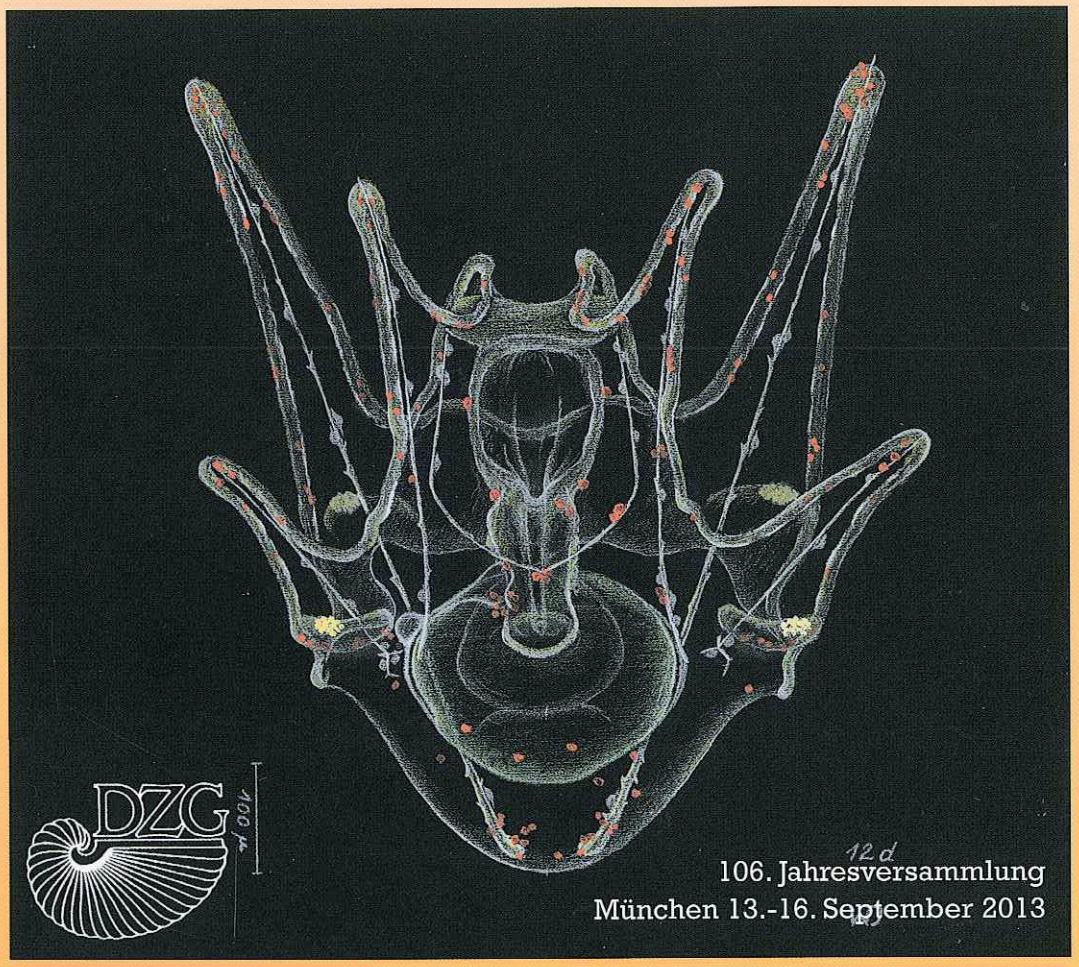
ZOOLOGIE 2014

Mitteilungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft

Herausgegeben von
Rudolf Alexander Steinbrecht



Biohistoricum im Zoologischen Museum
Alexander Koenig · Bonn
Basilisken-Presse · Rangsdorf

ZOOLOGIE 2014

Mitteilungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft

Herausgegeben von Rudolf Alexander Steinbrecht

106. Jahresversammlung
München 13.-16. September 2013

Basilisken-Presse Rangsdorf
2014

Umschlagbild
Frühe *Pluteuslarve* von *Psammechinus miliaris* im Alter von zwölf Tagen (siehe den Beitrag A. Fischer „Vom *Pluteus* zum Seeigel" in diesem Heft). Die Larve besitzt bereits acht „Arme", die ein Wimperband ausspannen und von Skelettnadeln getragen werden, hat ein durchgehendes Darmrohr und einen erweiterten Magen, orangerote Pigmentzellen und Ansammlungen von gelben Partikeln im Bereich der Wimperbänder, über deren Natur keine Angaben gemacht werden.- Dorsalansicht. Erste Anzeichen einer Rechts-Links-Asymmetrie: das normalerweise nur links ausgeprägte Hydrocoel-Bläschen, das der Magenwand links aufsitzt und dem die linke Flanke des Pluteus eine Einsenkung entgegenschickt (vgl. Abb. 1.1.)

Die Mitteilungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft
erscheinen einmal jährlich.
Einzelhefte sind bei der Geschäftsstelle (Corneliusstr. 12, 80469 München),
zum Preis von 7,00 € erhältlich.

Gesamtherstellung
Danuvia Druckhaus Neuburg GmbH, Rheinpfälzerweg 25
86633 Neuburg an der Donau

Copyright 2014 by Basilisken-Presse
im Verlag Natur & Text in Brandenburg GmbH · Rangsdorf
Printed in Bundesrepublik Deutschland
ISSN 1617-1977

Inhalt

Constance Scharff	5	Grußwort der Präsidentin der Deutschen Zoologischen Gesellschaft
Bernhard Ronacher	7	Laudatio Horst-Wiehe-Preis an Jan Clemens
Jan Clemens	11	Entscheidungsfindungsprozesse bei der gesangsbasierten Partnerwahl
Joachim Kurtz	19	Laudatio Walther-Arndt-Preis an Sylvia Cremer
Sylvia Cremer	23	Gemeinsame Krankheitsabwehr in Ameisengesellschaften
	31	Werner-Rathmayer-Preis der Deutschen Zoologischen Gesellschaft
Albrecht Fischer	33	Vom Pluteus zum Seeigel. Erinnerungen und künstlerische Illustrationen zu Gerhard Czihaks frühen Arbeiten
Alfred Goldschmid	49	Nachruf auf Gerhard Czihak 10. 11. 1928 – 11. 12. 2011
Wilfried Westheide	55	Nachruf auf Peter Ax 29. 3. 1927 - 2. 5. 2013
Thomas Keil	59	Nachruf auf Hildegard Strübing 8.5.1922 – 18.5.2013
Klaus Peter Sauer	63	Nachruf auf Dieter Zissler 25. 11. 1937 - 10. 6. 2013
Irenäus Eibl-Eibesfeldt	67	Notizen zu Hans Hass 23.1.1919 – 16.6.2013

Jochen Zeil 71 Nachruf auf Deszö Varjú
22. 5. 1932 – 17. 8. 2013

Gerd Gäde und Manfred Grieshaber 77 Nachruf auf Ernst Zebe
1. 2. 1926 – 31. 10. 2013

Hans J. Rolf und Rüdiger Hardeland 85 Nachruf auf Klaus Fischer
7. 3. 1936 – 15. 12. 2013

Hartmut Koehler 89 Nachruf auf Gerd Weidemann
14. 8. 1934 – 21. 12. 2013

Ragnar Kinzelbach 93 Nachruf auf Ernst-Albert Arndt
22. 9. 1927 - 13. 2. 2014

Grußwort der Präsidentin der Deutschen Zoologischen Gesellschaft

Constance Scharff

Liebe Mitglieder,
es ist wieder soweit: Ich darf Sie alle herzlich zur DZG Tagung 2014 einladen. Zum vierten Mal in der Geschichte der DZG sind Göttinger Zoologen die Gastgeber. Nach der 3. Tagung 1893 richteten Göttinger Zoologen auch die Tagungen 1921 und 1966 aus. Die Ausrichter waren herausragende Zoologen, die in ihrer Zeit und weit darüber hinaus richtungsweisend waren: Johann Friedrich Blumenbach, Ernst Ehlers und Alfred Kühn. Allein dies zeugt von der Kontinuität und Bedeutung, die die Georg-August Universität zur Entwicklung der Zoologie beigetragen hat. Hier nicht unerwähnt bleiben darf der 2013 verstorbene Peter Ax. Ihm zu Ehren wird Prof. Gonzalo Giribet aus Harvard auf der diesjährigen Tagung die Peter Ax Lecture halten. Es ist sicher nicht übertrieben zu sagen, dass die Vortragenden aus aller Welt, die sich unter der Schirmherrschaft der DZG in diesem Jahr vom 11.-14. September treffen werden, die Diversität und Qualität der Forschungsrichtungen der Göttinger Organisatoren eindrucksvoll unterstreichen.

Der Weg in die zentral gelegene, lebendige Universitätsstadt lohnt sich für alle, die sich trotz zunehmender Fach-Spezialisierung innerhalb der Biologie einen breiten (Über)blick über die neusten Entdeckungen verschaffen oder bewahren wollen: Auf welchem anderen Kongress treffen sich Entwicklungsbiologen, Physiologen, Neurobiologen, Morphologen, Ökologen, Verhaltensbiologen, Phylogenetiker, Systematiker und Evolutionsbiologen, die an den unterschiedlichsten Organismen arbeiten? Ich denke, die DZG Tagung gehört zu den integrativsten Konferenzen, die man in Deutschland, Österreich und der Schweiz besuchen kann. Besonders den jungen Mitgliedern der Gesellschaft empfehle ich deshalb, sich ein paar Tage den Luxus zu gönnen, über den eigenen wissenschaftlichen Tellerrand zu schauen. Seine eigene Forschung in einem breiteren Kontext zu präsentieren erfordert einmal nicht 'zu Konvertierten zu predigen, sondern die grundsätzliche Bedeutung des eigenen Beitrags zu hinterfragen.

Eine besondere Freude ist es mir, dass die Jury des Karl-Ritter-von-Frisch-Preises dieses Jahr zum ersten Mal eine Preisträgerin gewählt hat: Prof. Charlotte Förster. Erstmalig wird damit auch eine Fachrichtung gewürdigt, die Chronobiologie, die in Deutschland eine lange Tradition hat. Ich freue mich sehr auf die Laudatio von Prof. Monika Stengl und den Vortrag der Preisträgerin.

Ein weiterer wichtiger Punkt der Jahrestagung ist die Mitgliederversammlung. Diesmal steht u.a. zur Debatte, ob die Tagung weiterhin jährlich oder nur jedes zweite Jahr abgehalten werden soll, da immer höhere Kosten auf die Veranstalter zukommen und immer mehr Kongresse

miteinander konkurrieren. Auch die Frage, in welchem Umfang sich die DZG in Zukunft engagieren will, den VBiO als fachübergreifende Organisation zu stärken und zu unterstützen, wird weiterhin auf allen Ebenen zu diskutieren sein. Ich wünsche mir, dass der schwierige Spagat zwischen Eigenständigkeit der Fachgesellschaft(en) und Lobbying für fachübergreifende gemeinsame Interessen durch den VBiO engagierte Verfechter findet, sowohl im neu zu wählenden zukünftigen Vorstand der DZG als auch in den Fachgruppen.

In diesem Sinne grüßt Sie alle sehr herzlich,

Constance Scharff

Prof. Constance Scharff, PhD
Institut für Biologie der FU Berlin
Takustr. 6, D-14195 Berlin
scharff@zedat.fu-berlin.de

Laudatio: Horst-Wiehe-Preis an Jan Clemens

Bernhard Ronacher

In seiner Dissertation mit dem Titel ,,Neural computation in small sensory systems – lessons on sparse and adaptive coding'' befasste sich Jan Clemens mit der Frage, wie höchst relevante akustische Reize, die Lockgesänge von Feldheuschrecken und Grillen, im Nervensystem dieser Insekten verarbeitet und repräsentiert werden. Die Untersuchung war auf zwei Hauptthemen fokussiert, die auch für wesentlich komplexere Wirbeltier-Gehirne intensiv diskutiert werden: sparsame und adaptive Codierung (‚sparse coding' und ‚stimulus-dependent coding'). An dieser Dissertation besticht nicht nur die Fülle der höchst bemerkenswerten neuen Ergebnisse, die unser Verständnis dieser kleinen Nervensysteme um wesentliche Schritte weitergebracht haben, sondern auch die Stringenz der Argumentation und die Präzision der Diskussion. Bereits in der Einleitung übertrug Jan Clemens erfolgreich das Prinzip des sparse coding auf seinen eigenen Text: in knapp 7 Seiten gab er eine hervorragende Einführung in die Ideenwelt des sparse und stimulus-dependent coding und in die Fragestellungen seiner eigenen Arbeit.

Zunächst stellte Jan Clemens eine Lösung für ein bisher etwas rätselhaftes Phänomen vor. Der Startpunkt der Hör-

Jan Clemens, Gewinner des Horst-Wiehe-Preises der DZG 2013 bei seinem Vortrag in der Aula der Ludwig-Maximilians-Universität München, umgeben von König Ludwig I. von Bayern (links) und König Max I. Joseph von Bayern (rechts).

Foto Sabine Gießler

bahn von Feldheuschrecken sind je etwa 60-80 Rezeptorzellen pro Ohr. Deren Axone ziehen ins dritte Thorakalganglion und münden dort in eine erste wichtige Verarbeitungsstation, die von lokalen Interneuronen gebildet wird. Den Ausgang dieser ersten Verarbeitungsstation bilden die aufsteigenden Neurone, von denen wir etwa 15 verschiedene Typen kennen. Nur deren Axone erreichen das Gehirn, wo die endgültige Bewertung von akustischen Signalen stattfindet – diese Neurone haben somit eine Schlüsselposition bei der Informationsübertragung.
Der unerklärte Befund war nun, dass die Antworten (Spikemuster) der aufsteigenden Neurone wesentlich unpräziser und variabler sind als die Antworten der vorgeschalteten Rezeptoren und lokalen Neurone. Durch Anwendung einer von Houghton & Sen 2008 eingeführten Multi-Neuron-Metrik (Neural Computation 20, 1495-1511) konnte Jan Clemens zeigen, dass beim Übergang von den lokalen zu den aufsteigenden Neuronen eine *Änderung des Codierungsprinzips* stattfindet: ihre Reaktionen werden dekorreliert – d.h. dass individuelle Neurone recht spezifisch nur auf bestimmte Eigenschaften von akustischen Reizen reagieren – und die Information ist in einem ,,labeled-line'' Populationscode niedergelegt. Erstaunlich ist, dass dieser Wechsel des Codierungsprinzips bereits auf einer sehr frühen Verarbeitungsstufe, nur zwei bis drei Synapsen nach den auditorischen Rezeptoren geschieht. Dadurch dass die aufsteigenden Neurone in ihren Spikeantworten nun primär das Vorhandensein bestimmter Merkmale signalisieren, kommt es auf die genauen Zeitpunkte der Spikes offenbar nicht mehr so genau an, so dass der beobachtete Verlust an Präzision der Spikemuster erklärlich wird: das ,,WAS'' wird wichtiger als das ,,WANN'' (Clemens et al. 2011, PNAS 108: 13812-13817).

Jan Clemens beließ es nicht bei dieser Beschreibung, sondern konnte anhand von klug konzipierten Reizen und intrazellulären Ableitungen auch ein Modell plausibel machen, wie beim Übergang von den lokalen zu den aufsteigenden Neuronen die Dekorrelation und eine ,,sparsame'' Codierung erreicht werden. Dazu wendete er im dritten Kapitel zweidimensionale linear-nichtlineare Modelle auf die Neuronen der Hörbahn an. Neben dem spike-triggered average *STA* (d.h. dem gemittelten Stimulus-Segment, welches einem Aktionspotential vorangeht), wurde als weiterer Parameter auch die spike triggered covariance (*STC*) bestimmt (d.h. die Reizstruktur, wo die Varianz – statt wie beim *STA* der Mittelwert – zwischen dem durch einen Spike getriggerten Stimulus und dem gesamten Stimulus-Ensemble am stärksten differierte). Die Einbeziehung der *STC* ermöglichte die Unterscheidung von zwei Klassen von Neuronen, die weitgehend mit den Klassen der identifizierten lokalen bzw. aufsteigenden Neurone übereinstimmten. Die Einbeziehung des *STC*-Filters in Form eines logischen ‚AND-NOT' führte zu einer Dekorrelation der Antworten bei verschiedenen auditorischen Neuronen und damit zu einer erhöhten Populations-,,Sparsamkeit''. Diese tiefgründige Analyse machte verständlich, wie in wenigen Schritten die Transformation von einer relativ einheitlichen Repräsentation der Stimuli auf der Ebene der lokalen Neurone

Der Preisträger empfängt Preis und Urkunde aus den Händen der Präsidentin
Foto Sabine Gießler

zu einem ,,labeled-line'' Code bei der nächsten Verarbeitungsstufe, den aufsteigenden Neuronen, realisiert werden kann (Clemens et al. 2012, J. Neuroscience 32:10053-10062).

Einen besonders originellen Abschnitt der Dissertation stellte das vierte Kapitel dar, in dem die oben geäußerte Vermutung, das ,,WHAT'' werde wichtiger als das ,,WHEN'', eine wesentlich Rolle spielte. Hier hat Jan Clemens ein Modell entwickelt, um die Attraktivität von Kommunikations-Signalen für die Heuschrecken vorhersagen zu können. Die Grundstruktur des Modells nimmt mehrere ,,feature detectors'' (d.h. Filter mit nachgeschalteter Nichtlinearität) an, deren Ausgänge *über längere Zeit gemittelt* und dann gewichtet zu einem Wert Y, als Vorhersage für die Attraktivität des Musters summiert werden. Die zeitliche Mittelung scheint zunächst paradox, wenn man die zeitlich stark strukturierten und sehr regelmäßigen Heuschrecken-Gesänge vor Augen hat. Die Eleganz dieses Ansatzes liegt darin, dass Herr Clemens einen genetischen Lernalgorithmus genutzt hat, der – ohne weitere Vorwegannahmen! – allein auf Basis der Verhaltensantworten arbeitete, die für eine große Anzahl von Stimuli gewonnen wurden. Der Lernalgorithmus optimierte die Parameter der Filter und Nichtlinearitäten nun so, dass der Ausgangswert Y eine möglichst gute Überein-

stimmung mit den gemessenen Verhaltensantworten lieferte. Ein Modell mit nur zwei ,,feature detectors'' ermöglichte eine ausgezeichnete Vorhersage der Verhaltensantworten ($r^2 = 0.89$; die Berechnung erfolgte anhand eines Teils der Daten, die Überprüfung des Modells mit dem Rest). Eine Erkenntnis von ganz besonderer Tragweite ergab sich, wenn man die beiden ,,feature detectors'' einzeln betrachtete: Der Ausgangswert eines Detektors korrelierte überhaupt nicht mit den Verhaltensantworten ($r^2 = 0.04$) und erst die Linear-Kombination der beiden Filter ergab dann die sehr hohe Korrelation ($r^2 = 0.89$) zwischen Vorhersage und gemessener Verhaltensantwort. Dieses Ergebnis dürfte weitreichende Konsequenzen für neurophysiologische Untersuchungen an Einzelzellen haben und beinhaltet ein wichtiges *Caveat*: es ist durchaus möglich, dass man bei Einzelzellableitungen Neurone ,,übersieht'', obwohl sie eine wichtige Funktion für die Verarbeitung verhaltensrelevanter Stimuli haben: wenn sie nur eine schwache Korrelation mit Reizparametern aufweisen und ihre Funktion eben erst in Kombination mit anderen Zellen offenbar wird. Diese Erkenntnis wird auf Einzelzellableitungen beruhende neurophysiologischen Untersuchungsmethoden sicher stark beeinflussen. (Clemens & Ronacher 2013, J. Neurosci 33: 12136 –12145).

Jan Clemens ist ein höchst origineller, produktiver Kopf, dabei ein sehr angenehmer, bescheidener Mensch. Seine Dissertation ist völlig zu Recht mit ,,*summa cum laude*'' ausgezeichnet worden. Mit seiner Vielseitigkeit, seinen umfassenden Kenntnissen der relevanten Literatur und seiner Kreativität in der Anwendung theoretischer Methoden auf konkrete sensorische Probleme war Jan Clemens eine enorme Bereicherung für meine ganze Arbeitsgruppe und bereichert seit 2012 als Postdoc in ähnlicher Weise die Arbeitsgruppe von Mala Murthy (Princeton). Seit der Preisverleihung im September 2013 sind bereits drei weitere Arbeiten mit Jan Clemens als Erst- bzw. Koautor publiziert oder akzeptiert worden (J. Comput. Neurosci.; Nature; J. Comp. Physiol. A), was zusätzlich unterstreicht, dass der Horst-Wiehe-Preis 2013 an einen würdigen Kandidaten verliehen wurde.

Prof. Dr. Bernhard Ronacher,
Institut für Biologie der Humboldt-Universität zu Berlin
Invalidenstraße 43, D-10115 Berlin
bernhard.ronacher@rz.hu-berlin.de

Entscheidungsfindungsprozesse bei der gesangsbasierten Partnerwahl

Jan Clemens

Leben geht einher mit einer langen Kette von Entscheidungen. Unser Gehirn hilft uns dabei, auf Basis von Informationen aus der Umwelt Entscheidungen vernünftig zu treffen. Das fängt bei der Auswahl geeigneter Nahrung an und geht über die Detektion und Vermeidung von Fressfeinden bis hin zur Partnerwahl. Allgemein wird Entscheidungsfindung als dreistufiger Prozess dargestellt (Brunton et al., 2013; Gold and Shadlen, 2007; Shadlen and Kiani, 2013) (Abbildung 1):

1. Aus Umweltreizen wird entscheidungsrelevante Information *extrahiert.*
2. Diese wird dann über die Zeit *akkumuliert* und bildet so eine 'Entscheidungsvariable'.
3. Schließlich wird diese Entscheidungsvariable in Verhalten transformiert.

Dieses dreistufige Schema wurde ursprünglich zur Erklärung erlernten Verhaltens angewandt: Hierzu wird ein Tier z.B. über viele Wochen darauf trainiert zwei verschiedene Tonhöhen zu unterscheiden (Znamenskiy and Zador, 2013). Bei den meisten Verhaltensparadigmen sind die zu unterscheidenden Reize relativ einfach - welche Art sensorischer Information der Entscheidung zu Grunde liegt, wird vom Experimentator festgelegt. Ziel der Neuroethologie ist es jedoch, natürliches und ökologisch relevantes Verhalten erforschen. Eine Anwendung des obigen Schemas auf natürliches Verhalten ist wesentlich schwieriger, da die 'Entscheidungsaufgabe' und die relevanten Reizaspekte nicht wie bei trainierten Tieren vom Experimentator definiert und genau kontrolliert sind. Sie sind über die Zeit evolviert und müssen daher aus Verhaltensbeobachtungen erschlossen werden.

Die Wahl des Paarungspartners ist ein ökologisch höchst relevantes, natürliches Verhalten. Die Evaluation potentieller Paarungspartner basiert auf der Auswertung sensorischer Reize und unterliegt hohen Selektionsdrücken (Andersson and Sim-

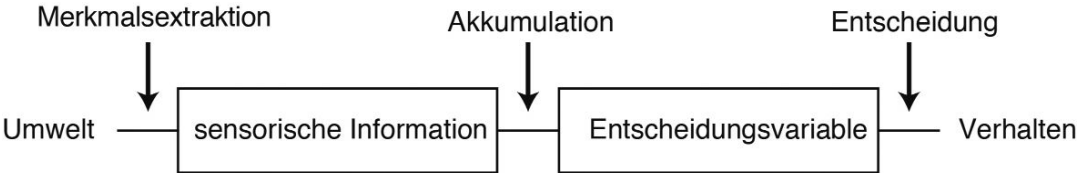


Abb. 1: Allgemeines Schema eines Entscheidungsprozesses. Merkmalsdetektoren extrahieren sensorische Information aus Umweltsignalen. Diese Information wird in einer Entscheidungsvariablen akkumuliert. Schließlich wird eine Entscheidung gefällt, z.B. durch Vergleich mit einer Schwelle.

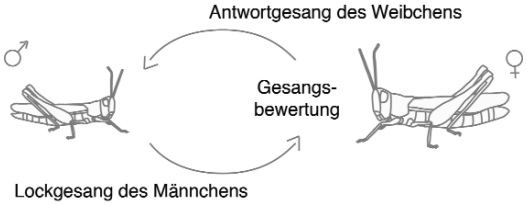


Abb. 2: Entscheidungsfindung bei der gesangsbasierten Partnerwahl der Feldheuschrecke *Chorthippus biguttulus*. Männchen produzieren Lockgesänge. Das Weibchen wertet das zeitliche Muster des Lockgesangs aus. Auf einen attraktiven Lockgesang antwortet das Weibchen mit einem eigenen Antwortgesang.

mons, 2006; Ryan and Cummings, 2013). Die Partnerwahl ist also ein ideales Modellsystem zur Untersuchung natürlicher Entscheidungsfindungsprozesse. Weitverbreitetes Medium der Partnerwahl - nicht nur beim Menschen - sind akustische Balzreize (Kroodsma, 1996). In der Regel sind es die Männchen, die einen Lock- oder Balzgesang erzeugen. Die Weibchen treffen anhand der Merkmale des Balzgesangs eine Entscheidung, die unter Umständen zur Paarung führt.

Wir haben diesen Prozess bei der Feldheuschreckenart *Chorthippus biguttulus studiert* (Helversen, 1972) (Abbildung 2). In dieser Art antwortet das Weibchen auf einen attraktiven Männchengesang mit einem eigenen Gesang. Je 'besser' der Gesang, desto wahrscheinlicher ist eine Antwort des Weibchens. Der Antwortgesang ermöglicht dem Männchen, das Weibchen zu lokalisieren und sich ihm zu nähern, und ist somit im allgemeinen Voraussetzung für eine erfolgreiche Paarung.

In meiner Dissertation habe ich einen Ansatz dargelegt, der natürliches Verhalten im Rahmen des Standardmodells aus *Merkmalsextraktion, Akkumulation* und *Entscheidung* erklären kann. Mittels Verhaltensdaten, Computermodellen und Lernalgorithmen kann der Ansatz verhaltensbestimmende Merkmale aus dynamischen, natürlichen Signalen identifizieren. Damit kann für ein bestimmtes Gesangsmuster vorhergesagt werden, wie wahrscheinlich die Antwort des Weibchens ist, d.h. wie attraktiv der Gesang ist. Dazu wurden einfache und relativ allgemeingültige Annahmen darüber gemacht, wie Nervensysteme sensorische Information extrahieren, akkumulieren und in eine Entscheidung überführen (Abbildung 3).

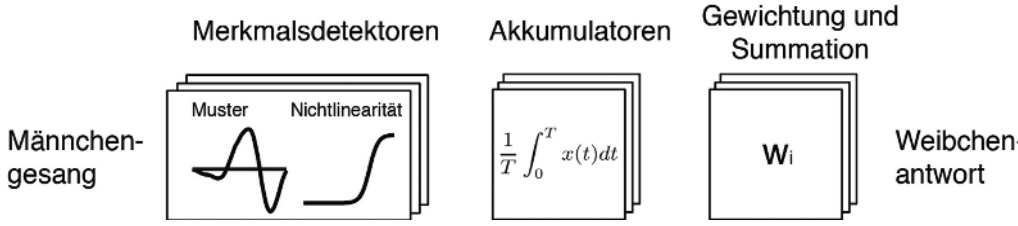


Abb. 3: Modell zur Erklärung der Gesangsauswertung bei Feldheuschrecken. Mehrere parallele Merkmalsdetektoren sind als sogenannte LN-Modelle realisiert, die den momentanen Gesang mit einem kurzen intern gespeicherten Muster vergleichen. Der Ausgang der Merkmalsdetektoren wird über den Gesang akkumuliert – damit wird das gesamte zeitliche Muster des Gesangs auf einen Wert pro Merkmalsdetektor reduziert. Schließlich werden die Werte mehrerer Merkmalsdetektoren gewichtet und summiert und ergeben so eine Vorhersage für die Antwortwahrscheinlichkeit des Weibchens.

Die Merkmalsdetektoren des Modells wurden als sogenannte lineare-nichtlineare (LN) Modelle implementiert (Dayan and Abbott, 2001; Rieke et al., 1999). Diese LN Modelle werden zur Beschreibung sensorischer Nervenzellen benutzt und gehen davon aus, dass der Reiz – in unserem Fall der Lockgesang der Feldheuschrecke – dauernd mit einem vorbestimmten und relativ kurzen Muster verglichen wird (Clemens et al., 2012; Geffen et al., 2009; Rust et al., 2005). Je besser der Gesang mit diesem Muster übereinstimmt, desto grösser ist die Aktivität des Merkmalsdetektors. Die Ähnlichkeit des momentanen Reizes mit dem Idealmuster wird also am Ausgang mehrerer Merkmalsdetektoren abgebildet. Im zweiten Schritt (*Akkumulation*) wird die Aktivität jedes Merkmalsdetektors über den gesamten Gesang summiert. So wird das zeitliche Muster des Gesanges auf einen Merkmalswert pro Merkmalsdetektor reduziert. Schließlich werden die akkumulierten Werte der einzelnen Merkmalsdetektoren gewichtet und summiert - dieser finale Wert stellt eine Vorhersage für die Gesangsattraktivität dar.

Um den Ansatz zu testen, wurden eine große Anzahl von Balzgesängen wiederholt Weibchen der Art *Chorthippus biguttulus* vorgespielt - die Wahrscheinlichkeit, mit der die Weibchen auf individuelle Reize antworteten, diente dann als Maß für die Attraktivität des jeweiligen Gesanges (Schmidt et al., 2008). Die Form des Modells – die Muster für die Merkmalsdetektoren sowie die Gewichte für jeden Merkmalsdetektor – wurde dann mittels eines 'genetischen Lern-Algorithmus' ohne jegliche Vorannahmen direkt an die Verhaltensdaten angepasst (Mitchell, 1998).

Genetische Algorithmen imitieren Prozesse, die aus der biologischen Evolution bekannt sind, um Optimierungsprobleme zu lösen – in unserem Fall die Wahl der optimalen Parameter um das Verhalten aus den Reizen vorherzusagen. Zuerst wird eine 'Population' von Parameterwerten zufällig ausgewählt. Einzelne Lösungen werden dann nach ihrer 'Fitness', d.h. Fähigkeit, die Verhaltensdaten zu reproduzieren, in die nächste Generation übernommen. Variationen werden durch Punktmutationen und Rekombination bestehender Lösungen in die Population eingeführt. Nach einer Reihe von Generationen wird dann die beste bestehende Lösung ausgewählt. Der Algorithmus funktioniert robust und generiert Modelle, die eine sehr hohe Übereinstimmung mit der experimentell gemessenen Verhaltensantwort aufweisen (Clemens and Ronacher, 2013) (Abbildung 4). Diese hohe

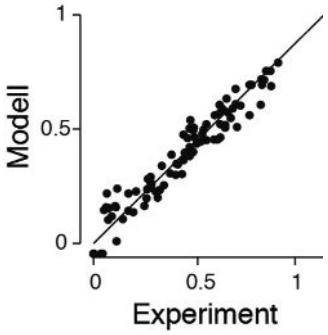


Abb. 4: Das Modell sagt das Verhalten sehr gut voraus. Gezeigt ist die Antwortwahrscheinlichkeit für verschiedene Gesangsmuster wie im Verhaltensexperiment gemessen (x-Achse) und wie vom Modell vorhergesagt (y-Achse). Alle Datenpunkte (d.h. Gesangsmuster) sind sehr nah an der Winkelhalbierenden. R2 ~ 0.9.

Vorhersagekraft deutet darauf hin, dass das Modell wesentliche Aspekte der Entscheidungsfindung bei der Gesangsbewertung verkörpert.

Erstaunlicherweise ist das resultierende Modell recht einfach: Nur zwei Merkmalsdetektoren genügen um die Verhaltensantworten für einen relativ umfangreichen Satz von Gesangsmustern vorherzusagen (Clemens and Ronacher, 2013). Einer der Detektoren hat ein positives, der andere ein negatives Gewicht (Abbildung 5). Das bedeutet, dass ein Merkmalsdetektor Aspekte des Gesangs extrahiert, die 'attraktiv' sind, also die Verhaltensantwort fördern, während der andere Merkmalsdetektor 'unterdrückend' wirkt, also die Verhaltensantwort unterbindet.

Das Modell kann nicht nur das Verhalten gut reproduzieren, sondern erklärt auch eine Reihe älterer und z.T. widersprüchlicher Befunde: In einer Reihe von Verhaltensversuchen wurde untersucht, welche Klasse von Gesangsparametern von den Tieren ausgewertet wird - Parameter der Zeit- oder der Frequenzdomäne (Helversen and Helversen, 1998; Hennig, 2003; Schmidt et al., 2008). Parameter der Zeitdomäne beschreiben das genaue zeitliche Muster des Gesanges. Parameter der Frequenzdomäne (genauer des Leistungsspektrums) bilden die über den Gesang gemittelte periodische Struktur ab und sind relativ unempfindlich gegenüber Veränderungen im genauen zeitlichen Muster. Experimentelle Ergebnisse haben gezeigt, dass bei Feldheuschrekken eine Auswertung der genauen zeitlichen Struktur stattfindet (Helversen and Helversen, 1998; Schmidt et al., 2008).

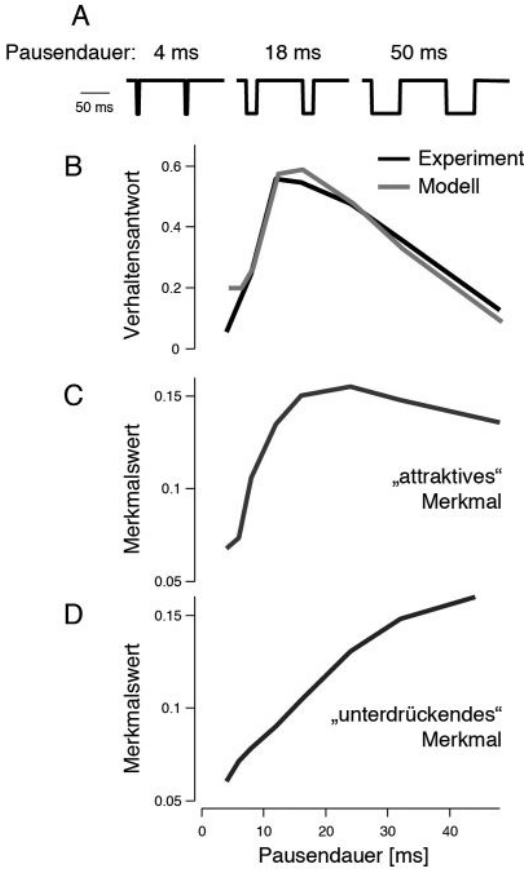


Abb. 5: Natürliche Gesänge von Männchen der Feldheuschreckenart Chorthippus biguttulus können auf eine Abfolge von Pulsen und Pausen reduziert werden (**A**). Die Pausenlänge ist ein wichtiges Gesangsmerkmal – Weibchen bevorzugen intermediäre Pausendauern und lehnen Gesänge mit zu kurzen oder zu langen Pausen ab (schwarze Kurve in **B**). Das Modell kann die Verhaltensselektivität mit nur zwei Merkmalsdetektoren reproduzieren (graue Kurve in **B**). Das attraktive Merkmal (**C**) weist niedrige Werte bei zu kurzen Pausen auf – das erklärt die steigende Flanke der Präferenzkurve in **B**. Das unterdrückende Merkmal (**D**) besitzt hohe Werte für lange Pausendauern und unterbindet so Verhaltensantworten auf zu lange Pausen.

Dieses Ergebnis ist im Prinzip kompatibel mit der Tatsache, dass die Muster in den

Merkmalsdetektoren eben solche zeitlich lokalisierten Strukturen darstellen.

Dem widersprachen jedoch Befunde mit 'gemischten' Reizen – ‚shuffled songs' (Helversen and Helversen, 1998). *C. biguttulus* Weibchen bevorzugen Gesänge mit mittlerer Pausendauer; Signale mit zu langen oder zu kurzen Pausen werden abgelehnt. Interessanterweise kann jedoch ein Gesang bestehend aus einem Gemisch zu kurzer und zu langer Pausendauern wieder sehr attraktiv sein, so lange der Mittelwert beider Pausendauern dem bevorzugten Wert entspricht. Ähnliche Befunde sind von Grillen bekannt (Pollack and Hoy, 1981). Diese Ergebnisse sind nicht konsistent mit dem oben genannten Befund, dass die Tiere das genaue zeitliche Muster auswerten.

