): Two new species of *Dracaena* (Ruscaceae) from Central Africa, with a note on the identity of *D. braunii* Engl. *Novon* 22(4): 442-446.
- Theisen, I. & Fischer, E. (submitted): A new species of *Teedia* (Scrophulariaceae) from Madagascar. *Phytotaxa*.
- Vogel, S. (2012): *Floral-biological Syndromes as Elements of Diversity within Tribes in the Flora of South Africa*, Shaker-Verlag. Aachen, 377pp.

Bericht Horst Bleckmann

Arbeitsgruppe Zoologie

1. Kognitive Fähigkeiten von Knorpel- und Knochenfischen

Über die Funktion des Vorderhirns der Knorpelfische (Haie und Rochen) ist nur wenig bekannt. Wir möchten herauszufinden, ob das Vorderhirn der Knorpelfische homologe Strukturen zum Hippocampus und zur Amygdala der Säugetiere enthält und welche Gehirnareale es Fischen ermöglichen, höhere kognitive Leistungen auszubilden. Zu diesem Zweck werden verhaltensphysiologische und neuroanatomische Untersuchungen an bodenbewohnenden Haien und Knochenfischen durchgeführt. Die Versuche dienen darüberhinaus dazu, mehr über die Lern- und Gedächtnisleistungen von Fischen zu erfahren.

2. Mechanosensorische Seitenlinie

In diesem Projekt wird untersucht, ob periphere und zentrale Seitenliniennurone auf Wirbelstraßen reagieren und ob bzw. wie genau bestimmte Parameter einer Wirbelstraße (Wirbelablösefrequenz, Wellenlänge, Ort des Wirbelerzeugers) in der neuronalen Antwort abgebildet werden. Darüberhinaus untersuchen wir, ob man aus den Antworten primärer Seitenlinienfasern Rückschlüsse auf die Größe, Form und Entfernung des Objektes ziehen kann, das die Wasserbewegungen verursacht hat.

3. Flug des Wanderfalken

Der Wanderfalk (*Falco peregrinus*, Falconidae) ist der weltweit schnellste Vogel. Im Sturzflug erzielt er Geschwindigkeiten von mehr als 360 km/h, indem er die Flügel vollständig an den Rumpf anlegt und so eine besonders angepasste Körperform erreicht. Die kunstvolle Rückkehr aus dem Sturzflug in den Steigflug zeigt, mit welcher scheinbaren Leichtigkeit dieser Vogel durch seinen Körperbau und seine geschickte hochdynamische Anpassung mit den dabei auftretenden aerodynamischen Lasten umgehen kann.

In dem Vorhaben werden beim Wanderfalken die morphologischen und aerodynamischen Voraussetzungen für diesen Extremflug untersucht. Ziel dieses interdisziplinären Forschungsprojektes von Biologen (Prof. Dr. Horst Bleckmann, PD Dr. Anke Schmitz) und Strömungsforschern (Prof. Dr. Ing. Christoph Brücker, Dipl.-Ing. Benjamin Ponitz, TU Freiberg) ist es, die Besonderheiten der Anpassung des Falken an diese Extremflugsituation zu analysieren und in Zusammenhang mit den aerodynamischen Charakteristika phänomenologisch zu bewerten.

4. Aufstiegshilfen für Wanderfische in Fließgewässern

Viele Fließgewässer sind mit Bauwerken versehen (Kraftwerksanlagen) die es für Fische unmöglich machen, ihre jährlichen Wanderungen von und zu den Laichplätzen durchzuführen. Da Fische auf ihren Wanderungen bestimmte Gewässer- und Uferbereiche bevorzugen möchten wir herausfinden, ob sich diese Bereiche durch besondere Strömungsverhältnisse auszeichnen. Die durch Messungen in natürlichen Gewässern erzielten Erkenntnisse sollen dazu genutzt werden, Fischauf- und Abstiegshilfen zu optimieren.

5. Spuckverhalten von Speikobras

Speikobras gehören zu den Elapidae. Sie tragen ihren Namen aufgrund ihres Abwehrverhalten: sie spucken ihr Gift gezielt in das Gesicht eines Angreifers. Das Speien wird durch den speziellen Aufbau ihrer Giftzähne ermöglicht: Der Giftkanal endet nicht in der Zahnschmelze, sondern im rechten Winkel auf Höhe einer runden Austrittsöffnung. In dem inzwischen beendeten Forschungsprojekt haben wir untersucht, ob Speikobras kurz vor und während eines Speiaktes zur Erhöhung der Zielgenauigkeit ihre Kopfbewegungen an die Kopfbewegungen eines potentiellen Feindes anpassen, ob bestimmte Kopfbewegungen eines Angreifers besonders reizwirksam sind und ob bzw. woran Speikobras menschliche und tierische Gesichter erkennen.

Literatur

Schmitz A, Ponitz B, Brücker Ch, Schmitz H, Herweg J, Bleckmann H (2014) The feathers of the peregrine falcon: is their morphology adapted to the falcon's extraordinary flight performance. *J Morphol* (submitted).

Ponitz B, Schmitz A, Fischer D, Bleckmann H, Brücker Ch (2014) Diving-flight aerodynamics of a peregrine falcon (*Falco peregrinus*). *Plos One* (in press).

Fuss T, Bleckmann H, Schluessel V (2013) The shark *Chiloscyllium griseum* can orient using turn responses before and after telencephalon ablation. *J Comp Physiol A* (in press).

Fuss T, Bleckmann H, Schluessel V (2013) Place learning prior to and after telencephalon ablation in bamboo and coral cat sharks (*Chiloscyllium griseum* and *Atelomycterus marmoratus*). *J Comp Physiol A* (in press).

Schmitz A, Bleckmann H, Mogdans J (2013) The lateral line receptor array of cypri-

nids from different habitats. *J Morphol* (in press).

Bleckmann H, Mogdans J (2013) Central processing of lateral line information. In: Coombs S, Montgomery J, Bleckmann H (eds) *The hydrodynamics and neuroethology of the lateral line*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp 253-280.

Coombs S, Bleckmann H (2013) The gems of the past: A brief history of lateral line research in the context of the hearing sciences. In: Coombs S, Montgomery J, Bleckmann H (eds) *The hydrodynamics and neuroethology of the lateral line*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 1-16.

Montgomery J, Bleckmann H, Coombs S (2013) Sensory Ecology and Neuroethology of the Lateral Line. In: Coombs S, Montgomery J, Bleckmann H (eds) *The hydrodynamics and neuroethology of the lateral line*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 121-150.

Montgomery J, Bleckmann H, Coombs S, Fay RR, Popper A (eds) *Sensory Ecology and Neuroethology of the Lateral Line*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 1-347 (2013).

Berthe R, Westhoff G, Bleckmann H (2013) Potential targets aimed at by spitting cobras when deterring predators from attacking. *J Comp Physiol A* 199:335-340.

Gierszewski S, Bleckmann H, Schluessel V (2013) Cognitive abilities in Malawi cichlids (*Pseudotropheus sp.*): Matching-to-sample and image/mirror-image discriminations. *Plos One* 8: 1-14

Bleckmann H (2013) Die Welt der Sinne. *Mitteilungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft*. Steinbrecht RA (Hersg). Basiliken Presse, Rangsdorf. Pp. 15-30.

Bleckmann H (2013) Fischlokomotion in laminarer und turbulenter Strömung. In: Rutschmann P (ed) *Ökohydraulik. Leben im, am und mit dem Fluss*. Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft. Meissner Druck, Oberaudorf, pp 97-102.

Bionik

1. Bionische Seitenlinienkanalsysteme

Fische können mit Hilfe ihres Seitenliniensystems selbst kleinste Wasserbewegungen und Druckgradienten wahrnehmen. Das Seitenliniensystem der Fische besteht aus Mechanosensoren (Neuromasten), die auf der Kopf- und Körperoberfläche sowie

in Kanälen vorkommen. In dem Projekt werden diverse Kanalstrukturen nach dem natürlichen Vorbild entwickelt. Als Signalquellen dienen umströmte, bewegte und oszillierende Objekte sowie hydrodynamisches Rauschen. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zeigen unter anderem, dass bestimmte Kanalstrukturen zu einer Optimierung des Signal-Rausch Verhältnisses führen. Dies eröffnet interessante technische Anwendungen.

2. Interdisziplinäres Projekt: Künstliche Seitenliniensysteme

Im Rahmen dieses Projektes untersuchen wir die periphere und zentralnervöse Verarbeitung von Seitenlinienreizen mit Hilfe elektrophysiologischer Methoden. Außerdem werden in Zusammenarbeit mit Physikern und Ingenieuren des Forschungszentrums caesar biomimetische Strömungssensoren nach dem Vorbild der Fischseitenlinie entwickelt. In einem Strömungskanal wurden in vivo Experimente durchgeführt, bei denen Fische verschiedenen Strömungsreizen ausgesetzt sind. Zeitgleich wurden Einzelzelleableitungen durchgeführt, um die Antwortcharakteristik peripherer und zentraler Neurone bei Reizung mit laminarer und turbulenter Strömung zu analysieren.

3. Interdisziplinäres Projekt: Infrarot-Sensorik bei Insekten

Im Vordergrund dieses Projektes stehen die IR-Rezeptoren von pyrophilen Insekten, die z.T. aus großen Entfernungen Waldbrände anfliegen, um sich auf den frischen Brandflächen fortzupflanzen. Vertreter von drei pyrophilen Käfergattungen sowie einer pyrophilen Wanzenart haben an unterschiedlichen Körperstellen IR-Rezeptoren entwickelt, die zur Detektion von Waldbränden sowie zur Orientierung auf frischen Brandflächen genutzt werden. Die Entschlüsselung der den verschiedenen biologischen IR-Sensoren zugrunde liegenden Funktionsprinzipien ist die zentrale Aufgabe dieses Projektes. Hierzu wird von der Morphologie bis zu materialwissenschaftlichen Untersuchungen ein breites Spektrum von Methoden genutzt. Ziel ist die Entwicklung technischer Infrarotsensoren nach dem Vorbild der Natur.

