

wichtiges Ziel dieser Kooperationen ist es, die grundständige Taxonomielehre zu modernisieren bzw. wiederzubeleben und für die Studierenden attraktiv zu machen. Taxonomisches Grundlagenwissen sollte bundesweit wieder stärker als bisher zur biologischen Grundausbildung gehören. Es gilt zu vermitteln, dass Taxonomie im 21. Jahrhundert eine moderne und zukunftssträchtige Disziplin ist.

Konkret schlägt die Leopoldina die Schaffung zukunftsweisender Forschungs- und Lehrkonzepte an Schwerpunktstandorten in sogenannten „*Schools of Taxonomy*“ vor. Zugleich wird die Funktion dieser Standorte als Zentren eines „*Kompetenznetzwerks für Taxonomie*“ von nationaler wie internationaler Bedeutung gestärkt. Als praktische Umsetzung einer Förderung integrativ-taxonomischer Forschung wird die Einrichtung von Infrastrukturen vorgeschlagen, die sich der Beschleunigung der Artbeschreibung und deren möglicher Standardisierung widmen – der vielleicht größten Herausforderung für die moderne Taxonomie.

Die Beschleunigung der Artbeschreibung sollte durch Anwendung des Hochdurchsatz-Konzeptes und der Automatisierung in weiten Bereichen angestrebt werden. Die automatisierte beschleunigte Erfassung nicht nur molekularer Informationen sondern auch anderer Merkmale, wie Gestalt oder Physiologie einer Art, sollten hierbei im Zentrum stehen. Hierfür ist die Verknüpfung naturwissenschaftlicher, ingenieurwissenschaftlicher und industrieller Ansätze notwendig. Um gleichzeitig höchsten Qualitätsstandards gerecht zu werden und ausreichend Personal für die Infrastrukturen auszubilden, sollten Einrichtungen beschleunigter Arterfassung eng mit dem Kompetenznetzwerk und den Graduiertenschulen verzahnt werden.

Weiterentwicklung der taxonomischen Forschung

Die Taxonomie des 21. Jahrhunderts ist integrativ. In den vergangenen zehn Jahren hat es sich durchgesetzt sowohl Merkmale der Gestalt und der Physiologie als auch genotypische Merkmale in der Taxonomie zu berücksichtigen. Dieser konzeptionelle Standard gilt in Zoologie und Botanik wie auch in der Mikrobiologie. Generell sollten Artbeschreibungen möglichst informative Merkmalsätze umfassen. Die Entwicklung neuer Standards auf diesem Gebiet bietet attraktive Gestaltungsspielräume bei der Beschreibung von Arten. So können neue, zukunftssträchtige Merkmalsätze entwickelt werden, wohingegen auf sehr zeitaufwändige Merkmale für bestimmte Organismengruppen verzichtet werden könnte, falls diese keinen wesentlichen Erkenntnisfortschritt bringen. Solche Schritte sind notwendig, um den Vorgang der Artbeschreibung wesentlich zu beschleunigen. Dazu tragen nicht nur die Fortschritte der Molekulargenetik bei, sondern auch die moderne IT-Technologie, die Robotik und die Entwicklung bildgebender Verfahren (Scanner, 3D-Darstellungen).

Das Kompetenznetzwerk sollte alle taxonomisch arbeitenden Wissenschaftler in Deutschland umfassen. Die Schwerpunktstandorte sollten als Zentren des Kompetenznetzwerks agieren. Wichtige Aufgaben wie die Archivierung und Verfügungmachung von Daten, die Begleitung von Standardisierungsprozessen und die Qualitätssicherung und anderer Serviceleistungen der Taxonomie sollten über das Kompetenznetzwerk koordiniert werden.