Dieser Widerspruch kann jedoch im Rahmen des Modells aufgelöst werden: Wie oben beschrieben, werden die Merkmalsdetektoren nur dann aktiv, wenn die zeitliche Struktur des Reizes mit dem des Musters übereinstimmt – auf der relativ kurzen Zeitskala des Musters ist die zeitliche Struktur des Gesanges also in der Tat entscheidend. Da die Ausgabewerte der Merkmalsdetektoren jedoch über den gesamten Gesang akkumuliert werden, kann in die Gesangsbewertung keine Information über die genaue zeitliche Struktur auf einer längeren Zeitskala – die genaue Länge einer jeden Pause – einfließen. Stattdessen wird eben nur die mittlere Pausendauer abgebildet und ausgewertet. Das Modell löst also den Widerspruch zwischen beiden Hypothesen auf, da es zwei Zeitskalen vereint: eine kurze, die mit der Existenz spezifischer zeitlicher Muster verknüpft ist und durch die Form der Muster bestimmt wird, und eine längere, die Information über die genaue zeitliche Anordnung der Muster verwirft und die über den Akkumulationsschritt implementiert ist (vgl. McDermott et al., 2013).

Der Umstand, dass nach der Merkmalsdetektion wenig Information über die genaue zeitliche Abfolge der Gesangsstruktur benötigt wird, könnte auch einen paradoxen neurophysiologischen Befund erklären (Clemens et al., 2011; Vogel et al., 2005; Wohlgemuth und Ronacher 2007). Das auditorische System der Feldheuschrecken umfasst mehrere Verarbeitungsstufen: Die 'Ohren' liegen im ersten Abdominalsegment. Von dort projizieren auditorische Rezeptorneurone ins Metathorakalganglion, wo der akustische Reiz in zwei Schritten vorverarbeitet wird bevor Information zum Gehirn gelangt. Interessanterweise ist die zeitliche Präzision, mit der der Gesang neuronal abgebildet wird, am Ende der Vorverabeitung überraschend niedrig. Scheinbar geht also Information über die zeitliche Struktur des Gesanges verloren. Wenn jedoch mit der Vorverarbeitung die Merkmalsdetektion – also die Extraktion zeitlich präziser Muster – abgeschlossen ist, wird eine energieaufwendige präzise neuronale Stimulus-Repräsentation gar nicht mehr benötigt, da im folgenden Akkumulationsschritt im Gehirn ohnehin nur die mittlere Aktivität ausgewertet wird.

Das hier vorgeschlagene Modell kann also verschiedene Aspekte des Verhaltens und der Neurophysiologie bei der Gesangserkennung in Feldheuschrecken erklären. Dabei liefert es eine *generative* Beschreibung, das heißt, im Vergleich zu

einer einfachen Präferenzfunktion, die die Verhaltensantwort in Relation zu einem Signalparameter setzt, kann unser Modell zeigen, durch welche Prozesse man vom Stimulus zur Verhaltensantwort gelangt.

Des Weiteren erlaubt das Modell eine *verhaltenszentrierte* Beschreibung von Signalen. Klassischerweise werden Kommunikationssignale über für uns offensichtliche und leicht extrahierbare Parameter beschrieben. Diese 'anthropozentrische' Beschreibung mag jedoch wenig Übereinstimmung mit der Art und Weise haben, wie Tiere selbst diese Signale wahrnehmen und bewerten. Die aus Verhaltensdaten gelernten Merkmale erlauben dagegen eine Signalbeschreibung, die sich explizit am Verhalten orientiert.

Außerdem ist das Modell *physiologisch plausibel* – jedes Element des Modells ist leicht biophysikalisch implementierbar. Damit liefert das Modell nicht nur eine kompakte Beschreibung von Entscheidungsprozessen, sondern zugleich auch eine Hypothese, wie dieser Prozess neuronal realisiert sein kann.

Schließlich ist der Ansatz *allgemein*, d.h. nichts an der grundlegenden Modellstruktur ist spezifisch an den hier untersuchten Entscheidungsprozess angepasst. Mit Erfolg wurde dieser Ansatz auch angewandt, um die Gesangserkennung in zwei Grillenarten zu erklären (Clemens and Hennig, 2013). Wahrscheinlich ist er in der Lage, bestimmte Entscheidungsprozesse auch in höheren Tieren zu erklären. Damit kann der hier vorgeschlagene Ansatz nützliches Werkzeug sein, natürliches Verhalten in verschiedenen Bereichen der Neuroethologie zu erklären.

Danksagungen:
Vor allem möchte ich Bernhard Ronacher danken, der mich in seine Arbeitsgruppe aufgenommen hat und mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand. Besonderer Dank gilt auch Sandra Wohlgemuth, Susanne Schreiber und Matthias Hennig, mit denen ich in verschiedenen Projekten während der Doktorarbeit zusammengearbeitet habe. Nicole Stange, Stefanie Krämer und Olaf Kutzki haben ihre experimentellen Daten zum Testen des Modells zur Verfügung gestellt – ohne sie würden diese Ergebnisse nicht existieren. Des Weiteren danke ich dem Bernsteinzentrum in Berlin (GRK 1589) und dem Sonderforschungsbereich 618 für finanzielle Förderung während meiner Doktorarbeit. Schließlich möchte ich der Deutschen Zoologischen Gesellschaft für die Verleihung des Horst-Wiehe Preises danken.

Literatur

Andersson, M., and Simmons, L.W. (2006). Sexual selection and mate choice. Trends in Ecology & Evolution 21, 296–302.

Brunton, B.W., Botvinick, M.M., and Brody, C.D. (2013). Rats and Humans Can Optimally Accumulate Evidence for Decision-Making. Science 340, 95–98.

Clemens, J., and Hennig, R.M. (2013). Computational principles underlying the recognition of acoustic signals in insects. Journal of Computational Neuroscience 35, 75–85.

Clemens, J., and Ronacher, B. (2013). Feature extraction and integration underlying perceptual decision making during courtship behavior. Journal of Neuroscience 33, 12136–12145.

Clemens, J., Kutzki, O., Ronacher, B., Schreiber, S., and Wohlgemuth, S. (2011). Efficient transformation of an auditory population

code in a small sensory system. PNAS 108, 13812–13817.
Clemens, J., Wohlgemuth, S., and Ronacher, B. (2012). Nonlinear computations underlying temporal and population sparseness in the auditory system of the grasshopper. Journal of Neuroscience 32, 10053–10062.
Dayan, P., and Abbott, L.F. (2001). Theoretical neuroscience. The MIT Press.
Geffen, M.N., Broome, B.M., Laurent, G., and Meister, M. (2009). Neural Encoding of Rapidly Fluctuating Odors. Neuron 61, 570–586.
Gold, J.I.I., and Shadlen, M.N. (2007). The Neural Basis of Decision Making. Annual Reviews in Neuroscience 30, 535–574.
Helversen, von, D. (1972). Gesang des Männchens und Lautschema des Weibchens bei der Feldheuschrecke *Chorthippus biguttulus* (Orthoptera, Acrididae). Journal of Comparative Physiology A 81, 381–422.
Helversen, von, D., and Helversen, von, O. (1998). Acoustic pattern recognition in a grasshopper: processing in the time or frequency domain? Biological Cybernetics 79, 467–476.
Hennig, M.R. (2003). Acoustic feature extraction by cross-correlation in crickets? Journal of Comparative Physiology A 189, 589–598.
Kroodsma, D.E. (1996). Ecology and evolution of acoustic communication in birds (Comstock Pub Assoc).
McDermott, J.H., Schemitsch, M., and Simoncelli, E.P. (2013). Summary statistics in auditory perception. Nature Neuroscience 16, 493–498.
Mitchell, M. (1998). An Introduction to Genetic Algorithms (Complex Adaptive Systems) (A Bradford Book).
Pollack, G.S., and Hoy, R. (1981). Phonotaxis to individual rhythmic components of a complex cricket calling song. Journal of Comparative Physiology A 144, 367–373.
Rieke, F., Warland, D.K., Deruyter-vansteveninck, R., and Bialek, W. (1999). Spikes: Exploring the Neural Code (Computational Neuroscience) (The MIT Press).
Rust, N.C., Schwartz, O., Movshon, J.A., and Simoncelli, E.P. (2005). Spatiotemporal elements of macaque v1 receptive fields. Neuron 46, 945–956.
Ryan, M.J., and Cummings, M.E. (2013). Perceptual Biases and Mate Choice. Annual Reviews in Ecology, Evolution, and Systematics 44, 437–459.
Schmidt, A., Ronacher, B., and Hennig, M.R. (2008). The role of frequency, phase and time for processing of amplitude modulated signals by grasshoppers. Journal of Comparative Physiology A 194, 221–233.
Shadlen, M.N., and Kiani, R. (2013). Decision Making as a Window on Cognition. Neuron 80, 791–806.
Vogel, A., Hennig, M.R., and Ronacher, B. (2005). Increase of neuronal response variability at higher processing levels as revealed by simultaneous recordings. Journal of Neurophysiology 93, 3548–3559.
Wohlgemuth, S., and Ronacher, B. (2007).. Auditory Discrimination of Amplitude Modulations Based on Metric Distances of Spike. Journal of Neurophysiology 97, 3082-3092.
Znamenskiy, P., and Zador, A.M. (2013). Corticostriatal neurons in auditory cortex drive decisions during auditory discrimination. Nature 497, 482-485.

Dr. Jan Clemens
Dept. of Neurobiology
Princeton University
clemensjan@gmail.com

Laudatio:
Walther-Arndt-Preis an Sylvia Cremer

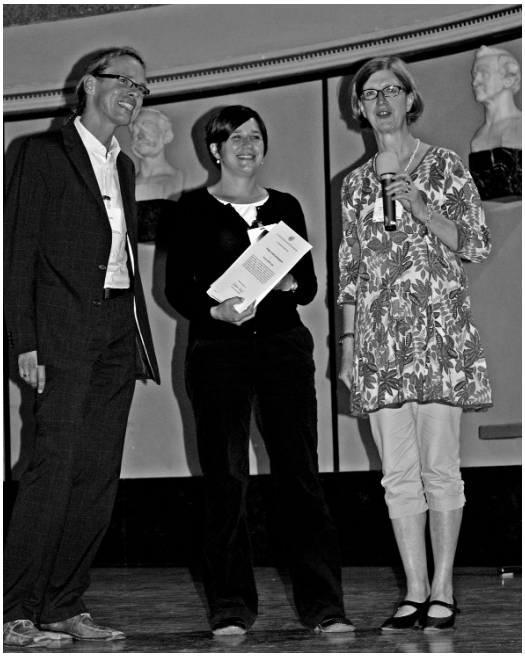
Joachim Kurtz

Es ist mir eine große Freude und Ehre, Ihnen mit der diesjährigen Walther-Arndt Preisträgerin der DZG, Dr. Sylvia Cremer, eine ausgezeichnete Evolutionsbiologin und gute Freundin vorstellen zu dürfen.

Wie bei vielen von uns, so reicht auch bei Sylvia Cremer die Begeisterung für die Natur weit zurück und beginnt mit Aktivitäten und Praktika im Naturschutz. Ihre Diplomarbeit machte sie zur Bioakustik und Artbildung an Heuschrecken, und in dieser Zeit muss es gewesen sein, dass wir uns das erste mal über den Weg gelaufen sind, als Sylvia von Klaus Reinhold zu einem Vortrag nach Bonn eingeladen worden war.

Mit der Doktorarbeit kam die Begeisterung für soziale Insekten, v.a. Ameisen, und diese hat bis heute nicht nachgelassen. Ich möchte kurz einige Aspekte aus ihrem Promotionsprojekt vorstellen, das sie in der auf dem Gebiet der sozialen Insekten herausragenden Arbeitsgruppe von Jürgen Heinze, zunächst in Erlangen und dann in Regensburg, durchgeführt hat. Dieses zeigt wie vielfältig und spannend Forschung zur Evolution von Verhalten sein kann.

Sylvia wollte den Männchen-Dimorphismus bei einer tropischen Ameise untersuchen. Zunächst gab es aber keinen Dimorphismus, sondern die Ameisen haben im Labor nur die äußerst spektakulären Kämpfer-Männchen produziert.



Eine strahlende Preisträgerin: Sylvia Cremer umgeben von der Präsidentin Constance Scharff und ihrem Laudator Joachim Kurtz.
Foto Sabine Gießler

Diese paaren sich mit neu schlüpfenden Jungköniginnen. Um Konkurrenten auszuschließen, bekämpfen sie diese auf eine interessante Art und Weise. Sie beschmieren sie mit Substanzen, die die Arbeiterinnen aggressiv machen, so dass sie dann das beschmierte Männchen töten. Das klingt eher nach Politik... Doch zurück zu den Ameisen. Sylvia hat schließlich herausgefunden, dass die zweite Männchen-Morphe, die friedlichen geflügelten Männchen, nur bei Stress der Kolonie produziert werden. Offensichtlich

Sylvia Cremer, Gewinnerin des Walther-Arndt-Preises der DZG 2013 bei ihrem Vortrag in der Aula der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Foto Sabine Gießler

hat Sylvia also ihre Ameisen zunächst zu gut behandelt, daher fehlten diese.

Als Postdoc ging Sylvia dann zu Koos Boomsma nach Kopenhagen, um das Phänomen der sog. Superkolonien bei invasiven Ameisen zu verstehen. Die Gruppe von Koss Boomsma muss man sich auch in etwa so wie eine Superkolonie vorstellen: Ein unglaubliches Umfeld für jeden, der an sozialen Insekten arbeitet. Sylvia untersuchte eine invasive Ameisenart, die Gartenameise. Nun geschah es, dass die Feinde der Ameisen in Sylvias Interesse rückten: Parasiten! Die 'Parasite release' Hypothese besagt, dass invasive Arten einen Vorteil haben könnten, weil sie quasi ihre Parasiten daheim zurükklassen.

Die beiden Felder Parasitenresistenz und Soziale Insekten zusammenzubringen war der vielleicht bislang wichtigste Schritt in Sylvias wissenschaftlicher Laufbahn – und ich konnte glücklicherweise auch ein wenig dazu beitragen. Zusammen mit Paul Schmid-Hempel bereitete

ich nämlich eine Fokusgruppe zum Thema Evolutionäre Immunologie am Wissenschaftskolleg in Berlin vor und wir beschlossen, Sylvia als Stipendiatin dorthin einzuladen, was ein voller Erfolg war.

Für diejenigen unter Ihnen, die das Wissenschaftskolleg nicht kennen, möchte ich kurz darstellen, was es ist: Das Wiko ist im Prinzip ein Ort zum Nachdenken, denn dazu kommt man als Wissenschaftler heute ja nur noch selten. Wissenschaftler, Philosophen und auch Künstler ganz unterschiedlichster Ausrichtung werden für bis zu einem Jahr dorthin eingeladen und müssen eigentlich nichts tun – außer, ja, nachdenken! Es waren dort gleichzeitig sehr interessante und teilweise mittlerweile berühmte Leute, zum Beispiel Andreas Vosskuhle, der jetzige Präsident des Bunderverfassungsgerichts, mit dem wir dort das ein oder andere Bier getrunken haben, denn dort hatte er ja noch Zeit dafür.

Dort am Wiko haben wir auch das Konzept für ein DFG Schwerpunktprogramm zum Thema Host-Parasite Coevolution entwickelt, in welchem dann auch Sylvia ein Projekt hatte während der Zeit, in der sie nun wieder in Deutschland arbeitete, und zwar als Gruppenleiterin in der Gruppe von Jürgen Heinze in Regensburg, wo sie 2010 habilitierte.

Nicht zuletzt durch intensive Diskussionen mit Biologen, aber insbesondere auch mit Nicht-Biologen entwickelte Sylvia das Konzept der 'Social Immunity' weiter und veröffentlichte ein vielbeachtetes Review dazu in *Current Biology*. Sozialen Insekten stehen neben ihrem individuellen Immunsystem weitere Möglichkeiten zur Verfügung, sich gegen Parasiten zu wehren, z.B. durch die Übertragung von schützenden Substanzen auf Gruppenmitglieder oder durch das Entfernen von Parasiten oder Sporen. Sogar so etwas wie aktive Immunisierung durch Übertrag geringer Mengen von Pathogenen, die dann zu einer Immunaktivierung führen, vergleichbar mit einer Impfung, ist möglich, wie Sylvias Gruppe kürzlich zeigen konnte. Soziale Immunität hat weit reichende Konsequenzen, und wurde z.B. auch als ein möglicher Grund gesehen, wieso sich im Genom der Biene ein vergleichsweise verarmtes Repertoire an Immungenen findet: Das individuelle Immunsystem kann eventuell etwas vernachlässigt werden, wenn zudem soziale Immunität zur Verfügung steht.

Damit bin ich fast am Ende meiner Laudatio, möchte aber nochmals betonen, wie wichtig interdisziplinäre Forschung für Sylvia ist. So war sie nicht nur am Wissenschaftskolleg, sondern war auch Mitglied der *Jungen Akademie der Leopoldina* und der *Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften* und ist Mitglied der *Jungen Kurie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften*. Aber auch im ganz normalen Forschungsalltag ist Interdisziplinarität für sie sehr wichtig. So arbeitet sie z.B. mit Mathematikern zusammen, um Modelle zur Krankheitsausbreitung in sozialen Netzwerken zu entwickeln.

Das Institut, an dem sie jetzt als Assistant Professor arbeitet, nimmt Interdisziplinarität ebenfalls sehr wichtig, es ist das österreichische Institute of Science and Technology (IST) bei Wien. Sylvias gegenwärtige Forschung wird unter anderem durch den renommierten ERC

Starting Grant gefördert. Zu ihrer aktuellen Arbeit werden wir gleich mehr erfahren und ich kann jetzt schon versprechen, dass es höchst spannend werden wird.

Lassen Sie mich zum Schluss aber noch erwähnen, dass neben der Arbeit auch die Familie für Sylvia sehr wichtig ist, sie hat zwei kleine Töchter und hat das große Glück, dass ihr Mann, Michl Sixt, ebenfalls am IST eine Gruppenleiter-Stelle bekommen hat. Ein Beispiel einer gelungenen Doppelkarriere, das vielleicht ein wenig Hoffnung macht, dass es eben doch manchmal geht, Familie und Beruf unter einen Hut zu bringen. Ihren Mann kennengelernt hat Sylvia übrigens, wie könnte es anders sein, in einem biologischen Kontext, und zwar an einem Krötenzaun... sehr romantisch, und man fragt sich, wer hier wohl welchen Frosch zum Prinzen geküsst hat...?

Damit bin ich am Ende meiner Laudatio angekommen und möchte Dir, liebe Sylvia, ganz herzlich zum Walther-Arndt-Preis gratulieren und Dir weiterhin soviel Erfolg wünschen!

Dr. Joachim Kurtz
MPI f. Limnologie, Abt. Evolutionsökologie
August-Thienemann-Str. 2
24306 Plön
kurtz@mpil-ploen.mpg.de

Gemeinsame Krankheitsabwehr in Ameisengesellschaften

Sylvia Cremer

"Soziale Immunität" bei Ameisengesellschaften bedeutet, dass nicht nur die einzelnen Koloniemitglieder individuell Krankheiten bekämpfen, sondern dass darüber hinaus kollektive Massnahmen, beispielsweise gemeinsame Nesthygiene und gegenseitiges Putzen, Krankheiten eindämmen können und Epidemien in den Kolonien verhindern helfen.

Leben viele Individuen auf engem Raum zusammen, so können sich Krankheiten leicht ausbreiten. Dies ist um so mehr der Fall, je enger Gruppenmitglieder miteinander verwandt sind, da sie daher gegenüber den gleichen Krankheitserregern anfällig sind. Dies gilt ebenso für Monokulturen in der Landwirtschaft wie auch für enge Familienverbände in Gesellschaften von Menschen und im Tierreich. Besonders grosse Familienverbände finden sich in den Kolonien sozialer Insekten (Wespen, Bienen, Ameisen und Termiten), die eine Gruppengrösse von wenigen Hundert bis mehreren Millionen Tieren umfassen können – meist Abkömmlinge einer einzigen Königin (Hölldobler and Wilson 1990, Schmid-Hempel 1998).

Durch den engen Sozialkontakt in Gesellschaften kommt es zwar vermehrt zur Krankheitsausbreitung, allerdings ermöglicht er auch eine zusätzliche Ebene der "sozialen Krankheitsabwehr" (Cremer et al. 2007, Wilson-Rich et al. 2009, Evans and Spivak 2010). Diese besteht aus kollektiv durchgeführten Massnahmen, die die Zusammenarbeit mehrerer Tiere umfassen, sei es, weil sie sich gegenseitig helfen (z.B. putzen und pflegen), oder weil sie gemeinsam eine bestimmte Aufgabe durchführen (z.B. Nesthygiene).

Gleich wie ein einzelner Organismus, so kann sich auch der "Superorganismus" Ameisenkolonie (Wheeler 1911, Cremer and Sixt 2009) in mehreren Schritten vor Krankheiten schützen (Cremer et al. 2007): zunächst sollte durch Vermeidung riskanter Bereiche oder Individuen eine Ansteckung mit dem Krankheitserreger vermieden werden. Nach erfolgter Infektion sollte die Vermehrung des Erregers eingedämmt werden und letztlich sollte die Verbreitung eingeschränkt werden, sei es zu Nachbar- oder zu Tochterkolonien. Soziale Insektenstaaten haben eine Vielzahl ausgefeilter Strategien entwickelt, um Ansteckung, Vermehrung und Verbreitung ansteckender Krankheiten einzuschränken.

Ameisen und Bienen erkennen und vermeiden kontaminierte Bereiche und ziehen im Fall einer Häufung infektiösen Materials rund um ihr Nest einfach um (Drees et al. 1992, Oi and Pereira 1993). Da beim Verlassen des geschützten Nestes gerade während der Futtersuche ein Kontakt mit Parasitoiden, Parasiten und Pathogenen nicht immer vermieden werden kann, haben soziale Insekten aktive Massnahmen ergriffen, sich während die-

ser risikoreichen Aufgaben zu schützen. Ein besonders spektakuläres Beispiel stellen die extrem hochentwickelten Blattschneiderameisen dar. Diese schneiden kleine Stückchen von Blättern ab, tragen diese ins Nest ein, und nutzen sie als Substrat zum Wachstum eines Pilzes, von dem sie sich ausschliesslich ernähren (Pilzgarten). Um das Einbringen von Pathogenen zu vermeiden, "reitet" eine Mini-Arbeiterinnenkaste auf den abgeschnittenen Blättern mit zum Nest (Abb. 1), putzt diese, und wehrt zusätzlich noch Angriffe parasitoider Fliegen ab (Vieira-Neto et al. 2006). Zusätzlich zu den grossen Arbeiterinnen, die die Blätter schneiden und tragen hat sich in diesen Arten also zum Schutz vor Infektion noch eine weitere, viel kleinere, Arbeiterinnenkaste entwikkelt.

Des weiteren betreiben soziale Insekten sehr effiziente Nesthygiene. Dies umfasst das Entfernen von nicht mehr Nutzbarem wie Essensresten (Bot et al. 2001, Hart and Ratnieks 2002) sowie von toten Gruppenmitgliedern (Wilson et al. 1958, Howard and Tschinkel 1976) aus dem Nest auf Müllhalden bzw. Friedhöfe, die meist ausserhalb des Nestes liegen. Gerade in den grossen Kolonien der Blattschneiderameisen fallen aufgrund der verbrauchten Blätter sehr grosse Mengen an Abfall an, die je nach Art entweder ausserhalb des Nestes, oder in unterirdischen "Kompostierkammern" gelagert werden. Zusätzlich zu dieser klaren räumlichen Trennung des Pilzgartens im Nestinneren von der Mülldeponie, kommt es auch noch zu einer Verhaltensabgrenzung der Pilzgartenarbeiterinnen von den Abfallarbeiterinnen. Das Abfallmaterial

Abb. 1: Kleine Arbeiterinnenkaste der Blattschneiderameise *Atta*. Kleine Arbeiterinnen putzen die Blätter, während sie ins Nest eingetragen werden. Copyright Sophie A.O. Armitage, Universität Münster

wird nicht direkt aneinander übergeben, sondern indirekt ohne jegliche Interaktion durch Ablegen und späteres Aufsammeln an einer "Übergabestation". Sollte sich eine Abfallarbeiterin doch einmal in den sauberen Pilzgarten wagen, wird sie von den Pilzgärtnerinnen aggressiv vertrieben (Hart and Ratnieks 2002).

Neben strukturellen und verhaltensbedingten Hygienemassnahmen werden auch antimikrobielle Mittel zur Reinhaltung des Nestes genutzt. Substanzen wie Baumharz werden von Ameisen und Bienen gesammelt und ins Nest eingebracht (Christe et al. 2003) und – wie im Fall der Honigbiene – zum Kittmaterial Propolis weiterverarbeit (Simone-Finstrom and Spivak 2010). Die Auskleidung des Nestes mit diesen Substanzen verringert Pilz- und Bakterienwachstum im Nest und somit auch Erkrankungen der Bewohner (Chapuisat et al. 2007). Das Baumaterial einiger Termiten besteht sogar ganz aus ihrem eigenen Kot, der ebenfalls antimikrobielle Wirkung hat (Rosengaus et al. 1998a), und Wespen applizieren ihr Gift im eigenen Nest (Baracchi et al. 2012).

Zusätzlich zu diesen vorbeugenden Massnahmen, die ständig durchgeführt werden, kommt es bei Krankheitsbefall zu weiteren Reaktionen der Tiere. Zunächst versuchen die gesunden Koloniemitglieder durch Putzen die exponierte Brut oder adulte Nestgenossen vor einer Infektion zu schützen. Wenn dies jedoch nicht gelingt, dann wird durch Entfernen infektiöser Individuen aus dem Nest der Rest der Kolonie vor Ansteckung geschützt.

Nach Kontakt mit Krankheitserregern werden sowohl Brut (Ugelvig et al. 2010, Tragust et al. 2013b) wie auch adulte Arbeiterinnen (Rosengaus et al. 1998b, Hughes et al. 2002, Reber et al. 2011) von Nestmitgliedern geputzt (Abb. 2). Hierbei nutzen die Tiere ihre Mundwerkzeuge zum Entfernen infektiösen Materials von der Körperoberfläche der exponierten Tiere. Es war seit längerem bekannt, dass dieses Putzverhalten durch Entfernen der Keime das Infektionsrisiko der exponierten Tiere erniedrigt, bzw zu einem milderen Krankheitsverlauf führt (Hughes et al. 2002, Cremer et al. 2007). Die Arbeitsgruppe von Sylvia Cremer konnte jedoch kürzlich zeigen, dass neben der mechanischen Entfernung der Krankheitserreger auch noch Desinfektion der Körperoberfläche mit antimikrobiellen Substanzen eine weitere sehr wirksame Komponente des Putzverhaltens darstellt (Tragust et al. 2013a). So applizieren Gartenameisen ihr – hauptsächlich aus Ameisensäure bestehendes – Gift während des Putzens auf exponierte Brut, und verringern so die Keimung beispielsweise pathogener Pilzsporen, die manuell nicht entfernt werden konnten.

Abb. 2: Putzverhalten bei Gartenameisen. *Lasius* Arbeiterinnen putzen ein pilzexponiertes Tier (*Metarhizium* Pilz), das zur besseren Erkennung rot farbmarkiert wurde.
Copyright Matthias Konrad, IST Austria

Das Gift wird direkt auf die exponierte Brut gesprüht, indem die putzende Arbeiterin ihren Hinterleib mit dem Ausgang der Giftdrüse – der Azidopore – über die exponierte Brut beugt. Interessanterweise zeigen die Ameisen jedoch weit häufiger eine Applikation mithilfe ihrer Mundwerkzeuge, nachdem sie das Gift zuvor oral aufgenommen haben (Tragust et al. 2013a). Auf den ersten Blick ist dies ein erstaunliches Verhalten, da die Ameisen keineswegs gegen ihr eigenes Gift resistent sind. Der Mundraum der Ameisen ist jedoch, ebenso wie das Körperäussere, von einer dicken Kutikulaschicht ausgekleidet. Es ist daher anzunehmen, dass die Ameisen wohl keine Probleme durch die Giftspeicherung im Mund haben. Diese bietet jedoch noch einen weiteren Vorteil: das abgeputzte infektiöse Material wird von den Putzerinnen zunächst in ihren sogenannten Backentaschen (Infrabuccaltaschen) gesammelt und komprimiert, und später ausgespuckt (Quinlan

and Cherrett 1978, Little et al. 2003). Die Giftaufnahme in den Mund bewirkt nun auch in diesen Backentaschen eine weitere Desinfektion, so dass nicht nur das putzende Tier selbst vor Ansteckung geschützt wird, sondern auch die ausgespuckten Pellets eine niedrigere Keimungsrate aufweisen (Tragust et al. 2013a) , und somit die Umgebung weniger stark kontaminiert wird. Das Gift zumindest einiger Ameisenarten hat somit neben der Schutzfunktion gegen Fressfeinde auch eine weitere Funktion in der Abwehr gegen Krankheiten.

Falls dennoch eine Erkrankung der Brut erfolgt, so wird diese aus dem Nest entfernt. Wie seit längerem bekannt ist, zeigen Honigbienen ein Hygieneverhalten, bei dem sie die Deckel der Waben mit erkrankter Brut öffnen und die Brut entfernen (Rothennuhler 1964). Diese Aufgabe wird v.a. von Arbeiterinnen mittleren Alters durchgeführt, und zwar besonders effizient in Kolonien, die einen sehr guten olfaktorische Erkennungssinn haben (Gramacho and Spivak 2003). Es ist also anzunehmen, dass diese "hygienischen Bienen" die Infektion durch die verschlossenen Waben riechen können. Die Arbeitsgruppe von Sylvia Cremer hat kürzlich beschrieben, dass auch Ameisen ein ähnliches Verhalten zeigen (Ugelvig et al. 2010, Tragust et al. 2013b), obgleich Ameisen die Brut nicht in einzelnen Waben isolieren, sondern frei ins Nest legen. Interessanterweise entfernen die Ameisen die infizierte Brut aus ihrem Nest (Abb. 3), noch bevor sich äussere Anzeichen der Erkrankung zeigen und neue infektiöse Stadien des Pathogens bilden (Ugelvig et al. 2010, Tragust et al. 2013b). Somit ist

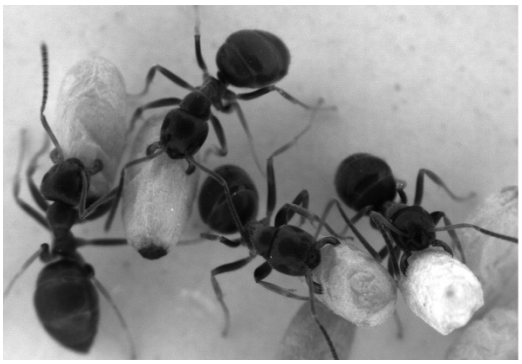


Abb. 3: Hygieneverhalten bei Gartenameisen. *Lasius* Arbeiterinnen entfernen pilzinfizierte Puppen (*Metarhizium* Pilz) aus der Kolonie. Copyright Line V. Ugelvig und Barbara Mitteregger, IST Austria

anzunehmen, dass die Ameisen die Infektion frühzeitig erkennen können und die Brut entfernen, bevor sich neue Infektionsstadien bilden. Hierbei sind die Ameisen erstaunlich präzise in der Erkennung, welche Brut erkrankt ist und welche nicht, und tragen abgesehen von kleineren Fehlern nur die infizierte Brut aus dem Nest. Auffallenderweise tragen Arten mit kokon-geschützten Puppen diese viel seltener aus dem Nest als die Larven, während es einen solchen Unterschied zu Larven bei Arten mit offenen Puppen nicht gibt (Tragust et al. 2013b). Auch scheint der Kokon eine Art Schutzmantel darzustellen, der es Pathogenen – die wie viele Pilze ihren Wirt durch die Kutikula penetrieren – erschwert, den Wirt zu infizieren. Basierend auf diesem niedrigeren Infektionsrisiko werden diese kokon-geschützten Puppen dann auch weniger aus dem Nest geworfen, obgleich sie ebenso eine Kontamination mit Pilzsporen erfahren haben.

Während die immobile Brut bei Infektion von den Arbeiterinnen aus dem Nest

ausgetragen wird, kommt es in den meisten Fällen nicht zu einem "Rauswurf" adulter kranker Koloniemitglieder. Obwohl die gesunden Koloniemitglieder den kranken gegenüber keine offensichtliche Aggression zeigen, halten sich Tiere, die entweder mit einem Pathogen in Kontakt gekommen, oder erkrankt sind, trotzdem weniger in der Kolonie auf als gesunde. Line V. Ugelvig und Sylvia Cremer (2007) konnten zeigen, dass exponierte Tiere sofort nach ihrem Kontakt zu einem Pilzpathogen die Brutkammer präferentiell verlassen und keine Brutpflege mehr betreiben. Weiterhin scheinen moribunde Bienen (Rueppell et al. 2010) und Ameisen, egal ob sie aufgrund von Krankheit oder generellen Alterungsprozessen dem Tod nahe sind (Heinze and Walter 2010, Bos et al. 2012), das Nest zu verlassen. Diese "Selbst-Entfernung" sollte niedrigere Interaktionsraten dieser Tiere mit ihren Nestgenossen zufolge haben und erniedrigt daher wahrscheinlich auch das Ansteckungsrisiko. Eine Art Quarantäne betreiben jedoch Termiten, die ihre an Nematoden erkrankten Nestgenossen permanent mit ihren Kotwänden einmauern (Epsky and Capinera 1988).

Somit greifen also bei der kollektiven Krankheitsabwehr in den Gesellschaften sozialer Insekten viele Mechanismen ineinander: Pflegeverhalten, Verwendung antimikrobieller Substanzen, sowie die Modulation von Interaktionen zwischen den Koloniemitgliedern, die die Routen der Krankheitsausbreitung einschränken. Welche genauen Effekte diese Veränderung der sozialen Netzwerke auf die Krankheitsausbreitung hat, ist bislang noch nicht genauer verstanden und wird derzeit durch eine Kombination empirischer Studien und mathematischer Modellierung untersucht (Naug and Camazine 2002, Feffermann et al. 2007).

Dass das Zusammenleben mit gesunden Nestmitgliedern einen schützenden Effekt und eine Erniedrigung des Erkrankungsrisikos von Tieren hat, die mit Krankheitserregern in Kontakt kamen, wurde in sehr vielen Studien gezeigt (zusammengefasst in Cremer et al. 2007, Wilson-Rich et al. 2009, Evans and Spivak 2010). Welchen Einfluss das Zusammenleben mit kranken Tieren jedoch auf das Überleben und die Immunfunktion der Nestmitglieder hat, ist bislang noch weniger umfangreich untersucht. Einige Studien konnten zeigen, dass die Pflege kranker Nestangehöriger nur in relativ geringem Ausmass zu einer Erkrankung der pflegenden Tiere führt (Rosengaus et al. 1998b, Hughes et al. 2002, Konrad et al. 2012). Stattdessen kann es sogar zu einem Schutz der pflegenden Tiere kommen, durch "soziale Immunisierung", die bislang für Termiten und Ameisen nach Exposition mit Pilzsporen oder Bakterien beschrieben wurde (Traniello et al. 2002, Ugelvig and Cremer 2007, Hamilton et al. 2011, Konrad et al. 2012). Enger Sozialkontakt zu exponierten Tieren kann die Resistenz der Nestmitglieder gegen das jeweilige Pathogen erhöhen, so dass sie eine geringere Sterberate zeigen, wenn sie selbst mit dem Pathogen exponiert werden, als Tiere, die zuvor nur mit gesunden Tieren zusammengelebt haben.

