



---

# ZOOLOGIE 2015

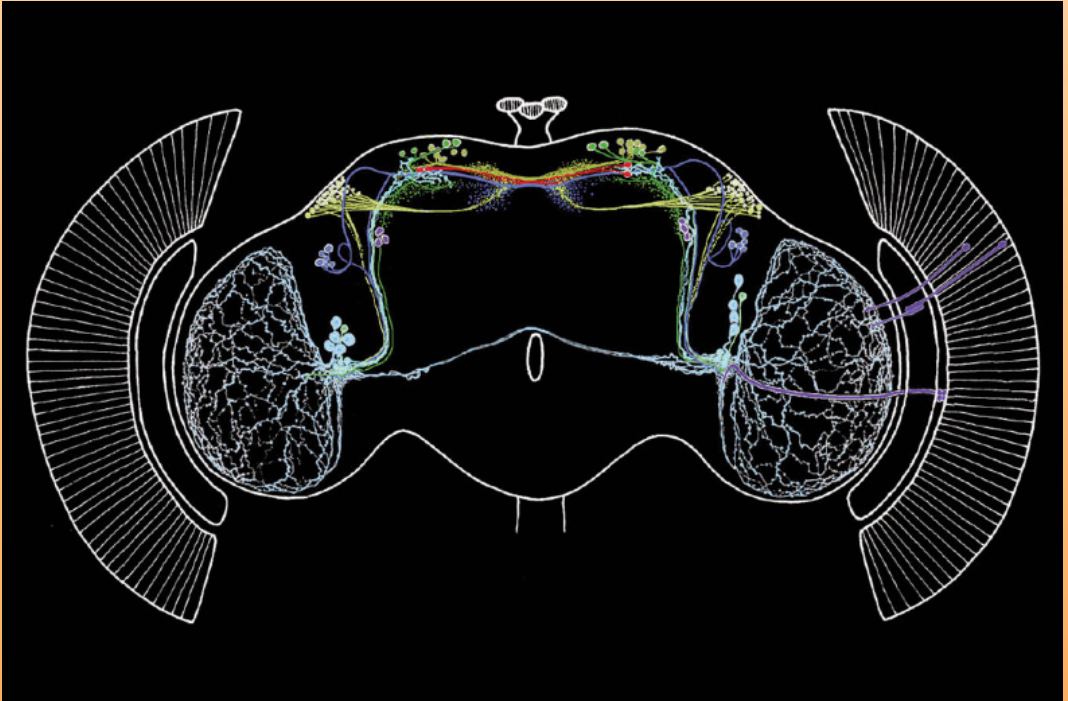
---

Mitteilungen

Herausgegeben von  
Rudolf Alexander Steinbrecht

der Deutschen Zoologischen Gesellschaft

---



107. Jahresversammlung  
Göttingen 11.-14. September 2014



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

# ZOOLOGIE 2015

---

## Mitteilungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft

Herausgegeben von Rudolf Alexander Steinbrecht

107. Jahresversammlung  
Göttingen 11.-14. September 2014

Basilisken-Press e Rangsdorf  
2015

Umschlagbild

Das Netzwerk der Uhrneuronen im Gehirn der Taufliege *Drosophila*. Siehe auch den Beitrag der Gewinnerin der Karl-Ritter-von Frisch-Medaille, Prof. Charlotte Helfrich-Förster: "Von neurogenetischen Studien an *Drosophila* zu einem generellen Konzept innerer Uhren"

Die Mitteilungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft  
erscheinen einmal jährlich.

Einzelhefte sind bei der Geschäftsstelle (Corneliusstr. 12, 80469 München),  
zum Preis von 7,00 € erhältlich.

Gestaltung:

Klaus Finze ProSatz&Gestaltung, Neuburg /Donau

Druck:

REISIG

Druck und Service

Mittelweg 5

92237 Sulzbach-Rosenberg

Copyright 2015 by Basilisken-Pressé

im Verlag Natur & Text in Brandenburg GmbH · Rangsdorf

Printed in Bundesrepublik Deutschland

ISSN 1617-1977

# Inhalt

Susanne Dobler	5	Grußwort der Präsidentin der Deutschen Zoologischen Gesellschaft
Monika Stengl	7	Laudatio auf Charlotte Helfrich-Förster
Charlotte Helfrich-Förster	11	Von neurogenetischen Studien an <i>Drosophila</i> zu einem generellen Konzept Innerer Uhren
Rüdiger Hardeland	23	Zur Historie der Zoologie in Göttingen
Klaus Bartels	31	Baumeister des Lebenden - die Aristotelische „Physis“, unsere „Natur“
	47	Werner-Rathmayer-Preis der Deutschen Zoologischen Gesellschaft
Martin Singheiser und Hermann Wagner	49	Das neue Tierschutzgesetz und seine möglichen Auswirkungen auf die tierexperimentelle Forschung
Werner A. Müller	59	Klaus Sander (1929 – 2015) und die Renaissance der Entwicklungsbiologie in Deutschland
Ewald Müller und Heinz Weigold	73	Ein Vorkämpfer für die Ökologie Zum Tode von Erwin Kulzer 23. 2. 1928 - 13. 3. 2014
Markus Affolter	75	Nachruf auf Walter J. Gehring 29. 3. 1939 – 29. 5. 2014
Irene Würdinger	83	Nachruf auf Helmut Sturm 15. 5. 1929 - 1. 1. 2015
Bert Hölldobler	87	Nachruf auf Hubert (Jim) Markl 17. 8. 1938 – 8. 1. 2015

Victor Smetacek	95	A life devoted to aquatic ecology: a tribute to Otto Kinne (30. 8. 1923 – 3. 3. 2015)
Adriaan Dorrestein und Klaus-Jürgen Götting	105	Nachruf auf Dieter Eichelberg 27. 11. 1934 – 12. 3. 2015
Reinhold Necker	107	Nachruf auf Werner Rautenberg 1. 11. 1927 – 26. 3. 2015

# Grußwort der Präsidentin der Deutschen Zoologischen Gesellschaft

Susanne Dobler

Liebe Mitglieder,  
das Jahr 2015 hat für die Deutsche Zoologische Gesellschaft besondere Bedeutung, es ist das 125. Gründungsjubiläum der DZG. Aus der am 28.5.1890 von einer kleinen Schar zoologischer Ordinarien im Kaiserreich gegründeten, wissenschaftlichen Vereinigung der deutschen Zoologen ist inzwischen eine breit gefächerte, stark verjüngte und lebendige Gesellschaft mit ca. 1600 Mitgliedern geworden, die in den acht Fachgruppen die vielfältigen Aspekte moderner zoologischer Forschung repräsentiert. Wie auch die Tagung 2014 in Göttingen wieder gezeigt hat, sind die DZG-Tagungen der Ort lebhaften Austauschs zwischen allen Einzeldisziplinen der Zoologie, wobei besonders erfreulich ist, dass viele junge WissenschaftlerInnen teilnehmen und hier nicht nur Erfahrungen im Präsentieren ihrer Daten sammeln, sondern auch die Chance zum Knüpfen wichtiger wissenschaftlicher Kontakte haben. Nach der sehr erfolgreichen Tagung in Göttingen mit vielen interessanten Vorträgen, ist die Jahrestagung in diesem Jubiläumsjahr nach Graz eingeladen. Das Organisationsteam um Christian Sturmbauer und Heiner Römer hat ein abwechslungsreiches Programm zusammengestellt, das hoffentlich viele Mitglieder nach Graz locken wird. Besonders freuen wir uns auch auf den Festvortrag von Friedrich Barth zum 125. Jubiläum. Neben dem eigentlichen Programm gibt es wiederum eine Reihe von Works-



privates Bildarchiv

hops und Satellitensymposien im Vorfeld der Tagung. Zum ersten Mal bietet die DZG in diesem Jahr auch einen Workshop zu tierexperimentellem Arbeiten an, der der seit 2015 geltenden Weiterbildungspflicht für alle tierexperimentell arbeitenden Forscher Rechnung tragen soll. Ich hoffe, dass dieser Workshop ein Erfolg wird und sich langfristig als Service für unsere Mitglieder an den Tagungen verankern lässt.

Das Ringen zwischen Tierversuchsgegnern und -befürwortern geht aktuell in eine neue Runde: im Mai 2015 wurde im Europäischen Parlament die europaweite Bürgerinitiative "Stop Vivisection" mit knapp

1,2 Millionen UnterzeichnerInnen gehört, die ein völliges Verbot von Tierversuchen fordert. Nachdem bereits die EU-Richtlinie 2010/63, die 2013 in Deutschland implementiert wurde, sehr hohe Standards in Bezug auf das Wohlergehen der Tiere in allen Tierversuchen einfordert und große Schritte in Richtung Reduzierung des Tierverbrauchs und strenger Kontrollen der durchgeführten Tierversuche gemacht hat, wäre diese Initiative ein fataler Schritt in die falsche Richtung. Im Namen der DZG haben wir an die deutschen Parlamentarier und Parlamentarierinnen appelliert, die jetzt gültige Richtlinie beizubehalten und nicht weiter zu verschärfen. Am 3. Juni mußte das Europäische Parlament auf die Anhörung antworten. Zum Glück hatte der massive Protest vieler Forschungsorganisationen Erfolg und der Antrag wurde abgelehnt. In seiner Antwort stellt das Europäische Parlament aber fest, dass langfristig die Abschaffung aller Tierversuche politisches Ziel sein soll. Wir werden also weiterhin Aufklärungsarbeit zu diesem Thema brauchen.

Besonders erfreulich ist, dass wir nach der letztjährigen Verleihung der Karl-Ritter-von-Frisch Medaille an Charlotte Helfrich-Förster auch für 2016 wieder um Nominierungen für diesen höchsten Wissenschaftspreis in der deutschen Zoologie bitten können. Im März diesen Jahres verstarb im Alter von 91 Jahren Otto Kinne, der selber Träger der Karl-Ritter-von-Frisch Medaille war und sich seit 2009 großzügig bereit erklärt hatte, die Finanzierung des Preises zu übernehmen. Wir bedanken uns sehr herzlich bei seiner Frau Helga Kinne, die auch für die kommende Runde die Kostenübernahme für die Karl-Ritter-von-Frisch Medaille zugesagt hat.

Bei der Tagung in Graz werden aber zunächst wieder unsere Nachwuchspreise verliehen, die wieder einmal heiß umkämpften Walter-Arndt- und Horst-Wiehe-Preise sowie der Rathmeyer-Preis für ein prämiertes zoologisches Thema beim Jugendforscht-Wettbewerb. Ich freue mich auf eine höchst interessante Tagung mit vielen spannenden Vorträgen und darauf, viele von Ihnen in Graz wiederzusehen.

Prof. Dr. Susanne Dobler  
Universität Hamburg  
Biozentrum Grindel und Zoologisches Museum  
Martin-Luther King-Platz 3  
20146 Hamburg  
Susanne.Dobler@uni-hamburg.de



# Laudatio auf Charlotte Helfrich-Förster anlässlich der Verleihung des Karl-Ritter-von-Frisch-Preises 2014

Monika Stengl

Ich freue mich sehr darüber heute Frau Prof. Dr. Charlotte Helfrich-Förster, Leiterin des renommierten Lehrstuhls für Neurobiologie und Genetik der Universität Würzburg, mit einer Laudatio ehren zu dürfen.

Frau Prof. Dr. Helfrich-Förster hat durch eine Vielzahl herausragender Veröffentlichungen die Zoologie, Chronobiologie, entscheidend geprägt. Ihre international gewürdigten Arbeiten basieren auf originellen Verhaltensanalysen, gekoppelt mit exakten neuroanatomischen, immunzytochemischen Studien, verschiedenen physiologischen Tests, in Verbindung mit kluger Kombination der molekulargenetischen Vorteile von *Drosophila melanogaster*. Ihre Arbeiten integrieren Erkenntnisse aus der Chronobiologie der Pflanzen und Insekten, der Neuroethologie, der Neurobiologie, der Stoffwechselfysiologie und der Neurogenetik. Ihre Analysen neuropeptiderger circadianer Schrittmacherneurone der Taufliege haben wesentliche, neue Erkenntnisse erbracht zum Verständnis des zellulären Netzwerkes innerer Uhren und deren Anpassung an cyclische Veränderungen der Umwelt.

Zu ihrer Forschung: Der Durchbruch ihrer chronobiologischen Arbeiten gelang Frau Dr. Helfrich-Förster mit der erstmaligen Beschreibung des Verzweigungsmu-



Abb. 1: Die Preisträgerin Prof. Dr. Charlotte Helfrich-Förster mit der Präsidentin Prof. Dr. Constanze Scharff (li.) und der Laudatorin Prof. Dr. Monika Stengl (re.).

Foto Dr. Sabine Gießler

sters der PERIOD- und PDF-exprimierenden circadianen Schrittmacherneurone. Diese zelluläre Identifikation der circadianen Uhrgen-exprimierenden Schrittmacherneurone im genetischen Modellorganismus *Drosophila* durch Frau Dr. Helfrich-Förster war ein Meilenstein in der Chronobiologie, der ihr internationale Anerkennung brachte. Vor allem durch detaillierte Verhaltensanalysen der zweigipfeligen Laufaktivität der Taufliege und akribischer immunocytochemischer Analyse des

circadianen Netzwerkes entwickelte Frau Dr. Helfrich-Förster als erste das „Morning-Evening-Oszillator-Modell“. Dieses Modell schlägt vor, dass eine Gruppe circadianer Schrittmacherneurone die morgendliche Aktivitätsphase (Morgen-Oszillator) der Tiere steuern. Eine andere Gruppe Uhrgen-exprimierender dorsaler Neurone steuern als „Abend-Oszillator“ den abendlichen Aktivitätsgipfel.

Morgen- und Abend-Oszillatoren werden durch Licht entweder beschleunigt oder gehemmt. Durch diese Licht-gesteuerten Phasenverschiebungen passt der Organismus sich an die sich im Laufe des Jahres verändernde Photoperiode an, die Lichtdauer pro Tag.

In vielen exzellenten Publikationen seziierte sie mit ihrer Arbeitsgruppe das zelluläre Netzwerk circadianer Schrittmacherneurone und ihrer Lichteingänge bei *D. melanogaster*. In ihren originellen, kritischen Review-Artikeln stellte Frau Dr. Helfrich-Förster die oft widersprüchlichen Publikationen in der circadianen Rhythmusforschung in logisch-schlüssige, oft neue Zusammenhänge, die von anderen Forschern so nicht immer realisiert worden waren. Ihre vielzitierten Reviewartikel steuern so entscheidend zum Verständnis grundlegender chronobiologischer Fragestellungen bei. Mit sicherem wissenschaftlichem Instinkt konzentriert sich Frau Helfrich-Förster immer auf die wesentlichen, wichtigen Fragestellungen; wie z.B. die Verhaltens-Analyse unter natürlichen Umwelt-Bedingungen. Dabei sind es aus ihrer Sicht nicht ihre besonders hochrangig-publizierten Arbeiten, die ihre wichtigsten Erkenntnisse lieferten und die sie am spannendsten findet.

Frau Helfrich-Förster hat als Anerkennung ihrer wichtigen wissenschaftlichen Leistungen bereits mehrere Preise erhalten wie den Attempto-Preis der Universität Tübingen, „Aschoffs Ruler“, den Aschoff-Honma Preis vom „Council der Honma Life-Science Foundation“ in Japan und die Ariens-Kapper-Medaille der Europäischen Gesellschaft für Biologische Rhythmen (European Biological Rhythms Society).

Wenn eine Frau herausragende Preise erhält, gibt es häufig zwei Reaktionen:

Die der Neider: „Die hat den Preis ja nur erhalten, weil sie eine Frau ist und einen Frauenbonus bekommen hat.“

Die der Bewunderer: „Obwohl sie Frau und Mutter ist, hat sie all das leisten können. Wie hat sie das nur geschafft?“

Wer mit der wissenschaftlichen Arbeit von Frau Helfrich-Förster vertraut ist, weiß, dass Sie keinen Frauenbonus braucht, um Preise oder Stellen zu erhalten!

Zu ihrer Person: Wie hat sie das alles nur so hervorragend geschafft?

Frau Förster hat an den Universitäten Stuttgart und Tübingen studiert und begann bereits in Ihrer Diplomarbeit und Doktorarbeit in den 80iger Jahren in der Chronobiologie zu arbeiten, zuerst an Pflanzen, dann an Insekten. Während ihres Studiums und ihrer wissenschaftlichen Arbeiten in Tübingen wurde Sie besonders geprägt von ihren Mentoren Prof. Dr. Wolfgang Engelmann und Prof. Dr. Erwin Bünning, einem der großen Entdecker der inneren Uhren von Organismen und dem Mitbegründer der Chronobiologie. Frau Helfrich-Förster hatte das Glück, alle drei großen Begründer der Chronobiolo-

gie persönlich kennenzulernen: Erwin Bünning, Jürgen Aschoff und Colin Pittendrigh! Von ihren bahnbrechenden Originalveröffentlichungen und in erster Linie persönlich von Bünning's Schüler Wolfgang Engelmann erlernte Frau Förster die Grundzüge wissenschaftlichen Denkens. Sie wurde aus erster Hand vertraut mit den Denkmodellen der Chronobiologie. Aber, was am wichtigsten ist: Sie kann und tut das, was allen großen Denkern zu eigen ist: Sie hinterfragt allgemein anerkannte Erkenntnisse, auch wissenschaftliche Dogmen. Sie benutzt in erster Linie ihren eigenen Verstand, sie hat eigene, originelle Ideen und entwickelt eigene Denkmodelle. Sie läuft nicht einfach mit der Masse auf den ausgetretenen Pfaden der Wissenschaft. . .

Nach der Geburt ihrer zwei Kinder (1985 und 1987) unterbrach Frau Förster für mehrere Jahre ihre wissenschaftliche Arbeit (1987-93). Sie hatte keine bezahlte Stelle, kein Einkommen und widmete sich vor allem putzend, kochend, pflegend ihrer Familie. Getragen von einer nie-verlöschenden Leidenschaft für die Chronobiologie und einem überdurchschnittlichen, durch Hausarbeit unbefriedigten Intellekt konnte sie sich mit der Mutterrolle allein nicht zufrieden geben. Mit unerschütterlicher Willensstärke und eiserner Selbstdisziplin arbeitete sie auch während der Elternzeit halbtags unentgeltlich im Institut und brachte so manches angefangene Experiment mit nach Hause, um es nach dem Versorgen der Familie im Keller ihres Hauses fertigzustellen. Mit ungebrochener Liebe für die Wissenschaft, fokussierter, geduldiger Zielstrebigkeit, hoher Belastbarkeit und Frustra-



Abb. 2: Die Preisträgerin im Gespräch mit dem Ehrenmitglied Prof. Dr. Rüdiger Wehner  
Foto Dr. Sabine Gießler

tionstoleranz und einem untrüglichen Instinkt für die wesentlichen wissenschaftlichen Fragestellungen gelang es ihr, allen Widrigkeiten zum Trotz, wieder in der Wissenschaft Fuß zu fassen. Dies gelang mit verschiedenen Stipendien wie dem Wiedereinstiegsstipendium aus dem Hochschulsonderprogramm II, einem Forschungsstipendium und dem Margarete-von-Wrangell-Habilitationsstipendium des Landes Baden-Württemberg. Im Dezember 2000 erfolgte ihre Habilitation für das Fach Zoologie an der Universität Tübingen. Frau Förster nahm die örtliche Trennung von ihrem Mann und ihren Kindern, die in Tübingen blieben, auf sich und trat eine Vertretungsprofessur in Regensburg an, auf der sie schließlich dauerhaft eingestellt wurde (2001-2009).

Seit 2009 führt Frau Dr. Helfrich-Förster den renommierten Lehrstuhl für Neurobiologie und Genetik der Universität Würzburg. Bereits 2012 gelang ihr als Hauptinitiatorin und Leiterin die Einrichtung eines SFBs zur Chronobiologie in Würzburg. Durch ihn wird nicht nur die

Chronobiologie in Deutschland wieder sichtbar, es entsteht auch mit ihm wieder ein neuer Schwerpunkt Insektenneurobiologie-Neuroethologie in Würzburg.

Bei allen wissenschaftlichen Leistungen und ihrer beeindruckenden Produktivität bleibt Frau Förster immer bescheiden und freundlich. Sie ist eine sehr gefragte, sehr integere und sachliche Gutachterin. Sie hat ihren Mitarbeitern und Kollegen gegenüber einen kollegialen, leisen Führungsstil und erreicht ohne aggressives Dominanzgebaren die ihr wichtigen Ziele. Sie ist eine inspirierende Do-

zentin, vor allem wegen ihres breiten und tiefen Wissens. Aber auch ihre Empathie, ihre Menschenliebe und ihre eigene Begeisterung und Freude an der Wissenschaft machen sie zu einer exzellenten Lehrerin, die auch Studenten begeistern kann.

Zusammenfassend ist zu sagen: Frau Prof. Dr. Helfrich Förster beeindruckt nicht nur durch ihre exzellente Forschung sondern auch durch ihre integere, großzügige Persönlichkeit. Sie erhält heute für Ihre besonderen Leistungen die Karl-Ritter-von-Frisch Medaille.

Prof. Dr. Monika Stengl  
Universität Kassel, Institut für Biologie  
Heinrich-Plett-Straße 40  
34132 Kassel  
stengl@uni-kassel.de

# Von neurogenetischen Studien an *Drosophila* zu einem generellen Konzept Innerer Uhren

Charlotte Helfrich-Förster

Es ist eine sehr große Ehre, die Karl-Ritter-von-Frisch Medaille verliehen zu bekommen. Für mich gilt dies in ganz besonderer Weise, da Karl von Frisch u.a. am Zeitsinn der Honigbiene und damit indirekt an Inneren Uhren, die mich seit mehr als 30 Jahren faszinieren, gearbeitet hat. Während seiner Studien zur Tanzsprache und Orientierung von Bienen fand er, dass die Tiere ihre Innere Uhr zur zeitkompensierten Sonnenkompassorientierung nutzen (von Frisch, 1965).

Mein Interesse an Inneren Uhren wurde während des Grundstudiums der Biologie in Tübingen geweckt, nachdem ich ein Seminar von Hans Erkert über Innere Uhren bei Säugetieren und eine Vorlesung von Wolfgang Engelmann über Pflanzenuhren besucht hatte. Von da an war ich Dauerhörer bei Wolfgang Engelmann, der jedes Semester Vorlesungen über Innere Uhren mit wechselnden Inhalten anbot. Letztendlich arbeitete ich während meiner Diplom- und Doktorarbeit in seinem Labor an der Inneren Uhr von Fliegen. Bis heute bin ich diesem Thema treu geblieben. Was ist so interessant an Fliegen-Uhren, dass man sich mehr als 30 Jahre dafür begeistern kann? Darüber möchte ich in diesem Artikel kurz berichten. Ein ausführlicherer Übersichtsartikel mit umfassendem Literaturverzeichnis findet sich in Helfrich-Förster (2014).

Generell kontrollieren Innere Uhren den Zeitablauf vieler wiederkehrender

biologischer Prozesse. Neben dem bei Bienen gut erforschten Zeitsinn verleihen Innere Uhren ihren Besitzern auch die Möglichkeit, die Tageslänge zu messen und sich so rechtzeitig auf den kommenden Winter vorzubereiten. Damit werden sie überlebenswichtig. Geraten Innere Uhren beim Menschen aus dem Takt, führt dies zu Krankheiten, die von Schlafstörungen, Depressionen, dem metabolischen Syndrom bis hin zu Krebs reichen. Allen Inneren Uhren ist gemeinsam, dass sie auch in Abwesenheit der physikalischen Rhythmen – auch als externe Zeitgeber bezeichnet – weiterlaufen (freilaufen), und zwar mit einer ihnen eigenen Geschwindigkeit, die in der Regel ein wenig vom externen Rhythmus abweicht. Am besten untersucht sind die Tagesuhren. Sie laufen mit einem endogenen Takt (= Periodenlänge) von ungefähr 24 Stunden und werden deshalb auch als circadiane Uhren bezeichnet (aus dem lateinischen „circa“ und „dies“ (Tag)). Hier schreibe ich nur über circadiane Uhren.

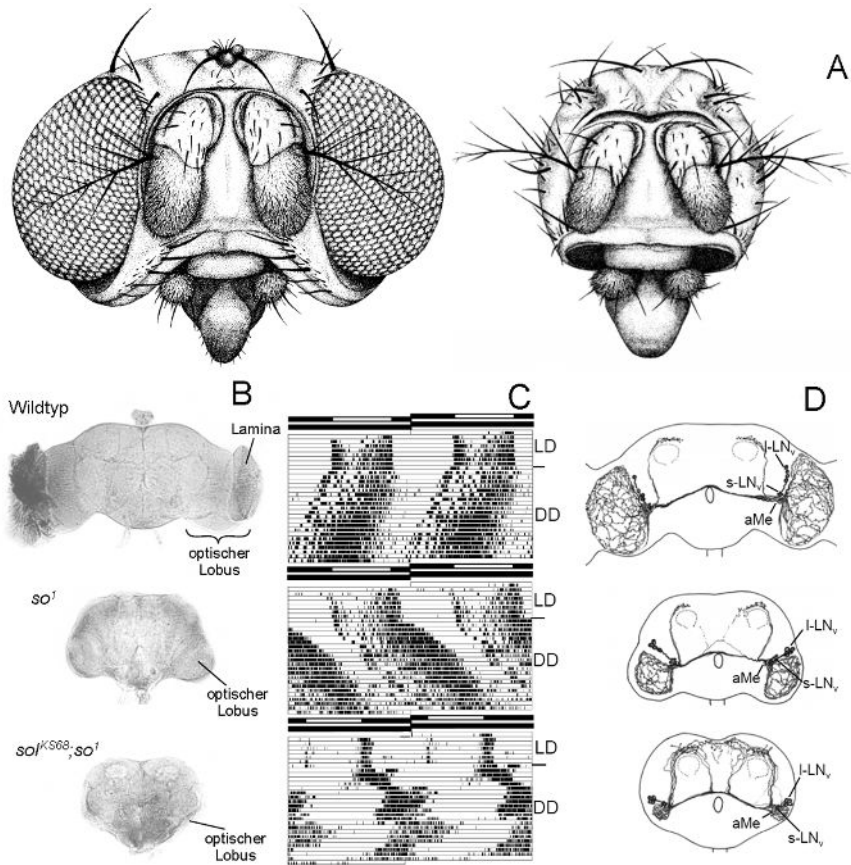
Als ich meine Diplomarbeit 1981 begann, wurden Innere Uhren noch weitgehend als „Black Box“ dargestellt, und man versuchte durch verschiedenste Manipulation etwas über ihre Funktionsweise herauszubekommen. Es war bekannt, dass Tiere ein übergeordnetes circadianes Schrittmacherzentrum im Gehirn besitzen. Weiterhin stand seit Bünnings Kreuzungsversuchen an Bohnen fest, dass die

Geschwindigkeit, mit der Innere Uhren laufen, genetisch determiniert ist (Bünning, 1935). 1971 war es schließlich Konopka und Benzer gelungen, bei *Drosophila* die ersten Uhr-Mutanten zu isolieren, die kurzperiodischen *period<sup>short</sup>* (*per<sup>s</sup>*), die langperiodischen *period<sup>long</sup>* (*per<sup>l</sup>*) und die arrhythmischen *period<sup>null</sup>* (*per<sup>0</sup>*) Mutanten. Wie das *period* Gen wirkt und wo es im Gehirn exprimiert wird, war jedoch noch völlig unklar. Da *Drosophila* bestens dafür geeignet schien, die neuronalen und molekularen Grundlagen Innerer Uhren zu erforschen, stellte ich mir in meiner Diplomarbeit die Aufgabe, die Lage der Inneren Uhr im Gehirn mit Hilfe von Gehirnstrukturmutanten aufzuklären. In einer Doktorarbeit war gezeigt worden, dass manche augenlose *Drosophila*-Mutanten (*sine oculis<sup>1</sup>* (*so<sup>1</sup>*)) mit kleinen optischen Loben arrhythmisch waren, also ihre Innere Uhr verloren zu haben schienen, während andere einen normalen Rhythmus hatten. Um herauszufinden, ob die Arrhythmie mit dem Fehlen einer bestimmten Region in den optischen Loben einherging, registrierte ich die rhythmische Aktivität hunderter von *so<sup>1</sup>* Mutanten und untersuchte ihre Gehirne anschließend histologisch (Abb. 1). Zu meiner großen Enttäuschung fand ich, dass die optischen Loben bei allen augenlosen *so<sup>1</sup>* Mutanten gleich groß waren und dass die große Mehrheit der Tiere unter Dauerdunkel rhythmisch war. Lediglich ihre endogene Periodenlänge war länger als die von Wildtyp-Fliegen (Abb. 1C). Karl-Friedrich Fischbach untersuchte zu dieser Zeit die Entwicklung der optischen Loben anhand verschiedener Mutanten und schlug mir vor, auch *small optic lobes*

(*so<sup>KS68</sup>*) Mutanten zu testen, da diesen andere Neurone in den optischen Loben fehlten als den *so<sup>1</sup>* Mutanten. Seinen Untersuchungen zufolge gab es nur einen Typ von Neuronen, der beiden Mutanten gemeinsam war, und dies waren große Medulla-Tangential Neurone. Doch auch die Mehrheit der *so<sup>KS68</sup>* Mutanten erwies sich als rhythmisch. Wir schlossen daraus, dass die Innere Uhr der Taufliede entweder nicht in den optischen Loben liegt, oder dass die großen Medulla-Tangential Neurone eine wichtige Rolle spielen (Helfrich und Engelmann, 1983).

Ich gab nicht auf und untersuchte in meiner Doktorarbeit weitere strukturelle Mutanten mit Defiziten in den optischen Loben, u.a. auch die Doppelmutante *so<sup>KS68</sup>,so<sup>1</sup>*. Wie vorhergesagt besaß diese Mutante nur noch die großen Medulla-Tangential Neurone und hatte infolgedessen winzige Reste der optischen Loben (~5% der wildtypischen Größe; Abb. 1B). Zu meiner Überraschung wiesen *so<sup>KS68</sup>,so<sup>1</sup>* Doppelmutanten ein völlig anderes Aktivitätsmuster auf als alle zuvor untersuchten Mutanten: Sobald sie in Dauerdunkelbedingungen entlassen wurden, zeigten sie zwei simultan freilaufende Aktivitätskomponenten, eine mit langer und eine mit kurzer Periodenlänge (Abb. 1C).

Ich schloss hieraus, dass die Aktivitätsrhythmik von mindestens zwei circadianen Oszillatoren kontrolliert wird und dass die optischen Loben möglicherweise dazu dienen, diese Oszillatoren miteinander zu koppeln (Helfrich, 1986). Die großen Medulla-Tangential Neurone waren gute Kandidaten für eine solche Rolle, da anzunehmen war, dass ihre Pro-



**Abb. 1: Lokalisierung der Inneren Uhr mit Hilfe von augenlosen Mutanten. A:** Köpfe vom Wildtyp und einer augenlosen Fliege. **B:** Herauspräparierte Gehirne vom Wildtyp (oben), von einer *sine oculis*<sup>1</sup> (*so*<sup>1</sup>) Mutante und von einer *small optic lobes*<sup>KS68</sup>;*sine oculis*<sup>1</sup> (*so*<sup>KS68</sup>;*so*<sup>1</sup>) Doppelmutante. Der optische Lobus der *so*<sup>1</sup> Mutante hat ~40% der Größe des wildtypischen optischen Lobus, bei der Doppelmutante hat er nur noch ~5% der wildtypischen Größe und ist praktisch unsichtbar. **C:** Aktogramme von typischen individuellen Fliegen, die die Aktivitätsrhythmik im 12:12 Licht-Dunkel-Wechsel (LD) und unter konstanter Dunkelheit (DD) zeigen. Im LD zeigen alle drei Fliegen ein bimodales Aktivitätsmuster mit Aktivitätsgipfeln am Morgen und Abend, wobei Morgen und Abendaktivität von der *so*<sup>KS68</sup>;*so*<sup>1</sup> Doppelmutante deutlich weiter auseinander liegen. Im DD ist die endogene Periodenlänge der *so*<sup>1</sup> Mutante signifikant länger als die der Wildtyp-Fliege, während die *so*<sup>KS68</sup>;*so*<sup>1</sup> Doppelmutante zwei freilaufende Aktivitätskomponenten aufweist, eine mit kurzer und eine mit langer Periodenlänge. **D:** Ein Antikörper gegen das Neuropeptid „Pigment-Dispensing Factor“ (PDF) färbt 8 Neurone pro Gehirnhemisphäre, die beide in der akessorischen Medulla (aMe) verzweigen. Vier der Neurone haben große Zellkörper (I-LN<sub>v</sub>) und sind Medulla-Tangential Neurone; sie bilden ein tangenciales Netzwerk in der distalen Medulla und verbinden die aMe beider Gehirnhemisphären. Die vier anderen Neurone haben kleine Zellkörper (s-LN<sub>v</sub>) und projizieren ins dorsale Zentralgehirn. Bei der *so*<sup>1</sup> Mutante ist das Netzwerk der großen PDF Neurone (I-LN<sub>v</sub>) dichter als beim Wildtyp, bei der *so*<sup>KS68</sup>;*so*<sup>1</sup> Doppelmutante folgen die großen PDF-Neurone den Projektionen der kleinen ins dorsale Zentralgehirn (Helfrich-Förster, 2014).

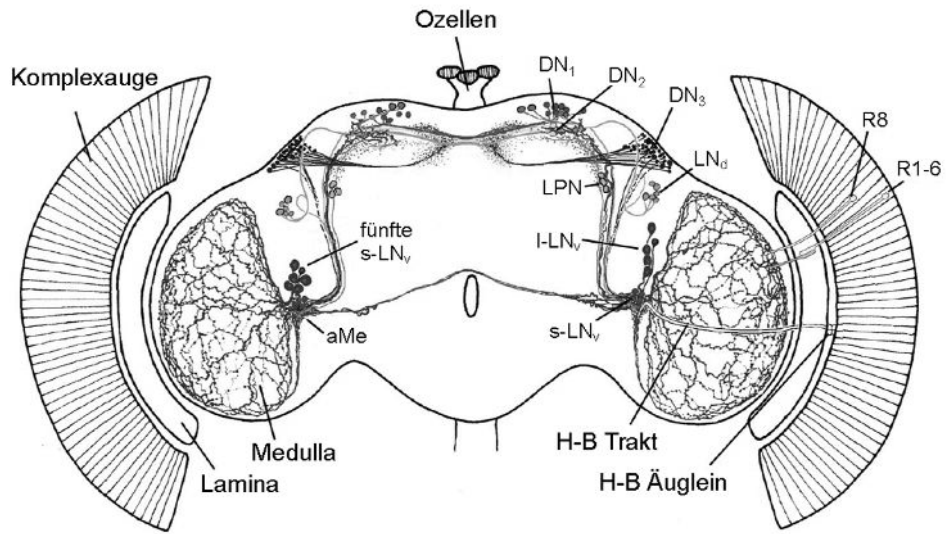
jektionen infolge der Winzigkeit der optischen Loben bei *so<sup>1</sup>KS68;so<sup>1</sup>* Doppelmutanten verändert sind; aber damals hatte ich keine Möglichkeit, diese Neurone histologisch zu markieren. Während meiner Mutterschaft, entdeckten Dushay et al. (1989) die erste arrhythmische optische-Loben-Mutante. Diese Mutante wurde *disconnected* (*disco<sup>1</sup>*) genannt, da bei ihr die Augen während der frühen Entwicklung keinen Kontakt zum Gehirn herstellen können und als Konsequenz praktisch alle Neurone der optischen Loben sterben. Die Arrhythmie von *disco<sup>1</sup>* Mutanten zeigte, dass die optischen Loben mit großer Sicherheit doch das circadiane Schrittmacherzentrum beherbergen und dass die großen Medulla-Tangential Neurone hierin eine wichtige Rolle spielen könnten.

Der nächste logische Schritt war, einen Antikörper zu finden, der die großen Medulla-Tangential Neurone markiert, um mehr über ihre Anatomie und Funktion zu erfahren. Dies konnte ich in Zusammenarbeit mit Uwe Homberg verwirklichen. Ein Antikörper gegen das Neuropeptid „Pigment-Dispersing Factor“ (PDF) färbte tatsächlich vier große Medulla-Tangential Neurone pro Gehirnhemisphäre im Gehirn der Fliege, die ich im Folgenden als große PDF-Neuronen bezeichnen werde (Abb. 1D; Helfrich-Förster und Homberg, 1993). Passend zu den vorhergehenden Ergebnissen waren die Projektionen dieser Neurone in *so<sup>1</sup>KS68;so<sup>1</sup>* Doppelmutanten stark verändert, und die Neurone fehlten völlig in *disco<sup>1</sup>* Mutanten. Bei *so<sup>1</sup>KS68;so<sup>1</sup>* Doppelmutanten projizierten die großen Medulla-Tangential Neurone ins Zentralgehirn anstatt ein tangenciales

Netzwerk in der Medulla zu bilden (Abb. 1D). Zusätzlich zu den vier großen PDF-Neuronen färbte der Antikörper noch vier Neurone mit kleineren Zellkernen, die ins Zentralgehirn projizierten, und die ich ab jetzt kleine PDF-Neurone nennen möchte (Abb. 1D). Auch diese vier kleinen PDF-Neurone fehlten in *disco<sup>1</sup>* Mutanten. Aber waren die großen und kleinen PDF-Neurone deshalb Uhr-Neurone? Streng genommen nicht. Es fehlte noch der Nachweis, dass sie auch das *period* Gen und das zugehörige Period Protein (PER) exprimieren. Inzwischen gab es einen Antikörper gegen PER sowie transgene Fliegen, die die  $\beta$ -Galaktosidase als Reporter für PER exprimierten. Doppelmarkierungen zeigten, dass die PDF Neurone tatsächlich eine Untergruppe der PER-exprimierenden Uhr-Neurone darstellen (Helfrich-Förster, 1995). Sie gehören zu den sogenannten Lateralen Uhr-Neuronen (LN), die alle ein kleines Neuropil an der Basis der Medulla, die akzesorische Medulla (aMe) innervieren (Abb. 2; Helfrich-Förster, 1997; Kaneko et al., 1997). Die aMe hatte sich inzwischen als das circadiane Schrittmacherzentrum von vielen Insekten herausgestellt (zusammengefasst in Helfrich-Förster et al., 1998), und sie weist erstaunliche anatomische und funktionelle Parallelitäten zum Schrittmacherzentrum der Säugetiere auf (Helfrich-Förster, 2004).

Die Morphologie von *Drosophila* Uhr-Neuronen haben meine Mitarbeiter und ich inzwischen genauer analysiert und mehrfach beschrieben (z.B. Helfrich-Förster et al., 2007), weshalb ich an dieser Stelle nicht weiter darauf eingehen möchte. Viel interessanter ist die Frage, warum



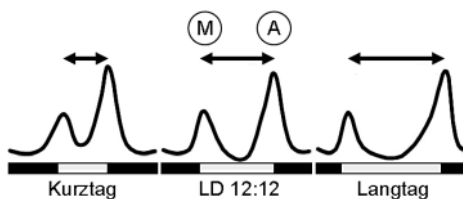


**Abb. 2: Das Netzwerk der Uhrneuronen im Gehirn der Taufliege.** Die Uhrneuronen werden konventionell in Laterale Neurone (s-LN<sub>v</sub>, fünfte s-LN<sub>v</sub>, LN<sub>d</sub>, LPN) und Dorsale Neurone (DN<sub>1</sub>, DN<sub>2</sub>, DN<sub>3</sub>) eingeteilt. Die meisten Uhrneurone projizieren in die akessorische Medulla (aMe) und ins dorsale Gehirn. Die großen und kleinen PDF-Neurone (I-LN<sub>v</sub> und s-LN<sub>v</sub>) sind auf dem Umschlagbild in hellblauen Farbtönen dargestellt. Die großen PDF-Neurone bekommen möglicherweise über das tangentielle Netzwerk in der distalen Medulla direkte oder indirekte Lichteingänge vom Komplexauge (hier sind exemplarisch zwei Photorezeptorzellen, R8 und R1-6 dargestellt). Außerdem wird die akessorische Medulla vom extraretinalen Hofbauer-Buchner Äuglein (H-B Äuglein) innerviert (Helfrich-Förster et al., 2007).

Mutanten mit vielen abnormalen Verzweigungen der großen PDF-Neuronen im Zentralgehirn zwei simultan freilaufende rhythmische Aktivitätskomponenten aufweisen. Ist dies eine Besonderheit der Mutanten, oder hat es eine generelle Bedeutung? Tatsächlich war ein solches Verhalten schon lange als „Interne Desynchronisation“ bekannt und wurde bei verschiedenen Tieren beobachtet, insbesondere aber bei nachtaktiven Nagern, die im Dauerlicht gehalten wurden (Pittendrigh, 1974). 1976 postulierten Pittendrigh und Daan das Zwei-Oszillatoren Modell, in dem sie davon ausgehen, dass Morgen- und Abendaktivität der Tiere von zwei unterschiedlichen Oszillatoren ge-

steuert werden. Diese zwei Oszillatoren reagieren unterschiedlich auf Licht. Während die Morgensoszillatoren durch Licht beschleunigt werden, werden die Abendsoszillatoren durch Licht verlangsamt. Bringt man die Tiere nun in Dauerlicht - eine sehr unnatürliche Bedingung für nachtaktive Nagern - läuft der Morgensoszillator mit kurzer Periodenlänge und der Abendsoszillator mit langer Periodenlänge, und es kommt zu der beschriebenen internen Desynchronisation. Interessanterweise scheint das Zwei-Oszillatoren Modell nicht auf nachtaktive Nagern beschränkt zu sein, sondern allgemeine Gültigkeit zu besitzen. Viele Tiere haben zwei Hauptaktivitätsgipfel, einen am Mor-

gen und einen am Abend (Aschoff, 1966). Konsistent mit dem Zwei-Oszillatoren Modell wird der Morgenszillator durch die lange Photoperiode im Sommer beschleunigt und der Abendoszillator verlangsamt. Auf diese Weise schiebt sich die Morgenaktivität im Sommer in den frühen Morgen und die Abendaktivität in den späten Abend, und tagaktive Tiere vermeiden es, während der Mittagshitze aktiv zu sein (Abb.3). Damit erklärt das Zwei-Oszillatoren Modell die jahreszeitliche Anpassung der Aktivität. Es kann aber auch den Mechanismus der Tageslängenmessung erklären, denn der zeitliche Abstand zwischen Morgen- und Abendaktivität (bzw. zwischen der Phasenlage von Morgen- und Abendoszillator) ist ein gutes Maß für die Tageslänge (Abb. 3) und kann benutzt werden, um den kommenden Winter oder Frühling vorauszuahnen. Diese Art der Tageslängenmessung ist als „Internes Koinzidenz Modell“ in die Literatur eingegangen (Pittendrigh, 1972).



