

Zoologie

Von Prof. Dr. Dr. h.c. Randolph Menzel

Die Zoologie - eine Einführung

Die Zoologie ist die Wissenschaft von allen Lebenserscheinungen der Tiere. Die Vielfalt und Verschiedenartigkeit der Lebensäußerungen dieser Organismen bedingt das Spektrum zoologischer Forschung und Lehre. Gerade die Ursache der Entstehung und Erhaltung dieser Vielfalt als Anpassung an das Leben auf unserer Erde zu erfassen, ist Wesensmerkmal zoologischer Forschung. Deren Erkenntnisse vor allem über die Bedingungen und Gesetzmäßigkeiten der Evolution von Organismen sind von grundlegender Bedeutung für alle auf den Menschen bezogenen Wissenschaften, da der Mensch selbst als Ergebnis seiner Evolution aus dem Tierreich diesen Gesetzmäßigkeiten unterlag. Es ist eine wesentliche Aufgabe der Zoologie, durch die Erforschung dieser Zusammenhänge ihren Beitrag zu einem unserer wirklichen Natur entsprechenden Menschenbild zu leisten.

Zoologische Forschungsprobleme werden nicht nur von Zoologen in den Forschungsrichtungen ihres Fachs bearbeitet, sondern sind auch notwendiger Gegenstand zahlreicher Nachbardisziplinen (Mikrobiologie, Botanik, Anthropologie, Molekularbiologie, Biochemie, Medizin, Zellbiologie, allgemeine Genetik). Anders aber als in diesen Nachbardisziplinen ist die Aufklärung der Eigenschaften von Tieren der primäre Zweck der Zoologie, die damit einen Beitrag zu einem umfassenden Verständnis der Lebensleistung dieser Organismen leistet. Die Nachbardisziplinen setzen dagegen Tiere als Objekte für die an ihnen zu untersuchenden Phänomene ein, als Mittel zur Verfolgung anderer Zwecke. Für sie ist ein Tier zum Beispiel Modell für das Erkennen eines Grundplans des Lebendigen, ein experimentelles Ersatzobjekt für den Menschen, ein Materiallieferant oder ein Faktor, der eine Produktion fördert oder hindert.

Mein Weg in die Zoologie

Mich hat ein Geschenk meines Großvaters auf die Bahn der Biologie gebracht. Als ich 16 Jahre alt war, erhielt ich von ihm ein Mikroskop, sein Forschungsmikroskop, das sein ganzer Stolz war, ein im Jahr 1900 gebautes Leitz Mikroskop. Kurz darauf färbte sich das Wasser meines Fischteiches rot und ich entdeckte mit meinem Mikroskop rote kugelige Algenzellen und vieles mehr; die Welt im Wassertropfen. All diese winzigen Tiere und Pflanzen des Planktons eröffneten mir einen Weg in ein ungeahntes Reich. Ich zeichnete, fotografierte und bestimmte die Kleinlebewesen, verfolgte ihren Wechsel im Laufe des Jahres, studierte ihre Verteilung über die Tiefe in Teichen und Weihern. Das Ergebnis war dann eine Jahresarbeit in Biologie, für die ich später den Preis des Biologenverbandes, den Hörlein-Preis bekam. Es ist also nicht verwunderlich, dass ich nach dem Abitur begann Biologie, Physik und Chemie zu studieren. In den Semesterferien arbeitete ich, um Geld zu verdienen, im Abwasserlabor der Firma Merck. Hier konnte ich meine hydrobiologischen Interessen richtig ausleben, Tropfkörper und Belebtschlammbecken bauen, die

Toxizität und Abbaubarkeit von Abwässern prüfen und die Protozoen, Rotatorien und Algen bestimmen.

Auch wenn ich meine erste wissenschaftliche Publikation über das Plankton eines Teiches schrieb, bin ich doch nicht der Hydrobiologie treu geblieben. Der Grund dafür liegt wieder in einem besonderen Ereignis. Ich studierte an der Universität Frankfurt. Da ich gern wenigstens ein Semester an einer anderen Universität studieren wollte (mehr konnte ich mir aus finanziellen Gründen nicht leisten), ging ich für das Sommersemester nach Tübingen und belegte den tierphysiologischen Kurs. Hier traf ich auf einen ganz ungewöhnlichen Professor (Professor Franz Huber), dessen Vorlesung so spannend war, dass ich ihn fragte, ob ich bei ihm eine Doktorarbeit machen könne. Allerdings hatte ich mir schon eine Thematik ausgedacht; ich wollte über die neuronalen Grundlagen von Lernen und Gedächtnisbildung bei einfachen Tieren (z.B. meinen Rotatorien im Wassertropfen) arbeiten. Dazu konnte ich ihn allerdings nicht bewegen. Die Thematik war doch zu weit von seinem eigenen Forschungsgebiet entfernt.

Als ich an die Frankfurter Universität zurückkam, war dort Prof. Martin Lindauer Direktor des Zoologischen Instituts geworden. Ihn konnte ich für meine Thematik gewinnen, allerdings redete er mir die Rotatorien aus und machte mich mit den Bienen bekannt. Seitdem, und das ist nun schon 40 Jahre her, arbeite ich mit Bienen und untersuche, wie sie mit ihrem kleinen Gehirn so erstaunliche Lernleistungen vollbringen.