→ siehe Langfassung S. 36

Nähere Informationen zur Weiterentwicklung der Nomenklatur, den integrativen Standards und genomischen Parametern für die Beschreibung von Arten

→ siehe Langfassung S. 42-45

Diese Kurzfassung und die Langfassung können heruntergeladen werden unter:
www.leopoldina.org/de/taxonomie

Mitwirkende in der Arbeitsgruppe

Koordinator der AG: Prof. Dr. Rudolf Amann ML, Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie Bremen

Autoren: Prof. Dr. Gerhard Braus, Georg-August-Universität Göttingen; PD Dr. Birgit Gemeinholzer, Justus-Liebig-Universität Gießen; Dr. Christoph Häuser, Museum für Naturkunde Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung Berlin; Dr. Regine Jahn, Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin; Dipl.-Biol. Volker Lohrmann, Übersee-Museum Bremen, Museum für Naturkunde Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung Berlin; PD Dr. Carsten Lüter, Museum für Naturkunde Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung Berlin; Prof. Dr. Axel Meyer ML, Universität Konstanz; Prof. Dr. Bernhard Misof, Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig, Bonn; Dr. Michael J. Raupach, Senckenberg am Meer Wilhelmshaven; Prof. Dr. Susanne S. Renner ML, Ludwig-Maximilians-Universität München, Botanische Staatssammlung und Botanischer Garten München; PD Dr. Christian Roos, Deutsches Primatenzentrum – Leibniz-Institut für Primatenforschung; Dr. Ramon Rossello-Mora, Mediterranean Institute for Advanced Studies IMEDEA, Esporles, Spanien; Prof. Dr. Karl-Heinz Schleifer, Technische Universität München; Dr. Henning Steinicke, Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften; Prof. Dr. Sebastian Suerbaum ML, Medizinische Hochschule Hannover; Prof. Dr. Miguel Vences, Technische Universität Braunschweig; Prof. Johannes Vogel, PhD, Museum für Naturkunde Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung Berlin; Prof. Dr. Wolfgang Wägele, Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig, Bonn

ML = Mitglied der Leopoldina

Ansprechpartner:

Dr. Henning Steinicke
Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
Abt. Wissenschaft – Politik – Gesellschaft
politikberatung@leopoldina.org

Die Leopoldina wurde 1652 gegründet und versammelt mit etwa 1500 Mitgliedern hervorragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus rund 30 Ländern. Sie ist der freien Wissenschaft zum Wohle der Menschen und der Gestaltung der Zukunft verpflichtet. Als Nationale Akademie Deutschlands vertritt die Leopoldina die deutsche Wissenschaft in internationalen Gremien und nimmt zu wissenschaftlichen Grundlagen politischer und gesellschaftlicher Fragen unabhängig Stellung. Hierzu erarbeitet sie unabhängige Expertisen von nationaler und internationaler Bedeutung. Die Leopoldina fördert die wissenschaftliche und öffentliche Diskussion, sie unterstützt wissenschaftlichen Nachwuchs, verleiht Auszeichnungen, führt Forschungsprojekte durch und setzt sich für die Wahrung der Menschenrechte verfolgter Wissenschaftler ein.

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. – Nationale Akademie der Wissenschaften –

Jägerberg 1 | 06108 Halle (Saale)
Tel.: (0345) 472 39-600
Fax: (0345) 472 39-919
E-Mail: leopoldina@leopoldina.org

www.leopoldina.org



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften

Juni 2014 | Kurzfassung der Stellungnahme

Herausforderungen und Chancen der integrativen Taxonomie für Forschung und Gesellschaft

Taxonomische Forschung im Zeitalter der *OMICS*-Technologien

Zusammenfassung und Empfehlungen

Taxonomie ist die Wissenschaft der Identifizierung, Beschreibung und Klassifizierung von Lebewesen. Taxonomische Expertise ist in nahezu allen Bereichen der Lebenswissenschaften zu finden – von der Medizin über den Naturschutz, bis hin zur Lebensmittelherstellung. Durch die rasante Entwicklung von molekularbiologischen Hochdurchsatzmethoden erlebt die taxonomische Forschung derzeit eine technologische Revolution. Diese Methoden werden auch als **OMICS-Technologien** bezeichnet. Es handelt sich hierbei um Methoden der schnellen und vollständigen Erfassung molekularbiologischer Informationen. Der Begriff *OMICS* leitet sich aus dem gemeinsamen Suffix der einzelnen technologiegetriebenen Forschungsgebiete ab: Die Erfassung der gesamten genetischen Information eines Organismus wird beispielsweise als *GenOMICS* bezeichnet.