**Abb. 3: Die Morgen und Abendaktivität von vielen Tieren passt sich an die Tageslänge an.** Im Kurztag liegen Morgen- (M) und Abendaktivität (A) nahe beieinander, während sie im Langtag durch eine ausgedehnte Mittagspause getrennt sind (siehe Pfeile). Der Abstand von M und A kann auch zur Messung der Tageslänge benutzt werden (internes Koinzidenzmodell).

Auch die Taufliege hat zwei Aktivitätsmaxima, die jeweils an den Morgen und Abend gekoppelt sind und deren Phasenbeziehung sich deshalb an langen Sommertagen ändert (Rieger et al., 2003; 2012). Diese zwei Aktivitätsmaxima scheinen auch von zwei unterschiedlichen Oszillatoren gesteuert zu werden, da sie in seltenen Fällen unter Dauerdunkelbedingungen außer Phase geraten (Helfrich-Förster, 2000). Aber wie sieht es unter Dauerlichtbedingungen aus? Hier weist die Fliege eine Besonderheit auf, die bei Säugetieren und selbst bei vielen anderen Insekten nicht zu finden ist. Die Fliege besitzt das Blaulichtempfindliche Fotopigment Cryptochrom (CRY) in ihren Uhr-Neuronen (Yoshii et al., 2008). Lichtaktiviertes CRY interagiert mit dem Uhrprotein Timeless (TIM) und führt zu dessen Degradation, was letztendlich zum Stillstand der molekularen Oszillationen in den Uhr-Neuronen führt und die Fliegen unter Dauerlichtbedingungen arrhythmisch macht (Stanewsky et al., 1998; Emery et al., 2000). Deshalb ist es nahezu unmöglich, bei Wildtyp-Fliegen eine interne Desynchronisation zwischen Morgen- und Abendoszillatoren durch Dauerlicht hervorzurufen. Lediglich unter extrem schwachem Dauerlicht kann man die zwei mit unterschiedlicher Periodenlänge freilaufenden Aktivitätskomponenten manchmal sehen (Abb. 4A). Sie sind aber immer deutlich sichtbar in Mutanten, die kein funktionelles CRY haben (Abb. 4B), was dafür spricht, dass das Zwei-Oszillatoren Modell für die Taufliege genauso gilt wie für den Säuger (Rieger et al., 2006). Parallel zu unserer Dauerlichtstudie gelang es den Arbeitsgruppen

von Michael Rosbash und Francois Rouyer, den Morgen- und Abendoszillatoren eine anatomische Basis zu geben: Stoleru et al. (2004) ablatierten Untergruppen der Uhrneurone durch selektive Expression eines Zelltodgens und Grima et al. (2004) exprimierten PER in Untergruppen der Uhrneurone von *per<sup>0</sup>* Mutanten. Beide Gruppen fanden, dass die Morgenaktivität verschwand, wenn die kleinen PDF-Neurone fehlten oder kein PER exprimierten, während die Abendaktivität verschwand, wenn eine Uhr-Neuronengruppe dorsal von den kleinen PDF-Neuronen (die LN<sub>d</sub>) nicht funktionell war (Abb. 5). Unsere Dauerlichtversuche zeigten, dass die kleinen PDF-Neuronen (= Morgenszillatoren) mit kurzer Periodenlänge freiliefen, während drei der LN<sub>d</sub> und die sogenannte fünfte s-LN<sub>v</sub> Zelle (= Abendoszillatoren) mit langer Periodenlänge freiliefen (Abb. 4C; Rieger et al., 2006). Damit stimmten unsere Ergebnisse weitgehend mit denen von Stoleru et al. (2004) und Grima et al. (2004) überein und zusammen bestätigen die Versuche das Zwei-Oszillatoren Modell von Pittendrigh und Daan (1976).

Aber was hat das Ganze mit der internen Desynchronisation der augenlosen *so<sup>KS68</sup>;so<sup>1</sup>* Doppelmutanten zu tun? Laufen bei diesen Tieren ebenso die Morgenszillatoren (kleinen PDF-Neurone) mit kurzer Periode frei, während die Abendoszillatoren (3 LN<sub>d</sub> und die fünfte s-LN<sub>v</sub>) mit langer Periode freilaufen? Ja, wir fanden, dass genau dies der Fall war (Yoshii

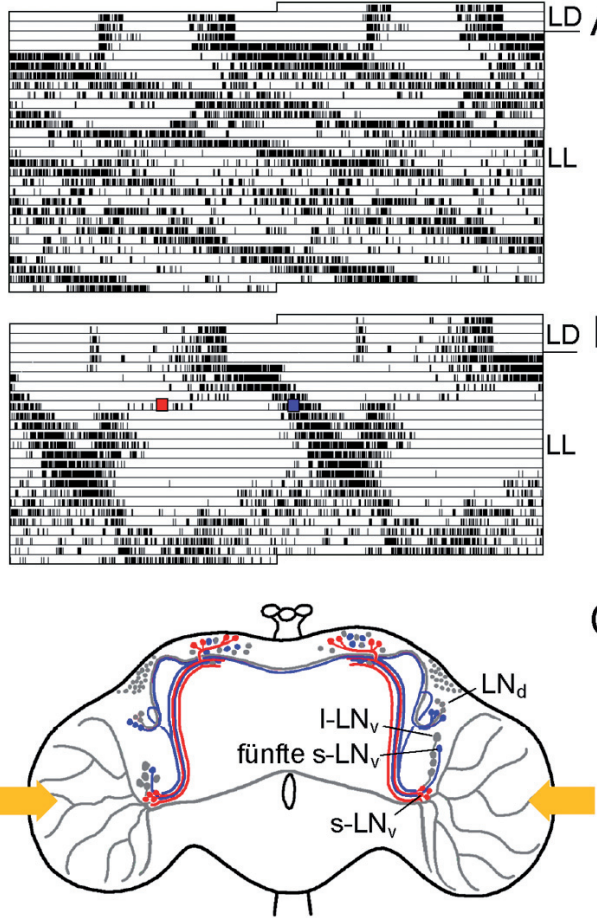
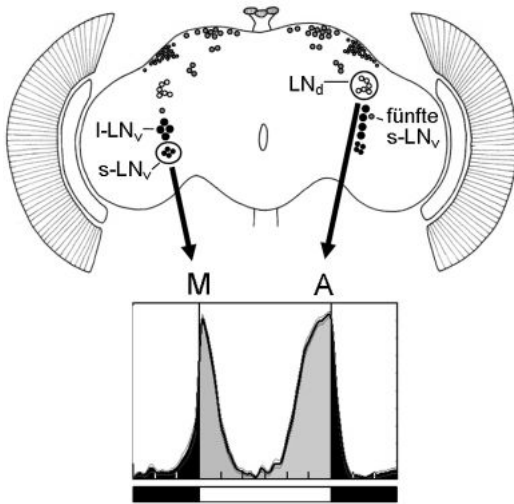


Abb. 4: Im Dauerlicht (LL) desynchronisieren Morgen- und Abendoszillatoren, da Licht den Morgenszillator beschleunigt und den Abendoszillator verlangsamt. **A:** Wildtyp-Fliege im LL von 0,25 µW/cm<sup>2</sup>. Höhere Lichtintensitäten machen die Tiere arrhythmisch. **B:** Mutante ohne funktionelles Cryptochrom (*cry<sup>b</sup>* Mutante) im Dauerlicht von 500 µW/cm<sup>2</sup>. Die Fliege zeigt interne Desynchronisation in zwei freilaufende Aktivitätskomponenten. **C:** Immunfärbungen von vielen *cry<sup>b</sup>* Mutanten zu den in B mit roten und blauen Quadraten angegebenen Zeitpunkten zeigten, dass die s-LN<sub>v</sub> und vier dorsale Neurone (rot) die kurzperiodische Komponente kontrollieren, während die fünfte s-LN<sub>v</sub> und drei LN<sub>d</sub> (blau) die langperiodische Komponente kontrollieren. Mögliche Lichteingänge über die Komplexaugen und die 1-LN<sub>v</sub> sind als gelbe Pfeile angedeutet (Helfrich-Förster, 2014).



**Abb. 5 Morgen- und Abendneurone nach Grima et al. (2004) und Stoleru et al. (2004).** Bei genetischer Ablation der *s-LNV* verschwand die Morgenaktivität der Fliegen, während die Abendaktivität verschwand, wenn die *LN<sub>d</sub>* außer Funktion gesetzt wurden. Die Rolle der fünften *s-LNV* als Abendoszillator wurde von den Autoren nicht erkannt (Helfrich-Förster, 2014).

et al., 2009). Betrachtet man das Aktivitätsmuster der in Abbildung 1 abgebildeten *so<sup>KS68</sup>,so<sup>1</sup>* Doppelmutante genauer, so sieht man, dass Morgen- und Abendaktivität dieses Tieres bereits im Licht-Dunkel-Wechsel weiter auseinander liegen als bei der gezeigten Wildtypfliege. Dies ist typisch für alle Mutanten dieses Genotyps und korreliert mit der Anzahl von PDF-Verzweigungen im Zentralgehirn (Wülbeck et al., 2008). Es sieht also so aus, als ob PDF ganz ähnlich wie Licht die Morgenoszillatoren beschleunigt und die Abendoszillatoren verlangsamt. Damit liegen Morgen- und Abendaktivität bereits in einem Licht-Dunkel Wechsel von 12:12 Stunden weit auseinander, so wie es beim Wildtyp im Langtag oder bei hohen Licht-

intensitäten zu beobachten ist (Rieger et al., 2003; Rieger et al., 2006). PDF von den großen PDF Neuronen könnte also die Lichtwirkung vermitteln. Interessanterweise ist PDF der großen PDF-Neuronen amidiert und deshalb besonders aktiv, während das der kleinen nicht amidiert ist (Park et al., 2008).

Verschiedene Studien bestätigen die Rolle der großen PDF-Neurone im Lichteingang der Inneren Uhr: Die großen PDF-Neurone bekommen Input von den Fotorezeptorzellen der Komplexaugen, sowie von extraretinalen Fotorezeptorzellen, den Hofbauer-Buchner Äuglein (Abb. 2; Helfrich-Förster et al., 2002; 2007). Außerdem sind sie selbst lichtsensitiv und erhöhen ihre elektrische Aktivität bei Lichteinfall, sogar wenn sie von den Augen abgekoppelt sind (Fogle et al., 2011). Die großen PDF-Neurone werden auch als „Arousal“-Neurone bezeichnet, da sie für eine schnelle durch Licht vermittelte Aktivierung der Fliegen verantwortlich sind (Shang et al., 2008; Sheeba et al., 2008). Übererregt man die großen PDF-Neurone elektrisch, so schlafen die Tiere nachts weniger (Parisky et al., 2008). Einen ähnlichen Effekt bekommt man, wenn man die Tiere nachts schwachem Licht aussetzt (Bachleitner et al. 2007).

All dies spricht dafür, dass PDF der großen PDF-Neuronen ein wichtiger Licht-vermittelnder Faktor für die anderen Uhrneuronen ist. Offensichtlich kann PDF die Geschwindigkeit der Morgenoszillatoren erhöhen und die der Abendoszillatoren erniedrigen. Damit sollte PDF wichtig für die Anpassung der Fliegen an lange Sommertage sein. Tatsächlich sind *Pdf<sup>0</sup>* Mutanten nicht mehr in der Lage ihre

Abendaktivität mit zunehmender Tageslänge an den Abend zu koppeln (Yoshii et al., 2009). Das gleiche gilt für augenlose Mutanten (Rieger et al., 2003).

Nach allem bisher gesagten aktiviert Licht die großen PDF Neuronen und stimuliert auf diese Weise die PDF Sekretion. PDF wirkt dann auf die Morgen- und Abendoszillatoren und verändert deren Geschwindigkeit. Noch nicht ganz geklärt ist, wie PDF das macht. Wie die Gruppe von Paul Taghert zeigen konnte wirkt PDF über G-Protein-gekoppelte Rezeptoren und erhöht den cAMP-Spiegel in den postsynaptischen Neuronen (Shafer et al., 2008). Die gleiche Arbeitsgruppe konnte auch zeigen, dass sich PDF-Rezeptoren auf den vier Morgenzosillatorzellen (kleine PDF-Neurone) und den vier Abendoszillatorzellen (fünfte  $s\text{-LN}_V$  und drei  $\text{LN}_D$ ) befinden und deshalb eine Beeinflussung beider Oszillatoren durch PDF möglich ist (Im und Taghert, 2010). Aber wie erreicht das PDF-Signal die molekulare Uhr und wie kann der erhöhte cAMP-Spiegel in manchen Zellen die Uhr beschleunigen und in anderen verlangsamen? Bei der Beantwortung der ersten Frage können Befunde bei Säugern helfen. Hier aktiviert cAMP die Proteinkinase A. Deren regulatorische Untereinheit wandert in den Zellkern und phosphoryliert dort CREB, das dann an CRE Sequenzen „upstream“ vom *period* Gen bindet und dessen Transkription aktiviert (Tischkau et al., 2003). Da auch die upstream Region des *Drosophila period* Gens CRE-artige Sequenzen besitzt und Mutationen im *dCREB2* Gen die Geschwindigkeit der freilaufenden Uhr verändern (Belvin et al., 1999), ist ein ähnlicher Mechanismus bei der Taufliege

möglich. Schwieriger zu beantworten ist die Frage, wie in den Morgenneuronen die molekularen Oszillationen beschleunigt werden und in den Abendneuronen verlangsamt werden. Duvall und Taghert (2012, 2013) fanden einen ersten Hinweis: Morgen- und Abendneurone benutzen verschiedene Adenylatzyklogen. Die unterschiedliche postsynaptische Wirkung von PDF könnte also auf unterschiedliche Signalkomponenten in Morgen- und Abendneuronen zurückzuführen sein.

Auch wenn bis jetzt nicht völlig geklärt ist, wie das Neuropeptid PDF Morgen- und Abendoszillatoren im Gehirn der Fliege beeinflusst, so haben unsere neurogenetischen Untersuchungen gezeigt, dass das für nachtaktive Nager aufgestellte Zwei-Oszillatoren Modell auch für die Fliege gilt und damit eine breite Basis hat. Selbst Einzeller wie der Dinoflagellat *Gonyaulax polyedra* besitzen zwei Uhren (diesmal in ein und derselben Zelle), die unterschiedlich auf Licht reagieren (Roenneberg und Morse, 1993). Zwei Oszillatoren mit verschiedenen Eigenschaften scheinen also ein generelles Konzept von circadianen Systemen darzustellen. Mehrzeller haben die Möglichkeit die beiden Uhren auf verschiedene Zellen zu verteilen, was natürlich nicht ausschließt, dass sie zusätzlich zwei Uhren in jeder Zelle haben. Noch sind nicht alle Feinheiten des Zwei-Oszillatoren Modells geklärt. Es gibt viele Hinweise, dass es wesentlich komplizierter ist als hier dargestellt (siehe Helfrich-Förster, 2009; Yoshii et al., 2012).

Letztendlich bleiben faszinierende Parallelen zwischen dem circadianen Schrittmacherzentrum der Fliege und

dem des Säugers. So hat man Morgen- und Abendneurone inzwischen auch im Schrittmacherzentrum des Säugers identifiziert (Inagaki et al., 2007), und das Neuropeptid PDF hat im „Vasoactive Intestinal Polypeptid“ VIP ein funktionelles Analog gefunden (zusammengefasst in An et al., 2013). Die Rezeptoren für PDF und VIP sind sogar miteinander homolog und ihre Aktivierung führt in beiden Fällen zu einem Anstieg von cAMP im postsynaptischen Neuron. Damit bleibt die Forschung an der Inneren Uhr der Fliege auch für den Menschen spannend.

Die Autorin dankt ihren Mitarbeitern und Kollegen für die fruchtbare Zusammenarbeit. Ein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Wolfgang Engelmann für seine bis heute währende freundschaftliche Begleitung und seine mitreißende Begeisterung für das Fach Chronobiologie. Meiner Familie danke ich für die liebevolle Förderung bzw. das geduldige Mittragen meiner Forschungsaktivitäten. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die langjährige Förderung meiner Forschung, ebenso wie der Europäischen Gemeinschaft und dem Land Baden-Württemberg. Mein herzlicher Dank gilt auch der DZG für die Verleihung des Preises und insbesondere Monika Stengl für ihre Laudatio.

#### Literatur:

- An S, Harang R, Meeker K, Granados-Fuentes D, Tsai CA, Mazuski C, Kim J, Doyle FJ, 3rd, Petzold LR, Herzog ED (2013) A neuropeptide speeds circadian entrainment by reducing intercellular synchrony. *Proc Natl Acad Sci U S A* 110: E4355-4361.
- Aschoff J (1966) Circadian activity pattern with two peaks. *Ecology* 47: 657-662.
- Bachleitner W, Kempinger L, Wülbeck C, Rieger D, Helfrich-Förster C (2007) Moonlight shifts the endogenous clock of *Drosophila melanogaster*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 104: 3538-3543.
- Belvin MP, Zhou H, Yin JC (1999) The *Drosophila* dCREB2 gene affects the circadian clock. *Neuron* 22: 777-787.
- Bünning E (1935) Zur Kenntnis der erblichen Tagesperiodizität bei den Primärblättern von *Phaseolus multiflorus*. In: Jahrbuch für Wissenschaftliche Botanik. Band 81, S. 411 ff.
- Dushay MS, Rosbash M, Hall JC (1989) The *disconnected* visual system mutations in *Drosophila melanogaster* drastically disrupt circadian rhythms. *J Biol Rhythms* 4: 1-27.
- Duvall LB, Taghert PH (2012) The circadian neuropeptide PDF signals preferentially through a specific adenylate cyclase isoform AC3 in M pacemakers of *Drosophila*. *PLoS Biol* 10: e1001337.
- Duvall LB, Taghert PH (2013) E and M circadian pacemaker neurons use different PDF receptor signalosome components in *Drosophila*. *J Biol Rhythms* 28: 239-248.
- Emery P, Stanewsky R, Hall JC, Rosbash M (2000) A unique circadian-rhythm photoreceptor. *Nature* 404: 456-457.
- Fogle KJ, Parson KG, Dahm NA, Holmes TC (2011) CRYPTOCHROME is a blue-light sensor that regulates neuronal firing rate. *Science*: 331, 1409-1413.
- Grima B, Chelot E, Xia R, Rouyer F (2004) Morning and evening peaks of activity rely on different clock neurons of the *Drosophila* brain. *Nature* 431: 869-873.
- Helfrich C (1986) Role of the optic lobes in the regulation of the locomotor activity rhythm of *Drosophila melanogaster*: behavioral analysis of neural mutants. *J Neurogenet* 3: 321-343.
- Helfrich C, Engelmann W (1983) Circadian rhythm of the locomotor activity in *Drosophila melanogaster* and its mutants "sine oculis" and "small optic lobes". *Physiol Entomol* 8: 257-272.

- Helfrich-Förster C (1995) The *period* clock gene is expressed in central nervous system neurons which also produce a neuropeptide that reveals the projections of circadian pacemaker cells within the brain of *Drosophila melanogaster*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 92: 612-616.
- Helfrich-Förster C (1997). Development of pigment-dispersing hormone-immunoreactive neurons in the nervous system of *Drosophila melanogaster*. *J Comp Neurol* 380: 335-354.
- Helfrich-Förster C (2000) Differential control of morning and evening components in the activity rhythm of *Drosophila melanogaster*--sex-specific differences suggest a different quality of activity. *J Biol Rhythms* 15: 135-154.
- Helfrich-Förster C (2004) The circadian clock in the brain: a structural and functional comparison between mammals and insects. *J Comp Physiol A* 190, 601-630.
- Helfrich-Förster C (2009) Does the morning and evening oscillator model fit better for flies or mice? *J Biol Rhythms* 24: 259-270.
- Helfrich-Förster C (2014) From neurogenetic studies in the fly brain to a concept in circadian biology. *J Neurogenetics* 28: 329-347.
- Helfrich-Förster C, Edwards T, Yasuyama K, Wisotzki B, Schneuwly S, Stanewsky R, Meinertzhagen IA, Hofbauer A (2002) The extraretinal eyelet of *Drosophila*: development, ultrastructure, and putative circadian function. *J Neurosci* 22: 9255-9266.
- Helfrich-Förster C, Homberg U (1993) Pigment-dispersing hormone-immunoreactive neurons in the nervous system of wild-type *Drosophila melanogaster* and of several mutants with altered circadian rhythmicity. *J Comp Neurol* 337: 177-190.
- Helfrich-Förster C, Shafer OT, Wülbeck C, Grieshaber E, Rieger D, Taghert P (2007) Development and morphology of the clock-gene-expressing lateral neurons of *Drosophila melanogaster*. *J Comp Neurol* 500: 47-70.
- Helfrich-Förster C, Stengl M, Homberg U (1998) Organization of the circadian system in insects. *Chronobiol Int* 15: 567-594.
- Im SH, Taghert PH (2010) PDF receptor expression reveals direct interactions between circadian oscillators in *Drosophila*. *J Comp Neurol* 518, 1925-1945.
- Inagaki N, Honma S, Ono D, Tanahashi Y, Honma K (2007) Separate oscillating cell groups in mouse suprachiasmatic nucleus couple photoperiodically to the onset and end of daily activity. *Proc Natl Acad Sci* 104: 7664-7669.
- Kaneko M, Helfrich-Förster C, Hall JC (1997) Spatial and temporal expression of the *period* and *timeless* genes in the developing nervous system of *Drosophila*: newly identified pacemaker candidates and novel features of clock gene product cycling. *J Neurosci* 17: 6745-6760.
- Konopka RJ, Benzer S (1971) Clock mutants of *Drosophila melanogaster*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 68: 2112-2116.
- Parisky KM, Agosto J, Pulver SR, Shang Y, Kukuljin E, Hodge JJ, Kang K, Liu X, Garrity PA., Rosbash M, Griffith LC (2008) PDF cells are a GABA-responsive wake-promoting component of the *Drosophila* sleep circuit. *Neuron* 60: 672-682.
- Park D, Shafer OT, Shepherd SP, Suh H, Trigg JS, Taghert PH (2008) The *Drosophila* basic helix-loop-helix protein DIMMED directly activates PHM, a gene encoding a neuropeptide-amidating enzyme. *Mol Cell Biol* 28: 410-421.
- Pittendrigh C (1972) Circadian surfaces and the diversity of possible roles of circadian organization in photoperiodic induction. *Proc Natl Acad Sci USA* 69: 2734-2737.
- Pittendrigh C (1974) Circadian oscillations in cells and the circadian organization of multioscillator systems: In: *The neurosciences, third study program* (ed. FO Schmitt, FG Worden), pp. 437-458. Boston: M.I.T. press.
- Pittendrigh C, Daan S (1976) A functional analysis of circadian pacemakers in nocturnal rodents. V. Pacemaker structure: A clock for all seasons. *J Comp Physiol [A]* 106: 333-355.
- Rieger D, Peschel N, Dusik V, Glotz S, Helfrich-Förster (2012) The ability to entrain to long photoperiods differs between three

- D. melanogaster* wild-type strains and is improved by twilight simulation. *J Biol Rhythms* 27: 37-47.
- Rieger D, Shafer OT, Tomioka K, Helfrich-Förster C (2006) Functional analysis of circadian pacemaker neurons in *Drosophila melanogaster*. *J Neurosci* 26: 2531-2543.
- Rieger D, Stanewsky R, Helfrich-Förster C (2003) Cryptochrome, compound eyes, Hofbauer-Buchner eyelets, and ocelli play different roles in the entrainment and masking pathway of the locomotor activity rhythm in the fruit fly *Drosophila melanogaster*. *J Biol Rhythms* 18: 377-391.
- Roenneberg T, Morse D (1993) Two circadian oscillators in one cell. *Nature* 362: 362-364.
- Shafer OT, Kim DJ, Dunbar-Yaffe R, Nikolaev VO, Lohse MJ, Taghert PH (2008) Widespread receptivity to neuropeptide PDF throughout the neuronal circadian clock network of *Drosophila* revealed by real-time cyclic AMP imaging. *Neuron* 58: 223-237.
- Shang Y, Griffith LC, Rosbash M (2008) Light-arousal and circadian photoreception circuits intersect at the large PDF cells of the *Drosophila* brain. *Proc Natl Acad Sci U S A* 105: 19587-19594.
- Sheeba V, Fogle KJ, Kaneko M, Rashid S, Chou YT, Sharma VK, Holmes TC (2008) Large ventral lateral neurons modulate arousal and sleep in *Drosophila*. *Curr Biol* 18: 1537-1545.
- Stanewsky R, Kaneko M, Emery P, Beretta B, Wager-Smith K, Kay SA, Rosbash M, Hall JC (1998) The *cryb* mutation identifies cryptochrome as a circadian photoreceptor in *Drosophila*. *Cell* 95: 681-692.
- Stoleru D, Peng Y, Agosto J, Rosbash M (2004). Coupled oscillators control morning and evening locomotor behaviour of *Drosophila*. *Nature* 431: 862-868.
- Tischkau SA, Mitchell JW, Tyan SH, Buchanan GF, Gillette MU (2003) Ca<sup>2+</sup>/cAMP response element-binding protein (CREB)-dependent activation of *Per1* is required for light-induced signaling in the suprachiasmatic nucleus circadian clock. *J Biol Chem* 278, 718-723.
- von Frisch K (1965) *Tanzsprache und Orientierung der Bienen*. Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg/ New York.
- Wülbeck C, Grieshaber E, Helfrich-Förster C (2008) Pigment-dispersing factor (PDF) has different effects on *Drosophila's* circadian clocks in the accessory medulla and in the dorsal brain. *J Biol Rhythms* 23: 409-424.
- Yoshii T, Rieger D, Helfrich-Förster C (2012) Two clocks in the brain: an update of the morning and evening oscillator model in *Drosophila*. *Prog Brain Res* 199: 59-82.
- Yoshii T, Todo T, Wülbeck C, Stanewsky R, Helfrich-Förster C (2008) Cryptochrome is present in the compound eyes and a subset of *Drosophila's* clock neurons. *J Comp Neurol* 508: 952-966.
- Yoshii T, Wülbeck C, Sehádova H, Veleri S, Bichler D, Stanewsky R, Helfrich-Förster C (2009). The neuropeptide pigment-dispersing factor adjusts period and phase of *Drosophila's* clock. *J Neurosci* 29: 2597-2610.

Prof. Dr. Charlotte Helfrich-Förster  
 Universität Würzburg  
 Biozentrum, Theodor-Boveri-Institut Neurobiologie und Genetik  
 Am Hubland  
 97074 Würzburg  
 charlotte.foerster@biozentrum.uni-wuerzburg.de



# Zur Historie der Zoologie in Göttingen

Rüdiger Hardeland

Die Zoologie lässt sich in Göttingen bis in die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts zurückverfolgen. Über die Anfänge bis zur Mitte der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts ist auf der Jahrestagung der DZG 1966 berichtet worden (Birukow & Ax, 1967), so dass für diese Spanne unnötige Wiederholungen vermieden und die Akzente neu gesetzt werden sollen. Im 18. Jahrhundert war die Zoologie zunächst noch kein eigenständiges akademisches Fach. Wohl aber gab es schon Vorlesungen zu diesem Thema, allerdings üblicherweise eingebunden in den größeren Rahmen der Naturgeschichte. Vertreten wurde dieses Gebiet von Professoren der Philosophischen oder auch der Medizinischen Fakultät.

In wissenschaftsgeschichtlicher Hinsicht ist jene Zeit geprägt von Entdeckungsreisen, oft auf dem Hintergrund des fortschreitenden Kolonialismus, und so werden Objekte der verschiedensten Art aus fremden Ländern gesammelt und wissenschaftlich eingeordnet. Sammlungen umfassen damals nicht nur zoologische Präparate, sondern ebenfalls botanische, anthropologische, ethnologische, paläontologische und mineralogische. Eine solche vielfältige Naturalienammlung steht auch am Anfang der Göttinger Zoologie.

Christian Wilhelm Büttner (27.02.1716 – 08.10.1801) legte eine derartige Sammlung an. Er war 1758 ao. Professor, von 1763 bis 1783 o. Professor an der Philosophischen Fakultät und hierorts der Erste,

der Vorlesungen über Naturgeschichte hielt. Seine Sammlung war Ausgangspunkt des späteren Zoologischen Museums und spielte somit in der hiesigen Zoologie eine entscheidende Rolle.

Johann Christian Polycarp Erxleben (22.06.1744 – 19.08.1777), etwas jünger als Büttner, wurde bereits mit einer zoologischen Dissertation an der Philosophischen Fakultät promoviert. Er war übrigens Sohn von Dorothea Christiane Erxleben, der ersten in Deutschland zum Doktor der Medizin promovierten Frau. Er wurde 1775 an der Philosophischen Fakultät Professor für Physik und Tierheilkunde, eine uns heute seltsam erscheinende Kombination. Er gilt als Begründer der Veterinärmedizin. Gleichwohl hat er auch originär zoologische Werke verfasst, von denen ich nur zwei erwähnen möchte: "Anfangsgründe der Naturlehre" (1772) und "Systema regni animalis" (1777). Also auch unsere Taxonomen können sich auf ihn berufen.

Einen wesentlichen Schub erhielten die zoologische wie auch die anthropologische Wissenschaft sodann durch eine herausragende Persönlichkeit, die als Begründer dieser beiden Fachgebiete als wissenschaftliche Disziplinen gelten kann: Johann Friedrich Blumenbach (11.05.1752 – 22.01.1840; Abb. 1), dessen Andenken wir in der Namensgebung unseres Institutes würdigen.

Blumenbach hatte bei Büttner Naturgeschichte gehört. Er wurde mit einer an-

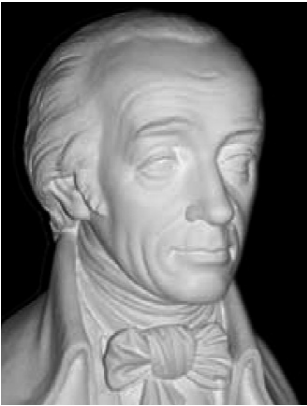


Abb. 1:  
Johann Friedrich  
Blumenbach  
(Büste im  
Institut, Berliner  
Str. 28).

Foto: Bildarchiv  
Rainer Willmann.

thropologischen Dissertation promoviert. Nach seiner Ernennung 1776 zunächst zum ao. Professor an der Medizinischen Fakultät wurde ihm die Leitung der Büttnerschen Sammlungen übertragen. Von 1778 bis 1835 wirkte er sodann als o. Professor. Mit ungeheurer Tatkraft und nicht zuletzt durch eine, auch internationale, wissenschaftliche Vernetzung mit den Größen seiner Zeit gelang es ihm, diese Sammlungen quantitativ erheblich zu erweitern und hohe qualitative Standards zu erreichen. Sie wurden später Grundstock der Zoologischen und Geologischen Museen. In der Lehre vertrat er die Gebiete Anatomie, Physiologie und Naturgeschichte.

Bezüglich seiner wissenschaftlichen Ansichten sind seine entwicklungsbiologische and seine anthropologische Position der besonderen Erwähnung wert. Zum einen war er entschiedener Kritiker von Urzeugung und Präformationslehre und stellte sich damit gegen vorherrschende Strömungen seiner Zeit. Wesentliche Argumente gegen die Präformationslehre zog er aus Fehlbildungen in der Entwicklung von Menschen und auch der von Hühnern. Zweitens wurde er, der er sich

mit Unterschieden zwischen menschlichen Populationen befasste, als Begründer der Rassenlehre gesehen, einem Gebiet, welches in Deutschland später in unverzeihlicher Weise missbraucht wurde. Aber gerade Blumenbach lehnte rassistische Ansichten entschieden ab. Vehement widersprach er anderen, wie Samuel Thomas von Soemmering und Christoph Meiners, die aus äußerlichen und anatomischen Unterschieden eine Unterlegenheit bestimmter Völker ableiten zu können glaubten.

Zwei Persönlichkeiten stehen für die Zeit nach Blumenbach, Arnold Adolf Berthold (26.02.1803 – 03.01.1861) und Rudolf Wagner (30.06.1805 – 13.05.1864). Berthold, ab 1836 o. Professor für physiologische Anatomie und Naturgeschichte, wurde die Leitung der zoologischen Sammlung übertragen. Diese war also von den Sammlungen der anderen Fachgebiete abgetrennt worden, ein weiterer Schritt zur Eigenständigkeit der Zoologie. Außer seinen verschiedene Tiergruppen betreffenden Arbeiten führte Berthold damals bahnbrechende Untersuchungen zur Unterdrückung der männlichen Entwicklung bei kastrierten Küken durch, Experimente, die ihm später den Ruf eines Begründers der Endokrinologie einbrachten.

Obwohl Berthold als Sammlungsleiter die Arbeit von Blumenbach fortführte, wurde er dennoch nicht zu seinem Nachfolger berufen. Dies blieb Rudolf Wagner vorbehalten, der 1840 eine o. Professur für Zoologie, Physiologie und vergleichende Anatomie erhielt. Wenn auch innerhalb der Medizinischen Fakultät, so erscheint doch hier erstmals in Göttingen

der Begriff "Zoologie" in einer Denomination.

Nach dem Tod Wagners erfolgte eine grundlegende strukturelle Änderung: Zoologie und Physiologie, zuvor in der Medizinischen Fakultät vereint, wurden voneinander getrennt. Während die Physiologie in der Medizin verblieb, wurde die Zoologie der Philosophischen Fakultät zugeordnet. Nur einen guten Monat nach Wagners Tod, am 16. Juni 1864, wurde ein nunmehr selbstständiges Zoologisches Institut gegründet.

Die hernach berufenen Professoren für Zoologie standen allerdings vor einem erheblichen technischen Problem. Die Sammlungen ebenso wie das neue Institut waren in dem inzwischen baufälligen Gebäude des damaligen "Academischen Museums" untergebracht, welches die fortwährend steigende Zahl der Objekte nicht mehr angemessen aufnehmen konnte und zudem einem Erweiterungsbau der Universitätsbibliothek weichen sollte. Ein neues, eigenes Gebäude wurde nunmehr unerlässlich.

Es dauerte dann bis zum Jahr 1877, bis dieses Gebäude errichtet war, mit einem Teil für die zoologischen, einem anderen für die geologischen Sammlungen. Allen, die die Göttinger Zoologie schon etwas länger kennen, ist dieser Ort an der Berliner Straße 28 wohlvertraut. Bis in die 80er Jahre des letzten Jahrhunderts war dies "die Zoologie" schlechthin, bis schließlich diverse Ausgliederungen der räumlichen Einheit ein Ende setzten.

Von den ersten drei Professoren für Zoologie in der Philosophischen Fakultät sind zwei nur sehr kurze Zeit im Amt gewesen. Wilhelm Moritz Keferstein

(07.01.1833 – 25.01.1870) starb bereits etwa zwei Jahre nach seiner Berufung. Immerhin hatte er den Neubau initiiert, dessen Errichtung er nicht mehr erleben sollte. Carl Claus (02.01.1835 – 18.01.1899) verließ Göttingen bereits im Jahr 1873 in Richtung Wien. Sein Nachfolger wurde Ernst Ehlers (11.11.1835 – 31.12.1925), der dann aber die Göttinger Zoologie von 1874 bis nach dem Ersten Weltkrieg (1919) prägen sollte. In seine Anfangszeit fiel die Fertigstellung des Gebäudes Berliner Straße 28. Ernst Ehlers beschäftigte sich insbesondere mit Anneliden, vermehrte die zoologische Sammlung auf diesem Gebiet erheblich, so dass sein Nachfolger im Scherz von einem "Wald von Würmern" sprach, den er hinterlassen habe. Ehlers wurde u.a. Herausgeber der "Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie" und war 1894/95 Präsident der DZG.

Auf Ehlers folgte dann eine herausragende Phase der Göttinger Zoologie, an der vor allem sein direkter Nachfolger, Alfred Kühn (22.04.1885 – 22.11.1968), entscheidenden Anteil hatte. Alfred Kühn ist über Jahrzehnte hinweg jedem Zoologen bekannt gewesen, nicht nur wegen des von ihm begründeten Lehrbuchs für Anfänger, sondern auch wegen weiterer Bücher und anderer bedeutender Publikationen. Am wichtigsten erscheinen mir jedoch seine Impulse für neue wissenschaftliche Ansätze auf den Feldern der Entwicklungsbiologie und der Genetik. Göttingen verließ er 1937 infolge eines Rufs an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem. Nach dem Krieg erhielt er einen Lehrstuhl an der Universität Tübingen und wurde später

zugleich Direktor am dortigen Max-Planck-Institut für Biologie.

Auf Kühn folgte in Göttingen sein Schüler Karl Henke (03.10.1895 – 14.09.1956), der den Lehrstuhl bis zu seinem Tode innehatte. Nach dem Weltkrieg fiel ihm die Aufgabe zu, das in Teilen zerstörte Zoologische Institut wieder aufzubauen. In wissenschaftlicher Hinsicht schlossen sich seine Arbeiten thematisch größtenteils an jene von Alfred Kühn an, mit dem er ja auch gemeinsam publiziert hatte. Aber über die vor allem an *Ephesia und Drosophila* studierten entwicklungsbiologischen und genetischen Aspekte hinaus fanden auch neue Felder Platz in seiner Forschung. Zu nennen wären hier verhaltensphysiologische Arbeiten, etwa zur Lichtorientierung bei Rollaseln.

Es würde sicherlich der lokalen Geschichte eines Faches nicht gerecht werden, würde man sich auf die Genealogie der jeweiligen Institutsdirektoren beschränken. Auf alle hier ehemals Tätigen kann im Rahmen eines kurzen geschichtlichen Abrisses nicht eingegangen werden, auch wenn sie zur Forschung am Ort wichtige Beiträge geleistet haben. Gleichwohl sei zumindest an zwei herausragende Wissenschaftler aus den Zeiten von Kühn und Henke erinnert, die zwar nach wenigen Jahren Göttingen verließen, aber deren Arbeiten am Anfang ihrer jeweiligen Karriere die Forschung in hohem Maße beeinflussten und die hernach eine eminente Rolle spielten.

Der eine von ihnen war Ernst Wolfgang Caspari (24.10.1909 – 1984; in Göttingen 1931 - 1935), damals Mitarbeiter von Kühn. Casparis herausragende Leistung für die Wissenschaft besteht darin,

die Genetik mit einem Stoffwechselweg zusammengeführt zu haben (Grossbach, 2008). Diese Verbindung zweier zuvor getrennter Gebiete, Genetik und Biochemie, hat sich als unvergleichlich fruchtbar erwiesen und ist aus heutiger Perspektive nicht mehr wegzudenken. Als Jude hat Ernst Caspari Deutschland rechtzeitig verlassen und später äußerst erfolgreich in den USA gearbeitet. Hier in Göttingen hatten wir noch die Freude, Ernst Caspari im Rahmen eines kleinen Symposiums seine Goldene Doktorurkunde überreichen zu dürfen. Seit einigen Jahren ehren wir ihn durch die Benennung des Gebäudes des Göttinger Zentrums für Molekulare Biowissenschaften als Ernst-Caspari-Haus, in dem auch eine Abteilung unseres Instituts untergebracht ist.

Der andere, an den ich hier erinnern möchte, war Hansjochem Autrum (06.02.1907 – 23.08.2003), der zu Henkes Zeiten in Göttingen arbeitete (1945 - 1952). In seinen frühen Studien identifizierte er die verschiedenen Typen der Schallwahrnehmung, ihrer Organe und demonstrierte die geradezu unfassliche Empfindlichkeit von Vibrationsrezeptoren, die z.T. auf Amplituden im Picometerbereich ansprechen, an der Grenze des physikalisch Möglichen, was auch die hiesigen Physiker fasziniert hat. Nachdem er Göttingen in Richtung Würzburg verlassen hatte, übernahm er 1958 den Lehrstuhl von Karl von Frisch in München und wurde zu einem der einflussreichsten Zoologen in unserem Land. Unsere Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultäten haben ihm, auf Antrag aus der Zoologie, 1986 die Ehrendoktorwürde verliehen.

Die bei Henke bereits erkennbare Hinwendung zu verhaltensphysiologischen Themen war von Bedeutung für seine Nachfolge, die 1958 Georg Birukow (25.09.1910 – 17.10.1985; in Göttingen bis 1978) antrat. Die zuvor in Göttingen so bedeutende Entwicklungsbiologie war damit aber nicht verwaist, weil Kühns Schüler Hans Piepho (10.05.1909 – 1993), zuletzt, ab 1967, als o. Professor hier arbeitete. Die 60er Jahre können als der Beginn einer wichtigen institutionellen Diversifizierung angesehen werden. Mit der Berufung von Peter Ax (29.03.1927 – 02.05.2013) auf einen zweiten Zoologischen Lehrstuhl im Jahr 1961, aus der Sicht des Autors ein Glücksfall für die Göttinger Zoologie, wurde die fachliche Differenzierung in einen physiologisch-ethologischen sowie entwicklungsbiologischen und einen phylogenetisch-morphologischen sowie ökologischen Bereich durch Gründung zweier unabhängiger Institute festgeschrieben. Peter Ax, zunächst durch seine Arbeiten zur Sandlückenzauna bekannt geworden, wurde später zum entschiedenen Verfechter einer kladistisch-konsequenten Phylogenetik. Er blieb über seine Emeritierung 1992 hinaus bis 2013 am Institut tätig. Es ist eine Freude zu wissen, dass die DZG die Erinnerung an ihn durch eine "Peter Ax Lecture" hochhält.