Das Studium der Zoologie

Wer gerne bei Wind und Wetter auf Vogelpirsch geht oder mit dem Planktonnetz nach den Kleinlebewesen in Teichen fischt, um sie sich dann im Mikroskop anzuschauen, wird sich auch für die wissenschaftliche Zoologie interessieren. Aber nicht nur Naturmenschen sind prädestiniert für diesen Studiengang. Auch wen die großartigen Entdeckungen der Molekularbiologie und der Neurobiologie begeistern, den wird die Zoologie an der Universität gefangen nehmen. Dort ist sie erst einmal eines von mehreren Fächern, wenn man das Biologiestudium beginnt. Physik, Chemie, Botanik und Mikrobiologie sind anfänglich ebenfalls wichtig, und ihr gründliches Studium ist ein wichtiger Teil auf dem Weg zur Spezialisierung auf ein zoologisches Fach im Fortgeschrittenstudium, also nach dem Vordiplom (Vorprüfung) oder dem Bachelor. In den ersten vier bis sechs Semestern (je nach Studiengang) wird dem Biologiestudenten eine Fülle von theoretischen und praktischen Lehrveranstaltungen angeboten.

Der erste Höhepunkt des Studiums ist die Diplom- oder Masterarbeit. Hier taucht man richtig in die Forschungsarbeit ein und kann sich den spannenden Fragen und den aufregenden Methoden ganz hingeben. Dabei muss man natürlich bedenken, dass Forschung etwas mit Entdecken zu tun hat und Entdecken nur für Neues gilt. Wissenschaftliche Arbeit ist daher eine riskante Unternehmung, denn wenn es einfach und sicher wäre, etwas Neues zu finden, dann hätte das schon jemand vorher gefunden, und es wäre nicht mehr neu. Aber im Rahmen einer Diplom- oder Masterarbeit sind die Risiken doch recht begrenzt, denn selbst ein negatives Ergebnis wird honoriert werden, wenn es gründlich erarbeitet wurde.

Ungefähr die Hälfte der Zoologiestudenten beginnt nach ihrer Diplom-/Masterarbeit mit einer Doktorarbeit. Hierbei sind sie voll anerkannte Mit-Forscher in einer Arbeitsgruppe, mit eigenem Forschungsproblem, das sie sich gemeinsam mit dem Arbeitsgruppenleiter gewählt haben. Häufig entwickelt sich das Thema der Doktorarbeit aus der Diplom-/Masterarbeit.

Wahl des Studienplatzes

Der Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio) hat einen ausgezeichneten "Studienführer Biologie" herausgegeben. Er umfasst auch die Fächer Biochemie, Biotechnologie, Biomedizin und enthält sehr viel Nützliches für das Studium der Zoologie. Man kann ihn kaufen:

4. Auflage, 2005; siehe auch www.studienfuehrer-biologie.de.

Neben allgemeinen Einführungen in das Studium der Biologie bietet er ausführliche Informationen für jede Universität, an der man Biologie studieren kann. Das sind z.B. für die Zoologie 54 Standorte. Alle Standorte lassen sich auf elektronischem Weg erreichen.

Studienberatung

Auf der Website des Verbandes Deutscher Biologie (www.vbio.de) gibt es mehrere Links, die für eine Studienplanung auch im Fach Zoologie sehr hilfreich sind (z.B. Jobvektor, Praktika, Veranstaltungen, Mitteilungen, Treffen, Wörterbuch Englisch). Wenn man die im "Studienführer Biologie" (www.studienfuehrer-bio.de) aufschlägt, findet man für jede Universität Links zu Studienberatungen und Fachschaften. Fachschaften an den Universitäten werden von den Studenten des jeweiligen Faches betrieben und können gerade zu Studienbeginn sehr hilfreich sein. Als Abiturient kann man sich schon vor dem Studium dorthin wenden und Informationen einholen oder einen Besuch planen.

Studienpläne und Studienordnung

Die Studienpläne und Studienordnungen an den verschiedenen Universitäten im Fach Zoologie können recht unterschiedlich sein. Auch hier hilft der "Studienführer Biologie" weiter. Da im Augenblick die Diplomstudiengänge auf Bachelor-/Master-Studiengänge umgestellt werden und dieser Prozess an den verschiedenen Universitäten unterschiedlich weit fortgeschritten ist, wird empfohlen, über die Links im "Studienführer Biologie" den neuesten Stand der jeweiligen Universität zu erfragen. Besonderen Augenmerk sollte man auf die Fächer legen, die innerhalb der Zoologie für das Masterstudium (oder bisher: das Hauptstudium im Diplomstudiengang) angeboten werden. Diese Fächer sind immer die an der jeweiligen Universität besonders stark vertretenen Fächer, denn die Professoren und ihre Arbeitsgruppen möchten gerne die fortgeschrittenen Studenten in die ihnen am wichtigsten Teildisziplinen der Zoologie einführen.

Vergleicht man mehrere Universitäten, dann wird sich schnell herausstellen, dass gerade hier die Unterschiede sehr groß sind. Manche bieten nur wenig in Genetik, in

Neurobiologie, in Ökologie, in Evolutionsbiologie oder einem anderen Fach der Zoologie an. Wenn man sich für ein Fach besonders interessiert, dann ist es sinnvoll, auch schon das Grundstudium (Bachelorstudium) an einer Universität zu machen, wo im Hauptstudium/Masterstudium dieses Fach gut vertreten wird. Dann kann man recht sicher sein, dass auch im Grundstudium diese Teile der Zoologie besonders gut vertreten sein werden.