Dieser technologische Sprung eröffnet den Biowissenschaften völlig neue Dimensionen. Gleichzeitig treffen die methodischen Veränderungen auf ein Forschungsumfeld, welches den Bedürfnissen der integrativen Taxonomie nur noch teilweise gewachsen ist. Die taxonomische Ausbildung und Forschung an den Universitäten ist in den vergangenen Jahrzehnten immer mehr zurückgefahren worden. Gerade in der jetzigen Phase des technologischen Entwicklungssprungs, den die Taxonomie durch die *OMICS*-Methoden erfährt, gilt es, die bestehenden Einrichtungen und Organisationsformen den neuen Anforderungen anzupassen.

Die Stellungnahme analysiert die konkrete Situation der taxonomischen Forschung in Deutschland und macht Vorschläge, wie sie im internationalen Kontext ihre Stellung behaupten und ausbauen kann.

Empfehlungen

Verbesserte Einbindung taxonomischer Expertise in Wissenschaft und Gesellschaft:

Über die letzten Jahrzehnte hat sich die taxonomische Forschung in Deutschland zunehmend von den Universitäten an die großen Naturkundemuseen und Staatssammlungen verlagert, mit negativen Auswirkungen besonders im Bereich der Lehre. Die Leopoldina sieht in der *OMICS*-Revolution der Lebenswissenschaften die Chance, diese Tendenz umzukehren und durch eine bessere Einbindung der Taxonomie den Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken. Hierfür bedarf es gemeinsamer Anstrengungen der Universitäten und der außeruniversitären Forschungseinrichtungen, von Forschungspolitikern und -förderern sowie der Gesellschaft.

Reform der Taxonomie durch Schwerpunktsetzung, Vernetzung, Stärkung der Ausbildung, Aufbau von Forschungsinfrastruktur und Internationalisierung:

Eine Verbesserung der nationalen Kapazität und Leistungsfähigkeit könnte durch die folgenden fünf Maßnahmen erreicht werden:

1. Schwerpunktsetzung an einzelnen Standorten:

An geeigneten Standorten sollten Universitäten die integrative Taxonomie in Forschung und Lehre fördern und hierbei verstärkt auf die Kooperation mit außeruniversitären Einrichtungen setzen.

2. Schaffung eines Kompetenznetzwerkes für integrative Taxonomie:

Die taxonomischen Kompetenzen universitärer und außeruniversitärer Einrichtungen Deutschlands sollten in einem „Kompetenznetzwerk Integrative Taxonomie“ verknüpft werden. Das Netzwerk sollte als direkter Ansprechpartner für Politik und Gesellschaft dienen, Forschungsschwerpunkte koordiniert identifizieren und Standardisierungsprozesse auf nationaler und internationaler Ebene mitgestalten.

3. Einrichtung von „Schools of Taxonomy“:

An Schwerpunktstandorten (z. B. Berlin, Bonn, Frankfurt, München; für Mikroorganismen Braunschweig) sollen international ausgerichtete „Schools of Taxonomy“ mit kombinierten Master- und Promotionsstudiengängen in integrativer Taxonomie unter Einbeziehung der *OMICS*-Technologien eingerichtet werden.

4. Aufbau international wettbewerbsfähiger Forschungsinfrastrukturen:

An Schwerpunktstandorten sollten schon bestehende *OMICS*-Einrichtungen in den Forschungsmuseen bzw. Staatssammlungen weiter ausgebaut und der universitären Forschung vor Ort sowie den Forschungssammlungen und Universitäten an anderen Orten zugänglich gemacht werden.

5. Internationale Vernetzung:

Eine integrative Taxonomie auf modernstem methodischem und technischem Stand fördert den internationalen Austausch taxonomischer Daten im Rahmen interdisziplinärer Forschungsfragen und politischer Verpflichtungen (IPBES).