Die fachliche Differenzierung schritt in den Instituten zunehmend voran und hatte Folgen für die Gründung weiterer Institute. Um 1964 umfasste das I. Zoologische Institut außer den Arbeitsgruppen von Georg Birukow und Hans Piepho eine mehr stoffwechselphysiologisch orientierte Gruppe um Detlef Bückmann, der spä-

ter nach Ulm berufen wurde und vielen Zoologen bekannt sein dürfte. Außerdem existierte ein "Labor für Elektronenmikroskopie" unter Friedrich-Wilhelm Schlote, das nach dessen Berufung nach Aachen in eine "Abteilung für Zellbiologie" umgewandelt wurde, zuerst unter der Leitung von Jost-Bernhard Walther. Ebenfalls dem Institut zugehörig war eine "Anthropologische Forschungsstelle" unter Gerhard Heberer. Im II. Zoologischen Institut wurde 1971 eine eigene "Abteilung für Ökologie" gegründet, welche zunächst von Werner Funke bis zu dessen Berufung nach Ulm geleitet wurde.

Mitte der 80er Jahre war die fachliche Differenzierung noch weiter vorangeschritten. Am I. Zoologischen Institut waren im Zoophysiologicalen Bereich inzwischen 4 Professoren tätig, mit Norbert Elsner (11.10.1940 – 16.06.2011) als Nachfolger von Georg Birukow. Die bereits erwähnte Abteilung für Zellbiologie war etabliert, nunmehr unter der Leitung von Friedrich-Wilhelm Schürmann. Am II. Zoologischen Institut waren im morphologisch-phylogenetischen Bereich neben Peter Ax zwei weitere Professoren tätig; die Abteilung für Ökologie wurde inzwischen von Matthias Schaefer geleitet. Aus dem Lehrstuhl von Hans Piepho war das III. Zoologische Institut - Entwicklungsbiologie hervorgegangen, mit Ulrich Grossbach als Ordinarius sowie Christel Podufal. Weitere Professoren kamen in der Folge hinzu, z.T. durch Kooptierung. In der Nachfolge der Anthropologischen Forschungsstelle war mit der Berufung von Christian Vogel ein eigenständiges Institut für Anthropologie gegründet worden. Hernach wurde eine zweite Profes-

sur zugeordnet, auf die Bernd Herrmann berufen wurde.

Unter Bezug auf jene Zeit verdienen zwei weitere Facetten der Geschichte der Göttinger Zoologie der Erwähnung. Im Winter 1981/82 machte eine junge amerikanische Studentin ein Praktikum bei Ulrich Grossbach, wo sie wohl zum ersten Mal Chromosomen unmittelbar zu sehen bekam. Es war niemand anders als Carol Greider. Später sagte sie : "This experience with *Chironomus* polytene chromosomes gave me an appreciation for the beauty of chromosomes." In den USA führte sie bahnbrechende Arbeiten über die Telomere und die Telomerasen durch, wofür sie 2009 den Nobelpreis erhielt. Ohne dass die Göttinger Zoologie mit fremden Federn geschmückt werden soll, so ist dennoch festzuhalten, dass wir uns, und allen voran natürlich Herr Grossbach, über diese Ehrung außerordentlich gefreut haben.

Zum zweiten sind in der Geschichte der Göttinger Zoologie die Neurobiologentagungen besonders hervorzuheben. Diese, zunächst von Ernst Florey und Otto Creutzfeld ins Leben gerufen, wurden dann zwischen 1982 und 2003 von Norbert Elsner organisiert, was er zwar üblicherweise mit einem anderen Kollegen gemeinsam tat, wobei aber die technische Durchführung vor Ort weitgehend durch ihn erfolgte. Diese Tätigkeit war für ihn zeit- und energieraubend. Nicht nur seine Arbeitsgruppe, sondern sogar seine Familie waren hierin eingebunden. Unter Elsners Federführung wuchs die Zahl der Teilnehmer von zunächst ca. 150 auf über 1.500 (s.a. Ronacher, 2012). So mancher auf der Zoologentagung Anwesende

wird sich an diese Veranstaltungen lebhaft erinnern. Norbert Elsner hat auch hierdurch zur Bekanntheit der Göttinger Zoologie in hohem Maße beigetragen. Inzwischen werden diese Tagungen von der German Neuroscience Society getragen und finden noch immer statt, aber nur jedes zweite Jahr in Göttingen. Innerhalb Göttingens machte sich Norbert Elsner auch einen Namen durch die Organisation interdisziplinärer Ringvorlesungen sowie die Herausgabe von Buchpublikationen hierzu, eine Tätigkeit, die er bis wenige Monate vor seinem Tode ausübte.

Nachdem die fortschreitende fachliche Diversifizierung innerhalb der Göttinger Zoologie zunächst die Zentrifugalkräfte befördert und die Trennung in mehrere Institute nach sich gezogen hatte, gewann die Einsicht an Raum, dass größere Einheiten einen höheren Gestaltungsspielraum ermöglichen, z.B. bei Neuberufungen. Zudem besitzt eine größere Einheit ein höheres inneruniversitäres Gewicht. Die Folge war eine Wiedervereinigung von Instituten, jedoch mit einer neuen Abteilungsstruktur (Tab. 1). Dies betraf 1998 die ehemaligen I. und II. Zoologischen Institute sowie das Institut für Anthropologie. Nach der Emeritierung von Ulrich Grossbach wurde unter seinem Nachfolger Ernst A. Wimmer auch dieser Bereich in das Gesamtinstitut einbezogen, für das man sich inzwischen auf den Namen "Johann-Friedrich-Blumenbach-Institut für Zoologie und Anthropologie" geeinigt hatte.

Diese formale organisatorische Vereinigung war hingegen keineswegs mit einer räumlichen Zusammenführung verbunden. In der Folge geschah genau das

Gegenteil: Inzwischen ist das Institut auf sieben verschiedene Standorte verteilt (Tab. 2). Gründe hierfür sind z.T. in Neuberufungen zu suchen, mit den entsprechenden Erfordernissen für geeignete moderne Laborräume, z.T. aber auch in Quervernetzungen mit anderen Forschungsinstituten wie etwa dem Deutschen Primatenzentrum und dem Bernstein Center for Computational Neuroscience. Die Verbindung mit dem Deutschen Primatenzentrum verdient besondere Hervorhebung, insbesondere als durch die beteiligten Kollegen, die sich großenteils auch mit nichthumanen Primaten beschäftigen, die Anthropologie, für die sie z.T. ebenfalls eine Denomination besitzen, inhaltlich wieder näher an die Zoologie herangerückt ist.

In Zukunft wird es nach dem Willen der Universitätsleitung zu weiteren Verlagerungen aus dem "Stammsitz" Berliner Straße 28 kommen. Die freiwerdenden Räumlichkeiten sollen hernach für ein Universitätsmuseum unter dem Namen "Haus des Wissens" genutzt werden. In gewisser Weise schließt sich hier der Kreis und zwar in doppelter Hinsicht. Ein Gebäude, das vornehmlich als Museum

erbaut worden war, wird erneut im Wesentlichen als Museum genutzt werden. Und zweitens werden die zoologischen Sammlungen, die einst von anderen Sammlungen getrennt wurden, wieder mit einigen von diesen zusammengeführt.

Die räumliche Aufsplitterung der Göttinger Zoologie hat verschiedene Seiten. Positiv ist natürlich der Zugewinn an modernen Laborflächen. Aber eine Gemeinsamkeit, wie wir sie von früher, etwa in einem Zoologischen Kolloquium für alle Institutsmitglieder kannten, ist gegenwärtig kaum realisierbar. Gleichwohl verhindert dies keine Zusammenarbeit, wo sie denn gewollt ist. Vernetzungen mit anderen Arbeitsgruppen sind heute Standard, ob innerhalb des Instituts, mit anderen Göttinger Forschungsinstituten oder anderweitig in der Welt. Und wer sich im Alltag nicht unbedingt dazu aufraffen kann, einen interessanten Vortrag aus einem anderen zoologische Feld zu besuchen, obwohl er oder sie den Verlust an Gemeinsamkeit als Mangel empfindet, so bietet die Tagung der DZG doch eine hervorragende Gelegenheit, nicht allein Vorträge aus dem eigenen Gebiet zu hören, sondern - vermutlich mit persönli-

Abt. Neurobiologie Norbert Elsner Reinhold Jüstert* Wolfram Zarnack	Abt. Morphologie, Systematik, Evolutionsbiologie und Zoologisches Museum Rainer Willmann Ulrich Ehlers	III. Zoologisches Institut - Entwicklungsbiologie Ulrich Grossbach Mirabelle Schäfer AG Insektenontogenese und Wirbeltierembryologie Christel Podufal ↓ Ab 2003: Abt. Entwicklungsbiologie Ernst A. Wimmer Sigrid Hoyer-Fender AG Insektenontogenese und Wirbeltierembryologie Christel Podufal
Abt. Zellbiologie Friedrich-W. Schürmann Hans-Jürgen Lang	Abt. Ökologie Mathias Schaefer	
Abt. Stoffwechselfysiologie Rüdiger Haldelaad	Abt. Historische Anthropologie und Humanökologie Bernd Herrmann Ethologische Station Hartmut Rothe	
AG Vergleichende Hormonphysiologie Klaus Fischer		

\* Später mit autonomer AG Sensomotorik

Tabelle 1. Die Wiedervereinigung der Institute 1998 und 2003, unter Einrichtung einer neuen inneren Struktur mit Abteilungen und autonomen Arbeitsgruppen (AG). Aufgeführt sind nur die damaligen Professoren der Biologischen Fakultät im aktiven Dienst.

„Stammsitz“, Berliner Str. 28	Schwann-Schleiden-Forschungszentrum, Julia-Lermontowa-Weg 3
Abt. Morphologie, Systematik, Evolutions- Biologie mit Zoologischem Museum	Abt. Zelluläre Neurobiologie
Rainer Willmann	Martin Göpfert
Abt. Tierökologie	Andreas Stumpner
Stefan Scheu	Ralf Heinrich
Abt. Systemische Naturschutzbiologie	Abt. Molekulare Neurobiologie des Verhaltens
Ulrich Brose	André Fiala
Göttinger Zentrum für Mol. Biowissenschaft., Ernst-Caspari-Haus, Justus-v.-Liebig-Weg 11	Bernstein Center for Computational Neuroscience, Von-Siebold-Str. 6
Abt. Entwicklungsbiologie	Abt. Systemische Neurobiologie
Ernst A. Wimmer	Sigrid Löwel
Sigrid Hoyer-Fender	Bürgerstr. 50
Evolutionary Developmental Genetics	Abt. Historische Anthropologie und Humänökologie
Gregor Bucher	N.N.
Kellnerweg 6, mit Brückenprofessuren zum Deutschen Primatenzentrum, Kellnerweg 4	
Abt. Soziobiologie/Anthropologie	Kognitive Ethologie
Peter M. Kappeler	Julia Fischer
Tekhard W. Heymann	Abt. Primate Neurobiology
Julia Ostner	Hansjörg Scherberger

Tabelle 2. Das Johann-Friedrich-Blumenbach-Institut für Zoologie und Anthropologie im Jahr 2014 an den diversen Standorten seiner Abteilungen.

chem Gewinn - auch die Fortschritte in den anderen Bereichen in Erfahrung zu bringen.

#### Literatur

Birukow, G. & Ax, P. (1967): Aus der Geschichte der Zoologie in Göttingen. Zool. Anz., Suppl. 30: 48-53.

Grossbach, U. (2008): Ernst Casparis Pionierleistung. BioSpektrum 14: 662 – 663.

Ronacher, B. (2012): Nachruf auf Norbert Elsner 11.10.1940 – 16.6.2011. In: Zoologie 2012, Mitteilungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft (R.A. Steinbrecht, Hrg.), Basiliken-Presse, Rangsdorf, pp. 59-63.

Prof. Dr. Rüdiger Hardeland  
Johann-Friedrich-Blumenbach-Institut für Zoologie und Anthropologie  
Georg-August-Universität Göttingen  
Berliner Str. 28  
37073 Göttingen  
rhardel@gwdg.de



# Baumeisterin des Lebenden – die Aristotelische „Physis“, unsere „Natur“

Klaus Bartels

Vortrag an der 107. Jahrestagung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft in der Aula der Georg-August-Universität Göttingen am 12. September 2014

Seit vierundzwanzig Jahrhunderten zählen die griechischen, Aristotelischen Begriffe „physis“ und „téchne“, entsprechend dem modernen Begriffspaar „Natur“ und „Technik“, zu den Leitbegriffen unseres Weltverständnisses. Da deutet die physis auf den Naturprozess, wie er sich in der unbelebten und der belebten Natur ohne menschliches Eingreifen um uns herum und mit uns vollzieht, von der – damals ruhend gedachten – Erde unter unseren Füßen samt allem, was da grünt und blüht, krecht und fleucht, bis hinauf zu den – damals göttlich gedachten – kreisenden Sternen über unseren Köpfen. Und da deutet die téchne auf die darein eingreifende gestaltende technische „Kunst“, mit der wir Menschen uns in dieser Welt häuslich einrichten, mit der wir uns, wie es einmal bei Cicero heisst, „mit unseren Händen in der Natur gleichsam eine zweite Natur zu schaffen versuchen“<sup>1</sup>. Wenn wir jetzt von der physis des Lebenden und besonders der Tiere sprechen, haben wir es zugleich mit dieser téchne zu tun: für Aristoteles ist die Natur, die den ingenösen Homo faber hervor-

gebracht hat, selbst eine geradeso ingenieöse Natura fabra.

Aristoteles und die Zoologie: das scheint vielen so weit voneinander wie A und Z im Alphabet. In Athen aus Platons „Akademie“ hervorgegangen, ist Aristoteles in seiner eigenen Schule, dem „Peripatos“, zum Begründer einer systematischen zoologischen Wissenschaft geworden und bis in die Neuzeit hinein das überragende Haupt dieser Wissenschaft geblieben. In der Antike hat Aristoteles keine Fortsetzer annähernd vergleichbaren Ranges gehabt; erst die Goethezeit hat wieder an ihn angeknüpft. Aristoteles war gerade so sehr Zoologe wie Philosoph; von seinen Schriften – überliefert sind nur die Vorlesungsmanuskripte – betrifft gut ein Fünftel die Zoologie im engeren Sinne. Die zoologischen Hauptwerke sind eine umfängliche Vergleichende Morphologie unter dem Originaltitel „Über die Teile der Tiere“ (gewöhnlich lateinisch zitiert mit „De partibus animalium“) und eine noch umfänglichere Schrift „Über die Fortpflanzung der Tiere“ („De generatione animalium“). Daneben steht eine „Tierkunde“ („Historia animalium“) mit der genauen Beschreibung von Hunderten einzelner Tierarten. Ein antiker Ehrentitel rühmt Aristoteles als

<sup>1</sup> „... nostris denique manibus in rerum natura quasi alteram naturam efficere conamur“, Cicero, De natura deorum 2, 152

den „Sekretär der Natur, der sein Schreibrohr in die Vernunft eintauchte“.<sup>2</sup>

Das griechische Wort *physis* erscheint erstmals in Homers „Odyssee“, in einer göttlichen Botaniklektion. Da erzählt Odysseus, wie der Götterbote Hermes ihn mit einem frischen Kraut gegen die Zauberkünste der Kirke wappnete: „Er reichte mir das Kraut, das er aus der Erde gezogen hatte, und zeigte mir seine *physis*, seinen Wuchs: An der Wurzel war es schwarz, aber der Milch glich die Blüte ...“<sup>3</sup> *Physis*: Die aus dem Stamm *phy-*, „her- vorbringen, erzeugen, gebären; wachsen“, und dem Schwanzstück *-sis* für den Vollzug einer Handlung zusammengesetzte *physis* – und so dann auch die lateinische Lehnübersetzung *natura* – bezeichnet den natürlichen Entwicklungs- und Wachstumsprozess und darüberhin- aus die darin herangewachsene Gestalt, den „Wuchs“, wie Hermes ihn hier von der Wurzel bis zur Blüte beschreibt.

Diesem Werden und Wachsen gilt Heraklits Satz „Die *physis* liebt es, sich zu verbergen.“<sup>4</sup> Der Naturprozess, die Entwicklung einer Pflanze, eines Tieres, vollzieht sich vor unseren Augen. Aber der Betrachter hat da keinen Einblick und keinen Durchblick, und unsere Sprache bezeugt es mit reflexiven Verben: Der „springende Punkt“ im Ei, der durch Aristoteles zum geflügelten Wort geworden ist, dieser „springende Punkt“, „blutrot im Weissen“<sup>5</sup>, entwickelt „sich“, sich selbst,

zum Herzen; das Küken entwickelt „sich“, sich selbst, zum Huhn – oder, seien wir korrekt: zum Hahn –, und dieses „selbst“ ist da allemal zugleich Subjekt und Objekt: „Es selbst“ entwickelt „sich selbst“. Diese Entwicklung vollzieht sich, gleich ob unter der Eierschale oder am Tageslicht, allemal in der Black box: „Die *physis* liebt es“, sagt Heraklit, „sich zu verbergen“; die Natur ist, sagt später Goethe, „öffentlich Geheimnis“<sup>6</sup>, offen vor Augen und doch undurchschaubar.

Im 4. Jahrhundert v. Chr. hat Aristoteles es unternommen, dieses verborgene Werden und Wachsen wenigstens begrifflich transparent zu machen, sozusagen auf dem Bauplatz der Natur die Bauzäune wegzuräumen, die Baumeisterin mit Namen zu bezeichnen und ihr Werken und Wirken zu beschreiben. Anders als die moderne Evolutionstheorie und anders als einige vorsokratische Vorläufer im 5. Jahrhundert v. Chr. hat Aristoteles im Reich des Lebenden vom Menschen bis hinab zu den Pflanzen eine staunenswerte ingenieure Vernunft am Werke gesehen. Dementsprechend erklärt er den natürlichen Entwicklungsprozess, wie den vom Küken zum Huhn, in durchgehender Analogie zu einem technischen Herstellungsprozess wie etwa dem Bau eines Hauses – mit dem einzigen Unterschied, dass der Anstoß zu dem Prozess und seine Steuerung im Falle des Hauses bei dem Baumeister und damit ausserhalb des Hauses

<sup>2</sup> In der „Suda“, einem byzantinischen Lexikon des 10. Jahrhunderts, s. v. Aristoteles; „der Sekretär der Natur“ bereits bei Eusebios, *Praeparatio evangelica* 15, 9, 9. 810 a

<sup>3</sup> Homer, *Odyssee* 10, 302ff.

<sup>4</sup> „*He physis kryptesthai philei*“, Heraklit, Fragment B 123 Diels-Kranz, bei Themistios (4. Jahrhundert n. Chr.), *Oratio* 5

<sup>5</sup> Aristoteles, *Historia animalium* 6, 3. 561 a 4ff.; zur Prägungsgeschichte des geflügelten Worts: Klaus Bartels, *Geflügelte Worte aus der Antike – woher sie kommen und was sie bedeuten*, Darmstadt/Mainz 2013, S. 37ff.

<sup>6</sup> Goethe, *Epirrhema*

liegt, während er im Falle des Kükens in der „sich“ entwickelnden Tiergestalt selbst gelegen ist. Aristoteles fasst diese Analogie einmal in ein einprägsames Bild: Der Naturprozess funktioniere so, wie wenn die auf einer Schiffswerft ringsum bereit liegenden Baumaterialien „sich“ selbst auf geheimnisvolle Weise, als sei da ein unsichtbarer Baumeister am Werke, Schritt für Schritt zu einem Schiff zusammenfügten.<sup>7</sup> Unsere modernen programmgesteuerten Fertigungsautomaten kommen der Natur da schon ziemlich nahe.

In dieser Analogie zum technischen Herstellungsprozess figuriert die *physis* in der Rolle einer verborgen im Innern des sich entwickelnden Naturdings wirkenden Baumeisterin: als die treibende Kraft, die den Entwicklungsprozess anstösst und steuert, und zugleich als die spezifische Artgestalt, die sich in diesem Prozess allmählich ausbildet – mit dem Aristotelischen Wort: sich allmählich „verwirklicht“, mit Goethe: als die „geprägte Form, die lebend sich entwickelt“.<sup>8</sup> Man könnte sagen, mit der Benennung dieser im Verborgenen wirkenden *physis* habe Aristoteles vor vierundzwanzig Jahrhunderten das jüngst entdeckte Genom vorhergesagt. Er hat erkannt, dass da, zuinnerst verborgen, irgend so etwas Treibendes, Steuerndes, Prägendes am Werke sein müsse, und er hat dieser ihm nicht näher zugänglichen treibenden, steuernden, prägenden Kraft vorerst einmal den Namen *physis* gegeben.

Mehrfach fasst Aristoteles sein Naturverständnis in die Formel, die Entwicklung sei durch ihr Ziel, die vorgegebene Artgestalt bestimmt, nicht etwa umgekehrt die Artgestalt, durch eine ziellos verlaufende Entwicklung.<sup>9</sup> Am Anfang seiner Vergleichenden Morphologie urteilt er in einer für ihn ungewöhnlichen Schärfe, alle die, die das Ziel des Entwicklungsprozesses – wie er sagt: das „Umwessentwillen“ – ausser Acht liessen und diesen Prozess einzig aus blinder Naturgesetzlichkeit – wie er sagt: „aus Notwendigkeit“ – zu erklären suchten, alle diese „sagten“ – wörtlich: – „so gut wie nichts über die Natur aus“.<sup>10</sup> Das vernichtende Verdikt gilt seinen vorsokratischen Vorläufern Empedokles, Anaxagoras und Demokrit, die mit der kühnen Theorielust jenes frühen griechischen Denkens das Zustandekommen lebensfähiger Organismen aus dem Zusammenspiel einer blinden Naturgesetzlichkeit und eines zufälligen glücklichen „Sich-so-Treffens“ hatten erklären wollen.

Warum sollten denn nicht, so zitiert Aristoteles in seiner „Physikalischen Vorlesung“ diese für ihn schon antikischen Kollegen, die Schneidezähne zufällig scharf, geeignet zum Zerteilen der Nahrung, die Backenzähne zufällig platt, geeignet zum Zermahlen der Nahrung gewachsen sein? Und warum sollte das nicht überhaupt für alle Organe so gelten können? (Zwischen den Zeilen meinen wir das belustigte Gelächter seiner Hörer herauszuhören.) Und darauf zitiert er die-

<sup>7</sup> Aristoteles, Physik 2, 8. 199 b 26ff.

<sup>8</sup> Goethe, Urworte orphisch

<sup>9</sup> Aristoteles, De partibus animalium 1, 1. 640 a 18f.

<sup>10</sup> Aristoteles, De partibus animalium 1, 1. 642 a 13ff.

se antikischen Kollegen weiter: Wo das Zusammenspiel von blinder „Notwendigkeit“ und glücklichem „Zufall“ lebensfähige Tiergestalten hervorgebracht habe, hätten diese überleben können; wo nicht, seien diese Ausgeburten des Zufalls alsbald wieder zugrundegegangen und gingen auch jetzt noch ständig zugrunde, wie Empedokles es von seinen – wörtlich: – „Rinds-Ausgeburten mit Menschen-Vorderleibern“ – sozusagen Rinds-Kentauren – behauptete.<sup>11</sup> „Aber es ist unmöglich“, bricht Aristoteles da brüsk ab, „dass es sich so verhält“ – unmöglich allein schon darum, weil der natürliche Entwicklungsprozess sich durchweg in ein und derselben Weise vollziehe, ein Zufallsprozess sich aber nie und nimmer in ein und derselben Weise wiederholen könne.

In der „Historischen Skizze“ im Anhang zu seinem Hauptwerk nimmt Darwin hierauf Bezug. Er dankt dem Freund, der ihn auf diese Aristotelesstelle aufmerksam gemacht hatte, zitiert sie im Wortlaut und merkt dazu an: „Wir finden hier, bei Empedokles, zwar eine dunkle Ahnung des Prinzips der natürlichen Zuchtwahl; wie weit aber Aristoteles selbst davon entfernt war, es völlig zu erfassen, zeigen seine Bemerkungen über die Bildung der Zähne.“<sup>12</sup>

In der Tat: Von der Annahme derlei Empedokleischer Zufalls-Ausgeburten mit mehr oder weniger Überlebenschancen war Aristoteles weit entfernt – aber

gleich weit entfernt auch davon, das bloss „Notwendige“, bloss Stoffliche, gänzlich ausser Acht zu lassen. In der Einleitung zu seiner Vergleichenden Morphologie stellt er das Postulat auf, bei der Erklärung der Artgestalten und der einzelnen Organe soweit irgend möglich „beide Ursachen“ anzuführen: sowohl die vorrangige des „Um-wessentwillen“ als auch die nachrangige „aus Notwendigkeit“. Im Sinne dieses Postulats erklärt er zum Beispiel unsere Augenbrauen und Wimpern zunächst aus dem „Um-wessentwillen“, von der Organfunktion her: dass die Brauen unsere Augen wie eine Dachrinne vor herabfliessendem Schweiss, die Wimpern sie wie eine Palisadenreihe vor heranfliegenden Staubteilchen schützen sollen. Und darauf lässt er die entsprechende Erklärung „aus Notwendigkeit“, von der Organbildung her, folgen: dass da an der Knochenkante oberhalb des Auges beziehungsweise am vorderen Rand des Augenlids, wo die Nahrungszufuhr durch die Adern ende, überschüssiger erdiger Aufbaustoff durch die Poren hinausgedrängt werde und so die Augenbrauen und die Wimpern bilde.<sup>13</sup>

Ein Augenschutz vor Schweiss und Staub: Mit dieser aufmerksamen Serviceleistung der Natur kommen wir von der im Entwicklungsprozess wirkenden physis zu einer anderen Rolle ebendieser Aristotelischen physis: zu der Rolle, in der sie alle höheren und minderen Tier- und Pflanzengestalten mit den jeweils für ihre Lebens-

<sup>11</sup> Aristoteles, Physik 2, 8. 198 b 23ff.

<sup>12</sup> Charles Darwin, Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl, deutsch nach der letzten englischen Ausgabe, hrsg. von J. Victor Carus und Gerhard H. Müller, Stuttgart 1920, Nachdruck Darmstadt 1992, Historische Skizze der Fortschritte in den Ansichten über den Ursprung der Arten

<sup>13</sup> Aristoteles, De partibus animalium 2, 15. 658 b 14ff.

funktionen nötigen Organen angemessen ausgestattet hat. An einem Locus classicus seiner Zoologie hat Aristoteles diese physis mit einer auch im Griechischen kühnen Prägung einmal die „demiurgésasa physis“, wörtlich: die „handwerkende, handwerklich wirkende physis“, genannt<sup>14</sup>, und vornehmlich in dieser Bedeutung einer ingeniosen Baumeisterin des Lebenden ist das griechische Wort dann über die lateinische Lehnübersetzung natura in die neuen Sprachen eingegangen.

Wenn diese Prägung „handwerkende Natur“, recht verdolmetscht: „konzipierende, konstruierende, produzierende Natur“, uns jetzt eher an die Konstruktionsabteilung eines Automobilkonzerns als an den fünften und sechsten Tag der biblischen Schöpfungsgeschichte denken lässt, so wäre das ganz im Sinne des Erfinders. Aristoteles versteht das Reich des Lebenden als eine einheitlich konzipierte, ingenios konstruierte und immergleich reproduzierte Modellreihe höher- und minderrangiger Artgestalten, die vom grosszügig ausgestatteten Topmodell des vernunftbegabten Menschen bis zu den nur eben gerade sich ernährenden und fortpflanzenden Pflanzen hinabreicht. Und wie dort jedes Auto-Modell der ganzen Palette, sagen wir: von der Luxuslimousine bis zum zweitürigen Mini hinab seiner Leistungsstufe entsprechend ausgestattet ist und alles hat, was es braucht, so ist hier jede Tiergattung vom Menschen bis zu den Schwämmen hinab ihrer Lebensstufe entsprechend ausgestattet und hat

alles, was sie braucht. Und für die eine oder andere Spezies lässt sich diese Aristotelische physis manchmal noch eine spezielle Extra-Ausstattung einfallen.

Bei seinem Vergleich der Tiergestalten, ihrer Baupläne, Funktionen und Organe, geht Aristoteles vom Menschen aus, dem er um seiner Vernunft willen eine „Teilhabe am Göttlichen“, ja eine „göttliche Natur“ und ein „göttliches Wesen“<sup>15</sup> zuschreibt. Im Einklang damit sieht er den Menschen mit seinem aufrechten Gang buchstäblich lotrecht an den Koordinaten seines – notabene: geozentrischen – Kosmos ausgerichtet: Beim Menschen allein, sagt er, hätten die natürlichen Organe – zumal der allem Lebenden gemeinsame Ernährungstrakt – ihre naturgemässe Ausrichtung, derart, dass das Oben des Menschen auf das Oben des Weltganzen weise.<sup>16</sup> Dazu habe die Natur dem Menschen – hier folgt die nachrangige Erklärung „aus Notwendigkeit“ – ein Höchstmass an „aufrichtender Wärme“<sup>17</sup> gegeben und die obere Körperhälfte von der Schwere des erdigen Elements entlastet; mit diesem Höchstmass an Wärme – die Aristoteles zuinerst im Herzen versammelt sieht – und mit seinem vergleichsweise tiefliegenden Schwergewicht vermöge der Mensch ohne Schwanken und Wanken aufrecht zu stehen und zu gehen. Die lotrechte Ausrichtung, heisst es da weiter, komme dem vernunftbegabten Menschen doppelt zugute: Die Entlastung der oberen Körperhälfte erleichtere die rasche Beweglich-

<sup>14</sup> Aristoteles, De partibus animalium 1, 5. 645 a 9

<sup>15</sup> De partibus animalium 2, 10. 656 a 7f., vgl. 4, 10. 686 a 28

<sup>16</sup> De partibus animalium 2, 10. 656 a 10ff.

<sup>17</sup> De partibus animalium 4, 10. 686 b 29

keit des Denkens – das Aristoteles gleichfalls wie alle Wahrnehmung und Empfindung zuinnerst im Herzen lokalisiert –, und der aufrechte Gang auf zwei Beinen lasse dem Homo faber die oberen Gliedmassen, Arme und Hände, zum Werkzeuggebrauch frei.

Die weiteren Ränge des Tierreichs – lassen wir die Pflanzen jetzt einmal beiseite – teilt Aristoteles höchstwahrscheinlich als erster zunächst in die beiden grossen Teilreiche der „Bluttiere“ und der „Blutlosen“ ein; die „Bluttiere“, unsere Wirbeltiere, klassifiziert er nach dem allgemeinen Sprachgebrauch in vier Hauptgattungen: in die lebendiggebärenden Vierfüssler, Tetrapoden, unsere „Säugetiere“, in die Vögel, in die eierlegenden Tetrapoden – die Reptilien und Amphibien samt den fusslosen Schlangen –, und schliesslich in die Fische. Die „Blutlosen“, unsere Wirbellosen, klassifiziert er in wiederum vier von ihm neu benannte Hauptgattungen: in die „Weichtiere“, griechisch die malákia, mit der lateinischen Lehnübersetzung die „Mollusken“, wie die Schnecken und die Tintenfische, in die „Weichschaligen“, griechisch die malakóstraka, wie die Krebse, in die „Eingeschnittenen“, griechisch die éntoma, mit der lateinischen Lehnübersetzung die „Insekten“, und schliesslich in die „Schalhätigen“, griechisch die ostrakóderma, wie die Muscheln und die Seeigel.

Vielfach verweist Aristoteles auf gleitende Übergänge zwischen diesen

Hauptgattungen, auf Gattungen, die mit einzelnen Merkmalen zwischen den Stufen stehen, wie schon gleich die Affen zwischen dem Menschen und den Vierfüsslern.<sup>18</sup> Das geflügelte Wort „Die Natur macht keine Sprünge“, „Natura non facit saltus“, hat da seinen Ursprung.<sup>19</sup> Sogar zwischen Tierreich und Pflanzenreich erkennt Aristoteles einen solchen gleitenden – mit seinem in lateinischer Lehnübersetzung fortlebenden Wort: „kontinuierlichen“ – Übergang. In seiner Vergleichenden Morphologie hebt er derart die Austern und die Schwämme von den Pflanzen ab: „Die Austern unterscheiden sich in ihrer physis nur geringfügig von den Pflanzen; indessen kommen sie der Lebensstufe der Tiere näher als die Schwämme, denn diese haben ganz und gar nur die Lebensfähigkeit einer Pflanze. Die Natur geht nämlich so kontinuierlich von den Pflanzen ... zu den Tieren über, dass sich die einen von den anderen nur ganz geringfügig zu unterscheiden scheinen, da sie einander so nahe sind ...“<sup>20</sup> Und gleich darauf erklärt er: „Die Nesseltiere – griechisch knides, heute Cnidaria – fallen ganz aus der Einteilung der Gattungen heraus: Sie gehören gleichzeitig zu den Pflanzen und zu den Tieren.“<sup>21</sup>

Der Vergleich des Menschen und der nächstbenachbarten Vierfüssler im 4. Buch der Aristotelischen Vergleichenden Morphologie bietet einen guten Einstieg, in den Originalton dieses vierundzwanzig Jahrhunderte alten Zoologie-Kollegs ei-

<sup>18</sup> Aristoteles, De partibus animalium 4, 10. 689 b 31ff.

<sup>19</sup> Zur Prägungsgeschichte des geflügelten Wortes vgl. Klaus Bartels, Geflügelte Worte aus der Antike – woher sie kommen und was sie bedeuten, Darmstadt/Mainz 2013, S. 94ff.

<sup>20</sup> Aristoteles, De partibus animalium 4, 5. 681 a 10ff.

<sup>21</sup> Aristoteles, De partibus animalium 4, 5. 681 a 36ff.

nen Augenblick hineinzuhören. Wir stossen hier zunächst nochmals auf die Auseinandersetzung mit den „alten Naturforschern“ Empedokles, Anaxagoras und Demokrit:

„Da der Mensch von Natur aufrecht geht, hat er Vorderbeine nicht nötig, sondern an deren Stelle hat die Natur ihm Arme und Hände gegeben. Anaxagoras behauptet nun, dadurch, dass der Mensch Hände habe, sei er zum intelligentesten Lebewesen geworden. Sinn macht aber vielmehr die umgekehrte Erklärung: dass der Mensch ebendeshalb, weil er das intelligenteste Lebewesen ist, Hände erhalten hat. Denn die Hände sind ein Organ; die Natur teilt aber jeweils, wie ein vernünftiger Mensch, jedes Organ dem zu, der es gebrauchen kann. ... Das intelligenteste Lebewesen wird die grösste Zahl von Organen sinnvoll zu gebrauchen wissen; die Hand ist aber offensichtlich nicht nur ein einziges Organ, sondern viele: Sie ist sozusagen ein Organ anstelle von vielerlei Organen. Dem Lebewesen nun, das sich die vielfältigsten technischen Fähigkeiten anzueignen vermag, hat die Natur das von allen Organen am vielfältigsten brauchbare, eben die Hand, gegeben.“<sup>22</sup>

Darauf beschreibt Aristoteles dieses „Organ anstelle von vielerlei Organen“ als ein im ganzen Tierreich einzigartiges Schlüsselorgan: „Alle anderen Lebewesen besitzen jeweils nur eine einzige Ausrüstung, und ihnen ist es nicht möglich, gegen diese eine Ausrüstung irgendeine andere einzutauschen, sondern sie müssen

immerfort sozusagen in ihren Schuhen schlafen – wie die Pferde – ..., und sie können den Panzer, der ihren Leib umschliesst, niemals ablegen – wie die Schildkröten – und die Waffe, die eine Gattung gerade erhalten hat, niemals gegen eine andere austauschen. Dem Menschen dagegen ist es möglich, vielerlei Ausrüstungen zu besitzen und diese jederzeit gegeneinander auszutauschen und so auch jede Waffe, wie immer er es will und wo immer er es will, zu besitzen. Denn seine Hand wird zu einer Kralle, einer Krepsschere oder einem Horn, zu einer Lanze, einem Schwert oder jeder beliebigen anderen Waffe und überhaupt zu jedem beliebigen Werkzeug; denn zu allem dem kann sie werden, weil sie alles fassen und halten kann.“<sup>23</sup>

Da ist die Technik als ein Teil unserer spezifischen menschlichen physis verstanden; wir könnten pointiert sagen: Da hat diese „handwerkende Natur“ den Menschen nach ihrem eigenen Bilde zu einem „Hand-Werker“ von Natur gestaltet. Mit dem Schlüsselorgan seiner Hand kann der Mensch auf ein unbegrenztes Arsenal jederzeit aufnehmbarer und wieder ablegbarer Werkzeuge zurückgreifen. Während die Tiere mit ihrer spezifischen Organausstattung jeweils auf ihre besonderen Lebensverhältnisse spezialisiert sind, ist dieser Homo faber von Natur durch seine Intelligenz, seine *téchne* und seine Hand eben darauf spezialisiert, sich jederzeit auf alles und jedes spezialisieren zu können.

<sup>22</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 4, 10. 687 a 6ff.

<sup>23</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 4, 10. 687 a 27ff.

Bereits auf der nächsten Stufe der *Scala naturae*, bei den Vierfüsslern, sieht sich die Aristotelische *physis* innerhalb ebendieses Bluttier-Bauplans mit Kopf, Rumpf und vier Gliedmassen zu einem „Plan B“ genötigt. Sollten die Tetrapoden wie der Mensch aufrecht gehen, erklärt Aristoteles, müssten sie mit ihrem geringeren Mass an aufrichtender Wärme und ihrem vorderlastigen Körperbau allzuleicht, allzuoft das Gleichgewicht verlieren und vornüberkippen. Darum habe die Natur den Vierfüsslern um ihrer Sicherheit willen anstelle von Armen und Händen Vorderbeine und Vorderfüsse untergesetzt, da ihr geringeres Mass an Wärme „ihre Körperschwere nicht mehr tragen“ könne.<sup>24</sup> Das bedeute indessen keinen Ausstattungsmangel: Da den Vierfüsslern die Intelligenz zum Werkzeuggebrauch fehle, bedürften sie auch keines derart speziellen Greiforgans. Immerhin könnten die Vielzeher unter den Vierfüsslern ihre Vorderfüsse nebenbei noch anstelle unserer Hände gebrauchen; man beobachte ja, wie sie mit den Vorderfüssen ihre Nahrung ergreifen und sich damit zur Wehr setzen.<sup>25</sup>

Nicht zufällig an dieser Stelle lässt Aristoteles den Blick hier im Vorübergehen bis zu den Pflanzen hinabschweifen. Bei dem von Stufe zu Stufe ungünstigeren Verhältnis von niederdrückender Schwere und aufrichtender Wärme können sich die Reptilien mit ihren vier Beinen nur noch mühsam vom Boden abheben, sind bei den Schlangen derlei tragende Glied-

massen vollends unnütz und damit überflüssig geworden. Die blutlosen Tiergattungen haben kleinere, leichter gebaute Körper und brauchen, diese zu tragen, dennoch sechs, acht oder noch mehr Beine; bei den Pflanzen am unteren Ende dieser „Stufenleiter der Natur“ ist die naturgemässe Ausrichtung des Ernährungstraktes buchstäblich auf den Kopf gestellt: Sie nehmen ihre Nahrung mit den Wurzeln auf und erzeugen ihre Samen am Ende des Stengels. Sie haben so, wie es da einmal heisst, „ihr Oben unten und ihr Unten oben“<sup>26</sup>: So gesehen, sind die Pflanzen buchstäblich unsere Antipoden.

Nochmals zurück zu den Vierfüsslern. Bei den Elefanten, die ja auch Vielzeher sind, ist es dann noch zu einem speziellen „Plan C“ gekommen.<sup>27</sup> Offenbar hatten Teilnehmer des Alexanderzugs von der fröhlichen Plansch- und Badelust der indischen Elefanten berichtet; jedenfalls beschreibt Aristoteles im Kapitel zu den Nasen den Elefanten als ein amphibisch lebendes Tier und den Elefantenrüssel als eine Art Schnorchel: „Wie manche Leute die Taucher zum Atmen mit Schläuchen ausrüsten, damit sie bei einem längeren Aufenthalt im Wasser durch diesen Schlauch von oben Luft holen können, geadeso hat die Natur die Elefanten mit ihrem langen Rüssel ausgestattet, und so atmen sie, wenn sie einmal durch tieferes Wasser zu gehen haben, indem sie diesen Rüssel durch das Wasser nach oben emporstrecken.“ Und da die Vorderfüsse der Elefanten bei dem ausserordentlichen

<sup>24</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 4, 10. 686 a 32ff.

<sup>25</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 4, 10. 687 b 29ff.

<sup>26</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 4, 10. 686 b 29ff.

<sup>27</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 2, 16. 658 b 33ff.