Die Arbeitsgruppe von Sylvia Cremer hat den zugrundeliegenden Mechanismus dieser sozialen Immunisierung für Gartenameisen (*Lasius neglectus*) nach

Pilzexposition (*Metarhizium anisopliae*) untersucht. Sie konnte nachweisen, dass sich zuvor gesunde Nestmitglieder bei der Krankenpflege der exponierten Tiere mit geringen Mengen der pathogenen Pilzsporen anstecken und Mini-Infektionen entwickeln. Diese Mini-Infektionen verlaufen jedoch nicht tödlich (nur ca 2% der Nestmitglieder sterben an einer Pilzinfektion), sondern führen zur Hochregulierung einiger Immungene und einer erhöhten Immunabwehr gegen den Pilz. Diese Immunstimulierung bildet die Grundlage für das erniedrigte Erkrankungsrisiko, wenn diese Nestgenossen nach einigen Tagen Sozialkontakt zum exponierten Tier dann selbst einer hohen Pilzdosis ausgesetzt werden (Konrad et al. 2012). Somit erhalten zuvor naive Nestmitglieder nach dem Prinzip der Variolation einen Immunschutz. Variolation wurde auch in der frühen Humanmedizin des 9. bis 17. Jahrhunderts praktiziert, um sich z.B. gegen die Pocken zu schützen (Brimnes 2004). Hierbei wurde infektiöses Material aus Pusteln Erkrankter gewonnen und Gesunden – zumeist den Kindern Adliger – in aufgeritzte Haut eingerieben. In den meisten Fällen bekamen die Kinder nur einen sehr milden Krankheitsverlauf und waren dann lebenslang immun. Da diese Methode jedoch das Risiko von Erkrankungen mit tödlichem Verlauf in sich trägt, wurde sie später durch die moderne Impfung mit attenuierten bzw. toten Erregern ersetzt, die keinen Krankheitsausbruch auslösen können.

Das Zusammenleben mit pilzexponierten Ameisen führt somit zu einer Ansteckung der Nestmitglieder, die dann eine eigenständige Immunantwort entwickeln (aktive Immunisierung). Ein anderer Mechanismus wurde für die soziale Immunisierung von Ameisen nach bakterieller Infektion vorgeschlagen (Hamilton et al. 2011). Hier scheinen infizierte Tiere schützende Immuneffektoren an ihre Nestmitglieder weiterzugeben. Somit werden Nestgenossen geschützt, ohne selbst eine eigene Immunantwort produzieren zu müssen (passive Immunisierung). Die Verbreitung der antimikrobiell wirkenden Substanzen vom erkrankten Tier zu seinen gesunden Nestmitgliedern kann im Zuge der Regurgitation von Nahrung und der gegenseitigen Fütterung erfolgen (Hamilton et al. 2011).

Das soziale Immunsystem von Insektengesellschaften spielt somit eine wichtige ergänzende Rolle zum individuellen Immunsystem und Abwehrverhalten der einzelnen Nestmitglieder. Es erlaubt nicht nur den grösseren Schutz derjenigen Tiere, die mit Krankheitserregern in Kontakt kamen, sondern gegebenenfalls sogar einen zusätzlichen Schutz für deren Nestmitglieder. Ameisenkolonien besitzen somit eine Art "Immungedächtnis auf Kolonieebene".

Literatur

Baracchi, D., G. Mazza, and S. Turillazzi. 2012. From individual to collective immunity: The role of the venom as antimicrobial agent in the Stenogastrinae wasp societies. J Ins Physiol 58:188–193.

Bos, N., T. Lefevre, A. B. Jensen, and P. d'Ettorre. 2012. Sick ants become unsociable. J Evol Biol 25:342–351.

Bot, A. N. M., C. R. Currie, A. G. Hart, and J. J. Boomsma. 2001. Waste management in leaf-cutting ants. Ethology Ecology & Evolution 13:225-237.

Brimnes, N. 2004. Variolation, vaccination and popular resistance in early colonial South India. Med Hist 48:199-228.

Chapuisat, M., A. Oppliger, P. Magliano, and P. Christe. 2007. Wood ants use resin to protect themselves against pathogens. Proc. R. Soc. Lond. B 274:2013-2017.

Christe, P., A. Oppliger, F. Bancala, G. Castella, and M. Chapuisat. 2003. Evidence for collective medication in ants. Ecol. Lett. 6:19-22.

Cremer, S., S. A. O. Armitage, and P. Schmid-Hempel. 2007. Social immunity. Curr. Biol. 17:R693-702.

Cremer, S. and M. Sixt. 2009. Analogies in the evolution of individual and social immunity. Phil. Trans. Roy. Soc. B 364 129-142.

Drees, B. M., R. W. Miller, S. B. Vinson, and R. Georgis. 1992. Susceptibility and behavioral response of red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) to selected entomogenous nematodes (Rhabditida: Steinernematidae & Heterorhabditidae). J. Econ. Entomol. 85:365-370.

Epsky, N. D. and J. L. Capinera. 1988. Efficacy of the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* against a subterranean termite, *Reticulitermes tibialis* (Isoptera, Rhinotermitidae). J. Econ. Entomol. 81:1313-1317.

Evans, J. D. and M. Spivak. 2010. Socialized medicine: individual and communal disease barriers in honey bees. J Invertebr Pathol 103:S62-S72.

Feffermann, N. H., J. F. A. Traniello, R. B. Rosengaus, and D. V. Calleri. 2007. Disease prevention and resistance in social insects: modeling the survival consequences of immunity, hygienic behavior, and colony organization. Behav. Ecol. Sociobiol. 61:565-577.

Gramacho, K. P. and M. Spivak. 2003. Differences in olfactory sensitivity and behavioural responses among honey bees bred for hygienic behavior. Behav. Ecol. Sociobiol. 54:472-479.

Hamilton, C., B. T. Lejeune, and R. B. Rosengaus. 2011. Trophallaxis and prophylaxis: social immunity in the carpenter ant *Camponotus pennsylvanicus*. Biol Lett 7:89-92.

Hart, A. G. and F. L. W. Ratnieks. 2002. Waste management in the leaf-cutting ant *Atta colombica*. Behavioral Ecology 13:224-231.

Heinze, J. and B. Walter. 2010. Moribund ants leave their nests to die in social isolation. Curr. Biol. 20:249–252.

Hölldobler, B. and E. O. Wilson. 1990. The Ants. Harvard University Press, Cambridge.

Howard, D. F. and W. R. Tschinkel. 1976. Aspects of necrophoric behavior in the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*. Behaviour 56:158-180.

Hughes, W. O. H., J. Eilenberg, and J. J. Boomsma. 2002. Trade-offs in group living: transmission and disease resistance in leaf-cutting ants. Proc. R. Soc. Lond. B 269:1811-1819.

Konrad, M., M. L. Vyleta, F. J. Theis, M. Stock, S. Tragust, M. Klatt, V. Drescher, C. Marr, L. V. Ugelvig, and S. Cremer. 2012. Social transfer of pathogenic fungus promotes active immunisation in ant colonies. PLoS Biol 10:e1001300.

Little, A. E. F., T. Murakami, U. G. Mueller, and C. R. Currie. 2003. The infrabuccal pellet piles of fungus-growing ants. Naturwissenschaften 90:558-562.

Naug, D. and S. Camazine. 2002. The role of colony organization on pathogen transmission in social insects. J. Theor. Biol. 215:427-439.

Oi, D. H. and R. M. Pereira. 1993. Ant behavior and microbial pathogens (Hymenoptera: Formicidae). Fla. Entomol. 76:63-74.

Quinlan, R. L. and J. M. Cherrett. 1978. Studies on the role of the infrabuccal pocket of the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hym., Formicidae). Insect. Soc. 25:237-245.

Reber, A., J. Purcell, S. D. Buechel, P. Buri, and M. Chapuisat. 2011. The expression and impact of antifungal grooming in ants. J Evol Biol 24:954-964.

Rosengaus, R. B., M. R. Guldin, and J. F. A. Traniello. 1998a. Inhibitory effect of termite fecal pellets on fungal spore germination. J. Chem. Ecol. 24:1697-1706.

Rosengaus, R. B., A. B. Maxmen, L. E. Coates, and J. F. A. Traniello. 1998b. Disease resistance: a benefit of sociality in the damp-

wood termite *Zootermopsis angusticollis* (Isoptera: Termopsidae). Behav. Ecol. Sociobiol. 44:125-134.
Rothennuhler, W. C. 1964. Behavior genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. Am Zoologist 4:111-123.
Rueppell, O., M. K. Hayworth, and N. P. Ross. 2010. Altruistic self-removal of health-compromised honey bee workers from their hive. J Evol Biol 23:1538–1546.
Schmid-Hempel, P. 1998. Parasites in social insects. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
Simone-Finstrom, M. and M. Spivak. 2010. Propolis and bee health: the natural history and significance of resin use by honey bees. Apidologie 41:295 - 311.
Tragust, S., B. Mitteregger, V. Barone, M. Konrad, L. V. Ugelvig, and S. Cremer. 2013a. Ants disinfect fungus-exposed brood by oral uptake and spread of their poison. Curr. Biol. 23:76-82.
Tragust, S., L. V. Ugelvig, M. Chapuisat, J. Heinze, and S. Cremer. 2013b. Pupal cocoons affect sanitary brood care and limit fungal infections in ant colonies. BMC Evol-Biol 13:225.
Traniello, J. F. A., R. B. Rosengaus, and K. Savoie. 2002. The development of immunity in a social insect: evidence for the group facilitation of disease resistance. P. Natl. Acad. Sci. USA 99:6838-6842.
Ugelvig, L. V. and S. Cremer. 2007. Social prophylaxis: group interaction promotes collective immunity in ant colonies. Curr. Biol. 17:1967-1971.
Ugelvig, L. V., D. J. C. Kronauer, A. Schrempf, J. Heinze, and S. Cremer. 2010. Rapid anti-pathogen response in ant societies relies on high genetic diversity. Proc. R. Soc. Lond. B 277:2821-2828.
Vieira-Neto, E. H. M., F. M. Mundim, and H. L. Vasconcelos. 2006. Hitchhiking behaviour in leaf-cutting ants: an experimental evaluation of three hypotheses. Insect. Soc. 53:326-332.
Wheeler, W. M. 1911. The ant-colony as an organism. J. Morphol. 22:307-325.
Wilson, E. O., N. I. Durlach, and L. M. Roth. 1958. Chemical releasers of necrophoric behavior in ants. Psyche 65:154-161.
Wilson-Rich, N., M. Spivak, N. H. Fefferman, and P. T. Starks. 2009. Genetic, individual, and group facilitation of disease resistance in insect societies. Annu. Rev. Entomol. 54:405-423.

Dr. Sylvia Cremer
IST Austria, Am Campus 1
A-3400 Klosterneuburg
sylvia.cremer@ist.ac.at

Werner-Rathmayer-Preis der Deutschen Zoologischen Gesellschaft

Der diesjährige Werner-Rathmayer-Preis der Deutschen Zoologischen Gesellschaft wurde Frau Freia-Raphaella Lorenz zugesprochen. Die Preisträgerin wurde beim 49. Bundeswettbewerb der Stiftung *Jugend forscht* (29.5.-1.6.2014) in Künzelsau ermittelt; die Preisträgerin ist 18 Jahre alt und kommt vom Graf-Münster-Gymnasium in Bayreuth. Der Preis ist mit 500 Euro dotiert und mit einer Einladung auf die Jahrestagung der DZG 2014 in Göttingen verbunden, wo die junge Forscherin Gelegenheit hat zu Kontakten mit Fachkollegen.

Abb. 1: . Freia-Raphaella Lorenz mit Professor C. Duch bei der Preisverleihung in Künzelsau

Der Titel der eingereichten Arbeit war:

,,Der Geruch des Todes – Nekromone bei Insekten und weiteren Gliedertieren''

Freia-Raphaella Lorenz beschreibt die Zielsetzung ihrer Arbeit wie folgt:

''Im ständigen ,,Kampf ums Dasein'' nutzen Gliedertiere eine Vielzahl von Überlebensstrategien. Dazu kann auch die Verwendung spezieller Duftstoffe, der Nekromone, gezählt werden. Diese Pheromone werden von Kadavern abgesondert und fungieren folglich als passive Alarmpheromone ... Der in der Wissenschaft gängigen Nekromon-Theorie zufolge, verursachen Fettsäuren den für Insekten wie Krebstiere abschreckenden ,,Geruch des Todes''. Insbesondere Öl-und Linolsäure, die in der Hämolymphe enthalten sind oder bei der Zersetzung entstehen, sind besonders wirksam. Ziel der Arbeit war es, diese These in eigenen Versuchen an Schaben, Grillen, Stabheuschrecken, Ohrwürmern und Asseln zu überprüfen.''

Freia-Raphaella Lorenz setzt sich kritisch auseinander mit Arbeiten der Arbeitsgruppe Rollo (Rollo et al., 1994; Yao et al., 2009), wo auch der Begriff Nekromon herstammt. In Verhaltensversuchen wird geprüft, ob die Versuchstiere tote Artgenossen meiden und, sofern dies der Fall ist, ob auch Kadaver anderer Arten gemieden werden. In einer dritten Versuchsserie wurde die abschreckende Wirkung von Öl- und/oder Linolsäure geprüft.

Die Ergebnisse ihrer Versuche fasst die Preisträgerin wie folgt zusammen:

,,Die erzielten Ergebnisse bestätigen die Beobachtungen Rollos bezüglich der abschreckenden Wirkung von Kadavern der eigenen Art auf Schaben und Asseln, ein vergleichbarer Effekt konnte bei den anderen eingesetzten Gliedertieren allerdings kaum nachgewiesen werden.

Stattdessen zeigten sich vielmehr ,,individuelle'' Reaktionen der Versuchstiere im Umgang mit Kadavern, die sich in fünf Verhaltensmustern kategorisieren lassen. Erstens scheinen manche Arten, wie die Stabheuschrecken, eine völlige Indifferenz gegenüber den Kadavern zu zeigen. Zweitens ist – wie an Grillen beobachtet – eine Anziehung durch den gleichartigen Kadaver und damit einhergehender Kannibalismus möglich. Drittens kann, vergleichbar mit dem Verhalten der Ohrwürmer, Kannibalismus gegen Kadaver generell praktiziert, deren Sterbeort im Anschluss aber gemieden werden. Viertens meiden Schaben zwar tote Artgenossen, werden allerdings von artfremden Kadavern angezogen und fressen sie. Asseln schließlich, werden von sämtlichen Kadavern abgestoßen....'' und

,,Bezüglich der abschreckenden Wirkung der Fettsäuren konnten die Ergebnisse Rollos nur für Asseln, nicht jedoch für Schaben bestätigt werden. In den meisten Fällen zeigte sich auch keine Korrelation der Reaktionen auf Kadaver und Fettsäuren. So wurden Schaben von toten Artgenossen abgeschreckt, aber von Fettsäuren angezogen, während Stabheuschrecken zwar die Fettsäuren, aber nicht die Kadaver mieden.

*Doch selbst wenn von der Existenz der Nekromone ausgegangen wird, stellt sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit von Öl- und Linolsäure als Botenstoffe. Grillen und Schaben scheinen, wie es an den Bissspuren der behandelten Wattepads beziehungsweise der Anziehung durch die Fettsäuren erkennbar war, Öl- und Linolsäure mit Futter zu assoziieren **...** Öl- und Linolsäure sind sehr weit verbreitete Fettsäuren, was zwar möglicherweise für ihre Universalität als Nekromone spricht, da sie von sehr vielen Arten als Signal verstanden werden könnten. Diese Fettsäuren sind aber auch omnipräsent und somit unter anderem im üblichen Futter der Tiere enthalten **...** Die Verwendung von reinen Fettsäuren als Nekromone scheint ohnehin recht unwahrscheinlich, da Tiere zwischen Kadavern verschiedenen Alters, Ursprungs oder Infektions-status unterscheiden können (Ataya & Lenoir 1984). Öl- und Linolsäure können also kaum als einziges Erkennungszeichen eines Kadavers dienen, höchstens als Bestandteile von Pheromon-Mischungen in Kombination mit weiteren artspezifischen Komponenten....''*

Literatur

Ataya, H., Lenoir, A., 1984. Necrophoric behavior of *Lasius niger* L. Insectes Sociaux 31, 20-33.

Rollo, C.D., Czyzewska, E., Borden, J.H., 1994. Fatty-acid necromones for cockroaches. Naturwissenschaften 81, 409-410.

Yao, M., Rosenfeld, J., Attridge, S., Sidhu, S., Aksenov, V., Rollo, C.D., 2009. The ancient chemistry of avoiding risks of predation and disease. Evolutionary Biology 36, 267-281.

Vom Pluteus zum Seeigel. Erinnerungen und künstlerische Illustrationen zu Gerhard Czihaks frühen Arbeiten

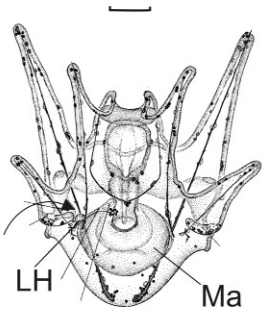
Albrecht Fischer

Fast alle Zoologen kennen sie, die lebensecht wirkenden, detaillierten Zeichnungen vom Pluteus und seiner Umwandlung in den Seeigel, die Gerhard Czihak erstmals 1960 publizierte (Abb. 1). Sie wurden als Serie oder einzeln in allerlei Büchern abgedruckt (Kaestner 1963; Siewing 1969; Czihak in Reverberi 1971; Okazaki, in Czihak 1975; Siewing 1985; Nielsen 2001; Goldschmid, in Westheide & Rieger 2007; Fischer & Dorresteijn, in Fischer 2013). Aber nur wenige wissen, dass die veröffentlichten Zeichnungen nach Farbtafeln angefertigt worden waren, welche seit ihrer Entstehung (ca. 1958) noch nie publiziert wurden. Gerhard Czihak hütete diese Farbtafeln wie einen Schatz, den seine Familie nach seinem Ableben nun dankenswerterweise zur Veröffentlichung durch die DZG freigegeben hat. Sie sollen zusammen mit dem Nachruf an das Wirken des Verstorbenen erinnern und als posthumer Beitrag Gerhard Czihaks für die Wissenschaft bewahrt werden.

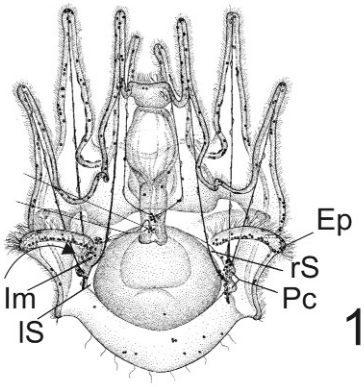
Wie die Bildtafeln zustande kamen

Warme Sommertage in Tübingen im Jahr 1957. Im alten Zoologischen Institut in der Hölderlinstraße unterrichtet neuerdings auch Gerhard Czihak als Wissenschaftlicher Assistent in den Praktika für Anfänger und Fortgeschrittene. Gelernter Insektenmorphologe aus der Wiener Schule, nimmt er jetzt, wie viele Dozenten an deutschen Universitäten, ein Angebot der Biologischen Anstalt Helgoland wahr, das sich in einer späteren Publikation (Ziegelmeier 1973) folgendermaßen liest: ,,Geschlechtsreife Strandigel (*Psammechinus miliaris* GMELIN) können während der Laichzeit, Juni/Juli, von der Biologischen Anstalt … bezogen werden.'' Tatsächlich kommen nach einer derartigen Bestellung per Schiff und D-Zug und nach mehrfachem Umladen lebende Seeigel dieser wärmeresistenten Spezies auf dem lokalen Güterbahnhof an, nach Geschlecht sortiert. Bei hinreichendem Geschick lassen sich dann im Labor, fernab von der See, Gameten, Embryonen und Larven gewinnen und Entwicklungsvorgänge packend miterleben.

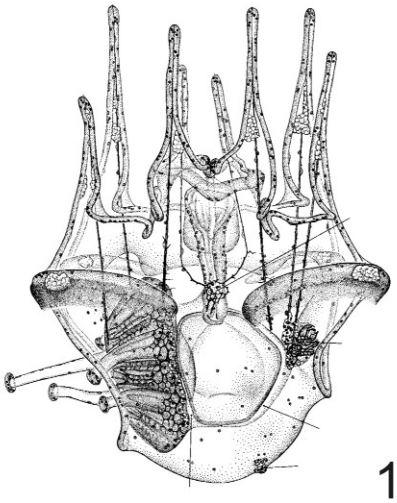
Auch Gerhard Czihak ist in Tübingen mit der Anzucht von Seeigelkeimen erfolgreich. Entsprechend dem damaligen Unterrichtsstil befassten sich die Großpraktikanten wochenlang und ganztägig mit ihren Objekten. Und so wurden im Großpraktikumsraum, vielleicht unterstützt vom Brutschrank, aus Zygoten Embryonen, aus Embryonen Pluteuslarven, und man brachte die Larven sogar zum Wachsen und zur Metamorphose, nachdem man von Kollegen aus der früheren AG Max Hartmann am Tübinger Max-Planck-Institut für Biologie sogar die richtigen Futteralgen erhalten hatte.



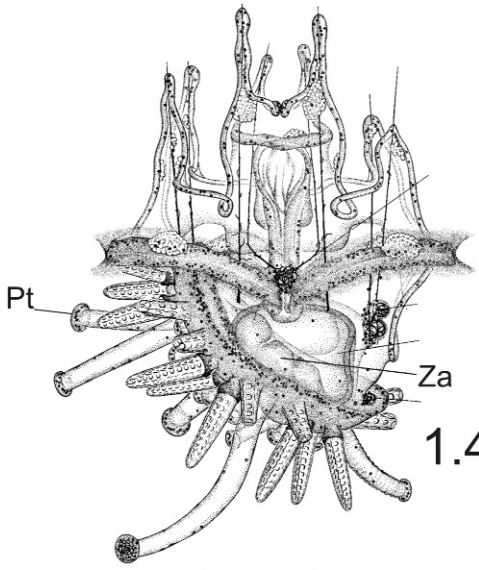
1.1



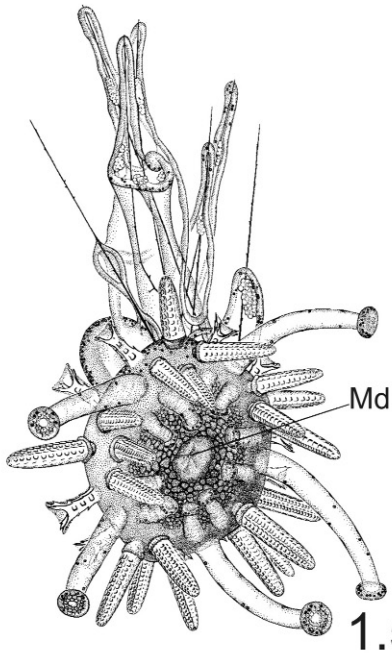
1.2



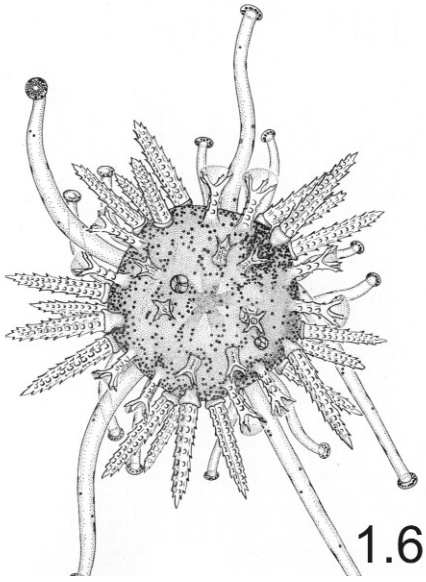
1.3



1.4



1.5



1.6

Gerhard Czihak gewinnt zunehmend Interesse an den Entwicklungsprozessen seines Unterrichtsobjekts, und zwar in dem Maße, dass er sich für den nächsten Abschnitt seines Forscherlebens ganz diesem Objekt verschreibt. Der Prozess der Metamorphose der Pluteuslarve zum kleinen Seeigel hat es ihm zunächst besonders angetan, und für das ins Auge gefasste erste Forschungsprojekt, das weiter unten umrissen wird, gilt es nun beim Ablauf der Metamorphose besonders genau hinzuschauen und die sozusagen ultimative Illustration dieses Vorgangs zu schaffen. Dies geschieht im Verein mit der Nutzung von *Psammechinus miliaris* für den Unterricht in den Sommersemestern.

Er kennt aber auch – günstige Fügung! - einen Studenten, der geniale Illustrationen von biologischen Objekten auszuführen versteht und damit auch seinen Lebensunterhalt aufbessert: Wolfgang Dierl (1935 – 1996; später Konservator an der Zoologischen Staatssammlung München (Hausmann 1996). Zusammen schaffen sie nun die Farbtafeln (Titelbild und Abb.2 - 7), bei denen W. Dierls Gestaltungsvermögen die Hand führte. Man muss sich den Entstehungsprozess solcher Tafeln als eine viele Tage oder auch Wochen währende ständige Kooperation vorstellen zwischen dem handwerklich geschickten und mit Intuition begabten Illustrator und dem Forscher, der das Objekt subtil kennt, Vorlagen liefert und die entstehende Graphik Schritt für Schritt akzeptiert oder korrigiert. Eine der hier abgebildeten Tafeln (Abb. 8) ist von G. Czihak signiert und stammt ganz aus sei-

Abb. 1.1 – 1.6: Larvenentwicklung von Psammechinus miliaris. Zeichnungen von Erich Freiberg (MPI für Biologie, Tübingen); hergestellt ca.1959 unter Verwendung von sechs der hier veröffentlichten Farbtafeln als Vorlagen. Abb. 1.1 Pluteus im Alter von 12 Tagen, d. h., eine Woche nach Beginn der Nahrungsaufnahme und des Wachstums. Im Zuge der Larvenentwicklung hat sich bereits die Anzahl der Arme verdoppelt ,,und das Wimperband entsprechend verlängert, von dem sich vier Abschnitte als ,,Epauletten verselbständigen. Maßstrich: 100µm, gültig für Abb. 1.1 – 1.6.- Dorsalansicht. Ma: Magen; LH: linkes Hydrocoel; Pfeil: Einsenkung der Körperwand, künftiges Vestibulum. Unbeschriftete Hinweisstriche (im Uhrzeigersinn): Epaulette – Ampulle – Steinkanal. Abb. 1.2 Vierzehn Tage alter Pluteus, Dorsalansicht. Ep: Epaulette; rS: rechtes Somatocoel; Pc: Pedizellarien-Anlage; lS: linkes Somatocoel; Im: Imaginalanlage; Pfeil: Vestibulum. Unbeschriftete Hinweisstriche (im Uhrzeigersinn): - Steinkanal - Hydroporus. Abb. 1.3 Pluteus im Alter von 28 Tagen. Die Imaginalanlage nimmt unübersehbar Gestalt an; Skelettelemente in Form von Stacheln und Basalplatten in der Körperwand des jungen Seeigels sind in ihr erkennbar.- Dorsalansicht. Unbeschriftete Hinweisstriche (im Uhrzeigersinn): Hydroporus – Epaulette – 2x Pedicellarienanlage – linkes Somatocoel. Abb. 1.4 Pluteuslarve im Prozess der Metamorphose, 33 Tage alt; Dorsalansicht. Das Vestibulum ist durch die Ausstülpung der Imaginalanlage vergangen. Fünf kräftige Saugfüßchen, die ,,Primärtentakel", bewegen sich heftig und ermöglichen diesem Mischwesen jederzeit Laufbewegungen auf dem Untergrund; es kann aber auch noch mit den Wimpern seiner Epauletten schwimmen. Fünf Zahntaschen bergen die Anlagen von fünf Zähnen, die beim Wechsel von der planktotrophen Ernährungsweise des Pluteus zu derjenigen des benthischen, herbivoren Seeigels erforderlich werden. Za: Zahntasche; Pt. Primärtentakel. Unbeschriftete Hinweisstriche (im Uhrzeigersinn): Hydroporus – Pedizellarienanlage – Magen - Pedizellarienanlage. Abb. 1.5 Spätes Metamorphosestadium von 34 Tagen Alter, mit vollständig ausgebildeter Oralseite eines jungen Seeigels und unfertiger Aboralseite, die noch z. T. Merkmale des Pluteus aufweist. Dessen Skelettnadeln werden schließlich abgeworfen. Schrägansicht auf den oralen Pol.- Md: neugebildeter Mund. Abb. 1.6 Junger Seeigel unmittelbar nach Abschluss der Metamorphose, 35 Tage alt.

ner Hand. Im Druck erschienen sind die Farbtafeln aber, wie gesagt, noch nie. Stattdessen ist Czihaks Publikation von 1960 mit den ebenfalls so hervorragenden Zeichnungen ausgestattet, die wir kennen und die Erich Freiberg, wissenschaftlicher Graphiker am MPI für Biologie und auch Illustrator von Alfred Kühns ,,Vorlesungen über Entwicklungsphysiologie'' (2.Aufl. 1965), nach den Farbvorlagen angefertigt hat. In seiner Publikation von 1960 preist G. Czihak diese Vorlagen als ,,die vollendeten Farbtafeln W. Dierls''.

Der Pluteus und seine Metamorphose zum Stachelhäuter werden entdeckt

Die Metamorphose der Pluteuslarve zum Seeigel steht derjenigen der Raupe zum Schmetterling an Rigorosität keineswegs nach. Dennoch hat ihre Entdeckung unvergleichlich weniger Aufsehen erregt als die Entdeckung der Zugehörigkeiten zwischen spezifischen Raupen oder sonstigen Larven und dem adulten Insekt (Imago), einer beliebten Beschäftigung im 18. und 19. Jahrhundert, man denke an das Werk von Maria Sibylla Merian.

Während die adulten Stachelhäuter mit ihrer Größe und derben Körperwand, vielfach auch mit Skeletten, der Wissenschaft seit langem gut bekannt waren, entzog sich ihre frühe Lebensphase bis 1844 jeglicher Kenntnis. Erst dann entdeckte der Norweger Michael Sars (1805 – 1869) die Abkunft eines Stachelhäuters (Seestern) von einer durchsichtigen, zarten Schwimmlarve (Bipinnaria). Offenbar hatte man die Jugendstadien wegen ihrer mikroskopischen Größe, ihrer Durchsichtigkeit und Zerbrechlichkeit nicht gesehen, hätte sie aber auch wegen ihrer pelagischen Lebensweise und ihrer völlig abweichenden Larvalgestalt ohne Hilfskriterien nie und nimmer als Echinodermen-Jugendstadien erkannt.

Echinodermenlarven ganz anderen Aussehens sah erstmals der Berliner Zoologe Johannes Müller (1801 – 1858) bei seinem ersten Forschungsaufenthalt im Herbst 1845 auf Helgoland (Koller 1958); bei der Erstbeschreibung 1846 erwog er die Möglichkeit, dass es sich hier um eine neue Tierart handeln könnte und prägte unter Bezug auf die typische Skelettstangen-Konstruktion nach dem Wort ,,pluteus'' für ,,Staffelei'' die (potenzielle Gattungs-)Bezeichnung. Er schreibt von ,,wunderlichen'' und ,,sehr räthselhaften Seethieren'', die zunächst aus dem Aufwuchs mariner Hartböden gespült worden waren, bei einem weiteren Aufenthalt auf Helgoland im Herbst 1846 dann aber in großer Zahl mit dem inzwischen von ihm selbst entwickelten Planktonnetz aus Müllergaze gesammelt werden konnten.

Bei der ersten Begegnung mit dem ,,*Pluteus paradoxus*'' 1845 noch ganz im Unklaren, ob es sich beim Pluteus überhaupt um eine Larve und, wenn ja, von welchem Tier handelte, schließt J. Müller mit seinen Studenten bei dem zweiten Aufenthalt auf Helgoland 1846 schnell die Wissenslücke, in dem er älteren Plutei des gleichen Typs wie 1845 begegnet, an deren Flanke nun aber je ein kleiner oder auch schon größerer ,,Ophiure'', also ein Schlangenstern sprosst (Müller 1848). J. Müller hat somit den Pluteus erstmals beschrieben und benannt, ihn als eine Larvenform identifiziert, die eine Metamorphose durchläuft, und zwar in einen Stachelhäuter, genauer noch: in einen Schlangenstern. Gleichzeitig sammelt er 1846 auch Plutei von anderer Ge-

stalt, viele von ihnen auch in unterschiedlichen Stadien der Vorbereitung auf die Metamorphose, diesmal aber auf die Metamorphose zum Seeigel und identifiziert sie somit als Plutei von Echinoiden. Müllers Abbildungen dieser Plutei zeigen Merkmale teils von *Echinocardium cordatum*, teils von *Psammechinus miliaris*, der Art, von der Czihaks Bildtafeln handeln.

Die wissenschaftliche Aussage der Tafeln

Auf welche Strukturen des Pluteus, auf welche Merkmale seines Bauplans wollen uns die Tafeln aufmerksam machen? Auffälligstes Merkmal der Pluteuslarve sind die ,,Arme", zipfelförmige Anhänge, die durch je einen Skelettstab aus monokristallinem Calcit gestützt werden und als Gerüst für das Ausspannen eines langen Wimperbandes dienen. Anfangs mit vier solchen Armen versehen, zeigt das jüngste hier dargestellte, 12 Tage alte Stadium aber schon acht Arme, die sich mitsamt ihrem Skelettstab in der Folge verlängern und sich mehr und mehr parallel ausrichten (Abb., 1.1; Titelbild). Aus dem schon stark verlängerten Wimperband gliedern sich jederseits zwei Abschnitte mit besonders dicht stehenden, langen Wimpern ab, die ,,Epauletten". Sie dienen allein der Fortbewegung, während das übrige Wimperband sowohl der Lokomotion als auch dem Herbeistrudeln von Nahrungspartikeln dient. Besonders bei den Epauletten fällt der massive Gewebewulst auf, der das geschwungene Band von ,,Wimpern" (Cilien) unterlagert: Das auffällige Volumen dieser Struktur erklärt sich damit, dass bei Echinodermen jede Zelle nicht mehr als eine Kinocilie ausbilden kann und der Aufbau eines Wimper- oder Cilienbandes somit nur durch eine dichte Packung vieler Epithelzellen ermöglicht wird.

Unübersehbar ist der Größenzuwachs, den der Pluteus in den ca. vier Wochen bis zu seiner Metamorphose erfährt; er wird deutlich an den Größenunterschieden zwischen den maßstabsgerecht nebeneinandergestellten Strichzeichnungen Abb. 1.1 – 1.6. Die Pluteuslarve ist also kein stationärer Zustand, sondern wächst und entwickelt ihre Gestalt weiter: sie durchläuft somit eine ,,Larvenentwicklung". Während der Seeigel als Weidegänger am Meeresboden lebt, ist seine Larve in jeder Hinsicht auf den Nahrungserwerb im Pelagial eingerichtet, – ein sog. biphasischer Lebenszyklus.

Ein zweiter Aspekt gewinnt während der Larvenentwicklung an Bedeutung: Es bilden sich Strukturen, die die Metamorphose ankündigen. Am auffälligsten wird eine radförmige Struktur, die sich in einer Einstülpung an der linken Körperwand des Pluteus, dem Vestibulum, bildet, ausdehnt und verdichtet, die Imaginal- bzw. Seeigelanlage (Abb. 2 – 6). In völliger Abkehr von den bisherigen Symmetrieverhältnissen etabliert die Imaginalanlage nun die definitive Körperachse senkrecht zu der bisherigen und bildet das Fundament, über dem aus dem bilateralsymmetrischen Pluteus ein fünfstrahlig-rotationssymmetrischer Seeigel entsteht. Immer noch eingehüllt vom Vestibulum, erkennt man zuerst als Anlage (Abb. 7), dann immer deutlicher die fünf ,,Primärtentakel", d. h., die ersten fünf Saugfüßchen, dazu die Konturen und wabigen Skelette von Stacheln und Hautplatten. An der gegenüberliegenden Flanke und mehreren anderen Orten wachsen auf dem Pluteus Pedizellarien – mit einem Skelett versehene Greifapparate - hervor. Es bil-

den sich also in der Imaginalanlage „alle äußeren Organe, vom Mund bis zum Äquator, des späteren Seeigels. Die äußeren Organe der apikalen [*aboralen*] Hälfte vom Äquator bis zur Afteröffnung gelangen außerhalb der Keim[*anlage*] zur Entwicklung“ (Czihak 1960).

Schließlich vollzieht sich die Umgestaltung auch äußerlich. Die Primärtentakel arbeiten sich frei und bewegen sich kräftig. Der gürtelartige Randwall der Seeigelanlage umgreift immer mehr den bisherigen Pluteus (Abb. 1.3 – 5 und Abb. 3 -5) und formt, zusammen mit der restlichen Körperwand des Pluteus, einen kleinen Seeigel (Abb. 1. 6 und Abb. 6), der nun läuft anstatt zu schwimmen .