Prüfungen und Scheine

Die Prüfungsordnungen kann man von den Universitäten abrufen. Auch hier hilft der "Studienführer Biologie" gut weiter, weil man schnell die Websites der jeweiligen Fachbereiche findet. Mit der Umstellung auf das europäische Bachelor-/Master-Ausbildungsschema ist auch eine Änderung des Prüfungsverfahrens verbunden. Während früher neben Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen nach Praktika die Vordiploms-/Zwischenprüfung und die Hauptdiplomsprüfung das Studium bestimmten, wird es in Zukunft keine Abschlussprüfung wie die Diplomprüfung oder das 1. Staatsexamen (für Lehramtsstudenten) geben, sondern die so genannte kumulierende Prüfung. Das bedeutet, dass alle Lehrveranstaltungen mit einer Prüfung (meist einer schriftlichen Klausur) abgeschlossen werden. Hierfür gibt es dann die für die jeweilige Lehrveranstaltung in der Prüfungsordnung vorgesehene Zahl von Credit-Punkten (ECTS, credit points) und die entsprechende Note, die man in der Klausur erreicht. Alle diese ECTS und Noten werden dann für den Abschluss als Bachelor bzw. Master zusammengefasst. Eine Abschlussprüfung gibt es dann nicht mehr.

Die Nebenfächer im Studium

Zoologie ist ein sehr facettenreiches Fach. Daher ist die Kombination mit einer Reihe von Nebenfächern möglich. Wichtig ist ein gründliches Grundstudium in Chemie, Physik und Mathematik (hier vor allem Statistik). Andere Fächer können aber auch von Anfang an zusammen mit Zoologie studiert werden. Besteht vor allem ein Interesse an Verhaltensforschung, dann bietet sich Psychologie und hier vor allem die experimentelle, vielleicht auch klinische Psychologie an. Bei einer Ausrichtung auf Neurobiologie ist Physik und Informatik besonders hilfreich. Nahezu alle Teilgebiete der Zoologie setzen eine sehr gute Kenntnis in Biochemie und Molekularbiologie voraus. Dies gilt auch für solche klassischen Fächer wie die Morphologie, die Anatomie, die Evolutionsforschung und Taxonomie.

Studieninterne Praktika

Anders als in den Geistes- oder Sozialwissenschaften wird in den Praktika und Übungen in kleinen Gruppen gearbeitet mit direktem Kontakt zu dem Lehrveranstalter. Diese Lehrform, die in allen Biologie-Fachbereichen der deutschen Universitäten vorherrscht, ist ein großer Pluspunkt der Biologenausbildung in Deutschland. Hier heißt es: Initiative ergreifen, die Lehrpersonen ansprechen, nachfragen, nicht gleich aufgeben, wenn die Antworten

oder Rückmeldungen unklar sind. Solche Studenten wünschen sich die Lehrveranstalter!

Nach der Vorprüfung (bzw. im Masterstudiengang) beginnt die Konzentrierung auf einige Wahlfächer innerhalb der Biologie. Jetzt wird die experimentelle Arbeit in kleinen Gruppen noch wichtiger. Innerhalb der Zoologie wird in allen Universitäten eine Fülle von Praktika angeboten, die meist ganztägig und täglich über mehrere Wochen (manchmal auch über ein ganzes Semester) durchgeführt werden. Hier lässt sich die Forschungsarbeit in den jeweiligen Instituten und Arbeitsgruppen schon gut kennen lernen. Viele zoologische Praktika sind auch so angelegt, dass sie das forschende Lernen unterstützen. Die Studenten wählen sich gemeinsam mit dem Lehrveranstalter ein kleines, umgrenztes Problem, das noch von niemandem vorher bearbeitet wurde. Dabei erlernen sie neue Methoden, erfahren was es heißt, ein Forschungsproblem zu definieren, werten die Ergebnisse so aus, wie dies für das jeweilige Fachgebiet angemessen ist und schreiben ihren Bericht in Form einer kleinen Publikation. Da alle wissenschaftlichen Forschungsergebnisse auf Englisch veröffentlicht werden, ist es auch eine gute Übung, den Praktikumsbericht auf Englisch zu verfassen.

Aktivitäten parallel zum Studium

Neben dem regulären Studiengang gibt es viele Möglichkeiten, zu jeder Zeit schneller, direkter und früher an der Forschungsarbeit in den Instituten teilzunehmen. Schon als Schüler ist das möglich. Ein "Jugend forscht"-Projekt kann unter Mithilfe einer zoologischen Arbeitsgruppe durchgeführt werden. Interessierte Schüler sollten keine Scheu davor haben, dem Institutsleiter direkt einen E-Mail-Brief zu schreiben (Adressen der Institute und deren web sites findet man unter www.vbio.de, dort unter Forschung). Dabei hilft es sehr, wenn deutlich wird, dass der oder die Anfragende die Website des betreffenden Instituts genau gelesen hat und begründen kann, warum gerade in dem betreffenden Institut eine Mitarbeit angestrebt wird.