4. Interdisziplinäres Projekt: Strahlformung bei Speikobras und Pistolenkrebsen

Die impulsartige Erzeugung von Flüssigkeitsstrahlen wird von verschiedenen Tieren zur Feindabwehr, Nahrungsbeschaffung und Kommunikation genutzt. Erstaunlich ist die Vielfalt der Lösungen, die die Natur zur Erzeugung von Flüssigkeitsstrahlen entwickelt hat. Die natürlichen Vorbilder könnten zur Verbesserung industrieller Prozesse (z.B. Strahlschneiden, Injektion von Flüssigkeiten) eingesetzt werden. Das geplante Gemeinschaftsvorhaben zwischen Biologen und Ingenieuren untersucht die Strahlformung in der Natur am Beispiel der Speikobra und des Pistolenkrebses. Bei den Tiergruppen ist gemeinsam, dass sie impulsartig Flüssigkeitsstrahlen erzeugen,

diese sich aber in Ihrer Struktur, ihrer Reichweite und ihrem Zerfall deutlich unterscheiden. Ziel ist, die Mechanismen der Erzeugung und der art-spezifischen Formgebung des Strahls zu analysieren und das so entwickelte Verständnis für ingenieurtechnische Anwendung zu nutzen.

5. Polymäroberflächen mit minimierter Reibung oder anisotropen Reibungseigenschaften

Schlangen zeigen auch ohne Extremitäten sehr verschiedene Fortbewegungsweisen. Zudem bewegen sich die verschiedensten Schlangenarten auf ganz unterschiedlichen Substraten (z.B. Sand, Laub, Fels, oder Äste). Zur Lokomotion sind Schlangen auf die mechanischen Eigenschaften ihrer Bauchschuppen angewiesen. Diese müssen Reibung erzeugen, um sich am Untergrund abstoßen zu können, gleichzeitig aber auch den Reibungswiderstand minimieren, um effizient vorwärts gleiten zu können. Die Schuppen müssen demnach anisotrope Reibungseigenschaften besitzen. Das Projekt, das in Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern am Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Rostock (Hrn. Gorb) untersucht wurde, erforscht den Einfluss der Mikrostrukturen auf der Oberfläche der Bauchschuppen auf deren Reibungseigenschaften. Diese Mikrostrukturen können auf Polymeroberflächen übertragen werden, die so die Reibungseigenschaften der Schlangenhaut imitieren.

7. Microornamentation bei den Chamaeleonidae

Die verschiedenen Vertreter der Chamaeleonidae besitzen an ihren Extremitäten Mikrostrukturen, die die Hafteigenschaften der Füße maßgeblich beeinflusst. Diese Mikrostrukturen wurden mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops bei 13 Chamaeleonarten vergleichend untersucht und mit dem Habitat der jeweiligen Art (z.B. Baumbewohner, Bodenbewohner) in Beziehung gesetzt.

Literatur

Jendrian R, Böhme W, Bleckmann H, Spinner M (2014) Microornamentation of leaf chameleons (Chamaeleonidae: *Brookesia*, *Rhampholeon* and *Rieppeleon*) – with comments on the evolution of microstructures in the Chamaeleonidae (submitted).

Spinner M, Westhoff G, Gorb SN (2013) Subdigital and subcaudal microornamentation in Chamaeleonidae – a comparative study (submitted).

Spinner M, Gorb SN, Balmert A, Bleckmann H, Westhoff G (2014) Non-contaminating camouflage: multifunctional skin microornamentation in the West African Gaboon viper (*Bitis rhinoceros*)(submitted)

Hess D, Brücker Ch, Hegener F, Balmert A, Bleckmann H. (2013) Vortex formation with a snapping shrimp claw. PLoS One (submitted).

Bousack H, Soltner H, Klocke D, Schmitz H (2013). Infrared Sensors inspired by pyrophilous Insects. Handbook of Biomimetics and Bioinspiration, Vol. 3 (submitted).

Schmitz H, Kahl T, Soltner H, Bousack H (2013) Biomimetic infrared sensors. Encyclopedia of Nanotechnology (submitted).

Klein A, Bleckmann H (2014) The function and significance of lateral line morphology (in press).

Schmitz A, Bleckmann H, Mogdans J (2013) The lateral line receptor array of cyprinids from different habitats. J Morphol (in press).

Triep M, Hess D, Chaves H, Brücker Ch, Bleckmann H (2013) Spitting in spitting cobras. II. 3D flow in the venom channel: do the internal ridges act as flow guide vanes. PLoS ONE.

Kahl T, Bousack H, Schneider E S, Schmitz H (2013) Infrared receptors of pyrophilous jewel beetles as model for new infrared sensors. Sensor Review (in press).

Klein A, Bleckmann H, Münz H (2013) The functional significance of lateral line canal morphology on the trunk of the marine teleost *Xiphister atropurpureus* (Stichaeidae). J Comp Physiol A 199: 735-750.

Spinner M, Kovalev A, Gorb SN, Westhoff G (2013) Snake velvet black: Hierarchical micro- and nanostructure enhances dark colouration in *Bitis rhinoceros*. Scientific reports 3, Article number 1846.

Schneider E, Schmitz H (2013) Bimodal innervation of the infrared organ of *Merimna atrata* (Coleoptera, Buprestidae) by thermo- and mechanosensory units. Arthropod Structure and Development 42: 135-142.

Grossmann N, Schmitz H (2013) Mechanical properties of terrestrial isopods. Bioinspired, Biomimetics and Nanobiomaterials Vol. 2 (in press, published online 05/12/2012).

Bericht Prof. Dr. Angelika Brandt

SoJaBio (Sea of Japan Biodiversity Studies)

Ergebnisse dieser Expedition würden in einem wissenschaftlichen Sonderband „Deep-Sea Research II“ publiziert.

Eine gemeinsame russisch-deutsche Tiefsee-Expedition (Sea of Japan Biodiversity Studies [SoJaBio]) an Bord des russischen FS *Akademik Lavrentyev* wurde in das Japanische Meer mit 12 russischen Wissenschaftlern des A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology (IMB) in Vladivostok und 12 deutschen Wissenschaftlern zwischen August-September 2010 durchgeführt. Ziel dieser Expedition war die Biodiversität des halb geschlossenen und isolierten Japanischen Meeres, eines relativ jungen Tiefseebeckens untersuchen, welches sich durch eine hohe Produktivität auszeichnet und sehr stark anthropogenen Einflüssen unterliegt. Die Ergebnisse sollen künftig mit der Biodiversität einer offenen, nicht isolierten Tiefseeregion des Pazifiks, der Kurilen-Kamchatka Region sowie dem Kurilen Graben verglichen werden. Des Weiteren sollen die Daten mit bereits existierenden Daten, welche im Rahmen des CeDAMar (Census of the Diversity of Abyssal Marine Life) Projektes basierend auf standardisiertem Geräteinsatz erarbeitet wurden, verglichen werden. Es wurden die Abundanzen und der Artenreichtum der verschiedenen Stationen miteinander verglichen und die Hypothese getestet, dass die Abundanzen mit der Entfernung vom Land und der Wassertiefe abnehmen, die Diversitäten aber zu.

KuramBio (Kurile Kamtchatka Deep-Sea Biodiversity)

Bericht zu den deutsch-russischen Tiefseebiodiversitätsuntersuchungen in der Kurilen-Kamtschatka-Region

Koordinatoren der Expedition:

Prof. Dr. Angelika Brandt, Zoologisches Museum, Martin-Luther-King-Platz 3, 20146 Hamburg; abrandt@uni-hamburg.de.

Dr. Marina Malyutina, Institute of Marine Biology (IMB), FEB RAS, Palchevskogo 17, 690041, Vladivostok, Russia, e-mail: m_malyutina@mail.ru

Zusammenfassung

Die deutsch-russische Expedition KuramBio wurde vom 21.7.-7.9.2012 mit der FS *Sonne* im Kurilen-Kamtchatka-Graben und der abyssalen Tiefsee durchgeführt. Diese Expedition schließt sich an die russisch-deutsche SoJaBio Expedition mit FS *Akademik M. A. Lavrentyev* in die Tiefsee des Japanischen Meeres an (11.8.-5.9.2010, s.o.). Ziele der Expedition in die Kurilen-Kamtchatka Region sind die Erforschung der Biodiversität und Gemeinschaftsstrukturen ausgewählter abundanter Taxa der Meio-, Makro- und Megafauna. Die geologisch ältere Tiefsee der Kurilen-Kamtchatka Region ist durch Organismen leichter zu besiedeln als die Tiefsee der jungen halb-geschlossenen Japanischen See. Mit der Hilfe verschiedener gemeinschaftsanalytischer Verfahren und Koeffizienten sollen die ausgewählten Meio-, Macro- und Megabenthos-Gemeinschaften hinsichtlich ihrer Struktur und Artendiversität beschrieben und miteinander verglichen werden, neue Arten sollen wissenschaftlich beschrieben und somit für weitergehende Studien zugänglich ge-

macht werden. Die neu erhobenen Daten von KuramBio werden auf Taxonebene mit den SoJaBio-Daten und weiteren existierenden globalen Daten zur Zoogeographie der Arten verglichen, welche im Rahmen von CeDAMar unter standardisiertem Geräteinsatz gewonnen wurden. Diese Arbeiten wurden in 2012 begonnen, da aber noch bis weit in 2013 das Probenmaterial sortiert wurde werden diese Ziele erst in 2014 erreicht werden können und ein Sonderband mit den Daten aus dieser Region publiziert werden.

