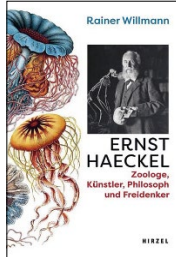


## BIOGRAFIE

## Widersprüchlicher Haeckel



Der US-amerikanische Wissenschaftshistoriker Robert Richards wies darauf hin, dass zur Jahrhundertwende mehr Menschen weltweit aus Ernst

Haeckels (1834–1919) Feder von der Evolutionstheorie erfuhren als aus jeder anderen Quelle einschließlich Darwins eigenen Schriften. Trotz Haeckels enormer Bedeutung für die Biologiegeschichte kann man nicht von einer „Haeckel-Industrie“ sprechen, die vergleichbar mit *The Darwin industry* wäre. Aus diesem Grund sind neue Forschungen, die Haeckels Bedeutung hervorheben und seinen wissenschaftlichen Nachlass analysieren, sehr zu begrüßen. Der „Deutsche Darwin“ bleibt ja nach wie vor eine sehr kontroverse Figur, die sowohl Bewunderung als auch Kritik hervorruft.

Das vorliegende Buch rekonstruiert Haeckels Lebensgeschichte von der Kindheit bis zur Rezeption nach seinem Tod. In 20 Kapiteln werden neben der Wissenschaft auch weltanschaulich wichtige Themen wie Politik, Kunst, und Reisen angesprochen. Die biografischen Details werden durch eine Darstellung der Entwicklung von Haeckels Theorien ergänzt. So wird z. B. die Bedeutung von Haeckels Auftritt bei der 38. Versammlung der Vereinigung Deutscher Naturforscher und Ärzte im separaten Kapitel „Triumph von Stettin“ hervorgehoben und dessen Bedeutung für den Kampf für die Autonomie der Biologie (als Loslösung von der Physik) diskutiert. Haeckels Buch „Generelle Morphologie der Organismen“, das zur Weiterentwicklung des Darwinismus entscheidend beigetragen hat und viele neue Begriffe in die Wissenschaft einführte, wurde ebenfalls vom

Autor detailliert behandelt. Haeckels berühmte „Stammbäume“, die die Visualisierung des darwinschen Evolutionsgedankens vorantrieben, werden zu Recht gewürdigt; Phylogenetik ist ja heute in der Tat, wie von Willmann betont, ein zentraler Begriff der Evolutionsbiologie.

Die Kontroversen um Haeckels Figur werden ebenfalls angesprochen. In einem großen Kapitel „In den Fäden der Politik“ werden u. a. das Problem des angeblichen Haeckelschen Antisemitismus angegangen und Daniel Gasmans Anschuldigungen ausdiskutiert und zu Recht abgewiesen. Leider versucht der Autor auch Haeckels biologischen Rassismus zu relativieren. In der heutigen Zeit, in der selbst Darwin im *Editorial* von *Science*, einer der bedeutendsten wissenschaftlichen Zeitschriften, Rassismus vorgeworfen wird (10.1126/science.abj4606), ist die Vorstellung, dass es 12 zeitgenössische Menschenarten gäbe, die in 36 Rassen eingeteilt sind – mit Indogermanen an der Spitze der Hierarchie – eine extreme Form des theoretischen Rassismus! Haeckel sah jedoch Arten als „willkürliche Konstrukte“ an, so Willmann, man kann sie mit „Rassen“ gleichsetzen. Willmann gibt zwar zu, dass Haeckels „Äußerungen“ rassistisch waren, nimmt ihn jedoch als Person in Schutz und behauptet, Haeckel vertrete keinen „feindseligen Rassismus“ (S. 237). Für Haeckel, so Willmann, „war von Anfang klar, dass der Mensch biologisch eine Einheit ist“; Haeckel „hatte sich damit klar gegen die Polygenisten positioniert“ (S. 236). Die Frage ist jedoch nicht, ob der Mensch für Haeckel eine Einheit ist, sondern wo auf dem Stammbaum ein letzter gemeinsamer Vorfahr zu platzieren ist. Je tiefer auf dem phylogenetischen Baum der gemeinsame Vorfahr einen Platz findet, desto größere Unterschiede sind zwischen heute lebenden „Menschenrassen“ zu erwarten. Haeckels Position zum Polygenismus – also zu der Lehre, dass die Menschheit nicht auf einen, sondern

auf viele Stammväter zurückgeht – war vielschichtig. Er unterschied zwischen dem Polygenismus im weiteren Sinne (Menschenarten sind von keinem gemeinsamen Urstamme abzuleiten), den er entschieden ablehnte, und einem Polygenismus im engeren Sinne (verschiedene Zweige der sprachlosen Menschen entwickelten sich unabhängig zu sprechenden Menschen), den er nicht ausschloss. Haeckel war somit ein Biologietheoretiker, der eine rassistische Theorie entwickelte, die in der Hierarchisierung der Menschenrassen und Betonung ihrer Unterschiede viel weiter ging als die Theorie seines wissenschaftlichen Vorbildes Charles Darwin. Haeckel weigerte sich jahrzehntelang seine theoretischen Grundsätze zu revidieren. Seine persönliche Einstellung den anderen „Menschenrassen“ gegenüber mögen nicht feindselig sein, doch das ändert nichts an der ausgeprägt rassistischen Natur seiner wissenschaftlichen Theorien.

Zusammenfassend kann man sagen, dass das Buch wertvolle Information zu Haeckels Biografie und seinen wissenschaftlichen Verdiensten liefert. Der Autor zeigt, dass Haeckel eine der bedeutendsten Biologen war, der auch außerhalb der Naturwissenschaften wie z. B. in der Kunstgeschichte Spuren hinterlassen hat.

Kritisch ist zu bemerken, dass man den Eindruck bekommt, dass das Buchprojekt wenig durch die antirassistischen Bewegungen der letzten Jahre beeinflusst wurde. Haeckels naturwissenschaftlicher Rassismus wird unzureichend beleuchtet und immer wieder relativiert. Aus technisch-wissenschaftshistorischer Sicht ist das Buch zu sehr auf Sekundärliteratur angewiesen. Es ist ferner schwer nachzuvollziehen, warum der Autor eine ganze Reihe der jüngsten einschlägigen englischsprachigen Publikationen nicht berücksichtigt hat.