Auch Studenten sind (fast) immer für eine Mitarbeit außerhalb und zusätzlich zu den Praktika willkommen. In den meisten Universitäten läuft dies unter der Bezeichnung "Freie Mitarbeit" oder Projektpraktikum, und meist wird die Mitarbeit in Form einer Bescheinigung bestätigt. Solche Tätigkeiten können sehr spannend sein, weil sie direkt in die Forschungsarbeit eines Instituts führen. Sie sind auch sehr nützlich. Einmal, um für sich fest zu stellen, ob man sich dafür begeistern kann, zum anderen, weil ein solches über die Pflichtveranstaltungen hinausgehendes Engagement bei Stipendienanträgen (etwa im Rahmen des europäischen Erasmus-Programms) mitbewertet wird. Natürlich gibt es auch Praktika in Betrieben und in der Industrie (siehe unter www.vbio.de, dort unter jobvector oder Praktika).

Sprachen und Auslandsstudium

Die internationale Wissenschaftssprache ist Englisch. Dieser Sprache entgeht man nicht, auch wenn weder eine Doktorarbeit geplant ist noch ein Berufsweg in die Forschung. Die beste Möglichkeit, das Schulenglisch aufzubessern, bietet ein Auslandsaufenthalt. Wenn dies nicht schon während der Schulzeit möglich ist, dann empfiehlt es sich, schon früh im Studium ein halbes oder besser ein ganzes Jahr in

einem Englisch sprechenden Land zuzubringen. Die Europäische Union (EU) bietet Stipendien für Auslandsstudien im Rahmen des Erasmus Programms an (siehe <http://eu.daad.de/eu/index.html>). Jede Universität und meist auch jeder Fachbereich hat einen Erasmus-Beauftragten. Nachfragen bei der Fachschaft, der Fachbereichsverwaltung oder der zentralen Universitätsverwaltung lohnt sich sehr, weil von diesen Personen wichtige Information eingeholt werden kann.

Viele Universitäten bieten Sprachkurse an. Sind die Englischkenntnisse bereits gut, empfiehlt es sich sehr, eine zweite Sprache zu beherrschen. In einem solchen Fall wird es empfehlenswert sein, das Auslandsjahr im Land der zweiten Sprache zu verbringen. Hierbei wird man erleben, dass häufig die Unterrichts- und Laborsprache Englisch ist, was wiederum hilft, das Englisch zu üben. Dies gilt vor allem für die Niederlande, Dänemark, Schweden und Norwegen.

Planen Sie gut ein Jahr voraus und achten Sie auf Bewerbungsfristen. Da man häufig Empfehlungsschreiben von Professoren braucht, ist es nützlich, sich an Praktika und Seminaren aktiv zu beteiligen, damit man die Aufmerksamkeit der Lehrveranstalter gewinnt.

Computerkenntnisse

Die Verwendung eines PCs ist Voraussetzung für das Studium von Anfang an. Lassen Sie sich einen guten Laptop zum Abitur schenken, das ist wichtiger als eine große Reise, ein Rennrad oder gar ein Auto. Die Beherrschung von Text-, Grafik- und Statistikprogrammen (z.B. im Windows Office Paket oder die entsprechenden Programme in Apple oder Linux) sind ein Muss. Alle Universitäten bieten Kurse zum Erlernen solcher Programme an. Natürlich ist es auch sehr nützlich, die eine oder andere Programmiersprache zu beherrschen. Hier sollte man sich gut beraten lassen, wenn man nicht schon sicher weiß, in welchem Teilfach der Zoologie man später arbeiten möchte, weil dann entweder Datenbankprogramme, Grafikprogramme oder formale Programme (z.B. MathLab) im Vordergrund stehen.

Der tägliche Einsatz eines PCs ist auch deshalb so wichtig, weil alle Informationen weitgehend im Internet oder im Intranet der Universität zur Verfügung gestellt werden und weil die Kommunikation mit den Lehrveranstaltern (Abrufen von Texten, Anleitungen, aktualisierte Veranstaltungsprogramme, Abliefern von Protokollen) über das Internet erfolgt. Welchen Berufsweg man auch immer wählen wird, der sichere Umgang mit dem PC und Kenntnisse, die über die Bedienung des Office Pakets hinausgehen, sind in jedem Fall von großer Bedeutung. Natürlich sollte man dabei nicht auf ein Zwei-Finger-Suchsystem beim Tippen angewiesen sein.

Die Doktorarbeit

Vielleicht geht es Ihnen im Studium auch so wie mir. Nach einigen Jahren des ständigen in sich Hineinstopfens von Lehrbuchwissen möchte man gerne auch einmal etwas selbst entdecken und nicht immer nur nachvollziehen. Das ist der rechte Moment, mit einer Doktorarbeit zu beginnen. Zu dem Zeitpunkt hat man schon herausgefunden, für welches Fach innerhalb der Zoologie ein besonderes Interesse besteht. Vielleicht weiß man auch schon, welche Methoden man gerne lernen will, und im günstigsten Fall hat man schon eine Arbeitsgruppe gefunden, in

der man sich wohl fühlt. Natürlich passt nicht immer alles zusammen. Es kann sein, dass gerade kein Doktorand in der angestrebten Arbeitsgruppe angenommen wird oder dass sich die Möglichkeit nicht bietet, die gewünschte Methode zu lernen. Vielleicht ist ja auch die Wahl eines geeigneten Faches gar nicht so klar. In allen Fällen, auch wenn man glaubt, schon die ideale Gruppe gefunden zu haben, ist es sehr klug, über die Grenzen der eigenen Universität hinaus zu schauen.