Körpergewicht und der entsprechenden Mächtigkeit und Klobigkeit der Beine zur Greiffunktion ganz und gar nicht mehr taugen, „nutzt die Natur“, heisst es da weiter, „diesen so sehr speziell ausgebildeten<sup>28</sup> Rüssel nebenbei anstelle einer Hand: Mit ihm bringt der Elefant seine Nahrung zum Maul, reisst, sie umschlingend, Bäume aus und gebraucht diesen Rüssel überhaupt wie eine Hand.“<sup>29</sup>

Auch für uns Menschen hat diese allzeit Ausgleich schaffende, erfindungsreiche Natur noch ein kleines Extra parat. Für die Vierfüssler, erklärt Aristoteles im Kapitel zu den Schwänzen, sei es durchaus nicht ermüdend, fortwährend zu stehen – sie „lägen“ ja sozusagen dauernd auf ihren vier Beinen –; für den Menschen dagegen sei es doch nicht ganz leicht, längere Zeit hindurch aufrecht zu stehen oder zu gehen, sondern sein Körper bedürfe immer wieder der Erholung – griechisch: einer *anápausis*, wörtlich: einer „Aufpause“ –, und des Sitzens – griechisch: der *kathédra*, wörtlich: des „Absitzens“. Dazu habe die Natur ihm – und einzig ihm – mit seinem Gesäss ein spezifisches Sitzorgan verliehen. Daraus erkläre sich auch, dass der Mensch keinen Schwanz habe: Eben die Aufbaustoffe, die bei den Vierfüsslern in die Schwänze gehen, habe die Natur beim Menschen für dieses Sitzkissen aufgewendet.<sup>30</sup>

In seiner Erklärung der verschiedenen Tiergestalten vom Menschen bis zu den

Schwämmen hinab verweist Aristoteles immer wieder auf durchgehende Leitprinzipien dieser ingeniosen „handwerkenden Natur“, Prinzipien, die im Ganzen, wie es oft heisst, auf das jeweils „Beste“, auf höchste Leistungsfähigkeit und zugleich höchste Wirtschaftlichkeit zielen. Unser Automobilkonzern würde da wohl von seiner „Firmenphilosophie“ sprechen. Ein solches allgemeines Prinzip haben wir vorhin bereits zitiert: dass die Natur „wie ein vernünftiger Mensch“ jedes Organ einzig der Art oder der Gattung zuteilt, die es gebrauchen kann.<sup>31</sup> So hat sie dem zum Werkzeuggebrauch fähigen Menschen die verwandlungsfähige Hand verliehen und dieses einzigartige Vielfach-Organ bei den Vierfüsslern sozusagen nicht vor die Säue geworfen. Dieses Prinzip erscheint mehrfach auch in der Fassung, dass die Natur „nichts Unnützes und nichts Überflüssiges mache“<sup>32</sup>, sei es in dem Sinne, dass sie keine Gattung mit einem Organ ausstatte, das diese Gattung gar nicht brauche oder gar nicht brauchen könne, sei es in dem Sinne, dass die Natur keine Gattung mit mehreren Organen für ein und dieselbe Funktion ausstatte, wenn eines davon diese Funktion bereits hinreichend erfüllen könne. So hätten – um zwei vorher angeführte Beispiele nochmals aufzugreifen – die Fische keine Augenlider, da im Wasser weniger Fremdkörperchen herumschwämmen als in der Luft<sup>33</sup>, und so hät-

<sup>28</sup> *idiaítaton*, Aristoteles, *De partibus animalium* 2, 16. 658 b 33

<sup>29</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 2, 16. 659 a 9ff.

<sup>30</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 4, 10. 689 b 15ff.

<sup>31</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 4, 10. 687 a 11f.

<sup>32</sup> z. B. Aristoteles, *De partibus animalium* 3, 1. 661 b 23

<sup>33</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 2, 13. 658 a 5ff.

ten wieder die Fische lediglich scharfe Zähne zum Zerteilen der Nahrung und keine platten Zähne, da im Wasser zum Zermahlen der Nahrung nicht genügend Zeit bleibe.<sup>34</sup>

Die Ausschliessung von Überkapazitäten gilt besonders für die vielerlei verschiedenen Wehrgane. Bei der Besprechung der Raubtiergebisse erklärt Aristoteles: „Keine Tiergattung ist zugleich mit Reisszähnen und mit Stosszähnen ausgestattet, da die Natur nichts Unnützes und nichts Überflüssiges schafft. ...“<sup>35</sup> Und gleich danach bei der Besprechung der Hörner: „Von den Tieren, die Vielzeher sind, hat keines Hörner. Der Grund dafür ist, dass die Hörner zur Verteidigung dienen, den Vielzehlern aber andere Wehrgane zur Verfügung stehen. Denn die Natur hat den einen scharfe Krallen gegeben, anderen kampftaugliche Zähne, wieder anderen ein anderes zur Verteidigung hinreichendes Organ. ... Mehrere jeweils für sich hinreichende Wehrgane zugleich hat die Natur ein und derselben Gattung nicht gegeben.“<sup>36</sup> Also kein Overkill: von dieser superintelligenten physis könnte auch ihr intelligentes Topmodell noch einiges lernen.

Mit der Vermeidung von Überkapazitäten korrespondiert die mehrfach festgehaltene Beobachtung, dass die Natur einen Überschuss des erdigen Aufbaustoffs nicht auf mehrere Organe verteile, sondern in einem einzigen dann umso kräftiger ausgebildeten Wehrgan kon-

zentriert einsetze. So lenke die Natur diesen Überschuss des Erdigen bei den Vögeln entweder nach oben in einen harten oder grossen Schnabel oder nach unten in kräftige Sporne oder in grosse und kräftige Krallen. Denn auf verschiedene Organe „auseinandergezogen“ könne dieses erdige Element jeweils nur schwach zur Wirkung kommen.<sup>37</sup>

Auch sonst hält Aristoteles immer wieder fest, dass die Natur diese oder jene nur in begrenzter Menge verfügbaren Aufbaustoffe von einem Organ zu einem anderen verschiebe, dass sie ein Organ auf Kosten eines anderen kräftiger ausbilde, dass sie, wie es dann meist heisst, ein Übermass von dem einen Organ wegnehme und einem anderen zuschlage. So habe die Natur bei den Knorpelfischen – wie den Haien – das innere Stützgerüst um der leichteren Beweglichkeit willen aus weicheren Knorpeln statt aus Knochen gebildet und den dabei eingesparten erdigen Aufbaustoff für eine schuppige Aussenhaut – die „Hautzähne“ – aufgewendet. „Denn an mehreren Stellen zugleich“, heisst es da, „kann die Natur ein und denselben Überschuss nicht ausschütten“.<sup>38</sup>

Wie hier den erdigen Aufbaustoff, so verschiebt diese derart flexibel agierende Natur hie und da auch eine Funktion von einem Organ auf ein anderes. Von den Vorderbeinen der Vierfüssler und dem Elefantenrüssel war bereits die Rede. Allgemein gilt zwar das mehrfach mit

<sup>34</sup> Aristoteles, De partibus animalium 3, 14. 675 a 5ff.

<sup>35</sup> Aristoteles, De partibus animalium 3, 1. 661 b 22ff.

<sup>36</sup> Aristoteles, De partibus animalium 3, 2. 662 b 30ff., 663 a 17f.

<sup>37</sup> Aristoteles, De partibus animalium 4, 12. 694 a 23ff.

<sup>38</sup> Aristoteles, De partibus animalium 2, 9. 655 a 23ff.

der prägnanten Formel „Eines zu einem“ bezeichnete Prinzip, dass ein Organ wie jedes handwerkliche Werkzeug jeweils nur zu einer Funktion dienen sollte<sup>39</sup>; aber diese Regel hat mancherlei Ausnahmen. Schon beim Menschen dienen ja Lippen, Zähne und Zunge neben der Nahrungsaufnahme auch der Sprache. Einmal sagt Aristoteles recht anschaulich, wo es möglich sei, verschiedene Organe für verschiedene Funktionen einzusetzen, da pflege die Natur nichts Derartiges zu machen wie die Schmiede um des geringeren Aufwands willen das obeliskolychonion, wörtlich: den „Bratspiessleuchter“ – ein militärisches Ausrüstungsstück, das sowohl als Bratspiess verwendet als auch, später am Abend, mit der Spitze in den Boden gesteckt, als Lampenständer gebraucht werden konnte. Aber wo dies nicht möglich sei, schränkt er sogleich wieder ein, gebrauche die Natur ein und dasselbe Organ auch einmal für zwei verschiedene, einander nicht ausschliessende Funktionen.<sup>40</sup> Das Beispiel dieses spitzigen „Bratspiessleuchters“ ist nicht von ungefähr gewählt; es stammt aus dem Kapitel zum Insektenstachel. Einige Insekten, lesen wir da, hätten Stachel zur Verteidigung gegen ihre Feinde, die schwereren vierflügligen – wie die Bienen und Wespen – anstelle des Schwanzes, die leichteren zweiflügligen – wie die Mücken – anstelle der Zunge. Und da kommt Aristoteles – typisch für dieses übergreifende prinzipielle Denken – tat-

sächlich von der Mücke auf den Elefanten: Da diese schwächeren zweiflügligen Insekten schon mit ihrem Vorderteil nur mit einiger Mühe zu stechen vermöchten, geschweige denn mit dem Hinterteil, habe die Natur bei diesen die Zunge zugleich zum Stachel ausgebildet. Da heisst es: „Wie bei den Elefanten das Geruchsorgan zugleich zur Abwehr der Feinde und zum Aufgreifen der Nahrung brauchbar geworden ist, so bei einigen Insekten der vorn angeordnete Stachel: Denn mit ihm nehmen sie zugleich die Nahrung wahr, greifen sie diese auf und führen sie sich zu.“<sup>41</sup>

Ein weiteres Prinzip aus der Firmenphilosophie der Aristotelischen Natur betrifft – erstaunlich aktuell – den sparsamen Umgang mit kostbaren Ressourcen und das Recycling von Ausscheidungen. In der gelehrten embryologischen Schrift erklärt Aristoteles: „Wie ein guter Haushalter – griechisch: ein guter oikonomos – pflegt die Natur nichts wegzuworfen, woraus sich noch irgendetwas Brauchbares machen lässt.“<sup>42</sup> Entsprechend verwende sie bei der Embryonalentwicklung die reinsten Aufbaustoffe zunächst für die feinsten Organe wie das Herz, das Fleisch und die Sinnesorgane, die Reste davon und die gröberen Aufbaustoffe für die Knochen, die Sehnen und die Haare, die grössten schliesslich für die Krallen und die Hufe.<sup>43</sup> Bei den Tintenfischen werde die Ausscheidung der schwarzbraunen Sepia beim Angriff eines Feindes zwar in

<sup>39</sup> Aristoteles, Politische Schriften 1, 2. 1252 b 1ff.

<sup>40</sup> Aristoteles, De partibus animalium 4, 6. 683 a 22ff.

<sup>41</sup> Aristoteles, De partibus animalium 4, 6. 682 b 33ff.

<sup>42</sup> Aristoteles, De generatione animalium 2, 6. 744 b 16f.

<sup>43</sup> Aristoteles, De generatione animalium 2, 6. 744 b 11ff.

einer Schreckreaktion und damit lediglich „aus Notwendigkeit“ ausgelöst; doch selbst diese Ausscheidung nutze die Natur noch zu einer sinnvollen Funktion: zur Trübung des Wassers und damit zur Deckung des Fluchtwegs.<sup>44</sup>

Noch ein halbes Jahrtausend später hat der römische Kaiser Marc Aurel in seinen „Worten an sich selbst“ diese Aristotelische – und dann stoische – Natur als eine Meisterin des Recycling gerühmt: „Die Schreiner und Schuster haben einen Kehrichthaufen, wo sie ihre Späne und Schnipsel hinwerfen können. Die allumfassende Natur dagegen hat da draussen nichts Weiteres mehr, sondern darin liegt das Wunderbare ihrer Kunst – ihrer *téchne*: Indem sie sich so ringsum eingrenzt, schlägt sie alles, was da drinnen zu vergehen, alt zu werden und zu nichts mehr nütze scheint, in sich selbst um und bringt aus ebendiesen Dingen wieder anderes, Neues und Junges hervor. So bedarf sie weder einer Zufuhr von draussen her, noch eines Komposthaufens, wo sie das Faulige hinwerfen könnte. Sie begnügt sich ganz mit dem Raum ihrer selbst, dem Stoff ihrer selbst und der ihr eigenen Kunst – der ihr eigenen *téchne*.“<sup>45</sup>

Wir haben jetzt viel von Funktionen und Organen gesprochen; da sei hier doch angemerkt, dass schon dieser geläufige Begriff eines Körper-„Organs“ aus der Aristotelischen Vorstellung einer „handwerkenden“ *physis* hervorgegangen ist. Das griechische Wort *érgon*, ursprünglich, ursprachlich (*w*)*érgon*, sprachverwandt mit unserem „Werk“, be-

deutet eben „Werk“ und weiter „Aufgabe, Leistung, Funktion“; das davon – mit Ablaut – abgeleitete *órganon* bedeutet eigentlich „Werkzeug“. Bereits Platon hatte mit diesem Wort vereinzelt von Sinnes-„Organen“, Sinnes-„Werkzeugen“, gesprochen, aber erst Aristoteles hat überhaupt alle Körperorgane als *órgana*, „Werkzeuge“, betrachtet und bezeichnet – als Werkzeuge in den Händen der alle Lebensprozesse steuernden *physis* oder, wie er auch sagen konnte, der im Herzen lokalisierten *psyché*, der „Seele“.

Einmal, wo ein solches Werkzeug nicht mehr sozusagen in den Händen der *physis*, sondern vom Körper losgelöst und ganz auf sich allein gestellt sein Werk zu verrichten hat, wird es frappierend interessant. In seiner embryologischen Schrift wirft Aristoteles die Frage auf, wie der Same, der sich doch vom Erzeuger vollkommen gelöst habe, die Artgestalt des Erzeugers auf den im Mutterleib heranwachsenden Embryo übertragen könne. – (Wir müssen hier bedenken, dass für die Antike die Mutter zur Bildung des Embryos einzig den Nahrungsstoff beiträgt.) – Aristoteles beantwortet die Frage, wie der Same die Artgestalt des Erzeugers in sich tragen und so den ganzen zielgerichteten Entwicklungsprozess des Embryos auslösen und steuern könne, auf so kühne wie schlüssige Weise mit dem Modell eines mechanischen Spiel-Automaten, wie sie damals konstruiert, öffentlich vorgeführt und allgemein bewundert wurden. In dem Samen, der sich ja vom Erzeuger gelöst habe, müsse der gesam-

<sup>44</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 4, 5. 679 a 24ff.

<sup>45</sup> Marc Aurel, *An sich selbst* 8, 50, 2

te embryonale Entwicklungsprozess in der Art vorläufig noch ruhender, aber bewegungsträchtiger Teile enthalten sein – man könnte da fast verdolmetschen: vorprogrammiert sein –, so dass dieser ganze Prozess, wenn er erst einmal angestossen und angelaufen sei, dann Schritt für Schritt bis zu seinem Abschluss ablaufen könne. Das müsse geradeso sein wie bei den mechanischen „Automaten“, diesen „staunenswerten Wunder-Apparaten“ – so, dass jede Bewegung jeweils die nächstfolgende und diese wieder die nächstfolgende auslöse. Der dem Samen – so wörtlich: – „inwohnende Bewegungsablauf“ erzeuge den Embryo geradeso wie der – im Kopf des Baumeisters vorweg konzipierte, vorweg programmierte – Hausbau das Haus.<sup>46</sup>

Wir können hier an den etwas später von dem Mechaniker Philon beschriebenen Theaterautomaten denken, dessen durch Gewichte angetriebene Automatik, einmal in Gang gesetzt, eine komplette audiovisuelle Tragödie in fünf Akten von der lautstarken Schiffszimmerei der Griechen vor Troja am Anfang, mit diversen Auftritten und Abgängen und mit Vorhängen zwischen den Szenen, bis zu See Sturm, Blitz und Donner samt Deus ex machina am Ende vollautomatisch ablaufen liess.<sup>47</sup> Auch bei diesen staunenswerten Theaterautomaten, erklärt Aristoteles, laufe ja die gesamte vorgängig eingerichtete – sozusagen: vorprogrammierte –

Abfolge der verschiedenen Bewegungen, einmal angestossen, ohne jeden weiteren Eingriff von aussen bis zum Abschluss der Vorführung ab. Der Naturprozess – wie hier dieser Zeugungs- und Entwicklungsprozess – erklärt anhand des Modells eines solchen perfekt vorprogrammierten mechanischen Automaten: Näher konnte Aristoteles auch hier wieder dem treibenden, steuernden, prägenden Genom nicht kommen.

Neben derart grandioser Klarsicht stehen nicht minder grandiose Fehldeutungen. Nicht wie Platon zuoberst im Hirn, sondern zuinnerst im Herzen hat Aristoteles die „Akropolis“ des Körpers gesehen, den Sitz aller Seelen- und Lebensfunktionen und zugleich den Sitz der Lebenswärme, den „Herd“, wie er einmal sagt, in dem die „Lebensglut der physis“ sicher verwahrt liege.<sup>48</sup> Die Atmung durch Lungen und Kiemen versteht Aristoteles – wie hätte er's auch besser wissen können? – als eine ständige Luft- beziehungsweise Wasserkühlung dieses Wärmespeichers<sup>49</sup>; im Hirn sieht er nichts als einen dem zugeordneten temperierenden Kältespeicher, was nebenbei, wegen des hohen Masses an Wärme beim Menschen, die entsprechende Grösse unseres Hirns und die Dichte unseres – als Hitzeschild wirkenden – Kopfhaares erkläre.<sup>50</sup> Im Blut sieht Aristoteles eine gleicherweise für die Ernährung aller Organe fertig aufbereitete, vom Herzen aus durch die Adern

<sup>46</sup> Aristoteles, *De generatione animalium* 2, 1. 734 b 4ff.

<sup>47</sup> Heron, *Automatenbau* 20ff.; der Ablauf ist ausführlicher beschrieben in: Klaus Bartels, *Internet à la Scipio. Neue Streiflichter aus der Antike*, Zürich 2004, Seite 102ff.

<sup>48</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 3, 3. 665 a 9ff. und 3, 7. 670 a 22ff.

<sup>49</sup> Aristoteles, *De respiratione* 16. 478 a 26ff.

<sup>50</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 2, 7. 652 b 16ff. und 653 a 27ff.; 2, 14. 658 b 2ff.

im ganzen Körper verteilte Nährlösung.<sup>51</sup> Merkwürdig mutet uns an, dass dieser grosse Denker nicht nur alles Wahrnehmen und Empfinden, sondern auch alles Denken im Herzen lokalisiert hat. Da mögen wir uns verwundert fragen, woran und wie wir eigentlich spüren – oder zu spüren meinen –, wo wir unsere Wahrnehmungen zu einem Bild der Welt zusammensetzen, wo wir uns freuen oder uns ärgern, wo wir unsere mehr oder weniger vernünftigen Gedanken haben ...

Im alltäglichen Sprachgebrauch ist die bildhafte Vorstellung einer „handwerkenden Natur“, die dieses oder jenes tut, durchaus lebendig geblieben. Doch aus dem Blickpunkt der Wissenschaft sieht Klopstocks Anrufung, am Anfang seiner Ode „An den Zürchersee“, „Schön ist, Mutter Natur, deiner Erfindung Pracht ...“ heute ziemlich alt, ja geradezu antik aus. Dafür ist die „Natur“ angesichts der unerhörten Akzeleration und Globalisierung des Kulturprozesses zu einem geschliffenen politischen Hieb- und Stichwort geworden. Neu steht jetzt nicht mehr eine ingeniös gestaltende irgendwie göttliche physis einer geradeso ingeniös gestaltenden menschlichen *téchne*, sondern nun eine bedrängte, leidende Natur einem längst nicht mehr bloss handwerklich zu Werke gehenden *Homo faber* gegenüber. Es leuchtet ein, wie jene Aristotelische Scheidung in eine Welt der Natur, der *physis*, und eine Welt der Technik, der *téchne*, dem aktuellen ökopolitischen Diskurs zupass kommt: Hier die natürliche Welt, wie sie seit eh und je von Natur,

„von selbst“, geworden und auch wieder vergangen ist, dort die kultivierte Welt, wie der Mensch sie sich – mit Ciceros eingangs zitiertem Wort – als seine „zweite Natur“ darin geschaffen hat.

Geben wir zum Schluss dem alten Zoologen selbst noch einmal das Wort, zu dem „kräftig Wörtchen“, mit dem er in der Einleitung zu seiner zoologischen Vorlesung für die neue Wissenschaft wirbt. Nicht ohne Stolz und Anspruch hebt Aristoteles da die junge, noch ihre Schüler suchende Zoologie von Platons Parade-wissenschaft, der Astronomie, ab. „Beides“, beginnt er da, „hat seinen Reiz“.<sup>52</sup> Die Himmelsbetrachtung habe, so eingeschränkt die Beobachtungen und so eng begrenzt die Erkenntnisse da auch seien, doch den Vorrang ihres ungewordenen, unvergänglichen, göttlichen Gegenstandes für sich; die Erforschung der vergänglichen Tiere und Pflanzen habe demgegenüber die grössere Weite und Fülle der Erkenntnisse auf ihrer Seite, und mit ihrer Nähe zu uns selbst, zu unserer eigenen menschlichen *physis*, habe sie gegenüber jener Erforschung des Göttlichen durchaus einen Tauschwert zu bieten. Die gleich darauf folgenden Sätze richten sich an die studentische Jugend jenes verwöhnten 4. Jahrhunderts v. Chr., die sich, wenn schon für irdisches Getier, dann doch eher für Rennpferde und Jagdhunde als für Mollusken und Insekten begeisterte:

„Wenn wir nun über die in den Tiergestalten wirkende *physis* – griechisch: die *zoiké physis* – sprechen, wollen wir nach

<sup>51</sup> Das Blut als „letztes – d. h. weitestgehend aufbereitete – Nahrung“: Aristoteles, *De partibus animalium* 4, 4. 678 a 6ff.

<sup>52</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 1, 5. 644 b 31

Möglichkeit keine Gattung beiseite lassen, sei sie nun geringeren oder höheren Ranges. Denn auch bei den Tieren, die für unsere Sinneswahrnehmung durchaus nichts Angenehmes an sich haben, hält dennoch die handwerkende Natur – (hier findet sich die kühne Prägung) – schier überwältigende Freuden bereit –, jedenfalls für den Betrachter, der sich jeweils die Gründe zu erklären vermag und von Natur – griechisch: physei – wissenschaftliche Erkenntnis sucht. ... Daher darf man nicht auf kindische Weise Widerwillen empfinden gegen die Untersuchung der Gattungen geringeren Ranges. Denn allem Natürlichen wohnt etwas Staunenswertes inne. Da gilt das Wort, das Heraklit den Fremden zurief, die ihn besuchen wollten und beim Herankommen sahen, dass der Philosoph sich gerade an seinem Badeofen aufwärmte. Als die draussen stehen blieben, forderte er sie auf, doch ungeniert und guten Muts einzutreten, denn auch da drinnen in der Badestube gebe es Götter. So muss man auch an die Untersuchung jeder einzelnen Tiergestalt ohne Naserümpfen herangehen, im Vertrauen darauf, dass in ihnen allen etwas Natürliches und damit etwas Schönes zu finden ist.<sup>53</sup>

Notiz für Aristoteles-Leser:

Zur Zitierweise: Die Schriften des Aristoteles werden zitiert mit Buch und Kapitel und zusätzlich mit Seite, Spalte (a oder b) und Zeile der 1831 erschienenen Gesamtausgabe von Immanuel Bekker.

Zweisprachige Ausgaben der zoologischen Hauptwerke finden sich in der Loeb Classical Library, Cambridge/Massachusetts und London: Aristotle, *Parts of animals*, with an English translation by A. L. Peck, *Generation of animals*, with an English translation by A. L. Peck, *Historia animalium*, with an English translation by A. L. Peck;

sowie in der Collection Budé, Paris: Aristote, *Les parties des animaux*, Texte établi et traduit par Pierre Louis; *De la génération des animaux*, Texte établi et traduit par Pierre Louis; *Histoire des animaux*, Texte établi et traduit par Pierre Louis.

Eine deutsche Übersetzung der Vergleichenen Morphologie samt ausführlichem Kommentar liegt in der Gesamtausgabe der Werke des Aristoteles im Akademie Verlag vor: Aristoteles, *Über die Teile der Tiere*, übersetzt und erläutert von Wolfgang Kullmann, Berlin 2009.

Zur Einführung sei empfohlen: Ingemar Düring, *Aristoteles. Darstellung und Interpretation seines Denkens*, Heidelberg 1966, S. 514-553: „Der Sekretär der Natur“.

#### *Zur Person des Autors*

*Prof. Dr. phil. Klaus Bartels, Klassischer Philologe, lebt in Kilchberg bei Zürich. Für seine jahrzehntelang laufenden Zeitungsrubriken in der „Neuen Zürcher Zeitung“ u. a., sein Standardwerk „Veni vidi vici. Geflügelte Worte ...“ (14. Auflage 2013) und die zweisprachige Sammlung „Roms sprechende Steine. Inschriften aus zwei Jahrtausenden“ (4. Auflage 2012) wurde er 2004 mit dem Jahrespreis der „Stiftung für*

<sup>53</sup> Aristoteles, *De partibus animalium* 1, 5. 645 a 5ff. und 15ff.

*Abendländische Ethik und Kultur“ ausgezeichnet. Die Zitate zum Werkzeuggebrauch und zum Rang der zoologischen*

*Wissenschaft sind aus der Zitatensammlung „Jahrtausendworte – in die Gegenwart gesprochen“ (2011) übernommen.*

Prof. Dr. Klaus Bartels  
Gottlieb Binder-Straße 9  
CH-8802 Kilchberg ZH  
Klaus.Bartels@sunrise.ch



# Werner-Rathmayer-Preis der Deutschen Zoologischen Gesellschaft

Der diesjährige Werner-Rathmayer-Preis der Deutschen Zoologischen Gesellschaft wurde Herrn Thomas Lindner zugesprochen. Der Preisträger wurde beim 50. Bundeswettbewerb der Stiftung *Jugend forscht* 26. - 29. Mai 2015 in Ludwigshafen ermittelt. Thomas Lindner ist 20 Jahre alt und kommt vom Willibald-Gluck-Gymnasium in Neumarkt. Der Preis ist mit 500 Euro dotiert und mit einer Einladung auf die Jahrestagung der DZG 2015 in Graz verbunden, wo der junge Forscher Gelegenheit hat zu Kontakten mit Fachkollegen.

Der Titel der eingereichten Arbeit war: „Der Nachahmungseffekt bei *Poecilia wingei*“

Thomas Lindner schreibt zur Ausgangssituation für seine Arbeit:

*„Das Wort Guppy ist wohl den meisten Menschen geläufig ... Bei dieser weit verbreiteten Art handelt es sich allerdings meist um den gewöhnlichen Guppy, ... Poecilia reticulata, und nicht um die bei uns deutlich seltener anzutreffenden Endlerguppys (Poecilia wingei), welche Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Während gewöhnliche Guppys... schon recht gut erforscht sind, ist dies bei Endlerguppys, nicht zuletzt weil sie erst seit einigen Jahren als eigenständige Art geführt werden (Poeser et al., 2005), noch völlig anders. ...*

*Unter dem Begriff ‚Nachahmungseffekt‘ versteht man einen [verhaltensbiologi-*



Thomas Lindner mit Professor Carsten Duch und der Preisträgerin der Neurowissenschaftlichen Gesellschaft, Theresa Angles, bei der Preisverleihung in Ludwigshafen.

*schen] Effekt, bei dem ein Individuum keine eigene und von Dritten völlig unabhängige Wahl für einen potentiellen Geschlechtspartner trifft, sondern durch die Beobachtung einer Präferenz eines anderen gleichgeschlechtlichen Individuums, welches in der Regel derselben Art angehört, für einen Sexualpartner beeinflusst wird und jene Präferenz zum Teil oder sogar vollständig übernimmt. ...*

*Die Gattung Poecilia ist in Bezug auf den Nachahmungseffekt eines der am be-*

sten, wenn nicht sogar das am besten erforschte Taxon im gesamten Tierreich..... Bei der Art *Poecilia wingei* war der Nachahmungseffekt allerdings noch nicht untersucht worden.“

Thomas Lindner übernimmt die von Dugatkin und Godin (1992) bereits für *Poecilia reticulata* eingesetzte Versuchsanordnung mit Modifikationen, die den Weibchen noch größere Bewegungsfreiheit ermöglicht. Zu Versuchsbeginn befindet sich ein Testweibchen optisch und mechanisch isoliert zwischen zwei Guppymännchen, d. h. jedes Tier befindet sich im Aquarium in separaten Acrylbehältern; dazwischen befinden sich Sichtblenden. Während einer ‚Entscheidungsphase‘ werden die Sichtblenden entfernt, das Weibchen kann beide Männchen optisch „begutachten“. In der darauf folgenden ‚Dokumentationsphase‘ wird das Weibchen aus seinem Acrylbehälter entnommen und kann nun frei die beiden Männchen, die in ihren Acrylbehältern bleiben, umschwimmen. Gemessen wird die Zeit, die nun das Weibchen in der Nähe von Männchen 1 verbringt im Vergleich zur Zeit in der Nähe von Männchen 2. Im ‚Referenzversuch‘ folgt hierauf ein zweiter Durchgang mit dem gleichen Weibchen und identischem Ablauf. Im ‚Testversuch‘ befindet sich dann aber

während der Entscheidungsphase im zweiten Durchgang ein weiteres Weibchen zusammen im Acrylbehälter mit dem vorher weniger bevorzugten Männchen. Dieses „Modelweibchen“ wird vor der Dokumentationsphase wieder entfernt. Die Versuchsergebnisse erbrachten, dass die Testweibchen nun entweder ihre Entscheidung zugunsten des vorher weniger bevorzugten Männchens änderten oder zumindest diesem höhere Aufmerksamkeit schenkten, ausgedrückt durch signifikant höhere Verweildauer in dessen Nähe. Thomas Lindner folgert daraus, „dass der weibliche, intraspezifische Nachahmungseffekt bei *Poecilia wingei* als eindeutig nachgewiesen angesehen werden muss.“

#### Literatur

- Dugatkin, L.A., Godin, J.-G.J. (1992) Reversal of female mate choice by copying in the guppy (*Poecilia reticulata*). Proc. Roy. Soc. Lond. B. 249, 179-184.
- Poeser, F. N., Kempkes, M., Isbrücker, I.J.H. (2005) Description of *Poecilia (Acanthophaelus) wingei* n. sp. from the Paria Peninsula, Venezuela, including notes on *Acanthophaelus* Eigenmann, 1907 and other subgenera of *Poecilia* Bloch and Schneider, 1801 (Teleostei, Cyprinodontiformes, Poeciliidae). Contrib. Zool., 74, 97-115.

# Das neue Tierschutzgesetz und seine möglichen Auswirkungen auf die tierexperimentelle Forschung

Martin Singheiser und Hermann Wagner

Nur wenige Themen lösen in der Bevölkerung so emotionale Diskussionen aus wie das Thema Tierversuche. Einige möchten Tierversuche am liebsten sofort komplett verbieten, während andere darauf hinweisen, dass mit Tierversuchen viele Erkenntnisse gewonnen werden können, die als Grundlagenforschung unser Wissen mehren und in der angewandten, translationalen Forschung neue Möglichkeiten für Therapien schaffen. Dieser Zwiespalt zwischen den beiden Positionen lässt sich auch in der EU Richtlinie zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere (2010/63/EU) erahnen, in welcher in Satz 10 der Präambel das Ziel genannt wird, wissenschaftliche Verfahren mit lebenden Tieren für Forschungs- und Bildungszwecke vollständig zu ersetzen, sobald dies wissenschaftlich möglich ist. Des Weiteren wird konsequenterweise eine Weiterentwicklung alternativer Ansätze zum Tierversuch gefordert. Diese sehr zu unterstützenden Forderungen sollten allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass nach Meinung vieler Experten und auch nach unserer Meinung zum jetzigen Zeitpunkt auf Tierversuche nicht gänzlich verzichtet werden kann, da beispielsweise systemische Vorgänge noch nicht mit alternativen Ansätzen erforscht werden können. In folgendem Artikel stellen

wir kurz die aktuelle Gesetzgebung vor und beschreiben wichtige Änderungen dieser Gesetzgebung, die bei der Durchführung von Tierversuchen in Deutschland im Vergleich zu früheren Vorhaben zu beachten sind.

## *Aktuell gültige Gesetze und Verordnungen*

Die EU-Richtlinie 2010/63/EU erforderte eine Überarbeitung des Deutschen Tierschutzgesetzes (TierSchG), welche im Dritten Gesetz zur Änderung des Tierschutzgesetzes in der Bekanntmachung vom 4. Juli 2013 in Kraft trat. Aufgrund der darin enthaltenen Verordnungsermächtigungen hat das zuständige Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL, ehemals BMELV) in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und mit Zustimmung des Bundesrates weiterführende Regelungen zur Verwendung von Versuchstieren zu wissenschaftlichen Zwecken in Form der Tierschutzversuchstierverordnung (TierSchVersV) erlassen. Das Tierschutzgesetz und die Tierschutzversuchstierverordnung enthalten die zentralen Vorgaben für die im Bereich tierexperimenteller Forschung tätigen Personen. Wichtige Richtlinien und Verordnungen beim Arbeiten mit Versuchstieren sind zudem:

- die Richtlinie 2010/63/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom

22. September 2010 zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere inklusive der Anhänge I bis VIII

- die Verordnung über die Meldung zu Versuchszwecken verwendeter Wirbeltiere oder Kopffüßer oder zu bestimmten anderen Zwecken verwendeter Wirbeltiere vom 12.12.2013 (VersTier-MeldV)
- das Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz) sowie die weitere Ausführung des Gesetzes in der Verordnung über die Sicherheitsstufen und Sicherheitsmaßnahmen bei gentechnischen Arbeiten in gentechnischen Anlagen (Gentechnik-Sicherheitsverordnung – GenTSV), welche den Umgang mit transgenen Tieren regeln
- das Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln (Arzneimittelgesetz - AMG) vom 12. Dezember 2005, zuletzt geändert am 17. Dezember 2014
- das Gesetz über den Verkehr mit Betäubungsmitteln (Betäubungsmittelgesetz – BtMG) vom 1. März 1994 zuletzt geändert am 5. Dezember 2014. Paragraph 3 des BtMG legt fest, dass zum Umgang mit Betäubungsmitteln eine Betäubungsmittelerlaubnis notwendig ist, die von der Bundesopiumstelle im Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte erteilt wird. Diese Erlaubnis ist nicht nur für die Lagerung sondern auch den Einsatz der Betäubungsmittel für Forschungszwecke notwendig und wird der jeweiligen Betriebsstätte für den benötigten Umfang des Betäubungsmittelverkehrs erteilt.

### *Genehmigung und Anzeige von Tierversuchen*

Der Begriff Tierversuch im Sinne des Gesetzes wird in §7(2) (TierSchG) definiert. Hier soll nur erwähnt werden, dass das Töten eines Tieres, soweit dies ausschließlich erfolgt, um dessen Organe oder Gewebe zu wissenschaftlichen Zwecken zu verwenden, nicht als Tierversuch gilt. In §8 und §8a (TierSchG) wird festgelegt, welche Tierversuche genehmigungspflichtig und welche anzeigespflichtig sind. Grundsätzlich gilt für Vorhaben, in denen Wirbeltiere oder Kopffüßer verwendet werden, die Genehmigungspflicht. Für Embryonen gelten Sonderregelungen gemäß §14 TierSchVersV: Versuchsvorhaben sind dann genehmigungs- bzw. anzeigepflichtig, wenn in ihnen entweder Larven von Wirbeltieren, die in der Lage sind, selbstständig Nahrung aufzunehmen, oder Föten von Säugern, die sich im letzten Drittel ihrer normalen Entwicklung vor der Geburt befinden, verwendet werden. Zudem trifft diese Genehmigungs- oder Anzeigepflicht auf Wirbeltiere zu, die „in einem Entwicklungsstadium vor der Geburt oder dem Schlupf verwendet werden oder verwendet werden sollen, wenn die Tiere über dieses Entwicklungsstadium hinaus weiterleben sollen und nach der Geburt oder dem Schlupf infolge der Verwendung voraussichtlich Schmerzen oder Leiden empfinden oder Schäden erleiden werden“ (§14 (2) TierSchVersV).

Eine wichtige Änderung gegenüber der vorherigen Rechtslage besteht nun darin, dass zu den genehmigungspflichtigen Versuchen ab jetzt nicht nur Tierversuche

suche in der Forschung, sondern auch Tierversuche in der Lehre gehören können. In §8a TierSchG sind diejenigen Versuchsvorhaben aufgelistet, für die keine Genehmigungspflicht, sondern nur eine Anzeigepflicht besteht. Die Genehmigung erfolgt entweder zentral durch eine Landesbehörde oder über die Regierungspräsidien oder Bezirksregierungen. Ist mit Versuchen an Tieren eine Tierhaltung verbunden, so muss auch diese genehmigt werden (§11 TierSchG) und zwar unabhängig davon, ob eine Genehmigungs- bzw. Anzeigepflicht besteht oder ob diese Tiere ausschließlich zur Organentnahme zu wissenschaftlichen Zwecken bestimmt sind. Die Genehmigung für die Tierhaltung erfolgt durch die lokalen Veterinärämter, die als Aufsichtsbehörde auch die Überwachungsfunktion für die ordnungsgemäße Durchführung der Tierversuche innehaben. Für Tierversuche besteht eine Dokumentationspflicht (§9 (5) TierSchG und § 29 TierSchVersV). Die Behörde kann jederzeit unangemeldet die Einrichtung inspizieren und die verpflichtenden Aufzeichnungen einsehen.

Das Genehmigungsverfahren hat sich mit dem neuen Tierschutzgesetz deutlich geändert. So wurde die Genehmigungsfiktion abgeschafft, also die automatische Genehmigungserteilung, wenn sich die zuständige Behörde nicht innerhalb einer festgelegten Frist nach Antragseinreichung äußerte. Gleichzeitig wurde die Bearbeitungsfrist für die Behörde von 3 Monaten (circa. 60 Arbeitstage) auf 40 Arbeitstage reduziert, die gemäß §32 der TierSchVersV einmalig um bis zu 15 Arbeitstage verlängert werden kann. Die Behörde ist verpflichtet, bei Eingang des

Antrages unverzüglich eine Empfangsbestätigung auszustellen und den Antrag auf Vollständigkeit zu prüfen. Falls der Antrag unvollständig ist, ist dies dem Antragsteller ebenfalls unverzüglich mitzuteilen. Eine weitere relevante Neuerung in der aktuellen Gesetzesform betrifft die initiale Genehmigungsdauer eines Tierversuches, die von drei Jahren auf fünf Jahre ausgedehnt wurde, während zuvor die dreijährige Genehmigung zwei Mal um je ein Jahr auf maximal fünf Jahre verlängert werden konnte. Ist die Genehmigung auf weniger als fünf Jahre erteilt worden, so ist sie auf, auch formlosen, mit Gründen versehenem Antrag höchstens zweimal um jeweils bis zu einem Jahr zu verlängern, sofern dadurch die Gesamtdauer von fünf Jahren nicht überschritten wird.

Eine weitere Neuerung betrifft die Ausdehnung des Begriffs Tierversuche auf Verfahren, welche die Erzeugung einer neuen genetischen Linie zum Ziel haben, unabhängig davon, ob diese aus züchterischen oder gentechnischen Maßnahmen entstanden ist. Somit wird für diesen Schritt ebenfalls ein Tierversuchsantrag benötigt, wenn nicht auszuschließen ist, dass Tiere aus diesen Linien geboren werden, die Schmerzen, Leiden oder Schäden erleiden können. Zudem hat eine Belastungsabschätzung für neue Linien zu erfolgen. Weitere Informationen finden sich auf folgender Webpage: (<http://www.bfr.bund.de/cm/343/beurteilung-der-belastung-genetisch-veraenderter-tiere.pdf>).

#### *Wer darf Tierversuche durchführen?*

Nach der TierSchVersV dürfen laut §16 Tierversuche an Wirbeltieren und Kopffü-

ßern nur von Personen durchgeführt werden, die über die in der Anlage 1, Abschnitt 3 aufgeführten Kenntnisse verfügen. Hierzu zählen beispielsweise die geltenden Rechtsvorschriften, Grundlagen der artspezifischen Biologie der Tiere sowie Grundwissen über das Verhalten und Haltungsanforderungen, aber auch ethische und medizinische Kenntnisse, die Schmerzen, Leiden und Schäden bei den Tieren rechtzeitig erkennen lassen. Darüber hinaus dürfen Tierversuche nur von Personen mit einem abgeschlossenen Hochschulstudium der Veterinär-, Human- oder Zahnmedizin durchgeführt werden. Personen mit einem abgeschlossenen naturwissenschaftlichen Hochschulstudium oder einer abgeschlossenen Berufsausbildung müssen die erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten nachweisen und gegebenenfalls die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung beantragen. Versuche, bei denen es zu operativen Eingriffen kommt, dürfen nur von Personen mit einem abgeschlossenem Hochschulstudium der Veterinär-, Human- oder Zahnmedizin ausgeübt werden oder „von Personen mit einem abgeschlossenem naturwissenschaftlichen Hochschulstudium oder einer Weiterbildung im Anschluss an ein naturwissenschaftliches Hochschulstudium, sofern sie nachweislich die erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten haben“ (§16 TierSchVersV). Es soll darauf hingewiesen werden, dass sich mit der Gesetzesnovellierung die Situation für Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler, die in Zukunft einen Abschluss in Zoologie erwerben, verschlechtert hat, weil diese nun eine Ausnahmegenehmi-

gung benötigen. Die Ausnahmegenehmigung wird in der Regel erteilt, wenn eine entsprechende Weiterbildung, wie beispielsweise die erfolgreiche Teilnahme an einem Kurs nach Anhang 1 Abschnitt III TierSchVersV (vormals FELASA Kategorie B) nachgewiesen wird, der einschlägige Fähigkeiten vermittelt.

Bei der Durchführung von Tierversuchen durch das Personal werden oft folgende Kategorien unterschieden: a) unter Anleitung (dies bedeutet, dass eine Person im gleichen Raum anwesend sein muss, die eine Erlaubnis (=Sachkunde) besitzt), b) unter Aufsicht (es muss eine entsprechende Person in Rufnähe sein), c) nach Anweisung (jemand arbeitet nach einem fest vorgegebenem Schema) und d) selbständig. Das Tierschutzgesetz sieht eine abgeschlossene Berufsausbildung als Voraussetzung für tierexperimentelles Arbeiten vor. Deshalb dürfen z.B. Bachelorstudierende oder Medizinstudierende in ihren Abschlussarbeiten nicht selbständig Tierversuche durchführen. Diese Arbeiten gelten als eigene wissenschaftliche Tätigkeiten, die nicht zur Lehre im engeren Sinne gezählt werden. Diese Studierenden müssen zunächst unter Anleitung arbeiten (siehe oben). Es bleibt die Hoffnung, dass Personen ohne Studienabschluss, aber mit den nötigen und nachgewiesenen Kenntnissen, in Zukunft nach Erteilung einer Ausnahmegenehmigung zumindest unter Aufsicht bzw. nach Anweisung (Definitionen siehe oben) arbeiten dürfen. Ob dazu dann auch Versuche zählen, die eine Narkose beinhalten, bleibt abzuwarten. Hier ist die Sachlage zur praktischen Durchführung solcher Arbeiten

zum jetzigen Zeitpunkt (Mai 2015) unseres Wissens noch nicht vollständig geklärt.