Georgy Levit, Jena

Ernst Heinrich Philipp August Haeckel gilt als wichtigster Vorkämpfer der von Charles Darwin und Alfred Russel Wallace begründeten Evolutionslehre im Deutschland des 19. Jahrhunderts. Der Göttinger Zoologe Rainer Willmann meint sogar, Haeckel sei nach Darwins Tod der „weltweit bekannteste lebende Wissenschaftler“ gewesen (S. 11). Dagegen fand John Simmons in seinem 1996 erschienenen *Who is Who der Wissenschaften*: „Außer bei Biologen ist der deutsche Botaniker und Zoologe Ernst Haeckel heute kaum noch bekannt“ [1]. Auch im 21. Jahrhundert haben wohl die Wenigsten außerhalb (und wahrscheinlich auch nicht Viele innerhalb) der Biologie eine einigermaßen fundierte Vorstellung vom Leben und vom wissenschaftlichen Erbe dieses ehemals doch so wirkmächtigen Zoologen aus Jena. Anlässlich des 100. Todestags von Ernst Haeckel veröffentlichten Mitglieder der Deutschen Zoologischen Gesellschaft eine Erklärung zur Frage nach den Menschenrassen und zu Rassen und Rassismus allgemein [2]. Die in diesem Dokument und nach dessen Publikation in der Öffentlichkeit geführte Diskussion lenkte den Blick auf Ernst Haeckel und weckte erwachendes Interesse an seinem Werk und seiner Person. Rainer Willmann stillt mit seinem biografischen Buch jedes denkbare Bedürfnis nach Auskunft über den „deutschen Darwin.“

In 20 Kapiteln zeichnet Willmann ein detailliertes Bild vom Leben und Arbeiten Ernst Haeckels. Die ersten 19 Kapitel behandeln in chronologischer Reihenfolge Haeckels persönlichen und wissenschaftlichen Werdegang. Ausführlich sind die familiären, sozialen und politischen Hintergründe geschildert. Zahlreiche bisher nicht oder nur unvollständig bekannte Einzelheiten hat Rainer Willmann Originalquellen entnommen. Schon allein diese Informationsfülle macht die Lektüre dieses Buches lohnend. Wir erfahren aus ihm, welche Wünsche und

Zweifel Ernst Haeckel während seines Studiums und in der ersten Phase seiner akademischen Karriere bewegten. Rainer Willmann beschreibt mit viel Empathie Haeckels Verhältnis zu den Frauen in seinem Leben. An seiner ersten Ehefrau, Anna Sethe, hing Haeckel mit schon fast übersteigert wirkender Innigkeit. Ihr Tod im Alter von 29 Jahren, sechs Jahre nach der Verlobung und nicht einmal zweijähriger Ehe, stürzte Haeckel in eine tiefe Traurigkeit. In der zweiten Ehe, mit Agnes geb. Huschke, fand Haeckel nicht wirklich die erhoffte Erfüllung. Dass aber auch Agnes nicht glücklich war, belegt Rainer Willmann mit ausführlichen Zitaten aus ihren Briefen. Auch Haeckels fünfjährige – (fast) ausschließlich platonische – Beziehung mit Frida von Uslar-Gleichen schildert er empathisch und in erstaunlicher Tiefe.

Doch auch Haeckels wissenschaftliche Seite wird in jedem einzelnen Schritt seiner Entwicklung dargestellt. Der „Kampf um den Entwicklungsgedanken“, also Haeckels kämpferisches Eintreten für die Abstammungslehre, seine bis heute bedeutenden systematischen Arbeiten über Einzeller und Hohltiere wie auch seine Beiträge zur Entwicklungsbiologie werden in einer auch für biologische Laien gut verständlichen Sprache ausgeführt. Nicht zuletzt Haeckels künstlerische Ambitionen, seine zoologischen Illustrationen, seine Landschaftsaquarelle und seine Stammbaum-Darstellungen nehmen breiten Raum ein und sind reich bebildert. Ein ganzes Kapitel ist Haeckels konsequenter Ablehnung des kirchlichen Dogmatismus und seiner Philosophie des Monismus gewidmet.

Die umstrittenen Seiten der Persönlichkeit und der Weltsicht von Ernst Haeckel werden nicht verschwiegen oder beschönigt, so wenig wie sein zweifelhaftes Bemühen, das von ihm formulierte „Biogenetische Grundgesetz“ mit unseriösen Darstellungen von Wirbeltier-Embryonen zu untermauern. Auch disku-

tiert Rainer Willmann ausführlich Haeckels eindeutig rassistische Vorstellung von der Evolution der Menschen, die nach ihm menschenfeindlichen Bewegungen zur wissenschaftlichen Rechtfertigung von Diskriminierung, Unterdrückung und Eliminierung angeblich minderwertiger Menschengruppen diene. Hier fällt auf, dass Rainer Willmann eher verständnisvoll und wohlwollend urteilt als streng kritisch. Bei gleicher Aktenlage könnte man Haeckels Rassismus durchaus schärfer kritisieren (z. B. [3]). Beispielsweise ist es nicht stichhaltig, den Vorwurf, Haeckel habe „einen Markstein auf dem Weg zum Nationalsozialismus“ unterstützt, mit dem Hinweis darauf zu entkräften, dass „die politischen Wege zum Nationalsozialismus“ um 1900 noch nicht erkennbar gewesen seien. Auch wenn eine politische oder gesellschaftliche Entwicklung noch nicht absehbar ist, kann doch trotzdem eine vorher vertretene Position dazu beigetragen haben, den Weg dorthin zu ebnen.

Ein 15seitiges kommentiertes Personenverzeichnis und ein achtseitiges Register erleichtern es ungenügend, auch nach abgeschlossener Lektüre des Buches bestimmte Inhalte zu erschließen. Das Literaturverzeichnis von 15 Seiten listet ungefähr 520 Titel auf, darunter über 50 Veröffentlichungen von Ernst Haeckel. Ich vermisse lediglich Nick Hopwoods ausführliche Auseinandersetzung mit dem „Embryonenstreit“ [4].