Es sollten folgende Hypothesen überprüft werden: 1. Die Artengemeinschaften der Kurilen Kamtchatka Stationen und Transekte unterscheiden sich in ihrer Struktur (Artenzusammensetzung) und ihrer Diversität (Artenreichtum) 2. Das „offene, nicht-isolierte“ Abyssal des Kurilen-Kamtchatka Bereiches führt zu einer Erhöhung der Biodiversität im Vergleich zum geographisch „relativ“ isolierten Japanischen Meer. 3. Im Kurilen-Kamtchatka Graben werden $\geq 50\%$ neue Arten in den verschiedenen Taxa nachzuweisen sein. 4. Der standardisierte Geräteinsatz wird die faunistischen Kenntnisse stark erhöhen. 5. Erhöhte Produktivität führt zu einer Erhöhung der Artendiversität.

Geräteinsatz / Bearbeitung / Forschungsstand Zoologisches Museum Hamburg:

Großgeräte für die Expedition wurden vom Deutschen Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung in Wilhelmshaven zur Verfügung gestellt (Multicorer, Großkastengreifer, Agassiz trawl), ein neuer Epibenthoschlitten (C-EBS) mit Sensorik und Still- und Videokamera wurde in Hamburg von der Antragstellerin über das Exzellenzcluster Clisap angeschafft und wurde auf FS *Sonne* während KuramBio ebenfalls eingesetzt. Das Expeditionsteam setzte sich zusammen aus 14 deutschen Wissenschaftlern und Technikern und einem russischen Team von 11 Wissenschaftlern.

Die Expedition KuramBio war sehr erfolgreich, alle benthischen Probenahmen wurde mit Erfolg durchgeführt. Es wurden insgesamt 12 Stationen im Kurilen Kamchatka Graben sowie im angrenzenden Abyssal beprobt. Der Fahrtbericht wurde am 9. Oktober an die Technische Informationsbibliothek für Deutsche Forschungsberichte (TIB) in Hannover geschickt und ist dort elektronisch einsehbar.

Am 25.10.2012 wurde der Container mit dem Probenmaterial der KuramBio Expedition in Wilhelmshaven im Deutschen Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung abgeliefert. Von dort aus wurde das in Hamburg zu sortierende Makrobenthosmaterial (Großkastengreiferproben und Epibenthoschlittenproben) zeitnah nach Hamburg transportiert. Für die Aufarbeitung der Polychaeta aus den Großkastengreiferproben wurde Frau Viola Fischer als Doktorandin eingestellt, für die Aufarbeitung der Isopoda, und des Epibenthoschlittenmaterials wurde Nikolaus Elsner als Doktorand eingestellt. Die Multicorerproben werden in Wilhelmshaven sortiert und dort von der Doktorandin Christina Schmidt bearbeitet. Die Doktoranden haben in 2013 mit den studentischen Hilfskräften das Probenmaterial weitestgehend sortiert. Erste Tabellen und Grafiken zum Bearbeitungsstand liegen vor und werden derzeit verbessert, um in 2014 in einem weiteren Sonderband des wissenschaftlichen Journals „Deep-Sea Research II“ publiziert zu werden.

Russische Zusammenarbeit

POMOR (Program for Marine and Polar Sciences) Förderung dreier russischer Wissenschaftler in 2013 und Workshop Future Visions II in Wladiwostok:

Für drei russische Kolleginnen wurde 2013 über das Otto-Schmidt-Labor im Rahmen des POMOR Programmes ein Projektantrag für ein *OSL-Fellowship* eingereicht. Der Antrag "*KuramBio (Kurile Kamchatka Biodiversity Study) – exchange for progress*" wurde bewilligt und ermöglichte Dr. Marina Malyutina, Dr. Inna Alalykina (Post-Doc), sowie Anna Lavrenteva, (PhD student) vom A.V. Zhirmunsky's Institute of Marine Biology, FEB RAS, Wladiwostok, neben der Zahlung eines monatlichen Stipendiums in 2013 den Besuch des Zoologischen Museums Hamburg. Dieser Besuch wurde vor dem gemeinsamen *Workshop Future Visions II* in Wladiwostok vom 6.-12. September 2013 durchgeführt. Der Workshop diente zum einen dazu dienen sortiertes KuramBio-Material nach Russland für die weitere Bearbeitung ausgewählter Taxa durch russische Kollegen zu transportieren, zum anderen wurden auf dem Workshop erste Daten der KuramBio Expedition vorgestellt und es wurde besprochen welche Manuskripte für die Publikation eines ersten Sonderbandes mit Ergebnissen der KuramBio-Expedition bis Frühjahr 2014 vorliegen können, um diese für einen Sonderband in „*Deep-Sea Research II*“ begutachten zu lassen. Des Weiteren wurden zukünftige potentielle gemeinsame Forschungsprojekte logistisch und inhaltlich diskutiert und geplant.

Publikationen 2013

Begutachtete Publikationen:

- Brandt A.**, Elsner N., Golovan, O., Malyutina, M.V., Riehl, T., Schwabe, E., Würzberg, L., Brenke, N. (2013): Epifauna of the Sea of Japan collected via a new epibenthic sledge equipped with camera and environmental sensor systems. *Deep-Sea Research II* 86-87: 43-55.
- Elsner, N.O., Golovan, G.A.; Malyutina, M. & **A. Brandt** (2013): Alone in the dark: population structure and reproductive mode of the most prevalent isopod species *Eurycope spinifrons* (Asellota: Munnopsidae). from bathyal and abyssal depths of the Sea of Japan. *Deep-Sea Research II* 86-87: 66-78.
- Golovan, O.A., Blazewicz-Paszkowycz, M., **Brandt, A.**, Budnikova, L.L., Elsner, N.O., Ivin, V.V., Lavrenteva, A.V., Malyutina, M.V., Petryashov, V.V. Tzareva L.A. (2013): Diversity and distribution of peracarid crustaceans (Malacostraca) from the continental slope and the deep sea basin of the Sea of Japan. *Deep-Sea Research II* 86-87: 66-78.
- Kharlamenko V., **Brandt A.**, Kiyashko S., Würzberg L. (2013): Trophic position of benthic invertebrates from the Sea of Japan derived by multidimensional analysis. Part I: Bathyal communities. *Deep-Sea Research II* 86-87: 34-42.
- Malyutina M.V., **Brandt A.** (2013): Introduction to SoJaBio (Sea of Japan Biodiversity). *Deep-Sea Research II* 86-87: 1-9.
- Convey, P.; **Brandt, A.** & S. Nicol (2013): Life in a cold environment. In: D.W.H. Walton (ed.) *Antarctica – Global Science from a Frozen Continent*. CUP, Cambridge, Chapter 10, pp. 161-211.

- Riehl, T., **Brandt, A.** (2013): Southern-Ocean Macrostylidae reviewed with a key to the species and new descriptions from Maud Rise. *Zootaxa* 3692(1): 160-203.
- Timm, M., Kaiser, S., **Brandt, A.** (2013): A new species of *Acanthaspidia* Stebbing, 1898 (Isopoda, Asellota, Acanthaspidiidae Menzies, 1962) from the bathyal Weddell Sea (Southern Ocean). *Zootaxa* 3692 (1): 238–258.
- Nickel, J., **Brandt, A.** (2013): A new species of *Fissarcturus* (Isopoda, Antarcturidae) from the Weddell Sea (Southern Ocean). A new species of *Fissarcturus* Brandt, 1990 (Isopoda, Valvifera, Antarcturidae) from the Southern Ocean, off the South Sandwich Islands. *Zootaxa* 3692 (1): 136–148.
- Brandt, A.** (2013): *Fissarcturus walteri* sp. nov. from the Ross Sea of the Southern Ocean (Isopoda, Antarcturidae). *Zootaxa* 3670(3) 339-348.
- Kaiser, S., Brandão, S.N., Brix, S., Barnes, D.K.A., Bowden, D., Ingels, J., Leese, F., Linse, K., Schiaparelli, S., Arango, C., Bax, N., Blazewicz-Paszkowycz, M., **Brandt, A.**, Catarino, A.I., Danis B., David, B., De Ridder, C., Dubois, P., Ellingsen, K.E., Glover, A., Griffiths, H.J., Gutt, J., Halanych, K., Havermans, C., Held, C., Janussen, D., Lörz, A.-N., Pearce, D., Pierrat, B., Riehl, T., Rose, A., Sands, C.J., Soler i Membrives, A., Schüller, M., Strugnell, J., Vanreusel, A., Veit-Köhler, G., Wilson, N., Yasuhara, M. (2013): Pattern, process and vulnerability of Southern Ocean benthos - a decadal leap in knowledge and understanding. *Marine Biology* DOI 10.1007/s00227-013-2232-6.
- Schüller, M., **Brandt, A.** Ebbe, B. (2013): Diversity of Southern Ocean deep-sea benthos between cosmopolitanism and cryptic speciation: new species from the ANDEEP expeditions. *Zootaxa* 3692 (1): 4-6.
- Brandt, A.** (2013): Marine Biodiversität in den Polarregionen nach der Volkszählung der Meere. In: J. L. Lozán (ed.) Warnsignale aus den Polarregionen 20013, pp. 51-56.
- Brandt, A.** van de Putte, A., Griffiths, H. (2013): Southern Ocean benthic deep-sea biodiversity and biogeography. SCAR Biogeographic Atlas of the Southern Ocean (in press).
- Douglass, L.L., Beaver, D., Raymond, B., Constable, A.J., **Brandt, A.**, Post, A.L., Kaiser, S., Grantham, H.S., Nicoll, R.A. (2013): Benthic regional classification. SCAR Biogeographic Atlas of the Southern Ocean (in press).
- Schnurr, S., **Brandt, A.**, Brix, S., Fiorentino, D., Malyutina, M. & J. Svavarsson (in press): Diversity, Ecology and Distribution of selected munnopsid genera (Crustacea) around Iceland. *Deep-Sea Research I*.
- Linse, K., Griffiths, H.J., Barnes, D.K.A., **Brandt, A.**, David, B., Eleaume, M., Glover, A., Mah, C., Munilla, T., O'Loughlin, M., Saucedo, T., Sands, C., Strugnell, J.M., Enderlein, P. (2013): The macro- and megabenthic fauna on the continental shelf of the eastern Amundsen Sea, Antarctica. *Continental Shelf Research* 68: 80–90.
- Nicht begutachtete Publikationen:**
- Brandt, A.**, Ebbe, B. (2013): System Coupling in the Southern Ocean. *Berichte zur Polar und Meeresforschung* 661, pp. 75.
- Brandt, A.**, Würzberg, L., Brandao, S., Schnurr, S., Meyer Löbbecke, A., Havermans, C., Zinkann, A.-C., Jörger, K., Schwabe, E., Janussen, D.,