Der überraschende Gestaltwechsel

Nimmt man das im Titelbild und in Abb. 1.1 gezeigte Stadium der Larvenentwicklung (12 Tage Alter) als Beginn und das Stadium in Abb. 3 (28 Tage) als Abschluss der Vorbereitungen zum äußeren Gestaltwechsel, so dauert diese Vorbereitungsphase reichlich zwei Wochen. Genauso gemächlich erscheint nach der Betrachtung der Abb. 3 (28 Tage), 4 (33 Tage) und 5 (34 Tage) der Zeitbedarf für den eigentlichen Gestaltwechsel vom Pluteus zum Seeigel, nämlich ca. sechs Tage. Dies ist aber ein Trugschluss: Wer die Hinfälligkeit von Plutei in Kultur kennt, muss davon ausgehen, dass die portraitierten Individuen dieser kleinen Bilderserie die Prozedur nicht überstanden, sondern dass für jede Abbildung eine neue Larve entnommen werden musste, und dies aus einer jeweils beträchtlichen Bandbreite von Stadien, die sich unter den Larven ein und desselben Zuchtansatzes im Laufe einiger Wochen ausbildet. Man hat sich also für die Gestaltung der Bildtafeln sicher aus den Zuchtansätzen für jedes Stadium ein neues Individuum als Modell heraussuchen müssen und die Stadien gemäß ihrem anatomischen Entwicklungsfortschritt gereiht – nicht anders übrigens als Johannes Müller in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts, der Entwicklungszusammenhänge ausschließlich durch die anatomische Reihung von immer neuen Stichproben aufklärte.

In Wirklichkeit läuft die Metamorphose verblüffend rasch ab; zu dieser Erkenntnis verhalf u. a. der Befund, dass die Seeigelmetamorphose von einem Auslöser abhängt (Cameron & Hinegardner 1978). CsCl, als künstlicher Auslöser bei Filmaufnahmen an Helgoländer *P. miliaris* verwendet (Herrmann 1982), reduziert den Zeitbedarf für die Metamorphose auf nur eine Stunde. In dieser Frist stülpt sich, bei einem Stadium etwas älter als in Abb. 3, bzw. etwas jünger als in Abb. 4, die Keimanlage aus und die nun überflüssige restliche Oberfläche der Larve schnurrt zusammen (Abb. 5 und 6). Das gleiche Tempo wird von einer anderen Seeigel-Species berichtet. Eine noch höhere Geschwindigkeit erreicht mit nur 15min Dauer die Umwandlung der Actinotrocha-Larve zum Phoroniden. Sie wurde übrigens von Johannes Müller in derselben Studie entdeckt, bei der er den Pluteus vor Helgoland 1846 (s. o.) auffand. Und von der Metamorphose der geschwänzten Larve der Ascidie *Diplosoma macdonaldi* ist ein Zeitbedarf von nur sechs Minuten für die Umgestaltung zur Seescheide belegt.

Treibende mechanische Kräfte entfalten dabei einerseits die Wand der Imaginalanlage, die sich aus dem Vestibulum heraus wölbt, und andererseits die Körperwand

des Pluteus, die wie ein Zirkus-Zeltdach zusammenschnurrt, dem der Kontakt zu den Stangen (= Skelettstäben) entzogen wird und das sich zudem elastisch kontrahiert (Cameron & Hinegardner 1978). Der Terminus ,,Metamorphose'' findet übrigens unterschiedlichen Gebrauch: Autoren, die das erstaunliche Geschehen der Gestaltumwandlung mit eigenen Augen beobachtet haben, verstehen unter ,,Metamorphose'' nur diese dramatische Episode, während in der Sekundärliteratur vielfach der gesamte Prozess, vom Anbeginn der vorbereitenden Um- und Neubildung innerer Gewebe über die Gestaltumwandlung bis zu abschließenden Entwicklungsprozessen, in den Begriff ,,Metamorphose'' einbezogen wird.

Das Untersuchungsziel: Einblicke in die Neuorganisation der Körperachsen

Die Frühentwicklung des Seeigels bis zum frühen Pluteus-Stadium gehört zu den bestuntersuchten Objekten der Entwicklungsbiologie; die Anzahl der entsprechenden Veröffentlichungen ist inzwischen sicher fünfstellig. Auch die darauffolgenden Entwicklungsschritte, Larvenentwicklung und Metamorphose, die wir mit G. Czihaks Untersuchungen und Illustrationen aus dem Jahr 1960 hier vorstellen, sind wahrhaft drastisch. Die Verlagerung der Körperachse und die Ausdifferenzierung völlig anderer, nur beim Tierstamm der Echinodermen vorkommender Symmetrieverhältnisse sollten eigentlich Forschungsaktivität auf sich ziehen. Stattdessen gibt sich der wissenschaftliche Blätterwald hier gegenwärtig verdächtig ruhig: Wie es scheint, hat G. Czihak mit seiner Arbeit die Grenzen der damaligen Technik ausgelotet und das Thema zu einem vorläufigen, immer noch fortwährenden Abschluss gebracht.

Denn nichts anderes hatte G. Czihak mit seiner hier aufgegriffenen Arbeit im Sinn als einen Beitrag zur mechanistischen Aufklärung des Metamorphosegeschehens beim Seeigel zu leisten. Nach der damals wie heute gängigen Lesart entscheidet eine topographische Beziehung zwischen zwei larvalen Gewebspartien über den Ort, an dem der eine(orale) Pol der neuen Körperachse, der Asymmetrieachse für den jungen Seeigel, entstehen wird: Er kommt dort zu liegen, wo das in der Larve entstehende Hydrocoel, eine Abteilung der Coelomanlage bei Echinodermen (Film: Herrmann 1978), der Körperwand am nächsten kommt, und das ist in der Regel die linke Flanke des Pluteus (Abb. 1.1 – 2; Titelbild; Abb. 2). Hier hätte man gerne operativ eingegriffen, aber dazu ist der Pluteus aus mehreren Gründen nicht eingerichtet: Hantieren am Pluteus oder gar Festlegen dieser Schwimmlarve auf längere Zeit sind kaum denkbar. Das zarte Skelettgerüst, die sperrigen Arme und die darüber gespannte, extrem dünne Körperwand sind stattdessen für das Driften und Schwimmen im Pelagial konstruiert, einen Lebensraum mit wenig mechanischem Stress. Einen lebendigen Eindruck von diesem Lebewesen und den Geschehnissen bei seiner Metamorphose vermitteln die Filme von Herrmann (1978, 1980, 1982).

Immerhin kennt man aber seit langem Naturexperimente zu diesem Thema, deren Studium G. Czihak noch einmal konzentriert aufgreift: In einigen Prozent der Plutei liegen die Seeigelanlagen auf der verkehrten Seite (,,Situs inversus'', Abb. 7) oder sind verdoppelt auf beiden Seiten zu finden

(McBride 1912). Aus doppelten Anlagen entsteht schließlich eine Missbildung vom Typ ,,Duplicitas anterior'', ein Wesen bestehend aus zwei miteinander verschmolzenen oralen Hälften eines Seeigels (Abb. 8). Stets korreliert die Lage der Seeigel-Imaginalanlage mit derjenigen des Hydrocoel-Bläschens.

G. Czihaks histologische Befunde, die ebenfalls in der Arbeit von 1960 niedergelegt sind, machen aber klar, wie viel noch zu tun wäre, um die Seeigel-Metamorphose wirklich für experimentelle Eingriffe zugänglich zu machen; schon die während der Ontogenese auftretenden Gestaltveränderungen am ,,Hydrocoelbläschen'' – zeitweise offenbar nur ein Strang von Mesenchymzellen – mag die Erforschung in Schwierigkeiten bringen. Ein ideales System für die Erforschung der Embryogenese, bleibt der Seeigel doch fast unzugänglich für die experimentelle Aufklärung der physiologischen Vorgänge bei der Metamorphose. Das formuliert auch eine zeitgenössische Forschergruppe so: ,,Although the formation of the [*sea urchin*] rudiment is a textbook example of left-right asymmetry, very little was known until recently on the mechanisms that control the asymmetric positioning of this organ'' (Bessodes et al. 2012). Diese Autoren gehen davon aus, dass sie mit dem Befund einer asymmetrischen Expression des Gens *nodal* zumindest dem zweiten Schritt in der Entscheidungskette bei der Umpolung der Polaritäten und Symmetrien bei der Seeigelmetamorphose näherkommen, während sich der erste Schritt, die Entscheidung über die Richtung der Polarität der künftigen neuen Körperachse einer entwicklungsphysiologischen und entwicklungsgenetischen Erklärung noch entzieht.

Schönheit und Naturtreue der Tafeln aus G. Czihaks Werkstatt – oder noch zutreffender: ihre Schönheit *durch* Naturtreue hat uns veranlasst, diese Kunstwerke zu veröffentlichen. G. Czihak zielte mit diesen Darstellungen darauf ab, die Varianten in Größe, Anzahl und Lage des Hydrocoels im frühen Pluteus in Beziehung zu setzen zu Anzahl und Lage des Vestibulums und der Imaginalanlage. Der Grundgedanke: Wo sich das Hydrocoel und die Epidermis des frühen Pluteus am nächsten kommen, dort entsteht durch Induktion die Imaginalanlage. Je enger die vorgefundene Lagebeziehung ausfällt und je mehr sich diese Beziehung auch bei allerlei Varianten einfindet, desto plausibler wird auch der angenommene Kausalzusammenhang. Und Czihaks deskriptive Studie von 1960 sollte das Höchstmaß an Naturtreue beisteuern. Ein Jahrzehnt später (Czihak 1971) kommt der Autor noch einmal auf seine Detailbeschreibung von 1960 zurück und bezieht eine kritischere Position zu dieser korrelierenden Arbeit. Aber immer noch sind solche und insbesondere seine korrelierenden Studien das Beste, was wir an Erklärungen der Ereignisse bei der Seeigelmetamorphose in den Händen haben.

Danksagung

Der Autor und die Deutsche Zoologische Gesellschaft bedanken sich bei der Familie Czihak (Salzburg) für ihre enthusiastisch betriebene Freigabe und Digitalisierung der Farbtafeln zum Druck und bei Prof. Dr. A. Dorresteijn (Giessen) für die Zusammenstellung und Beschriftung der

Zeichnungen in Abb. 1. Dank gebührt auch Prof. Martin Dambach/Köln und Prof. Franz Romer/Mainz für ihre Berichte zur Entstehung der Tafeln.

Literatur

Bessodes, N., Haillot, E., Duboc, V., Röttinger, E., Lahaye, F. und L. Lepage (2012) Reciprocal signaling between the ectoderm and a mesoendodermal left-right organizer directs left-right determination in the sea urchin. PLOS Genet 8(12): e1003121

Cameron, R. A. & R. T. Hinegardner (1978) Early events in sea urchin metamorphosis. Description and analysis. J. Morph. 157:21-32

Czihak, G. (1960) Untersuchungen über die Coelomanlagen und die Metamorphose des Pluteus von *Psammechinus miliaris* (GMELIN). Zool. Jahrb. Abt. Anat. Ontog. Tiere 78:235-256

Czihak, G. (1971) Echinoids. In Reverberi, G. (Hrsg.) Experimental embryology of marine and freshwater invertebrates. Pp. 363-506. North-Holland Publ. Co., Amsterdam/London

Fischer, A. & A. Dorresteijn (2013) Developmental biology of the sea urchins (echinoids). In Fischer, A. (Hrsg.) The Helgoland manual of animal development. Notes and laboratory protocols on marine invertebrates. Pp. 2447. Pfeil Verlag, München

Goldschmid, A. (2007) Echinodermata, Stachelhäuter. In Westheide, W. und R. Rieger (Hrsg.) Spezielle Zoologie T. 1 Einzeller und Wirbellose Tiere. 2. Aufl. Pp. 804-860.

Goldschmid, A. (2014) Nachruf auf Gerhard Czihak Zoologie 2014, Mittlg.d. Dtsch. Zool.Ges., 49-54.

Hausmann, A. (1996) In memoriam Dr. Wolfgang Dierl. NachrBl. Bayer. Ent. 45, 50 -55

Herrmann, K. (1978) Entwicklung beim Seeigel (*Psammechinus miliaris*). Differenzierung des Coeloms. (Film) Nr. C1299 IWF Göttingen

Herrmann, K. (1980) Metamorphose aberranter Formen beim Seeigel (*Psammechinus miliaris*). (Film) IWF Göttingen. (Online: www.av.getinfo.de)

Herrmann, K. (1982) Entwicklung beim Seeigel (*Psammechinus miliaris*). III. Metamorphose (Film) Nr. C1458 IWF Göttingen.

Kaestner, A. (1963) Echinoidea Seeigel, Lehrbuch der Speziellen Zoologie. T. 1, Wirbellose. 5. Lieferg. Pp. 1251-1302. Gustav Fischer Verlag

Koller, G. (1958) Das Leben des Biologen Johannes Müller 1801 – 1858. Stuttgart, Wiss. Verlagsges. 268pp.

McBride, E. W. (1912) Two abnormal plutei of *Echinus* and the light which they throw on the factors in the normal development of *Echinus*. Quart. J. Micr. Sci. 57:235-250

Müller, J. (1846) Bericht über einige neue Thierformen der Nordsee. Arch. Anat., Physiol. Wiss.Medizin Jg. 1846:101-110 + 2Tafeln.

Müller, J. (1848) Über die Larven und die Metamorphose der Ophiuren und Seeigel. Berlin, Königl. Akademie der Wissenschaften. 4pp. + 7 Tafeln

Nielsen, C. (2001) Animal evolution: interrelationships of the living phyla. 2. Aufl., Oxford Univ. Press

Okazaki, K. (1975) Normal development to metamorphosis. In Czihak, G. (Hrsg.) The sea urchin embryo. Pp. 167-232. Springer Berlin/Heidelberg/New York.

Sars, M. (1844) Über die Entwicklung der Seesterne. Arch. Naturgesch. 10:169-178

Siewing, R. (1985) Echinodermata, Stachelhäuter. In Siewing, R. (Hrsg.) Lehrbuch der Zoologie. Bd. 2, Systematik. 3. Aufl., pp. 292-338. Gustav Fischer Verlag

Ziegelmeier, E. (1973) Die Entwicklung des Eies von *Psammechinus miliaris* (Strandigel) nach künstlicher Befruchtung. Biologische Anstalt Hamburg. 8pp.

Prof. Dr. Albrecht Fischer
Stüttgerhofweg 4c, 50858 Köln
afischer@uni-mainz.de

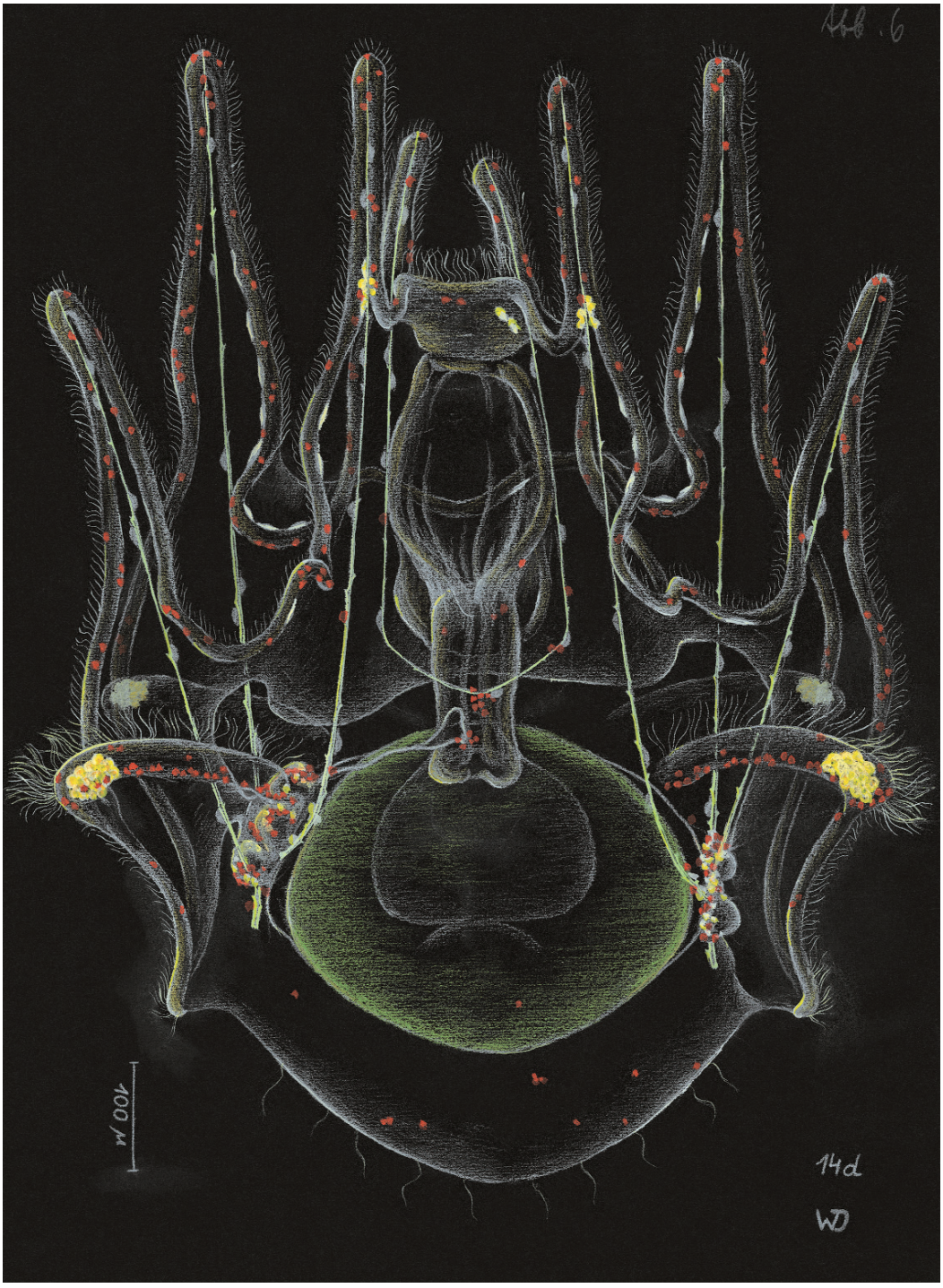


Abb. 2: Die 14 Tage alte Pluteuslarve ist gewachsen und trägt an ihrer linken Flanke die Imaginalanlage dort, wo sich die Wand des Hydrocoels und der Boden des epidermalen Vestibulums aneinander gelegt haben.- Dorsalansicht.

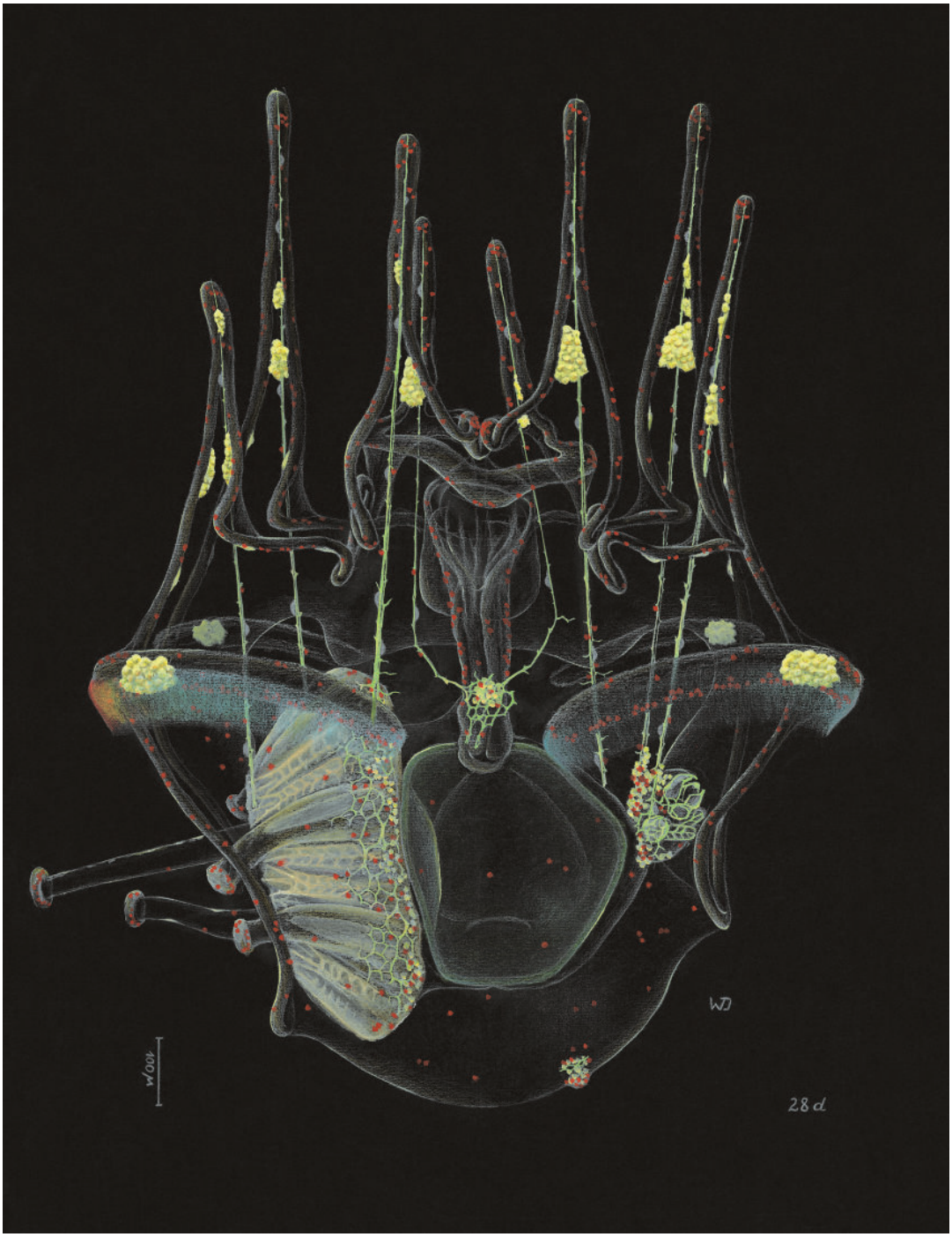


Abb. 3: Bei einem vier Wochen alten Pluteus ist die Imaginalanlage stark vergrößert. In ihr werden Stacheln und die Basalplatten, Teile des Schalenskeletts, sichtbar –alles Strukturen der späteren oralen Hälfte des Seeigels. Die Primärtentakel ragen bereits (vielleicht etwas verfrüht auf Grund der Beobachtungsbedingungen) aus der Vestibulum-Höhle heraus. – Dorsalansicht.

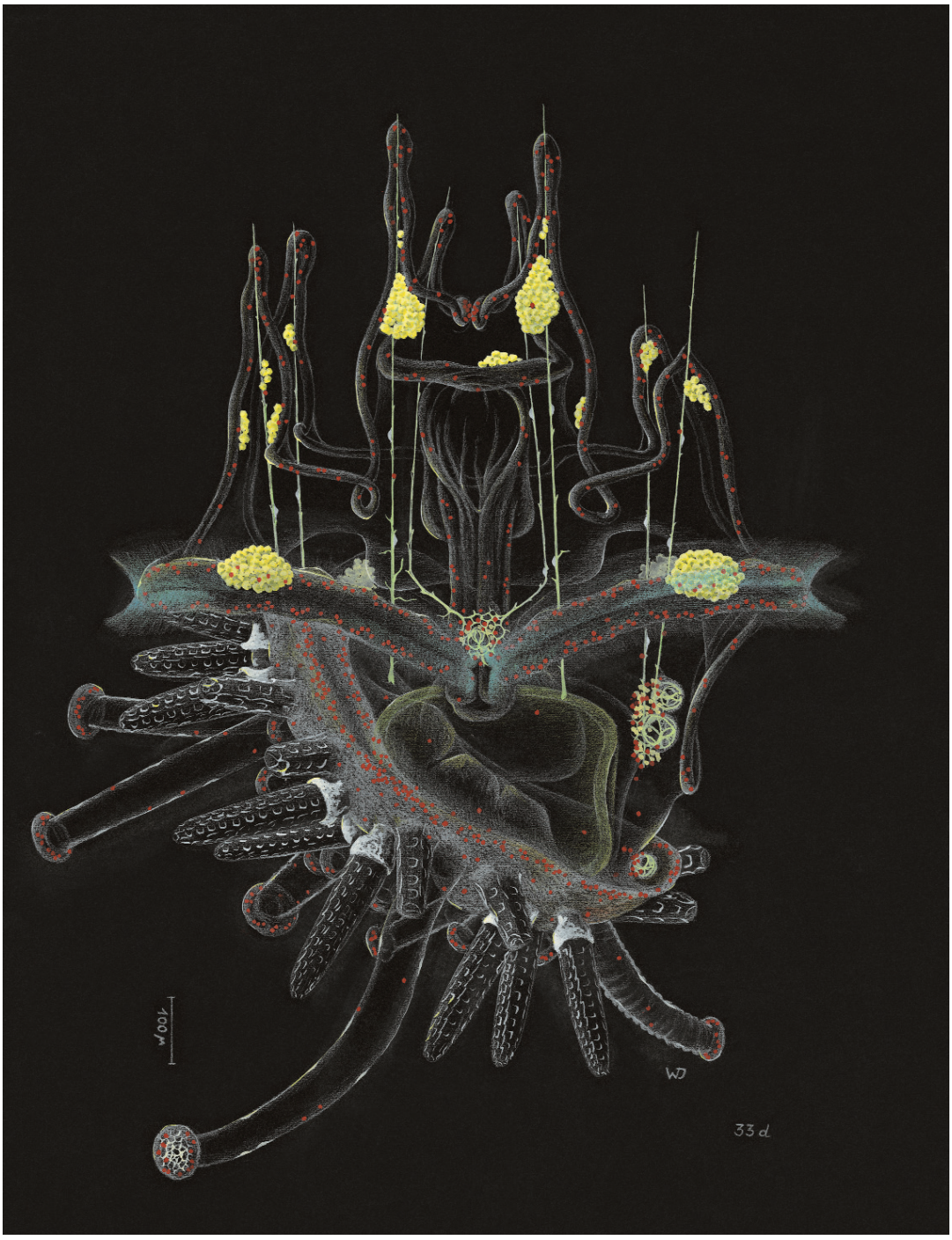


Abb. 4: Die Pluteuslarve ist mit 33 Tagen Alter in den Metamorphoseprozess eingetreten. Die Imaginalanlage wölbt ihre Außenseite aus eigener Kraft nach außen und überwallt immer stärker den Rest des Pluteus (Cameron & Hinegardner 1978), der an mehreren Stellen Pedizellarien entstehen lässt, typische Gebilde der aboralen Oberfläche des Seeigels.- Dorsalansicht.

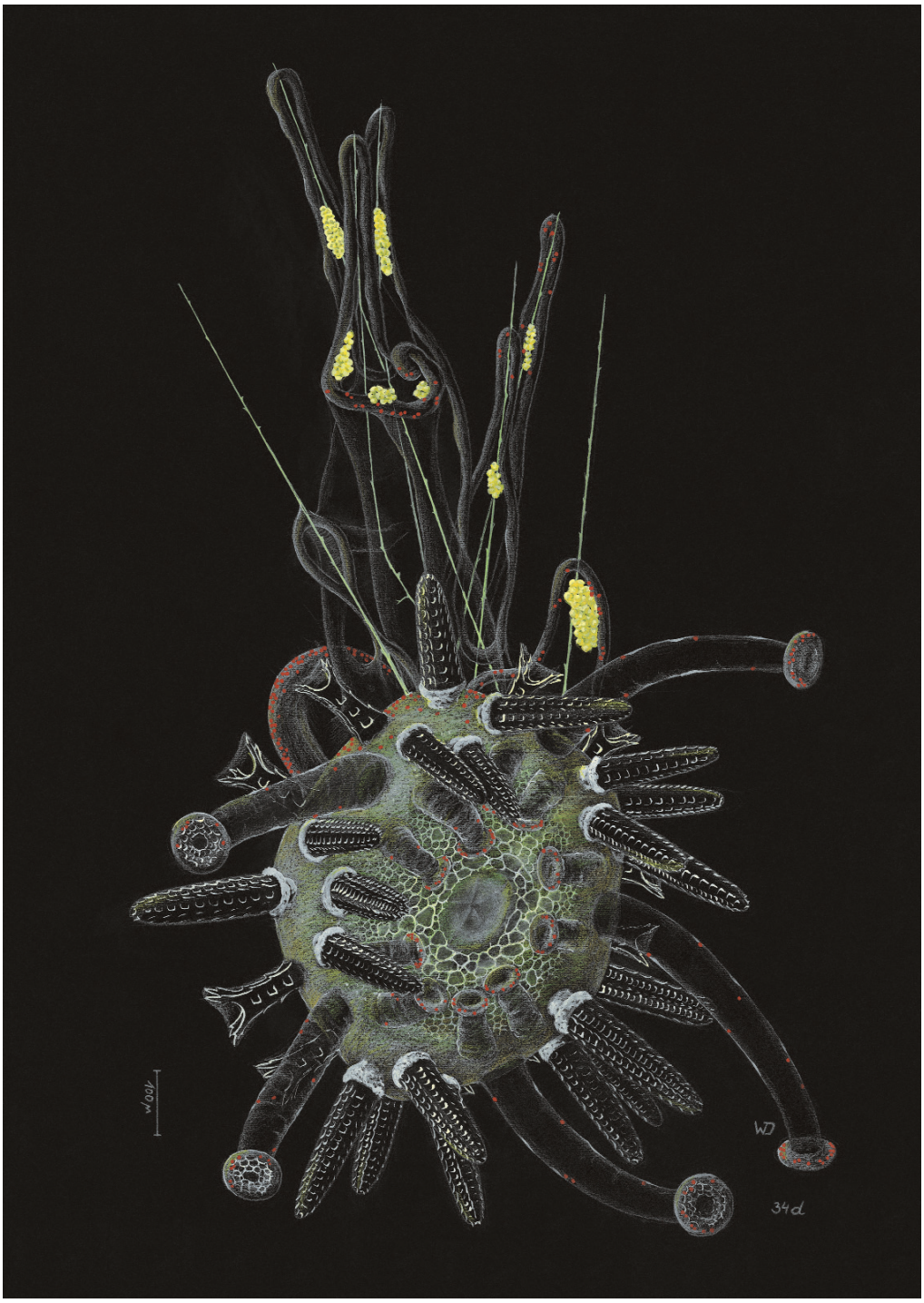


Abb. 5: Blick auf die orale Partie eines in der Metamorphose weit fortgeschrittenen Pluteus. Die larvalen Skelettnadeln werden abgeworfen. Die neue fünfstrahlige Rotationssymmetrie der Seeigel-Anlage wird deutlich.

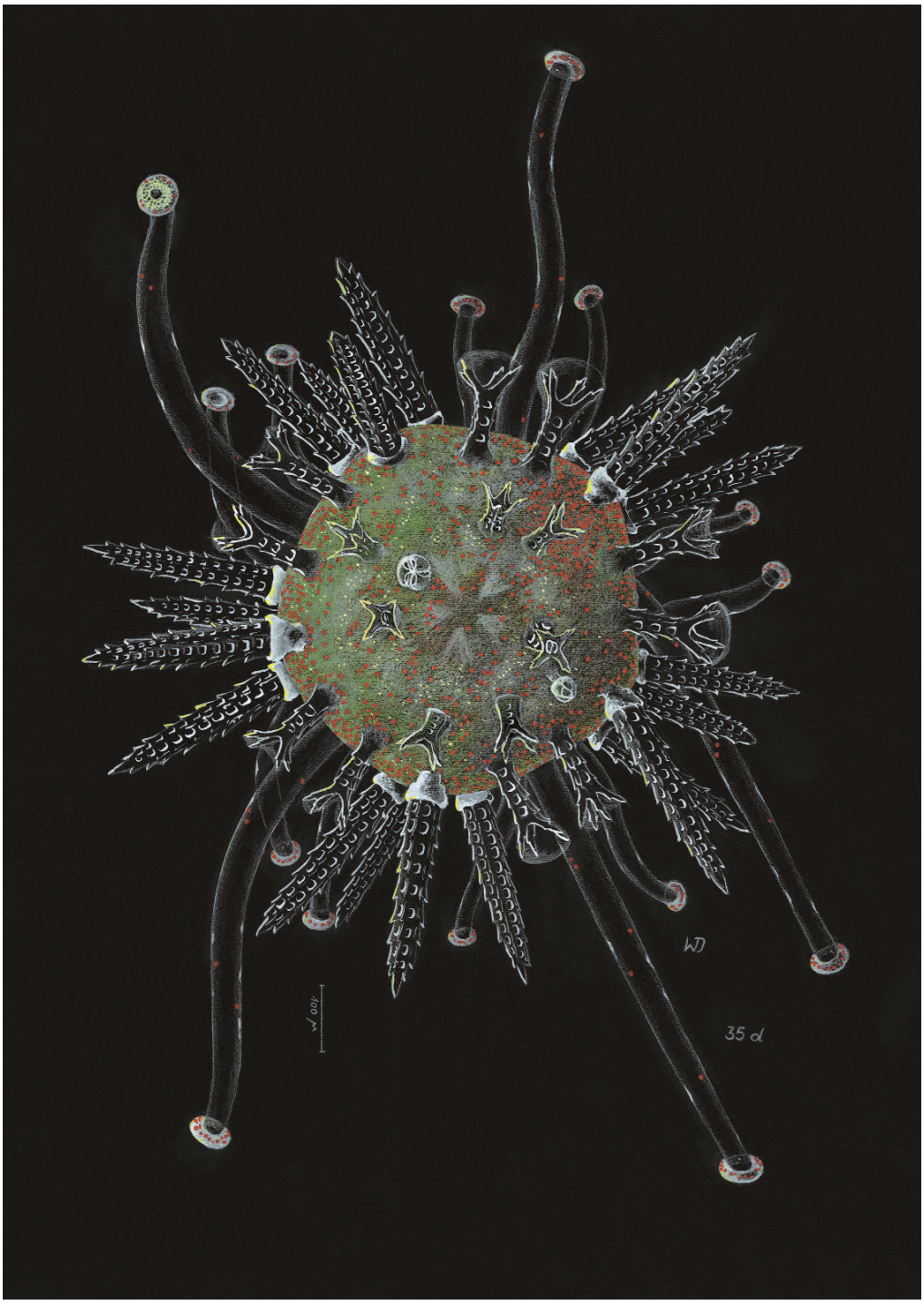


Abb. 6: Junger Seeigel im Alter von 35 Tagen.

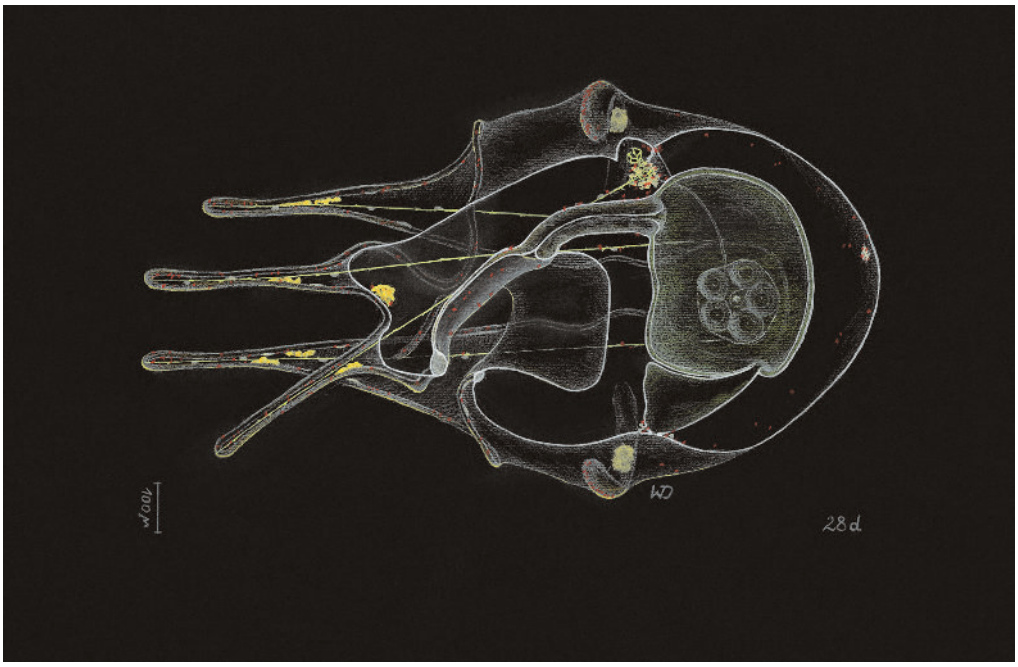


Abb. 7: Pluteus von 14 Tagen Alter (vgl. Abb. 2), in der Ansicht von links bei Fokussierung auf die Medianebene. Der Darmtrakt, mit der Mundbucht (links) beginnend, ist klar untergliedert. Durch die Magenwand hindurch erkennt man das Vestibulum mit der zentral gelegenen neuen Mundöffnung und den Anlagen der fünf Primärtentakel. Das hier dargestellte Exemplar trägt die Imaginalanlage ausnahmsweise rechts („*Situs-inversus*"-Variante).