Es gibt eine große Zahl von Forschungsinstituten (z.B. der Max-Planck-Gesellschaft), die Doktorarbeiten anbieten. Auch in der Medizin, der Biochemie oder der Informatik lassen sich zoologische Themen bearbeiten. Eine Suchphase einschließlich anderer Universität ist in jedem Fall eine sehr gute Idee. Dabei sollte man sich nicht scheuen, zu Professoren zu gehen und sie um Rat zu fragen. All das gelingt natürlich am besten, wenn man schon eine etwas klarere Idee hat, an welcher Thematik man am liebsten arbeiten möchte.

Die Arbeit an einer Doktorarbeit wird meistens bezahlt, entweder im Rahmen eines Stipendiums oder einer Anstellung. Dies ist nicht nur gerechtfertigt – schließlich hat man zu dieser Zeit einen Hochschulabschluss – sondern auch notwendig, denn man muss sich in den etwa drei Jahren der Doktorarbeit ganz auf diese Tätigkeit konzentrieren. Dabei ist es nicht mit einer 40-Stunden-Woche getan – voller Einsatz ist gefragt.

Bei der Auswahl der Arbeitsgruppe ist es sehr wichtig, mit den bereits dort arbeitenden Doktoranden zu reden. Wie ist das Arbeitsklima, wie intensiv die Betreuung, werden weitere Fähigkeiten wie Vortragen (in Englisch!), Abfassen von Manuskripten, Stellen von Anträgen, Besuche von Kongressen (vor allem im Ausland) gefördert? Ist der Arbeitsgruppenleiter selbst wissenschaftlich tätig (und versteckt er sich nicht nur hinter seinen Lehr- und Verwaltungsaufgaben)? Wie gut ist die Arbeitsgruppe mit Forschungsmitteln ausgestattet? Werden Forschungsanträge erfolgreich gestellt?

Die Wahl der Arbeitsgruppe für eine Doktorarbeit ist für den gesamten weiteren Lebensweg eine außerordentlich wichtige Entscheidung. Daher sollte man sich auch sehr genau das Forschungsprofil und den Erfolg der wissenschaftlichen Arbeit der Gruppe ansehen. Wissenschaftlicher Erfolg schlägt sich in guten Publikationen nieder. Ein Weg, sich ein Bild darüber zu machen besteht darin, unter den Namen der Wissenschaftler bei <http://scholar.google.de/> nachzuschlagen. Weitere Kriterien für eine erfolgreiche wissenschaftliche Arbeit ist die Zahl und Art der durch Drittmittel unterstützten Forschungsprojekte. Drittmittel sind solche Finanzierungen, die von außerhalb der Universität kommen, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), von der Europäischen Union oder von der Industrie. Ein besonderes Qualitätsmerkmal ist die Beteiligung an größeren Forschungseinrichtungen wie einem Sonderforschungsbereich (SFB) oder einer Graduiertenschule.

Besonders attraktiv sind Graduiertenkollegs. Diese sind Einrichtungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), die beantragt werden müssen und, wenn sie bewilligt werden, den Graduierten nicht nur ein ansehnliches Stipendium gewähren, sondern auch Arbeitsmittel, Unterstützung für Kongressbesuche und Forschungsreisen. Weiterhin sorgen die Mitglieder des Graduiertenkollegs gemeinsam dafür, dass ein zusätzliches Lehrangebot besteht und die Zusammenarbeit zwischen den Arbeitsgruppen gefördert wird. Unter www.dfg.de kann man sich über alle Graduiertenkollegs in Deutschland informieren. Außerdem

findet man auf den Websites der Universitäten die Links zu jeweiligen Graduiertenkollegs.

Lehramtsstudium Biologie

Zoologie ist eines der Fächer, die ein Biologielehrer studiert. In meiner Sicht ist das wichtigste, dass ein Biologielehrer die Begeisterung für die Lebewesen, Pflanzen wie Tiere vermittelt. Dazu muss er ein kompetenter Kenner unserer Flora und Fauna sein. Exkursionen mit den Schülern, Demonstrationen von mitgebrachtem Material und Lebensgeschichten über Tiere und Pflanzen sind die wichtigsten Medien eines guten Biologieunterrichts. Lehramtsstudenten sollten deshalb besonders intensiv die Bestimmungsübungen und die Exkursionen während des Grundstudiums betreiben.

Beobachten und Experimentieren sind die Quellen der Erkenntnis in der Biologie. Sie sind auch die besten Medien, den Stoff zu vermitteln, weil das Selbsttun für Schüler wie Studenten den besten Weg zum Lernerfolg darstellt. Lehramtsstudenten sollten intensiv Ausschau halten, welche Präparationen, Demonstrationen und Experimente, die sie in den Praktika kennenlernen, sich für die Schule eignen. Leider ist die Einführung in den experimentellen Unterricht während des Studiums eher zu gering vertreten. An einigen Universitäten gibt es spezielle Einrichtungen, die diesem Mangel abhelfen. In Göttingen ist dies das X-Lab (<http://www.xlab-goettingen.de/>) und an der Freien Universität Berlin das Natlab (www.natlab.de). In diesen Einrichtungen wird ein experimenteller Unterricht für Lehrer und Schüler angeboten, von dem auch Lehramtsstudenten profitieren können.