- Vortkamp, M. (2013): The epibenthic (EBS) deployment. *Berichte zur Polar und Meeresforschung* 661, pp. 87-90.
- Brandt, A.**, Würzberg, L., Schnurr, S., Meyer Löbbecke, A., Zinkann, A.-C., Vortkamp, M., Schüller, M. (2013): On the functional biodiversity and ecology of macrobenthic abyssal key species with focus on the Isopoda and Polychaeta. *Berichte zur Polar und Meeresforschung* 661, pp. 96-98.
- Janussen, D., Brandao, S., Cedhagen, T., Hauquier, F., Havermans, C., Jörger, K., Lejzerowicz, F., Meyer-Löbbecke, A., Schnurr, S., Schwabe, E., Vortkamp, M., Würzberg, L., Zinkann, A.-C., **Brandt, A.** (2013): Agassiz trawl (AGT) deployments. *Berichte zur Polar und Meeresforschung* 661, pp. 115-117.
- Meyer-Löbbecke, A., **Brandt, A.** (2013): Investigations on systematics, zoogeography and diversity of deep-sea Isopoda (Crustacea, Malacostraca) in the polar front of the Southern Ocean. *Berichte zur Polar und Meeresforschung* 661, pp. 99-101.
- Schnurr, S., Meyer-Löbbecke, A., **Brandt, A.**, Brix, S. (2013): Barcoding deep-sea Isopoda. *Berichte zur Polar und Meeresforschung* 661, pp. 94-95.
- Würzberg, L., Zinkann, A.-C., **Brandt, A.** (2013): On the functional biodiversity and ecology of benthic abyssal key species. *Berichte zur Polar und Meeresforschung* 661, pp. 91-93.
- Brandt, A.**, Malyutina, M. (2012) "The German-Russian deep-sea expedition KuramBio (Kurile Kamchatka Biodiversity Study) : to the Kurile Kamchatka Trench and abyssal plain on board of the R/V Sonne, 223rd Expedition, July 21th - September 7th 2012". Biocenter Grindel and Zoological Museum, University of Hamburg - Hamburg [u.a.], 2012. - Online-Ressource (100 S., 5,46 MB). : Förderkennzeichen BMBF 03G0223A <http://opac.tib.uni-hannover.de/DB=1/XMLPRS=N/PPN?PPN=741102293>
- Brandt, A.**, Malyutina, M. (2013): Russian-German workshop Future Visions II - Deep-Sea Investigations in the Northwestern Pacific. Proceedings of the German-Russian Workshop Future Visions II." Ed., K.A. Lutaenko, Vladivostok, Russia, 7-9.
- Brandt, A.**, Malyutina, M. (2013): The German-Russian deep-sea expedition KuramBio (Kuril-Kamchatka Biodiversity Studies) to the Kuril-Kamchatka Trench and abyssal plain on board of the RV *Sonne*. Proceedings of the German-Russian Workshop Future Visions II." Ed., K.A. Lutaenko, Vladivostok, Russia, 10-14.
- Elsner, N.O., Golovan, O.A., Malyutina, M.V., **Brandt, A.** (2013): Preliminary results of the macrofauna with a special focus on the Isopoda from the Kurile- Kamchatka deep-sea area sampled by the means of an epibenthic sledge. Proceedings of the German-Russian Workshop Future Visions II." Ed., K.A. Lutaenko, Vladivostok, Russia, 31-34.
- Fischer, V., Alalykina, I L., Meißner, K., **Brandt, A.** (2013): Preliminary data on the composition of the macrobenthic infauna from the Kurile-Kamchatka deep-sea area collected with the giant box corer with a special focus on the Polychaeta (Annelida). Proceedings of the German-Russian Workshop Future Visions II." Ed., K.A. Lutaenko, Vladivostok, Russia, 35-37.

- Brandt, A.** (2013): Bericht aus dem DGM Vorstand. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Meeresforschung 2(2012), 2.
- Brandt, A., Malyutina, M.** (2013): Die deutsch-russische Tiefsee-Expedition KuramBio (SO 223) (Kurile Kamchatka Biodiversity Study). GfbS (Gesellschaft für biologische Systematik) newsletter 28: 20-23.

Abschlussarbeiten

- Anna Meyer-Löbbecke (2013): Diversity of deep-sea Isopoda (Crustacea, Malacostraca) in the Polar Front of the Southern Ocean.
- Marcel Gerson (2013): Bestandsstruktur, Wanderverhalten und Nahrungsökologie des Schnäpels (*Coregonus maraena*) in der Elbe.

Bericht Stanislav N. Gorb

Auf anisotroper Reibung basierende Systeme in der Biologie: Betrachtung der strukturellen Diversität und Berechnung eines numerisches Modells

Eine große Bandbreite biologischer Oberflächen ist mit Mikro- und Nanostrukturen bedeckt, die in einem gewissen Winkel zur Auflagefläche orientiert sind. Solche Strukturen, wie z.B. Schlangenhaut, stark strukturierte Pflanzenblätter, selbstreinigende Oberflächen und viele andere verursachen eine mechanische Richtungsabhängigkeit in Bezug auf Reibung oder mechanische Verklammerung während des Gleitens auf einer anderen Oberfläche. Solche Oberflächen erzeugen einen zur Fortbewegung oder zum Transport von Sachen essentiellen Vortrieb auf dem Substrat und/oder innerhalb des Substrats. Für solche Systeme haben wir in einem theoretischen Ansatz die Abhängigkeit der Effizienz anisotroper Reibung von den folgenden Faktoren untersucht: (1) Neigungswinkel der Oberflächenstrukturen, (2) Steifigkeit ihrer Verbindungen mit dem Unterlage und (3) Gleitgeschwindigkeit. Basierend auf dem aufgestellten Modell empfehlen wir einen generalisierten optimalen Satz an Variablen, um die funktionale Effizienz anisotroper Systeme dieses Typs zu maximieren. Zuletzt diskutieren wir eine optimale Zusammensetzung solcher Parameter aus dem Blickwinkel biologischer Systeme (zusammen mit Alexander Filippov).

Entwicklung und Regenerationsvermögen der Wachsauskleidung von *Nepenthes alata*-Kannen: Ein Ansatz mittels Kryo-Rasterelektronenmikroskopie

Die Wandinnenseite von Kannen der Kannenpflanze *Nepenthes alata* ist überzogen mit einer aus verschiedenen Schichten zusammengesetzten epikutikulären Wachsauflage. Die Morphogenese dieser Wachsauflage sowie das Regenerationsvermögen der oberen Wachsschicht wurde in einem kryo-rasterelektronenmikroskopischen

Ansatz untersucht. Die Entwicklung der Wachsauflage von Kannen unterschiedlichen Alters konnte in sechs verschiedene Stadien eingeteilt werden. Im ersten Stadium ähneln die Wachskristalle jenen, die kürzlich in ausgereiften Kannen der Arten *N. dicksoniana* und *N. ventricosa* gefunden wurden. Plättchen der oberen Wachsschicht werden von einer Verbreiterung der Spitzen langer, dünner Stiele während des letzten Entwicklungsstadiums gebildet. Im Gegensatz zu vorangegangenen Hypothesen zeigen unsere Ergebnisse, dass die Wachskristalle beider Schichten genauso wie die sie verbindenden Stiele senkrecht zu der Kannenwand orientiert sind. Wurde die obere Wachsschicht mechanisch entfernt, so konnte 4-8 Wochen später keine Änderung in der Höhe der Wachsauflage der gealterten Pflanzen festgestellt werden. Wir schließen daraus, dass sich die Wachsauflage der Kannen von *N. alata* Pflanzen nicht regenerieren kann (zusammen mit Elena Gorb und Martina Benz).

Artabhängige Langzeitdynamiken einer durch Ameisen verbreiteten Pflanzengesellschaft

Myrmecochorie, die Ausbreitung von Samen durch Ameisen, ist ein weit verbreitetes Phänomen und myrmecochore Pflanzen machen einen großen Anteil der Artengemeinschaften vieler Ökosysteme aus. Da sich die Zusammensetzung der Ameisenarten im Ökosystem kontinuierlich in Zeit und Raum verändert, waren die Langzeitauswirkungen solcher Ameisen-Pflanzen Interaktionen auf die Pflanzengesellschaften unklar. Im Rahmen vieler vorhergehender Studien haben wir umfangreiche Informationen über ein Ökosystem in Laubwäldern der Zentralukraine gesammelt. Diese Ergebnisse erlaubten uns, mögliche Auswirkungen verringerter Häufigkeiten oder des Aussterbens einer Ameisenart auf den Fortbestand und die Verteilung von Pflanzen im Ökosystem zu simulieren. Die Ergebnisse der modellierten Langzeitstudie zeigen, dass die Abundanzen und die räumliche Verbreitung myrmecochorer Pflanzen deutlich sowohl von den Abundanzen der Ameisen als auch von ihren Artenzusammensetzung im Lebensraum abhängen. Die positive Rolle der Ameisendiversität für die Aufrechterhaltung myrmecochorer Pflanzendiversität wird gezeigt. Die Konkurrenz zwischen Pflanzenarten um die Ausbreitung ihrer Samen wird durch die Ameisengesellschaften in der Weise beeinflusst, dass das Verschwinden einer Ameisenart zum Rückgang oder sogar zum lokalen Verschwinden einer bestimmten Pflanzenpopulation führen kann (zusammen mit Elena Gorb und Alexander Filippov).