Insgesamt ist Willmanns Buch eine überaus präzise, fundierte und doch gut verständlich geschriebene und ausgesprochen sympathische Annäherung an eine vielschichtige und wissenschaftlich einflussreiche Persönlichkeit. Es bietet eine Fülle von Informationen, die so nutzerfreundlich und gut belegt auf deutsch nirgends sonst vorliegt. Rainer Willmann zeichnet von Ernst Haeckel das Bild eines empfindsamen und dabei streitbaren und widersprüchlichen Menschen und

Wissenschaftlers. Haeckel trat für Frauenrechte und für Völkerverständigung ein, schloss seine zweite Frau aber völlig von seinen wissenschaftlichen Unternehmungen aus und wies Großbritannien die Schuld am Ausbruch des Ersten Weltkriegs zu. Er würdigte den Beitrag jüdischer Autoren und Künstler zur deutschen Kultur, bezeichnete „die Juden“ aber als „fremde Art ... im Volke“. Er sprach bestimmten „Rassen“ des Menschen „höhere“ Fähigkeiten ab, vertrat aber – nach Ansicht des Autors – keinen „feindseligen Rassismus“.

All dies behandelt Rainer Willmann ausführlich und ausgewogen. Dabei ist der Text spannend, und die Abbildungen laden ein zur tieferen Beschäftigung mit dem Thema. Wer immer an der Geschichte der Wissenschaft im deutschen Sprachraum interessiert ist, oder auch wer mit Freude an der emotionalen und akademischen Entwicklung einer eindrucksvollen Persönlichkeit in ihrer gesellschaftlichen Umwelt teilnimmt, wird dieses Buch mit Spaß und großem Gewinn lesen.

*Michael Schmitt,  
Universität Greifswald*

### Ernst Haeckel.

Zoologe, Künstler, Philosoph und Freidenker. Rainer Willmann, S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 2023, 235 S., 32 Euro, ISBN 978-3-777-62900-1.

## ARTENSTERBEN

### Eindringlicher Appell

Eigentlich wollte Josef Settele, Ökologe am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ in Halle/Salle, „nur“ ein Buch über den Insektenchwund schreiben. Erst ein paar Jahre zuvor war der alarmierende Rückgang der Insektenbiomasse durch die 2017 veröffentlichte Stu-

die des Entomologischen Vereins Krefeld besonders eindrücklich ins öffentliche Bewusstsein gerückt. Doch dann begann der SARS-CoV-2-Erreger seinen Siegeszug um die Welt und Settele war der Ansicht, dass ein Buch über die Bedrohung der Insekten alleine zu kurz gegriffen sei. Stattdessen schrieb er also über „Die Triple-Krise“ aus Artensterben, Klimawandel und Pandemien – drei Bedrohungen, die miteinander zusammenhängen und einander verstärken. Für die ersten beiden Punkte – Klimawandel und Artensterben – ist das offensichtlich. Die Hinzunahme von Pandemien ist dagegen auf den ersten Blick vielleicht überraschend. Aber Settele macht deutlich, dass die Übertragung von Krankheiten von Tieren auf Menschen – also Zoonosen wie COVID-19 – immens dadurch gefördert werden, dass wildlebende Tiere durch den Klimawandel und menschliche Aktivitäten ihren Lebensraum verlieren und so immer enger zusammenleben müssen: mit anderen Arten, aber auch mit dem Menschen. Die Gefahr, dass Viren die Artengrenze durchbrechen, also neue Wirtsarten befallen können, steigt durch die räumliche Nähe der Wirte zueinander naturgemäß stark an.

Settele beginnt sein Buch mit einer Dystopie: In einer Welt ohne – oder mit deutlich weniger – Insekten als heute, insbesondere ohne die Honigbiene, ist Obst fast unerschwinglich, Vogelstimmen sind verstummt, weil Vögel keine Nahrung mehr finden, und im Wald müssen Menschen in Schutzanzügen tierische Kadaver entsorgen, weil die Insekten als Aasverwerter fehlen. Nach diesem kurzen „düsteren Ausblick in die Zukunft“, wie Settele den Einstieg überschreibt, geht das Buch jedoch weitaus optimistischer weiter. Die Situation ist ernst, doch noch haben wir die Möglichkeit zu handeln, so Setteles Tenor. Wie das aussehen könnte, beschreibt der Ökologie-Professor der Martin-Luther-Universität Halle und Koordinierende Leitautor des Sachstands-

berichts des IPBES (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*) anhand vieler Beispiele.

Alles hängt mit allem zusammen und so müssen die drei Krisen der Triple-Krise gemeinsam betrachtet und auch gemeinsam bekämpft werden. Im Mittelpunkt von Setteles Buch stehen trotzdem die Insekten – nicht nur ihr Rückgang, sondern vor allem ihre faszinierende Vielfalt, ihre Fähigkeiten und ihre Aufgaben in Ökosystemen. Das ist kein Wunder, denn Settele ist Insektenforscher und ein großer Liebhaber von Schmetterlingen, die sich passenderweise besonders gut dazu eignen, Menschen die ansonsten eher unliebsamen Insekten nahezubringen. Schmetterlinge als bedrohte Sympathieträger analog zum einsamen Eisbären „auf seiner Eisscholle“ können beispielsweise in der Schule Lernende für den Artenschutz begeistern. So beschreibt Settele zum Abschluss seines Buches einige Projekte, um Schülerinnen und Schülern die Bedeutung der Biodiversität und die Notwendigkeit von Klima- und Artenschutz bewusst zu machen.

Trotz des schwierigen Themas strahlt „Die Triple-Krise“ Optimismus aus. Das Buch ist anschaulich geschrieben und richtet sich an alle, die sich für Umwelt- und Klimaschutz interessieren und die die Zusammenhänge zwischen beiden Phänomenen verstehen wollen. Im Grunde kann man sogar sagen, dass Settele versucht ALLE Menschen anzusprechen, denn am liebsten würde er wohl jede/jeden mit seinem eindringlichen Appell erreichen. Indem er auf den moralischen Zeigefinger verzichtet, gelingt es dem Autor, beim Lesenden ein „Wir-Gefühl“ zu erzeugen: „Wenn jeder von uns sein Verhalten in nur kleinen Dingen ändert, kann das einen großen Effekt haben.“ Dazu trägt auch bei, dass der Autor sehr authentisch auftritt, über seinen Werdegang und seine Motivation schreibt und das Ganze mit einer sympathischen Prise Humor würzt.