Alle Personen, die an tierexperimentellen Arbeiten teilnehmen, müssen sich regelmäßig fortbilden. In der Schweiz werden hier acht Stunden pro Jahr verlangt, während es in Deutschland bisher keine Zeitvorgabe gibt.

### *Planung von Tierversuchen und die Konzepte der 3R*

Tierversuche sind auf das absolut unerlässliche Maß zu beschränken. Hier spielen die Prinzipien der 3R eine wesentliche Rolle, die im Jahr 1959 von William Russel und Rex Burch in ihrer Arbeit *The Principles of Humane Experimental Technique* erstmals erwähnt worden sind. Unter den 3R versteht man die Schlagwörter *Reduction*, *Replacement* und *Refinement*. Als *Reduction* bezeichnet man eine Verringerung der Anzahl der verwendeten Versuchstiere. Dies verlangt von den Antragstellerinnen und Antragstellern eine sorgfältige biometrische Planung der Versuche. Durch eine Fallzahlberechnung (Power Calculation) wird dabei ermittelt, wie viele Tiere verwendet werden müssen, um ein statistisch signifikantes Ergebnis zu erhalten. Das angestrebte Ziel der „Reduction“ beinhaltet aber auch die Gefahr, dass Studien auf Grund von zu wenig verwendeten Tieren nicht aussagekräftig sind (s. <http://www.nature.com/news/uk-funders-demand-strong-statistics-for-animal-studies-1.17318>). Zudem muss im Genehmigungsantrag begründet werden, warum das Versuchsziel nicht mit anderen und alternativen Methoden (*Replacement*) erreicht werden kann oder

wie zumindest Schmerzen, Leiden und Schäden der Versuchstiere verringert werden können (*Refinement*). So können beispielsweise durch entsprechende Narkosemethoden und analgetische Verfahren die Schmerzen der Versuchstiere reduziert werden und dadurch die Belastung der Tiere ebenfalls verringert werden. Eine weitere Methode des *Refinement* ist das Konditionieren von Versuchstieren an regelmäßig ablaufende Behandlungsvorgänge und –routinen, wie die das Einfangen oder Wiegen vor dem Versuch.

### *Belastungsabschätzung/Schweregrade von Verfahren und Score Sheets*

Der Belastungsabschätzung der Versuchstiere kommt in allen relevanten Gesetzen und Verordnungen eine besondere Bedeutung zu. Die Belastung der Tiere ist nicht nur für das eigentliche Versuchsvorgehen zu beachten, sondern gilt für alle Aspekte des Versuches und schließt auch Haltung und Zucht mit ein. Die Belastung ist auf das unerlässliche Maß zu beschränken. Dem übergeordneten Begriff der Belastung lassen sich juristisch die schon erwähnten drei Untergruppen abgrenzen, die von Lorz und Metzger in ihrer 6. überarbeiteten Auflage des Kommentars zum Tierschutzgesetz von 2008 sinngemäß umschrieben worden sind: Schmerz (subjektive unangenehme sensorische und gefühlsmäßige Erfahrung, die sich nicht einheitlich erfassen lässt und die bei unterschiedlichen Versuchstieren auf unterschiedliche Arten im Verhalten erkannt werden kann), Leiden – auch als „Distress“ bezeichnet – (psychisches Unwohlsein, welches auch schmerz-

unabhängige Gefühle des Tieres mit einschließt, die dem intrinsischen Verhalten der Tiere entgegengesetzt sind und die beispielsweise durch eine nicht artgerechte Haltung oder Ernährung ausgelöst werden können) sowie Schäden (Beeinträchtigung der körperlichen und seelischen Unversehrtheit).

Es soll angemerkt werden, dass es zurzeit keine allgemein gültigen Definitionen zur Belastung gibt. Der Anhang VIII der Richtlinie 2010/63/EU gibt hier nur allgemeine Beispiele. Den Anträgen müssen Belastungstabellen und als Score-Sheets bezeichnete Übersichtstabellen beigefügt werden, die eine Einschätzung des Zustandes eines Tieres anhand verschiedener, vor dem Versuch festgelegter, Parameter erlauben und jeweils eine Handlungsanweisung festlegen. Diese Parameter sollten sowohl physiologische als auch Verhaltensparameter beinhalten, welche je nach Schweregrad eine unterschiedliche Gewichtung erhalten. Je stärker ein Parameter das Wohlergehen des Versuchstieres beeinträchtigt, desto stärker wird dieser Parameter im Score-Sheet gewichtet. Wird je nach Gewichtung der aufgeführten Punkte im Score-Sheet ein bestimmter, vorher festgelegter Wert überschritten, so ist ein Abbruchkriterium zu definieren. Das Tier ist unter Umständen einem Veterinär vorzustellen und gegebenenfalls zu euthanasieren. Da die Belastung artabhängig ist, müssen für jede Art spezifische Belastungskriterien entwickelt werden. Dies ist eine Aufgabe, an der sich Zoologinnen und Zoologen beteiligen können und sollten.

### *Schweregrade von Versuchen*

Eine erneute Verwendung von Versuchstieren im Sinne der Reduktion und unter Anwendung der 3R ist in Verfahren nur unter bestimmten Bedingungen erlaubt, bei denen der Schweregrad der durchgeführten Versuche zu berücksichtigen ist. So können Tiere nur erneut in Verfahren verwendet werden, wenn der tatsächliche Schweregrad des vorherigen Verfahrens als *gering* oder *mittel* eingestuft war, sowie der allgemeine Gesundheitszustand des Tieres wieder vollständig hergestellt ist. Zudem müssen eine tierärztliche Empfehlung und eine behördliche Genehmigung für den wiederholten Einsatz des Tieres vorliegen. In zukünftigen Verfahren muss zudem der Schweregrad *gering*, *mittel*, *schwer* oder *keine Wiederherstellung der Lebensfunktion* eingehalten werden. Für eine Beurteilung und Zuordnung der Schweregrade bietet die EU-Richtlinie 2010/63/EU im Anhang VIII eine Hilfestellung an, die hier nur kurz erläutert werden soll.

Verfahren, die unter Vollnarkose durchgeführt werden, aus der die Tiere nicht mehr erwachen (Akutversuch), werden als Versuche eingeordnet, bei denen es zu *keiner Wiederherstellung der Lebensfunktion* kommt.

Ein Verfahren kann als von *geringer* Schwere bewertet werden, wenn hierbei zu erwarten ist, dass die Eingriffe nur kurzzeitige Schmerzen, Leiden oder Schäden verursachen. Das Gleiche gilt, wenn Verfahren angewandt werden, die keine wesentliche Beeinträchtigung des Wohlergehens des Tieres darstellen. Unter einer geringen Belastung können



nach der Richtlinie somit beispielsweise eine Narkose, Applikationsformen wie subkutane, intramuskuläre, intraperitoneale und intravenöse Injektionen oder ein nicht-invasives bildgebendes Verfahren fallen. Aber auch die kurzfristige Einzelhaltung für bestimmte Messungen von Tieren, die sonst ein ausgeprägtes Sozialverhalten aufweisen, stellt eine geringe Belastung für das Tier dar, obwohl gegebenenfalls kein direkter Eingriff am Tier erfolgen muss.

Verfahren, die eine *mittlere* Belastung für die Tiere aufweisen, zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei den Versuchstieren kurzzeitig mittelstarke Schmerzen, mittelschwere Leiden oder lang andauernde geringe Schmerzen hervorrufen. Des Weiteren fallen hierunter auch Verfahren, die eine mittelschwere Beeinträchtigung des Allgemeinzustandes des Tieres erwarten lassen. Hierzu zählen häufige Verabreichungen von Substanzen mit geringer oder mäßiger klinischer Wirkung, eine Blutentnahme von mehr als 10% des Blutvolumens ohne Anästhesie und entsprechendem Volumenersatz (beispielsweise durch entsprechende Kochsalzlösungen), sowie chirurgische Eingriffe unter Vollnarkose mit entsprechender Analgesie. Aber auch das Auslösen von mittelschweren Ängsten bei Tieren, denen die Rückzugsmöglichkeit genommen wurde, oder eine Futterdeprivation über zwei Tage bei Ratten fällt in die Definition einer mittleren Belastung.

Werden Verfahren angewandt, in denen die Tiere erwartungsgemäß starken Schmerzen, schweren Leiden oder lange anhaltenden mittelschweren Schmerzen, mittelschweren Leiden oder Ängsten aus-

gesetzt sind, oder die eine schwere Beeinträchtigung des Wohlergehens und des Allgemeinzustandes hervorrufen, sind sie als *schwer* einzustufen. Hierunter fallen beispielsweise eine Bestrahlung oder Chemotherapie mit einer tödlichen Dosis ohne Wiederherstellung des Immunsystems oder Toxizitätstests, bei denen der Tod als Endpunkt festgelegt ist oder bei denen Todesfälle zumindest zu erwarten sind. Aber auch die Applikation von Elektroschocks, denen das Tier nicht entgehen kann, sowie eine vollständige Isolierung über einen längeren Zeitraum von geselligen Arten wie Hunden oder Primaten, sind als *schwer* anzusehen.

Für Versuche mit dem Belastungsgrad schwer gilt gemäß §25 TierSchVersV eine besonders hohe Messlatte. Versuche, die zu länger anhaltenden und sich wiederholenden Schmerzen führen, die nicht gelindert werden können, dürfen nur in besonderen Fällen durchgeführt werden, nachdem die Behörde hierfür eine Ausnahme gemacht hat. Zur Erlangung dieser Ausnahme ist eine wissenschaftliche Begründung zur Unerlässlichkeit der Versuche notwendig, aus der hervorgehen muss, dass die zu erwartenden Ergebnisse darauf hindeuten, dass sie für wesentliche Bedürfnisse von Mensch oder Tier einschließlich der Lösung wissenschaftlicher Probleme von hervorragender Bedeutung sein werden. Wird dieses Ziel nicht erfüllt, so dürfen diese Versuche nicht durchgeführt werden.

Bei der Einteilung der geplanten Versuche in eine Kategorie ist laut Anhang VIII Abschnitt II der EU-Richtlinie 2010/63/EU zudem „jede Intervention oder Manipulation des Tieres im Rahmen

eines bestimmten Verfahrens zu berücksichtigen. Sie basiert auf den schwerwiegendsten Auswirkungen, denen ein einzelnes Tier nach Anwendung aller geeigneten Verbesserungstechniken ausgesetzt sein dürfte.“ Somit müssen hier gegebenenfalls auch die Arten von Schmerz, Leiden und Schäden erfasst werden, denen ein Tier ausgesetzt ist, sowie kumulatives Leiden während eines Verfahrens. Aber auch die Verhinderung eines natürlichen Verhaltens, einschließlich der Einschränkungen bei der Haltung und Unterbringung der Tiere, müssen bei der Einteilung in eine Belastungskategorie berücksichtigt werden.

#### *Töten von Versuchstieren*

Auch das Töten von Versuchstieren unterliegt strengen Reglementierungen durch das Tierschutzgesetz und die TierSchVersV. Wirbeltiere und Cephalopoden dürfen unter Betäubung oder der sonst größtmöglichen Vermeidung von Schmerzen und Leiden von Personen getötet werden, die hierfür über die notwendige Sachkunde verfügen. Während der Ausbildung kann auf die Sachkunde der Auszubildenden verzichtet werden, sofern diese von Personen mit der entsprechenden Sachkunde unterrichtet und beaufsichtigt werden, so dass während des Ausbildungsprozesses sachkundig getötet wird. Wirbeltiere und Kopffüßer dürfen hierbei nur durch Verfahren getötet werden, die für sie die geringste Belastung bedeuten oder die mit dem Versuchszweck vereinbar sind. Anlage 2 der TierSchVersV gibt einen Überblick darüber, welche Methoden für welche Versuchstiere erlaubt sind und welche be-

sonderen Einschränkungen für diese gelten. Eine zervikale Dislokation ist beispielsweise für Nagetiere mit einem Gewicht von unter einem Kilogramm erlaubt; wiegen die Tiere aber über 150 g, so müssen sie vorher sediert werden. Eine weitere erlaubte Tötungsmethode ist das Töten unter Kohlenstoffdioxidexposition bei Nagetieren; sie darf aber nicht bei Föten und Neugeborenen angewendet werden. Antragstellende müssen sich vor der Versuchsgenehmigung kritisch mit den zugelassenen Tötungsverfahren auseinandersetzen und gemäß der Anlage 2 der TierSchVersV das unter den gegebenen Bedingungen schonendste Verfahren wählen.

#### *Ausblick*

Als mit Tieren Forschende sehen wir eine ethische Verpflichtung sowohl dem Tier als Mitgeschöpf als auch unseren Mitmenschen gegenüber. Wir unterstützen vollumfänglich die Prinzipien der 3R, sind aber der Meinung, dass auf absehbare Zeit auf Tierversuche nicht gänzlich verzichtet werden kann. Diese Meinung wird beispielsweise auch von der Deutschen Akademie der Wissenschaften Leopoldina in ihren Empfehlungen zur Umsetzung der EU-Richtlinie 2010/63/EU in deutsches Recht vom Oktober 2012 deutlich zum Ausdruck gebracht: „Obwohl die Entwicklung alternativer Methoden stetig voranschreitet, ist ... die aktuelle Forschung nicht ohne den Einsatz tierexperimenteller Methoden denkbar.“

Es ist unsere Pflicht, die höchsten Standards im Umgang mit den Versuchstieren umzusetzen und dies bereits bei der Planung von Tierversuchen im Vorfeld mit

einzu beziehen. Eine Reduktion der Tierversuche auf das unerlässliche Maß durch geeignete und zugelassene Alternativen sowie eine Vermeidung von doppelten Versuchen durch eine entsprechende Bereitstellung und Bekanntmachung von Verfahren und Ergebnissen ist hierbei zu begrüßen und zukünftig sogar deutlich auszubauen. Die derzeitige (2015) Initiative von EU-Bürgern mit dem Ziel, Tierversuche ganz abzuschaffen, wird der gesamtgesellschaftlichen Verpflichtung nach Verbesserung der menschlichen Lebensbedingungen unserer Meinung nach jedoch nicht gerecht.

In Zukunft werden Tierversuche aber vermutlich noch stärker im gesellschaftlichen Fokus liegen als bisher schon. Dies gilt vor allem für Versuche mit Primaten. Die Wissenschaft muss versuchen, aus der heutigen Verteidigungsstellung herauszukommen. Zudem sollten die für die Versuche gültigen Rechtslagen, die hohen und in Zukunft vielleicht noch höheren Standards, unter denen Tierversuche überhaupt erst durchgeführt werden dürfen, sowie die aus diesen Versuchen gewonnenen Erkenntnisse offener und verständlicher kommuniziert werden. Versuchstierkundliche Forschung kann und wird dabei helfen, Fortschritte wie beispielsweise im Bereich der Schmerz- und Chemotherapie oder bei der Entwicklung neuer Impfstoffe zu machen. Vor allem aber wird diese Forschung das Grundlagenwissen bereitstellen, welches überhaupt erst den Nährboden für die zuvor angesprochene angewandte Forschung bildet.

#### Hilfreiche Links:

Tierschutzgesetz: <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/>

Tierschutzversuchstierverordnung: <http://www.gesetze-im-internet.de/tiersck-versv/BJNR312600013.html>

EU-Richtlinie zu Tierversuchen: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:DE:PDF>

Gesellschaft für Versuchstierkunde GV-SOLAS: <http://www.gv-solas.de>

Federation of European Laboratory Animal Science Associations (FELASA): <http://www.felasa.eu>

Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz: <http://www.tierschutz-tvt.de>

Zentralstelle für die Erfassung und Bewertung von Ersatz- und Ergänzungsmethoden zum Tierversuch am Bundesinstitut für Risikobewertung (ZEBET): <http://www.bfr.bund.de/de/zebet-1433.html>

European Centre for the Validation of Alternative Methods (ECVAM): <https://eurl-ecvam.jrc.ec.europa.eu>

Zentrum für Ersatz und Ergänzungsmethoden (ZET): <http://www.zet.or.at>

European Partnership for Alternative Approaches to Animal Testing (EPAA): [http://ec.europa.eu/enterprise/epaa/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/epaa/index_en.htm)

Fund for the Replacement of Animals in Medical Experiments (FRAME): <http://www.frame.org.uk>

Center for Alternatives to Animal Testing (CAAT): <http://caat.jhsph.edu>

Baseler Deklaration: <http://www.basel-declaration.org>

Stiftung Forschung 3R: <http://www.forschung3r.ch/de/news/index.html>

Understanding Animal Research:  
<http://www.understandinganimalresearch.org.uk>

Dr. Martin Singheiser,  
Prof. Dr. Hermann Wagner  
Institut für Biologie 2, RWTH Aachen University,  
Worringer Weg 3, 52056 Aachen  
[singheiser@bio2.rwth-aachen.de](mailto:singheiser@bio2.rwth-aachen.de)  
[wagner@bio2.rwth-aachen.de](mailto:wagner@bio2.rwth-aachen.de)

# Klaus Sander (1929 – 2015) und die Renaissance der Entwicklungsbiologie in Deutschland

Werner A. Müller



Foto: Ulrich Nauber

Renaissance bedeutet Wiederbelebung des Vermächtnisses vergangener Epochen und dessen Weiterentwicklung in die Zukunft. Eine Wiederbelebung der Entwicklungsbiologie in Deutschland nach ihrem Zusammenbruch im zweiten Weltkrieg tat Not, ihre Fortentwicklung mit Methoden der Genetik stand an. Klaus Sander half wie kaum ein anderer an deutschsprachigen Universitäten, diese Herausforderungen anzunehmen und zu bewältigen.

## *Eine persönliche Bemerkung vorweg*

Dieser Beitrag möchte nicht nur das Andenken eines verdienten Forschers und Lehrers ehren; er stellt diesem Anliegen einen Abriss der neueren biologischen Wissenschaftsgeschichte in Deutschland voraus. Die Rückbesinnung auf Pioniertaten der Biologie war ein Herzensanliegen Klaus Sanders und so ist dieser Beitrag auch als Wahrnehmung seines Vermächtnisses zu verstehen.

Ich selbst kannte Klaus Sander aus wenigen persönlichen Begegnungen. Die erste war, als er 1963 in Freiburg seinen Bewerbungsvortrag für ein neu eingerichtetes Extraordinariat hielt. Das Zoologische Institut der Universität Freiburg war damals mit Otto Köhler und Bernhard Hassenstein wie an vielen anderen deutschen Universitäten ganz auf Verhaltensbeobachtung und Verhaltensphysiologie ausgerichtet. Die große Zeit der zell- und entwicklungsbiologischen Entdeckungen und der allgemein-biologischen Theoriebildung am Freiburger Zoologischen Institut unter August Weismann und Hans Spemann war Geschichte; ihre Arbeiten kamen in Vorlesungen nicht oder allenfalls am Rande vor. Otto Mangold, der Schüler und Nachfolger Spemanns, war (was ich nicht wusste) 1945 wegen seiner bekennenden Mitgliedschaft in der

NSDAP entlassen und seine Arbeitsgruppe ausgelagert worden an ein für ihn unter der Schirmherrschaft des Fürstenhauses von Fürstenberg eingerichtetes Institut in der alten Post in Heiligenberg am Bodensee, wo ich als studentische Hilfskraft von Spemanns epochemachenden Arbeiten erfuhr. Als Klaus Sander 1963 seinen Vortrag hielt, stand ich kurz vor meiner Doktorprüfung. Ich war tief beeindruckt; denn mit seinen Arbeiten an der Zikade *Euscelis* fand er Anschluss an die klassische Zeit der Entwicklungsbiologie und er wagte es, von Gradienten zu sprechen - bei den wenigen namhaften Entwicklungsbiologen, welche die Kriegszeit überlebt hatten, wie Friedrich Seidel in Marburg und Gerhard Krause in Würzburg, ein verpönter Begriff (was ich selbst in kontroversen Diskussionen mit diesen Altmeistern erfahren musste).

Zum letzten Mal begegnete ich Klaus Sander 2007 in Freiburg, als er mir half, ein verschollenes Werk August Weismanns zu Gesicht zu bekommen. Als Doktorand des jungen, aus Tübingen nach Freiburg gekommenen wissenschaftlichen Assistenten und Dozenten Carl Hauenschild („*Zoologie 2013*“, *Mitteilungen der DZG*: 61-69), der Arbeiten aus dem Bereich der Fortpflanzungs- und Entwicklungsbiologie vergab, hatte ich mich mit einem marinen Hydrozoon namens *Hydractinia* befasst und dabei auch interstitielle Stammzellen dargestellt und ihren Beitrag zur Keimbahn erschlossen; Vorarbeiten dazu hatte Hauenschild schon am MPI in Tübingen geleistet. Dass Weismann schon über Hydrozoen gearbeitet hatte, war mir als Doktorand nicht bekannt gewesen und allgemein in

Vergessenheit geraten; seine Originalarbeiten waren verschollen. Erst als ich in Vorbereitung auf ein Review die Spuren zu den Quellen der Begriffe „Keimbahn“, „Urkeimzellen“ und „Stammzellen“ zurückverfolgte, fand ich in Weismanns „*Vorträgen über Deszendenztheorie*“ Bilder zur Wanderung der Keimzellen in Hydropolyphen, und damit zu seiner Arbeit „Die Entstehung der Sexualzellen bei Hydromedusen“. Ich fragte Klaus Sander, ob dieses Werk noch aufzutreiben sei, und siehe da, er hatte es gefunden. Es war in der Kriegszeit zusammen mit Schriften Spemanns ausgelagert gewesen und damit dem Brand des zerbombten Zoologischen Instituts entgangen. Das Werk stellte sich als riesiger Foliant heraus mit zahlreichen, teils farbigen Kupferstichen. Hier findet man Begriffe wie Keimbahn und Urkeimzellen und zu meiner großen Überraschung fand ich darin auch *Hydractinia* beschrieben und in diesem Abschnitt taucht erstmals der Begriff „Stammzellen“ auf.

Ich bin Klaus Sander für seine Bemühungen, die weitgehend in Vergessenheit geratene klassische Entwicklungsbiologie wieder zu beleben, zu großem Dank verpflichtet.

### *Erinnerung an große Pioniere der Forschung in großer Zeit*

Bereits als noch junger Dozent war Klaus Sander bemüht, in Vorlesungen und Schriften die große Epoche der Entwicklungsbiologie in Erinnerung zu rufen; im Schriftenverzeichnis ist dies seit 1973 dokumentiert. Die Mehrzahl der betreffenden Beiträge Sanders erschienen in der traditionsreichen Zeitschrift

*Wilhelm Roux's Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, die er ab 1976 selbst als Herausgeber leiten sollte und die heute umbenannt ist in *Development, Genes & Evolution*. Nicht von ungefähr publizierte Sander in dieser weltweit ältesten Zeitschrift der Entwicklungsbiologie und nicht von ungefähr sind es überwiegend deutsche Forscher, die hier gewürdigt werden; es spiegelt dies die damals beherrschende Stellung der Zell- und Entwicklungsbiologie an deutschsprachigen Forschungsstätten wider. Im Folgenden seien einige Persönlichkeiten aufgeführt, deren epochemachende Werke Klaus Sander in historischen Rückblicken zu würdigen wusste, nicht ohne auch das mit der Forschung stets verbundene Risiko des Irrs und Scheiterns deutlich zu machen.

**Theodor Schwann** (1810-1882) mit Matthias Schleiden Begründer der Zelltheorie: Auch das Ei ist, oder enthält, eine Zelle.

**Ernst Haeckel** (1834-1919) und **Sanders Begriff des phylotypischen Stadiums**. An dieser Stelle sei nur erwähnt, dass Klaus Sander unter Bezug auf die Befunde des großen Pioniers der Embryologie Carl Ernst von Baer (1792-1876) und in Korrektur zu Haeckels allzu großzügig idealisierten Darstellung der äußeren Morphologie von Wirbeltierembryonen den Begriff „phylotypisches Stadium“ vorschlug, um jenes Stadium zu kennzeichnen, in dem Embryonen in ihrer inneren Anatomie die grundlegenden stammestypischen Merkmale aufweisen, wie Notochord (Chorda dorsalis), dorsales Neuralrohr, ventrales Herz, Vorderdarm mit Kiementaschen bei Wirbeltieren.

**August Weismann** (1834-1914) und **entwicklungssteuernde Determinanten**. August Weismann, der damals weltbekannte Zoologe aus Freiburg i.Br., befasste sich viel mit Vererbung im Zusammenhang von Evolution, wandte sich gegen die bis dahin allgemein herrschende Auffassung, die Umwelt habe direkten Einfluss auf das Erbgut (er war Anti-Lamarckist), war aber auch bedeutender Zell- und Entwicklungsbiologe. Weismann entwickelte das Konzept der Keimbahn, einer gesonderten Zelllinie, die von der befruchteten Eizelle im Embryo hinführt zu den Urkeimzellen, den Stammzellen der Keimzellen und damit den Gründerzellen der nächsten Generation. Weismann erkennt, dass im Insekten-Embryo Urkeimzellen sehr früh beiseitegelegt werden und sich nicht wie die somatischen Zellen am Aufbau des Embryos beteiligen. Weismann bezeichnet die Urkeimzellen im Fliegenembryo mit Referenz auf ihre Lage als "Polzellen", eine Bezeichnung, die auch heute noch im Gebrauch ist. Damit war der Hinweis gegeben, dass am Hinterpol des Eies schicksalsbestimmende Komponenten lagern. Komponenten, die Zellen in die Linie der Keimbahn leiten, werden heute in Anlehnung an Weismann „Keimplasma“ genannt; doch ist die Übernahme dieses Begriffes in diesem Fall nicht gerechtfertigt; denn Weismann verstand unter „Keimplasma“ die Summe der damals noch unbekanntem materiellen Träger des Erbgutes und er meinte, in somatischen Zellen werde dieses Gut im Zuge wiederholter asymmetrischer Teilungen differentiell den Tochterzellen mitgegeben. Das Hinterpolmaterial des Dipteren-

Eies enthält jedoch, wie wir heute wissen, nicht nur Keimzellen-determinierende Komponenten, sondern auch Komponenten, welche die gesamte Körperorganisation mitbestimmen, und solche Komponenten sollten Klaus Sander und seine Mitarbeiter zum Hauptthema ihrer Forschung machen.

### **Wilhelm Roux (1850-1924) und die Determination der Körperachsen.**

Roux, Spross einer Hugenottenfamilie, der an verschiedenen deutschen Universitäten, zuletzt in Halle, lehrte, beschreibt wie auch Eduard Strasburger das Verhalten der Chromosomen. Er berichtet in „Über die Bedeutung der Kerntheilungsfiguren“, der „Mutterfaden“ spalte sich durch „Teilung unter Erhaltung der Anordnung der Länge nach in zwei Tochterfäden“, meint aber in Anlehnung an Weismann, es gäbe auch qualitativ differenzielle Verteilung des Kernmaterials. In seinen Bemühungen, eine experimentelle Embryologie zu etablieren, hatte Roux mit einer heißen Nadel eine der ersten beiden Zellen (Blastomeren) des Froschkeims zerstört und erhielt, weil er die abgetötete Zelle nicht entfernte, Halbembryonen. Er meinte damit die Mosaiktheorie der Entwicklung begründen zu können, wonach jeder Tochterzelle schon früh durch ein Muster von Determinanten, das im Ei niedergelegt sei, ihr Schicksal zugewiesen bekomme. Regulative Prozesse und Regenerationsvermögen widerlegten zwar eine solch strikte frühe Determination, doch geben nach heutigem Wissensstand bei allen experimentell zugänglichen tierischen Keimen cytoplasmatische Komponenten eine erste

Orientierung bei der Ausrichtung (mindesten einer) der Körperachsen.

Von bleibendem Wert waren Roux's Beobachtungen zur Determination der Körperachsen im Amphibienkeim (*Rana esculenta*). Indem er den Zutritt der Spermien zum Ei auf eng umschriebene Bereiche einschränkte, zeigt er, dass der graue Halbmond und im weiteren Verlauf der Urmund – zwei Markerstrukturen für die Lage der künftigen Körperlängsachse – immer diametral gegenüber dem Spermien-Eintrittsort entstehen. Heute sind mit WNT und beta-Catenin, zentralen Elementen des kanonischen WNT-Signalweges, wesentliche schicksalsbestimmende Komponenten des Eies molekular identifiziert; sie werden nach dem Kontakt des Spermiums mit der Eizellmembran vom vegetativen Eipol („Südpol“) zum Ort des künftigen Urmundes verlagert, von wo sie als Signale des „Spemann-Organisators“ (s. unten) in Form von Gradienten ausstrahlen und, in Kooperation mit weiteren Genprodukten wie *gooseoid*, *siamois*, *cordin*, und *noggin*, das Muster der posterioren Körperregion bestimmen.

Wenn Roux im Titel seiner Zeitschrift den Begriff „Mechanik“ benutzte, so, laut Sander, in der Terminologie des 18. Jahrhunderts, in der „Mechanik“ gleichbedeutend war mit „natürliche (physikalische) Ursachen.“

**Hans Driesch (1867-1941): Zuteilung des gesamten Erbmaterials an alle Zellen aber Schicksalsbestimmung durch Positionsinformation.** Driesch war u.a. Privatdozent in Heidelberg und befreundet mit Curt Herbst (1866 – 1946), der die besondere Wirkung von Lithium-Io-



nen auf den Seeigelkeim gefunden und damit einen Beitrag zur Gradiententheorie (s. unten unter T. Boveri) geleistet hatte. Driesch hielt sich viel am meeresbiologischen Institut in Triest und an der neu gegründeten *Stazione Zoologica* in Neapel auf, wo oft auch Curt Herbst, die Brüder Richard (1850 – 1937) und Oscar Hertwig (1849 – 1922), Theodor Boveri und Thomas Hunt Morgan (1866 -1945) weilten. Driesch war es gelungen, durch Trennen der ersten Tochterzellen des sich teilenden Seeigel-Eies ganze Zwillingslarven zu erhalten. Demnach mussten all diese Zellen das vollständige Erbmaterial enthalten. Der Zellkern behalte, im Gegensatz zu Weismanns Hypothese, in allen Zellen zeitlebens die „Totalität der Erbinformation“, kerngesteuerte chemische Synthesen organbildender Substanzen geschähen indes im Cytoplasma. Diese Auffassung erwies sich als zutreffend. Für Differenzierung, also unterschiedliches Verhalten und Schicksal der verschiedenen Zellen trotz gleicher und vollständiger genetischer Information, sei die Lage der Zelle im Ganzen, heute Positionsinformation genannt, verantwortlich, eine Auffassung, die auch Oscar Hertwig teilte, der zuvor schon die Befruchtung des Seeigeleies beschrieben und die Vereinigung des Spermien- und des Oocytenkerns als wesentlichen Vorgang erkannt hatte. Nach Drieschs Hypothese resultiere Positionsinformation aus induktiven Interaktionen über diffusible Substanzen, eine Vorstellung, die Lewis Wolpert (geb. 1929) aufgriff und populär machte. Driesch schließt aus seinen Experimenten, dass Lebewesen entgegen der Auffassung der Mechanizisten

keine Maschinen seien und führt in seinen späten Schriften vitalistisches Gedankengut wieder ein. In diesem Punkt folgte ihm die biologische Wissenschaft nicht.

**Theodor Boveri (1862-1915): Kern-Cytoplasma Interaktionen und Gradiententheorie.** Theodor Boveri, dieser stets kränkelnde aber äußerst sorgfältig beobachtende und experimentierende Zoologe aus Würzburg, gilt nicht nur im Urteil von Klaus Sander als einer der bedeutendsten deutschen Biologen. Er war mit dem großen amerikanischen Entwicklungsbiologen Edmund B Wilson (1856-1945) befreundet. Boveri beschreibt das Verhalten der Chromosomen im Ei des Spulwurms *Ascaris* (heute *Parascaris*) und des Seeigels, erkennt die Konstanz der Chromosomen im Zuge von Zellteilungen und deren Unerlässlichkeit für eine korrekte Entwicklung, doch erkennt er auch, dass im Keim von *Ascaris* das lokale Cytoplasma entscheidet, ob eine Zelle zu einer Zelle der Keimbahn (P-Zelle) wird und das große Sammelchromosom behält oder zu einer Somazelle (S-Zelle), in der das Sammelchromosom – eine Besonderheit der Ascariden unter den Versuchstieren - in Einzelchromosomen zerfällt. Experimentelle Basis waren Experimente zur Mehrfachbefruchtung (Dispermie) sowie zur Verlagerung cytoplasmatischer Komponenten und Ablation von Keimesteilen. Solche Experimente führten Boveri zur Begründung der Gradiententheorie: Die P-Zellen bekämen relativ mehr einer bestimmten cytoplasmatischen Komponente ihrer Mutterzelle zugeteilt als die S-Zellen. Auch im Seeigelkeim ist lokales Cytoplasma

von Bedeutung. Boveri erkennt, dass auch hier erste Differenzierungen im Embryo auf dem Zusammenspiel der Kerne mit cytoplasmatischen Determinanten beruhen. Besondere Bedeutung kommt dem Cytoplasma am vegetativen Eipol zu, wo sich als erster Ausdruck einer Differenzierung kleine, mobile Zellen, die Mikromeren, bilden und schließlich die Bildung des Urdarms (Gastrulation) einsetzt. Doch wenn die Mikromeren entfernt werden, kann auch weiter animalwärts („nordwärts“) liegendes Cytoplasma die Gastrulation starten, wenn auch zunehmend schwächer, je weiter die Distanz zum vegetativen Pol ist. Heute sind, wie im Froschkeim, mit *wnt*-RNA und beta-Catenin-Protein, Elemente der kanonischen WNT-Signalkaskade, entscheidende Komponenten dieses Plasmas identifiziert. Lithium-Ionen stimulieren dieses Signalsystem. Morphologisch hat dies zur Folge, dass „vegetative“ Organe, wie der Urdarm, sich vergrößern auf Kosten „animaler“ Organe, wie dem apikalen Wimpernschopf, einem Sinnesorgan der Larve.

**Hans Spemann (1869-1941) und der Spemann-Organisator.** Spemann, Schüler Boveris und langjähriger Leiter des Zoologischen Instituts in Freiburg, ist mit dem Ausdruck „*Spemann organizer*“ vermutlich der am meisten zitierte deutsche Biologe. Nach Thomas Hunt Morgan war er der zweite Zoologe, der den Nobelpreis für Medizin erhielt. Bereits seine Schnürungsversuche am Molchkeim, mit denen er miteinander verwachsene, inkomplette Zwillinge („Siamesische Zwillinge“) oder getrennte, vollständige eineiige Zwillinge erhielt, machten die be-

sondere Bedeutung der oberen Urmundlippe als Organisator deutlich. Ohne einen Teil dieser Lippe kann aus einem Embryofragment kein ganzes Tier entstehen. Die berühmten Transplantationsexperimente seiner Doktorandin Hilde Mangold mit diesem Organisator fanden in Spemann einen theoretisch geschulten Interpreten. Allerdings war Spemann kein Freund der Gradiententheorie. Spätere Untersuchungen sollten im Amphibienkeim (nun *Xenopus*) aber doch höchst bedeutende Gradienten wie die aufeinander senkrecht stehenden WNT- und BMP-Gradienten und viele weitere Gradienten offenlegen (Zusammenstellung in Mueller *et al.* 2015).

#### *Klaus Sander und die Wiederbelebung der Gradiententheorie*

Verlagerung organisierenden cytoplasmatischen Materials und Trennversuche analog zu Spemanns Schnürungsversuchen, nun am Insekten-Ei, waren Klaus Sanders Einstieg in die experimentelle Embryologie. Er findet in seinen Bemühungen um eine kohärente Interpretation zurück zur Gradiententheorie.

Die Gradiententheorie, von Boveri begründet und von anderen wie dem Amerikaner Charles M. Child (1869–1954) sowie den Schweden John A.M. Runnström (1888-1971) und Sven Hörstadius (1898–1996) weiterentwickelt, war in Verruf geraten; ihr wurde vitalistisches, letztlich metaphysisches oder gar esoterisches Glaubensgut unterstellt. Diese Unterstellung muss bis in die heutige Zeit auch der verwandte Begriff des morphogenetischen Feldes, in dem sich morphogenetische Gradienten in zwei bis drei Raum-

dimensionen ausbreiten, erdulden. Warum? Zum einen wegen eines Fehlverständnisses des Begriffes Gradient. „Gradient“ sagt primär nichts anderes, als dass eine zählbare oder messbare Eigenschaft entlang einer Strecke kontinuierlich ab- oder zunimmt. Kein Physiker käme auf die Idee, den Gradienten des hydraulischen Drucks oder der elektrischen Spannung entlang einer Leitung mit Widerstand metaphysische Bedeutung zu unterstellen. In der Biologie allerdings gibt es Gradienten auf verschiedenen Ebenen. Es gibt rein deskriptive Gradienten, beispielsweise in der Dichte der Borsten in einem Borstenfeld einer Insektencuticula. Auch Funktionszustände wie Intensität des oxidativen Stoffwechsels können gradiert variieren, und hier sind Vorstellungen zur Steuerung der Entwicklung vorgetragen worden (z.B. von C.M. Child). Für den Entwicklungsbiologen von besonderem Interesse sind morphogenetische Gradienten; dies sind Gradienten, welche nicht nur Ergebnis einer Differenzierung sind, sondern der Steuerung der Entwicklung und Regeneration dienen. Ein Beispiel ist die von oral nach aboral abnehmende Potenz des Hydragewebes, Köpfe zu regenerieren und im Transplantationsexperiment Köpfe zu induzieren. Solche morphogenetischen Gradienten wurden interpretiert als durch Konzentrationsgradienten hypothetischer Wirksubstanzen begründet, Substanzen die man heute als Morphogene bezeichnet. Unterschiedliche Differenzierung wird auf unterschiedliche örtliche Konzentrationen oder Konzentrationsverhältnisse von Morphogenen zurückgeführt. Musterbeispiel waren und

sind die von den Eipolen ausgehenden vegetativen und animalen Gradienten im Seeigelkeim (Hypothese von J. Runnström und S. Hörstadius). Es fehlten jedoch über Jahrzehnte Beweise für die Richtigkeit dieser Hypothese; man sah diese Substanzen nicht, es gab keine Indizien über ihre chemische Natur und man konnte nicht mit ihnen selbst experimentieren und damit die Hypothese überprüfen.

Trotz dieser misslichen Situation und dem Widerstand seines Tübinger Doktorvaters Gerhard Krause griff Klaus Sander die Hypothese wieder auf. Er hatte mit der Kleinzikade *Euscelis plebejus* zu experimentieren begonnen und Ergebnisse erzielt, die der herrschenden Auffassung widersprachen. Er verlagerte Material aus der als wichtig erkannten Hinterpolregion der Eizelle an andere Stellen innerhalb derselben Zelle. Ein Symbiontenball, den diese Zikade am Hinterpol ihrer Eier deponiert, diente als Marker. Werden frühe Keimanlagen durch Querschnitte zertrennt, können vordere Fragmente nur vordere, aber keine hinteren Segmente bilden; sie können es aber doch, wenn zuvor Hinterpolmaterial nach vorne verschoben wurde. Sander kam zu dem Schluss, dass das serial aus den einzelnen Körpersegmenten zusammengesetzte Grundmuster des Körpers durch Wechselwirkung zweier Zentren entsteht, die in der Eizelle an den beiden Polen liegen. Von diesen beiden Polen sollten wie im Seeigelkeim Gradienten morphogenetisch aktiver Substanzen ausgehen (Sander 1959, 1960). Durch Längshalbiierung des Keims während der Furchung mittels einer Art Guillotine erhielt Sander

spiegelbildlich zueinander angeordnete, bilateralsymmetrische Embryonen, wie dies auch vom morphogenetischen Feld auf der Keimscheibe des Hühnerkeims bekannt ist. Bei *Euscelis* müssen Reste beider Polzentren in den Fragmenten enthalten sein, wenn ganze Embryonen entstehen sollen (Sander 1971). Sander erkennt auch, dass das longitudinale AP- (anterior-posteriore) Muster und das dorsoventrale (DV- oder transversale) Muster mit seiner Bilateralsymmetrie auf verschiedenen musterbildenden Systemen beruhen (Sander 1971).

Der chemischen Natur der vermuteten anterioren Substanzen kamen Sanders Schüler Klaus Kalthoff und Herbert Jäckle (Kalthoff & Sander 1968; Jaeckle & Kalthoff 1979) bei einem anderen Objekt, dem Ei der Zuckmücke *Smittia parthenogenetica*, auf die Spur. UV-Bestrahlung und RNase-Behandlung wiesen auf RNA als entscheidende Komponenten.