Adhäsionsvermögen der Männchen, Polymorphismus der Weibchen und ein Geschlechterkonflikt: kleinskalige Morphologie der Elytren als eine sexuelle antagonistische Adaptation weiblicher Gelbrandkäfer

Man geht davon aus, dass Männchen und Weibchen im Verlauf eines sexuellen Konflikts Merkmale und Verhaltensweisen mit einer sexuell antagonistischen Funktion ausbilden. Seit kurzem vermutet man, dass eine antagonistische Koevolution zwischen männlichen und weiblichen Gelbrandkäfern (Dytiscidae) stattfindet. Männliche

Gelbrandkäfer besitzen zahlreiche Saugnäpfe auf ihren Vorderbeinen, während die Elytren der Weibchen üblicherweise raue Strukturen aufweisen. Es wurde vermutet, dass diese rauen Strukturen eine Adhäsion der männlichen Saugnäpfe während der Paarungsversuche verhindern. Einige Gelbrandkäferarten sind dimorph, wobei die eine weibliche Morphe raue und die andere weibliche Morphe glatte Elytren besitzt. In unserer Studie haben wir mit Hilfe biomechanischer Methoden die Haftung männlicher Saugnäpfe auf den beiden weiblichen Morphen von *Dytiscus lapponicus* und *Graphoderus zonatus* untersucht. Die Adhäsion auf rauen und glatten weiblichen Morphen wurde verglichen, um Schlüsse über die Funktion der Oberflächenbeschaffenheit der Elytren ziehen zu können. Wir konnten nachweisen, dass die Haftkraft auf den rauen Strukturen viel geringer war als auf anderen Oberflächen. Diese Ergebnisse bestärken die Vermutung eines intergeschlechtlichen Konflikts von Gelbrandkäfern und einer sexuell antagonistischen Funktion der rauen Strukturen der Weibchen. Zudem unterschieden sich die Männchen in ihrem Adhäsionsvermögen auf verschiedenen weiblichen Oberflächen, was auf einen männlichen Zielkonflikt zwischen dem Anheften an glatten und rauen weiblichen Morphen hinweist (zusammen mit Kristina Karlsson Green, Alexander Kovalev, Erik I. Svensson).

Nachweis eines Materialgradienten in den tarsalen Hafthaaren des Marienkäfers *Coccinella septempunctata*

Damit ein Insekt effizient an Oberflächen haften kann, müssen mit den Hafthaaren an den distalen Bereichen ihrer Beine große Kontaktflächen hergestellt werden. Im Fall der haarigen adhäsiven Pads setzt dies eine Flexibilität der den Kontakt herstellenden Borsten, den sogenannten adhäsiven tarsalen Setae voraus. Allerdings würden zu flexible Setae eine geringe mechanische Stabilität aufweisen, was wiederum zu einer verringerten Haftfähigkeit des Pads führen würde. In der vorliegenden Arbeit zeigen wir, dass die adhäsiven tarsalen Setae des Marienkäfers *Coccinella septempunctata* entlang ihrer Längsausdehnung einen ausgeprägten Gradienten hinsichtlich der Zusammensetzung und der Eigenschaften ihres Materials aufweisen. Der Elastizitätsmodul erstreckt sich von 1.2 MPa an den Spitzen, in denen wir hohe Anteile des elastischen Proteins Resilin finden konnten, bis 6.8 GPa an der Basis der Setae. Wahrscheinlich repräsentieren diese Gradienten eine evolutionäre Optimierung, die die Effizienz des adhäsiven Systems erhöht, indem eine effektive Anpassung an raue Oberflächen ermöglicht und gleichzeitig ein laterales Kollabieren der Setae verhindert wird (zusammen mit Henrik Peisker und Jan Michels).

Messung des schwer Messbaren: Adhäsive Eigenschaften anti-adhäsiver Oberflächen

Adhäsion ist ein universales Phänomen, das viele Prozesse natürlicher und technischer Systeme beeinflusst. Um diese Einflüsse aufzuklären, sind verlässliche Messungen der Haftkraft von großer Bedeutung. In der vorliegenden Studie stellen wir

eine neu entwickelte Methode vor, die es erlaubt, adhäsive Messungen auf Oberflächen mit geringem Adhäsionsvermögen durchzuführen. Dazu benutzen wir einen Mikrokrafttester, kombiniert mit einer elastischen, klebrigen Probe. Vier Tests zur Validierung der Methode zeigten eine hohe Reproduzierbarkeit und Verlässlichkeit der erhaltenen Daten. Weitere Vorteile dieser Methode sind (1) die definierte Geometrie der Probe, (2) das einfache Befestigen der Probe auf der Feder, (3) ihre Anwendbarkeit für zeitaufwändige Experimente sowie (4) die geringen Kosten der Komponenten und das Minimum an benötigtem Material. Wir stellen erste Ergebnisse vor, die wir mit dieser Methode in einem Fallbeispiel mit sechs Epoxidharz-Abdrücken verschiedener Rauheiten ($R_a = 0.007\text{--}3.515\ \mu\text{m}$) gewinnen konnten. Interessanter Weise wurden die höchsten Adhäsionskräfte nicht auf den rauen, sondern auf den Oberflächen mit einer relativ feinen Mikrorauheit ($R_a = 0.150\ \mu\text{m}$) erzielt. Mit einem weiteren Anstieg der Mikrorauheit der Oberfläche nahmen die Adhäsionskräfte kontinuierlich ab. Diese Ergebnisse stimmen mit zuvor publizierten theoretischen Modellen überein (zusammen mit Julia Purto, Martin Steinhart und Elena Gorb).

Die samtschwarze Schlange: Hierarchische Mikro- und Nanostrukturen verstärken die schwarze Färbung von *Bitis rhinoceros*

Die Westafrikanische Gabunvipere (*Bitis rhinoceros*) ist durch ihre Färbung außerordentlich gut getarnt. Ihre Haut weist ein geometrisches Muster auf und besitzt schwarze Stellen, die aufgrund ihrer samtigen Textur eine außergewöhnliche räumliche Tiefe vortäuschen. Unsere Studie gibt einen Einblick in die Mikromorphologie und die optischen Prinzipien, die zu dem samtschwarzen Erscheinungsbild führen. In rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen konnte gezeigt werden, dass die schwarz gefärbten Hautflächen der Schlange einzigartige Oberflächenstrukturen besitzen, die ausschließlich in diesen Regionen zu finden sind. Diese Strukturen sind hierarchisch aufgebaut und bestehen aus blattartigen Formen von $30\ \mu\text{m}$ Höhe, welche von Nanolamellen bedeckt sind. Unter Beleuchtung im nahen UV- bis nahen IR-Spektrum zeigten die mit diesen Strukturen bedeckte samtschwarze Hautflächen eine fünfmal schwächere Reflektivität sowie stärkere Absorptionseigenschaften als die hellen Hautregionen. Die antireflektiven Oberflächenstrukturen erzeugen im Zusammenspiel mit eingelagerten absorbierenden dunklen Pigmenten eine Oberfläche, die im Vergleich zu einem diffusen Polytetrafluorethylen-Reflexionsstandard in alle Richtungen weniger als 11 % des einfallenden Lichts reflektiert. Eine Strukturfarbe, die unabhängig vom Betrachtungswinkel aus jeder Richtung tiefschwarz erscheint, ist unter Schlangen einzigartig und wird in dieser Studie zum ersten Mal beschrieben (zusammen mit Marlene Spinner, Alexander Kovalev und Guido Westhoff).

Vergleichende Kryo-REM- und AFM-Betrachtungen der Zehenpads von Baumfröschen (Anura: Hylidae und Rhacophoridae)

Die Kryo-Rasterelektronenmikroskopie (Kryo-REM) und Rasterkraftmikroskopie (AFM) eröffnen neue Wege, um die Morphologie der adhäsiven Zehenpads von Baumfröschen zu untersuchen. Mit Hilfe dieser beiden Techniken vergleichen wir die Mikrostruktur der Zehenpads der beiden entfernt verwandten Baumfrosch-Arten *Litoria caerulea* White (Hylidae) und *Rhacophorus prominanus* Smith (Rhacophoridae), deren Zehenpads sich vermutlich konvergent entwickelt haben. Die AFM-Untersuchungen offenbarten dabei eine ungewöhnliche Ähnlichkeit der Mikro- und Nanostrukturen der Oberflächen beider Arten. Erstere bestehen vor allem aus hexagonalen Epithelzellen, die von tiefen Kanälen umgeben sind, während die Nanostrukturen aus einer Anordnung von Nanosäulen bestehen, die einen Durchmesser von ca. 350 nm und eine kleine Vertiefung an ihrem apikalen Ende aufweisen. Die Kryo-REM Untersuchungen zeigten, dass das fibrilläre Zytoskelett innerhalb verschiedener Lagen des geschichteten Epithels der Zehenpads liegt. Dieses deutet darauf hin, dass die Elemente des Zytoskeletts (keratinöse Tonofilamente), die in einem bestimmten Winkel zur Oberfläche liegen, bei *L. caerulea* relativ schwach entwickelt sind, besonders im Vergleich zu *R. prominanus*. Die Methode der Kryo-REM ermöglichte zudem die Visualisierung der für die Haftung des Zehenpads entscheidenden Flüssigkeitsschicht. Dies wurde durch die Betrachtung der gefrorenen Flüssigkeitsreste möglich, die nach dem Entfernen eines Zehs innerhalb der Kryo-REM-Kammer zurück blieben. Solche "Zehenabdrücke" zeigten das Vorhandensein eines Flüssigkeitskeils, der jeden Zehenpad umgab, sowie einer Flüssigkeit, die die Epithelzellen umgebenden Kanäle ausfüllte. Auch die Form der Epithelzellen wurde mit Hilfe des Kryo-REM analysiert. Von 582 untersuchten Zellen waren 59,5% hexagonal während die übrigen vor allem eine pentagonale (23,1%) oder heptagonale (16,1%) Form aufwies. Die Verteilung der verschieden gestalteten Zellen war nicht zufällig, hing aber auch nicht mit der Wölbung des Pads oder mit der Verteilung schleimiger Poren, die die Flüssigkeit für den Adhäsionsvorgang des Frosches liefern, zusammen. Unser Hauptergebnis, die große Ähnlichkeit der Struktur der Zehenpads beider Arten, hat bedeutende Konsequenzen für bionische Anwendungen, da eine solche konvergente Evolution eine gute Grundlage für die Entwicklung adhäsiver Materialien, die unter nassen Bedingungen funktionieren, darstellt (zusammen mit Jon. P. Barnes, Martina Baum und Henrik Peisker).