Auch das Lehramtsstudium wird auf den Bachelor-Studiengang umgestellt. Dieser Prozess ist an den verschiedenen Universitäten unterschiedlich weit fortgeschritten. Es lohnt sich hier wiederum, den Studienführer des VBio zu konsultieren (www.studienfuehrer-biologie.de).

Aktuelle Fragen und Forschungsrichtungen

Biologie ist nicht einfach die Chemie oder Physik von komplexen Systemen, sondern eine Wissenschaft, die durch Besonderheiten ihrer Objekte gekennzeichnet ist. Solche Besonderheiten, die es in der Chemie und Physik nicht zu untersuchen gibt, erwachsen aus der Geschichte von Lebewesen, ihrer Evolution, ihrer Ontogenese und ihrer Lebensgeschichte, die sich im ständigen Umbau des Körpers, insbesondere des Gehirns, niederschlägt (Ernst Mayr, *Konzepte der Biologie*, S. Hirzel-Verlag, Stuttgart 2006). Die aktuelle Forschung der Zoologie widmet sich mit besonderem Nachdruck gerade diesen Besonderheiten der Tiere.

Das Fach Zoologie wird eingeteilt in eine Reihe von Subdisziplinen, auf die hier kurz eingegangen werden soll. Eine ausführlichere Darstellung besonders forschungsintensiver zoologischer Disziplinen erfolgt weiter hinten.

Ökologie

Viele Tierarten sind wirkungsvolle Indikatoren für den Zustand von Ökosystemen, vor allem wenn diese Indikatortiere durch zoologische Forschung verstanden werden. Für diesen ökologischen Bezug wird nicht etwa nur rein ökologische Forschung benötigt, vielmehr gilt es, gerade durch die Aufklärung der strukturellen, genetischen, biochemisch-biophysikalischen, physiologischen, ethologischen und anderen Eigenschaften einer Tierart die Basis für ein Verständnis ihrer Ökologie zu legen. Zur Erfüllung dieser Anforderungen gehört neben der laborgebundenen Arbeit auch eine analytische Feldforschung. Eine Voraussetzung für ökologische Studien ist eine genaue Erfassung der Taxonomie der Tiere.

Evolution und Taxonomie

Die Zoologie erfüllt die Aufgabe, die Fülle der Tierarten nach ihrer phylogenetischen - stammesgeschichtlichen - Verwandtschaft zu klassifizieren, die Ursachen und Ablaufformen ihrer Differenzierung aufzuklären (Evolutionforschung) und das Wissen darüber auf neuestem Stand abrufbar zu halten. Die eigentliche wissenschaftliche Aufgabe in diesem Bereich liegt dabei nicht in der eindeutigen Systematik, sondern in dem Herausarbeiten der Verwandtschaftsbeziehungen, da deren Kenntnis eine Voraussetzung für generalisierende Schlüsse von einem Untersuchungsobjekt auf andere bildet. Aktuell läuft eine weltweit angelegte Studie, die darauf zielt, alle Tiere in einer allgemein zugänglichen Datenbank zu erfassen und ihre Verbreitung kartographisch zu beschreiben.

Physiologie und Neurobiologie

Die Funktionsweise der Tiere ist am besten zu verstehen, wenn man die vernetzten molekularen und zellulären Reaktionswege in ihren Organen im Zusammenhang mit der evolutiven Verwandtschaft der Tierarten untersucht. Hierzu bieten die Methoden der Molekularbiologie und Biochemie großartige Möglichkeiten, und dennoch muss man wegen der Komplexität der Vorgänge nach neuen Lösungsmöglichkeiten suchen. So lassen sich die komplexen Eigenschaften der Organe hoch entwickelter Tiere erst an den einfacheren Organen phylogenetisch ursprünglicherer Tiere untersuchen, und dann kann man heraus arbeiten, worin die zusätzlichen Leistungen bestehen. Besonders eindrucksvoll und erfolgreich ist diese Arbeitsweise beim Studium des Nervensystems und des Gehirns von Tieren. Und was wiederum die taxonomische Zuordnung und die phylogenetische Verwandtschaftsanalyse angeht, so werden molekularbiologische Methoden immer wichtiger, zumal bereits von einer ganzen Reihe von Tierarten das gesamte Genom analysiert wurde.

Genetik

Die moderne Genetik arbeitet mit den Methoden der Molekularbiologie. Die DNA im Erbgut kann heute außerordentlich rasch und vollständig auf ihre Basensequenz

untersucht werden. Damit steht dem Genetiker das Instrumentarium zur Verfügung, die Verwandtschaftsverhältnisse zwischen Individuen einer Art genau zu bestimmen. Außerdem lassen sich durch Veränderungen an der DNA transgene Tiere erzeugen, um die genetischen Grundlagen von funktionellen und anatomischen Eigenschaften gezielt zu studieren.