Es war wissenschaftlichen Nachfolgern von Klaus Sander vorbehalten, namentlich Christiane Nüsslein-Volhard und Wolfgang Driever (Driever & Nüsslein-Volhard 1988), mit dem *bicoid*-Gradienten im *Drosophila* Ei und frühen Embryo erstmals einen Gradienten sichtbar zu machen und experimentell die Konzentrationsabhängigkeit der Effekte auf das Körpermuster zu zeigen. Maßgebend waren neue Techniken, *In-situ*-Hybridisierung zur Darstellung der *bicoid* mRNA, Immuncytochemie zur Darstellung des BICOID-Proteins, und genetische Tricks zur Erhöhung der Dosis. Essentielle Voraussetzungen waren die umfangreichen genetischen Screens gewesen, mit denen Christiane Nüsslein-Volhard und Eric Wi-

schaus (gemeinsamer Nobelpreis 1995) bei *Drosophila* zahlreiche entwicklungssteuernde Gene einschließlich *bicoid* identifiziert hatten. Diese genetischen Screens bewahrheiten auch die in Sander 1971 gemachte Aussage, dass entlang der AP und der DV-Achse verschiedene Systeme zur Wirkung kommen: Dem anterior gelagerten *bicoid*-System und posterior gelagerten *oskar/caudal/nanos* System der Kopf-Abdomen-Achse steht das *dorsal-decapentaplegic* System der Rücken-Bauch-Achse gegenüber. In beiden musterbildenden Systemen kommen die Genprodukte in Form von Gradienten zur Wirkung. Weitere Gradienten, die auch in Wirbeltieren wie *Xenopus*, Fisch und Maus dargestellt und experimentell beeinflusst werden konnten, sind die von sezernierten Morphogenen wie BMP, WNT, FGF und Sonic Hedgehog gebildeten Gradienten. Gradienten, sofern auf Diffusion beruhend, sind allerdings aus physikalischen Gründen auf embryonale Gebiete mit bis zu maximal 1 mm Dimension beschränkt. (Ein menschlicher Embryo am Tag 24 beim Abschluss der Neurulation hat eine Gesamtlänge von 3,5 mm; die Extremitätenpaddeln am Tag 24-28, wenn viel von Gradienten in diesen Anlagen die Rede ist, haben allenfalls 0,5 mm in allen drei Dimensionen.) Allerdings sind außer physikalischer Diffusion weitere Mechanismen bekannt geworden, die zu einer ungleichartigen Verteilung von Substanzen und Partikeln führen, wie aktiver Signaltransport innerhalb von Zellen (so werden die *bicoid* und *oskar* mRNA durch aktiven Transport an die Eipole des *Drosophila*-Eies verfrachtet) und Transport mittels Transcyto-

se oder Filopodien in Zellverbänden (Zusammenstellung in, Mueller *et al.* 2015). Reichweite und zeitliches Verhalten solcher Mechanismen gehorchen folglich nicht den Gesetzen der Diffusion, wie sie in theoretischen Modellen biologischer Musterbildung bevorzugt in die Berechnungen eingesetzt werden; denn hierfür stehen partielle Differentialgleichungen zur Verfügung. Auch fehlt es heute noch an Methoden, niedermolekulare Morphogene direkt sichtbar zu machen und ihre räumliche Verteilung kontrolliert zu manipulieren.

#### *Sander und die Vielzahl seiner Untersuchungsobjekte*

Klaus Sander verharnte nicht bei einem „Modellobjekt“. Er war klassisch ausgebildeter Zoologe und erfahrener Entomologe. In seiner Publikationsliste finden sich als eigene Untersuchungsobjekte neben Zikaden auch die Honigbiene *Apis mellifera* und Dipteren wie *Chironomus*, *Smittia*, *Sciara*, *Calliphora* und *Drosophila*; es finden sich Coleopteren wie *Tribolium castaneum*, es finden sich Mollusken und schließlich auch Wirbeltiere, speziell der Zebraärbbling *Danio* (damals *Brachydanio*) rerio. Der Entwicklungsbiologe und Genetiker kennt neben der seit Jahrzehnten untersuchten Fliege *Drosophila* nun auch den Käfer *Tribolium* und den Fisch *Danio* als viel untersuchte Modellorganismen (*Danio* freilich durch die Pionierarbeiten anderer Forschergruppen).

Seinen akademischen Kollegen, die sich mit Lehre befassen, gibt Sander Hinweise zur Anzucht und Untersuchung von Hühnerembryonen (1980) und zur hor-

monalen Auslösung der Kaulquappen-Metamorphose (1974). In Vorlesungen und Vorträgen spricht er auch über Embryonalentwicklung und Entwicklungsanomalien beim Menschen.

#### *K. Sander und der Durchbruch zur modernen Entwicklungsgenetik*

Rückblickend können wir das Forschungswerk von Klaus Sander in zwei Phasen einteilen: in eine erste Phase der experimentellen Embryologie in der Tradition eines Theodor Boveri und Hans Spemann und eine zweite Phase, in der die stürmische Fortentwicklung der genetischen Techniken gezielt zur Klärung von Entwicklungsprozessen eingesetzt werden. Man nutzt und erweitert das Inventar von *Drosophila*-Mutanten und gewinnt arbeitsfreudige Mitstreiter für das Ziel, die Aufklärung der Merkmalsbildung mit Methoden der klassischen wie auch der aufkommenden molekularen Genetik voran zu treiben.

Sander und seine Mitarbeiter beteiligten sich an der Suche nach entwicklungssteuernden Genen. Ein Beispiel: Die Doktorandin Margit Lohs-Schardin entdeckt eine *Drosophila*-Mutante *dicephalic* mit Köpfen an beiden Körperenden. In der Mutter solcher Embryonen werden die Oocyten an beiden Polen von Nährzellen mit Material versorgt. Ruth Lehmann weist nach, dass von den Nährzellen auch ein Signal ausgeht, das die Polarität der Segmentierung beeinflusst. Einige Publikationen sind mit Nüsslein-Volhard publiziert, die nach ihrer Promotion am MPI für Virusforschung in Tübingen zeitweise (1977) mit einem Stipendium der DFG als Postdoc bei Sander weilte. Aus

dem großen Kompendium der später (1978-1980) von Nüsslein-Volhard und Eric Wieschaus am EMBL in Heidelberg bei *Drosophila* entdeckten entwicklungssteuernden Genen werden mehrere, wie *bicoid* und *engrailed*, genutzt, um vergleichende Studien an weiteren *Drosophila*-Arten, an anderen Dipteren und an *Tribolium* zu beginnen, ein Unterfangen, dem weltweit unzählige ähnliche Untersuchungen folgen sollten.

### *Biographie von Klaus Sander und Bemerkungen zu seiner Persönlichkeit*

Klaus Sander kam am 17. Januar 1929 in Darmstadt zur Welt. Sein Vater war nach Episoden als Kunstkritiker und Dramaturg Verwaltungsdirektor des Hessischen Landestheaters, wurde aber 1933 aus politischen Gründen entlassen; er soll sich geweigert haben, die Hakenkreuzfahne auszuhängen. Die langjährige Arbeitslosigkeit ihres Vaters zwang der Familie ein karges Leben in einem Odenwaldorfchen auf, doch immerhin in einer eigenen Kate. Man verdingte sich zeitweilig als Tagelöhner und Holzfäller. Trotzdem konnte K Sander das humanistische Gymnasium in Darmstadt besuchen und 1948 das Abitur erwerben. Gern hätte er Urgeschichte und Archäologie studiert, entschied sich aber doch aus Liebe zur Natur für das Studium der Biologie in Darmstadt und Gießen. In den Ferien beteiligt er sich an der Wattenmeerkartierung und verdingte sich im Küstenschutz, findet Interesse an marinen Schnecken, deren Ökologie und Fortpflanzungsbiologie zum Thema seiner Diplomarbeit bei WE Ankel in Gießen werden.

Prägend für sein weiteres Leben war ein Aufenthalt in Indien. Klaus Sander hatte sich erfolgreich um ein ausgeschriebenes Stipendium beworben. In Indien wird er für 2,5 Jahre Doktorand an der Aligarh Muslim University in Nordindien. Sander schreibt in einer gedruckt vorliegenden Rede vor der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (1992) „Zum bereichernden Kontakt mit mehreren anderen Kulturen – die Universität war islamisch, die Umgebung hinduistisch, die aufgeschlossensten Kommilitonen waren Sikhs oder südindische St. Thomas-Christen – kam der alltägliche Umgang mit der englischen Sprache und Lebensart.“ Begünstigt wohl durch ein großes Sprachtalent, konnte Sander nach seinem Indienaufenthalt beiläufig das Dolmetscherdiplom erwerben.

Zum Erwerb des PhD untersuchte Sander in Indien unter der Ägide des von ihm sehr geschätzten M.B. Mirza die Embryonalentwicklung einer Kleinzikade (*Pyrilla*), eines Zuckerrohrschädlings.

Klaus Sander wollte auch den deutschen Dokortitel erwerben; ein Stipendium der Studienstiftung des deutschen Volkes ermöglichte ihm dies. Unter seinem Doktorvater Gerhard Krause, damals in Tübingen, fand er mit der Zikade *Euscelis plebejus* den Organismus, dessen Eier und Embryonen einen für Insekten besonders guten experimentellen Zugriff erlaubten. Die schönen Ergebnisse brachten ihm nicht nur 1959 in Tübingen den Dokortitel ein, sondern ermöglichten auch 1963 die Habilitation in Würzburg, wo Gerhard Krause inzwischen einen Lehrstuhl übernommen hatte. Vor Abschluss der Dissertation hatte Sander

das Staatsexamen in Biologie, Chemie und Geologie abgelegt.

Mit dem Ruf auf ein Extraordinariat (später Ordinariat) nach Freiburg 1964 findet Sander seine Lebensposition. Einen Ruf nach Marburg lehnt er ab.

#### *Ehrenamtliche Tätigkeiten und Mitgliedschaften:*

Klaus Sander übernimmt viele ehrenamtliche Tätigkeiten, ist mehrfach Dekan, ist Wahlmitglied des Senates und Verwaltungsrates der Universität Freiburg, wird Gutachter für die DFG, ist Mitglied der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, wird Vorsitzender der Gesellschaft für Entwicklungsbiologie, Editor-in-Chief von *Roux's Archiv of Developmental Biology*, Mitherausgeber von *Biologie in unserer Zeit* und weiterer Zeitschriften.

Klaus Sander wird weiterhin Mitglied im Kuratorium des MPI für Virusforschung/Entwicklungsbiologie in Tübingen (1982), der deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina (1989) und der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (1990).

#### *Wissenschaftliche Preise*

Theodor-Boveri-Preis der Physico-Medica Würzburg 1989;

Wissenschaftspreis der Gesellschaft für Entwicklungsbiologie 1991

Kowalevsky Medal St Petersburg 2001 (J Exp Zool 302B(1), 2004)

#### *Persönliches*

Klaus Sander war verheiratet und hatte drei Kinder, zwei Söhne und eine Tochter, alle drei wie er und seine Gattin Dr.

Gunhild Sander, geb. Viebahn, von stattlicher Statur.

Sander hatte Freude an dem, was man manchmal überheblich als Feld-Wald- und Wiesen-Biologie abqualifiziert, erfreute sich an der Fauna und Flora seiner Hessischen Heimat und der Nordseeküste und scheute sich nicht, sich auch um die Wanderungen der Erdkröten am Waldsee nahe Freiburg zu kümmern.

Seine Schüler und Mitarbeiter schätzten seine aufgeschlossene, aufrichtige und pflichtbewusste Art.

Krankheit schwächte in den letzten Lebensjahren zunehmend sein Geh- und Erinnerungsvermögen. Klaus Sander starb am 21. Februar 2015. Er ist im Hauptfriedhof von Freiburg begraben, wo sich auch die Gräber von August Weismann und Hans Spemann befinden.

Danksagung: Dieser Beitrag wurde angeregt durch Prof. Dr. Albrecht Fischer (Mainz, Köln), vormals Präsident der DZG, der mir Unterlagen zur Vita von Klaus Sander zur Verfügung stellte und den Part eines Lektors übernahm. Ergänzende Hinweise erhielt ich von Prof. Siegfried Roth (Köln) und Dr. Urs Schmidt-Ott (Chicago). Das Portraitbild Klaus Sanders stellte Prof. Ulrich Nauber (Göttingen) zur Verfügung. Ihnen allen gilt mein besonderer Dank.

Prof. Dr. W.A. Müller  
Silcherstraße 3  
69257 Wiesenbach

#### *Schriftenverzeichnis – Auswahl*

*Beachte: Wilhelm Roux' Arch. Entw-Mech Org. und Roux's Arch Dev. Biol. sind*

heute in Datenbanken zu finden unter  
Development, Genes and Evolution

### Zur Biographie

Counce Sheila J (1996) Biography and contributions of Professor Klaus Sander, 1966 recipient of the distinguished international award in insect morphology and embryology. *Int J Insect Morphol & Embryol* 25: 3-17. Hier ausführliches Schriftverzeichnis bis 1996

Sander K (1992) Antrittsrede. Jahrbuch der Heidelberger Akademie der Wissenschaften für 1991: 61-65

### Zur Wissenschaftsgeschichte

Sander K (1996) On the causation of animal morphogenesis: Concepts of German-speaking authors from Theodor Schwann (1839) to Richard Goldschmidt (1927). *Int J Dev Biol* 40(1): 7-20

Klaus Sander (1997) Landmarks in developmental biology 1883 - 1924. Historical essays from Roux's Archives. Springer

Sander K, Faessler PE (2001) Introducing the Spemann-Mangold organizer: Experiments and insights that generated a key concept in developmental biology. *Int J Dev Biol* 45(1): 1-11

Sander K (2002) Ernst Haeckel's ontogenetic recapitulation: Irritation and incentive from 1866 to our time. *Annals Anatomy* 184(6): 523-533

### Reviews

Sander K, Nübler-Jung K (1981) Polarity and gradients in insect development, In: Schweiger HG (ed.) *Internat Cell Biol* 1980-81; pp 497-506. Springer

Sander K (1984) Embryonic pattern formation in insects: Basic concepts and

their experimental foundation. In: Malacinski (ed.) *Pattern formation. A Primer in Developmental Biology*, pp 245-68, McMillan, London

Sander K (1994) The evolution of insect patterning mechanisms: a survey of progress and problems in comparative molecular embryology. *Development* 1994: 187-91

Sander K, Schmidt-Ott U (2004) Evo-devo aspects of classical and molecular data in a historical perspective. *J Exp Zool* 302B(1): 69-91

*Schlüssel-Originalarbeiten (bis 1996 Siehe auch oben Counce S):*

Sander K (1959,1960) Analyse des ooplasmatischen Reaktionssystems von *Euscelis plebejus* Fall (Cicadina) durch Isolieren und Kombinieren von Keimteilen. I. Mitteilung: Die Differenzierungsleistungen vorderer und hinterer Eiteile. *Wilhelm Roux' Arch EntwMech Org* 151: 430-97

Sander K (1960) Analyse des ooplasmatischen Reaktionssystems von *Euscelis plebejus* Fall (Cicadina) durch Isolieren und Kombinieren von Keimteilen. II. Mitteilung: Die Differenzierungsleistungen nach Verlagern von Hinterpolmaterial. *Wilhelm Roux' Arch EntwMech Org* 151: 660-707

Kalthoff K, Sander K (1968) Der Entwicklungsgang der Missbildung „Doppelabdomen“ im partiell UV-bestrahlten Ei von *Smittia parthenogenetica* (Dipt. Chironomidae). *Wilhelm Roux' Arch EntwMech Org* 161: 129-146

Sander K (1971) Pattern formation in longitudinal halves of leaf hopper eggs (Homoptera) and some remarks on the



definition of „Embryonic Regulation“.

Wilhelm Roux' *Arch EntwMech Org* 167: 336-352

Lohs-Schardin M, Sander K (1976) A dicephalic monster embryo of *Drosophila melanogaster*. *Roux's Arch Dev Biol* 179: 159-162

Lohs-Schardin M, Sander K, Cremer C, Cremer T, Zorn C (1979) Localized ultraviolet laser microbeam irradiation of early *Drosophila* embryos: Fate maps based on location and frequency of adult effects. *Dev Biol* 68: 535-545

Nüsslein-Volhard C, Lohs-Schardin M, Sander K, Cremer C, Cremer T (1980) A dorso-ventral shift of embryonic primordia in a new maternal-effect mutant of *Drosophila*. *Nature* 283: 474-476

Sander K, Lohs-Schardin M, Baumann M (1980) Embryogenesis in a *Drosophila* mutant expressing half the normal segment number. *Nature* 287: 841-843

Fleig R, Walldorf U, Gehring W, Sander K (1992) Development of the deformed protein pattern in the embryo of the honeybee *Apis mellifera* L. *Roux's Arch Dev Biol* 201: 235-242

Sommer R *et al.* (1992) Evolutionary conservation pattern of zinc-finger domains of *Drosophila* segmentation genes. *Proc Natl Acad Sci USA* 89: 10782-86

Schröder R, Sander K (1993). A comparison of transplantable *bicoid* activity and partial *bicoid* homeobox sequences in several *Drosophila* and blowfly species (Calliphoridae). *Roux's Arch Dev Biol* 203: 34-43

Schmidt-Ott U, Sander K, Technau GM (1994) Expression of *engrailed* in embryos of a beetle and five dipteran species

with special reference to the terminal regions. *Roux's Arch Dev Biol* 203: 298-303

Binner P, Sander K (1997) Pair-rule patterning in the honeybee *Apis mellifera*: Expression of even-skipped combines traits known from beetles and fruitfly. *Dev Genes & Evolution* 206(7): 447-454

Handel K, Gruenfelder CG, Roth S, Sander K (2000) *Tribolium* embryogenesis: A SEM study of cell shapes and movements from blastoderm to serosal closure. *Dev Genes & Evolution* 210(4): 167-179

#### *Zitierte Originalarbeiten ohne Sander*

Jaeckle H, Kalthoff K (1979) RNA and protein synthesis in developing embryos of *Smittia spec* (Chironomidae, Diptera). Wilhelm Roux' *Arch EntwMech Org* 187: 283 305

Driever W, Nüsslein-Volhard C (1988) The bicoid protein determines position in the *Drosophila* embryo in a concentration-dependent manner. *Cell* 54: 95-104

#### *Anleitungen für Praktikumsversuche*

Sander K (1973) Das Experiment: Einfache Beobachtungen an lebenden Hühnerembryonen. *Biol in uns Zeit* 3: 14-19

Sander K (1974) Das Experiment: Beeinflussung der Kaulquappenentwicklung durch Hormone. *Biol in uns Zeit* 4: 18-28

Sander K (1980) Einfache Beobachtungen an lebenden Hühnerembryonen. In Falk H, Sitte P (Hrsg.) *Experimente aus der Biologie*. Verlag Chemie, Weinheim

#### *Zusammenfassende Werke zur Entwicklungsbiologie*

Haupt W, Sander K (1992) Entwicklung, in: Czihak G , Langer H, Ziegler H

(Hrsg.) Biologie, ein Lehrbuch, 5. Aufl., Springer

Müller WA, Hassel M (2012) Entwicklungsbiologie und Reproduktionsbiologie des Menschen und bedeutender Modellorganismen, 5. Aufl., Springer Spektrum

Mueller WA, Hassel M, Greal M (2015) Development and Reproduction in Humans and Animal Model Species, Springer

**Danksagung:** Dieser Beitrag wurde angeregt durch Prof. Dr. Albrecht Fischer (Mainz, Köln), vormals Präsident der

DZG, der mir Unterlagen zur Vita von Klaus Sander zur Verfügung stellte und den Part eines Lektors übernahm. Ergänzende Hinweise erhielt ich von Prof. Siegfried Roth (Köln) und Dr. Urs Schmidt-Ott (Chicago). Das Portraitbild Klaus Sanders stellte Prof. Ulrich Nauber (Göttingen) zur Verfügung. Ihnen allen gilt mein besonderer Dank.

Prof. Dr. W.A. Müller  
Silcherstraße 3  
69257 Wiesenbach  
muellerwm@t-online.de

# Ein Vorkämpfer für die Ökologie

## Zum Tod von Erwin Kulzer (23.2.1928-13.03.2014)

Ewald Müller und Heinz Weigold



Erwin Kulzer an seinem 75. Geburtstag  
Foto: Ingrid Kaipf

Am Donnerstag, 13. März 2014, verstarb kurz nach seinem 86. Geburtstag völlig unerwartet Prof. Dr. Erwin Kulzer, der frühere Leiter der Abteilung Physiologische Ökologie der Tiere an der Universität Tübingen. Geboren in Kempten, erfuhr Kulzer seine weitere schulische Ausbildung auf dem Gymnasium in Günzburg. Nach dem Abitur im Jahre 1947 folgte in München das Studium der Fächer Biologie, Chemie und Geographie, das er 1952 mit dem Ersten Staatsexamen abschloss. Noch während des anschließenden Referendariats begannen die Arbeiten an der Doktorarbeit, die sich unter Anleitung des Nobelpreisträgers Karl Ritter von Frisch mit der Schreckreaktion bei den Kaulquappen von Erdkröten befasste.

Nach der Promotion folgte Kulzer Franz-Peter Möhres nach Tübingen an den damals ersten Lehrstuhl für Zoophysiology in Deutschland. Neben dem Aufbau neuer tierphysiologischer Kurse und Praktika gelang Kulzer die Entdeckung, dass Nilflughunde wie Fledermäuse Ultraschall-Laute erzeugen. Untersuchungen über die Orientierung der Nilflughunde waren dann auch Gegenstand der Habilitation, die 1960 erfolgte.

Auslandsreisen führten nach Ägypten, Ostafrika und Australien. Die dabei gewonnenen Eindrücke gaben den Anstoß, sich einem völlig neuen Forschungsgebiet zuzuwenden, der Autökologie, einem Teilgebiet der Ökologie, das sich mit den Anpassungen der Organismen an die Bedingungen in ihrem Lebensraum befasst. Es waren wohl die eigenen Erfahrungen in den heißen Wüstenregionen, die dazu führten, dass in der Folgezeit vor allem die Probleme des Wärme- und Wasserhaushaltes der Tiere in trockenen-heißen Gebieten im Mittelpunkt seiner Arbeiten standen.

Die Hinwendung zur Ökologie zeigte sich auch in den Lehrveranstaltungen: Seit dem Wintersemester 1965/66 vermittelte Kulzer in seiner Vorlesung „Ökologie der Tiere und des Menschen“ und später auch in einem ökologisch ausgerichteten Großpraktikum einer großen Zahl von Studenten die Grundlagen für ökologisches Denken und Handeln. Auf zahlreichen Exkursionen im In- und Ausland legte er großen Wert darauf, theoretisches Wissen vor Ort mit praktischen Bezügen zu verbinden. Bei den Studierenden besonders beliebt war die von

ihm in den 60er Jahren ins Leben gerufene Exkursion in die Zentralalpen, an der er auch im Ruhestand noch viele Jahre teilnahm.

Die Anerkennung seines ökologischen Forschens und Lehrens war die Gründung der Abteilung für Physiologische Ökologie der Tiere im Mai 1975, deren Leitung er bis zum Eintritt in den Ruhestand im Jahre 1993 innehatte. Es war zu dieser Zeit die erste derartige Institution in Deutschland. Mit der Gründung der Abteilung begann eine intensive Beschäftigung mit Fragen der Umweltproblematik. Im Mittelpunkt standen dabei die Auswirkungen von Pestiziden auf Organismen in Süßwasser-Ökosystemen, auf die der Einsatz solcher Giftstoffe nicht zielt.

Die wissenschaftliche Arbeit Kulzers fand ihren Niederschlag in über 130 Publikationen sowie in 24 Dissertationen und über 150 Diplom- und Staatsexamensarbeiten, die unter seiner Anleitung angefertigt wurden. Als Hochschullehrer hat Kulzer Generationen von Studenten geprägt. In didaktisch ausgefeilten Vorlesungen und Praktika vermittelte er solides Grundwissen. Auf zahlreichen Exkursionen öffnete er den Teilnehmern die Augen für einen verantwortungsvollen Umgang mit unserer Umwelt. Zu seinen Studenten hatte Kulzer eine ganz besondere Beziehung: Für die Staatsexamenskandidaten war er ein sorgfältiger Betreuer und ein verlässlicher Prüfer und mit den Mitarbeitern in der Abteilung pflegte er ein enges persönliches Verhältnis. So fanden bis zu seinem Tod jährliche Treffen mit ehemali-

gen Mitarbeitern statt und er zeigte ein bleibendes Interesse am beruflichen Werdegang und am persönlichen Schicksal seiner Schüler.

Über seine Lehr- und Forschungstätigkeit hinaus übernahm Kulzer auch Funktionen in der Selbstverwaltung der Universität Tübingen. In den Jahren 1983-84 war er Dekan und Prodekan der damaligen Fakultät für Biologie. Viele Jahre lang beteiligte er sich an der Gestaltung der Lehrpläne im Kultusministerium und gehörte von Beginn an zum Wissenschaftlichen Beirat des Regierungspräsidiums Tübingen. Die Entwicklung der Deutschen Gesellschaft für Säugetierkunde bestimmte er als Geschäftsführer und Präsident über zehn Jahre mit.

Das besondere Interesse Kulzers und seine Liebe galten bis zuletzt den Fledermäusen. Er war maßgeblich an der Gründung der Arbeitsgemeinschaft Fledermausschutz Baden-Württemberg im Jahre 1980 beteiligt und koordinierte bis 2002 als Vorsitzender deren Aktivitäten. In zahlreichen Artikeln, Rundfunk- und Fernsehinterviews warb er um Verständnis für die nächtlichen Insektenjäger und wurde weithin als „Fledermaus-Professor“ bekannt. Für seine Verdienste um den Fledermausschutz wurde Kulzer 2008 mit der Staufermedaille des Landes Baden-Württemberg ausgezeichnet.

Mit Prof. Dr. Erwin Kulzer haben wir einen im besten Sinne feinen Menschen verloren. Für viele war er ein Quell, aus dem sie Wissen schöpfen, aber auch Menschlichkeit erfahren konnten.

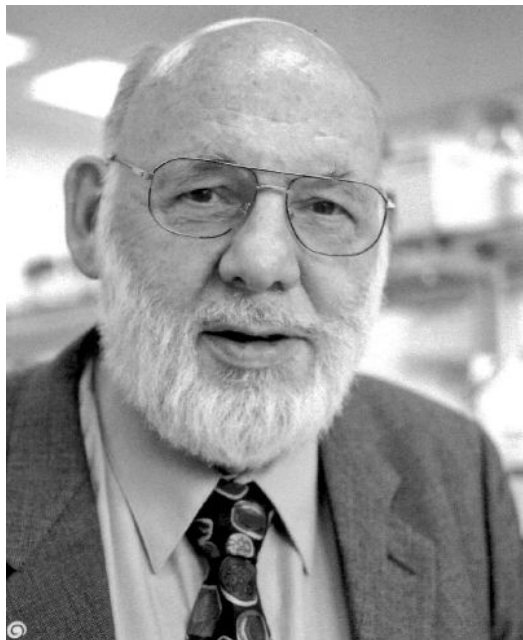
Prof. Dr. Ewald Müller  
Staufenstraße 3  
72074 Tübingen  
ewald.mueller@uni-tuebingen.de

Dr. Heinz Weigold  
Haldenstraße 14  
72127 Kusterdingen/Immenhausen  
drheinzeigold@t-online.de

# Nachruf auf Walter J. Gehring

## 29. März 1939 - 29. Mai 2014

Markus Affolter



privates Bildarchiv

Walter Jakob Gehring, der bedeutende Zoologe und Molekulargenetiker, starb in Basel am 29. Mai 2014 an den Folgen von Verletzungen, die er bei einem Verkehrsunfall auf Lesbos am 11. Mai 2014 erlitten hatte. Walter J. Gehring genoss einen herausragenden Ruf als Wissenschaftler in der ganzen Welt. Die Forschung, die in seinem Labor am Biozentrum in Basel über die letzten 40 Jahre gemacht wurde, war schlicht und einfach bahnbrechend und sein Werk von einer Fülle, wie es selten erreicht wird.

Walter Gehring hat seine Doktorarbeit von 1963 bis 1965 bei Ernst Hadorn ge-

macht, einem eminenten Genetiker, der an der Universität Zürich lehrte. Sein Forschungsthema war die Transdetermination, sein Forschungsobjekt die Fruchtfliege und die Methoden waren in der klassischen Genetik verankert. Die Fragestellung im Hadorn Labor war folgende: Im Verlaufe der Entwicklung eines Tieres wird Gruppen von Zellen ein bestimmtes Programm zugeordnet, welches im Normalfall zur Ausbildung bestimmter adulter Strukturen führt, wie z.B. einem Flügel oder einem Bein. Diese Differenzierungsphase kann im Labor künstlich verlängert werden, wodurch sich die Zellen viel öfter teilen müssen. Kann diese Verlängerung dazu führen, dass Zellen ihr angestammtes Entwicklungspotential ändern? Oder anders formuliert, erinnern sich die Zellen daran, was sie tun müssen?

Die Resultate von Walter Gehring und anderen Kollegen im Labor von Hadorn zeigten, dass Zellen ein sehr gutes Gedächtnis haben, aber doch ab und zu ihre Funktion ändern und ein anderes Gewebe bilden, das heißt sich transdeterminieren, und dies nach einem ganz bestimmten Muster. Diese Experimente in Hadorns Labor waren für Walter Gehring von enormer Wichtigkeit und haben seine nachfolgenden Arbeiten in hohem Masse geprägt.

Mit einer mehr als soliden Ausbildung in Genetik ist Walter Gehring 1968 nach Amerika an die Yale Universität gezogen,

wo er im Labor von Alan Garen die neuen molekularen Methoden erlernen wollte, die die Analyse von Genen ermöglichen sollten. Walter hat immer und immer wieder betont, wie wichtig neue und innovative Methoden sind, da sie neue Horizonte eröffnen. Es waren „early days“ in der molekularen Biologie, aber Walter Gehring war überzeugt, dass dies der richtige oder einzige Weg war, die Genetik in eine neue Ära zu führen.

Als Walter Gehring 1972 zurück in die Schweiz ans Biozentrum nach Basel kam, wollte er zuerst eine sogenannte Genbank von der Fruchtfliege erstellen. Er hat spaßeshalber immer wieder betont, dass er gewusst hätte, dass es doch eigentlich in der Schweiz gelingen müsste, so eine Genbank zu erstellen, mit all der Bankenexpertise, die hierzulande vorhanden ist! Nun, es ist tatsächlich gelungen, im Labor von Walter Gehring die erste *Drosophila* Genbank in Europa zu erstellen. Nun musste man aber unter diesen vielen klonierten Genen noch diejenigen finden, die für die Biologie von Bedeutung sein könnten.

Walter Gehrings großes Ziel war es, auf die Suche nach denjenigen Genen zu gehen, die die Entwicklung der Fliege steuern. Schon bei Hadorn hatte er eine genetische Mutation studiert, die an Stelle einer Antenne ein Bein am Kopf trug. Er hatte diese Mutation *Nasobemia* getauft, nach dem von Thomas Morgenstern beschriebenen Nasobem, einem Tier, das auf der Nase herumläuft. Wie sich später herausstellte, war *Nasobemia* eine dominante Mutation des *Antennapedia*-Gens, das im weiteren Verlauf der Karriere von Walter Gehring eine wichtige Rolle spielte.

Gene zu klonieren, die die Entwicklung steuern, war das große Ziel von Walter Gehring Anfang der 80-er Jahre. Ed Lewis, ein amerikanischer Forscher, hatte mehrere solche Gene beschrieben, die sogenannten „Homeotischen Gene“, die den Bauplan der Fliege steuern und dafür verantwortlich sind, dass jedes Segment der Fliege die richtigen Strukturen ausbildet. Aber diese Gene zu klonieren war noch nicht möglich. Deshalb begann Walter Gehring mit der Gruppe von Alfred Tissiere in Genf zusammen zu arbeiten. Alfred Tissiere hat die Regulation der Hitzeschockgene in *Drosophila* analysiert, und seine Arbeiten erlaubten es ihm, mit einem einfachen Hitzeschock von *Drosophila*-Zellen Sonden für die Hitzeschock-Gene zu isolieren. Walter Gehrings Labor hatte also eine Genbank, und Alfred Tisseries Labor hatte eine Sonde für bestimmte Gene, eben die Hitzeschock-Gene. In einer erfolgreichen Zusammenarbeit konnten sie dann die Hitzeschock-Gene isolieren und beschreiben. Das war in den Jahren vor 1980 und hat zum frühen Erfolg des Gehring-Labors und des Biozentrums beigetragen und hat Walter Gehring die ersten hochdotierten wissenschaftlichen Preise beschert.

Mit diesen neuen, revolutionären Methoden zur Hand konnte sich das Gehring-Labor nun seinen eigentlichen Plänen zuwenden, nämlich Gene zu klonieren, die die Entwicklung steuern. Es fehlte aber immer noch dieses eine Stück des Puzzles, nämlich eine Sonde für ein solches Gen. Walter Gehring hat sich wiederum mit einem anderen Labor zusammengesetzt, diesmal mit demjenigen von seinem langjährigen Freund David

Hogness an der Universität Stanford. David Hogness' Labor hatte eine Methode entwickelt, das sogenannte „Chromosomal Walking“, die es erlaubt, von einem bestimmten Punkt des Genoms zu einem anderen zu wandern, falls es genetische Informationen in Form von genomischen Bruchpunkten gibt (und die gab es für die homeotischen Gene). Mithilfe dieser neuen Methode konnte Walters Labor nach jahrelanger Arbeit schließlich das *Antennapedia*-Gen klonieren, das Walter ja schon in seiner Dissertation beschäftigt hatte.

Die molekulare Analyse des *Antennapedia*-Gens hat die Welt der Entwicklungsbiologie schlagartig verändert!! Es zeigte sich nämlich, dass ein kleines Stück des *Antennapedia*-Gens, die sogenannte H-box, auch in allen anderen homeotischen Gene vorhanden ist. Damit war es auf einen Schlag möglich, alle homeotischen Gene zu isolieren und zu charakterisieren! Auch andere Gene mit einer H-box konnten so gezielt aus der Genbank gefischt werden; hatte es noch 2.5 Jahre gebraucht, um das *Antennapedia*-Gen zu klonieren, wurden im Labor in den darauf folgenden drei Monaten 11 neue Gene isoliert!

Aber noch etwas viel Bemerkenswerteres kam zum Vorschein: diese H-box, die die homeotischen Gene von *Drosophila* charakterisiert, war auch in Genen der Maus, des Frosches und des Menschen vorhanden! Etwas völlig Neues wurde entdeckt, nämlich dass entwicklungsbiologisch wichtige Gene in verschiedenen Tieren konserviert sind! Tiere, die so unterschiedlich aussehen wie Fliegen, Fische oder Menschen, sind in

ihrem genetischen Aufbau sehr ähnlich, sie entstehen sozusagen aus den gleichen Legobausteinen. Walter Gehring wollte so zu einer wichtigen Sequenz nicht einfach H-box sagen, er wollte diese Homologie unbedingt Homeobox nennen. Alle 8 homeotischen Gene in der Fliege haben eine Homeobox, alle 39 homeotischen Gene des Menschen haben eine Homeobox. Die Homeobox wurde später zum Rosettastein der Entwicklungsbiologie erkoren, sie war der Einstieg in die molekulare Entwicklungsbiologie.

Ed Lewis, der 1995 den Nobelpreis in Medizin für die Beschreibung der homeotischen Gene in der Fliege bekam, hat dies in einer kleinen Notiz, die er einer Sendung von Fliegen ans Gehring-Labor beigefügt hatte, so formuliert: "Dear Walter, you made the homeobox our flying carpet!"

Walter Gehring hat immer gerne Voraussagen gemacht, und mit diesen neuen Erkenntnissen wollte er nun einen Schritt weiter gehen. Er wollte den Bauplan der Fliege gezielt verändern. Er wollte zeigen, wie diese Gene funktionieren und dass sie Organe oder Segmentstrukturen relativ autonom bilden können. Mit anderen Worten: wenn ein Gen die Bildung eines Beines steuert, so wie dies für *Antp* vorausgesagt wurde, sollte man doch eigentlich Beine bilden können an Stellen, wo sonst andere Strukturen wachsen, zum Beispiel Antennen.

Eine Serie von Experimenten wurde deshalb geplant, in denen das *Antennapedia*-Gen, das normalerweise im Bein exprimiert wird, in der Antennenregion exprimiert werden konnte. Und tatsäch-

lich, wie von Walter Gehring vorausgesagt, entstanden Fliegen, die Beine anstelle von Antennen hatten! Die wissenschaftliche Publikation, die diese Resultate beschrieb, wurde mit dem Titel „Redesigning the body plan of *Drosophila* by ectopic expression of the homeotic Gene *antennapedia*“ publiziert. Der wissenschaftlichen Zeitschrift gefiel der Titel nicht, da er etwas „Göttliches“ an sich hatte. Aber Walter insistierte und kam am Schluss durch. Auf dieses „Redesigning of the body plan“ kommen wir später nochmal zurück.

Walter Gehring hat sich sofort ein weiteres, grosses Ziel gesteckt: die dreidimensionale Struktur der Homeodomäne zu bestimmen. Also war es wieder einmal an der Zeit, eine neue Kollaboration zu starten. Walter Gehring hatte einen Vortrag von Kurt Wüthrich von der ETH Zürich gehört, der davon sprach, dass man die Struktur von kleinen Proteinen mittels NMR lösen könnte. Das war allerdings vorerst mehr Theorie als Praxis. Die Struktur eines Proteins von der Größe der Homeodomäne war zu jener Zeit noch nie mittels NMR Spektroskopie gelöst worden. Walter Gehring hat trotzdem zum Telefon gegriffen und Kurt Wüthrich in seinem Büro in Zürich angerufen und ihn gefragt, ob er mit seinem Labor zusammen dieses Projekt in Angriff nehmen würde. Kurt Wüthrich stimmte zu. Obwohl es eigentlich im Moment gar nicht möglich war, dieses Projekt erfolgreich durchzuführen, waren die Resultate nach ungefähr zwei Jahren harter Arbeit da; die 3-dimensionale Struktur der Homeodomäne, die nicht nur die Funktion der einzelnen Aminosäuren erkennen

ließ, sondern auch aufzeigte, wieso verschiedene Aminosäuren in der Evolution konserviert waren. Ein weiteres großes Ziel war erreicht, mehrere hochzitierte Arbeiten wurden publiziert, die Forschung aus dem Gehring-Labor machte einmal mehr Schlagzeilen. Kurt Wüthrich hat im Jahr 2002 den Nobelpreis in Chemie gewonnen für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Strukturbestimmung mittels NMR.

Zu diesem Zeitpunkt hat das Labor von Walter Gehring bereits mehrere Male für großes Aufsehen gesorgt. Doch dann kam noch ein „Zufallstreffer“ dazu, etwas, das nicht einmal Walter Gehring selbst in seinen verrücktesten Voraussagen (und davon gab es viele) prognostiziert hätte! 1995 wurde in einem Kontrollexperiment im Labor ein Fliegengen identifiziert, das in seiner Struktur einem Gen verdächtig ähnlich war, welches bei der Maus die Bildung des Auges beeinflusst. Dieses Gen gehörte einer Klasse von Homeobox-Genen an, die Markus Noll am Biozentrum zuerst identifiziert hatte und die unter dem Namen *PAX* Gene bekannt waren. Das Augen-Gen der Maus wurde *PAX6* genannt, und auch das Gen in der Fliege erhielt diesen Namen.

Als Zoologe wusste Walter Gehring natürlich, dass Fliegen Facetten-Augen haben, Mäuse und Menschen aber Linsenaugen. Bereits Charles Darwin konnte sich nicht erklären, wie solch komplexe, aber von Grund auf verschiedene Organe sich in der Evolution durch natürliche Selektion bilden konnten. Er schrieb, dass die verschiedenen Augentypen wahrscheinlich mehrmals unabhängig voneinander entstanden sein könnten. Es





Walter Gehring am Mikroskop in früheren Jahren

privates Bildarchiv

hat nicht lange gedauert, bis klar war, dass dieses *PAX6* Gen der Fliege die Bildung des Fliegenauges steuert! *PAX6* war also beim Menschen und bei Fliegen an der Augenbildung beteiligt, ein völlig unerwartetes und spektakuläres wissenschaftliches Resultat!

Damit nicht genug, jetzt kam die Zeit von Walter Gehring als Visionär so richtig zur Geltung. Sein Labor hatte ja schon gezeigt, dass man den Bauplan der Fliege verändern konnte und Antennen zu Beinen transformieren konnte. Wieso also nicht auch zeigen, dass das *PAX6* Gen wirklich Augen induzieren konnte? Ich hatte zu dieser Zeit meine erste kleine Arbeitsgruppe auf dem 2. Stock im Biozentrum, und wir wussten, dass Walter Gehring viele verrückte Ideen hatte; wir haben oft an verrückten Projekten gear-

beitet, häufig auch erfolglos. Und jetzt sollten ein Student und ein Postdoc eine Fliege erzeugen, die Augen auf verschiedenen Strukturen ihres Körpers trägt? Ein einziges Gen, das in einem fremden Gewebe ein funktionelles Auge induzieren sollte? Es wurde viel diskutiert in und außerhalb des Labors über die Erfolgchancen dieses Experimentes. Walter Gehring aber, der wollte Resultate sehen!

Und tatsächlich, eines Tages schlüpfen die ersten Fliegen im Labor, die am ganzen Körper rote Augen hatten, an den Antennen, den Flügeln und den Beinen; es war beängstigend, diese Fliegen im Glasübchen zu beobachten! Walter Gehring aber war begeistert, und das Resultat schaffte es später sogar auf die Titelseite der *New York Times*! Einige Forscher haben dieses Experiment als eines der

wichtigsten in der Biologie eingestuft, die Publikation wurde von Science zur wichtigsten Publikation des Jahres 1995 gewählt!

Seither hat sich Walter Gehring fast ganz der Evolution des Auges und des Sehens gewidmet. Mit 70 Jahren, im Jahre 2009, wurde Walter Gehring pensioniert oder auch emeritiert, wie man bei Professoren so schön sagt. Einer des ersten Briefe, die Walter Gehring nach seiner Emeritierung erhielt, war mit einem Druckfehler behaftet. So wurde er als Professor *eremitus* bezeichnet, und nicht als Professor emeritus. Walter Gehring hat das lachend seiner Frau Elisabeth gezeigt, die ihm geantwortet hat, dass die falsche Bezeichnung viel besser auf seinen Zustand zutrefte; er sei wirklich ein Professor *eremitus*, da er immer in der ganzen Welt umherreise und nie zu Hause sei!! Solch kurze, lustige Geschichten konnte Walter Gehring immer wieder erzählen, gefolgt von einem ansteckenden, lauten Lachen!