Aktivitätsmuster des Krallen-Rückziehmuskels der Käferart *Pachnoda marginata peregrina* (Coleoptera, Scarabaeidae) bei der Lokomotion auf glatten und rauen Oberflächen

Wir haben das Aktivitätsmuster des Krallen-Rückziehmuskels von Käfern der Art *Pachnoda marginata peregrina* in dieser Studie untersucht. Dabei konnten wir nachweisen, dass dieser Muskel im Gegensatz zu anderen Insekten ohne einen femoralen Teil ausschließlich in der in der Tibia liegt. Elektromyogramme der Muskeln zeigten ein eher ähnliches Aktivitätsmuster während der Fortbewegung der Käfer auf glatten im Vergleich zu rauen Substraten. Es gab Einheiten mit kleinen und großen Amplituden, wobei die kleinen während fast der gesamten und die großen

Amplituden vor allem in der ersten Hälfte der Stemmphase auftraten. Kleine aber signifikante Unterschiede konnten wir in dem exakten Beginn und dem Ende beider Aktivitäten ausmachen. Sowohl kleine als auch große Einheiten begannen ihre Aktivität auf der rauen Oberfläche früher. Obwohl es keinen Unterschied im Ende der Aktivität bei der kleinen Einheit zwischen den Oberflächen gab, beendete die große Einheit ihre Aktivität auf den rauen Substraten signifikant früher. Auch die Spikefrequenzen der kleinen und großen Einheiten unterschieden sich zwischen den beiden Oberflächen signifikant. Die kleine Einheit wies eine höhere Spikefrequenz auf der glatten Oberfläche auf, während die große Einheit eine höhere Spikefrequenz auf der rauen Oberfläche zeigte. Aus unseren Ergebnissen schlussfolgern wir, dass der Muskel auf beiden Oberflächen durch die gleichen basalen Aktivitätsmuster kontrolliert wird, wobei es durch die sensorische Rückmeldung einige Anpassungen gibt. Diese Anpassungen rufen Unterschiede im Beginn und dem Ende der Aktivität, sowie in der Spikefrequenz und den involvierten Muskeleinheiten hervor (zusammen mit Philipp Bußhardt).

Zur Saugnapfhaftung des Schildfisches *Gobiesox maeandricus* auf rauen Oberflächen

Schildfische der Art *Gobiesox maeandricus* können sich an rutschige, mit Aufwuchs überzogene sowie raue Oberflächen der Gezeitenzone anheften. Unsere Ergebnisse zeigen, dass sich diese Fische auf Oberflächen mit einer großen Bandbreite von Rauheiten, vom feinsten Sandpapier bis hin zu Strukturen, die geeignet sind um z.B. Lack vom Fußbodenbelag zu beseitigen, gleich gut festhalten können. Die Fische übertreffen in ihrer Leistung dabei künstlich hergestellte Saugnapfe, die allerdings nur auf extrem glatten Oberflächen halten. Die Haftkräfte der untersuchten Schildfische entsprachen Drücken von 0,2-0,5 atm unter dem Umgebungsdruck und waren 80-230-fach höher als das Körpergewicht der Fische. Die Adhäsionskraft pro Einheit Kontaktfläche scheint mit dem Auftreten von hierarchisch strukturierten Mikrovilli am Rand der Haftscheibe zusammenzuhängen. Diese ähneln bezüglich ihrer Größe und ihres Höhen-Breitenverhältnis den Setae, die an den Füßen von Geckos, Spinnen und Insekten vorhanden sind. Die erzielten Ergebnisse weisen auf eine mögliche bionische Lösung des Problems der reversiblen Unterwasserhaftung an rauen Oberflächen hin (zusammen mit Dylan K. Wainwright, Thomas Kleinteich, Anja Kleinteich und Adam P. Summers).

Die radiäre Anordnung der Janus-artigen Setae erlaubt eine Reibungskontrolle bei Spinnen

Dynamische Haftprozesse, deren Prinzipien noch nicht gut verstanden werden, sind der Schlüssel zur Fortbewegung auf geneigten Oberflächen. Die Jagdspinne *Cupiennius salei* (Arachnida, Ctenidae) besitzt behaarte Haftkissen (Krallenbüschel), mit zweiarmigen Setae am distalen Teil des Beins. Unsere morphologischen Unter-

suchungen zeigen, dass die Hafthaare innerhalb des distalen Tarsus radiär angeordnet sind. Wir haben die Reibung der Krallenbüschel auf einer glatten Glasoberfläche gemessen, um die funktionalen Auswirkungen dieser Anordnung der Setae zu entdecken. Die Messungen legten eine Richtungsabhängigkeit der Reibungskraft sowohl in Längs- als auch in Querrichtung offen. Das Kontaktverhalten der Hafthaare wurde mit Hilfe eines Interferenzkontrastmikroskops untersucht. Beobachtungen an lebenden Spinnen zeigten, dass nur ein kleiner Teil der haarigen Haftkissen gleichzeitig in Kontakt sind. Daher hängt die Richtung der Haftkräfte von der Platzierung und Drehung des Beines ab. Diese beiden Faktoren werden vermutlich die Haftung am Substrat kontrollieren können (zusammen mit Jonas O. Wolff).

Hafffähigkeit eines mit Haken ausgestatteten Fischparasiten, *Diplozoon paradoxum* (Plathelminthes: Monogenea), an Kiemen der Brachse (*Abramis brama*)

Hakensaugwürmer (Monogenea) leben hauptsächlich ektoparasitisch an Fischen und benutzen verschiedene Typen posteriorer Haftklappen, um sich an ihren Wirten sicher festzuheften. Bisher war nicht bekannt, wie stark ein Hakensaugwurm an seinem Wirt festhaften kann. Das Ziel der vorliegenden Studie war, zum ersten Mal überhaupt (1) die Adhäsionskraft zu messen, die nötig ist um ein Pärchen der Hakenwürmer *Diplozoon paradoxum* von den Kiemen einer Brachse (*Abramis brama*) abzulösen und (2) den Beitrag der Muskeln zur Bewegung der Haken zu bestimmen. Eine mittlere Kraft von 6.1 ± 2.7 mN (ca. das 246-fache des Gewichts der Tiere) war nötig um ein verwachsenes *D. paradoxum* Pärchen vertikal von den Kiemen zu entfernen. Es traten in Abhängigkeit der Behandlung mit drei verschiedenen Lösungen signifikante Unterschiede ($P < 0.05$, Tukey Test) in der Breite der Hakenöffnungen von *D. paradoxum* auf. Wir konnten die größte Hakenöffnung (58.26 ± 13.44 μm) bei den Diplozoen messen, die in eine Natriumchloridlösung (100 mmol l^{-1}) gelegt worden waren. Danach folgten mit einer Öffnung von 37.91 ± 7.58 μm die Individuen, die mit einer Magnesiumchloridlösung (20 mmol l^{-1}) behandelt worden waren und schließlich die Kontrolle mit filtriertem Wasser eines Sees (20.16 ± 8.63 μm). Diese Ergebnisse legen nahe, dass das Schließen der Haken wahrscheinlich nicht durch eine kontinuierliche Muskelkontraktion, sondern durch die Elastizität des Hakenmaterials erfolgt und dass Muskelaktivität nötig ist, um die Haken zu öffnen (zusammen mit Wey-Lim Wong).

Nachweis eines Resilin-artigen Proteins in den Hakenskleriten der Saugwürmer *Diplozoon paradoxum* (Plathelminthes: Monogenea)

Resilin ist ein weiches und elastisches Protein, welches in vielen Exoskeletten von Arthropoden zu finden ist. Proteine mit ähnlichen chemischen Eigenschaften sind bereits von anderen Invertebraten, einschließlich den an Fischen parasitierenden Hakensaugwürmern, bekannt. Allerdings gibt es für dieses Taxon bisher noch keinen

gesicherten mikroskopischen Nachweis eines Resilin-artigen Proteins. In dieser Studie stellen wir unsere Ergebnisse einer detaillierten mikroskopischen Analyse der als Haftorgane benutzten Hakensklerite des Saugwurms *Diplozoon paradoxum* vor. Toluidinblau, das bekanntermaßen resilinhaltige Strukturen anfärbt, hat in unseren Versuchen selektiv das Material der Hakensklerite gefärbt. Zudem wiesen diese Sklerite eine intensive blaue Autofluoreszenz auf, wenn sie UV-Licht ausgesetzt wurden. Das Emissionsspektrum dieser Autofluoreszenz hat ihr Maximum bei 424 nm und ist fast identisch zum Emissionsspektrum blauer Autofluoreszenzen, die in zwei gut untersuchten Strukturen des Exoskeletts der Heuschrecke *Schistocerca gregaria* vorkommen und ebenfalls hohe Resilin-Anteile aufweisen. Unsere Ergebnisse weisen stark darauf hin, dass das Skleritmaterial von *D. paradoxum* ein resilin-artiges Protein enthält. Das Vorkommen eines solchen Proteins erhöht wahrscheinlich die Haftfähigkeit der Hakensklerite und verlängert damit ihre Lebensdauer (zusammen mit Wey-Lim Wong und Jan Michels).