Archivierung und Verarbeitung von Daten:

Die dauerhafte Sicherung und Bereitstellung von taxonomischer Information ist eine zentrale Aufgabe. Eine Dachstruktur könnte die bisher existierenden dezentralen Dateninfrastrukturen stützen und virtuell zusammenführen, ihre Vernetzung und Interoperabilität optimieren und die internationale Kompatibilität sicherstellen.

Open Access für die Taxonomie:

Das Kompetenznetzwerk für integrative Taxonomie sollte aktiv dazu beitragen, taxonomische Information international in noch höherem Maß frei verfügbar zu machen. Es gilt unter Beibehaltung der Qualitätsstandards, aktuelle wie ältere Artbeschreibungen möglichst kostengünstig oder kostenfrei verfügbar zu machen.

Die Stellungnahme im Überblick

Taxonomie findet sich in vielen Bereichen unseres Lebens, wie beispielsweise in der Medizin, der Landwirtschaft, dem Naturschutz oder auch der Erforschung der Artenvielfalt. In der medizinischen und biologischen Forschung gewinnt die Genomanalyse kontinuierlich an Bedeutung. Sie ermöglicht heute tiefere Einblicke in Evolutionsprozesse und verbessert unser Verständnis der Veränderungen der natürlichen Artengemeinschaften. Für diese und weitere Bereiche der Lebenswissenschaften bedarf es der Grundlage taxonomischer Expertise.

Taxonomie im 21. Jahrhundert

Nicht nur die *OMICS*-Technologie, sondern auch die Taxonomie hat sich in den letzten Jahren erheblich weiterentwickelt und modernisiert. Insbesondere ist die taxonomische Forschung in ihren Methoden und Ansätzen zunehmend integrativ geworden. Molekularbiologische Datensätze, neue bildgebende Verfahren, vernetzte Online-Datenbanken und verschiedene bioinformatische Analysemethoden stehen heute gleichberechtigt neben klassischen morphologischen Verfahren und Objektsammlungen. Die fortschreitende Digitalisierung von Sammlungsinformationen und ihre freie Zugänglichkeit in Online-Datenbanken erleichtern automatisierte Analysen enorm. In vielen Schwellenländern mit hoher Artenvielfalt boomt die taxonomische Forschung, was vielversprechende Möglichkeiten für internationale Kooperation und Wissenstransfer ermöglicht.

Im Prozess der Entwicklung der Taxonomie für dringende Anwendungen wird es notwendig sein, moderne Forschungsinfrastrukturen für Morphologie und *OMICS*-Technologien aufzubauen und in der Ausbildung eine breite methodische Expertise zu vermitteln. Hier liegen große Potenziale zur Profilbildung für die Forschungslandschaft in Deutschland. Die Vernetzung von Universitäten mit außeruniversitären Instituten und Forschungssammlungen ist das Grundelement, um die großen Potenziale der Taxonomie in Deutschland voll auszuschöpfen. Durch kombinierte Master-/Promotionsstudiengänge könnte eine neue Generation taxonomisch versierter und mit modernsten Techniken vertrauter Lebenswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ausgebildet werden, was auch zur Profilbildung der entsprechenden Universitäten beitragen würde.

Taxonomische Forschung war und ist immer auch sammlungsbezogene Forschung. Gerade die historischen Belege aus Forschungssammlungen bieten eine enorme Chance, durch Anwendung von *OMICS*-Methoden Veränderungen der Artenzusammensetzung unter sich wandelnden Umweltbedingungen zu verstehen. Sammlungen erfüllen die unverzichtbare Aufgabe, Untersuchungsobjekte und dazugehörige Daten langfristig zu archivieren. Die Sammlungen dienen auch als Grundlage, bereits beschriebene Organismen zu identifizieren sowie neue Daten zu gewinnen und zu verifizieren.

Die integrative Taxonomie ist heute eine moderne Wissenschaft, die gerüstet ist, sich wichtigen gesellschaftlichen Herausforderungen zu stellen. Mit einer entsprechenden Strategie zur institutionellen Vernetzung und methodischen Weiterentwicklung kann die integrative Taxonomie zu einem wesentlichen Impulsgeber der Biowissenschaften im 21. Jahrhundert werden.