- [1] J. Simmons (1999). Who is Who der Wissenschaften. Bastei Lübbe, Bergisch-Gladbach.
- [2] M. Fischer et al. (2019). *BiuZ* 49, 399–402.
- [3] C. Hertler, M. Weingarten (2001). Ernst Haeckel (1834–1919). S. 434–455 und 535–537 in I. Jahn, M. Schmitt, M. (Hrsg.) Darwin & Co., C. H. Beck, München.
- [4] N. Hopwood (2015). Haeckel's Embryos: Images, Evolution, and Fraud. University of Chicago Press, Chicago.



Die „Triple-Krise“ wurde 2020 geschrieben und ist bereits in mehreren Auflagen erschienen. Von seiner Aktualität hat das Buch jedoch nichts eingebüßt. Im Gegenteil: Je mehr Zeit vergeht, ohne dass sich etwas ändert in den Bemühungen, dem Klimawandel und damit dem Artensterben entgegenzuwirken, desto dringlicher wird Setteles Appell: „Wir müssen endlich handeln!“

*Larissa Tetsch, Maisach*

### Die Tripe Krise – Artensterben, Klimawandel, Pandemie.

Warum wir dringend handeln müssen, Josef Settele, EDEL Books, Hamburg, 2020, 320 S., 22,95 Euro, ISBN 978-3-84190-653-3.

## BILDUNGSARBEIT

### Für mehr rassismuskritische Bildung



Auch aus biologischer Sicht gibt es keinen wissenschaftlichen Grund, von „Rassen“ zu sprechen. Dies machte zuletzt die Jenaer Erklärung deutlich. „Den Begriff ‚Rasse‘ überwinden“, wie es im Titel des vom Jenaer Biologiedidaktiker Karl Porges herausgegebenen Sammelbandes heißt, ist also geboten. Es bedarf jedoch mehr, um den hinter dem sozialen Konstrukt der „Rasse“ stehenden Rassismus aus der Welt zu schaffen. Dazu einen Beitrag zu leisten, ist das Anliegen des Bandes: Er beabsichtigt die „Theorie-Praxis-Verzahnung für eine rassismuskritische Bildungsarbeit“ (S. 19).

Ausgangspunkt des Sammelbandes war die gleichnamige Tagung an der Friedrich-Schiller-Universität Jena im Jahr 2021. Er versammelt wissenschaftliche Beiträge, aber

auch Anregungen für und Berichte aus der Bildungspraxis. Von den Tagungsbeiträgen finden sich leider nur wenige im Band wieder. Dafür kommen neue, qualitativ hochwertige Beiträge wie Wulf D. Hunds Begriffsgeschichte von „Rasse“ dazu. Hund zeigt kenntnisreich, wie das von Ernst Haeckel wissenschaftlich legitimierte Rassedenken „von Linien ethnischer, nationalistischer, rassen-typologischer, religiöser und klassenspezifischer Differenzierungen durchzogen“ war, „die immer auch wertenden Charakter hatten“ (S. 45). Den von Hund angeschnittenen Rassismus Kants vertieft die Philosophin Peggy H. Breidenstein in diesem Sammelband. Ihr anregendes Plädoyer lautet: Die rassistischen Ausführungen Kants seien weder zu verbannen, noch zu bagatellisieren. Stattdessen solle „Kant gegen Kant und über ihn hinaus“ (S. 117) gelesen werden. In zwei Beiträgen beleuchten Porges' Kollegen der Jenaer AG Biologiedidaktik Haeckels humanphylogenetische Suchbewegungen und Antisemitismus. Sie zeichnen detailreich nach, wie politische Überzeugungen und Sozialdarwinismus in Haeckels Forschung Einzug hielten, und führen den Nachweis, warum sie Haeckel nicht als einen „antisemitische[n] ‚Vordenker‘ des Nationalsozialismus“ (S. 166) charakterisieren. Jedoch kommt dabei die Diskussion gegenläufiger Forschungsmeinungen etwas zu kurz.

Unter den drei Beiträgen zu den „Grundlagen moderner rassismuskritischer Bildungsarbeit“ sticht Michael Mays Beitrag hervor, weil er Theorie und Praxis hervorragend miteinander verknüpft. Der Jenaer Politikdidaktiker präsentiert eine Matrix zur Analyse von schulischen Situationen, in denen es zu rassistischer Hatespeech kommt. Wie May mikrosoziologische Analyse und sozialpsychologische Forschung verbindet, überzeugt. Weniger überzeugen können dagegen Maria Palmes Ausführungen zu Kinderrechten und Rassismus, da es ihnen

an sprachlicher und inhaltlicher Sorgfalt fehlt.

Anschließend stellen fünf Beiträge außerschulische „(Bildungs-) Räume für das Erinnern und den Dialog“ vor. Hervorzuheben ist der Beitrag von Lisa Caspari und Rebekka Schubert, der überzeugend skizziert, was die aktuelle Ausstellung „Wohin bringt ihr uns? ‚Euthanasie‘-Verbrechen im Nationalsozialismus“ im Erinnerungsort Topf & Söhne für die historische und rassismuskritische Bildungsarbeit zu leisten vermag. Annegret Harendt zeigt kreativ auf, wie das Schullabel „Schule ohne Rassismus. Schule mit Courage“ mit neuem Leben gefüllt werden kann.

Den Abschluss bilden vier „Impulse für den (Fach-)Unterricht“, die in doppelter Hinsicht wirken: Zum einen laden sie wie der Vorschlag einer Zeitreise im Biologieunterricht zur Nachahmung ein. Zum anderen stoßen sie das Nachdenken über die eigene Lehrpraxis an: Während sich an mancher Anregung sicherlich reiben lässt, werden die Erfahrungsberichte aus dem Schulltag bei Leser/-innen aus dem Schulkontext sicherlich resonieren.

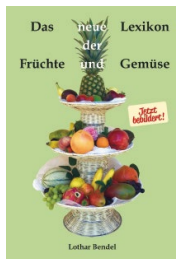
Auch wenn es dem Sammelband nicht immer gelingt, dass sich Theorie und Praxis wechselseitig befruchten, bringt er doch beides und viele Perspektiven auf eine verdienstvolle Weise zusammen. Somit leistet er einen relevanten Beitrag zur rassismuskritischen Bildung(-sarbeit). Da der Band im Internet frei zugänglich ist, sei insbesondere allen im Bildungsbereich Aktiven angeraten, sich eingehend mit ihm zu beschäftigen.