Morphologie und Entwicklungsbiologie

Zu den traditionell besonders wichtigen Disziplinen der Zoologie gehört die Strukturforschung, die Anatomie, Morphologie und Entwicklungsbiologie. Neue Methoden der Licht- und Elektronenmikroskopie haben ungeahnte Dimensionen des Körperbaues der Tiere und dessen Entwicklung im Laufe der Ontogenie (der Individualentwicklung von der befruchteten Eizelle an) eröffnet. Auch hier wieder ist es vor allem die Molekularbiologie, die mit ihren Instrumentarien dazu beiträgt, dass die Verteilung und Entwicklung von Zellen und ihren Kompartimenten (abgegrenzten Unterbereichen) gezielt verfolgt werden können.

Evolutionsforschung

Sie arbeitet mit den neuesten Methoden der molekularen Genetik und vermag evolutive Verwandtschaftsverhältnisse zwischen Tierarten mit ungeahnter Genauigkeit anzugeben. Wanderungen von Tieren und Menschen über die Kontinente, im Wechsel mit den Eiszeiten, Wiederbesiedlungen, Reliktbesiedlungen, Neuentstehung von Arten und Kreuzungen zwischen vorher getrennten Populationen können mit molekulargenetischen Methoden verfolgt werden. Solche großartigen Entwicklungen der Evolutionsforschung sind überaus wichtig, auch in der Auseinandersetzung mit unwissenschaftlichen Ideologien wie z.B. dem Kreationismus und der These des "intelligent designs". Die Evolutionsforschung liefert auch das Material für die Einteilung der Tiere nach ihrem Verwandtschaftsgrad (phylogenetische Taxonomie). Eine genaue Zuordnung von Arten ist eine Voraussetzung für das Studium der Lebensräume (Ökologie). Auch hier sind es die molekularbiologischen Verfahren, die auf der Grundlage der schnell wachsenden Kenntnisse der Genome von immer mehr Tierarten ganz neue Einsichten in die Wechselwirkungen zwischen Tier und Umwelt liefern.

Entwicklungsbiologie

Wie entsteht aus einer befruchteten Eizelle ein ganzer Organismus mit Millionen von Zellen in den unterschiedlichsten Organen? Zum richtigen Zeitpunkt der vielfältigen Teilungen der Zellen müssen an den richtigen Stellen des wachsenden Organismus die richtigen Gene eingeschaltet werden, damit unter ihrer Kontrolle die richtigen Proteine synthetisiert werden und an die richtige Stelle gelangen. So viele richtige Entscheidungen müssen aufeinander abgestimmt werden und zwischen den sich entwickelnden Organen und in ihrem inneren Aufbau koordiniert und kontrolliert werden. Mit eleganten molekularbiologischen Methoden kommt man heute diesen spannenden Vorgängen auf die Spur, verfolgt die molekularen

Signale zwischen und innerhalb der Zellen, erfasst die beteiligten Gene und verfolgt die Proteine auf ihren Wegen.

Zoologen sind es, die mit ihren Kenntnissen und Arbeitsmethoden das grundlegende Wissen zur Verfügung stellen, damit die medizinischen Verfahren entwickelt werden können, Entwicklungsstörungen (z.B. durch Medikamente) vermieden werden können, fehlgeleitete Entwicklungen, wie z.B. beim Krebs, erkannt und therapiert werden können und das heilende Potential von embryonalen Stammzellen genutzt werden kann. Die wichtigsten Entdeckungen wurden dabei an besonders geeigneten "Modellorganismen" gemacht, an dem Süßwasserpolyphen *Hydra*, dem Erdwürmchen *Caenorhabditis*, der Taufliege *Drosophila*, dem Frosch *Xenopus* und der Maus. Nur weil an all diesen Tierarten gleichzeitig geforscht wird, erkennt man, welche Vorgängen allgemeine Bedeutung haben und welche spezielle Anpassungen sind – eine Voraussetzung für die wichtige Frage, welche Erkenntnisse sich auf den Menschen übertragen lassen.

Neurobiologie

Wer möchte nicht gerne wissen, wie das Gehirn es ermöglicht, dass wir uns als eine einzigartige Person erleben können, dass wir lernen und vergessen können, dass wir Liebe und Schmerz empfinden und uns sprachlich verständigen können. All dies sind Leistungen unseres Gehirns, die aber so komplex sind, dass wir erst noch recht wenig verstehen, wie das Gehirn des Menschen dies zustande bringt.

Auch hier sind es die Zoologen, die immer wieder die geeigneten Modellorganismen finden, um einen methodischen Zugang zu diesen spannenden Fragen zu eröffnen. Manchmal ist es wichtig, dass die Nervenzellen besonders groß sind, damit man ihre Funktionsweise in einem Netzwerk von Nervenzellen studieren kann. Hierzu haben sich Schnecken als besonders geeignet erwiesen. Manchmal braucht es ein Tier wie die Taufliege *Drosophila*, damit sich die eleganten Methoden der Molekulargenetik einsetzen lassen. Dann ist wieder ein Tier wie die Honigbiene besonders geeignet, um die Vorgänge im Netzwerk der Neuronen zu verstehen, wann Tiere lernen und ein Gedächtnis bilden. Will man nahe an die Arbeitsweise eines größeren Gehirns kommen, dann lassen sich Mäuse und Ratten studieren.