Abb. 8: Missgebildeter junger Seeigel (*P. miliaris*) der „*Duplicitas-anterior*"-Variante. Diese Variante tritt unter unzuträglichen Lebensbedingungen für die Plutei gehäuft auf (McBride 1912). Auf ihrer Oberfläche kommen nur Strukturen der oralen Hälfte eines Seeigels vor: Einspitzige und vierzipflige Stacheln sowie Ambulakralfüßchen. Die *Duplicitas anterior* entsteht bei Plutei, die beidseits je ein Hydrocoel und damit ein Paar von Vestibula entwickeln. Der missgebildete junge Seeigel ist nicht überlebensfähig.

Nachruf auf Gerhard Czihak
10. 11. 1928 – 11. 12. 2011

Alfred Goldschmid

Gerhard Czihak kam 1928 in Wien zur Welt und durchlief die übliche Schulbildung mit der Matura (Abitur) 1947 als Abschluss, der Voraussetzung für den Besuch einer Universität. Seinem Jahrgang entsprechend musste er am Ende des 2. Weltkrieges noch als Mittelschüler an der Verteidigung seiner Heimatstadt als Flugabwehrhelfer teilnehmen, eine Erfahrung, die ihm sehr ambivalent in Erinnerung geblieben war, wie er mir in einem Gespräch einmal schilderte. Vielleicht wuchs damals im Erleben von Tod und Vernichtung der Gedanke in ihm, sich dem Studium des Lebens mit seiner Vielfalt zu widmen. Vom Wintersemester 1947/48 bis 1951 studierte er an der Universität Wien Zoologie, Botanik, Chemie, Physik und Geologie und promovierte 1952 mit einer klassisch morphologischen Arbeit über die Thorakalmuskulatur von Insekten. Welch ungeheurer Weg von einer solchen Thematik bis zum immunologischen Nachweis von Tubulin in Säugerspermien (1994). Das methodische und wissenschaftliche Rüstzeug, das Czihak während seines Studiums vermittelt wurde, konnte sicher nur wenig in seinem weiteren Werdegang helfen. Früh wurde er daher gezwungenermaßen zum Autodidakten und blieb es sein Leben lang, später allerdings mit Unterstützung und in Zusammenarbeit mit Fachkollegen rund um die Welt. Rasch wurde ihm klar, wie wichtig eine wissenschaftliche Weiterbildung bei herausragenden Forscherpersönlichkeiten ist. Nach

Foto privates Bildarchiv

einer Anstellung als wissenschaftliche Hilfskraft in Wien – eine volle Assistentenstelle war nicht vorhanden – entschloss er sich, 1954 nach Tübingen zu Hermann Weber zu gehen, dem damals wohl erfahrensten und bekanntesten Insektenmorphologen im deutschen Sprachraum. Junge Kollegen können sich heute sicher kaum vorstellen, mit welchen Schwierigkeiten eine solche Entscheidung damals verbunden war und welches Wagnis ein solcher Schritt bedeutete. Europa war tief gespalten im Kalten Krieg, Österreich und Deutschland waren

noch besetzte Länder und die wirtschaftliche Situation war nicht gerade rosig.

Zunächst arbeitete er in Tübingen weiter an der Insektenmuskulatur unter Einbeziehung histologischer und zytologischer Techniken. Durch die lang dauernde Krankheit Professor Webers war Czihak gezwungen, einen großen Teil des zoologischen Unterrichts zu übernehmen. Ein Schwerpunkt der Ausbildung war damals das ,,Große Zoologische Praktikum'', eine Lehrveranstaltung, die fast überall in Deutschland und Österreich im Zentrum der zoologischen Ausbildung stand; ich selbst absolvierte diesen Kurs 1962/63, im Vorlesungsverzeichnis angekündigt als ,,ganztägig, gilt als zehnstündig''. Wir hatten zwar große Freiheit, aber wenig bis keine Betreuung, ganz zu schweigen von den kaum vorhandenen und teils sehr antiquierten Unterlagen. Wie intensiv betreut und hochausgerüstet mit einer breiten Palette von Information laufen vergleichbare Kurse doch heute ab! Czihak erkannte schnell die Schwächen dieser wichtigen Lehrveranstaltung. Aus der Einsicht des Missverhältnisses zwischen Stand der Forschung und des anerkannten Wissens gegenüber den damaligen Unterrichtsunterlagen startete Czihak die Reihe: ,,Großes Zoologisches Praktikum'' im Verlag G. Fischer. In einer Serie von Monographien wurde darin die Morphologie ausgewählter Tierarten anatomisch, histologisch-mikroanatomisch und sogar mit elektronenmikroskopischen Details von Spezialisten anschaulich dargestellt; auch Daten zur Biologie, zur Entwicklung und zum Verhalten der jeweiligen Art und eine reiche Literaturliste waren enthalten. Bereits 1961 erschien das erste Heft (16a) über *Pinna nobilis* von Czihak zusammen mit W. Dierl. Die Steckmuschel war damals vielleicht ein eindrucksvolles und gut handhabbares Studienobjekt, heute ist sie so selten, dass sie in den meisten Ländern des Mediterrans streng geschützt ist. Außerdem ist das Töten von Tieren für Unterrichtszwecke längst ein Riesenproblem und auch von den Ethikkommissionen nur unzureichend gelöst. Da sich außerdem die Lehrinhalte ab Mitte der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts merklich änderten, ist diese hervorragende qualitätsvolle Reihe, begründet in bester Absicht und viel gelobt, sanft entschlafen. Das Große Zoologische Praktikum sollte aber Czihaks weiteren wissenschaftlichen Werdegang nachhaltig beeinflussen. In seinen Kursteilen zeigte er seinen Studenten die Befruchtung von Seeigeleiern und die darauf einsetzende Entwicklung. Dem zuletzt in München tätigen, berühmten Richard Hertwig gelang 1896 erstmals die künstliche Befruchtung von Seeigeleiern. Bald wurde dieses Phänomen in München auch im Unterricht gezeigt.

Bei seinen Vorbereitungen zum Thema Befruchtung und Entwicklung der Seeigel wurde Czihak rasch klar, dass zwar schon viele deskriptiv morphologische Arbeiten über Seeigelentwicklung vorhanden waren, aber über die zellphysiologischen und biochemischen Vorgänge dahinter nahezu nichts bekannt war. An dieser nach Bearbeitung schreienden Problematik setzte er seine wissenschaftliche Fragestellung an und blieb fast sein gesamtes langes Forscherleben dabei.

Die Beschaffung und das Eindringen in die Literatur waren vor der Digitalisierung und der Öffnung des web-Netzes ein langwieriges, schleppendes und leider oft auch

ein hierarchisches Problem. Zur Erläuterung: Die meisten Institute hatten eigene Bibliotheken, vielfach aber keinen Bibliothekar, sondern jüngere Assistenten hielten zumindest die laufenden Zeitschrifteneingänge evident in einer Zeit, in der sie eigentlich forschen und sich weiterbilden sollten. Oft landeten neue Bücher und Zeitschriftenhefte zunächst einmal bei den Professoren und es konnte schon einige Zeit vergehen, bis sie in der Institutsbibliothek endlich greifbar waren; für Studenten also harte Zeiten. Auch fehlten oft Referierblätter wie die ,,Berichte zur Biochemie und Biologie'' (Springer Verlag, Heidelberg), in deren Redaktion Czihak schon 1956 eintrat und die er später sogar als Chefredakteur leitete. Von 1959 bis 1970 arbeitete er als geschäftsführender Herausgeber der ,,Fortschritte der Zoologie''. Über diese Tätigkeiten konnte er sich ein Netzwerk mit etwa gleichaltrigen Kollegen der verschiedenen biologischen Forschungsrichtungen aufbauen, was ihm bei der Herausgabe des revolutionären Lehrbuchs der Biologie gemeinsam mit H. Langer und H. Ziegler bei Springer sicher hilfreich war. 1976 brachte dieses mit 957 teils farbigen Abbildungen ausgestattete Werk auf 837 Seiten auf dem neuesten Wissensstand alles, was ein Biologiestudent lernen sollte. Der Lernstoff war anschaulich und didaktisch hervorragend aufbereitet. Bis 1992 erschienen fünf überarbeitete Auflagen, wobei die Seitenzahl zwar auf 994 Seiten anstieg, die Anzahl der Abbildungen jedoch auf 1350! Auch vielen jungen Dozenten war und ist zum Teil noch immer dieses Buch eine große Hilfe. Bis zu seiner ersten Auflage hat sich aber in der Forschungsarbeit und in der akademischen Karriere für Czihak viel verändert.

Ende 1961 wechselte er in Tübingen an das Max-Planck-Institut für Meeresbiologie, das später in Zellbiologie umbenannt wurde. An diesem MPI für Zellbiologie wurde 1966 für Czihak eine Forschungsgruppe für ,,Biochemische Embryologie'' eingerichtet, der er bis zu seiner Übersiedlung nach Salzburg im Jahre 1971 vorstand. Mit einer Reihe von experimentellen Arbeiten zur Entwicklungsphysiologie von Seeigeln habilitierte er sich an der Universität Wien im Sommersemester 1965. Das war auch das Jahr, in dem der Name Czihak ein Begriff für mich wurde. Zusammen mit meinem Freund Jörg Ott arbeitete ich die ersten drei Juliwochen am meeresbiologischen Kurs der Universität Wien in Rovinj/Rovigno an der istrischen Westküste als ,,Wasserträger''. So nannten wir uns selbst, denn unser Einsatz war breit gefächert. Das bedeutete: gewünschte Tiere in größeren Mengen durch Schnorcheltauchen zu besorgen, Planktonmaterial zu sortieren, Frischpräparate herzustellen, den Kursteilnehmern hilfreich zur Seite stehen und ähnliches. Aber wir waren begeistert und hatten uns gut vorbereitet. In der kurz zuvor erschienenen 5. Lieferung des Teil I des ,,Kästners'', der damaligen Bibel für junge Zoologen, studierten wir die Metamorphose der Seeigel, tief beeindruckt von den dort abgedruckten wunderbaren Bildern aus Czihaks Arbeiten. (s.a. Fischer in diesem Heft). Da kein Literaturverzeichnis bestand, konnten wir auch nicht erfahren, wann und wo diese Publikationen entstanden waren. Den Namen aber prägten wir uns ein und nannten beim Vorsortieren der Planktonproben die metamorphosierenden Plutei, die ihre ersten Füßchen aus dem geöffneten Vestibulum streckten, einfach ,,Czihak''. Wir arbei-

teten im ersten Stock des 1891 erbauten ehrwürdigen alten Institutsgebäudes und wegen der Sommerhitze standen die Türen weit offen. Wer draußen am Gang vorbeiging, konnte deutlich hören: ,,schon wieder ein Czihak''. Jörg Ott wurde später der Nachfolger Rupert Riedls an der Lehrkanzel für Meeresbiologie in Wien, ich wechselte 1970 als Assistent an das neu geschaffene Zoologische Institut in Salzburg zu Professor Hans Adam. Dieser hatte 1964 zusammen mit Czihak die ,,Arbeitsmethoden der makroskopischen und mikroskopischen Anatomie'' im Verlag G. Fischer herausgebracht, was eigentlich als Band 1 der oben genannten Reihe ,,Großes Zoologisches Praktikum'' gedacht war.

Gerhard Czihak wurde 1970 an der Universität Salzburg der Titel eines außerordentlichen Universitätsprofessors verliehen. 1969 ernannte ihn die Universität Konstanz zum Honorarprofessor. Mit Wirkung vom Oktober 1971 kam seine Ernennung zum ordentlichen Professor für Genetik und Entwicklungsbiologie an der philosophischen Fakultät der Universität Salzburg. Nominell war das die erste Lehrkanzel für Genetik in Österreich. Erst mit dem neuen Universitätsorganisationsgesetz 1975 wurden in Österreich die Naturwissenschaften aus den philosophischen Fakultäten herausgelöst und eigenständig. Zunächst bestand das Institut für Genetik aus einer adaptierten Wohnung in Bahnhofsnähe. Einige Jahre wurde der Unterricht in den heute abgerissenen Plattenbauten der Universität in der Akademiestraße im Süden der Stadt abgehalten. Später konnten dann nicht weit von dort endlich bescheidene Laborräume in einem Neubau bezogen werden, der inzwischen längst umfunktioniert ist. Von dort ging es dann 1986 an den heutigen Standort im naturwissenschaftlichen Fakultätsgebäude auf den Freisaalgründen an der Hellbrunnerstraße. Jetzt endlich bestand die Möglichkeit für einen kontinuierlichen Ausbau und Erweiterungen des Instituts für Genetik. Man sollte hier hervorheben, dass alle naturwissenschaftlichen Institute von Beginn an in die Planung des Fakultätsgebäudes eingebunden waren und sogar mit vorgegebenen Signaturen die Ausstattung und Einrichtung der Labors selbst bestimmen konnten; das kostete zwar wieder viel Zeit, aber der Betrieb konnte nach erfolgter Übersiedlung rasch wieder aufgenommen werden.

Bis zur Übersiedlung nach Salzburg führte Czihak seine Forschungen an Seeigelembryonen in Tübingen und an der Zoologischen Station in Neapel durch. Dort hielt er auch 1969 einen internationalen Kurs über ,,Biochemie der Seeigelentwicklung'' ab. Zur Anregung weiterer Forschung an dem Modell Seeigelentwicklung und als didaktische Voraussetzung für künftige Diplomanden und Doktoranden publizierte er zusammen mit seinem langjährigen Mitarbeiter Peter Roland das Buch ,,The Sea Urchin Embryo. Biochemistry and Morphogenesis'', erschienen 1975 bei Springer. 20 hochkarätige Forscher konnte er dafür gewinnen, der Mitbegründer der molekularen Embryologie Jean Brachet schrieb als Vorwort eine Kurzfassung der 21 Kapitel. Die molekulare Forschung am Seeigelembryo hatte zu dieser Zeit gerade erst begonnen und ist daher auch nur in Ansätzen Inhalt dieses vielbeachteten Werkes.

Biologisches Wissen auch einem breiten Publikum zu vermitteln, war Czihak ein

großes Anliegen. 1982 veranstaltete er im hundertsten Todesjahr Charles Darwins ein öffentlich zugängiges Symposium, in dem das Phänomen der Evolution von verschiedenen Seiten dargestellt wurde. Auch das Jahr 1984, das hundertste Sterbejahr Gregor Mendels nahm er zum Anlass einer umfangreichen Ausstellung über Leben und Werk des Entdeckers der Erbgesetze. Die klassische Arbeit Mendels, in welcher er nach statistischer Analyse die Erbregeln mathematisch formulierte, ließ Czihak nachdrucken. Die Ausstellung wurde mit großem Erfolg in mehreren Ländern gezeigt.

Als die Arbeitsmöglichkeiten in Neapel erloschen, gelang es ihm, eine Kooperation mit dem CNRS Biologie Macromoleculaire in Montpellier aufzubauen und weiter experimentell an der Cytologie und Embryologie von Seeigeln zu forschen. Mit einem Wechsel in der dortigen Institutsleitung 1975 musste Czihak sein Labor schließen. Seeigel sind eben Küstenbewohner und wer mit lebenden Embryonen dieser Tiere arbeiten will, ist an küstennahe Institutionen gebunden. Mit geschickten Verhandlungen gelang es Czihak, in dem damals kaum genutzten meeresbiologischen Institut der Universität Triest in Aurisina/ Nebresina ab 1977 wieder Räume für ein Labor zu bekommen und einzurichten. Längst kannten wir einander natürlich aus Salzburg. Seinem ersten Assistenten Roland Peter, mein Studienkollege in Wien, half ich, in Salzburg Fuß zu fassen. Einen Teil der von Czihak aufgebauten Embryologischen Übungen durfte ich abhalten. In Aurisina hatte ich aber Gelegenheit, ihn von vielen Seiten kennen zu lernen. Wiederholt begleitete ich ihn als ,,Seeigelsammler''. Damals arbeitete ich gerade mit Blenniiden, von denen 14 Arten in den obersten drei Metern der Felsküste leben, und Czihak bot mir die Möglichkeit, in seiner Abwesenheit mit meinem Doktoranden und Mitarbeiter Kurt Kotrschal das Labor zu nutzen. Kurt hat später die Konrad-Lorenz-Forschungsstelle in Grünau (Oberösterreich) übernommen und leitet heute als Kognitionsforscher das Wolfsforschungszentrum in Ernstbrunn (Niederösterreich).

Das Labor in Aurisina ist in dem alten Verwaltungs- und Wirtschaftsgebäude des nahen Märchenschlosses Miramare, dem Lieblingswohnsitz des Habsburger Erzherzogs Maximilian, Bruder des Kaiser Franz Josephs I., untergebracht und im ähnlichen Stil wie das Schloss gebaut. Von dem kleinen Hafen bei Miramare brach der unglückliche Maximilian 1864 auf, um als Kaiser über Mexiko zu regieren; 1867 wurde er von mexikanischen Revolutionären exekutiert und kam im versiegelten Sarg zurück nach Triest. Czihaks Laborräume lagen im ersten Stock mit der Fensterfront nach Süden zur Adria. Bei klarem Wetter konnte man die Küste Istriens mit Kap Savudria/ Salvore am äußersten Nordwestzipfel erkennen. Manchmal unterbrach er seine Arbeit, ging ans Fenster und betrachtete, aufgestützt auf beide Arme, diesen unvergleichlichen Ausblick; unter der Fensterfront grünte ein alter Garten mit einer Glyzinie, die gut bis auf 10 m Höhe einen alten Baum überwuchert hatte, und in dem kleinen Hafenbecken vor dem Haus surrten die Stage und Wanten der Segelboote. Manchmal gönnte er sich einen Schluck guten Rotweins. In solchen Momenten wurde mir klar, wie losgelöst dieser Mensch genießen konnte. Durch ihn lernte ich die

Rotweine des friulanischen Collio, den Teran und Refosc Istriens, die köstlichen Käse des Triestiner Karsts kennen, den trockenen Tocai- und Malvasiawein, zuletzt auch die nostalgische, verblassende Eleganz Triests, der Hafenstadt des einst mächtigen Habsburgerreiches. Die Ästhetik der Seeigellarven, seiner Studienobjekte, scheint auf sein Äußeres gewirkt zu haben; im Unterschied zu vielen seiner Kollegen war er stets gut, ja geradezu elegant gekleidet. Dieser strenge Analytiker und unermüdliche Forscher war aber nicht nur ein großer Genießer, er war auch ein musischer Mensch, ein begabter Zeichner und Geiger.

Von Aurisina nach Salzburg sind es weniger als 400 km, meist Autobahn. Es lag daher nahe, Seeigel (*Paracentrotus lividus*), die in großer Dichte das adriatische Felslitoral besiedeln, lebend nach Salzburg zu transportieren und in großen Seewasserbecken zu hältern. Zuletzt gelang es sogar mit ausgetüftelter Fütterung, die Tiere so lange am Leben zu halten, dass die Experimente endlich direkt in den Salzburger Labors vor sich gingen. Über die erfolgreiche Seeigelhaltung freute sich ganz sicher auch seine Frau Ilse, denn jetzt waren die oft langen Zeiten der Trennung endgültig zu Ende. Mit der Erziehung der fünf Kinder, den beiden Töchtern Elisabeth und Johanna und den drei Söhnen Wolfgang, Christoph und Valentin hatte sie sicher reichlich zu tun. Nie hat sie geklagt, dass sie ihr Anfang der 60er Jahre in Wien begonnenes Studium nicht abschließen konnte, wurde doch das erste Kind, eine Tochter, schon 1966 geboren. Es blieb ihr sogar noch Zeit, beim Abfassen der Manuskripte und Korrekturlesen zu helfen. Daneben war sie – und ist es immer noch – eine begnadete Köchin und Gastgeberin; egal, ob geplant oder spontan Gäste vor der Tür standen. Einladungen bei Czihaks waren nicht nur Inbegriff interessanter Gespräche, sondern waren stets auch von kulinarischen Genüssen gekrönt. Zu Hause im Kreis seiner Familie war Czihak ein liebevoller und verständiger Vater und Ehemann. Immer wieder erklang schon in Tübingen Hausmusik. Alle Kinder beschritten eine erfolgreiche Laufbahn. Die älteste Tochter durfte ihrem Vater schon in jungen Jahren bei wissenschaftlichen Zeichnungen assistieren, heute lebt sie als Grafik- und Fotokünstlerin in Wien. Die zweite Tochter wurde Medizinerin, ein Sohn Architekt, der andere ist nach einem Physikstudium Unternehmensberater und der Jüngste ein gefragter Musiker geworden. Beide Eltern haben ihre musischen Interessen und Begabungen zumindest an drei der Kinder weitergegeben. In Salzburg wohnten die Czihaks höchstens sieben Gehminuten vom Institut entfernt, ein großer Vorteil für den alternden Universitätslehrer und unermüdlichen Forscher, da sich knapp vor der Emeritierung eine Krankheit einstellte. Mit großer Tapferkeit ertrug er die zunehmende Schwäche und kämpfte mit der fortschreitenden Abhängigkeit von Hilfe. Am 11. Dezember 2011 verstarb er im 84. Lebensjahr im Kreis seiner Familie.

Prof. Dr. Alfred Goldschmid
Organismische Biologie
Unversität Salzburg,
Hellbrunnerstr. 34, A-5020 Salzburg
alfred-goldschmid@sog.ac.at

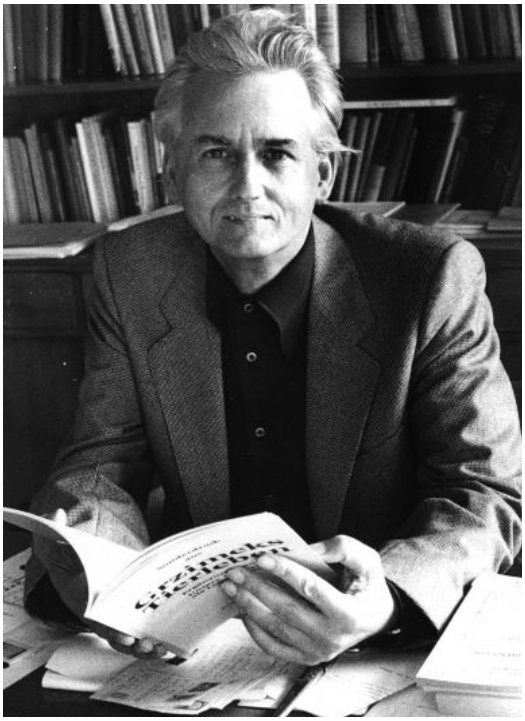
Nachruf auf Peter Ax
29. 3. 1927 - 2. 5. 2013

Wilfried Westheide

Als in den späten 50er Jahren der Nachkriegszeit die Begeisterung, Biologie zu studieren, begann, wurde die Kieler Zoologie und Meeresbiologie schnell zu einem kleinen Mekka für interessierte Studenten, die sich in immer größerer Zahl in den Vorlesungen, Praktika und Exkursionen um den genialen Systematiker und Morphologen Adolf Remane einfanden.

Zentrum des Kieler Studiums waren die Großpraktika und ihre Assistenten, unter denen der junge Hamburger Peter Ax durch Kompetenz und Charisma bald weit über Kiel hinaus bekannt wurde.

Schon mit 23 Jahren hatte er über die Turbellarien des Eulitorals der Kieler Bucht promoviert und stand wenige Jahre später bereits an der Spitze der vor allem von Skandinaviern und Österreichern dominierten Forschung an Plathelminthen – einem Taxon, das als Inbegriff technisch und theoretisch anspruchsvoller Systematik galt. Zusammen mit seiner Beschreibung der Gnathostomulida als neuem höheren Taxon im System und seinem Büchlein über ,,Neue Organisationstypen im Tierreich'' gehörte er bald zu den Nachwuchsstars der deutschsprachigen Zoologie. Bereits 1953 hatte er seine Frau Renate geheiratet, die über viele Jahre hinweg seine taxonomischen Studien und Publikationen begleitete und häufig mit ihm den strahlenden Mittelpunkt auf den Fotos so mancher Tagung und Veranstaltung bildete.



Peter Ax im Oktober 1978. Die Gnathostomuliden fanden Aufnahme in Grzimeks Tierleben. Foto: privates Bildarchiv

So standen ihm in dieser Zeit der Instituts- und Universitätsgründungen bald viele Türen offen. Mainz hatte zunächst das Nachsehen vor Göttingen (1961), wo ihm das neue II. Zoologische Institut angeboten wurde; schon wenige Jahre später bemühten sich Gießen (1966) und Bochum (1969) vergebens, ihn dort wegzuholen, nicht wissend, dass ,,er sich ein Leben südlich von Göttingen kaum vorstellen konnte''. Kiel jedoch, wohin er 1976 gerne zurückgegangen wäre, bot

ihm so wenig, dass er, wohl mit großer innerer Enttäuschung, endgültig in Göttingen blieb.

Seine Zeit in Göttingen begann ,,Professor'' Ax mit all dem didaktischen und theoretischen Gewicht, das er von seinem Lehrer Remane mitgebracht hatte; er praktizierte und vervollkommnete noch Remane's lebendigen Vorlesungsstil in der anschaulichen Tafelnutzung und Demonstration der Schauobjekte, begeisterte jetzt auch die Göttinger Hörer mit einer wöchentlichen ,,Mikroprojektion'' lebender Wirbelloser (was über die Woche seine Doktoranden mit aufwändigem Sammeln und Vorbereiten beschäftigen konnte) und forderte die Großpraktikanten mit einer gefürchteten ,,Zitterstunde'', bis zu deren Abschaffung nach dem Beinahe-Zusammenbruch einer Teilnehmerin.

Ihre Freude und ihr Interesse an marinen Felduntersuchungen (Sylt, Helgoland, Kieler Förde etc.) und – bei aller hierarchischen Ordnung – die Praxis einer völlig ungezwungenen Selbständigkeit im Ablauf der Arbeiten zogen eine immer größere Zahl selbstbewusster Doktoranden in die ,,II. Zoologie'' – insgesamt wurden es 34 bis 1990. Die erste Welle wurde ab 1966 fertig und die Ergebnisse dieser Arbeiten waren Teile eines Höhepunktes in der Erforschung der Sandlückenbiologie, die Peter Ax in vielen Vorträgen und Aufsätzen facettenreich darzustellen vermochte (,,Die Bedeutung der interstitiellen Sandfauna für allgemeine Probleme der Systematik, Ökologie und Biologie'' (1996), ,,Populationsdynamik, Lebenszyklen und Fortpflanzungsbiologie der Mikrofauna des Meersandes'' (1969) u.a.).

Waren die Remaneschen Homologie-Kriterien noch Thema seiner Antrittsvorlesung gewesen, so verschwanden Anfang der 70er-Jahre die Remaneschen Sichtweisen mehr oder weniger aus seiner Diktion. In dieser Zeit hatte man bereits häufiger einen unauffälligen Mann mit großer Aktentasche in sein Dienstzimmer gehen sehen, den man wohl seinen zweiten Lehrer nennen kann: Willi Hennig, der uns Mitarbeitern aber leider weder persönlich noch durch einen Vortrag vorgestellt wurde. Dessen Konzept einer phylogenetischen Systematik sollte er von nun an in nahezu kongenialer Weise interpretieren und in geradezu missionarischer Weise verbreiten. Sein ,,Das Phylogenetische System. Systematisierung der lebenden Natur aufgrund ihrer Phylogenese'' von 1984 wurde mit seiner klaren Sprache und anschaulichen Graphik eine im deutschen Sprachraum weit verbreitete, ungemein einflussreiche und nachhaltig geschätzte Anleitung für die ,,Cladistik'' – ein Begriff, den Ax übrigens nie benutzte. In kompromissloser Weise propagierte er darin und in apodiktischer Weise forderte er in ungezählten Diskussionen die ,,geschlossenen Abstammungsgemeinschaften'' ebenso wie die ,,Ausmerzung aller Kategorien'' und deren Erkennung als ,,unbrauchbare Etiketten'', was ihn in beständige – häufig von ihm gesuchte und niemals vermiedene – Diskussionen vor allem mit den Vertretern einer evolutionären Klassifikation brachte.

Hierauf geht zurück, dass Peter Ax heute häufig nur noch als Phylogenetiker gesehen wird. Tatsächlich war er immer ein begeisterter und sehr produktiver Taxonom (eine Charakterisierung, die er

Peter Ax und Ernst Mayr in der Diskussion nach dessen Vortrag ,,Die drei Schulen der Systematik'' auf der 83. DZG-Jahrestagung zum 100jährigen Bestehen der DZG in Frankfurt/Main 1990. Fotos: W. Westheide

selbst für sich jedoch niemals verwandte). Er liebte das Aufspüren und Mikroskopieren seiner Sandlücken-Plathelminthen, denen er fast in jedem Sommer mit seiner Frau rund um die Welt im Feld nachspürte (Mittelmeer, Schwarzes Meer, Färöer, Grönland, Ost- und Westküste der USA, Kanada, Alaska und Japan). 2008 schließt er diese Arbeiten mit einer monumentalen Zusammenstellung über die ,,Plathelminthes aus Brackgewässern der Nordhalbkugel'' ab – 696 Seiten, 342 Arten, ihre Herkunft und ihre Verbreitung. Gegenüber der zunehmenden Geringschätzung dieser oder allgemein der gesamten Systematischen Zoologie sowie dem merklichen Abbau entsprechender Stellen in der Universitätslandschaft versagte er sich aber jegliches Lamentieren und öffentliches Protestieren (was seine Schüler gelegentlich frustrierte) und setzte umso vehementer in Wort und Schrift auf die Darlegung der objektivierbar begründeten Wissenschaftlichkeit der Phylogenetischen Systematik.

Sein herausragendes Selbstverständnis und seine facettenreiche Forscherkarriere verdankte er in nicht geringem Maße auch der nachhaltigen Förderung durch die Aufnahme (1969) in die Akademie der Wissenschaften und Literatur Mainz. Sie ermöglichte ihm bis weit in die Emeritus-Jahre hinein regelmäßige, geradezu beneidenswerte Drittmittel, für die er sich weder über Gutachter bewerben noch rechtfertigen musste, und die ihm unter dem inhaltlich weit gefassten Thema ,,Biologische Grundlagenforschung'' eine nahezu uneingeschränkte Freiheit im Betreiben ihm wichtig erscheinender Forschungsschwerpunkte erlaubten. Sie sicherten ihm u. a. eine Wissenschaftlerstelle (zunächst Frau Dr. Ax, dann Frau Dr. Sopott-Ehlers), seine Sammelreisen, neben Mitteln aus der VW-Stiftung die Einrichtung und den Betrieb eines Labors für Ultrastrukturforschung, einen wesentlichen Teil der Reisemittel für sich und seine Mitarbeiter für die große Galapagos-Expedition zur Erforschung der dortigen Mikrofauna; schließlich finanzierte die Mainzer Akademie auch kontinuierlich zunächst die 90 Einzelhefte ,,Mikrofauna des Meeresbodens'', dann die Zeitschrift ,,Mikrofauna Marina'' von 1984-1997 und darüber hinaus fast alle seine weiteren Buchveröffentlichungen.

Niemand verwunderte es, aber wohl keiner hatte wirklich damit gerechnet, wie konzentriert und übergangslos Peter Ax die Zeit nach seiner Emeritierung 1992 für eine neue außerordentliche Aufgabe nutzen würde. Aufbauend auf den schon in den vorhergehenden Jahren kontinuierlichen Veränderungen des Stoffs seiner zweisemestrigen Vorlesung im Sinne einer phylogenetischen Systematik und unter Einbeziehung zahlreicher Ergebnisse aus der Ultrastrukturforschung seines Instituts (u.a. U. Ehlers, T. Bartolomaeus), legte er in nicht einmal zehn Jahren ein dreibändiges, nacheinander erscheinendes Lehrbuch über das System der Metazoa (1995, 1999, 2001) vor. Diese letzte große morphologisch basierte Stammesgeschichte aus den Händen eines einzelnen Zoologen im deutschen Sprachraum ist ein großartiges, konsequent und anschaulich durchgestaltetes, besonders auf die Verwandtschaftsbeziehungen gerichtetes Lehrbuch der Zoologie. Dass es – auch nach seiner vollständigen englischen Übersetzung – letztlich nur eine eher geringe Verbreitung fand, mag in mehreren Punkten begründet sein: vielleicht in der für ein Lehrbuch ungewohnten Niederschrift der Schwestergruppen-Paare in der Abfolge ihrer Subordination, sicher aber im Zeitpunkt des Erscheinens, dem Zusammentreffen einer ausschließlich morphologischen Analyse mit den häufig konträren Ergebnissen einer zunehmend molekular basierten Systematik.

Prof. Dr. Wilfried Westheide
Gerhart-Hauptmann-Str. 3
49134 Wallenhorst
westheide@biologie.uni-osnabrueck.de

Anrührend schließlich, dass Peter Ax die letzten Ferientage seines Lebens im Mai 2013 nahezu in Sichtweite jenes Sandstrandes am Lister Hafen auf der Nordseeinsel Sylt verbrachte, der durch die Beschreibung und vielfältige öko-faunistische Analyse seiner Mikrofauna eine besondere Bekanntheit in der marinen Biodiversitätsforschung genießt. In diesem etwa nur 1 ha großen Strand-Watten-Bereich hatten etwa zwanzig seiner Schüler mit ihm über einen fast 30 Jahre langen Zeitraum nicht weniger als 652 Meiofaunaarten festgestellt, darunter 148, die, wie der Annelide *Trilobodrilus axi*, neu für die Wissenschaft waren und hier auch ihren locus typicus haben. Nirgends auf der Welt konnte eine marine Benthosgemeinschaft, ihre Zusammensetzung und Struktur, Lebenszyklen, Fortpflanzungsbiologie, ihre Entwicklung und Veränderung vollständiger analysiert werden als in diesem grobsandigen Nordseestrand (K. Reise) – wie alles im wissenschaftlichen Wirken von Peter Ax Ausdruck und Ergebnis von Kontinuität und Beständigkeit. Dass er sich neben der Zoologie auch anderen Dingen des Lebens mit Leidenschaft widmen konnte, wurde Außenstehenden nur gelegentlich durch eingeschränkte Beweglichkeit und äußere Blessuren bewusst. Er liebte Pferde, war aber, wie es seine Frau ausdrückte, ,,kein guter Reiter''. - Aber was für ein Parforce-Ritt war schließlich doch sein wunderbares wissenschaftliches Leben!

Nachruf auf Hildegard Strübing
8. 5. 1922 – 18. 5. 2013

Thomas Keil

Am 18. Mai 2013 verstarb Hildegard Strübing, eine Pionierin der Forschung an der bioakustischen Kommunikation der Zikaden und langjähriges Mitglied unserer Gesellschaft.

Hildegard Strübing wurde am 8. Mai 1922 in Mahlsdorf (1920 in Berlin eingemeindet) geboren und studierte in den Jahren des 2. Weltkrieges Biologie, Chemie und Geographie an der Berliner Friedrich-Wilhelms- (heute Humboldt-) Universität. Aus dieser Zeit ging eine lebenslange Freundschaft mit Günter Tembrock hervor. Ihre Doktorarbeit über die Vorzugstemperatur von Amphibien fertigte sie bei Konrad Herter an und legte ihre Prüfung wenige Wochen vor Kriegsende ab (die Urkunde erhielt sie am 25. April 1945 - an diesem Tag stand die Rote Armee bereits am Berliner Westhafen, knapp 3 km vom Zoologischen Institut, bzw. 5 km vom Universitätshauptgebäude entfernt). Am 8. Mai erreichte sie die Nachricht, dass ihr Verlobter in französischer Kriegsgefangenschaft verstorben war. Sie blieb für ihr weiteres Leben allein und lebte mit ihrer Mutter Agnes Strübing (1895-1978) in Berlin zusammen. Am 15. Januar 1952 folgte sie ihrem Lehrer Konrad Herter von der Ostberliner Humboldt-Universität als Assistentin an das neugegründete Zoologische Institut der Freien Universität in Westberlin, das in Dahlem im von Simon Schwendener gegründeten Botanischen Institut an der Königin-Luise-Str. 1-3 eine Heimat fand

So kannten wir Hildegard Strübing auf der Exkursion: 1973 im Kursraum in Eschwege (Foto: T. Keil)

und von Werner Ulrich geleitet wurde. Sie mußte in einem leeren Zimmer praktisch bei null anfangen und erst einmal unter einfachsten Bedingungen - wie sie selbst 2001 schreibt - mit „kaum einer Ahnung von der Physiologie“ den physiologischen Kurs aufbauen. Nach Herters Emeritierung 1959 wurde sie Mitarbeiterin des neuen Direktors Klaus Günther. Später hatte sie an diesem Institut eine Stelle als Kustodin und Akademische Rätin inne. Da nach dem Berliner Hochschulgesetz von 1969 die Akademischen-Rats-Stellen in Professorenstellen umgewandelt wurden, erfolgte 1971 ihre Ernennung zur Professorin.