*Johannes Streitberger, KomRex - Zentrum für Rechtsextremismusforschung Jena*

### Den Begriff „Rasse“ überwinden.

Die Jenaer Erklärung in der (Hoch-) Schulbildung, Karl Porges (Hrsg.), Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 2023, 384 S., 24,90 Euro, ISBN 978-3-7815-6008-6.

## LEXIKON

Gemüslisches  
Lesevergnügen

Es ist viel informatives „Lese-futter“, das uns der Vollblutkoch und Nahrungs-pflanzenkenner hier mit vielerlei Verwendungsmöglichkeiten

anbietet: umfassende Sachinformationen zu ca. 270 Obst- und Gemüsesorten (regionaltypische Bezeichnungen, Allgemeines/Herkunft/ Geschichtliches, Aussehen, Geschmack, Hauptinhaltsstoffe, Verwendung/Zubereitung, Lagerung, volksmedizinische Bedeutung, Tipps und weitere – teils verblüffende –

Details, die nur der Fachmann kennt). Bendel hat an alles gedacht, geradezu so, als wenn er in einen virtuellen Dialog mit seinem „botanischen Rechercheobjekt“ getreten wäre und sich dabei alles Wissenswerte offenbart hätte. Das – bezogen auf die Informationsfülle textgewaltige, kombinierte Nachschlage- und Lesewerk mit je einem, die Arten- bzw. Sortentypica dokumentierenden Foto – ist unter den Konkurrenzprodukten ein Buch mit individuellem Gepräge und „Leidenschaft“ für Obst und Gemüse. Es ist in vielen Passagen auch einfach „nur“ ein unterhaltsam-informativer Lesestoff zu Nahrungspflanzen, die uns persönlich interessieren. Dabei werden gerne mal die Grenzen zum Schmunzeln überschritten: Kakis in Japan als Katerkiller, „Ladyfinger“ als Bezeichnung für Okras, Baby-Bananen als englischer Begriff für

Löffelbiskuit-Gebäck sowie das leidige „Paranuss-Prinzip“, das die oft seltsame Verteilung von Mischnüssen erklärt.

L. Bendel hat eine sorgfältig recherchierte Datenmenge einschließlich Kalorientabelle und Saisonkalender zu einer lesenswerten Lexikonvariante zusammengetragen – für „gemüslische“ Stunden, wie er selbst schreibt. Als Sahnehäubchen zieht sich zudem der Leitgedanke der Lebensmittelwertschätzung mit durch das Werk.

*Christiane Högermann, Osnabrück*

Das neue Lexikon der Früchte  
und Gemüse.

Lothar Bendel, Eigenverlag  
(bendel@t-online.de), Roxheim,  
589 S., 24,00 Euro, ISBN 9-783-  
00073-134-1.

## ANWALT FÜR DIE WISSENSCHAFT: ERWIN BECK VERLÄSST DAS EDITORIAL BOARD DER BIUZ



**Erwin Beck bei der Eröffnung der von ihm geleiteten Wanderausstellung zur Biodiversität („Vielfalt zählt“) im Naturhistorischen Museum Wien.** Foto: DFG 2016.

maßgeblich zum Erhalt der Qualität von Biuz bei. Die kritische und doch empathisch unterstützende und konstruktive Weise, mit der Erwin Beck in seinen Kommentaren Lösungen anbot, beeindruckte immer wieder das Kuratorium/Editorial Board und die vier Biuz-Redakteurinnen, mit denen er über die Jahre stets vertrauensvoll und mit Freude zusammenarbeitete. Dass Erwin Beck der Biuz bis ins 87. Lebensjahr so aktiv verbunden blieb und noch weiter bleiben wird, kann gar nicht genug gewürdigt werden. Ein ganz großes Dankeschön!

Karl-Josef Dietz, Präsident des VBIO  
Christian Körner, Mitglied des Editorial Board der Biuz

Nach mehr als 33 Jahren verlässt der Bayreuther Pflanzenphysiologe Erwin Beck das Editorial Board der Biologie in unserer Zeit (Biuz). Diese lange Zeit ist gekennzeichnet durch sein breites biologisches Interesse, seine Zuverlässigkeit, seine Empathie für die Akteure, seine Bereitschaft, regionale wie globale Verantwortung zu übernehmen und seine stete, aber bedachte Zukunftsorientierung. Im Sinne eines Eisenbahnvergleichs ist Erwin Beck die seit der Inbetriebnahme störungsfrei fahrende starke E-Lok und kein flüchtiger ICE, der kommt oder nicht und dessen Technik regelmäßig ausfällt. Das Biuz-Team und der VBIO sagen Danke für dieses unglaubliche und beeindruckende Engagement für die Biuz.

Becks wissenschaftliches Werk zeigt eine für heutige Verhältnisse außergewöhnliche Breite und prädestiniert ihn als Ratgeber und Gutachter sowohl für das wissenschaftliche Publizieren als auch für die Forschungsförderung. Daraus ergab sich wiederum sein starkes und einflussreiches politisch-gesellschaftliches Engagement für die Wissenschaft im Allgemeinen und die Biologie im Besonderen.

Diese Kombination aus Wissenschaft und wissenschaftspolitischem Wirken war für die Biuz ein riesiger Gewinn und trug



**Erwin Beck (Mitte) im Oktober 2022 mit zwei Mitarbeitern auf einem Messturm über den Baumkronen des ecuadorianischen Bergwalds.** Foto A. Bräuning.

## MIKROBEN VERSTEHEN

## Wo kommen Mikroben *nicht* vor?

**Mikroben leben (fast) überall. Tatsächlich ist es kaum möglich, Stellen auf der Erde zu finden, die unter natürlichen Bedingungen völlig unbelebt sind. Vor allem Archaeen sind dafür bekannt, dass sie in den unwirtlichsten Umgebungen vorkommen und sich dort vermehren oder überleben können: in Gewässern mit extremen pH-Werten, in Seen mit sättigender Salzkonzentration, bei Temperaturen über 100 °C oder in trockenen Böden. Es könnte aber Orte mit Kombinationen ökologischer Extreme geben, bei denen auch Mikroben passen müssen.**



**ABB. 1** Geothermalgebiet am Dallol-Vulkan der Afar-Region im Grabenbruch Äthiopiens. Im freien Wasser heißer, extrem salzhaltiger und saurer Tümpel sind Mikroben bisher nicht nachweisbar. Foto: A. Savin, WikiCommons (2018).