Mit dieser Forschungsstrategie war die Neurowissenschaft in den letzten Jahrzehnten außerordentlich erfolgreich und gehört heute zu den aufregendsten Forschungsbereichen, weil zum ersten Mal sichtbar wird, wie sich Erfahrung im Wandel der Verschaltung von Nervenzellen niederschlägt, was sich abspielt, wenn Furcht und Freude erfahren wird, wie das Gehirn plant und entscheidet, und welche Voraussetzungen für bewusstes Erleben gegeben sein müssen. Bei diesen Entdeckungen dringt die Neurowissenschaft auch in Gebiete des Nachdenkens vor, die traditionell der Philosophie und den Sozialwissenschaften zugeordnet werden. Hieraus ergeben sich für unser Verständnis des Menschseins zukunftsweisende Erkenntnisse, nicht immer im Einklang mit den vorgenannten Disziplinen, aber in einer fruchtbaren Diskussion.

Taxonomie und Phylogenetik

Die Ordnung des Tierreichs in einen evolutionsbiologischen Rahmen ist eine ureigene Aufgabe der Zoologie. Die Benennung von Arten hilft nicht nur der

Verständigung über die Gegenstände, mit denen sich alle anderen Fächer der Zoologie beschäftigen, sondern auch der Klärung der verwandtschaftlichen Verhältnisse zwischen den Arten. Da es mehrere Millionen von Tierarten gibt, ist die Erfassung, Beschreibung, Benennung und Ordnung der Arten eine anspruchsvolle Forschungsanstrengung, die der Mithilfe aus allen zoologischen Disziplinen bedarf, der Strukturforschung, der Entwicklungsbiologie, der Genetik, der Verhaltensbiologie und ganz besonders der Molekularbiologie. Gerade dieses Fach hat mit seinen neuen Methoden die phylogenetische Taxonomie und die Biodiversitätsforschung außerordentlich befruchtet. Dies verlangt auch die Mitwirkung der in der Informationstechnologie ausgebildeten Zoologen.

Über die Analyse der DNA, der RNA und der Proteine lassen sich mit geeigneten Verfahren Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Arten und deren historische Entwicklung entschlüsseln. Damit ergibt sich ein reichhaltiges Instrumentarium, das die Methoden der klassischen Taxonomie (vergleichende Betrachtung von Körperbau, Einordnung in homologe und konvergent entwickelte Baumerkmale) ergänzt und unterstützt. Besondere Bedeutung hat die Taxonomie in der Ökologie und Biodiversitätsforschung. Das große Ziel einer weltweit kooperierenden Gemeinschaft der Taxonomen ist es, das gesamte Tierreich in einer großen Datenbank zu erfassen, die einen freien Zugriff für alle Interessierten erlaubt. Diese und viele weiteren Aufgaben hat sich die Taxonomie-Initiative gestellt (www.taxonomie-initiative.de).

Berufsbilder für Biologen

Die Berufsperspektiven eines Zoologen mit Diplom- oder Masterabschluss sind sehr vielfältig. Hat man seinen Schwerpunkt im Fortgeschrittenen- bzw. Masterstudiengang auf ein klassisches Fach (Morphologie, Anatomie, Taxonomie, Evolutionsforschung, Ökologie) gelegt, dann bieten sich folgende Berufswege an:

- verschiedene biotechnologische Berufe in der Industrie und in Landes- und Bundesländern,
- Forschungsstellen in der Universität, in Forschungsinstituten, z.B. der Max-Planck-Gesellschaft, der Helmholtzgesellschaft, der Leibnizgesellschaft oder der Fraunhofer Gesellschaft, in der Industrie oder im Ausland,
- Stellen im Naturschutz, der überwiegend von Bundes- und Landesanstalten betrieben wird,
- schreibende Berufe als Journalist oder in Forschungs- und Landesanstalten,
- Stellen in der Verwaltung, die sich auf Bundes- oder Landesebene um die Koordinierung von Forschungsaufgaben kümmern,
- wer eine überzeugende Idee hat, kann natürlich auch sein eigenes Unternehmen gründen.

Anregungen für viele verschiedene Berufswege gibt eine Broschüre des Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio):

“Perspektiven - Berufsbilder von und für Biologen“,

anzufordern vom Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio) e.V., Zentrale Geschäftsstelle, Corneliusstr. 12, 80469 München, oder unter www.bioberufe.de. In dieser sehr nützlichen Broschüre findet man nicht nur viele Anregungen für Berufsziele und nützliche Links, sondern auch aufregende persönliche Berichte über Berufswege in die Industrie, in die Forschung, in Museen, in den technologischen Bereich, in die Verwaltung und in journalistische Berufe. Zusätzliche Information erhält man auch von Berufsverbänden, z.B. der Deutschen Zoologischen Gesellschaft (www.dzg-ev.de) und der Gesellschaft für biologische Systematik (www.gfbs-home.de und gfbs-junge Systematiker).

Neben diesen üblichen Berufswegen eröffnen sich Zoologen auch Perspektiven außerhalb ihres engeren Ausbildungsfaches. Dies hängt damit zusammen, dass Zoologen wie alle Biologen in ihrem Studium gelernt haben, mit komplexen Systemen umzugehen und Netzwerke von Abhängigkeiten und Entwicklungen zu berücksichtigen. Wenn dann noch zusätzlich Fähigkeiten hinzukommen (z.B. im IT-Bereich oder mit Ideen für ein Produkt oder im Rahmen eines Serviceangebots), dann haben Zoologen besonders gute Chancen.