Chancen und Herausforderungen für die integrative Taxonomie

Durch die Integration der *OMICS*-Technologien ergeben sich neue Chancen und Herausforderungen für die Taxonomie, die neue Organisationsformen und eine klare wissenschaftliche Prioritätensetzung notwendig machen. Konkret schlägt die Leopoldina folgende Forschungsprojekte vor:

Beschreibung aller Arten Mitteleuropas:

Wir kennen selbst in Deutschland nicht in vollem Umfang die biologische Vielfalt. Die Beschreibung aller in Deutschland und Mitteleuropa vorkommenden Arten sollte ein gesellschaftliches Ziel sein, da wir nur so Veränderungen unserer Umwelt vollständig messen und verstehen können. Hierbei sollten Algen, Pilze, Einzeller und Mikroorganismen mitberücksichtigt werden, auch weil diese eine wichtige Rolle bei Umwelthanpassungen und Artbildung von Pflanzen und Tieren spielen. Das vom Bund geförderte GBoL Projekt („German Barcode of Life“) ist hierfür ein Beginn. Für eine derart umfangreiche Aufgabe muss der Beschreibungsprozess durch Automatisierung signifikant beschleunigt werden.

Innenrevision von Sammlungen:

Die Sammlungsbestände in den Museen stellen ein Datenarchiv mit unschätzbarem Wert für eine Vielzahl interdisziplinärer Forschungsfragen dar. Dafür müssen sie möglichst vollständig erschlossen, katalogisiert, digitalisiert und verfügbar gemacht werden. Die deutschen Forschungssammlungen sollen in die Lage versetzt werden, ihre Sammlungen nach den Standards der integrativen Taxonomie aufzuarbeiten.

Weiterentwicklung der Taxonomie:

Mit der Anwendung von *OMICS*-Methoden werden historisch gewachsene Abgrenzungen der taxonomischen Teildisziplinen zu Pflanzen, Tieren, Algen, Pilzen, Einzellern und Mikroorganismen überwunden. Auch nähert sich damit die Taxonomie wieder den anderen Teildisziplinen der Biologie an. Empfohlen wird die Erarbeitung *OMICS*-basierter Standards. Die internationalen Nomenklatur-Regeln, welche die Namensgebung in der Taxonomie regeln, sollten zunehmend organismenübergreifend angepasst werden. So sollen sie den Bedürfnissen der integrativen Taxonomie gerecht werden.

Neue Organisationsformen für die integrative Taxonomie

Die Umsetzung der vorgeschlagenen Forschungsprioritäten erfordert eine optimal darauf zugeschnittene Forschungsinfrastruktur und neue Organisationsformen. Die Erforschung der genannten Schwerpunktthemen wird nur durch interdisziplinäre Kooperationen leistbar sein. Taxonomische Forschung findet in Deutschland, wie auch international, häufig an außeruniversitären Forschungseinrichtungen statt. Eine intensivierte Verzahnung dieser taxonomisch arbeitenden Institute mit dem Erneuerungs- und Ausbildungspotential der Universitäten sichert nicht nur die Zukunft der deutschen Expertise in diesem Feld, sie führt auch zu enormen Synergien. Essentiell ist hierbei, dass die taxonomische Expertise, einschließlich des vollen Zugangs zur kooperativen Forschungsinfrastruktur, zu beiderseitigem Nutzen in die Lehr- und Forschungsprogramme der Universitäten einfließt. Besondere Chancen ergeben sich an den Standorten mit taxonomisch forschenden Instituten, wie den großen Naturkundemuseen und Staatssammlungen. Hier sollten die Expertinnen und Experten, die in der modernen integrativen Taxonomie auf internationalem Niveau forschen, noch mehr als bisher Lehrveranstaltungen übernehmen. Ein

„Schools of Taxonomy“ und das „Kompetenznetzwerk für Taxonomie“ sind die Kernelemente der vorgeschlagenen Organisationsformen. Die spezialisierten Graduiertenschulen sollten nur an wenigen Schwerpunktstandorten eingerichtet werden.

→ siehe Langfassung S. 35