Sollen Gegenstände oder Räume frei von Mikroorganismen bleiben, so greift man zu drastischen Mitteln, um die Zellen abzutöten oder zu entfernen – was trotz größerem technischen Aufwand nicht immer vollständig gelingt. Manche Mikroben widerstehen Bedingungen, die für unsere Vorstellung äußerst lebensfeindlich anmuten und die zu besonderen evolutionären Anpassungen geführt haben müssen. So überleben einige Arten an Satelliten im Orbit, leben in kochendheißen vulkanischen Quellen oder tausende Meter unter dem Meeresboden, wo sie vermutlich seit Jahrmillionen überdauern [1]. Doch finden wir auch natürliche Orte auf unserer Erde, die frei von Mikroben bleiben?

### Lebensräume für Extremophile

Um unbesiedelbare Gewässer oder Böden zu entdecken, sucht man nach Orten mit überaus harschen Bedingungen wie extrem heiße, kalte, saure, basische, trockene, salzige, giftige oder strahlenbelastete Stätten. Die Untersuchung unwirtlicher Umgebungen nahm vor etwa 50 Jahren Fahrt auf, als Thomas Brock im vulkanisch geprägten Yellowstone Nationalpark hitzeliebende Mikroben isolierte [2]. Heute kennt man viele sogenannte extremophile Mikroorganismen. Darunter sind Thermophile (hitzeliebend bis 80 °C), Cryophile (kälteliebend unter -10 °C), Acidophile (säureliebend bis pH 2), Alkaliphile (laugeliebend bei pH > 9), Halophile (salzliebend bis zur Sättigungskonzentra-

tion), Piezophile (druckliebend ab 40 MPa, dem 400-fachen des Atmosphärendrucks) und nach anderen Vorlieben eingeordnete Mikroben [3]. Tabelle 1 listet einige Biotope mit Extremophilen auf. Reichen die ökologischen Parameter nicht an existenzbedrohende Werte heran, so steigt die Vielfalt vorkommender Organismen [3, 4]. Ob Mikroben an extreme Habitate angepasst sind und sich nur dort vermehren können oder diese Bedingungen gerade noch aushalten, ist vor Ort nicht immer ersichtlich. Man unterscheidet dabei etwa zwischen Thermophilen, die hohe Temperaturen benötigen, und Thermotoleranten, die bevorzugt bei niedrigeren Temperaturen leben, aber höhere überleben. Die Entdeckung von Archaeen, die selbst in kochendem Wasser existieren, und der Art *Methanopyrus kandleri*, die noch bei 122 °C wächst und sich unter 85 °C nicht mehr vermehrt, weil es zu kalt ist [5], erzwang eine Erweiterung der Einordnung – sie zählen zu den Hyperthermophilen. Der Spitzenreiter ist ein kokkoides Archaeon, das mehrere Stunden bei 130 °C überlebt (Tabelle 1). Spezialisierte Organismen sind zumindest an einen außergewöhnlichen Umweltparameter gut angepasst [6]. Denn was wir als extreme Bedingungen bezeichnen, ist für dort lebende Organismen seit Jahrmillionen oder länger eine normale Umwelt. So würden halophile Archaeen in extrem verdünnten Salzlösungen (Süßwasser) nicht überleben und schlicht platzen. Die reine Suche nach exotischen Extremophilen mündete inzwischen in die Erforschung physikochemischer Grenzen mikrobiellen Lebens [7]. Permanent sterile Orte sollten demnach eher Kombinationen von Extremen aufweisen.

### Lebensräume für Polyextremophile

Auch in heißen Salzlaken, in sauren und heißen Quellen und in anderen, durch mehrfache Extreme ausgezeichneten Orten findet man

TAB 1. BEISPIELE FÜR EXTREME HABITATE MIT ORGANISMEN<sup>1)</sup>

Habitat	ökologische Extreme	vorkommende Organismen <sup>2)</sup>	tolerierte Extreme	Anpassung	Referenzen
Salzseen, Salinen	extrem hohe Salinität (NaCl)	<i>Halarsenatibacter silvermanii</i> (B) <i>Halobacterium salinarum</i> (A)	1 – 5,5 M (sättigend) 1 – 5,5 M	halophil	R1 R2
Obsidian Pool Yellowstone Nationalpark	sehr hohe Temp.	<i>Geothermobacterium ferrireducens</i> (B)	100 °C	hyperthermophil	R3
hydrothermaler Schlot Pazifik, 2000 m Tiefe	extrem hohe Temp. hoher Druck	<i>Methanopyrus kandleri</i> (A)	116 °C / 0,4 MPa 122 °C / 20 MPa	hyperthermophil piezotolerant	R4
hydrothermaler Schlot Cayman Trough, 5000 m Tiefe	extrem hoher Druck hohe Temperatur	<i>Thermococcus piezophilus</i> (A)	0,1 – 125 MPa 60 – 95 °C	piezophil (tolerant) hyperthermophil	R5
hydrothermaler Schlot Guaymas Becken (USA)	sehr hohe Temp.	<i>Thermococcus gammatolerans</i> (A)	55 – 95 °C 30 kGy <sup>3)</sup>	hyperthermophil γ-Strahlen-tolerant	R6
Dung	alkalisches Milieu hohe Temperatur	<i>Anoxybacillus pushchinensis</i> (B)	pH 8 – 10,5 37 – 66 °C	alkalithermophil	R7
Fumarolen (Hokkaido, Japan)	extrem saures Milieu hohe Temperatur	<i>Picrophilus oshimae</i> (A)	pH < 0,5 50 – 65 °C	hyperacidophil thermophil	R8, R9
Sediment von Seen im Geothermalgebiet am Dallol-Vulkan (Äthiopien)	extrem saures Milieu extrem hohe Salinität hohe Temperatur	Nanohaloarchaeen (A) (mikroskopischer und genetischer Nachweis)	pH 0,25 – 2,4 Na <sup>+</sup> 3,9 – 5,1 M 47 – 86 °C	hyperacidophil halophil, thermophil (in Mineralien en- krustiert)	R10
Wadi an-Natron (Ägypten)	extrem salzhaltig alkalisch, heiß	<i>Natronaerobius thermophilus</i> (B)	Na <sup>+</sup> 3 – 3,9 M pH 8,3 – 10,6 37 – 54 °C	haloalkaliphil thermophil	R11
arktischer Permafrostboden	extrem kalt salzhaltig (NaCl)	<i>Planococcus halocryophilus</i> (B)	–15 – –25 °C 1,7 – 3,0 M	cryophil halophil	R12