Nun, Walter Gehring hat auch nach 2009 weiterhin Forschungsgelder vom Schweizerischen Nationalfond erhalten, er ist viel umhergereist und hat Vorträge gehalten. Vor allem hat er sich seiner Evolutionstheorie des Auges und der lichtempfindlichen Pigmente gewidmet, und auch seine Publikationsliste kontinuierlich ausgebaut. So sind seit seinem Tode schon zwei neue wissenschaftliche Arbeiten publiziert worden, und weitere werden folgen.

Der Schweizer Wissenschaft wird Walter fehlen, er war einer der ganz Großen! Seine Karriere war beispielhaft, die Entdeckungen seines Labors sind in allen

Biologiebüchern zu finden. Die Entdeckung der Homeobox, und die Erkenntnis, dass Gene, die die Entwicklung der Taufliege *Drosophila* steuern, auch im Menschen vorhanden sind und unsere Entwicklung steuern, war bahnbrechend und wird auch in Zukunft in der Reihe der bedeutendsten wissenschaftlichen Entdeckungen einen Spitzenplatz einnehmen. Die Induktion von Augen an verschiedenen Körperteilen der Fliege ist ein Paradebeispiel für die Funktion von Masterregulatoren in der Entwicklung von Lebewesen.

Walter Gehring wurde für seine Arbeiten mehrfach ausgezeichnet. So hat er schon 1982 den Otto-Nägeli-Preis gewonnen, noch vor der Entdeckung der Homeobox. Nach der Entdeckung der Homeobox hat es dann richtiggehend Preise geregnet, unter anderem den Prix Louis Jeantet de Médecine und den Gairdner Award 1987, den March of Dimes Preis 1997, den Kyoto-Preis in 2000 und den Balzan-Preis 2001. Im Jahre 2000 erhielt Walter Gehring die Karl-Ritter-von-Frisch-Medaille der Deutschen Zoologischen Gesellschaft.

Von all diesen Preisen hat sich Walter ganz besonders über den Kyoto-Preis gefreut, einen japanischen Preis, der jedes Jahr das Lebenswerk eines einzelnen Wissenschaftlers ehrt.

Ich kann mich noch genau an jenen Tag im Labor erinnern. Da im Biozentrum übers Wochenende Strom gespart wird, war es eher düster an diesem Samstag Nachmittag. Walter kam auf mich zu, seine Augen leuchteten im Halbdunkel, als er mir erzählte, dass er einen Telefonanruf aus Japan erhalten habe und dass

ihm mitgeteilt worden sei, dass er den Kyoto-Preis gewinnen würde. Walter und seine Frau Elisabeth sind dann für eine Woche nach Japan geflogen, wo sie unter anderem vom Japanischen Kaiser und seiner Frau empfangen wurden. Nach seiner Rückkehr hat Walter Gehring von seinen tollen Erlebnissen erzählt und hat gesagt, dass er von nun an seine Frau nur noch mit Königin Elisabeth ansprechen würde! Natürlich wurde diese Aussage von einem breiten Lachen begleitet, einem Lachen, das jetzt leider fehlt!

Walter war wie ein Vater für viele seiner Studentinnen und Studenten, und diese, seine zweite Familie, hat er über all die Jahre zusammen gehalten. Dies war letztmals gut sichtbar, als im März 2014 an einer 2-tägigen wissenschaftlichen Tagung sein 75. Geburtstag gefeiert wurde, zu dem über hundert ehemalige Mitarbeiter nach Basel kamen. Zwei Tage hat er mit seinen ehemaligen Mitarbeitern diskutiert und Seminare angehört. Er selbst hat einen überaus interessanten und spannenden Vortrag über die Mechanismen der Evolution und über seine neuen Theorien zur Evolution des Sehens gehalten. Den Abend in einem Zunftsaal eines lokalen Restaurants in Basel hat Walter als Alleinunterhalter gestaltet, hat nochmal zwei Reden gehalten und seinen Mitarbeitern und seiner Familie gedankt.

Walter hat in einem vor ein paar Jahren gemachten Interview gesagt: „Science must be fun“! Er hat seinen Studenten und anderen Mitarbeitern die Begeisterung für wissenschaftliche Forschung mitgegeben und die Freude an der Natur im Allgemeinen. Walter war auch absolut überzeugt, dass Fortschritt in die richtige

Richtung geht. Er hatte den Mut, seine Meinung zu äußern, wofür er auch des öfteren kritisiert wurde.

Sein Leben hat Walter in vollen Zügen genossen! Von erstem Kaffee am Morgen bis zum letzten Tropfen am Abend; er hat immer etwas gefunden, woran er sich erfreuen konnte. Walter liebte es zu tanzen, ob es nun Sirtaki in Griechenland oder Samba in Südamerika war, er genoss dies, wie alles andere, in vollen Zügen. Obwohl Walter Gehring ein begeisterter Vogelkenner war und auf jedem Kontinent auf Vogelexkursion ging, konnte ich ihn leider nie dabei begleiten und all die interessanten Geschichten, die darüber erzählt wurden, nie live miterleben.

Eine der wissenschaftlichen Tagungen, die Walter am meisten schätzte, war das Meeting der Fliegenforscher in Kolymbari auf Kreta. An allen 18 bisherigen Tagungen in den letzten 36 Jahren hat Walter teilgenommen. Ende Juni 2014, einige Wochen nach dem Ableben von Walter Gehring, fand in Kolymbari die 19. Drosophila-Konferenz statt. Viele seiner guten Freunde waren in Kreta und konnten nicht an einer Gedenkfeier, die die Universität Basel zu Ehren von Walter Gehring organisierte, teilnehmen. Sie haben deshalb die folgende Mitteilung an den Autor dieses Nachrufes geschickt, damit der Text während der Feier vorgelesen werden konnte:

“Walter was one of the founding fathers of the pre-eminent international Drosophila Conference, which is held in Crete for almost 40 years, and which is currently meeting at the Kolymbari site that he loved so much. His absence leaves a big hole in the meeting, but we will

long remember his drive, enthusiasm and encouragement. His legacy is being carried forward by his scientific descendants – many of his children, grandchildren and great grand children are major participants here. His extraordinary mentorship and scientific impact was recognised at a special presentation this week by a former student. He is and will continue to be deeply missed“.

Markus Affolter  
Biozentrum der Universität Basel  
Klingelbergstrasse 50/70  
CH-4056 Basel  
markus.affolter@unibas.ch

Walter war schlicht einzigartig, aussergewöhnlich, unnachahmbar und für ganz viele von seinen ehemaligen Mitarbeitern ein ausserordentlicher Freund!

*P.S.: Dieser Nachruf basiert auf einer Rede des Autors an der Gedenkfeier zu Ehren von Walter Gehring, die die Universität Basel am 27. Juni 2014 in der Peterskirche Basel organisierte.*

# Nachruf auf Helmut Sturm

## 15. Mai 1929 – 1. Januar 2015

Irene Würdinger

Professor Dr. Helmut Sturm starb am 1. Januar 2015 im 85. Lebensjahr. Sturm war ein hinreißender Hochschullehrer, der seine Studenten und seine Kollegen und Mitarbeiter begeisterte. Seine Artenkenntnis war allumfassend und so wurde jede Freilandarbeit und jede Exkursion zu einem besonders spannenden Erlebnis: etwa als 1988/89 die A7 im Streckenabschnitt Hildesheim-Hildesheimer Börde Richtung Süden ausgebaut wurde und dabei Fossilien enthaltende Schichten des Oberjura/Malm angeschnitten wurden. Dort barg Sturm mit seinen Studenten seltene Ammonitenarten (H. Sturm und C. Braukmann: Seltene und weniger bekannte Fossilien aus dem Malm bei Hildesheim. Arbeitskreis Paläontologie Hannover 27, 53-65 (1999)). Seine wissenschaftliche Liebe galt, von dem Auffinden von Fossilien abgesehen, den Urinsekten der Überfamilie Machiloidea und der andinen Hochregion des Páramo von Kolumbien bis Peru mit allen Facetten der Ökologie.

Helmut Sturm wurde am 15. Mai 1929 in Heidesheim am Rhein (Landkreis Main-Bingen) geboren. Reifeprüfung 1948 in Mainz, Studium der Fächer Biologie, Physik, Chemie mit dem Abschluß 1. Staatsexamen (sehr gut) in Mainz. Im Anschluß promovierte Sturm 1954 mit dem Thema "Beiträge zur Ethologie einiger mittel-deutscher Machiliden" zum Dr. rer. nat. (*summa cum laude*). Die Arbeit erschien



Helmut Sturm vor einer seiner Ausstellungstafeln  
Foto: Eberhard Schwarzer

1955 in der Zeitschrift für Tierpsychologie (12, 337-363). Von 1954 bis 1957 war Sturm Stipendiat der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Das Referendariat in Bingen und Bad Kreuznach schloß sich an, 1959 legte Sturm das 2. Staatsexamen ab und war anschließend Assessor des Lehramts in Idar-Oberstein. Mineralien gehörten seitdem zu seinen Sammlungsobjekten. Im Wintersemester 1960/61 bis Sommersemester 1963 lehrte Sturm als Dozent an der PH Oldenburg, dann folgte er einem Ruf als Dozent an die PH Koblenz bis 1967. Von 1967 bis 1969 lehrte Sturm in Vertretung einer Professur an

der National-Universität in Bogotá, Kolumbien. Die Ökologie der andinen Hochregion des Páramo blieb seine wissenschaftliche Stätte bis in die 90er Jahre. 1970 erfolgte der Ruf als Professor für das Fach Biologie an die PHN-Abteilung Hildesheim. Sturm blieb Hildesheim bis zu seiner Emeritierung 1994 treu. Er erlebte die Wandlung von der Abteilung Hildesheim der Pädagogischen Hochschule Niedersachsen (PHN) zur selbständigen Hochschule und die Entwicklung zur Universität. Die Stiftungs-Universität Hildesheim entstand erst 2003, nach Sturms Emeritierung.

Helmut Sturm baute das Fach Biologie sowohl personell wie sachlich aus. Sammlungen, Tier- und Pflanzenzuchten wurden angelegt. Die unmittelbare Anschauung des Tieres, der Pflanze, des Fossils und der jeweilige Lebensraum waren ihm wichtig. Hildesheim bildete Lehrer für Grundschulen, Hauptschule und, in zusätzlichen Lehrgängen, für Realschulen aus. Es bestand aus alter Zeit eine Vereinbarung mit dem bischöflichen Stuhl in Hildesheim, die Ausbildung zum Lehrer katholischer Religionszugehörigkeit zu gewährleisten. Sturm war katholisch. Er war verheiratet mit Helga, geb. Görlitz; zwei Söhne wurden geboren.

Neben den Grundkursen, Botanik, Zoologie, Humanbiologie, bot Sturm in der Anfangszeit eine breite Palette zugehöriger Übungen mit Mikroskopieren und der Anleitung zu experimenteller Arbeit an, assistiert von Klaus Schüttoff und einer technischen Assistentin, Frau Biemann. Nachdem 1974 Dr. Irene Würdinger nach Hildesheim kam (Schwerpunkte Verhalten, Ornithologie, Lebensformen im Meer

und im Süßwasser) und 1975 Dr. Renate Schulz (mit Schwerpunkt Botanik, angewandte Botanik und Einführung in die Ökologie), legte Professor Sturm seinen Schwerpunkt auf die Humanbiologie: von der Abstammung des Menschen über die Embryonalentwicklung und Individualentwicklung bis zur Sexualerziehung. Weitere Schwerpunkte waren die Insekten und ihre Entwicklungsformen, ihr Verhalten und die sozialen Strukturen, von solitär lebenden Arten bis zu Insektenstaaten. Ausgesuchte ökologische Schwerpunkte waren die tropischen Regionen Afrikas und die Páramo-Regionen Südamerikas, z. T. zusammen mit dem Fach Geographie. Mit dem ZFW gründete Sturm ein Kontaktstudium Ökologie für interessierte Lehrer. Bestimmungsübungen gehörten zum Grundkanon, ob Pflanzen oder Tiere, oft auch mit der Aufforderung an die Studenten, selber einen Bestimmungsschlüssel zu entwickeln, eine Aufforderung zur genauen Betrachtung. Hier war Klaus Schüttoff in seinem Element. Er hatte einen Bestimmungsschlüssel für Landschnecken entwickelt, der immer wieder als Vorbild diente.

Exkursionen gehörten ebenfalls zum Pflichtkanon der Studenten, mehrtägige "große" Exkursionen sowie einige eintägige Exkursionen. Die großen Exkursionen führten im Wechsel in südlich gelegene Gebiete, nach Korsika und vor allem in die Alpenregionen, vom Allgäu bis zu den Seen und Bergen Österreichs sowie nach Helgoland, zur Biologischen Station, dem marinen Umfeld sowie der Vogelwarte Helgoland und ihren Führungen. Viel Zeit für eigenes wissenschaftliches Arbeiten blieb in den ersten Jahren

der Tätigkeit in Hildesheim nicht. Dies zeigte sich auch darin, dass die Zahl seiner wissenschaftlichen Veröffentlichungen erst in den Jahren vor und nach seiner Emeritierung stark anstieg.

Helmut Sturm war bescheiden in seinen täglichen Wünschen und zurückhaltend in der Öffentlichkeit. Gremienarbeit war z. T. notwendig, aber nicht angenehm. Immer fürchtete er eine Schmalspur-Ausbildung der Grundschullehrer im Fach Biologie. Sturm begegnete seinen Studenten mit Aufgeschlossenheit und großer Geduld, alle Fragen wurden beantwortet, bei Sorgen und Nöten half er, wenn es irgend möglich war. Er war ein fairer Prüfer. Die Vorlesungen in Biologie-Didaktik enthielten erzieherische Ansätze.

Sturm war ein Sammler. So nahm es kein Wunder, daß als die altehrwürdige naturwissenschaftliche Sammlung des Roemer-Pelizaeus-Museums in Hildesheim an Schulen, andere Museen etc. abgegeben werden sollte, Prof. Sturm auf Wunsch der Stadt Hildesheim eingriff. Das Roemer-Museum war 1844 gegründet worden vom „Verein für Kunde der Natur und der Kunst im Fürstenthum Hildesheim und in der Stadt Goslar“. Hildesheim war bei einem Luftangriff am 22. März 1945 schwer zerstört worden, u.a. auch das Museum. Der Wiederaufbau und/oder die Renovierung der Gebäude gestalteten sich schwierig. Die Sammlungen waren z. T. ausgelagert worden, z. T. in stehengebliebenen Teilen der Gemäuer gelagert. Prof. Sturm erreichte in Verhandlungen mit der Stadt und dem Museum, daß die gesamte Wirbellosen-Sammlung des Museums in die Obhut

des Faches Biologie gegeben wurde und in den Kellerräumen des Faches untergebracht werden konnte. Sturm nahm sich des terrestrischen Teiles und der Süßwasserformen an, vor allem der Insekten; Würdinger übernahm die Betreuung der marinen Formen von Schwämmen und Korallen bis zu Stachelhäutern. Nach dem Reinigen, Konservieren und Bestimmen der Objekte konnten die Stücke der Sammlung zum ersten Mal nach dem Krieg wieder der Öffentlichkeit in den Räumen der Hochschule präsentiert werden. Erst 2003 wanderte die Sammlung, begleitet von Prof. Sturm, zurück in das Magazin des Roemer-Pelizaeus-Museums.

Eine große wissenschaftliche Liebe Sturms war die Überfamilie Machiloidea (Insecta), vor allem die Familien Machilidae und Meinertellidae. Er war ein weltweit hochgeachteter Spezialist auf seinem Gebiet. Seine Veröffentlichungen betreffen ethologische Aspekte, morphologische Beschreibungen, die Entwicklung, die Systematik und einige Nachbestimmungen, die Ökologie und Evolution der Machilidea. Neue Arten wurden aus Australien, Kolumbien, dem Krakatao-Archipel (Indonesien), Nepal, Nordamerika, Mexiko, der Dominikanischen Inselwelt (hier fossile Funde) und vom Sokotra-Archipel beschrieben. Auch außerhalb der Machiliden fand Sturm einige neue Arten, z.B. eine flugunfähige *Neuroptera*-Art und *Polylobus*-Arten im Páramo-Gebiet der Anden.

Seit seinem ersten Aufenthalt in Kolumbien 1967-69 war Sturms zweite große wissenschaftliche Heimat die Páramo-Region in den Anden, eine hochalpine Re-

gion an der Baumgrenze und darüber. Ihn interessierte von der Bodenbeschaffenheit über das Klima die Flora und Fauna des Gebietes, auch die Seen und Flüsse, und nicht zuletzt der menschliche Einfluß auf dieses Gebiet; 1985 erschien auf spanisch sein Buch „Ecología de los páramos andinos – una vision preliminar integrada“, zusammen mit Orlando Rangel. Das Werk bekam 1985 den Preis des Kolumbischen Concurso Nacional für Forschungen zum Schutz der Natur und Umwelt. 1998 erschien „The Ecology of the Páramo Region in Tropical High Mountains“ (Franz Becker Verlag Hildesheim; 286 Seiten, 32 Abb., 31 Tabellen, 46 Fotos). In diesem Werk wird zudem vergleichend auf die Páramo-Regionen Ostafrikas und Malaysias eingegangen.

Professor Sturm war ein herausragender Hochschullehrer und höchst aner-

kannter Wissenschaftler. Einige nach ihm benannte Formen, die "sturmi" (z. B. *Archeatelura sturmi*, eine durch Mendes 1997 erstmals beschriebene Zygentoma-Art aus dem Dominikanischen Bernstein) werden sein Andenken weiter tragen.

Eine Sammlung der Veröffentlichungen von Prof. Dr. H. Sturm befindet sich im Fach Biologie, Prof. Dr. H. Kierdorf, Stiftungsuniversität Hildesheim, Universitätsplatz 1, 31141 Hildesheim.

*Danksagung: Für Unterstützung und Materialien sei der Stiftungsuniversität Hildesheim und dem Fach Biologie gedankt, Herrn Prof. Dr. H. Kierdorf und Frau R. Zander, dem Archiv, Herrn Dr. F. Winterhager, ferner Herrn PD. J. Köhler, sowie Frau Dr. H. Stein und Herrn Dr. J. Wespermann (beide Roemer-Pelizaeus-Museum).*

Prof. Dr. Irene Würdinger  
Augustinum App. 952  
Neumühlen 37  
22763 Hamburg



# Nachruf auf Hubert (Jim) Markl

## 17. August 1938 – 8. Januar 2015

Bert Hölldobler



Foto: Wolfgang Filser/MPG

Hubert Markl ist am 17. August 1938 in der schönen bayerischen Stadt Regensburg auf die Welt gekommen. Seine Schulfreunde nannten ihn Jim, und dieser Name ist ihm sein Leben lang geblieben. Er selbst sagte einmal, er betrachte es als reiches Erbe, Kind einfacher Leute gewesen zu sein, die sich erst wenige Generationen von den bäuerlichen Wurzeln entfernt hatten. Seine Eltern hatten ein schweres Los zu tragen: Sein Vater lag, so lange sich Hubert erinnern konnte, mit Multipler Sklerose danieder. Seine Mutter pflegte den Vater, wobei Hubert und sei-

ne ältere Schwester sie nach Kräften unterstützten, denn die Mutter musste als Schreibkraft zugleich die Familie ernähren. Trotz dieser schwierigen Lage empfand Hubert Markl „überwältigende Geborgenheit im Schoß einer Großfamilie“. Anstelle des kranken Vaters trat als Rollenmodell ein Onkel – er war Germanist –, der ihm die Dichtung genauso nahe brachte, wie die Natur. Hubert Markl erinnert sich:

„Ihm verdanke ich mehr als jedem anderen, dass ich es lernte, in der Natur stundenlang still zu sitzen, zu warten, zu beobachten und auf jede Kleinigkeit zu achten. Er war nämlich ein begeisterter Angler, und ich durfte ihn dabei oft begleiten. Wer es nicht gelernt hat, in freier Natur bei wacher Aufmerksamkeit seinen Aktivitätsdrang zu zügeln, der wird es niemals zum Verhaltensforscher bringen..... Ich bin jedenfalls sicher, dass ich kaum zum Naturforscher geworden wäre, wenn mich dieser Onkel nicht beim Angeln gelehrt hätte, wieviel man erleben und erfahren kann, wie viel Erfolg man haben kann, wenn man die Geduld dazu aufbringt.“

Diese Gabe und Neugier aufs Kennenlernen all dessen, was man lernen kann, hat Hubert Markl mit an die Universität München gebracht. Dort konnte er dank eines Begabtenstipendiums, das er nach dem glänzend bestandenen Abitur am Regensburger Gymnasium vom Bayeri-

schen Staat erhielt, bei den damals weltweit führenden Verhaltensforschern und Sinnesphysiologen studieren, insbesondere Karl von Frisch, Hansjochem Autrum, Konrad Lorenz, Erich von Holst und vor allem Martin Lindauer.

Martin Lindauer wurde sein Doktorvater. Hubert Markl sagt über ihn folgendes: „Ich verdanke ihm das Vorbild, wie ein wirklicher Naturforscher lebt, denkt und arbeitet, und wie man in der Verhaltensforschung den mühseligen, steinigen Weg von der plausiblen Hypothese und anekdotischen Beobachtung zur kritischen Prüfung im Experiment und zur beweiskräftigen Aufklärung ursächlicher Zusammenhänge geht. Seinem weltweiten Ansehen als Verhaltensforscher verdanke ich die Begegnung mit zahlreichen, damals in der Verhaltensforschung führenden Wissenschaftlern des In- und Auslands, und damit den Aufbau wissenschaftlicher Beziehungen, die mich und meine Mitarbeiter stets begleitet und gefördert haben.“

Der angehende Doktorand Markl kam zu Martin Lindauer als dieser sehr daran interessiert war herauszufinden, wie sich Insekten im Schwerefeld orientieren. Das war deshalb von großem Interesse, weil sich die Honigbienen auf der vertikalen Wabenplatte im dunklen Stock nach der Schwerkraft orientieren, z.B. wenn die erfolgreichen Futtersammlerinnen den außerhalb des Stocks visuell wahrgenommenen Winkel, der durch den Sonnenstand die Position des Stocks und die Lage des Futterplatzes beschrieben wird, beim Rekrutierungs-Schwänzeltanz im Inneren des dunklen Stocks auf die Schwerkraft übersetzen und so Richtung und Ent-

fernung der neu entdeckten Futterquelle ihren Nestgenossinnen mitteilen. Allerdings wusste man über Schweresinnesorgane bei Insekten kaum etwas, bis Martin Lindauer zusammen mit seinem Schüler Oskar Nedel 1959 bei der Honigbiene Gruppen von Sinneshaaren (Borstenfelder) an Hals- und Hinterleibs- Gelenk entdeckten und herausfanden, dass diese Sinneshaare die Stellung des Kopfes und des Hinterleibs registrieren. So nimmt die Biene die Verlagerungen wahr, die die Körperteile unter dem Einfluss der Schwerkraft erfahren, wenn das Insekt die Stellung im Raum ändert.

Da lag es nun nahe, auch bei anderen Hautflüglern, z.B. Wespen und Ameisen, nach solchen Schweresinnesorganen zu suchen. Das war die Aufgabe, die Martin Lindauer dem jungen Hubert Markl stellte. Vor allem Ameisen der verschiedensten Arten zeigen hervorragende Fähigkeit, sich nach der Schwerkraft zu orientieren, aber über die verantwortlichen Sinnesorgane, die diese Schwereorientierung ermöglichen, gab es nur z.T. sehr kontroverse Spekulationen. Hubert Markl löste das ihm gestellte Problem bravourös. Zusätzlich zu den Entdeckungen zahlreicher Sinnesborstenfelder bei Ameisen hat er weitere Borstenfelder bei Honigbienen und Wespen gefunden und mit raffinierten Ausschlussversuchen konnte er die relative Bedeutung der einzelnen Borstenfelder für die Schwereorientierung ermitteln. Aus diesem, zunächst etwas trockenen Promotionsthema hat Hubert Markl eine brillante Dissertation geschaffen, die, obgleich in deutscher Sprache publiziert, internationale Beachtung fand.

Hubert Markl hat 1962 im Alter von 24 Jahren mit dem Prädikat *summa cum laude* promoviert und wurde wissenschaftlicher Assistent am Zoologischen Institut in München. Ein Jahr später hat Martin Lindauer einen Ruf als Ordinarius und Direktor des zoologischen Instituts der Johann Wolfgang von Goethe Universität in Frankfurt a. M. angenommen, und er hat Hubert Markl eingeladen, als wissenschaftlicher Assistent mit ihm nach Frankfurt umzuziehen.

Es folgten dann eine Reihe sehr schöner Arbeiten zur Orientierung von Ameisen und Bienen im Schwerefeld und zur multimodalen Informationsverarbeitung bei der Orientierung. Markl hat zeigen können, dass die Borstenfelder Teile eines Regelsystems sind. Die Stellung der einzelnen Körperteile wird in diesem Regelsystem primär durch die Propriozeption gemeldet, und die Schwerkraft dient der überlagerten Zielorientierung. Ebenso eindrucksvoll ist die detaillierte, umfangreiche Analyse des peripheren Nervensystems und der Muskulatur des Thorax bei Honigbiene (*Apis mellifera*), Ameise (*Formica polyctena*) und Wespe (*Vespa vulgaris*), die Markl 1965 fertigstellte. Für die damalige Zeit eine wirklich wegweisende funktionsmorphologische Untersuchung!

Ermutigt durch Martin Lindauer und dank eines Stipendiums der Volkswagen-Stiftung war es Hubert Markl möglich, von 1965 bis 1966 einen Forschungsaufenthalt an der Harvard Universität und der Rockefeller Universität zu verbringen, und mit dem großen Wegbereiter der experimentellen Verhaltensforschung, Donald R. Griffin, zusammenzuarbeiten. Durch sei-

ne Vermittlung konnte Hubert Markl viele Monate lang an der tropischen Forschungsstation der New York Zoological Society in Trinidad über die Schallkommunikation von Blattschneiderameisen arbeiten. Man kannte zwar schon lange das sogenannte Stridulationsorgan, das im vorderen Bereich des Hinterleibs der Arbeiterinnen vieler Ameisenarten zu finden ist, und man wusste, dass die Ameisen Stridulationsgeräusche produzieren können, indem sie eine harte Kante über eine fein gerippte Platte auf der Vorderseite des vierten Hinterleibstergits reiben. Aber es war nahezu nichts über die Funktion und biologische Bedeutung dieses Schallerzeugungsapparates bekannt.

Hubert Markl hat die physikalischen Eigenschaften der Stridulationslaute genau beschrieben und er konnte nachweisen, dass die Ameisen den durch die Luft getragenen Schall nicht wahrnehmen können, sie können also nicht hören. Dennoch werden die Ameisenarbeiterinnen vom Stridulationsgeräusch ihrer Nestgenossinnen angelockt, und zwar sind es die durch die Stridulation erzeugten Vibrationen des Untergrunds, die die Arbeiterinnen mittels hoch empfindlicher Vibrationsrezeptoren in ihren Beinen wahrnehmen. Ameisen, die z. B. nach einem Nesteinsturz unter der Erde begraben sind, stridulieren und rufen damit Nestgenossinnen, die sich in der Nähe aufhalten, zu Hilfe. Tatsächlich konnte Markl zeigen, dass diese „herbeigerufenen“ Ameisen ihre verschütteten Nestgenossinnen ausgraben.

Mit elektrophysiologischen Ableitungen der summierten Antwortpotentiale

von Beinnerven der Blattschneiderameisen konnte er die Rezeptionsschwellen für Vibrationsreize genau ermitteln und nachweisen, dass die Rezeptoren der kleinen Arbeiterinnen mehrfach empfindlicher sind als die der großen „Soldatinnen“. Das war eine interessante Entdeckung, denn erst etwa 25 Jahre später haben vor allem Flavio Roces (von der Universität Würzburg) und seine Ko-Autoren gezeigt, dass das Stridulationssignal je nach Kontext unterschiedliche Bedeutung haben kann. Es kann z.B. auch zur Nahbereichsrekrutierung zu ergiebigen Ernsteplätzen eingesetzt werden, oder Blatt-Trägerinnen nutzen das Stridulationssignal, um die besonders kleinen Nestgenossinnen zu rekrutieren, die als „Hitchhiker“ auf den getragenen Blättern patrouillieren und somit die wehrlosen Trägerinnen vor Angriffen durch parasitische phoride Fliegen schützen. Ich weiß, dass sich Hubert Markl über diese neuen Befunde, die auf seinen Entdeckungen aufbauten, sehr gefreut hat. Mit diesen brillanten Untersuchungen zu den Stridulationssignalen bei Blattschneiderameisen, die in mehreren umfangreichen Arbeiten publiziert worden sind, hat sich Hubert Markl 1967 habilitiert.

Unmittelbar nach der Habilitation folgte eine, wie er selbst sagte, „unvergleichliche“ Expedition zum Amazonas, auf dem Forschungsschiff ALPHA HELIX der Scripps Oceanographic Institution, La Jolla, California, mit dem berühmten Neurobiologen Theodore (Ted) H. Bullock. Hubert Markl hat auf dieser Expedition das Verhalten der angeblich so blutrünstigen Piranha Fische erforscht. In einer gründlichen ethologischen Studie wurde das

Angriffsverhalten gegen Artgenossen und gegen Beuteobjekte bei vier Piranha-Arten untersucht. Des weiteren hat er ein bisher völlig unbekanntes, raffiniertes Schutzverhalten eines Welses gegen Angriffe von Piranhas entdeckt. Es würde hier den Rahmen sprengen, über Details dieser schönen Arbeiten zu berichten.

Nach seiner Rückkehr vom Amazonas erreichte Hubert Markl der Ruf auf den Lehrstuhl für Zoologie an der TH Darmstadt, nachdem er vorher Angebote auf tenure-track Professuren von der Cornell University und der University of California, Berkeley, abgelehnt hatte. Während der Zeitspanne von etwa 6 Jahren in Darmstadt wurden zahlreiche Arbeiten, vor allem in Zusammenarbeit mit seinen Schülern, über die Kommunikation durch Vibrationssignale bei Arthropoden und zur Empfindlichkeit von Vibrationsrezeptoren bei verschiedenen tierischen Organismen publiziert. Diese Arbeiten fielen vorwiegend in den Bereich der biophysikalisch ausgerichteten Sinnes- und Verhaltensphysiologie und zunehmend kam das Interesse an der Schallkommunikation bei Säugetieren und anderen sozio-biologischen Fragen dazu.

Ogleich die meisten wissenschaftlichen Arbeiten von Hubert Markl zum Bereich der Sinnes- und Verhaltensphysiologie gehören, seine wahre wissenschaftliche Liebe gehörte der experimentellen Soziobiologie und Evolutionsbiologie, und es waren vor allem die sozialen oder staatenbildenden Insekten, die ihn faszinierten. Wie er mir einmal gestand, war es seine Arbeit mit den Blattschneiderameisen, die ihn am meisten in Bann zog. Er hat ja damals als erster herausge-

funden, dass diese Insekten sich nicht nur mit Hilfe chemischer Signale verständigen, sondern dass auch andere Sinnesmodalitäten bei der Ameisenkommunikation eine Rolle spielen.

Als er dann 1974 aus einer Reihe anderer Möglichkeiten den Ruf auf einen Lehrstuhl an der Universität Konstanz annahm und auch das sehr verlockende Angebot ablehnte, als Nachfolger von Hansjochem Autrum an die Münchner Ludwig Maximilians Universität zu wechseln, hat er sich persönlich zunehmend soziobiologischen und evolutionsbiologischen Fragen gewidmet. Obgleich in den Konstanzer Jahren bald die Übernahme von stetig größeren außeruniversitären Aufgaben auf ihn zukam, hat er nie aufgehört, ein Vollblutbiologe zu sein. Davon will ich noch kurz berichten.

Hubert Markl und ich trafen uns erstmals auf einem Kongress im österreichischen Graz, ich glaube es war im Jahr 1964. Anfang 1966 lud mich Martin Lindauer ein, als wissenschaftlicher Assistent in seiner Gruppe in Frankfurt zu arbeiten. Hubert Markl und ich wurden enge Freunde, und unsere gemeinsamen wissenschaftlichen Interessen und Freundschaft haben nie an Kraft verloren, auch nachdem sich unsere Wege trennten.

Nachdem ich 1973 in die USA ausgewandert bin, um eine Professur an der Harvard Universität anzutreten, hat mich Hubert Markl mehrfach besucht, vor allem auch in Arizona, wo ich oft während



Hubert Markl belauscht mit einem Mikrophon die Ernteameisenköniginnen, die sich mit den Männchen auf einem Mesquite-Akazienbusch zur Paarung treffen. Arizona im Sommer 1975.  
Foto: Bert Hölldobler

der Sommermonate Freilandforschungen durchführte. An einigen Projekten haben wir zusammengearbeitet. So haben wir z.B. die riesigen Paarungsareale der Ernteameisen der Gattung *Pogonomyrmex* untersucht, vor allem das Zusammenwirken von chemischen und vibratorischen Signalen, die ein Zusammentreffen der männlichen und weiblichen Geschlechtstiere gewährleisten und den Paarungsablauf regeln. Dabei haben wir unter anderem entdeckt, dass sich bei diesen Arten die weiblichen Tiere mit mehreren Männchen paaren. Es kommt zu einem wirren Gerangel der Männchen um die Weibchen, oft sind die Weibchen von 5 bis 10 Männchen umringt, und wir fragten uns, wie wohl das Weibchen, nachdem ihre Samentasche im Hinterleib prall gefüllt ist, sich von den Männchen befreien kann, um vom Paarungsplatz wieder abzufliegen. Die Lösung des Problems war dann eine schöne Überraschung für uns. Wir

entdeckten, dass das Weibchen durch Stridulation signalisiert, dass sie für weitere Paarungen nicht zur Verfügung steht, und tatsächlich lassen die Männchen von diesem Weibchen ab und sie kann abfliegen. Wir nannten dieses Signal, es waren die mittleren 70er Jahre, „female liberation signal“.

In einer weiteren Arbeit konnten wir nachweisen, dass bei einer anderen Gattung der Ernteameisen, *Novomessor*, ein Stridulationssignal das chemische Rekrutierungssignal moduliert. Überhaupt war

Hubert Markl einer der ersten, der das Phänomen der multimodalen Kommunikation erkannt und gründlich analysiert hat. Sein umfangreiches Buchkapitel mit dem Titel „Manipulation, Modulation, Information, Cognition: Some of the Riddles of Communication“, das 1985 in einem Buch erschienen ist, das dem Andenken an Karl von Frisch gewidmet ist, stellt eine der besten Abhandlungen dar, die ich über Tierkommunikation gelesen habe. Auch heute, 30 Jahre später, in einer Zeit, in der das Rad so oft neu entdeckt wird, rate ich Studenten, dieses Kapitel zu lesen.

Bei einem seiner Besuche in Arizona, es war wohl Juli 1975, fassten Hubert Markl und ich den Entschluss, für das rasch wachsende neue wissenschaftliche Feld der Verhaltensökologie und Soziobiologie eine neue Zeitschrift zu gründen. Der Springer Verlag, Heidelberg, gab uns grünes Licht. John Cook, Hans Kummer,



Hubert Markl beim Ausgraben eines jungen Ernteameisen-nestes in Arizona im Jahr 1984. Thomas Eisner (Cornell University), ein guter Freund, forschte ebenfalls in Arizona.

Foto: Maria Eisner

Edward O. Wilson und ich fungierten als Ko-Editoren und Hubert Markl war von 1976 bis 1987 managing Editor. Es ist in erster Linie ihm zu verdanken, dass dieses Journal mit dem Namen Behavioral Ecology and Sociobiology (BES) heute zu den besten Zeitschriften in der Verhaltensbiologie zählt.

Auch nachdem Hubert Markl die großen wissenschaftsorganisatorischen Aufgaben übernommen hatte, zuerst als Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, anschließend als Gründungspräsident der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und schließlich als Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, blieb er der Vollblutbiologe. Er hat in dieser Zeit zwar kaum mehr eigene Forschung betreiben können, aber er hat hervorragende, vorwiegend allgemeinverständliche Übersichtsartikel zur Soziobiologie und Evolutionsbiologie publiziert und er hat in vielen Essays und brillanten

Feuilleton-Beiträgen und Vorträgen Probleme der modernen Biologie erörtert und die Bedeutung der biologischen Forschung für die menschliche Gesellschaft kritisch diskutiert und oft bravourös verteidigt. Ihn hat das Artensterben durch Umweltvernichtung ebenso bedrückt und beschäftigt wie die, wie er es nannte, „Menschensintflut“, das unbegrenzte Wachstum der Weltbevölkerung und die ökologischen und ökonomischen Folgen. Und doch ist Hubert Markl immer ein Optimist geblieben.

Obgleich ich es oft bedauert habe, dass dieser originelle und enorm begabte Wissenschaftler sich entschlossen hat, die experimentelle Verhaltensforschung aufzugeben, um sich ganz seinem anderen außergewöhnlichen Talent, der Wissenschaftsorganisation und Management zu widmen, muss ich eingestehen, wir alle haben von dieser Entscheidung enorm profitiert. Hubert Markl war einer der herausragenden und wirkungsvollsten Wissenschaftsorganisatoren in Deutschland; sein Impact in der Wissenschaftspolitik wurde in der ganzen Welt wahrgenommen und bewundert. In einem Statement der Max-Planck-Gesellschaft wird Markl mit folgenden Worten charakterisiert: „... a man who never took the easy way out, who made his feelings known with wit and eloquence“. Hubert Markl hat die Führung der Max-Planck-Gesellschaft sechs Jahre nach der Wiedervereinigung Deutschlands übernommen. Um in den neuen Bundesländern neue Institute zu etablieren, mussten in den alten Bundesländern die Mittel drastisch gekürzt oder Institute ganz geschlossen werden. In einem Bericht der

Max-Planck-Gesellschaft heißt es: “In a tremendous act of will, the new President reduced or closed departments and institutes, but he was able to set new courses in research with the appointment of 153 Directors“.

Nachdem Hubert Markl das Amt des Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft angetreten hatte, stellte er bald fest, dass es diese hochangesehene Wissenschaftsgesellschaft bisher versäumt hatte, die politische Vergangenheit ihrer Vorgängerin, der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG), aufzuarbeiten. Im Jahre 1999 setzte Markl eine unabhängige Kommission von Historikern ein, die die möglichen Beteiligungen der KWG bei medizinischen Experimenten in Nazi-Konzentrationslagern untersuchen sollte. Schon bald kam die erschütternde Wahrheit ans Licht, dass einzelne Wissenschaftler der KWG einen erheblichen Anteil daran hatten, jüdische Kollegen aus der Wissenschaftsgesellschaft auszustößen, und dass KWG-Mitarbeiter an den grauenhaften Menschenexperimenten direkt oder indirekt beteiligt waren. In einem öffentlichen Statement stellt Hubert Markl fest, die von der Kommission vorgelegten Ergebnisse beweisen „... beyond the shadow of a doubt that directors and employees at the Kaiser-Wilhelm-Society co-masterminded and sometimes even actively participated in the crimes of the Nazi regime“. Im Namen der Max-Planck-Gesellschaft bittet Hubert Markl alle Opfer um Entschuldigung und er entschuldigt sich vor allem auch dafür, dass es sowohl innerhalb als auch außerhalb der Max-Planck-Gesellschaft so lange am Willen gefehlt hat, diese

schreckliche, dunkle Vergangenheit aufzuarbeiten.

Hubert Markl hat viele Preise und Medaillen und sieben Ehrendoktorwürden erhalten. Er war gewähltes Mitglied mehrerer hervorragender Akademien, darunter zählen auch die Heidelberger Akademie der Wissenschaften, die Bayerische Akademie der Wissenschaften, die deutsche National-Akademie der Wissen-

schaften, Leopoldina, die Academia Europaea, die Indian Academy of Sciences, die Polnische Akademie der Wissenschaften, die American Academy of Arts and Sciences, und die Royal Society of Sciences, London.

Hubert Markl ist am 8. Januar 2015 in Konstanz gestorben.

Prof. Dr. Bert Hölldobler,  
Universität Würzburg und  
Arizona State University.  
Bert.Hoelldobler@asu.edu



# A life devoted to aquatic ecology: a tribute to Otto Kinne (30. August 1923 – 3. March 2015)

Victor Smetacek



Otto Kinne im Alter von 80 Jahren  
Foto: Inter-Research, Oldendorf

Professor Dr. Dr. h.c. Otto Kinne passed away at age 91 on 3 March 2015 in Oldendorf, Germany, after a prolonged period of deteriorating health. True to his spirit of hard work and independence, the driving forces throughout his long career, he did not go into well-deserved retirement but stayed until the end at the helm of Inter-Research: the highly successful, unique institution he founded in 1979. From the beginning of his career, Otto Kinne's life was focussed on the advancement of ecology; he built lasting institutions and organisations, strengthened bonds across disciplines and nations and awarded prizes to the

worthy, all the while striving for excellence in his field of responsibility. His five-volume treatise on marine ecology laid the foundation for rapid expansion of the field, which he later skilfully channelled into the state-of-the-art journals founded and nurtured by him. By raising the standard of quality control and speeding up the turnover time of submitted manuscripts, he motivated the international community to do better, and to do it faster. Like all great achievers, he perceived visions and pursued them with determination and boundless energy. He applied his formidable array of skills, not least a charming personality, to every goal he set himself; and there were many. His efforts were rewarded with the national and international recognition and gratitude they deserved, reflected in the innumerable awards and honours he received in the course of his long career (see online CV). Truly, a life well spent, and appreciated, in the service of the community. Such a life is worthy of emulation, hence digging into the past to trace its evolution is educative: How much was nature and how much was nurture and how did the two interact?

**The formative years.** Otto Kinne was born in Bremerhaven in 1923 into a family of modest means and was conscripted into the navy at age 18, during World War II. Not much is known about his wartime years: He related that after training he was appointed captain of a ship and learned

how to command it by secretly watching the helmsman. He confided to a close friend that his hearing problem was caused by damage sustained to the ear drums while escaping from a submarine. This must have been a traumatic experience but he never talked about it, not even as an excuse for being hard of hearing. Indeed, even his closest acquaintances over many decades were not aware of the cause of the handicap he suffered from. This alone speaks volumes for his indomitable spirit. The condition had a profound influence on the course of his life as it worsened steadily and led to almost total deafness in his last years.