Hildegard Strübing betreute die Ausbildung der Studenten in der Entomologie und leitete zusammen mit Dieter Jung Bestimmungsübungen und Exkursionen. So lernte ich sie im Jahre 1968 kennen. Ihr trockener Vortragsstil mag nicht auf jeden begeisternd gewirkt haben, mich hat sie trotzdem für die Insekten gefangen genommen und ich habe sie dann in den frühen 70er Jahren auf mehreren Exkursionen zum Standquartier der F.U. an der Blauen Kuppe bei Eschwege begleitet. Diese Exkursionen waren nicht nur wissenschaftlich ertragreich, sondern durch ihre sehr direkte aber liberale Art und ihren trockenen Humor (den man aber erst kennen und schätzen lernte, wenn man sie selbst näher kennengelernt hatte) für uns Studenten sehr angenehm.

Die wissenschaftlichen Arbeiten konzentrierten sich bis 1946 auf gründliche Untersuchungen zur Biologie des Schneeflohes *Boreus hiemalis*, von dem es damals eine große Population in den Sanddünen bei Berlin-Heiligensee gab (dieses Gebiet wurde dann allerdings für die nächsten Jahrzehnte von der französischen Besatzungsmacht als Manövergelände benutzt). Hieraus ergab sich 1950 eine umfangreiche Veröffentlichung im ersten Heft der von Konrad Herter neu begründeten ,,Zoologischen Beiträge''. Im Jahre 1958 erschien dann ein (bis heute sehr gesuchtes und rares) Bändchen der Neuen Brehm-Bücherei mit dem Titel ,,Schnee-Insekten'', in dem das Wissen über den Schneefloh *Boreus* zusammengefasst wurde. Ihre Doktorarbeit über ,,Vorzugstemperaturen von Amphibien'' erschien erst 1954.

In den 50er Jahren konzentrierten sich ihre Arbeiten auf Systematik und Ökologie, später die akustische Kommunikation und Artbildung von Kleinzikaden (z. B. Strübing 1965). *Euscelis ormaderensis* wurde von ihr 23 Jahre lang über 92 Generationen in einem winzigen Gewächshaus im Garten des Zoologischen Institutes gezüchtet. Die Lautäußerungen dieser Tierchen wurden mit Hilfe eines Tonbandgerätes und spezieller Mikrophone und Vibrationsmesser aufgenommen und dann zeitgedehnt in ihrem kleinen Büro abgespielt und analysiert. Wenn man auf dem Flur vorbeiging, konnte man oft ein tiefes lautes Brummen vernehmen (Reinhard Schuster, Graz, erinnerten die Geräusche an Löwengebrüll). Bereits früher hatte es Vermutungen gegeben, dass die Signale durch das Substrat übertragen werden (Ossiannilsson 1949). Schon in ihrer ersten Arbeit von 1958 zu diesem Thema gab es die Erkenntnis, dass die Weibchen mit dem Abdomen zittern. Die später veröffentlichte Folgerung, dass die Kommunikation über niederfrequente Substratvibration erfolgt, fand nicht gleich überall Zustimmung. Auch blieb die Frage, welche Sinnesorgane als Rezeptoren für diese Signale dienen könnten, ungeklärt. Das Problem hat sie 1977 und 1999 ausführlich diskutiert. Hinsichtlich der Systematik kam es zur Zusammenarbeit mit Reinhard Remane, die eine Analyse der akustischen Kommunikation von Artbastarden (*Javesella pellucida und J. azorica*) möglich machte (Strübing und Hasse 1975).

Leider muß man sagen, dass ihre bioakustischen Arbeiten im Institut doch immer etwas belächelt wurden und von Anfang an nicht die ihr zustehende Unterstützung erfahren haben (diese Bemerkung sei einem ehemaligen Doktoran-

den des Hauses verziehen). Frühere Angehörige des Institutes führten das allerdings auch auf mangelnde Kommunikation zurück. Hildegard Strübing wurde eher als ,,Einzelkämpferin'' wahrgenommen. Ein Bild ihrer Versuchsapparatur im Jahre 1967 zeugt von ihren bescheidenen Möglichkeiten, auch mußte sie sich Teile ihrer Ausrüstung außerhalb des Institutes zusammenbauen lassen. Kontakte zur Abteilung von Franz Huber in Seewiesen kamen leider viel zu spät.

Ihre Arbeiten fanden erst relativ spät Anerkennung in der bioakustischen Community und wurden durch mehrere Auszeichnungen gewürdigt (Fabricius-Medaille 1995; Insect Drummer Award 2011). Das Problem war dabei nicht zuletzt ihre langjährige Anhänglichkeit an die ,,Zoologischen Beiträge'', die nur eine sehr geringe Verbreitung hatten; es erschienen praktisch keine Arbeiten in internationalen Zeitschriften. Auf internationalen Kongressen berichtete sie dagegen gerne über ihre Ergebnisse, darunter auch wiederholt auf der Jahrestagung der DZG. Der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin diente sie als Schriftführerin und Vorsitzende, 1996 wurde sie zum Ehrenmitglied ernannt. Den Berliner Zoo bedachte sie großzügig in ihrem Testament.

Als Mensch war Hildegard Strübing von einer geraden, offenen Art. Sie scheute sich nicht, auch in der Öffentlichkeit unangenehme Wahrheiten beim Namen zu nennen, was nicht von jedermann goutiert wurde. So nahm sie wiederholt leidenschaftlich Stellung für ihren alten Chef Konrad Herter (Strübing 2001), der nach seiner Emeritierung vom Institutsgründer Werner Ulrich ziemlich schlecht behandelt worden war - aber das ist eine andere Geschichte. Sie betreute Herter bis zu seinem Tod im Jahre 1980.

Ihr Gedächtnis war beeindruckend. Im Dezember 2000 sprach sie mich auf der Feier zum 50-jährigen Institutsjubiläum spontan mit Namen an, obwohl wir uns seit 25 Jahren nicht gesehen hatten. Um so tragischer ist es, dass ihre letzten Jahre von einer Demenzerkrankung überschattet wurden.

Ich danke Frau Prof. Hannelore Hoch vom Berliner Naturkundemuseum für wertvolle Informationen.

Literatur

Ossiannilsson, F.: Insect Drummers. Opuscula Entomologica Suppl. X, Lund 1949

Strübing, H.: Beiträge zur Biologie von *Boreus hiemalis* L. Zool. Beitr. N.F. 1, 51-110 (1950)

Strübing, H.: Über Vorzugstemperatur von Amphibien. Z. Morph. Ökol. Tiere 43, 357- 386 (1954)

Strübing, H.: Schnee-Insekten. Die Neue Brehm-Bücherei Band 220. Ziemsen, Wittenberg 1958a

Strübing, H.: Lautäußerung - Der entscheidende Faktor für das Zusammenfinden der Geschlechter bei Kleinzikaden (Homoptera-Auchenorrhyncha). Zool. Beitr. N.F. 4, 15-21 (1958b)

Strübing, H.: Das Lautverhalten von *Euscelis plebejus* Fall. und *Euscelis ohausi* Wagn. (Homoptera-Cicadina). Zool. Beitr. N.F. 11, 289-317 (1965)

Strübing, H.: Zur Untersuchungsmethodik der Lautäußerungen von Kleinzikaden (Homoptera-Cicadina). Zool. Beitr. N.F. 13, 265-284 (1967)

Strübing, H.: Lauterzeugung oder Substratvibration als Kommunikationsmittel bei Kleinzikaden? Zool. Beitr. N.F. 23, 323-332 (1977)

Strübing, H.: Comments on the vibratory signals of *Stictocephala bisonica* Kopp and Yonke and *Dictyophara europaea* (L.) (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadomorpha et Fulgoromorpha: Membracidae et Dictyopharidae). Reichenbachia 33, 61-69 (1999)
Strübing, H.: Lehre und Forschung zweier namhafter Zoologen an der FU Berlin: Konrad Herter und Klaus Günther. Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin N.F. 40, 111-123 (2001)
Strübing, H., Hasse, A.: Ein Beitrag zur Neuen Systematik demonstriert am Beispiel zweier *Javesella*-Arten (Homoptera, Cicadina: Delphacidae). Zool. Beitr. N.F. 21, 517-543 (1975)

Dr. Thomas Keil,
Georg-Bader-Str. 22
82319 Starnberg
thomas.a.keil@gmx.de

Nachruf auf Dieter Zissler
25. 11. 1937 - 10. 6. 2013

Klaus Peter Sauer

''Was das Leben oder das Lebendige ausmacht, ist im Wesentlichen seine Mannigfaltigkeit. Sie zu erforschen, zu beschreiben, gar zu verstehen, bieten sich u.a. zwei Aufgabenfelder: ein physisches in Form der … Biologie der Organismen und ein eher metaphysisches in Form eines Studiums der Poesie…

Ihrer beider Verbindung, ihre Beziehung zueinander, d.h. das Verhältnis von Naturwissenschaft und Poesie als einen besonderen Erkenntnisgewinn aufzuspüren, ist hier die Aufgabe.''

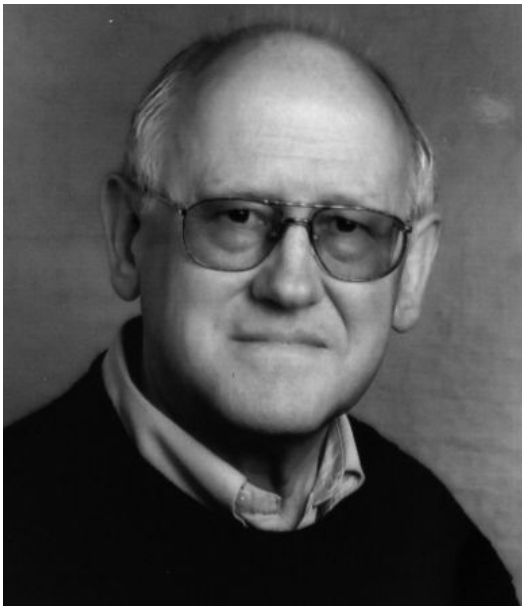


Foto privates Bildarchiv

So formuliert Dieter Zissler in einem seiner letzten Vorträge. Diese gerade zitierten Sätze lassen zwei Eigenschaften erkennen, die sein Leben als Wissenschaftler mitbestimmt haben: Die Auseinandersetzung mit der Mannigfaltigkeit des Lebendigen und die Verbindung von Zoologie und Poesie. Die erstgenannte gipfelt in seinem 1980 erschienen Buch ''Baupläne der Tiere''; Die Beziehung von Naturwissenschaft und Poesie führten ihn zur Auseinandersetzung vor allem mit den Werken von Georg Büchner, Thomas Mann und Ernst Jünger, Autoren, die sich der Organismen oder des Organischen angenommen haben.

Dieter Zissler war als drittes und jüngstes Kind von Heinrich Zissler und seiner Ehefrau Mathilde am 25. November 1937 in Bad Homburg v.d.H. zur Welt gekommen. Dort war sein Vater als Konrektor tätig. Dieter Zissler wurde in schwierige Zeitenläufe hineingeboren. Kurze Zeit nach seiner Einschulung in die Ketteler-Francke-Schule im Jahre 1943 verstarb seine Mutter.

Im Herbst 1948, drei Jahre nach Ende des 2. Weltkriegs trat Dieter Zissler in das Kaiserin-Friedrich-Realgymnasium ein, an dem er am 9. März 1957 seine Hochschulreife erwarb.

Schon früh wurde in dem Knaben das Interesse für die Biologie geweckt. Sein Vater, der auch Imkermeister war, führte ihn in die Bienenkunde ein. So war es leicht nachvollziehbar, dass der Abiturient sich 1957 für ein Studium der Natur-

wissenschaften entschied. Von 1957 bis 1960 studierte er an der Universität Frankfurt/Main und wechselte dann zum Studium der Biologie an die Universität Gießen. Während seiner Zeit in Frankfurt nahm er auch an Lehrgängen zur bienenkundlichen Fortbildung an den Instituten für Bienenkunde in Oberursel/Ts. und Marburg/Lahn teil.

In Gießen lehrte einer der führenden Zoologen im Nachkriegsdeutschland, Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Wulf Emmo Ankel. Er wurde Dieter Zisslers Lehrer und Doktorvater. Von 1962 bis 1964 war er als wissenschaftlicher Hilfsassistent am I. Zoologischen Institut der Universität Gießen angestellt. Zur Einarbeitung in die Bestimmung von Ostracoden hielt er sich im Jahre 1963 vorübergehend am II. Zoologischen Institut der Universität Wien auf. Die Zeit von Mai bis Oktober 1964 verbrachte Dieter Zissler in Santa Marta/Columbien und half beim Aufbau der neu gegründeten Forschungsstation des Tropeninstitutes der Universität Gießen. Seit 1967 - also zwei Jahre vor seiner Promotion - übernahm er von seinem Lehrer Wulf Emmo Ankel die Leitung von Wattwanderungen und Kutterfahrten verbunden mit Vorträgen zur Einführung in die Tierwelt der Nordsee an der Volkshochschule Klappholttal auf Sylt. Was John Steinbeck über Ed Ricketts, das Vorbild für den Doc in der ''Straße der Ölsardinen'' und in ''Wonniger Donnerstag'' schreibt, kann man für Dieter Zissler übernehmen: *Einige hat er gelehrt zu denken, andere zu schauen oder zu lauschen*.'' Diese Fähigkeit machte Dieter Zissler zu einem geschätzten Hochschullehrer.

Am 22. Februar 1969 wurde Dieter Zissler in Gießen mit einer Arbeit über ''Die Spermiohistogenese des Süßwasser-Ostracoden *Notodromas monacha*'' zum Dr. rer. nat. promoviert. Vom 1. Mai 1969 bis 30. November 2002 war Dieter Zissler zunächst als wissenschaftlicher Assistent, dann als Akademischer Rat und schließlich als Akademischer Oberrat am Lehrstuhl Sander am Institut für Biologie I der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg tätig.

Mit großem Engagement und Erfolg leitete er das Elektronenmikroskopische Labor, das er mit seinem Wechsel nach Freiburg dort aufgebaut hatte und arbeitete Studenten und Mitarbeiter in diese Methodik ein. Zu seinen Lehraufgaben gehörten Vorlesungen, Praktika und Exkursionen. Vor allem seine Exkursionen in die Zoologischen Gärten von Köln, Zürich, Basel und Frankfurt/Main erfreuten sich großer Beliebtheit. Über viele Jahre hat er auch die allseits geschätzte Helgolandexkursion geleitet und eine große Schar von Studenten in die marine Biologie eingeführt. Seine Erfahrung auf diesem Gebiet konnte er als Mitherausgeber des Exkursionsführers ''Marinbiologische Exkursion - Beobachtung und Experiment'' zu Geltung bringen. In der Forschung hat er ausgehend von seiner Dissertation die Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Ei - und Samenzellen der Metazoen weitergeführt.

Sehr intensiv betrieb Dieter Zissler Studien zur Geschichte der Biologie und die bereits erwähnten Studien zur Beziehung der Biologie zu Philosophie und Poesie. Seine Forschungsergebnisse hat er in zahlreichen Vorträgen vorgestellt. In et-

wa 100 Publikationen hat Dieter Zissler seine in 30 Jahren wissenschaftlicher Arbeit gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse veröffentlicht.

Über sechs Jahre, von 1997 bis zu seiner Pensionierung im Jahre 2002, war er zweiter Schriftführer unserer Gesellschaft. Damit oblag ihm die Herausgabe und Gestaltung der "Mitteilungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft", die 1997 mit seinem Amtsantritt erstmalig erschienen sind und deren Beiträge als eine gleichsam sich selbst schreibende Geschichte der DZG anzusehen sind.

Ein Jahr nach seiner Entpflichtung erteilte ihm der Dekan der Fakultät für Biologie einen unbesoldeten Lehrauftrag für Vorlesungen und Übungen mit dem Thema "Demonstration der Zoologischen Schausammlung". Durch einen Institutsneubau war die Aufstellung der Lehrsammlung des Instituts möglich geworden. An dieser Aufgabe wirkte Dieter Zissler mit großem Engagement mit. So wurde die Schausammlung sowohl der Studentenschaft als auch der Allgemeinheit angemessen zugänglich. Diese Aufgabe blieb ihm bis zum Sommersemester 2009 erhalten. Von einem Schlaganfall im Jahre 2009 erholte er sich nicht mehr. Er starb am 10. Juni 2013.

Dieter Zissler war nicht nur ein geschätzter Hochschullehrer, er war vor allem auch durch seinen breiten Bildungsfundus und seine vielseitigen kulturellen Interessen ausgezeichnet. Wir vermissen ihn.

Prof. em. Dr. Klaus Peter Sauer
Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie
An der Immenburg 1
53121 Bonn
kpsauer@uni-bonn.de

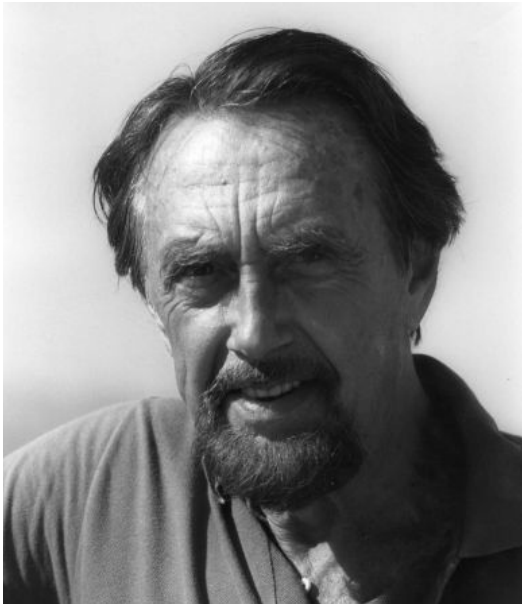
Notizen zu Hans Hass
23.1.1919 – 16.6.2013

Irenäus Eibl-Eibesfeldt

Ich verdanke Hans Hass nicht nur die Einführung in eine reiche Expeditionserfahrung und die Eröffnung neuer Welten unter Wasser, sondern eine ungemein stimulierende Begleitung meines Faches Humanethologie sowie eine lebenslange Freundschaft.

Hans Hass begann seine Karriere im Sommer 1937 im sonnigen Juan les Pins, dem fröhlichsten aller Badeorte. Als er über einen hohen Felsen kletterte, bemerkte er einen Mann, der zwischen den Felsen umher schwamm, das Gesicht unter Wasser, als suchte er etwas in der grünblauen Tiefe. Dieser Mann war der Amerikaner Guypatrick, der mit einer Harpune nach Fischen jagte. Er erklärte Hans Hass, worauf man beim Jagen achten müsse. Hans fand das aufregend und wurde zunächst zum Unterwasserjäger. Sein erstes Buch trug den Titel ,,Jagd unter Wasser.''

Mein Kontakt zu Hans Hass entwickelte sich im Frühsommer 1953 mit der ersten Xarifa-Expedition. Ich war damals in Buldern, Westfalen, am dortigen Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie als Wissenschaftler beschäftigt und war gerade auf dem Weg, mich als Mammologe zu spezialisieren, als im Frühsommer 1953 eine überraschende Einladung die Weichen meiner Laufbahn in eine ganz neue Richtung stellte. Ich fütterte gerade meine Iltisse, als Lorenz zu mir kam: ,,Sag, hättest du nicht Lust, mit Hans Hass auf ein Jahr in die Karibische See und zu den Galapagosinseln zu fahren? Ich



Hans Hass im Jahr 1998
Foto Hans Hass Institut

hab schon die Lorle gefragt, und sie wäre damit einverstanden.'' Obwohl wir im September unser erstes Baby erwarteten! Ich war Feuer und Flamme.

Wie war Hans Hass darauf verfallen, mich einzuladen? Ursprünglich hatte er sich an Bernhard Hassenstein gewandt, der damals als Assistent von Erich von Holst in Wilhelmshaven arbeitete. Aber Hassenstein hatte bereits eine Brasilienreise geplant, und da er mich kannte, nannte er Hass meinen Namen.

Ich stellte mich Hans Hass in Vaduz vor. Wir verabredeten uns am Bahnhof von Buchs. Da ich ihn von Bildern kannte, ging ich schnurstracks auf ihn zu, er aber sah

über mich hinweg. Er hatte sich einen älteren, würdigen Wissenschaftler vorgestellt, einen Experten der Verhaltensforschung. Nach ersten Vorbehalten seinerseits einigten wir uns aber schnell. Wieder daheim, bereitete ich mich gründlich auf die Reise vor. Ich las die Bücher von Hans Hass, die ich zum Teil bereits kannte. Aber nun las ich sie mit neuem Interesse. Neben der lebendigen Schilderung der Tauchabenteuer fesselten mich die Beobachtungen über Korallenfische. Hass war damals vor allem durch diese eher populären Bücher bekannt, die auch heute noch durch ihre Frische den Pioniergeist jener Zeit spiegeln. Darüber hinaus hatte ihn sein Film ,,Abenteuer im Roten Meer'' populär gemacht. Dass er die von ihm entwickelte Methode des Schwimmtauchens als erster für eine wissenschaftliche Untersuchung eingesetzt hatte, wussten und wissen nur wenige.

Hans Hass besaß eine natürliche, freundliche Autorität. Er hatte bereits durch seine Leistung überzeugt, und jeder akzeptierte ihn gerne als Expeditionsleiter. Er ließ sich nichts anmerken von den großen Sorgen, die ihn wegen der aufgenommenen Kredite bedrückten. Er strahlte Zuversicht aus, war doch ein Traum seines Lebens in Erfüllung gegangen, und wir vertrauten ihm. Dieses Vertrauen hat er nie enttäuscht.

Am 19. November 1953 ankerten wir vor der niederländischen Antilleninsel Bonaire. Hans Hass hatte hier 1939 als junger Student seine ersten Tauchabenteuer erlebt. Voll Freude und gespannter Erwartung stand er damals an Deck, als die Insel auftauchte.

Für Galápagos hatten wir eine gute Jahreszeit gewählt. Wir ankerten im Norden der Insel Española vor der winzigen Insel Osborn. Als das Rasseln der Ankerkette verklungen war, hörten wir das heisere ,,Ou ou''- Gebrüll eines Seelöwenbullen und den vielstimmigen Chor blökender Jungtiere und Weibchen durch das Rauschen der Brandung. Wir konnten sie vom Schiff aus sehen. Wir lernten aber nicht nur unberührte Natur kennen, sondern fanden auch Spuren der Zerstörung. Die großen Elefantenschildkröten, die den Inseln ihren Namen gaben, wurden von den Siedlern geschlachtet, amerikanische Thunfischjäger stellten den seltenen Pelzrobben nach und erschlugen auch Seelöwen. Es gab vieles zu tun und zu entdecken für uns, aber eher über als unter Wasser, und Galápagos sollte für mich eine Begegnung werden, die für mein ganzes künftiges Leben Bedeutung haben sollte.

Aus meiner anfänglichen Verwirrtheit unter Wasser, die jene einer reinen Landratte war, hatte mir Hans Hass auch nicht anders helfen können als mit dem Rat, aufmerksam und geduldig zu bleiben. Auf diesem Wege entdeckte ich bei Los Roques, einer Venezuela vorgelagerten kleinen Karibik-Insel, die Putzsymbiose zwischen Zackenbarsch und Neongrundeln.

Die zweite Xarifa Expedition (1957/1958) unterschied sich in mancherlei Hinsicht grundsätzlich von der ersten. Hans Hass war nicht mehr verpflichtet, einen abendfüllenden Kulturfilm zu produzieren. Die Fahrt ging durch das Rote Meer über Ceylon und die Nikobaren, die seit der Fregatte Novara 1858 kein österreichisches Schiff mehr besucht hatte. Die Xarifa lief diesmal unter österreichischer Flagge. Unser Reiseziel waren die Malediven, die taucherisches Neuland und dem Tourismus weitgehend unbekannt waren. Hass und ich

tauchten damals viel gemeinsam. Unsere Beziehung entwickelte sich auf diesen beiden Xarifa-Reisen zu einer wirklichen Freundschaft, die wir beide bis zu seinem Tod pflegten.

Beim Atoll Gaha Faro inspizierten wir nicht nur ein auf die Außenrifflatte aufgelaufenes Wrack, das an der Außenseite mit Korallen bewachsen war, sondern begegneten auch zwei Grauhaien. Das weckte in beiden die Lust, mit diesen Tieren zu experimentieren, und wir arbeiteten erstmals mit Ködern im freien Wasser, um sie zu beobachten. Viel später, im Jahr 1977, erschien unser gemeinsames Buch „Der Hai – Legende eines Mörders".

Weitere Abenteuer zu Land und unter Wasser erlebten wir auf der Expedition anlässlich der 200-Jahr-Feier der Weltumseglung von James Cook, die nach Australien, Tahiti und Rangiroa führte. Als Ergebnis dieser Tour sollte eine Filmreihe entstehen. Dabei war das Tauchen im Großen Barriere-Riff sicher ein Höhepunkt, aber wir filmten auch kleinere Wunder wie die Vogelkolonien in den Mangroven, Weberameisen und Schlammspringer. In den Straßen größerer Städte nahmen wir auch menschliche Alltagsszenen auf und verglichen sie mit den Schilderungen von James Cook. Diese Lebewelten hatten sich zweifellos seit den Tagen Cooks am meisten verändert und dies regte zu neuen Ideen an.

Ich war damals schon innerlich bereit, mich von der tierethologischen Forschung abzulösen und der Erforschung des Menschen zuzuwenden. Da traf es sich gut, dass Hans Hass eine dreizehnteilige Fernsehserie über den Menschen plante. Dem ursprünglichen Konzept zufolge wollte er dessen Stammesgeschichte, Morphologie, Physiologie und Genetik vorstellen. Ich schlug vor, Facetten menschlichen Verhaltens zu berücksichtigen. Die Idee gefiel ihm, und er lud mich ein, als ethologischer Berater mitzumachen.

Es war für diesen Zweck wichtig, ungestellte Dokumente des Alltagsverhaltens zu filmen, und dies erwies sich schwieriger als gedacht. Hans Hass hatte in Wien damit experimentiert, Menschen unbemerkt aufzunehmen. Dabei wurde klar, dass Menschen überaus wachsame Wesen sind und selbst aus der Entfernung bemerken, wenn ein Teleobjektiv auf sie gerichtet ist. Sie ändern dann umgehend ihr Verhalten. Hans Hass löste das Problem mit einem ebenso einfachen wie genialen technischen Verfahren, Er setzte vor die Filmkamera eine Objektivattrappe mit eingebautem Prisma und seitlichem Fenster. Mit diesem „Spiegelobjektiv" war es möglich, Menschen zu filmen, ohne dass die Kamera wie eine Waffe auf sie wies. Er experimentierte ferner mit Zeittransformationen und filmte in Zeitlupe, was schnelle Bewegungsabläufe besser beobachtbar machte, und benutzte auch einen Zeitraffer. Damit beschritt er einen neuen Weg in der Dokumentation menschlichen Verhaltens. Dieser hatte sich bis dahin darauf beschränkt, relevante Ausschnitte zu erfassen, wie Töpfern, Brotbacken etc. Würde jemand versuchen, anhand solcher Aufnahmen herauszufinden, wie viel Arbeit, gezählt an Handbewegungen, zur Herstellung des Topfes nötig gewesen war und wie viel bei Anwendung einer anderen Herstellungstechnik aufgewendet werden musste, dann würde ihm das wenig helfen. Wählt man dagegen statt der normalen 25 Bilder pro Sekunde eine Aufnahmefrequenz von 6,25 Bildern pro Sekunde, dann kann man

auf einer 120.Meter-Kassette statt der üblichen zehn Minuten das Vierfache ohne Unterbrechung festhalten, in unserem Fall also den vollständigen Vorgang des Töpferns. Man sieht in solchen Zeitrafferaufnahmen auch Regelmäßigkeiten, die einem in der Normalfrequenz entgehen.

1964 flogen wir nach Ostafrika, mit der Kamera samt Spezialobjektiv und einem von einem Wiener Mechaniker gebastelten Zusatzgerät für Zeitrafferaufnahmen. In Nairobi mieteten wir uns einen Geländewagen mit Chauffeur und einem Gehilfen, besorgten uns eine Campingausrüstung und ein Zelt und fuhren los. Nationalparks, Olduvai Schlucht, Massai-Steppe, Kigoma. Im Gombe-Reservat bei Jane Goodall, die uns herzlich empfing, filmten wir freilebende Schimpansen. Später fuhren wir nach Norden, den Elizabethsee entlang bis nach Uganda und weiter zu den Karamojo, Turkana, Samburu und Elmolo am Lake Rudolph. Zurück in Nairobi hatten wir wichtige Erfahrungen mit der Technik, aber vor allem auch mit Menschen gesammelt. Dies bedeutete für mich den endgültigen Umschwung zur Menschenforschung. Ohne Hans Hass, seine Gespräche und Ideen hätte diese wohl einen ganz anderen und sicherlich schwierigeren Anfang genommen.

Hans Hass' eigene Wege führten ihn weiter zu einer umfassenden Theorie der Lebensprozesse. Leben wird als energetischer Prozess definiert, in dessen Verlauf die Träger dieses Prozesses aus ihrer Umwelt mehr arbeitsfähige Energie erwerben als sie für diesen Erwerb aufwenden müssen. Organismen sind demnach Energie erwerbende Systeme mit einer positiven Energiebilanz. Für solche Energie erwerbenden Systeme prägte Hass den Begriff ,,Energon''. Das Buch dazu erschien 1970. Die Theorie führte ihn zu einer Vision der Lebensprozesse, in welcher letztlich Strukturen wie Berufskörperschaften und Erwerbsorganisationen als ,,künstliche Organe'' des Menschen in Analogie neben anderen organismischen Systemen des Energieerwerbs stehen.

Hans Hass blieb aber Zeit seines Lebens ein begeisterter und großer Zoologe, der an Kleinstlebewesen ebenso viel Freude hatte wie an den großen Zusammenhängen des Lebens.

Mit Hans Hass ist ein großer Pionier von uns gegangen, dessen Beitrag für die Wissenschaft größte Würdigung verdient. In seinem Buch ,,Expedition ins Unbekannte'' hat Hans Hass viele der Erfahrungen und Erkenntnisse, die wir auf den beiden Xarifa-Expeditionen gesammelt haben, aufgenommen. Die Widmung, die er mir in mein Exemplar des Buches geschrieben hat, könnte nicht treffender diesen Beitrag abschließen, und gilt gleichwohl auch für sein eigenes Leben:

,,Als bleibende Spur einer kühnen Tat, die uns gelang, von Monaten, deren reicher Ertrag weiter wirkt, und Stunden, die unsere Freundschaft stärkten, von Deinem Hans.''

Prof. Dr. Irenäus Eibl-Eibesfeldt
Arbeitsgruppe für Humanethologie der MPG
82319 Seewiesen
eibl@orn.mpg.de

Nachruf auf Deszö Varjú
22. 5. 1932 – 17. 8. 2013

Jochen Zeil

Im August 2013 verstarb Professor Deszö Varjú, der von 1968 bis 1997 den Lehrstuhl für Biokybernetik an der Universität Tübingen geleitet hat. Deszö Varjú war mehrmals Dekan der biologischen Fakultät an der Universität Tübingen, hoch geschätzt unter Kollegen und als Gutachter der DFG für seine Integrität, sein weitgespanntes Wissen, sein wissenschaftliches Interesse, seine Unabhängigkeit und sein faires Urteil.

Deszö Varjú wurde 1932 in Gasztony/Ungarn an der Grenze zum Burgenland geboren. Nach Schulbesuch in Szombathely schloss er 1956 das Physikstudium an der Universität Budapest mit dem Diplom ab. Er wurde während des ungarischen Aufstands verhaftet und flüchtete nach Deutschland. Am berühmten Institut für Physikalische Chemie in Göttingen promovierte der 26-Jährige bei Werner Reichardt mit einer Arbeit über Phototropismus und Licht-gesteuertes Wachstum des Algenpilzes *Phycomyces*. Werner Reichardt holte ihn als Mitarbeiter in die Abteilung Kybernetik des Max-Planck-Instituts für Biologie von Alfred Kühn in Tübingen, wo er zusammen mit Bernhard Hassenstein die Theorie zur Bewegungsdetektion nach dem „Korrelationsmodell" mitentwickelte. Von 1959 bis 1960 arbeitete er weiter über *Phycomyces* am California Institute of Technology bei Max Delbrück, der ebenfalls als Physiker in Deutschland begonnen hatte, 1937 in die USA emigrierte und sich dort mit physikalisch geschultem Denken biologischen Fragen, vor allem zu Bacteriophagen und der Genetik zuwandte.

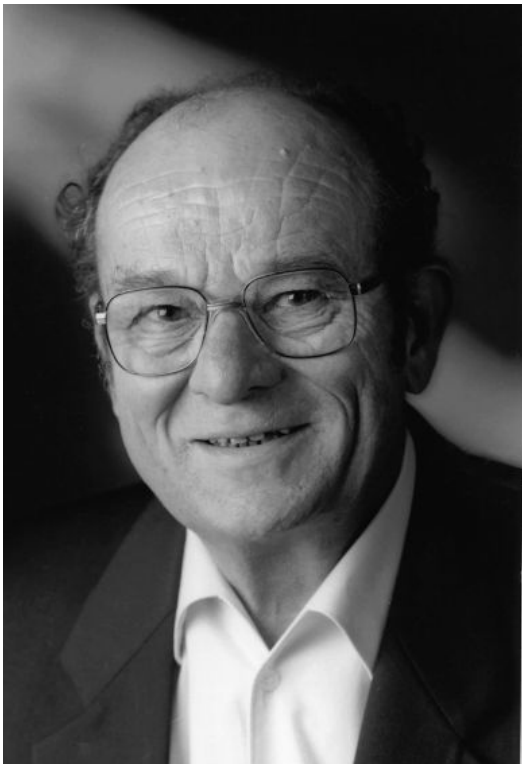


Foto privates Bildarchiv

Zurück in Tübingen am dann neu gegründeten Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik arbeitete Varjú mit an der Theorie der lateralen Inhibition und habilitierte mit einer mathematischen Analyse der pupillomotorischen Reaktion des Menschen – seiner wichtigsten Arbeit, da hier seine Frau, Heide, die zuverlässig-

sten Daten lieferte. Deszö Varjú wurde 1968 erster Inhaber des Lehrstuhls für Biokybernetik der Universität Tübingen. Hier erweiterte er seine Forschungsinteressen auf ungewöhnlich viele Gebiete, was zum einen Deszö Varjús breites und offenes Interesse wiederspiegelte, seine Bereitschaft auf Vorstellungen seiner Studenten einzugehen, zum anderen auf der Einladung unterschiedlicher Forscherpersönlichkeiten beruhte, die sich an seinem Lehrstuhl einfanden und dort ein freies Wirkungsfeld bekamen - oder sich in manchen Fällen in harten Diskussionen erkämpften.

Deszö Varjú selbst beschäftigte sich, zusammen mit seinen Studenten, mit der Pupillenmotorik beim Menschen und den optomotorischen und Fixations-Reaktionen beim Mehlkäfer, hat später zunehmend vergleichende Untersuchungen bei unterschiedlichen Tieren selbst durchgeführt oder zusammen mit Hans-Jürgen Dahmen betreut: die Regelung der Körper-Substrat Distanz bei Stabheuschrekken, Bewegungssehen und die multi-sensorische Kontrolle der Augenbewegungen bei Krabben, die visuelle Positionskontrolle bei Wasserläufern und anderen Wasserwanzen und die Kontrolle der Schwebflugposition bei Taubenschwänzchen, aber auch theoretische Untersuchungen zum Reafferenzprinzip, zum Polarisationssehen und zur Struktur und Dynamik von Taumelkäferschwärmen. Ein Aufenthalt von Josué A. Nunez regte ihn zu Beiträgen zur optimal foraging-Theorie von Honigbienen an.