<sup>1)</sup> weitere Beispiele in [7]; <sup>2)</sup> ausgewählte Arten der Archaea (A), Bacteria (B); <sup>3)</sup> etwa die vierfache für Menschen absolut tödliche Strahlendosis

## Referenzen zu Tabelle 1

- R1 J.S. Blum et al. (2009). Appl. Environ. Microbiol. 75, 1950–1960, <https://doi.org/10.1128/AEM.02614-08>  
R2 F. Pfeifer (2017). Biologie in unserer Zeit 47, 378–384, <https://doi.org/10.1002/biuz.201710633>  
R3 K. Kashefi et al. (2002). Appl. Environ. Microbiol. 68, 1735–1742, <https://doi.org/10.1128/AEM.68.4.1735-1742.2002>  
R4 K. Takai et al. (2008). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 105, 10949–10954, <https://doi.org/10.1073/pnas.0712334105>  
R5 C. Dalmasso et al. (2016). Syst. Appl. Microbiol. 39, 440–444, <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2016.08.003>  
R6 E. Jolivet et al. (2003). Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 53, 847–851, <https://doi.org/10.1099/ijs.0.02503-0>  
R7 E. Pikuta (2000). Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 50, 2109–2117, <https://doi.org/10.1099/00207713-50-6-2109>  
R8 C. Schleper et al. (1996). Int. J. Syst. Bacteriol. 46, 814–815, <https://doi.org/10.1099/00207713-46-3-814>  
R9 C. Schleper et al. (1995). Nature 375, 741–742, <https://doi.org/10.1038/375741b0>  
R10 F. Gómez et al. (2019). Sci. Rep. 9, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44440-8>  
R11 N.M. Mesbah et al. (2007). Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 57, 2507–2512, <https://doi.org/10.1099/ijs.0.65068-0>  
R12 N.C.S. Mykytczuk et al. (2013). ISME J. 7, 1211–1226, <https://doi.org/10.1038/ismej.2013.8>

Mikroben – die Polyextremophilen (Tabelle 1). Untersuchungen heißer vulkanischer Gewässer des neuseeländischen Taupō-Gebiets zeigen, dass (sehr) saure pH-Werte die mikrobielle Diversität einschränken. Der primär selektierende pH-Einfluss verschwindet jedoch bei Temperaturen über 70 °C. Nun begrenzt eher die heiße Umgebung die Artenvielfalt der Thermoacidophilen oder pH-toleranten Mikroben bei pH-Werten zwischen 1 und 9. Wobei 46 gemessene physikochemische Parameter nicht ausreichen, um das Ausmaß der Biodiversität des geothermalen Ökosystems von 925 untersuchten Quellen einzuordnen [4]. Man vermutet, dass eine lokale (Nischen-)Evolution der Organismen

mitspielt, die sich schon bei benachbarten heißen Quellen im Yellowstone Nationalpark beobachten ließ. Auch die Anpassung an mehrere ökologische Extreme haben viele Mikrobenarten bewältigt. Inzwischen kennt man neben thermoacidophilen auch thermohalophile, thermopiezophile, hitze-strahlenresistente sowie hitze-trockenresistente und noch andere bi-extremophile Mikroben (Tabelle 1). Das Interesse erstreckt sich deshalb auf Orte mit weiteren bizarren Eigenschaften. Besonders lebensfeindlich versprochen dabei zwei sehr unterschiedliche Stätten zu sein: die erst 1926 entstandene Geothermalregion am Dallol-Vulkan in der Danakil-Senke Äthiopiens und die seit Millionen

Jahren existierenden schnee- und eisfreien Trockenböden der Antarktis [8, 9].

### Das Geothermalgebiet Dallol

Die extrem heiße und aride Region des äthiopischen Grabenbruchs wird mit seinen schwefeligen Thermalfeldern, salzig-sauren Tümpeln und Trockengebieten auch bildhaft als das „Tor zur Hölle“ bezeichnet (Abbildung 1) [3]. Hier finden wir Quellen mit 90–110 °C, pH < 0 und Salzlaken an der Sättigungsgrenze mit durch Metallionen gefärbtem Wasser [8, 10]. Proben, deren Mischung nicht in allen Komponenten extrem ausfällt, enthalten DNA einiger Bakterien und zahlreicher Archaeen aus mehreren phylogenetischen

schen Zweigen [10]. Freies Wasser aus Tümpeln mit besonders extremen Eigenschaften birgt aber offenbar auch für Polyextremophile Probleme. Als lebensfeindliche Konstellation stellt sich Hypersalinität ( $\text{NaCl} > 5,5 \text{ M}$ ) mit Hyperacidität ( $\text{pH} \approx 0$ ) heraus, unabhängig von der Temperatur. Allerdings kommen Nanohaloarchaen enkrustiert in Mineralien bei  $\text{pH} 0,25$ ,  $\approx 5 \text{ M Na}^+$  und  $86 \text{ }^\circ\text{C}$  vor und scheinen sich dort eine Nanonische zu schaffen (Tabelle 1) [8]. Eine zweite Grenze bilden hohe  $\text{Mg}^{2+}$ -Konzentrationen ( $> 0,4 \text{ M}$ ) in Salzlaken [10].  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  stören durch ihre chaotrope Eigenschaft die Struktur von Proteinen und senken die Wasseraktivität mit dem Effekt, dass trotz einer flüssigen Umgebung  $\text{H}_2\text{O}$  nicht mehr ausreichend für Reaktionen mobilisiert werden kann. Hohe  $\text{Mg}^{2+}$ -Konzentrationen allein ( $\text{MgCl}_2 \geq 5 \text{ M}$  bei  $\approx 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) verhindern anderenorts mikrobielles Wachstum aber nicht [7].