Die Oberflächeneigenschaften des Integuments von Larven und Puppen einer auf semi-aquatische Pflanzen vorkommenden Blattwespe

Larven der Blattwespe *Rhadinoceraea micans* leben und fressen an semi-aquatischen Pflanzen der Schwertlilie *Iris pseudacorus*. Das Integument der Larve ist stark hydrophob, was funktionell zu einem Teil ihrer chemischen Verteidigungsstrategie, dem sogenannten Reflexbluten gehört. Das Phänomen des Reflexblutens, bei dem Tropfen der Hämolymphe als Wehrsekret abgegeben werden, ist auch von verwandten Arten bekannt. Die Präpuppe gräbt sich in den Boden ein und baut dort einen Kokon in dem sie sich verpuppt. Wir haben Larven und Präpuppen von *R. micans* hinsichtlich der Struktur ihrer Kutikula und ihres Vermögens nicht benetzt zu werden verglichen. Die beiden Stadien konnten sich ähnlich gut gegen angreifende Ameisen verteidigen, indem sie zur Abschreckung einen Teil ihrer Hämolymphe absondern. Unterschiede hingegen gab es hinsichtlich der Oberfläche der Kutikula, die nur im larvalen Stadium skulpturiert war und Wachskristalle aufwies. Das Integument der Präpuppe war weniger strukturiert und hydrophil. Die Strukturierung der Kutikula bei Larven von *R. micans* ist innerhalb der Blattwespen außergewöhnlich. Wir nehmen an, dass die Larven die spezielle Nische einer semi-aquatischen Umgebung besetzen, um Begegnungen mit bodenbewohnenden Prädatoren zu vermeiden. Demgegenüber profitieren die Präpuppen von der chemischen Verteidigung, die sie während des Larvalstadiums erlangt hat (zusammen mit Jean-Luc Boevé und Dagmar Voigt).

Funktionellen Mikroornamentation der Gattung *Lialis* (Gekkota: Pygopodidae)

Die Haut der Geckoartigen (Gekkota) ist von unzähligen mikroskopisch kleinen, dornförmigen Auswüchsen bedeckt (den 'Spines', engl. Dornen). Diese Struktur macht die Hautoberfläche wasserabweisend. Im Laufe der Evolution reduzierten einige Vertre-

ter der Geckkota, die Pygopodidae (Flossenfüßer), ihre Glieder und begannen wie Schlangen über den Boden zu gleiten. Unter tribologischen Gesichtspunkten in Hinblick auf Abrieb und Reibung stellen Spines die denkbar schlechteste Oberflächenstruktur für diese Art der Lokomotion dar. In dieser Studie wurden Exuvien von zwei Flossenfußarten, *Lialis jicari* (Neuguinea-Flossenfuß) und *Lialis burtonis* (Burtons Spitzkopf-Flossenfuß), mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops auf epidermale Anpassungen an die gliedmaßenlose Fortbewegung untersucht. Die Daten zeigten, dass sich Flossenfüßer von ihren tetrapoden Verwandten nicht nur durch ihren Körperbau, sondern auch durch ihre Epidermalstrukturen unterscheiden. Schuppen von *L. jicari* weisen fünf verschiedene Strukturmuster auf, die jeweils auf verschiedene Körperregionen begrenzt sind. Ventralschuppen sind von Nanorippen bedeckt, ähnlich den Ventralia der Schlangen. Die Oberflächen von Schuppen, die die Unterkieferknochen bedecken, haben abgeplattete Spine-artige Strukturen, was eine Anpassung an den stärkeren Abrieb darstellen könnte. Die Oberfläche der Rückenschuppen weist längliche Aufwölbungen im Mikrometerbereich auf, die wiederum von Nanorippen bedeckt sind. Am ganzen Körper an den Unterseiten und Zwischenräumen der Schuppen sowie bei *L. jicari* auch auf den Oberseiten der Kopfschuppen wurden zudem Spines gefunden. Unsere Messungen zur Benetzbarkeit der Oberfläche (freie Oberflächenenergie) belegen die superhydrophobe Eigenschaften der mit Spines besetzten Oberflächen (zusammen mit Marlene Spinner und Guido Westhoff).

Brochosomen schützen Zwergzikaden (Insecta, Hemiptera, Cicadellidae) vor klebrigen Sekreten

Zwergzikaden (Insecta, Hemiptera, Cicadellidae) beschichten ihre Integumente mit submikroskopisch kleinen, proteinartigen sekretorischen Partikeln, die wie Buckminster-Fullerene, auch bekannt als Fußballmoleküle, geformt sind und Brochosomen genannt werden. Wir konnten zeigen, dass brochosomale Ummantelungen, deren superhydrophobe Eigenschaften kürzlich nachgewiesen worden sind, als Antihaft-Beschichtungen fungieren. Dieser Überzug schützt die Zwergzikaden vor einer Verschmutzung mit ihren eigenen klebrigen Ausscheidungen, die aus filtriertem Pflanzensaft bestehen. Wir haben 137 Flügel der Art *Alnetoidia alneti* (Dahlbom) untersucht und dazu der Hälfte von ihnen die Brochosomen entfernt. Die Flügel wurden dann den herabfallenden Ausscheidungen einer Kolonie lebender *A. alneti* ausgesetzt. An den unbeschichteten Flügeln blieben 152 Tropfen kleben, während nur drei an den beschichteten Flügeln hafteten. Eine genauere Betrachtung der Flügel mit einem Rasterelektronenmikroskop konnte bestätigen, dass die Tropfen, die die intakten Flügel berührt hatten, von den brochosomalen Ummantelungen abgerollt oder abgeprallt waren. Diese Arbeit stellt die erste experimentelle Studie zur biologischen Funktion der brochosomalen Beschichtung der Integumente von Zwergzikaden dar. Unsere Schlussfolgerung aus den Ergebnissen ist, dass die Produktion der Brochosomen von Zwergzikaden und die Produktion von epidermalen Wachsen anderer pflanzensaugenden Hemiptera zwei alternative Lösungen darstellen, die beide

dazu dienen, die Insekten vor dem Verkleben durch ihre Exkrete zu schützen (zusammen mit Roman Rakitov).

Publikationen 2013

- Barnes, W.J.P., Baum, M., Peisker, H., and Gorb, S.N. (2013) Comparative cryo-SEM and AFM studies of hylid and rhacopodid tree frog toe pads. *Journal of Morphology*, 274 (12), 1384-1396.
- Boevé, J.-L., Voigt, D., and Gorb, S.N. (2013) Integument and defence in larva and prepupa of a sawfly living on a semi aquatic plant. *Naturwissenschaften*, 100 (1), 107-110.
- Borodich, F.M., Galanov, B.A., Gorb, S.N., Prostov, M.Y., Prostov, Y.I., and Suarez-Alvarez, M.M. (2013) Evaluation of adhesive and elastic properties of polymers by the BG method. *Macromol. React. Eng.*, 7 (10), 555-563.
- Bußhardt, P. and Gorb, S.N. (2013) Walking on smooth and rough ground: activity and timing of the claw retractor muscle in the beetle *Pachnoda marginata peregrina* (Coleoptera, Scarabaeidae). *Journal of Experimental Biology*, 216, 319-328.
- Chen, Q., Gorb, S.N., Gorb, E., and Pugno, N. (2013) Mechanics of plant fruit hooks. *Journal of the Royal Society Interface*, 10 (81), 1-7.
- Filippov, A. and Gorb, S.N. (2013) Frictional-anisotropy-based systems in biology: structural diversity and numerical model. *Scientific Reports*, 3 (1240), 1-6.
- Gorb, E.V., Baum, M., Purtov, P., Jacky, N., Gorb, S.N., Gopalakrishnan, T.R., Volf, A., and Steinhart, M. (2013) (Russisch) Gefahr in der Gleitzone - Hierarchische anti-adhäsive Oberflächen durch Nachahmung von Insektenfallen. *Labor and More*, 1.13, 21-25.
- Gorb, E.V., Filippov, A.E., and Gorb, S.N. (2013) Long-term ant-species-dependent dynamics of a myrmecochorous plant community. *Arthropod Plant Interactions*, 703, 277-286.
- Gorb, E.V., Baum, M.J., and Gorb, S.N. (2013) Development and regeneration ability of the wax coverage in *Nepenthes alata* pitchers: a cryo-SEM approach. *Scientific Reports*, 3 (3078), 1-6.
- Gorb, S.N. and Bußhardt, P. (2013) Wie Fliegen an die Decke gehen. *Biologie in unserer Zeit*, 43 (3), 171-178.
- Heepe, L., Kovalev, A., Filippov, A., and Gorb, S.N. (2013) Adhesion failure at 180 000 frames per second: direct observation of the detachment process of a mushroom-shaped adhesive. *Physical Review Letters*, 111 (104301), 1-5.

- Jost,B., Gundlach,B., Pommerol,A., Oesert,J., Gorb,S.N., Blum,J., and Thomas,N. (2013) Micrometer-sized ice particles for planetary-science experiments - II. Bidirectional reflectance. *Icarus*, 225 (1), 352-366.
- Karlsson Green,K., Kovalev,A., Svensson,E.I., and Gorb,S.N. (2013) Male clasping ability, female polymorphism and sexual conflict: fine-scale elytral morphology as a sexually antagonistic adaptation in female diving beetles. *Journal of the Royal Society Interface*, 10 (86), 10 Seiten.
- Kovalev,A.E., Filippov,A.E., and Gorb,S.N. (2013) Insect wet steps: loss of fluid from insect feet adhering to a substrate. *Journal of the Royal Society Interface*, 10 (78), 1-8.
- Mishra,Y.K., Kaps,S., Schuchardt,A., Paulowicz,I., Jin,X., Gedamu,D., Freitag,S., Claus,M., Wille,S., Kovalev,A., Gorb,S.N., and Adelung,R. (2013) Fabrication of macroscopically flexible and highly porous 3D semiconductor networks from interpenetrating nanostructures by a simple flame transport approach. *Particle & Particle Systems Characterization*, 30 (9), 775-783.
- Peisker,H., Michels,J., and Gorb,S.N. (2013) Evidence for a material gradient in the adhesive tarsal setae of the ladybird beetle *Coccinella septempunctata*. *Nature Communications*, 4 (1661), 1-7.
- Persson,B.N.J., Kovalev,A., and Gorb,S.N. (2013) Contact mechanics and friction on dry and wet human skin. *Tribology Letters*, 50, 17-30.
- Purtov,J., Gorb,E.V., Steinhart,M., and Gorb,S.N. (2013) Measuring of the hardly measurable: adhesion properties of anti-adhesive surfaces. *Applied Physics A*, 111 (1), 183-189.
- Rakitov,R. and Gorb,S. (2013) Brochosomes protect leafhoppers (Insecta, Hemiptera, Cicadellidae) from sticky exudates. *Journal of the Royal Society Interface*, 10 (87), 5 Seiten.
- Rakitov,R. and Gorb,S.N. (2013) Brochosomal coats turn leafhopper (Insecta, Hemiptera, Cicadellidae) integument to superhydrophobic state. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 280 (1752), 1-9.
- Spinner,M., Gorb,S.N., and Westhoff,G. (2013) Diversity of functional microornamentation in slithering geckos *Lialis* (Pygopodidae). *Proceedings of the Royal Society of London B*, 280 (1772), 9 Seiten.
- Spinner,M., Kovalev,A., Gorb,S.N., and Westhoff,G. (2013) Snake velvet black: hierarchical micro- and nanostructure enhances dark colouration in *Bitis rhinoceros*. *Scientific Reports*, 3 (1846), 1--8.