Mit den Diplomanden und Doktoranden Henning Blanke, Andreas Fleischer, Roland Kern, Hans-Ortwin Nalbach, Herbert Paul, Peter Thier und den internationalen Kollegen Jon Barnes und David Sandeman sind umfangreiche Arbeiten zur multi-sensorischen Kontrolle und Koordination der kompensatorischen Augenbewegungen bei Krabben entstanden. Bei mehreren Forschungsaufenthalten in Australien hat Deszö Varjú zusammen mit David Sandeman die taktile Orientierung und Lokalisation bei Flusskrebsen bearbeitet. Leider sind ihre gemeinsamen Untersuchungen zur taktilen Exploration und zum räumlichen Lernen bei Flusskrebsen meines Wissens unveröffentlicht geblieben, bis auf eine Kurzmitteilung bei der 17. Göttingen Neurobiologen-Tagung. Wie überhaupt Varjú eine kritische Haltung gegenüber dem Publizieren von nicht abgeschlossenen oder – nach seiner Meinung – zu wenig aussagekräftigen Arbeiten hatte.

All diesen Projekten gemeinsam war Varjús Interesse am Wirkungsgefüge der Verhaltensleistungen, an der 'computational structure of animal behaviour' und an den physikalischen Grundlagen der Biologie – kurz an der biologischen Kybernetik.

Die 'biokybernetische Forschungsdiversität' an Deszö Varjús Lehrstuhl war aber damit noch längst nicht erschöpft. Diplomanden, Doktoranden, Mitarbeiter und Besucher untersuchten die visuelle Orientierung von Wasserschnecken und Mehlkäfern, das Schwarmverhalten von Insekten, die Lernflüge bodennistender Wespen und Bienen, die Choreographie der Heuschreckenbalz, die Schwebflugkontrolle stachelloser Bienen, die Verfolgungsjagden der Taumelkäfer, die visuelle Zielverfolgung bei blutsaugenden

Wanzen, optomotorische und Halterengesteuerte Kopfstabilisierung bei Strepsipteren, Driftkompensation und das ommatidiale Abtastmuster bei Wasserläufern, visuelle Fluchtauslösung bei Krabben, Optomotorik von Kaninchen, Neuroanatomie und Elektrophysiologie des visuellen Systems der Taubenschwänzchen und führten die ersten Untersuchungen zum Farbensehen bei diesen tagaktiven Motten durch. Es wird schwer sein, eine Forschergruppe in Deutschland zu finden, die sich mit so vielen unterschiedlichen neuroethologischen Fragen beschäftigt hat.

Die Arbeiten am Lehrstuhl für Biokybernetik spiegeln auch viele der methodischen und konzeptionellen Entwicklungen wieder, die die Zeit von 1970 bis 2000 in der Wissenschaft allgemein und in der Neuroethologie speziell kennzeichnen: von der analytischen Behandlung zur numerischen Simulation, als DEC PDP-11 und Analogrechner durch den PC ersetzt wurden und die Grenzen der linearen Systemtheorie immer deutlicher wurden; von der experimentellen Analyse der Bewegungsdetektion und Optomotorik mittels Streifentrommeln zu der des optischen Flusses, so wie er durch Verhalten generiert unter natürlichen Funktionsbedingungen auftritt; die Entwicklung weg von wenigen Modellsystemen hinaus in die Natur zur vergleichenden Neuroethologie und zur naturnahen Analyse der Informationsverarbeitung bei Tieren.

Varjús Lehrstuhl für Biokybernetik an der Universität Tübingen hatte den Ruf bei Studenten, schwierige und komplizierte Lehre und Forschung zu betreiben und wurde dadurch zum Sammelplatz der Mutigen, der interdisziplinär Interessierten und der Unangepassten, die vor allem durch ein experimentell sehr vielfältiges und anspruchsvolles Grosspraktikum in die Neuroethologie und messende Verhaltensforschung eingeführt wurden. So mussten Versuche selber aufgebaut werden und Studenten lernten, oft bis tief in die Nacht, Fehler zu finden, Probleme zu lösen, neue Versuchsansätze zu entwerfen, zu löten und zu feilen – kurz, wissenschaftlich zu arbeiten.

Der Lehrstuhl war auch ein Ort sehr detaillierter, kritischer und oft hitziger Fachdiskussionen, die manchmal über Stunden sich damit beschäftigten, was eine graphisch dargestellte Abhängigkeit wirklich aussagt, ob sie einem Phänomen gerecht wird, ob die Messgenauigkeit ausreicht und ob richtig gemessen wurde. Im Montagsseminar über aktuelle Forschungthemen und im Grosspraktikum trafen Studenten auf die junge, sich habilitierende Forschergarde des Tübinger Max Planck Instituts für Biologische Kybernetik – u.a. Bülthoff, Buchner, Franceschini, Hausen, Hengstenberg, Pick, Ribi, Vogt, Wehrhahn und später Borst, Egelhaaf und Wagner – lernten hart zu diskutieren und nutzten deren reiches Angebot an Diplom- und Doktorarbeitsprojekten.

Deszö Varjú lehrte über Systemtheorie für Biologen und hat seine Vorlesungen in einem Buch zugänglich gemacht (*Systemtheorie für Biologen*, 1977). Die Ausbildung in Systemtheorie, in den mathematischen und physikalischen Grundlagen der Biologie, aber auch in Messtechnik, Methodenentwicklung und Datenverarbeitung und vor allem in der quantitativen Analyse von Verhaltensmechanismen bei

Arthropoden, hat für seine Schüler und Mitarbeiter die erstaunlichsten Berufsperspektiven eröffnet: nicht nur sind aus Studenten, Diplomanden, Doktoranden und Habilitanden des Lehrstuhls Professoren der Medizin, der Neurobiologie, der Tierphysiologie, der Informatik, der Psychologie und der Biologie in Amerika, Australien, Deutschland, England und Schweden geworden, sondern auch Netzwerkmanager, IT Fachleute, Software Entwickler, Mechatronikexperten, Operations Management Dozenten, Firmengründer und hohe Beamte in Bundesministerien.

In den 90iger Jahren und nach seiner Emeritierung 1997, hat Deszö Varjú mit Gábor Horváth über theoretische Probleme der geometrischen und physiologischen Optik zusammengearbeitet. Das gemeinsame Buch ,,*Polarized Light and Animal Vision*'' erschien 2003, mit einem umfassenden Überblick über die Muster polarisierten Lichtes in der Natur, über die Physik polarisierten Lichtes, über Messmethoden und über die physiologischen Mechanismen und Funktionen der Polarisationssensitivität der Tiere.

Ebenfalls nach seiner Emeritierung erschien 1998 Deszö Varjús spannendes, allgemein verständliches und unterhaltsames Buch über die Sinne der Tiere ‚*Mit den Ohren sehen und den Beinen hören*', das er, wie er im Vorwort erläutert, als einen Versuch betrachtete, seine Bringschuld als Wissenschaftler gegenüber der Öffentlichkeit zu tilgen. In seiner Besprechung im Spektrum der Wissenschaft hat Gerhard Neuweiler den Charme des Buches mit gleichem Charme beschrieben:

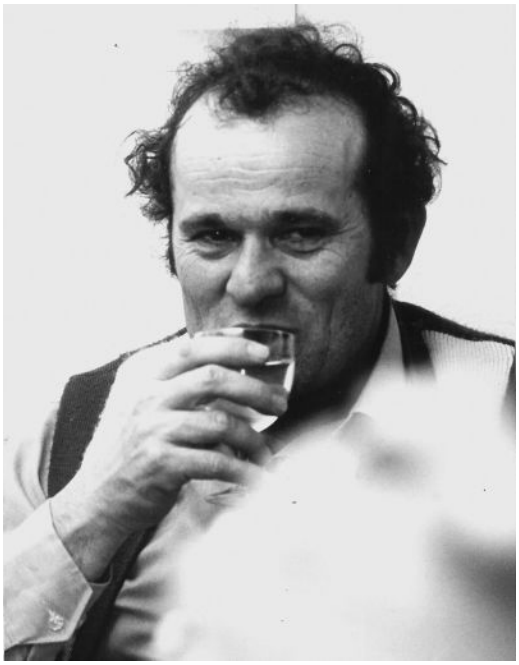
,,*Der Schalk, der auf der Umschlagklappe aus den Augen des Autors blitzt, begegnet uns auf den 264 Seiten anspruchsvollen und dennoch unterhaltsamen Textes immer wieder, sehr zum Vorteil des neugierigen Lesers. Deszö Varjú sieht und liebt Analogien seiner Themen zu Begebenheiten des Alltags und der Kulturgeschichte und würzt damit die unbestechliche Logik seines Stoffes. Zur Einstimmung führt er uns zum Nachmittagskaffee in seinen schwäbischen Garten und stellt uns Fragen zur Zoologie des Kaffeetisches, die wir beantworten möchten, aber nicht können. Wo kommen zum Beispiel plötzlich die Wespen und die Ameisen her? Und schon zieht er uns in wenigen Sätzen in seine Gedankenwelt der biologischen Sensorik und Kybernetik hinein, man liest Seite für Seite und kommt von den Problemen und ihren Lösungen kaum mehr los.*''

''*Varjus Erzählkunst führt uns durch die Orientierungswelt der Tiere. Er erklärt uns zum Beispiel, wie Tausendfüßler aufgezwungene Kursänderungen präzise korrigieren und wie Eulen mit der raffinierten neuronalen Zeitmess- und Differentialtechnik ihres Gehörs eine Maus im Laub selbst in tiefster Nacht präzise lokalisieren. Er zeigt uns, wie Ameisen das uns verborgene Polarisationsmuster des Himmelslichts nutzen, um auf dem kürzesten Weg nach Hause zu finden [oder] wie Zugvögel nach vielen Monaten und Tausenden von Reisekilometern fast punktgenau wieder dort landen, wo sie im vergangenen Frühjahr ihr Nest gebaut hatten, und vieles mehr.*''

Zu seinem 60igsten Geburtstag hatten Deszö und Heide Varjú viele seiner Freunde und Kollegen, seine verwandten Seelen, zu einem Symposium mit weit gespannten wissenschaftlichen Themen eingeladen. Die Vortragenden waren Werner

Reichardt, Bela Julesz, Jürgen Bolz, Dietrich Burkhardt, Walter Heiligenberg, Mike Land, Peter Kunze, Nicolas Franceschini, Werner Loher und Franz Huber. Aber da waren unter anderen auch Karl Götz, Kuno Kirschfeld, Miriam Lehrer und Heinz Wässle. Es waren nicht nur ihre wissenschaftlichen Interessen, sondern vor allem die menschliche Wärme, die sie mit dem Jubilar verband. So, wie es Mike Land zur Einführung seines Vortrags auf den Punkt brachte: ,,I am here, because we are both very nice people''.

Um seinen Sinn für Humor, seine menschliche Wärme und seine wissenschaftlichen Interessen zu feiern, haben seine Studenten und Mitarbeiter ihm damals wohl das verrückteste, die kreative Anarchie seines Lehrstuhls widerspiegelnde Geburtstagsständchen aller Zeiten dargebracht. Im ‚*Servo-controlled Biocybernetical Panic Orchestra*' wurden Töne und Rhythmus von Happy Birthday ausschliesslich mit wissenschaftlichen Versuchsaufbauten erzeugt, mit denen gerade am Lehrstuhl geforscht oder Praktikum gemacht wurde: unter anderem wurden menschliche Augenbewegungen gemessen und in Töne umgesetzt, die Impulsrate einer bewegungsempfindlichen Zelle in der Lobulaplatte der Fliege wurde abgeleitet und durch Streifenmuster rhythmisch moduliert, Taubenschwänzchen erzeugten Töne, sobald sie im Schwebflug von einer mit Sensoren ausgestatteten Futterquelle saugten, die Bewegungen von schwärmenden Mücken, der Flug einer Honigbiene und ein automatisches Zielverfolgungsprogramm produzierten Töne, wie auch die durch Bewegungsreize von vier Generationen von



Ein guter Tropfen wurde immer geschätzt
Foto privates Bildarchiv

Doktoranden ausgelösten Augenbewegungen einer Krabbe. Dazu kamen heulende Schwingkölbchen, ein stückweise linear-approximiertes Exponentialalphorn und ein Heuschrecken-Stridulations-Pianola. Das Resultat, von Werner Kriechbaum dirigiert, war so wundervoll grässlich, dass es dem Jubilar (für einen selten kurzen Moment) die Sprache verschlagen hat.

Obwohl Deszö Varjú bei der Arbeit eher in Ruhe gelassen werden wollte, war er ein sehr geselliger und humorvoller Mensch, der gerne Schafkopf spielte und ein begeisterter Skifahrer war. Im Leben von Deszö und Heide Varjú, die 2012 noch ihre goldene Hochzeit feiern konnten, spielte ihr grosser Gemüse- und Früchtegarten, ihr Kiebinger Gütle im Tübinger Umland eine wichtige Rolle. Zur

Erntezeit, oder einfach zum Grillen waren sie über die Jahre immer wieder herzliche und großzügige Gastgeber für Studenten, Mitarbeiter, Kollegen und Besucher.

Beide haben auf ihren häufigen Reisen nach Ungarn Kontakt mit Familie und mit Freunden aufrechterhalten. Die Verbundenheit mit Ungarn spiegelt sich auch wieder in einem Preis, den Deszö Varjú für wissenschaftlich begabte Schüler in seinem Heimatland gestiftet hat.

Deszö Varjú hat viele auf den Weg gebracht. An seinem aussergewöhnlichen Lehrstuhl hat er einen freien Raum geschaffen für unkonventionelle Ideen und um Neues auszuprobieren. Alles konnte in Frage gestellt werden, aber beim Experimentieren musste ordentlich gearbeitet werden und die Ergebnisse wurden konsequenter Kritik unterzogen.

Er hat uns machen lassen und uns hart trainiert. Wir erinnern uns daran und sind ihm dankbar dafür. Er lebt weiter in der Art, wie wir denken.

(mit Dank an Almut Kelber, Franz Huber, Fritz-Olaf Lehmann, Gerbera Nalbach, Hans-Ortwin Nalbach, Heide Varjú, Johannes Zanker, Karl-Peter Hadeler, Walter Junger, Waltraud Pix, Willi Ribi und Wolf-Rüdiger Voss).

Jochen Zeil
Professor of Ecological Neuroscience
The Australian National University
Canberra, Australia
jochen.zeil@anu.edu.au

Nachruf auf Ernst Zebe
1. 2. 1926 – 31. 10. 2013

Gerd Gäde und ManfredGrieshaber

Mit Professor Dr. Ernst Viktor Christoph Zebe verstarb am 31.10.2013 drei Monate vor seinem 88. Geburtstag einer der wenigen deutschen Zoologen, die noch die ''Stoffwechselphysiologie der Tiere'' in Forschung und Lehre vertreten konnten. Ernst Zebe wurde als ältestes von drei Kindern des Studienrates Dr. Viktor Zebe und seiner Ehefrau Alfriede, geb. Reinsdorff, am 1. Februar 1926 zu Trebnitz in Schlesien geboren. Die Eltern, mit einem sehr an der Natur interessierten Vater, der Schmetterlinge züchtete, eine große Insektensammlung anlegte und mehrere Publikationen über die Brutbiologie des Schlangenadlers verfasste (1), ermöglichten ihrem Sohn, Kindheitserlebnisse in Wald und Flur zu sammeln. Diese Impressionen prägten nachhaltig die meisten Phasen des Lebens von Ernst Zebe. Der Krieg jedoch zwang ihn zunächst in eine andere Lebenserfahrung.

Foto privates Bildarchiv

Noch kurz vor dem Abitur wurde er im Alter von 17 Jahren in das ''letzte Aufgebot'' des Nazi-Militärregimes zum Einsatz an die Westfront eingezogen, wo er gegen Ende des Krieges in kanadische Kriegsgefangenschaft geriet. Nachdem er belgischen Truppen überantwortet worden war, musste er länger als ein Jahr als Kriegsgefangener unter erbärmlichen und körperlich härtesten Bedingungen in einem Kohlebergwerk bei Lüttich unter Tage arbeiten. Sein ausgeprägter Beharrungswille ermöglichte ihm aber im November 1946 eine abenteuerliche Flucht in die ,,amerikanische Zone'' Deutschlands, wo ihn ein verständnisvoller US-Soldat innerhalb von Minuten mit den erforderlichen Papieren in die Freiheit entließ.

Sofort belegte Ernst Zebe einen gymnasialen Sonderkurs für Kriegsteilnehmer in Biedenkopf an der Lahn, wo er 1947 die Reifeprüfung bestand. Darauf zog er zu seinen Eltern, die nach ihrer Flucht aus der schlesischen Heimat in Mainz ansässig geworden waren. Im Wintersemester 1947/48 immatrikulierte er sich an der Jo-

hannes-Gutenberg-Universität zu Mainz, wo er auch sein gesamtes, achtsemestriges Studium verbrachte. Er belegte die Fächer Zoologie, Botanik, Chemie und Physik. Zunächst überwogen noch die botanischen Interessen des jungen Studenten; nicht überraschend, publizierte er bereits 1949 seine erste wissenschaftliche Arbeit über die Wurzeltypen von Sandpflanzen (2). Gegen Ende seines Studiums widmete er sich der Biochemie, und seit dieser Zeit beschäftigte er sich mit den physiologischen und biochemischen Mechanismen des Stoffwechsels wirbelloser Tiere, ohne dabei den gesamten Organismus aus den Augen zu verlieren. Auf Anregung von Professor Wolfgang v. Buddenbrock begann Ernst Zebe im achten Semester seine eigene wissenschaftliche Laufbahn mit einer wegweisenden, experimentellen Arbeit über die eigentümlichen Stoffwechselverhältnisse der Energiegewinnung bei Schmetterlingen während des Fluges. In seiner Doktorarbeit bestimmte er den Sauerstoffverbrauch und die CO_2-Abgabe ruhender und fliegender Schmetterlinge. Aus den beiden Messgrößen berechnete er den respiratorischen Quotienten und wies damit für mehrere Schmetterlingsarten die fast ausschließliche Ausnutzung von Fetten für die Energiegewinnung während des Fluges nach. Am 6. November 1953 wurde Ernst Zebe mit der Dissertation „Untersuchungen über den Stoffwechsel von Lepidopteren“ an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Johannes-Gutenberg Universität zu Mainz mit „*summa cum laude*“ promoviert.

Die vermutete höhere Umsatzgeschwindigkeit des Kohlenhydratstoffwechsels gegenüber dem Fettstoffwechsel konnte an Hand der präzise gemessenen, niedrigen RQ-Werte widerlegt werden (3,4). Einige der speziell bei Insekten ablaufenden metabolischen Reaktionen, wie z. B. die effiziente Umwandlung von Kohlenhydraten in Fette, bzw. die Nutzung von Aminosäuren zur aeroben Energiegewinnung, konnten in der Dissertation nicht beantwortet werden. Sie boten sich aber für Fragestellungen zukünftiger wissenschaftlicher Arbeit an.

Im Anschluss an seine Promotion erhielt Ernst Zebe 1954 ein DFG-Forschungsstipendium, das ihn für ein Jahr an das Physiologisch-Chemische Institut der Universität Marburg führte. Dort hatte sich bereits eine illustre, kongeniale Gruppe von Nachwuchswissenschaftlern unter der Leitung von Professor Theodor Bücher versammelt. Dank der hervorragenden Ausstattung des Instituts, sowie einer großzügigen Vergabe von Stipendien seitens der DFG und weiteren Geldgebern – in einer Publikation dieser Gruppe wurde nicht weniger als zehn unterstützenden Einrichtungen gedankt– konnte der DFG-Stipendiat nahtlos an seinen noch aus der Dissertation offen stehenden Fragestellungen weiterarbeiten. Dabei erwies sich die von ihm als Versuchstier ausgewählte Wanderheuschrekke, *Locusta migratoria*, von der er eine kleine Population in einem Käfig auf einem Motorroller von Mainz nach Marburg mitgenommen hatte, als hervorragend geeignet.

Mit der Analyse der Verteilungsmuster von Enzymen in verschiedenen Organen des Stoffwechsels der Wanderheuschrekke begann die experimentelle Arbeit, die

auch durch elektronenmikroskopische Untersuchungen ergänzt wurde (5,6). Die analytische Auswertung dieser Enzymverteilungsmuster und der entsprechenden Metabolitspiegel kann bei den verschiedensten Tierarten die Umsatzgeschwindigkeiten bestimmter Reaktionen widerspiegeln, die wiederum mit Hilfe von Fließgleichgewichten zeigen können, wie sich der Strom der Metabolite in den Verzweigungspunkten der Stoffwechselwege teilt. „Diese Phänomene können durchaus den morphologischen Mustern zur Seite gestellt werden" erkannten bereits damals die Autoren. Darüber hinaus folgerten sie, dass der Stoffwechsel einer bestimmten Tierart erst deren Anpassung an bestimmte, manchmal extreme Umweltbedingungen erlaubt. Auch können Arten, die an extreme Standorte angepasst sind, bestimmte biochemische und physiologische Mechanismen des Stoffwechsels deutlicher zeigen, als die bekannten Labortiere. Ernst Zebe verfolgte in Marburg als Post-Doc weiter seine frühen Mainzer Befunde, die erstmalig zeigten, dass Homogenate aus den Flugmuskeln der Wanderheuschrecke α-Glycerophosphat mit besonders hoher Geschwindigkeit veratmen (7). Vertiefende Untersuchungen über den funktionellen Aspekt der löslichen und partikulären α-Glycerophosphat Dehydrogenase führten schließlich zur Funktionsanalyse des α-Glycerophosphat-Cyclus (Glycerin-1-P-Cyclus), der beschreibt, wie Wasserstoff aus dem extra-mitochondrialen Raum in die Atmungskette eingeschleust wird (8).

Mit einem Forschungsstipendium der National Academy of Science (Washington, D.C.) konnte Ernst Zebe seine Arbeit von 1955 bis 1957 am Department of Zoology der University of Wisconsin in Madison, Wisconsin bei Professor W. H. McShan fortsetzen. Vergleichende Untersuchungen über die extra- und die intramitochondrialen Glycerin-1-phosphat-Dehydrogenasen und Laktatdehydrogenasen bestätigten den in Marburg erhobenen Befund: in allen untersuchten Arten waren die Aktivitäten der Glycerin-1-phosphat-Dehydrogenasen hoch, während die Laktatdehydrogenase nur äußerst geringe Aktivitäten zeigte. Die Autoren interpretierten den Glycerin-1-P-Cyclus als ein metabolisches System, das mit beginnendem Flug die sofortige und direkte Verwendung reduzierender Metabolite zur Energiegewinnung katalysiert, ohne gleichzeitig hohe Konzentrationen von Zwischen- oder Endprodukten zu akkumulieren. Damit beschrieb Ernst Zebe die besondere Bedeutung eines Stoffwechselweges, der bei einer Tierart bzw. einem bestimmten Organ aufgrund der Wichtigkeit für seine Lebensweise in einem extremen Lebensraum auffällig ausgeprägt ist (9). Mit dieserPublikation beendete er seinen USA-Aufenthalt und ein erneut bewilligtes DFG-Stipendium erlaubte es ihm, seine wissenschaftliche Arbeit am Physiologisch-Chemischen Institut der Marburger Universität wieder aufzunehmen.

Dort weitete Ernst Zebe gemeinsam mit seinen Arbeitskollegen die Untersuchungen über den Energiestoffwechsel von Insekten aus, wobei die Spezialisierung verschiedener Muskeltypen im Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses stand. Besonders am Beispiel der Wanderheuschrecke lassen sich die

extremen funktionellen und strukturellen Besonderheiten deutlich machen. So konnten deren Flugmuskeln als hochgradig aerob und ausdauernd arbeitendes Gewebe, die Sprungmuskeln dagegen als vorwiegend anaerob, kurzfristig jedoch zu hoher Leistung fähiges Organ gegenüber gestellt werden. Am Beispiel der Strukturen der Sprung- und Flugmuskulatur, der aeroben und anaeroben metabolischen Ausstattung der Zellen sowie dem Enzymverteilungsmuster der beiden Muskeltypen wurden diese Aussagen experimentell belegt und programmatisch festgestellt, ,,dass die chemische Struktur ebenso charakteristisch für ein Gewebe ist wie seine morphologische'' (10). Aus den Marburger Arbeiten wurde die Theorie abgeleitet, dass die Kenntnis von Extrem- und Spezialentwicklungen auch ein wertvolles Hilfsmittel liefern kann, um Erscheinungen zu studieren, die bei Labortieren gewöhnlich nicht so zu Tage treten oder aus anderen Gründen schwer zugänglich sind. ,,Das beste Beispiel dafür bietet der Glycerin-1-phosphat-Zyklus, der zwar auch in den Wirbeltiermuskeln vorkommt, dessen Bedeutung aber erst durch seine besondere Ausbildung in den Flugmuskeln der Insekten erkannt wurde'' (11). Diese beiden Theorien sollten auch in Ernst Zebes späteren Analysen des Stoffwechsels von wirbellosen Tieren im Mittelpunkt seiner wissenschaftlichen Arbeit stehen.

Zunächst jedoch zog es Ernst Zebe von der Marburger Universität nach Heidelberg an die ehrwürdige, 1386 gegründete Ruperto Carola. Dort war 1959 Professor Franz Duspiva an das Zoologische Institut berufen worden. Er bot 1960 Ernst Zebe die Stelle eines Wissenschaftlichen Assistenten an, die dieser auch annahm, allerdings erst nach reiflicher Überlegung. Sollte er nicht besser den Angeboten von Professor Jochen Autrum aus dem Zoologischen Institut der Ludwig-Maximilian-Universität, München, bzw. jenem von Professor Franz Büchner aus Freiburg folgen? Ernst Zebe war sich aber sicher, dass für seine zukünftige Arbeitsrichtung die Entwicklung spezieller chemischer und physikalischer Methoden zur Lösung biochemischer Fragestellungen auf zellulärer Ebene ebenso wichtig war, wie die Verfügbarkeit eines Elektronenmikroskops zur Untersuchung des Feinbaus von biologischen Strukturen. Diese Arbeitsrichtung prägte auch die Untersuchungen von Franz Duspiva (12). Dieser Entwurf seines zukünftigen Arbeitsgebiets und eine gute apparative Ausstattung des Zoologischen Instituts bewogen Ernst Zebe, sowohl das Münchner als auch das Freiburger Angebot höflich abzulehnen. Ernst Zebe arbeitete sich, wenn auch manchmal mit sichtbarer Ungeduld, in die Methodik der damals in Mode gekommenen Elektronenmikroskopie ein. Er kombinierte sie mit histochemischen Methoden, mit deren Hilfe bestimmte enzymatische Reaktionen elektronenoptisch in der Feinstruktur der Zelle zu lokalisieren und damit Enzyme auf Grund ihrer Aktivität in einem bestimmten, definierten Zellkompartiment nachzuweisen sind. Entsprechend der in seiner Post-Doc-Zeit gemachten Erfahrung nutzte er diese neue Technik zur Lokalisation ATP-spaltender Reaktionen. Gemeinsam mit dem Botaniker und Elektronenmikroskopiker Heinz Falk publizierte Ernst Zebe in den

kommenden Jahren die Feinheiten der nicht einfachen Methode und beschrieb ihre Brauchbarkeit für die genaue Lokalisation ATP-spaltender Reaktionen in der Feinstruktur einzelner oder isolierter Fasern der indirekten Flugmuskulatur der Schmeißfliege, *Phormia regina,* und dem Psoas der Maus. Die für die Muskelkontraktion notwendige ATPase-Aktivität konnte durch Fällung des enzymatisch freigesetzten anorganischen Phosphats mittels Pb^{++} im A-Band und in der Z-Scheibe des Muskels sowohl in den Mitochondrien als auch in den Membranen des Longitudinal- und Transversalsystems des sarcoplasmatischen Reticulums nachgewiesen werden (13,14,15). Mit diesem Themenkomplex, den Ernst Zebe den Mitgliedern der DZG 1966 vortrug (16) und der Teil seiner Habilitationsschrift „Zur Lokalisation Adenosintriphosphat-spaltender Reaktionen in der Ultrastruktur von quergestreiften Muskeln" war, habilitierte er sich im Sommersemester 1963 an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Heidelberg.

Die Verleihung der *Venia legendi* an Ernst Zebe war natürlich mit einer Lehrbelastung für den Dozenten verknüpft, die deutlich mehr Stunden umfasste, als jene zu seiner Assistentenzeit. Die Vorlesung „Einführung in die Neurobiologie I und II" war ein völliges Novum an diesem Institut, an dem ansonsten nur vegetative Physiologie gelehrt wurde. Das physiologisch-chemische Praktikum sprengte fast jeden zeitlich begrenzten Stundenrahmen, war aber in seiner Gegenüberstellung von neuen und althergebrachten Versuchen faszinierend. Welcher Studierende der Zoologie hat z. B. damals schon Jod aus einer Hornalge (*Gorgonaria spec.*) isoliert und Laktat in der Sprungmuskulatur von ruhenden bzw. bis zur Erschöpfung gesprungenen Wanderheuschrecken bestimmt? Die anschließende ausführliche Besprechung der Protokolle war gefürchtet, da letztere meist gnadenlos zerrissen wurden. Selbst ein Plagiat, das aus einer Publikation des Lehrenden stammte, hielt seiner strengen Zensur nicht stand, da der Schüler manches besser machen sollte als der Meister. Seinen Doktoranden und Post-Docs, die sich mit der Muskulatur der Miesmuschel, der des Regenwurms oder der Schmeißfliege beschäftigten, war Ernst Zebe dagegen ein geduldiger und immer ansprechbarer Lehrer. Am zugänglichsten war er auf Exkursionen, die er zusammen mit den Professoren Duspiva und Schremmer leitete. Die Exkursionen gingen nach Split und Rovinj sowie in den Schwarzwald und die Vogesen; sie hatten maritimen, limnischen oder montanen Charakter. Unvergessen sind besonders jene Tage, an denen man ihn in die Alpen begleiten durfte.

Die Publikationen von Ernst Zebe erregten die Aufmerksamkeit nicht nur der Zoologen in Deutschland. Auch seine Vorträge auf internationalen Kongressen zogen Zuhörer an und die Einladungen zu Vorträgen außerhalb des Hauses häuften sich. So konnte es nicht ausbleiben, dass im WS 1968 an Ernst Zebe ein ehrenvoller Ruf auf das Ordinariat für Tierphysiologie an der Westfälischen-Wilhelms-Universität in Münster als Nachfolger von Professor Bernhard Rensch erging.

Seine organisatorische Tätigkeit bewies Ernst Zebe zunächst am Aufbau des neuen Instituts am Hindenburgplatz. Das

Gebäude war viele Jahre für die organische Chemie zugeschnitten gewesen, inzwischen aber heillos veraltet und heruntergekommen; für eine stoffwechselphysiologische Ausrichtung bedurfte es einiger Umbauten, die er mitkonzipierte und deren Ausführung er auch teilweise überwachte. Es mussten mehrere moderne Geräte für den Lehrstuhl angeschafft und Praktika aufgebaut werden, deren Inhalt für die Münsteraner Studenten völlig neu war. Trotz seines etwas trockenen, dozierenden Vorlesungsstils, erfreuten sich seine Vorlesungen zur Stoffwechsel-, Muskel- und Sinnesphysiologie großer Beliebtheit unter den Studierenden. Oft gehört war seine Vorlesung ,,Die Biologie einheimischer Tiere'', in der vor allem für angehende Lehrer ein umfassendes Wissen über Verhaltensweisen, Physiologie und Biochemie, nicht von dem Frosch und der Schnecke sondern von *Rana temporaria* und *Helix pomatia*, gelehrt wurde. In den Praktika allerdings wurde die Spreu vom Weizen getrennt. Ernst Zebe und seine Assistenten stellten hohe Anforderungen an das in Vorlesungen und Praktikumsbesprechungen erworbene Wissen sowie an das experimentelle Geschick der Studierenden.

Der Anfang der Münsteraner Zeit, 1968, zeichnete sich durch einige Besonderheiten am Fachbereich Biologie der Westfälischen-Wilhelms-Universität aus: die Standesgruppe der Professoren war am wenigsten homogen, da einige der ,,Primadonnen'' permanent miteinander in Fehde lagen; die Assistenten schlugen sich häufig auf die Seite der stark engagierten Studenten, so dass z.B. ein Student (und eben nicht ein C4 Professor) den Vorsitz der Kommission für Lehre und studentische Angelegenheiten inne hatte. Dies war nicht nach dem Geschmack von Ernst Zebe. Obwohl die Arbeit in den Gremien nicht sein Metier war (Originalzitat: ,,dieses Parkett ist mir zu glatt''), verschloss er sich den Aufgaben der Selbstverwaltung nicht, übernahm turnusmäßig auch das Amt des Dekans und füllte diese Funktion präzise und geradlinig aus.

Ernst Zebe hat eine große Anzahl an Staatsexams-, Diplom- und Doktorarbeiten betreut; jedoch keiner seiner ,,Schüler'' hat in Deutschland eine C4-Stelle besetzt. Es lag wohl daran, dass zwischen Ende der 70er Jahre und 1992 fast alle tierphysiologisch ausgeschriebenen Lehrstühle an Neuro- oder Sinnesphysiologen vergeben wurden, nicht zuletzt deshalb, weil deren mächtige Altherrenriege über größere Eloquenz verfügte oder mehr im Vordergrund der DZG stand und ihre Kandidaten daher besser ,,verkaufen'' konnte. Ernst Zebe hat natürlich mit der geleisteten Forschung Eingang in die Lehrbücher gefunden und auch mit seiner Arbeitsgruppe Einfluss auf die deutsche Zoologie genommen. Er war als pragmatischer, unbestechlicher Gutachter gefragt und hat auf diesem Wege die Geschicke der Zoologie in Deutschland aus dem Hintergrund mit gelenkt. Aber er blieb dabei immer bescheiden, stellte seine eigene Person in den Dienst der Sache und niemals darüber.

Anfang 1970 kristallisierten sich die Hauptforschungsgebiete der Arbeitsgruppe Zebe heraus: ,,Stoffwechsel unter Extrembedingungen, besonders bei Sauerstoffmangel'' sowie ,,Biochemische und

physiologische Mechanismen ökologischer Anpassung". Während Doktoranden verschiedene Muschelarten und Süßwasseranneliden untersuchten, entlockte Ernst Zebe in seinem ersten Forschungssemester in Münster dem Wattwurm *Arenicola marina* seine stoffwechselphysiologischen Geheimnisse und legte damit die Grundlage für sein zukünftiges Forschungsgebiet. Kurz zuvor war dem Fachbereich Biologie von der Universität Münster ein Haus in Carolinensiel an der Nordseeküste direkt hinter dem Winterdeich als Exkursionsstätte übereignet worden. Vor dieser Station konnte man Ernst Zebe mit dem Spaten nach dem Wattwurm grabend entdecken. Der tiefe Wattboden sowie die unbändige Kraft des Grabenden haben so manchen Spatenstiel zerbrechen lassen. Nach erfolgreicher Materialbeschaffung, manchmal mitten im Winter bei klirrendem Frost, zog er sich im Münsteraner Institut in sein „Cheflabor" zurück und wurde für Wochen nicht mehr gesehen.. Das Ergebnis konnte sich nach einjähriger Arbeit sehen lassen: Hauptendprodukt des anaeroben Glucose-Abbaus beim Wattwurm ist die flüchtige Fettsäure Propionat, die sowohl im Gewebe angehäuft als auch ins umgebende Wasser abgeschieden wird (17). Dies war ein völlig neuer Befund bei freilebenden Anneliden und erinnerte an die Situation bei bestimmten Darmparasiten, deren anaerober Stoffwechsel bislang als einmalige Sonderentwicklung galt. Der Wattwurm und weitere marine Invertebraten sollten noch für Jahrzehnte beliebte Studienobjekte der Gruppe bleiben. In einer seiner letzten Arbeiten fasst Ernst Zebe in einem Übersichtsartikel die Befunde am Wattwurm als Modelltier für Stoffwechsel in Sedimenten zusammen (18).

Ernst Zebe und seine Mitarbeiter wurden international mit ihren Arbeiten bekannt, die sich mit Tieren beschäftigten, deren anaerobes Endprodukt nicht Laktat sondern Kondensationsprodukte einer Aminosäure (Arginin, Alanin, Glycin oder Taurin) mit der Ketosäure Pyruvat sind, nämlich die sog. Opine wie Oktopin, Alanopin, Strombin oder Taurin (19). Andere Tiere überleben ohne Sauerstoff wie Hefen: sie produzieren Äthanol, wie z. B. eine Mückenlarve und auch einige Süßwasserfische. Die lesenswerten Ergebnisse über den anaeroben Stoffwechsel extrem angepasster Tiere begründeten 1974 sicher maßgeblich seine Berufung auf den Lehrstuhl für Tierphysiologie an der Universität Heidelberg in der Nachfolge von Professor Duspiva. Nach kurzer Verhandlung lehnte er jedoch diesen ehrenvollen Ruf ab.