Immediately after the war, Otto Kinne studied zoology, botany and oceanography at the University of Kiel, then the centre of marine sciences in Germany. At that time German universities were characterised by the rule of the 'Ordinarien': the full professors who presided like patriarchs over their realms, whether departments or institutes, and from which they expected allegiance to their respective school of thought. An outstanding example was Otto Kinne's 'Doktorvater' (PhD supervisor), the renowned German zoologist Adolf Remane, who founded several institutes and was an authority in fields as diverse as palaeontology, anthropology, evolutionary theory and marine zoology. It should be mentioned that Remane's reputation was tainted by his activities during the Nazi era but, to his credit, he was screened and released by his British captors. His success as a mentor is reflected in the number of his students who themselves became renowned directors of zoological institutes across the country.

Clearly, the Remane school had a profound influence on post-war German zoology. His other Doktorvater was Hermann Friedrich, best known for his textbook on Marine Biology published in 1960. It must have been a privilege to spend one's formative years in this fertile breeding ground of capable scientists and future patriarchs. Otto Kinne apparently thrived in it. One might say that he belonged to the German zoologist nobility both by the training he received and the influential network of which he was a part.

His exceptional abilities soon emerged during the preparation of his PhD thesis. One of Remane's fields of interest was the decrease in species diversity along the salinity gradient from marine to brackish waters exemplified by the western Baltic Sea, where Kiel is located. Otto Kinne carried out experimental studies on the ecology, biology and physiology of the amphipod *Gammarus duebenii* to pinpoint the mechanisms responsible. His laboratory experiments on a single species set him apart from the mainstream Remane school, which was based on comparative morphology and field observations. Early on he realised the vast scope for research offered by the experimental approach and he made full use of it. The breadth of the investigations he carried out, reflected in the papers he published on the results, is amazing. In addition to a 64-page monograph, he published 6 papers in 5 different journals on moulting frequency, sex ratios, dormancy, blood composition and breathing, production biology and temperature dependence of sex determination. Because of a rule at the time that published material could not be included

in the doctoral thesis, Otto Kinne published his first papers in 1953, the year after acquiring his PhD. Even more amazing is that, in addition to the 7 single-authored papers from his thesis, he published another 8 papers on different topics that same year, only 2 with a co-author. The journals ranged from the prominent *Naturwissenschaften* to the popular, outreach magazine *Mikrokosmos*. This was an outstanding performance by any standard but in the academic atmosphere prevailing in German universities at the time, the extent to which it went beyond the call of duty was astonishing. Clearly, Otto Kinne's lifelong striving for excellence was in place from the start of his career in science, as also its counterpart, the self-confidence that he alone could do it.

In those days it was normal practice for the supervisor to be included as an author of papers written by students or junior scientists; in some institutes the Doktorvater was sole author of the published thesis and the student who did the work was merely mentioned under acknowledgements. So the fact that Otto Kinne was sole author of almost all his papers is noteworthy and testimony to his independence, but also to the leeway he was given (or perhaps fought for) in the institution in which he worked. His performance was rewarded with a 5-year research assistantship during which he was expected to complete a more comprehensive thesis ('Habilitation') on a different topic to the PhD thesis. These years were spent working on many different topics, combining laboratory experiments with field observations and testified by the many papers he kept on publishing.

He received his Dr. habil. in 1958 for his work on the influence of salinity and temperature on the growth, form and reproduction of the hydroid polyp *Cordylophora caspia*. All the while, true to the Remane school, he was synthesizing his results and observations into unifying concepts. One of his first papers in English, published in 1957, was entitled 'A programmatic study of comparative biology of marine and brackish water animals'. Thus Otto Kinne's emerging concept of ecology was grounded in detailed knowledge of the biology, physiology and ecology of individual species from many different phyla and across strong habitat gradients. His papers aiming at syntheses were preparing the ground for his future career in marine ecology.

#### **The Biologische Anstalt Helgoland.**

In 1957 Otto Kinne was awarded a Guggenheim Fellowship to continue his research at the University of Los Angeles, where he spent 2 years. He was then appointed Assistant Professor at the University of Toronto and promoted to Associate Professor 2 years later; he was also in demand as an instructor of ecology at the Woods Hole Biological Laboratory. Clearly, he flourished in the North American environment and often mentioned that he had been strongly influenced and motivated by the years he spent there. In 1962, he was appointed Professor and Leading Director of the Biologische Anstalt Helgoland (BAH), a position he held for 22 years. The BAH comprised 3 stations: the Central Laboratory in Hamburg, the Marine Station on Helgoland Island and the Littoral Station on the island of Sylt. During the period of his directorship, marine

ecology burgeoned world-wide into a science in its own right, and Otto Kinne played a key role in shaping and expanding this research field to what it is now. A little background is necessary to appreciate the ramifications of the initiatives he started and the impact they had.

Most of the German North Sea coast is mud and sand flat, but Helgoland, located in the German Bight a few hours' steaming distance from the mainland, offers easy access to fully marine water coupled with a rocky shore. It is also a popular tourist destination. Not surprisingly, the island had played a key role in the development of German marine biology. It was here that Johannes Müller started the systematic study of plankton in the 1840s and introduced his students, amongst them Ernst Haeckel (who later coined the term ecology), to marine life. Following publication of the theory of evolution and the ensuing debate, biology became a public concern and research aimed at testing the evolutionary hypothesis was considered prestigious, hence worthy of funding. By the end of the 19th century a number of institutions dedicated to basic biological research had been established at coastal sites. Among them was the Royal Prussian BAH founded in 1892. The curiosity-driven basic research pursued at these stations uncovered the enormous diversity of marine life and convincingly traced the phylogenetic trees by which it is connected. Putting together the puzzles and watching the patterns emerge must have been exciting. With the weight of mounting evidence, the theory of evolution eventually became widely accepted in educated circles around the world, and

interest in details of the organisms and their phylogeny started waning. The field moved on.

The other justification to carry out marine biological research was to provide the scientific background for judicious harvesting of marine resources, primarily fisheries. When Otto Kinne took over the BAH it was part of the Federal Research Centre for Fisheries in Hamburg under the jurisdiction and funding of the Federal Ministry for Nutrition, Agriculture and Forests. At that time, fisheries biology was dominated by population dynamics of commercially important species, with marginal attention paid to the ecosystems in which they were embedded. So the BAH led a neglected existence without a clear research mandate. All that changed under Otto Kinne's energetic guidance.

During the first decade of his directorship, he developed the conceptual framework linking laboratory experiments with field observations to form an integrated, holistic ecology and implemented it as the basis for the organisation of research and the subsequent expansion of the BAH infrastructure and staff. The conceptual framework was discussed in the course of a series of symposia to which he invited the international community. The island proved an ideal site for conferences: the spectacular sights are seen soon, so attendees stay together, and at that time the whole island was duty-free so get-togethers were a lot of fun. Otto Kinne was a charming host and attendance was high. Besides, having played the violin in a band at bars visited by American troops during his student years, he

was unlike most other German professors of the time and he knew how to party.

Otto Kinne's conceptual evolution is reflected in the titles of the first 4 Helgoland symposia he organised and carried out on the island between 1964 and 1967. The first 3 are reminiscent of his PhD and Habilitation theses on 'Quantitative biology of metabolism' and 'Biology, ecology and physiology of marine organisms', but the 4th symposium, which happened to be the 'First European Symposium on Marine Biology (EMBS)' had the title 'Experimental ecology—its significance as a marine biological tool'. Ecology had not only come into its own as the framework in which to justify basic research, it was already diversifying into sub-disciplines, illustrated by the abbreviated titles of the next 6 symposia: pollution research (1968), cultivation of marine organisms (1970), man in the sea (1973), ecosystem research (1977), protection of marine life (1980) and, finally, diseases of marine organisms (1984).

These were pet topics of Otto Kinne, but it should be pointed out that it was the respective research field he was highlighting, and not a published opinion he held. Indeed, these symposia established his reputation in the international community as that of an impartial facilitator of open discussions to advance the field. The congenial atmosphere prevailing at these conferences strengthened bonds that brought together scientists from across the world, and the first EMBS was a resounding success. The combination of good science and enjoyment offered by the BAH under Otto Kinne set the standard for the popular, biennial EMBS event

held all over Europe in subsequent years. The Helgoland symposia brought not only the BAH into the international limelight, but also its house journal *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* (now *Helgoland Marine Research*), in which the first conference proceedings were published. Otto Kinne was the lead editor of all 6 proceedings volumes, and it appears that this is when he developed his interest and skill as an editor. In 1969 he launched the journal *Marine Biology* on its highly successful course and in 1970 published the first volume of the series: 'Marine Ecology. A Comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters'. He conceived, organized, edited and contributed (about 25%) to all 5 volumes, the last of which appeared in 1984. Needless to say, this treatise became a milestone in the expansion of the field.

By the late 1960s, the BAH had greatly increased in prominence in the biology landscape in Germany, not only in terms of the research it carried out, but also as a provider of organisms to universities for research and teaching purposes, and as a popular location for German professors to expose their students to marine biology.

At the institute, Otto Kinne strove for improvement and expansion of the experimental facilities at the 3 stations, including the launching of 3 research vessels. All this was possible because he proved to be an exceptionally gifted and resourceful convincer and fund-raiser, who used scientific and historical arguments to make his case for expansion of the BAH as an independent institution. He was a charismatic leader and with the full backing

of his staff he entered into negotiations with the Federal Ministry for Education and Research and the German Research Foundation (DFG), together with representatives of the governments of the provinces Schleswig-Holstein (to which Helgoland and Sylt belonged) and Hamburg (where the central laboratory of the BAH was located), to put together a scheme that ensured shared funding of the BAH as an independent research institution under the jurisdiction of the research ministry. In 1971 the BAH declared its independence. This had been quite a balancing act; the severing of BAH's umbilical cord is said to have shaken the agriculture ministry like an 'earthquake' (Hagmeier 1998).

In the following years the BAH grew steadily and new buildings were erected at all its locations, including the ambitious eco-laboratory on Helgoland, which was completed in 1976 and offered everything a guest researcher could desire, from large tanks with clean, running sea water to laboratories and equipment. The building erected in 1982 for the central laboratory in Hamburg was the crowning achievement. It would be too much to list the infrastructure that Otto Kinne created and the research departments in the BAH that he established; suffice it to say that the BAH grew fourfold in the 22 years of his directorship; but his hearing problem also worsened in this period. His right-hand man throughout most of his directorship, the head of BAH administration Uwe Kersten, recalled how, on their way back from meetings with officials of the funding agencies in Bonn, their compartment in the train would empty because of the loudness at which they conversed. The di-

rector was being briefed by his BAH companions about nuances that had escaped him during the exchanges, often to the former's mirth: 'So that's what he really said!' Conversations were strenuous for all, and after a short while Otto Kinne would invariably excuse himself and retreat into the manuscripts he always carried with him: his 'homework' as he jokingly called them. Clearly, he felt more at home reading and writing rather than conversing or attending conferences, so reviewing manuscripts was not really 'work' for him as it would be for others.

**The Inter-Research years.** Over the years his deteriorating hearing was increasingly becoming an impediment for the day-to-day running of the BAH and in any case he was spending more and more time on editing and publishing. When Wiley, the publisher of the treatise on marine ecology, turned down his proposal to publish a journal called *Marine Ecology Progress Series* (MEPS) as a continuation of the treatise, Otto Kinne decided to publish it himself. He created the Inter-Research Science Center (IR) as a launch pad in 1979, with its office in the BAH but his home in suburban Hamburg as the postal address. The journal proved as successful as the treatise and was followed by the 4-volume treatise on 'Diseases of Marine Animals', again conceived, organised, edited and contributed to by him; it appeared between 1980 and 1990, and the closely related journal *Diseases of Aquatic Organisms* (DAO) was launched in 1984. By this time MEPS was flourishing.

In 1984, Otto Kinne decided to take early retirement and devote himself entirely to doing what he liked best. He cited

his hearing problem as the reason for his stepping down at the peak of his power but the desire to build something new was, no doubt, more than just an added incentive. In today's climate the handicap could be used to one's advantage, but in those days it was considered a disability which he, for many years, preferred to overlook and not acknowledge as a weakness. In any case, being a man of strong convictions which had paved the way for his successes this far, he apparently did not feel that he missed much in conversation and was generally able to see the lighter side of things. He became used to shrugging his shoulders with a smile.

Since he could not adequately function at the top level in the academic field and no longer had the BAH as a base for his activities, Otto Kinne created his own institution, tailored to his needs and abilities, and funded by revenue generated entirely by the publishing business. He founded the International Ecology Institute (ECI) in 1984 which was, long before the digital era, essentially a virtual institute. He appointed himself Director and selected his 'staff' from the top names in ecology who were grouped in 3 subject areas: marine, terrestrial and limnetic ecology. A jury selected from their ranks awarded the Excellence in Ecology (EE) prize to an outstanding scientist from nominations made by the scientific community on a rotating basis from each field. Right at the start, the jury could not decide between an established scientist and a bright newcomer so Otto Kinne magnanimously created a second prize, the International Recognition of Professional Excellence (IRPE) Prize, reserved for young scientists

with an outstanding achievement, or labouring under particularly difficult conditions. The latter criterion was conceived to give a chance to gifted scientists working on the other side of the Iron Curtain or in developing countries. The condition for accepting the EE prize money was to write a book on a topic of the prize-winner's choice which was edited but not peer-reviewed, and published and distributed by IR at a nominal price and free in less-developed countries. Twenty books have been published so far, with 6 in preparation. It is hard to assess the impact of these books, as they tend not to be cited in the regular literature, but providing outstanding scientists the freedom of expression commensurate with their reputation, unfettered by peer review, has produced a lot of food for thought.

The seat of IR and ECI was a countryside estate combining office and home: a secluded 'island' on the outskirts of the small rural village of Oldendorf, far from the hustle and bustle of city life, where he could be master of all he surveyed. With able support from his wife Helga, he acquired a large, stylish house overlooking an expanse of low-lying land with fish ponds and with the little river Luhe meandering past. Under Kinne's exacting direction, the property was landscape-gardened on a park scale with walks and benches overlooking a small lake. With the land came a small population of endangered fire-bellied toads which breed in ephemeral ponds and whose call ('Unkenruf') is believed to portend bad tidings; but Otto Kinne had found a new hobby. True to his spirit, a culturing unit was built, a breeding programme was

started, experimental research was carried out and the results published on the IR website and in his journal *Endangered Species Research*. The estate was subsequently extended to a total of 8 hectares, large tracts of which were re-natured to provide habitat for the toads and also for newts.

IR was a success story from the start due to Kinne's business acumen and his ability to convince the ecology community that he was the best. He wanted Inter-Research to be something special: 'a self-sustaining international Science Center — small but with global impact', as described on its web page. IR started off by publishing first just MEPS and then MEPS and DAO, but these grew steadily by increasing numbers of issues per year, in the case of MEPS a linear increase from 1 to 25 between 1979 and 2007. After 1990 a new journal was founded every 3 to 5 years to reach a total of 9. IR grew correspondingly and reached around 25 in-house staff.

He was particularly cognisant of the difficulties faced by scientists in Eastern Europe and the Third World, in particular India. In 1992 he created the Otto Kinne Foundation (OKF) in order to provide financial support to promising young scientists in eastern European countries. For him, levelling the playing field in the realm of science in order to bring out the best in gifted individuals throughout the world went far beyond charitable individual deeds and was an ethical issue. Indeed he felt strongly about ethics in relation to science and believed that it should be developed on a scientific foundation grounded in ecology to guide policy ma-

kers: he called it eco-ethics, founded the 'Eco-Ethics International Union' (together with Gennady Polikarpov of Sevastopol), and provided a new journal, *Ethics in Science and Environmental Politics*, as a vehicle to take the concepts forward.

Otto Kinne was a benevolent patriarch who felt for his charges as his children: he smarted when the unity of the family was threatened and reacted strongly, sometimes overreacted, when his authority was questioned. He said he had 2 babies: the BAH and IR. After his departure, the BAH underwent a long period of uncertain future which he watched with mounting chagrin from Oldendorf. Several attempts were made to find a director; finally the BAH was incorporated as an entity into the Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research (AWI) in Bremerhaven. Since the central laboratory in Hamburg no longer made sense, the employees there were shifted to Bremerhaven. Much was done by the AWI to smoothen the transition, from financial remuneration to meeting the demands for infrastructure, and no one was made redundant. The funding situation of the island stations was significantly improved as a result of the transfer. Nevertheless, Otto Kinne was incensed and protested violently. For him, the integrity of his baby, the BAH, in which he had invested so much time and energy, had been violated and he was deeply hurt; it was impossible to console him for years. 'I know I am a stubborn old man, but I am hurting' he would lament. Luckily for him he found his peace when Karen Wiltshire, after her appointment as Director of the BAH, visited him in Oldendorf and the two became friends.



**The legacy.** A major problem with patriarchs of Otto Kinne's calibre is the large gap they leave behind at their passing; they are remembered because they are missed, so what they established becomes the tradition followed by their successors. Indeed, this year the 50th anniversary of the EMBS will be celebrated at its birthplace, the BAH, after having made the rounds of most European marine centres; it is a great pity that Otto Kinne missed this momentous event. But one can take consolation in the knowledge that he was fully aware that he would be celebrated as the all-time hero, not just of the BAH, on the occasion.

'I cannot live without work', his words to a newspaper interviewer, and 'Our aim is to be number 1', to his employees at IR, pretty much sum up his driving forces. The intensity of his convictions generated the energy to put them into practice. His big-heartedness was evident in the concern he felt for the under-privileged scientist and the endangered species and it was manifested in the funds and habitat he provided to promote their well being. Achieving was in the nature of this larger-than-life personality. In the words of John Austin, his co-worker at IR, in a speech at Otto Kinne's passing: '*Wow! Was für ein Mensch! Was für ein Leben! Was für ein*

*Vermächtnis!*'—'Wow! What a man! What a life! What a legacy!'

*Acknowledgements.* I am greatly indebted to: Uwe Kersten for sharing his thoughts and feelings about the great man and for cross-checking the text; Hans-Peter Bulnheim for allowing me to use the laudatio he wrote in 2010 at the occasion when Otto Kinne was awarded honorary membership of the German Zoological Society; John Austin for his patience and for answering the many questions I posed on how his boss accomplished what he did over the past 30 years at IR; my wife Karen, who always accompanied me with pleasure to the ECI prize-giving ceremonies hosted by Otto Kinne in Oldendorf, for her positive feedback during the writing of this obituary.

#### LITERATURE CITED

Hagmeier E (1998) Aus der Geschichte der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) ab 1945. Helgol Meeresunters 52(Suppl):1–108

*Der Beitrag ist die leicht gekürzte Fassung des Nachrufs auf Otto Kinne in Marine Ecology Progress Series 528:1-6 (2015)*

Dr. Victor Smetacek  
Alfred Wegener Institute  
Helmholtz Centre for Polar and Marine Research  
27570 Bremerhaven  
Victor.Smetacek@awi.de



# Nachruf auf Dieter Eichelberg

## 27. November 1934 – 12. März 2015

Adriaan Dorrestejin und Klaus-Jürgen Götting



privates Bildarchiv

Die Justus-Liebig-Universität Gießen und ihr Fachbereich Biologie und Chemie trauern um Professor Dr. Dieter Eichelberg. Nach den glücklichen Anfangsjahren seiner Kindheit brachte der Krieg Leid und Verunsicherung über seine Familie. Wenige Tage vor Kriegsende fiel sein Vater bei der Schlacht um Berlin. Die Mutter flüchtete mit den Kindern in den Westen. In der Tradition einer Lehrerfamilie sollte auch Dieter Eichelberg seine Ausbildung nach Kriegsende fortsetzen. Seine Affinität zur lebenden Natur brachte ihn dazu, ein lebenswissenschaftliches Studium anzustreben. Er studierte ab 1956 Biologie an der

Universität in Bonn und promovierte zum Dr. rer. nat. im Jahr 1964.

Dieter Eichelberg kam 1968 nach der Berufung von seinem Bonner Kollegen Armin Wessing auf den Lehrstuhl für Allgemeine und Spezielle Zoologie an der Justus-Liebig-Universität mit ihm nach Gießen. Auch nach langen Jahren der Tätigkeit in Gießen blieb er Bonn verbunden. Das drückte sich unter anderem in seinen häufigen Besuchen der Ausstellungen Bonner Museen aus, entsprach aber auch seinen kunstgeschichtlichen Interessen. Er war ab 1968 als wissenschaftlicher Assistent und ab 1970 als Akademischer Rat am Zoologischen Institut tätig, wo er sich 1972 habilitierte. Im Jahre 1973 erfolgte seine Ernennung zum Professor.

Professor Eichelberg war ein hervorragender Wissenschaftler und ein geschätzter akademischer Lehrer. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit in Gießen lag in der Lehre. Akribisch hat er seine Lehrveranstaltungen vorbereitet und stand den Studierenden im Anschluss an seine Vorlesungen für Abklärungen des Stoffes zur Verfügung, gab aber auch Wissenslücken zu und war dann bemüht, sie möglichst schnell zu schließen. So war er für die Studierenden eine verlässliche Quelle des Wissens. Besonders intensiv war sein Einsatz in den elektronenmikroskopischen Übungen, die er gemeinsam mit zwei Kollegen veranstaltete. Um das zu können, hat er einen Spezialkurs beim Hersteller des

Elektronenmikroskops in Eindhoven besucht. Seinen weit gestreuten Interessen entsprach es, den Studierenden die Teilnahme an Exkursionen mit unterschiedlichen Zielsetzungen zu ermöglichen. Besonderes Gewicht legte er dabei auf die über Jahrzehnte angebotene meeresbiologische Exkursion nach Sylt, die er zusammen mit dem früh verstorbenen Kollegen Dr. Wilfried Ehlert durchführte.

Nicht nur den Studierenden des Faches Biologie bot er Vorlesungen an, sondern auch denen anderer Fachbereiche, wobei die Veterinärmediziner hervorzuheben sind. Daraus ergaben sich entsprechende Prüfungsverpflichtungen mit hohem zeitlichem Aufwand. Sein Bemühen, den Studierenden optimale Studienbedingungen zu bieten, drückte sich unter anderem auch in seiner Bereitschaft aus, im Fachbereichsrat mitzuwirken. Über viele Jahre hinweg arbeitete er im Ausschuss für Lehr- und Studienangelegenheiten des Fachbereichs mit, lange Zeit als dessen Vorsitzender.

Die hohen Ansprüche, die er an seine Lehrtätigkeit stellte, waren auch Basis seiner wissenschaftlichen Arbeit. Mit der Arbeitsgruppe Wessing befasste er sich mit den larvalen Exkretionsorganen dipterer

Insekten (Taufliegen, Salzfliegen) und mit der Bedeutung von Harnsäure-Einlagerung bei Strandschnecken der Gattung *Littorina*. Damit trug er wesentlich zum weiteren Verständnis von Bau und Funktion der beteiligten Organtypen bei.

In der vorlesungsfreien Zeit unternahm Dieter Eichelberg zahlreiche Reisen, um fremde Länder sowie deren Bevölkerung und Kultur kennenzulernen. Mit Ausnahme der Polargebiete und Südamerikas hat er zahlreiche Ziele, manche auch mehrfach, besucht. Sein kritischer Blick ermöglichte ihm ein schnelles Urteil, an dem er dann auch beharrlich festhielt. Als engagierter Fotograf bannte er alles Interessante ins Bild. Die Ausbeute an Aufnahmen war so groß, dass er seine Dias nicht gerahmt hat. Das wollte er nach seiner Pensionierung nachholen!

Daraus ist nun nichts mehr geworden. Ihn, der regelmäßig auch nach seiner Pensionierung in seinen Arbeitsbereich kam, hat zunächst ein Schlaganfall beeinträchtigt, ein Verkehrsunfall hat ihn uns am 12. März 2015 endgültig entrissen.

*Wir werden Dieter Eichelberg stets ein ehrendes Andenken bewahren.*

Prof. Dr. Adriaan Dorresteijn  
Inst. f. Allg. u. Spez. Zoologie  
Stephanstr. 24, D-35390 Giessen  
Adriaan.Dorresteijn@allzool.bio.uni-giessen.de

Prof. Dr. Klaus-Jürgen Götting  
Institut für Spezielle Zoologie und Tierökologie  
Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen  
Klaus.J.Goetting@allzool.bio.uni-giessen.de

# Nachruf auf Werner Rautenberg

## 1. November 1927 – 26. März 2015

Reinhold Necker

Nach längerer Krankheit verstarb am 26.03.2015 im Alter von 87 Jahren Professor Dr. Werner Rautenberg an seinem Ruhesitz in Schleswig. Seine wissenschaftliche Laufbahn, bei der die Biologie und Physiologie der Vögel eine besondere Rolle spielte, begann an der altehrwürdigen Universität Greifswald und endete an der vor 50 Jahren gegründeten Ruhr-Universität Bochum, an deren Aufbau er mitgewirkt hat.

Herr Rautenberg ist am 01.11.1927 in Lennewitz (südliches Anhalt) geboren, lebte dann aber von 1929 – 1947 in Berlin, so dass er allgemein als Berliner durchging. Entsprechend konnte man sich auch, wenn er gut gelaunt war, an seinem Berliner Witz erfreuen. Schon als Gymnasiast begeisterte er sich unter dem Einfluss des damaligen Berliner Ornithologie-"Papstes" Oskar Heinroth für die Ornithologie.

Nach dem Abitur am humanistischen Gymnasium Berlin-Steglitz im Jahre 1947 folgte ein Studium der Biologie und Chemie an der Universität Greifswald. In seiner Diplomarbeit bei dem berühmten Zoologen und Ornithologen Hans Schildmacher beschäftigte er sich mit Hormon- und Stoffwechselphysiologie von Vögeln. Ab 1952 war er Assistent an der Vogelwarte Hiddensee der Universität Greifswald, wo er sich neben Vogelwarte-typischen Aktivitäten (Vogelzug, Beringungen) weiter mit Stoffwechsel und endo-



Werner Rautenberg 2005 auf seinem Ruhesitz in Schleswig  
privates Bildarchiv

krinem System der Vögel beschäftigte. 1955 promovierte er mit dem Thema "Stoffwechselphysiologischer Vergleich zwischen Stand- und Zugvogel hinsichtlich des Zustandekommens der Zugdisposition" an der Universität Greifswald. Nach seiner Promotion war er Mitarbeiter am Physiologischen Institut der Universität Greifswald, wo er neben seinen Arbeiten am Vogel Untersuchungen zum Leberstoffwechsel von Hunden durchführte.

Kurz vor dem Mauerbau im Jahre 1961 hat Werner Rautenberg die DDR verlassen. Seine Arbeiten an Hunden mögen der Aufhänger gewesen sein, in die Physiologische Abteilung des Kerckhoff-

Instituts der Max-Planck-Gesellschaft in Bad Nauheim zu wechseln. Unter der Direktion von Rudolf Thauer war ein Schwerpunkt der damaligen Forschung die Untersuchung der Thermoregulation von Säugern. Insbesondere ging es um die Thermosensitivität zentraler Strukturen wie Rückenmark und Gehirn bei Hunden. Diese Arbeiten führte er überwiegend mit Eckhart Simon durch, über den er in all den späteren Jahren eng mit Bad Nauheim verbunden blieb.

Nach seinem Wechsel zur neu gegründeten Ruhr-Universität Bochum im Jahre 1967 war er zunächst Mitarbeiter von Helmut Langer, dem Inhaber des Lehrstuhls für Tierphysiologie. Helmut Langer und Werner Rautenberg kannten sich aus der gemeinsamen Studienzeit in Greifswald. Heute nicht mehr vorstellbar, verkehrten damals Studenten noch per Sie und diese Umgangsform haben die beiden in der langen Zeit gemeinsamer Tätigkeit in Bochum auch beibehalten. 1970 wurde Werner Rautenberg zunächst zum außerplanmäßigen Professor und 1971 zum wissenschaftlichen Rat und Professor ernannt.

Zunächst war der Aufbau der Abteilung Biologie gefragt. An diesem Aufbau hat sich Werner Rautenberg intensiv beteiligt. Persönlich kennengelernt haben wir uns auf einer vorbereitenden Exkursion nach Helgoland, wo Werner Rautenberg, ganz Ornithologe, eine am Flügel verletzte Silbermöwe operiert hat, die wir dann mit nach Bochum genommen haben. Dort hat sie noch viele Jahre weitergelebt und musste gelegentlich zur Demonstration der den Meeresvögeln eigenen Salzdrüsen herhalten. Da in Bo-

chum noch kein regulärer Unterrichtsbetrieb möglich war, sind wir immer wieder zu Vorträgen nach Köln gefahren, wo sich der damalige Lehrstuhlinhaber des Zoologischen Instituts, Franz Huber, auf unseren Besuch freute.

Das neue Biologie-Gebäude wurde 1969 bezogen und nun konnte die Forschung endlich richtig losgehen. In der von Werner Rautenberg etablierten "Arbeitsgruppe Temperaturregulation" im Lehrstuhl für Tierphysiologie kehrte er zu seinen geliebten Vögeln zurück.

Ein Schwerpunkt seiner Forschung war zunächst, ausgehend von den Untersuchungen zur zentralen Thermosensitivität der Säuger in Bad Nauheim, die Thermosensitivität von Rückenmark und Gehirn der Vögel. Hierbei wurden die im Ruhrgebiet leicht verfügbaren Tauben ("Rennpferde" des Bergbau-Kumpels) zum bevorzugten Untersuchungsobjekt. Als Stoffwechselfysiologe war Werner Rautenberg auf das Bestimmen thermoregulatorischer Messgrößen wie Sauerstoffverbrauch, Hautdurchblutung, Kältezittern und Hecheln (Vögel haben keine Schweißdrüsen) spezialisiert. Als seine elektrophysiologisch geschulter Mitarbeiter begannen wir ab 1970 elektrophysiologische Untersuchungen zur Lokalisation und Charakteristik thermosensitiver Strukturen, insbesondere in Haut, Rückenmark und Hypothalamus, durchzuführen. Dabei kamen auch zuletzt die seinerzeit neuen slice-Methoden zum Einsatz.

In diese Zeit fiel auch der von der DFG finanzierte Sonderforschungsbereich "Bionach" (Biologische Nachrichtenverarbeitung, SFB 114), an dessen Organisation Werner Rautenberg einen



Internationales Temperaturregulations-Treffen 1981 in Bad Nauheim (Pfeil zeigt auf Werner Rautenberg)  
 privates Bildarchiv

wesentlichen Anteil hatte. Der sehr erfolgreiche SFB war nicht nur eine wichtige Finanzierungsquelle, sondern auch ein Ort von fruchtbaren Kooperationen und nützlichem Erfahrungsaustausch.

Die 70er und 80er Jahre des letzten Jahrhunderts waren die "Hoch-Zeit" der Temperaturregulation. Die Regulation der Körpertemperatur einschließlich deren Modifikationen wie Fieber, Schlaf und Winterschlaf wurden nach allen Regeln der Kunst eingehend untersucht und viele Fragen konnten beantwortet werden. Auf zahlreichen internationalen Temperaturregulations-Konferenzen wurden die Ergebnisse ausgetauscht, es ergaben sich aber auch viele Freundschaften, so dass man fast von "Familientreffen" sprechen konnte.

Nach den Untersuchungen zur Thermosensitivität wandte sich Werner Rautenberg zusehends erweiterten Fragestellungen zu, wobei sich eine vielfältige

Kooperation mit Kollegen aus anderen Ländern ergab. Mit dem Gast Raimo Hisa aus Oulu/Finnland wurde der Einfluss der Injektion von Monoaminen in den Hypothalamus, dem Regelzentrum der Temperaturregulation, untersucht. In den 80er Jahren gab es eine intensive Zusammenarbeit mit George Barnass (Baltimore/USA), Mike Rashotte (Tallahassee/USA), Claus Bech (Trondheim/Norwegen) und Kjell Johansen (Aarhus/ Dänemark) zum Einfluß zentral und peripher ausgelöster thermoregulatorischer Reaktionen (Kältezittern, Hecheln) auf cardiovasculäre und respiratorische Parameter. Die von Bad Nauheim her bestehende Verbindung zu dem japanischen Kollegen M. Iriki wurde durch einen Forschungsaufenthalt in Japan aufrechterhalten. Außerdem ergab sich hierüber eine wiederholte Kooperation mit Shigeki Nomoto aus Tokyo, der Werner Rautenberg bis zuletzt freund-

schaftlich verbunden blieb und ihn immer wieder besucht hat.

Ausgehend von der Doktorarbeit von Rudolf Graf zum Tagesrhythmus der Temperaturregulation kam es zu einer Kooperation mit Craig Heller (Stanford/USA) als Gast in Bochum. Hierbei wurde der Einfluss von Schlaf auf die Thermoregulation des Vogels untersucht, wozu EEG-Messungen als neue Methode erforderlich waren.

Mit Diplomanden und Doktoranden wurden die Auswirkungen eines geänderten Hell-Dunkel-Wechsels, der Aktivität (Laufband), des Sauerstoffangebots sowie Futter- und Wasserdeprivation auf thermoregulatorische Parameter untersucht – also eine vielseitige und umfassende Erforschung der Temperaturregulation des Vogels. Dabei war ihm aber immer wichtig, dass die Untersuchungen allgemeine Gültigkeit besitzen sollten.

Neben seiner umfangreichen wissenschaftlichen Tätigkeit war Werner Rautenberg ein engagierter Lehrer, der die Studenten begeistern konnte. Dies zeigte sich auch in einer Vielzahl von Staatsexamenskandidaten, Diplomanden und Doktoranden. In seiner Arbeitsgruppe



Werner Rautenberg und Bärbel May-Rautenberg mit einem Käfig voller Tauben (mit Köpfen von Mitarbeitern und Examenskandidaten) als Geschenk zu seinem 50. Geburtstag im Jahre 1977. privates Bildarchiv

herrschte ein angenehmes "Betriebsklima", an dem sicher auch seine leider viel zu früh verstorbene Mitarbeiterin und Ehefrau Bärbel May-Rautenberg wesentlich beteiligt war.

Herr Rautenberg hat sich nie in die erste Reihe gedrängt. Von vielen Kollegen weiß ich, dass er hoch geschätzt wurde und sein Rat stets sehr gefragt war. Alle, die ihn näher kannten, verlieren mit ihm einen hilfsbereiten und zuverlässigen Kollegen und Freund und werden ihn sicher in ehrender Erinnerung behalten.

Prof. Dr. Reinhold Necker  
Stettiner Str. 3  
58455 Witten  
reinhold.necker@t-online.de

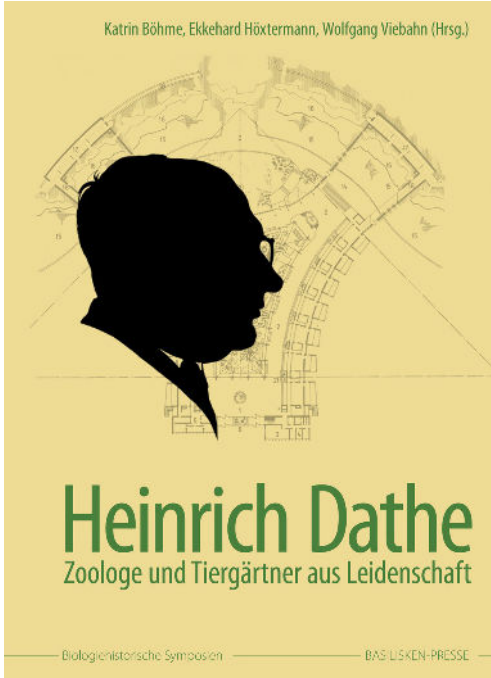


„So stellt man sich die zoologischen Gärten der Zukunft vor!“

(Prof. Dr. Monika Meyer-Holzappel, Tierpark Bern, vor 1974)

„In uns bleibt die dankbare Erinnerung an einen, der auf seinem Fachgebiet eine Epoche geprägt und der als Mensch unsere Herzen gewonnen hat.“

(Prof. Dr. Kurt Kolar, Wiener Volksbildungswerk, 1991)



Katrin Böhme, Ekkehard Höxtermann,  
Wolfgang Viebahn (Hrsg.)

### **Heinrich Dathe** – Zoologe und Tiergärtner aus Leidenschaft

Prof. Dr. Dr. h. c. Heinrich Dathe (1910–1991) zählte zu den bekanntesten deutschen Zoologen und Tiergärtnern des 20. Jahrhunderts. Seine wissenschaftlichen Arbeiten waren weit gefächert und reichten von der Vogelkunde und Wildtierhaltung über den Naturschutz bis zur Verhaltens- und Wirbeltierforschung. Eine Lebensaufgabe fand er 1954 im Aufbau eines unverwechselbaren Landschaftstiergartens in Berlin-Friedrichsfelde, der historische Parkanlagen und moderne Tierbauten verband und – unter

Mitwirkung vieler Aufbauhelfer – zu einer der schönsten Bildungs- und Erholungsstätten des Landes wurde. Mit populären Radio- und Fernsehsendungen begeisterte er unzählige Menschen für Wildtiere und Artenschutz.

Zum 100. Geburtstag Heinrich Dathes veranstalteten der Geburtsort, die Stadt Reichenbach im Vogtland, die Deutsche Gesellschaft für Geschichte und Theorie der Biologie und die Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz – in Reichenbach und Berlin ein Gedenkkolloquium und ein wissenschaftliches Symposium, deren Beiträge hier vorgestellt werden. Weggefährten, Tiergärtner, Zoologen und Naturschützer, Pädagogen und Historiker erhellen – in enger Verbindung zur Familie Dathe – wichtige Prägungen und Wirkungen seiner Person, interessante Hintergründe und Besonderheiten seines Werkes sowie augenfällige Chancen und Grenzen seiner Zeit.



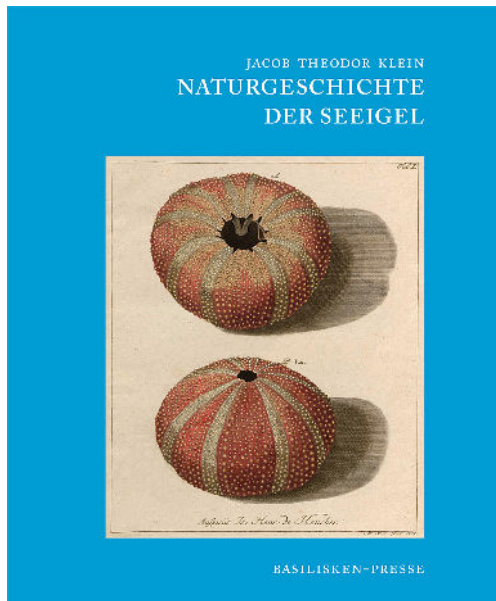
Heinrich Dathe  
Biologienhistorische Symposien  
335 Seiten, 17 x 24 cm, Klappenbroschur  
Basilisken-Press 2015  
ISBN 978-3-941365-14-8  
29 Euro

Basilisken-Press  
Natur+Text GmbH  
Friedensallee 21 • 15834 Rangsdorf  
Tel.: 033708 20431 • Fax: 033708 20433  
E-Mail: [verlag@naturundtext.de](mailto:verlag@naturundtext.de)  
[www.basilisken-press.de](http://www.basilisken-press.de)

Jacob Theodor Klein  
*Naturalis Dispositio Echinodermatum*  
Gedani 1734

(Aus dem Lateinischen übersetzt und kommentiert von Thomas Heinzeller)

Mit einem Bericht über die in der Münchner Zoologischen Staatssammlung aufgefundenen Seeigel aus dem Museum Kleinianum (*Bernhard Ruthensteiner*) und einem Essay über Leben und Werk des Naturforschers Jacob Theodor Klein (*Armin Geus*)



„Ein wahrer Schatz ist gehoben worden.“ Zum einen wurden die Seeigel aus der Sammlung Jacob Theodor Kleins wiedergefunden, zum anderen wurde seine Naturgeschichte der Seeigel erstmals ins Deutsche übertragen. Warum dieses in Latein verfasste grundlegende Werk über diese Tiergruppe bisher nie übersetzt wurde, ist genauso unklar wie der Grund, weshalb Theodor Jacob Klein sein Naturalienkabinett verkauft hatte. Auf Umwegen gelangten daraus 29 Echini in die Zoologische Staatssammlung München. Welch ein Fund!

Jacob Theodor Klein gab der Tiergruppe einen lateinischen Namen: Echinodermata, der heute allerdings für die Familie der Stachelhäuter benutzt wird. Jacob Theodor Klein (1685–1759) war Rechts- und Geschichtswissenschaftler, Botaniker, Mathematiker und Diplomat. Seine zahlreichen Reisen ermöglichten ihm den Aufbau einer der größten, wenn nicht sogar die größte private natur-

kundliche Sammlung des 18. Jahrhunderts und machten ihn zu einem der erfolgreichsten Sammler seiner Zeit. In Danzig richtete er einen botanischen Garten ein. Klein entwickelte eine eigene zoologische Systematik. Dieses System basierte auf Zahl, Form und Stellung der Gliedmaßen, was zu einem großen Disput mit dem jüngeren Carl von Linné führte, dessen binäre Nomenklatur noch heute Bestand hat.

Klein sprach sich in seinen zahlreichen Beiträgen, die außer den Insekten alle Großgruppen des Tierreichs umfassen, stets für das Arbeiten nach äußeren, leicht erkennbaren Merkmalen aus und forderte den Verzicht auf das „anatomische Messer“. Damit brachte er sich in deutlichen Gegensatz zu Linné, der bestrebt war, „natürliche“ und „künstliche“ Systeme miteinander zu verbinden.



Jacob Theodor Klein  
Naturgeschichte der Seeigel  
Acta Biohistorica 16  
312 Seiten, 21 x 21,5 cm, Hardcover  
ISBN 978-3-941365-03-2  
58,80 Euro

Basilisken-Press 2015  
Natur+Text GmbH  
Friedensallee 21 • 15834 Rangsdorf  
Tel.: 033708 20431 • Fax: 033708 20433  
E-Mail: [verlag@naturundtext.de](mailto:verlag@naturundtext.de)  
[www.basilisken-press.de](http://www.basilisken-press.de)