- Spinner, M., Westhoff, G., and Gorb, S.N. (2013) Subdigital and subcaudal microornamentation in Chamaeleonidae - A comparative study. *Journal of Morphology*, 274 (6), 713-723.
- Wainwright, D.K., Kleinteich, T., Kleinteich, A., Gorb, S.N., and Summers, A.P. (2013) Stick tight: suction adhesion on irregular surfaces in the northern clingfish. *Biology Letters*, 9 (3), 5 Seiten.
- Wolff, J.O., Nentwig, W., and Gorb, S.N. (2013) The great silk alternative: multiple co-evolution of web loss and sticky hairs in spiders. *PloS One*, 8 (5), 1-13.
- Wolff, J.O. and Gorb, S.N. (2013) Radial arrangement of Janus-like setae permits friction control in spiders. *Scientific Reports*, 3 (1101), 1-7.
- Wong, W.-L. and Gorb, S.N. (2013) Attachment ability of a clamp-bearing fish parasite, *Diplozoon paradoxum* (Monogenea), on gills of the common bream, *Abramis brama*. *Journal of Experimental Biology*, 216, 3008-3014.
- Wong, W.L., Michels, J., and Gorb, S.N. (2013) Resilin-like protein in the clamp sclerites of the gill monogenean *Diplozoon paradoxum* Nordmann, 1832. *Parasitology*, 140 (1), 95-98.

Bericht Werner Nachtigall

An der Außenstelle TBB an der Universität des Saarlands hat Hr. Nachtigall (Na) im Berichtszeitraum 2013 neben Besprechungen etc. 2 technisch-biologischen Ausarbeitungen in der Zeitschrift *Mikrokosmos* (Mi) publiziert:

Na, W.: Bau und Funktion von Drehflieger-Diasporen. Teil 6: ... Zur Windverbreitung der Diasporen der Sommer-Linde. *Mi* 102, 16 -

Na, W.: Zur Verminderung der Sinkgeschwindigkeit mariner Diatomeen durch fädige Fortsätze. *Mi*. 102, 132 -

Ferner wurden unter der neu eingerichteten Rubrik "Form und Funktion" zusammen mit A. W. 6 Beiträge im Sinne einer öffentlichen ("allgemeinverständlichen") Wissenschaft publiziert zu den Themen "Lasttransport von *Philanthus*, Samenverbreitung von *Oxalis*, Sporenkapselabschleudern von *Pilobolus*, Geschmacksensoren des Menschen, Depotstoffe bei Pflanzen, Flügelschwingungen bei Dipteren" (*Mi*. 102, 47, 120, 153, 209, 286, 356).

Für das Begleitbuch zur Ausstellung "Bodenlos" (Fliegen und Schwimmen von Lebewesen) des Naturkundemuseums Karlsruhe (Hrsg. E. Frey, N. Lenz 2013) wurde ein ausführlicher biophysikalischer Beitrag "Wasser und Luft - Bodenlose Lebensräume" (pp. 36-63) verfasst.

Neu herausgegeben wurde das dritte Buch in der Bionik-Trilogie von W. Nachtigall: "Bionik in Beispielen" (zusammen mit A. Wisser, Springer, Berlin). Die englische Ausgabe dieses Werks wurde vorbereitet. Außerdem wurde die zweite, völlig neu bearbeitete Auflage des Buchs "Bau-Bionik" vorgelegt (zusammen mit G. Pohl, Springer, Berlin), in der die Sichtweisen eines Fachbiologen und eines Facharchitekten zusammengeführt worden sind. Schließlich wurden Messungen zu mehreren pflanzenbiomechanischen Ansätzen durchgeführt und für den nächsten Berichtszeitraum zur Publikation vorbereitet.

Bericht Bernhard Schink

Arbeitsgruppe Mikrobiologie

In den vergangenen Jahren haben wir unsere Untersuchungen zur bakteriellen Oxidation von Methan im Sediment des Bodensees fortsetzen können. Zunächst hatten sich die Untersuchungen auf die Methan-Oxidation im westlichen Teil des Sees konzentriert, wo das Methan aus der Tiefe des Sediments aufwärts diffundiert und in den sauerstoffversorgten obersten 3 mm des Sediments durch aerobe methanoxidierende Bakterien beinahe vollständig zu CO₂ oxidiert wird. In die Wassersäule wird daher fast kein Methan abgegeben. Die Methan-Verteilungskurven, die wir mit Hilfe einer neu entwickelten Meßsonde mit einer Auflösung von ca. 1 mm aufnehmen können, suggerierten in einigen Sedimentbereichen, daß Methan auch schon in den sauerstofffreien Schichten des Sediments oxidiert wurde. Wir sind daher gezielt der Frage nachgegangen, ob Methan in unserem See auch anaerob oxidiert werden könnte. Eine Sulfat-abhängige, anaerobe Methanoxidation ist für tiefe marine Sedimente inzwischen gut belegt, kommt aber aus energetischen Gründen für flache Süßgewässer eigentlich nicht in Frage. Mit Hilfe von Inkubationsversuchen mit Sedimentkernen und radioaktiv markiertem Methan konnten wir eindeutig zeigen, daß eine Sulfat-abhängige Methan-Oxidation im Bodensee nicht stattfindet. Allerdings konnte eine sauerstoff-unabhängige Methanoxidation nachgewiesen werden, die durch Zusatz von Nitrat oder Nitrit deutlich stimuliert wurde (Deutzmann und Schink, 2011). Eine solche Nitrit-abhängige Methanoxidation wurde vor einigen Jahren in Kläranlagen in den Niederlanden beobachtet; unsere Messungen haben diesen Prozeß zum ersten Mal an einem natürlichen Süßwasser-Standort nachgewiesen.

Eine reizvolle Alternative zu den genannten Untersuchungen im westlichen Teil des Bodensees bietet sich im östlichen Teil des Sees im Bereich des ausgedehnten Depositionsfächers des Alpenrheins, der vor allem mit den Schmelzwässern im Frühjahr große Mengen organischen Materials in den Bodensee einträgt. In diesem Bereich finden sich auf der Sedimentoberfläche große kraterförmige Strukturen mit Durchmessern bis zu 15 m, die offensichtlich durch Gasblasen verursacht werden, die in

diesem Teil des Sees in großem Umfang in die Wassersäule übertreten und dabei Sedimentmaterial mitnehmen. Wir finden diese kraterähnlichen Strukturen sowohl in tiefen Teilen des Sees als auch im Flachwasser. Letztere Bereiche können wir direkt durch Taucher beproben, um exakt die Gasaustrittskanäle erfassen zu können. Im tiefen Teil des Sees gelingt dies nur mit Hilfe eines ferngesteuerten Tauchbootes, das sich allerdings nur mühsam manövrieren lässt. Charakterisierungen der methanoxidierenden Bakteriengemeinschaften aus den Methankratern zeigten deutlich andere Zusammensetzungen, als wir solche zuvor in den methanbegrenzt lebenden Gemeinschaften des westlichen Teils des Sees beschreiben konnten (Rahalkar et al., 2009; Deutzmann et al., 2011). Dies erscheint plausibel, da die Versorgungssituation mit Methan als Substrat an den beiden Standorten offenkundig ganz verschieden gelagert ist und damit ganz verschiedene Organismtypen selektiert werden. Der Eintritt von Methan in die Wassersäule im östlichen Teil des Sees führt auch zur Anreicherung von Methanoxidierern in der Wassersäule, die wir im westlichen Teil des Sees bisher nicht beobachten konnten. Zukünftige Arbeiten werden sich darauf konzentrieren, das weitere Schicksal des Methan-Kohlenstoffs in der anschließenden Nahrungskette zu verfolgen. Da das biologisch gebildete Methan isotopisch deutlich leichter ist als der umgebende biologisch gebundene Kohlenstoff, lässt sich diese Isotopen-Signatur auf den verschiedenen trophischen Ebenen des weidegängigen Planktons verfolgen. Ich hoffe, hierüber in naher Zukunft ausführlicher berichten zu können.

Literatur

- Deutzmann J. S., B. Schink: Anaerobic oxidation of methane in sediments of Lake Constance, an oligotrophic freshwater lake. *Appl. Environ. Microbiol.* 77, 4429-4436 (2011)
- Deutzmann, J., S. Wörner, B. Schink: Activity and diversity of methanotrophic bacteria at methane seeps in Eastern Lake Constance sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 77, 2573-2581 (2011)
- Rahalkar, M., J. Deutzmann, B. Schink, I. Bussmann: Abundance and activity of methanotrophic bacteria in littoral and profundal sediments of Lake Constance. *Appl. Environ. Microbiol.* 75, 119-126 (2009)