Im folgenden Freisemester arbeitete Ernst Zebe an der meeresbiologischen Station Friday Harbour. Dort verglich er den anaeroben Stoffwechsel zweier im Schlick lebender Krustazeen, *Upogebia pugettensis* und *Calianassa californiensis*. Wie bei unzähligen anderen Krebsen produzieren auch diese beiden Arten auf dem allbekannten Stoffwechselweg der Glykolyse als einziges Endprodukt des Abbaus von Glykogen unter Sauerstoffentzug Laktat. Das war nicht weiter aufregend. Interessanterweise konnte er aber nachweisen, dass die Produktionsrate von Laktat einher ging mit Biotop und Lebensweise der Arten (20). Dieser ökophysiologischen Ausrichtung der Forschung sollte

in Zukunft noch größere Bedeutung zugemessen werden.

Ein weiteres Beispiel seiner ,,Forschung im Alleingang'' mit überraschendem Ergebnis oder neuer Ausrichtung der Forschung sei im Folgenden beschrieben. Gleich nach seiner Emeritierung flog Ernst Zebe nach Südafrika, wohin es einen seiner ehemaligen Doktoranden als Lehrstuhlinhaber für Zoologie an die Universität Kapstadt verschlagen hatte. Für ein halbes Jahr untersuchte Ernst Zebe dort den Flugstoffwechsel des Fruchtkäfers *Pachnoda sinuata*: Im Gegensatz zu seinen Untersuchungen zu Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn konnte er nachweisen, dass weder Kohlenhydrate noch Lipide von den kontrahierenden Flugmuskeln als energielieferndes Substrat genutzt werden, sondern hauptsächlich die Oxidation der Aminosäure Prolin das nötige ATP dazu liefert (21). Damit rundete er nach vielen Jahren seine ersten Analysen zum Energiestoffechsel von Insekten ab.

Er genoss die Zeit am Kap sehr. Er entdeckte für sich die üppige Pflanzenwelt der Kapregion. Botanik hat ihn seit seiner Jugend immer fasziniert und hier erlebte er eine besondere Fülle von Arten auf kleinster Fläche. Er unternahm lange Wanderungen am Tafelberg und verfolgte genauestens die Biodiversität dieses Pflanzenreiches..

Seine Naturverbundenheit ist auch dadurch charakterisiert, dass er Urlaubsziele immer nach botanischen oder/und zoologischen Gesichtspunkten aussuchte. Er musste aktiv durch die Natur wandern und besondere Arten sehen und begutachten. Dies konnte er besonders eingehend in der Umgebung seines Zweitwohnsitzes in Seibersbach im Hunsrück. Hier bearbeitete er durch Sammeln und Photographieren die Lepidopterenfauna um Seibersbach. Dem Besucher zeigte er stolz sein Flugfallensystem und die imposante Photoausrüstung sowie die hochkarätigen Photos. Bis zu seinem Tod zog es ihn immer wieder in dieses Refugium in Seibersbach. Dort fühlte er sich wohl, war unterwegs in Wald und Flur und ging weiterhin seinem Beruf als Hobby nach.

Ernst Zebe ist nach kurzer Krankheit in Münster verstorben. Er wird seinen früheren Mitarbeitern und den physiologisch arbeitenden Biologen und Chemikern in Deutschland und in vielen Ländern der Welt als wohl einer der letzten umfassenden Stoffwechselphysiologen in Deutschland im Gedächtnis bleiben. Wir trauern um Ernst Zebe mit seiner Frau Hannelore und seinen Kindern Christiane und Wolfgang.

(Aus Platzgründen kann das Literaturverzeichnis nur in der digitalen Version der Mitteilungen eingesehen werden: http://www.dzg-ev.de/de/publikationen/mitteilungen_zoologie.php)

Prof. Dr. Gerd Gäde
Universität Kapstadt
gerd.gade@uct.ac.za

Prof. Dr. Manfred K. Grieshaber
Heinrich-Heine Universität Düsseldorf
griesha@uni-duesseldorf.de

Nachruf auf Klaus Fischer
7. 3. 1936 – 15. 12. 2013

Hans J. Rolf und Rüdiger Hardeland

Am 15. Dezember 2013 verstarb Professor Dr. Klaus Fischer unerwartet im Alter von 77 Jahren. Sein plötzlicher Tod riss ihn aus seinen Zukunftsplänen, zu denen neben geplanten Exkursionen nach Skandinavien auch die Fertigstellung eines umfangreich angelegten Buches über Biologie, Geweihzyklus und weitere Jahresrhythmen beim Damwild gehörte. Mit ihm verlieren wir nicht nur einen hervorragenden Tierphysiologen mit breiten wissenschaftlichen Interessen, sondern auch einen Menschen, dem die Liebe zur Natur und ihren Geschöpfen von hoher Bedeutung war. Er verstand sich selbst als Bewunderer von Konrad Lorenz und nicht zuletzt deshalb war ihm der artgerechte Umgang mit den lebendigen Wesen immer besonders wichtig. Nicht allein aufgrund der konzeptionellen Vorteile, sondern auch aus einem inneren Antrieb heraus arbeitete er in einer wichtigen Schaffensphase mit handaufgezogenen Tieren, weil deren Vertrautheit ihm bis dahin ungeahnte Möglichkeiten regelmäßiger und langfristiger Untersuchungen eröffnete.

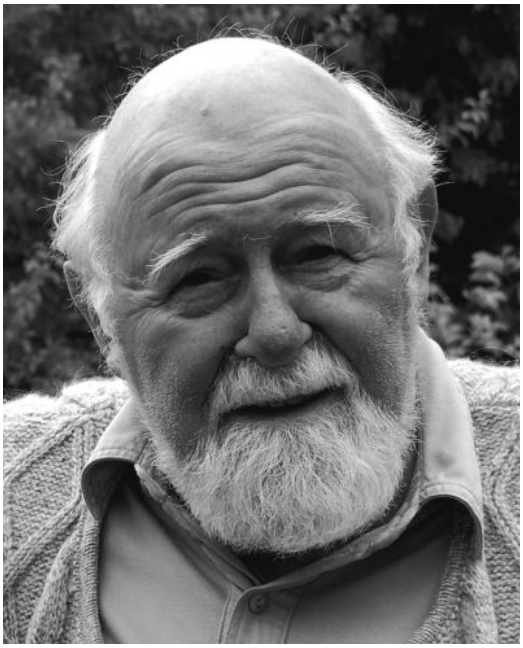


Foto: privates Bildarchiv Norbert Fischer

Der Schwerpunkt seiner Forschungsarbeiten lag auf dem Gebiet der Saisonalität, unter Einbeziehung circannualer und circadianer Rhythmen und deren Regulation durch die Photoperiode. Um die saisonalen Änderungen am und im Organismus zu erfassen, untersuchte er mit seiner Arbeitsgruppe die verschiedensten anatomischen, histologischen, endokrinologischen und hämatologischen Parameter unter natürlichen sowie künstlich veränderten photoperiodischen Bedingungen.

Mit den Fragestellungen der Chronobiologie kam Klaus Fischer bereits im Rahmen seiner Dissertation in Freiburg mit Georg Birukow in Berührung, dem er im Anschluss an dessen Berufung nach Göttingen dorthin folgte. Hier wurde er dann 1961 mit einer Arbeit über die Sonnenkompassorientierung und Laufaktivität von Smaragdeidechsen promoviert. In seinen frühen Experimenten dressierte er die Tiere auf Kompassrichtungen und untersuchte die Beeinflussung der Orientierung durch

Phasenverschiebungen der circadianen Uhr.

Nach einigen Monaten als DFG-Stipendiat ging er von 1962 bis 1963 als Postdoktorand an die Duke University, Durham, North Carolina, wo er über die Sonnenkompassorientierung von Meeresschildkröten arbeitete.

Nach seiner Rückkehr aus den USA erhielt er zum Oktober 1963 eine Assistentenstelle am damaligen I. Zoologischen Institut in Göttingen, habilitierte sich 1968 und wurde noch im selben Jahr zum Oberassistenten ernannt. Die Ernennung zum apl. Professor erfolgte im September 1977 und im Dezember 1978 wurde ihm eine C3-Professur übertragen. Im Rahmen dieser Professur baute er eine eigenständige Arbeitsgruppe für vergleichende Hormonphysiologie auf, die er bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand im Jahr 2001 leitete.

In den ersten Jahren am I. Zoologischen Institut in Göttingen führte Klaus Fischer seine Arbeiten zur Jahresrhythmik zunächst an Ruineneidechsen fort. Im Vordergrund standen dabei die histologischen und physiologischen Änderungen des Reproduktionssystems und deren spezifische Kontrolle durch Photoperiode und Temperatur. Gegenstand seiner experimentellen Arbeit war in dieser Zeit nicht zuletzt auch die Unterscheidung zwischen exogen gesteuerten Faktoren und endogen-circannualen Komponenten in ihrem zeitlichen Auftreten und in der Dauer von Progressions- und Regressionsphasen. Diese Untersuchungen zum Photoperiodismus führten, dem damaligen Fortschritt der Erkenntnis folgend, zu einem besonderen Interesse an extraretinalen Einflüssen, was für ihn nicht nur das Pinealorgan betraf, sondern auch in besonderem Maße die Lichtperzeption durch zerebrale Photorezeptoren in den Fokus rückte.

Darauf aufbauend wählte er als nächstes Versuchsobjekt ein Tier mit bekanntermaßen besonders ausgeprägter Jahresrhythmik, den Siebenschläfer. Seine interessantesten Arbeiten hierzu basierten auf Experimenten, bei denen die Tiere bei der Wahl ihres Aufenthaltsortes zwischen Licht und Dunkelheit selbst entscheiden konnten. Mit diesen Versuchen war es ihm möglich, Erkenntnisse über freilaufende Rhythmen zu gewinnen, die sowohl auf circadianer als auch circannualer Basis unter bestimmten Bedingungen auftreten.

Einer der wichtigsten Schritte in der wissenschaftlichen Laufbahn von Klaus Fischer erfolgte in den 1980er Jahren, als er sich den Europäischen Damhirsch (*Cervus dama*) als Versuchstier seiner Studien zu Saisonalität und circannualen Rhythmen wählte. Im Institut waren seine damaligen Kollegen zunächst überrascht, dass er sich ein derart großes, raumbedürftiges und scheinbar „unhandliches" Tier für seine weiteren Studien ausgesucht hatte, das sich zudem auch nur vergleichsweise langsam reproduzieren konnte. Seine Überlegungen hierzu waren allerdings sehr wohl begründet. Als passionierter Jäger konnte er gewissermaßen eines seiner „Hobbies" in den Beruf integrieren, indem er seine Erfahrung mit den heimischen Cerviden und seine intensiven, freundschaftlichen Kontakte zur Niedersächsischen Jägerschaft und zum Institut für Wildbiologie und Jagdkunde der Göttinger Universität gleichermaßen in seine Forschungen einbeziehen und auch noch ausbauen konnte.

Die Göttinger Wildbiologen waren es auch, die ihm als Erste ein Gehege für seine Damhirsche zur Verfügung stellten, wo er die Möglichkeit hatte, individuelle Langzeitstudien an den Tieren durchzuführen. Nicht zuletzt handaufgezogene Tiere erlaubten es ihm, eine bemerkenswert große Anzahl an Parametern über Jahre hinweg an bestimmten Individuen zu studieren. Der freundschaftliche und fast schon familiäre Umgang, den Klaus Fischer in seiner Arbeitsgruppe mit seinen Diplomanden und Doktoranden pflegte, war die eigentliche Basis für den arbeitsintensiven und letztlich äußerst erfolgreichen Aufbau einer größeren Herde von Damhirschen für Forschungszwecke, die zeitweilig eine Anzahl von 30-40 Tieren erreichte. Mit Unterstützung der landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen und der tatkräftigen Hilfe seiner Arbeitsgruppe konnte er in Holtensen bei Göttingen einen Komplex von größeren und kleineren Gehegen errichten, in dem die Hirsche einerseits für die Untersuchungen leicht zugänglich waren, andererseits aber auch ausreichend Freigelände zur Verfügung hatten.

Enttäuscht von der Förderpraxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die ihn zwar anfangs unterstützt, später aber beim Umstieg auf Arbeiten mit Cerviden eine weitere Förderung versagt hatte, finanzierte er seine Forschung aus anderen Quellen. Er war dankbar, dass er die notwendige Unterstützung für seine Ideen über lange Jahre aus den Kreisen der Jägerschaft erhielt und so das Fortbestehen seiner Arbeitsgruppe gesichert war. Die so eingeworbenen Mittel wurden überwiegend für den Unterhalt und die medizinische Versorgung der Tiere verwendet. Die größte Herausforderung war zu dieser Zeit für alle Diplomanden und Doktoranden die ständige Suche nach Möglichkeiten für eine weitere Unterstützung der Arbeitsgruppe, sei es durch Kooperationen mit anderen Forschungsgruppen oder durch Sachspenden von verschiedenen Firmen.

Die Forschungsansätze, die Klaus Fischer mit seiner Arbeitsgruppe auf diese Weise verwirklichen konnte, führten zu geradezu einzigartigen Studien und Erkenntnissen über die Fähigkeiten von Wirbeltieren, sich veränderten photoperiodischen Bedingungen anzupassen. In jahrelangen Experimenten mit verkürzten photoperiodischen Jahreszyklen, bei denen er zum Beispiel eine Gruppe von Hirschen in einem Versuchsstall unter künstlicher Beleuchtung gehalten hat, wurden die zeitliche Komprimierbarkeit von Jahresrhythmen und deren Grenzen offenkundig.

Bedauerlicherweise wurden diese Daten unter den Chronobiologen nicht in gebührender Breite wahrgenommen, was höchstwahrscheinlich dem für diese Forschungsrichtung eher ungewöhnlichen Versuchstier geschuldet werden muss. Unter den Cerviden-Forschern genoss Klaus Fischer allerdings höchste Anerkennung für seine Arbeiten, was unter anderem auch international zu einer engen Kooperation seiner Arbeitsgruppe mit weltbekannten Forschern aus Kanada, Neuseeland, Polen und Tschechien geführt hat. Auch national wirkt das hohe Ansehen von Klaus Fischer bei Jägern und Jagdwissenschaftlern heute noch nach, da er sich besonders intensiv mit der Jahresrhythmik männlicher Damhirsche und dabei speziell mit dem Geweihzyklus beschäftigt hat.

In diesem Zusammenhang hatte er eine besondere Freude daran, dass seine Ideen und Überlegungen zur jährlichen Regeneration des Cerviden-Geweihs zur Grundlage der Forschungen des Mitverfassers dieses Nachrufs, seines Schülers und Freundes Hans J. Rolf, geworden sind, der sich aufbauend auf den Erkenntnissen der Arbeitsgruppe Fischer seit Jahren im medizinischen Bereich mit Knochenstammzellen beschäftigt und mit dem er bis zu seinem Tod einen intensiven Austausch von Ideen pflegte. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe um Hans Rolf, die als Erste nachweisen konnte, dass die alljährliche Geweihregeneration auf der Basis von mesenchymalen Stammzellen funktioniert, haben Klaus Fischer gleichermaßen begeistert wie fasziniert.

Abschließend sollte ein für den Privatmann Fischer sehr trauriges Datum nicht unerwähnt bleiben: Nach einem auf tragische Weise erlittenen Schlaganfall starb die ,,Seele'' seiner Arbeitsgruppe, nämlich seine zweite Ehefrau Ulrike, nach einem längeren Koma am 12. November 1999. Danach zog er sich in vielen Dingen etwas zurück und besann sich auch auf das, was ihm außer seiner wissenschaftlichen Arbeit am meisten bedeutet hatte. Dazu gehörten neben einem intensiveren Kontakt zu seinen Söhnen und deren Familie vor allem ausgedehnte Jagdausflüge und Exkursionen. Er nutzte fortan immer die Gelegenheit, zu Zeiten des Vogelzuges in Nord-und Ostdeutschland mit Fernglas und Spektiv ,,auf Jagd'' zu gehen. Die Ornithologie und ornithologische Exkursionen waren in Ergänzung zur Forschung und zur Jagd eine weitere große Leidenschaft von Klaus Fischer. Die ornithologischen Exkursionen, die er während seiner beruflichen Tätigkeit am I. Zoologischen Institut in Göttingen gemeinsam mit seinem Freund und Kollegen Hans-Jürgen Lang in schöner Regelmäßigkeit organisierte, waren unter seinen Studenten außerordentlich beliebt. Welche Wertschätzung diese Veranstaltungen besaßen, lässt sich daran ermessen, dass die Exkursionen fast immer ausgebucht waren, obwohl sie in der Regel zu einer für Studenten durchaus unüblichen und eher unbeliebten Uhrzeit, nämlich zwischen 3 Uhr und 4 Uhr morgens, begannen.

Jeder, der ihn kannte, wird sich auf seine Weise an Klaus Fischer erinnern und ganz bestimmt seine eigenen, spezifischen Erlebnisse mit diesem angenehmen und liebenswerten Menschen gehabt haben. Als Wissenschaftler wird er uns jedenfalls als kompetenter Ansprechpartner und Ideengeber sehr fehlen. Als Lehrer, Förderer und Freund wird er darüber hinaus eine nicht zu füllende Lücke hinterlassen.

Klaus Fischer wird uns immer als ein freundlicher, liebenswürdiger und anregender Lehrer und Kollege in Erinnerung bleiben. Die Menschen, die ihn kannten, ihm wissenschaftlich und freundschaftlich verbunden waren, vermissen ihn sehr!

Dr. rer. nat. Hans Rolf
Universitätsmedizin Göttingen (UMG)
Arbeitsgruppe Experimentelle Osteologie
Robert-Koch-Str. 40, 37075 Göttingen

Prof. Dr. Rüdiger Hardeland
Institut für Zoologie und Anthropologie
Universität Göttingen
Berliner Str. 28, 37073 Göttingen
rhardel@gwdg.de

Nachruf auf Gerd Weidemann
14. 8. 1934 – 21. 12. 2013

Hartmut Koehler

Am 21. Dezember 2013 verstarb Prof. Dr. Gerhard Weidemann. Mit ihm verlieren wir einen Ökologen, der mit seinen Ideen und Visionen die Ökologie an der Universität Bremen und weit darüber hinaus wesentlich geprägt hat.

Gerd Weidemann promovierte 1964 in Kiel bei Adolf Remane und Berndt Heydemann über die Hautflügler-Familie Proctrotrupidae. Daraufhin war er als Ökologe in der Arbeitsgruppe von Peter Ax an der Universität Göttingen maßgeblich an der Entwicklung des Solling-Projektes beteiligt, dem deutschen Beitrag zum Internationalen Biologischen Programm (IBP). Im Kontext dieses ersten international ausgerichteten Forschungsprogramms auf ökosystemarer Grundlage erforschte Gerd Weidemann die Lebenszyklen und den Energieumsatz dominanter Laufkäferarten des Buchenwaldes.

Im November 1974 wurde er als ordentlicher Professor für Ökologie an die Universität Bremen berufen, wo er eine erfolgreiche Arbeitsgruppe mit den Schwerpunkten Ökosystemforschung, Rekultivierung und Ökotoxikologie aufbaute und sich wesentlich am Aufbau des interdisziplinären Zentrums für Umweltforschung und nachhaltige Technologien (UFT) beteiligte.

Schon frühzeitig war Gerd Weidemann hochschuldidaktisch engagiert. So gehörte er zu den Architekten des Bremer Projektstudiums, jener richtungsweisenden akademischen Lehrform, die den Studierenden

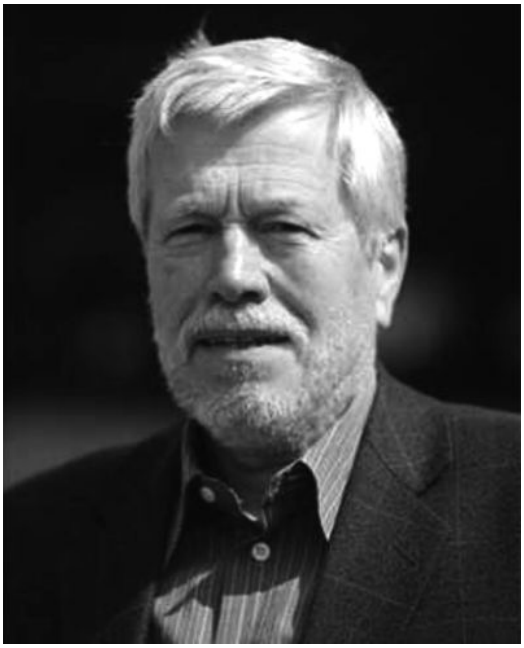


Foto: privates Bildarchiv

ein erhebliches Maß an Selbstverantwortung, Eigeninitiative und Engagement abverlangt und interdisziplinäres Denken fördert. Mit seiner Naturverbundenheit und Artenkenntnis, seiner modernen ökologischen Sichtweise und durch seine menschliche Wärme konnte er die Studierenden für die Ökologie interessieren. Fünf seiner zahlreichen Doktoranden habilitierten sich an der Universität Bremen. Mit dem Projektteam Naturschutz im Agrarraum erhielt er 1994 den Preis für ausgezeichnete Lehre und ihre Innovation (Berninghausen Preis). Ende des Sommersemesters 1999 ging Weidemann in den Ruhestand und übergab

kollegial-freundschaftlich den Stab an seine Nachfolgerin Prof. Juliane Filser, die den so fruchtbar vorbereiteten wissenschaftlichen Boden mit großer Dankbarkeit übernahm.

Die zentralen Lehr- und Forschungsthemen von Gerd Weidemann waren die Weiterentwicklung ökologischer Theorie, Ökosystemforschung, Bodenökologie und Ökotoxikologie. Er vertrat eine holistisch syn-ökologische Sichtweise, bei der die Bedeutung der Interaktionen von Organismen betont und die Komplexität auf unterschiedlichen Maßstabsebenen berücksichtigt werden. Dies führte Gerd Weidemann zur Entwicklung seines systemischen Forschungsansatzes, der interdisziplinäre Kooperation mit anderen Fachdisziplinen, wie Bodenkunde, Chemie und Sozial- und Rechtswissenschaften einschließt. Gerd Weidemanns Forschungskonzeption ist theoriegeleitet mit klaren Begrifflichkeiten, dabei jedoch immer in den naturräumlichen Realitäten verwurzelt.

Aufbauend auf den Erfahrungen aus dem Solling-Projekt entwickelte Gerd Weidemann die Ökosystemforschung an der Universität Bremen. Mit der Einrichtung der Forschungsfläche "Siedenburg'sche Bauschuttdeponie Bremen Walle" etablierte er 1980 die ökologische Langzeitforschung an der Universität Bremen. Der Standort war neben Nationalparks und Großprojekten eines von 17 deutschen Gebieten im weltweiten Netzwerk "Long Term Ecological Research (LTER)''.

Als terrestrischer Ökologe befasste sich Gerd Weidemann intensiv mit den Eigenschaften und Funktionen von Böden als Resultat des Zusammenwirkens von abiotischen Gegebenheiten und den Bodenorganismen sowie mit der Bodenentwicklung als ökosystemarem Prozess (Sukzession). Seine Expertise auf dem Gebiet der Bodenkunde gaben hierfür wesentliche Impulse. Als profunder Kenner der Biodiversität (Wirbellose, Wirbeltiere, Pflanzen) förderte er Artenkenntnis als Grundlage ökologischer Forschung sowohl im allgemeinen Überblick als auch spezialisiert auf Gruppen der Bodenfauna (Protozoen, Nematoden, Collembolen, Bodenmilben, u.a.). Die in den weitreichenden Arbeiten seiner Arbeitsgruppe gewonnenen Erkenntnisse kommen bei der Risikobewertung von Chemikalien und neuen Technologien sowie in Konzepten zur Rekultivierung, Renaturierung und in letzter Zeit bei der Bekämpfung von Bodendegradation und Desertifikation zur Anwendung.

Sein Interesse an den biologischen Systemen der Küsten (Salzwiesen und Dünen) führte ihn zu Forschungen zu den Auswirkungen von Klimaänderung.

Die Ökotoxikologie war ein weiterer Forschungsschwerpunkt von Gerd Weidemann. Er definierte sie als fächerübergreifende Wissenschaft, die sich mit den Auswirkungen von Stoffen auf die belebte Umwelt befasst und hierbei insbesondere den indirekten, nur im Systemkontext hervortretenden Effekten nachspürt. So sah er nicht nur die Wirkung von Chemikalien auf der organismischen Ebene, sondern auch Effekte, die sich auf höheren Organisationsebenen manifestieren, dem Nahrungsgefüge, der ökosystemaren Ebene und dem Landschaftskontext. Übergeordnetes Ziel seiner ökotoxikologischen Arbeiten war es, zu einer Verbesserung der Bioindikation und der Risikoabschätzung und -bewertung von Chemikalien beizutragen und

dies für unterschiedliche Praxiszusammenhänge nutzbar zu machen. Hierbei bezog er auch Position in der politischen Auseinandersetzung insbesondere zu Fragen der Chemikalienregulation und des Naturschutzes.

Neben dieser empirisch dominierten Arbeit war er an der theoriegeleiteten Verallgemeinerbarkeit ökologischer Erkenntnisse interessiert. So gingen von seiner Arbeitsgruppe wichtige Impulse für die ökologische Systemtheorie und Modellbildung aus. Dies umfasst Ökosystem-Simulationen, ökologische Systemtheorie sowie individuenbasierte Modellierung. Das komplexe Themenspektrum der Arbeitsgruppe Ökologie haben seine Doktoranden in dem Band "Bodenökologie interdisziplinär" zu seinem 65. Geburtstag zusammengetragen[1] .

Gerd Weidemann war in Fachverbänden auf Grund seiner Kompetenz und ideenreichen konstruktiven Mitarbeit gerne gesehen. Der Deutschen Zoologischen Gesellschaft gehörte er seit 1964 an.

Zusätzlich zu seinen universitären Tätigkeiten - und verstärkt nach seiner Pensionierung - war er in der Kommunalpolitik seines Wohnortes Worpswede aktiv. Hier war er ein engagierter Verfechter von Belangen des Umwelt-, Natur- und Landschaftsschutzes, unter anderem im Konfliktfeld von Raumordnung und Entwicklung des öffentlichen Nahverkehrs.

Seit 2007 hatte Gerd Weidemann eine Querschnittslähmung zu bewältigen. Diese radikal veränderte Situation seines Lebens meisterte er mit Hilfe seiner Frau Elin und seiner Familie auf bewundernswerte Weise. Neben seiner wissenschaftlichen Leistung bleiben vor allem sein Blick auf das Ganze, sein gesellschaftspolitisches Engagement und seine Menschlichkeit in Erinnnerung.

(An dem Text wirkten mit:, Karin Mathes, Broder Breckling, Juliane Filser)

Prof. Dr. Hartmut Koehler
Universität Bremen, Zentrum für Umweltforschung und nachhaltige Technologien (UFT)
Leobener Str., 28359 Bremen
hartmut.koehler@uni-bremen.de

[1] Koehler H., Mathes K., Breckling B. (Hrg),1999: Bodenökologie Interdisziplinär, Berlin (Springer), 241 S.

Nachruf auf Ernst-Albert Arndt
22. 9. 1927 - 13. 2. 2014

Ragnar Kinzelbach

Ernst-Albert Arndt war Rostocker Urgestein. Er liebte seine Stadt. Er hat in ihr in seinen 86 Jahren wahrhaftig viele Umbrüche gesehen. Er hat sich in dieser Zeit bewährt, hat Geschichte konstruktiv mitgestaltet. Wir werden ihn nie aus unserem kollektiven Gedächtnis verlieren.

Er wurde am 22. September 1927 in Rostock geboren. Sein Vater Walter Arndt war seit Anfang der 1950er Angestellter in der Zoologie, seine Mutter Marie Arndt war Hausfrau. Zunächst in der Städtischen Knabenschule in der Kröpeliner-Tor-Vorstadt, dann Besuch der Großen Stadtschule, im zweiten Weltkrieg fiel er in die Generation der Luftwaffenhelfer, vom Februar 1943 bis zum Herbst 1944, kam er dann noch zum Reichsarbeitsdienst, aus dem er am 8. Mai 1945 von der Britischen Besatzung entlassen wurde. Abitur 1946, ab Februar 1946 Studium in Rostock, abgeschlossen 1951 mit dem Diplom in Biologie. Seine Promotion zum Dr. rer. nat. folgte am 13. Mai 1954. Ebenfalls unter Prof. Dr. Josef Spek habilitierte er sich 1959. Seit 1955 übernahm er die Vertretung seines erkrankten Chefs in Amtsgeschäften und allen Vorlesungen. Gerolf Steiner, einer der Vorgänger des Unterzeichnenden an der TU Darmstadt (''Rhinogradentia'') schrieb: ,,Gute Menschen haben sich um ihn, Spek, gekümmert, besonders Familie Arndt.''

Es galt als ausgemacht, dass Arndt Nachfolger Speks sein sollte. Im Jahre

Foto: privates Bildarchiv

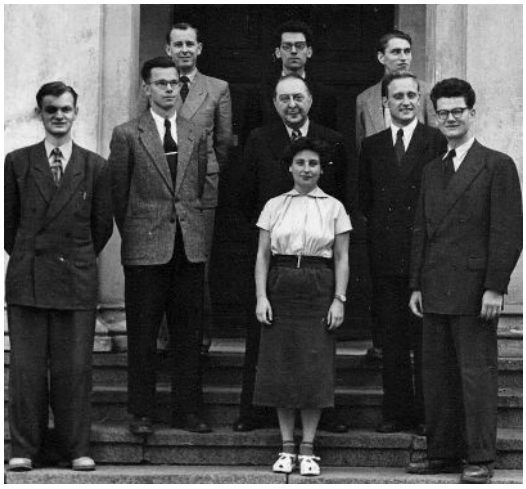
1960 erfolgte jedoch die Berufung von Ludwig Spannhof zum Professor für Allgemeine Zoologie nach Rostock. Es folgte die Umwidmung in einen Lehrstuhl für Tierphysiologie. Infolge der veränderten Arbeitsrichtung wurde die zum Institut gehörige Zoologische Sammlung von 1775 unter erheblichen Verlusten verkleinert. Arndt wurde 1960 Abteilungsleiter für Spezielle Zoologie und Meeresbiologie, 1968 Leiter des Fachbereichs für Meeres- und Fischereibiologie, 1977 Direktor der Sektion Biologie, schließlich 1993-1995 Mitglied des Senats.

Er war Leiter der Zoologischen Sammlung. Deren Wiedererstarken nach den Verlusten der Nachkriegszeit und im Zuge der 3. Hochschulreform erfüllte ihn später mit besonderer Genugtuung. 1964-1992 war er Professor für Meeresbiologie am Zoologischen Institut, 1992-1995 Univ.-Prof. i.R. als Vertretungsprofessor für Allgemeine und Spezielle Zoologie und Meeresbiologie.

In die Zeit der 3. Hochschulreform der DDR von 1967 fällt die verwirrende Geschichte der Rettung der von Schließung bedrohten Biologie durch Schwerpunktbildung in den Fachrichtungen Fischerei- und Meeresbiologie. Die komplizierten Einzelheiten schilderte E. A. Arndt 2003, belegt durch Dokumente, in seiner Schrift ,,50 Jahre Biologie an der Universität Rostock''.

Lehre. Frühzeitig übernahm Arndt viele Vorlesungen und Übungen in der gesamten Breite des Fachs Zoologie, daneben Meeresbiologie. Er war ein begeisterter Lehrer mit einem großen Schatz an eigener Erfahrung. Bis 1991 entstanden 7 abgeschlossene Promotionen, 3 weitere folgten.

Forschung. Die Ergebnisse sind abzulesen an einer Fülle von Publikationen: 34 als Erstautor, 10 als Zweitautor, 8 Bücher 7 Buchbeiträge, die Arndt unverdrossen der scientific community vorlegte. Fachliche Schwerpunkte sind Arbeiten zur Histochemie und Histologie, zur Entwicklungsbiologie (seit langer Zeit ein roter Faden an der Rostocker Zoologie). Bearbeitet wurden Brackwasserfauna und deren Ökophysiologie, die Lebensgemeinschaften der Ostsee, Material der Fischereiflotte aus dem Atlantik vor Nord- und



Arbeitsgruppe Prof. Dr. Josef Spek um 1958. Obere Reihe von links: Joachim Leverenz, Wolfgang Baudisch, Werner Stüwe. Mittlere Reihe von links: Heinz Penzlin, Josef Spek, Heino Woohsmann. Vordere Reihe: Günter Dietz, Christa Köpke. Ernst Albert Arndt.
Foto privates Bildarchiv

Südwestafrika. Es gibt Publikationen zur Ökologie des Schatt el-Arab aus einer Gastprofessur 1972-1974 an der Universität Basrah. Der Popularisierung der Meereszoologie diente das beliebte Buch von 1964: Die Tiere der Ostsee.

Weitere Tätigkeiten. Mitwirkung beim Aufbau der neuen Strukturen nach der Wende bis zum WS 1992/3. Dazu verfasste er zwei dokumentarische Schriften 1998 und 2003.

Er war Gründungspräsident (1968-75) und Präsident (1981-1985) sowie Mitglied des Nationalkomitees der Baltic Marine Biologists (BMB), das seit der Gründung in Rostock durch Symposien, Advisor-Status für die HELCOM und Zusammenarbeit mit vielen internationalen Organisationen hervorgetreten ist.

Er war Vorsitzender im Beirat des Meeresmuseums Stralsund von 1992-

Die Rostocker Professoren der Zoologie im Jahr 2000 bei der 225. Jahrfeier der Zoologischen Sammlung. Von links: Ludwig Spannhof, Ernst Albert Arndt, Dieter Weiss, Ragnar Kinzelbach
Foto privates Bildarchiv

2002. Dadurch wurde ein fortdauernd gutes Verhältnis zum Stralsunder Meeresmuseum begründet.

Er war seit der Wende Vorsitzender des Verbands Ehemaliger Rostocker Studenten (VERS). Er war Advisor für das führende Periodicum ,,Marine Ecology''. Er war beteiligt an Gründung und Redaktion der Reihe ,,Rostocker meeresbiologische Beiträge'', weiterhin im Redaktionsbeirat des ,,Archiv der Freunde der Naturgeschichte Mecklenburgs''. Hinzu kam eine große Zahl von Mitgliedschaften in nationalen und internationalen Gremien, besonders im Bereich der Meeresforschung, verbunden mit Stellungnahmen, internen Berichten, Gutachten, dem Rattenschwanz an grauer Literatur, die zwangsläufig an jedem Leistungsträger seines Ranges hing.

Nach der Wende erfolgte problemlos seine Übernahme. Ein eindrucksvoller Leistungsbericht von 1991 liegt vor. Im Jahre 1995 folgte die Emeritierung. Und – oh seltenes Wunder: Arndt erhielt nicht nur einen, sondern zwei Nachfolger: den Unterzeichnenden für die Allgemeine und Spezielle Zoologie und Prof. Dr. Gerhard Graf für die Meeresbiologie. Das Fach Biologie veranstaltete Festkolloquien zu Arndts 70. und 80. Geburtstag sowie zum 50. Promotionsjubiläum.

Ernst-Albert Arndt verließ uns am 13. Februar 2014. Er folgte seiner 2012 ver-

storbenen Frau Doris (geb. Gaudes), Biologin.

Man fragt sich nach dem Geheimnis seines Erfolgs: Ein großer, sportlicher Mann, von norddeutscher Beharrlichkeit. Bei aller stoischer ataraxia hatte er eine freundliche und heitere Art im Umgang mit seinen Mitmenschen. Er führte diese Eigenschaften selbst zurück auf sein humanistisches Menschenbild, authentisch durch das Gymnasium vermittelt, dadurch immun gegenüber propagandistischer Verzerrung. Er bleibt unvergessen.

Ein vollständiges Verzeichnis der Schriften von E.A. Arndt findet sich in der digitalen Version der Mitteilungen unter:

http://www.dzg-ev.de/de/publikationen/mitteilungen_zoologie.php

Prof. Dr. Ragnar K. Kinzelbach (em.)
Allgemeine & Spezielle Zoologie
Universitätsplatz 2, 18055 Rostock
ragnar.kinzelbach@uni-rostock.de