### Trockengebiete der Antarktis

Die Verfügbarkeit von Wasser spielt auch in der Antarktis eine Rolle. Es gibt „Oasen“, die eisfrei und extrem nährstoffarm bleiben, weil seit Jahrtausenden starke Winde jegliche Ablagerung verwehen und dort (nahezu) kein Niederschlag fällt. In den bis  $-50 \text{ }^\circ\text{C}$  kalten, extrem trockenen und stark Chlorat-haltigen Böden der höheren Gebirgshänge des Shackleton-Gletscher-Gebiets (Abbildung 2) ließen sich meist weder DNA noch Zellen nachweisen. Vermutlich sind weitere Parameter im Zusammenhang mit der Höhenlage von Einfluss, wobei Proben aus tiefer gelegenen Regionen Bakterien, Pilze und wenige Archaeen enthielten [9]. Der salzhaltigste Teich der



**ABB. 2** Schnee- und eisfreie Gebirgshänge und Täler im Gebiet des Shackleton-Gletschers in der Antarktis. Die kalten, salzigen und trockenen Böden höherer Gebirgsregionen enthalten (nahezu) keine Mikroben. Foto: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Landsat7\\_dry\\_valley\\_lrg.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Landsat7_dry_valley_lrg.jpg)

Antarktis, der Don Juan Pond, mit bis zu  $470 \text{ g Salz/l}$  (überwiegend  $\text{CaCl}_2$  neben  $\text{NaCl}$ ) und einer geringen Wasseraktivität friert selbst bei  $-50 \text{ }^\circ\text{C}$  nicht zu, ist aber vermutlich für Mikroben zu „trocken“; frühere Hinweise auf Leben sind umstritten [11]. Gleichwohl leben trotz Kälte, Trocken- und Salzstress auch verschiedenste Mikroben in der Antarktis [7].

Ob die erwähnten unwirtlichen Orte wirklich dauerhaft unbelebt sind, bleibt zunächst offen. Die fehlende Evidenz mikrobiellen Lebens in punktuellen Proben bedeutet noch nicht, dass ein endgültiger Nachweis steriler Flecken auf unserer Erde erbracht wäre. Die Untersuchungen zeigen aber, welche natürlichen Bedingungen Organismen an die Grenze der Nachweisbarkeit und Lebensfähigkeit bringen [7]. Und sie führen zurück zu der spannenden Frage nach den biologischen Anpassungen, die Leben in der Welt extremer Habitate zulassen.

### Literatur

- [1] Y. Morono et al. (2020). Nat. Commun. 11, <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17330-1>
- [2] T. Brock (1978). Thermophilic microorganisms and life at high temperatures. Springer, New York.
- [3] S. Elleuche (2018). Extreme Lebensräume. Springer-Verlag Deutschland.
- [4] J. F. Power et al. (2018). Nat. Commun. 9, <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05020-y>
- [5] K. Takai et al. (2008). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 105, 10949-10954, <https://doi.org/10.1073/pnas.0712334105>
- [6] D. Bregnard et al. (2023). Geothermal Energy 11, <https://doi.org/10.1186/s40517-023-00269-z>
- [7] N. Merino et al. (2019). Front. Microbiol. 10, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00780>
- [8] F. Gómez et al. (2019). Sci. Rep. 9, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44440-8>
- [9] N. B. Dragone et al. (2021). JGR Biogeosci. 126, <https://doi.org/10.1029/2020JG006052>
- [10] J. Belilla et al. (2019). Nat. Ecol. Evol. 3, 1552–1561, <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1005-0>
- [11] A. Oren (2013). In: J. Seckbach et al. (Ed.) Polyextremophiles. Springer, Dordrecht, 217–232.

Harald Engelhardt, Martinsried



## PARTNER DES MENSCHEN

## Rhizobien

Die Menschen haben sich im Laufe ihrer kulturellen Entwicklung wiederholt Mikroben zu Partnern gemacht. Zu ihnen gehören die Rhizobien oder Knöllchenbakterien, die mit ihrem Vermögen, Hülsenfrüchtler wie Bohnen, Linsen und Erbsen auf stickstoffarmen Böden wachsen zu lassen, die menschliche Ernährung bereichern. Seit Jahrtausenden profitieren Menschen davon, und seit etwa 130 Jahren werden Rhizobien auch gezielt in der Landwirtschaft eingesetzt.



**ABB. 1** Wachstumsversuche mit Erbsen (*Pisum sativum*) in sterilem Sand ohne Stickstoffverbindungen und ohne (328–330) oder mit Beigabe einer Mikrobensuspension aus natürlichen Böden (339–341). Originalfoto (Ausschnitt) aus [3, Tafel III].

Pflanzliche Kost spielte für Menschen immer eine Rolle, doch erst als sie im Neolithikum sesshaft zu werden begannen und in der Folge intensiv Ackerbau betrieben, entwickelte sich beiläufig die versteckte Annäherung von Mensch und Rhizobien. Die Bodenbakterien gehen eine Symbiose mit Hülsenfrüchtlern (Leguminosen) ein und vermitteln ihnen Wachstumsvorteile und Eigenschaften, die sich auch günstig auf

unsere Ernährung auswirken (die Gattung *Rhizobium* war deswegen *Mikrobe des Jahres 2015*, <https://vaam.de>).

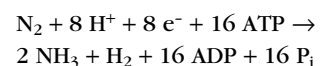
Getreide wurde im Mittelmeerraum vor etwa 6000 Jahren zum bevorzugten Nahrungsmittel, wie sich aus Zahnsteinproben alter Skelette entnehmen lässt [1]. Stetiger Anbau verarmt den Boden an Mineralien und besonders Stickstoff, so dass Felder erst nach einer Ruhezeit wieder genügend Ertrag brachten. Das erwähnt bereits Plinius (23 bis 79 n. Chr.) in seinem über viele Jahrhunderte geschätzten Werk „Die Naturgeschichte“ [2]. So entstand zunächst die Zwei- und im Mittelalter die Dreifelderwirtschaft mit Brachen und in neuerer Zeit mit ausgesuchten Fruchtfolgen. Aber schon Plinius berichtete über eine Alternative zur Brache: „Virgil will, man solle ein Feld um das andere brach liegen lassen, was [...] unbezweifelt das Beste ist. Gestatten diess die Umstände nicht, so säe man Dinkel oder etwas anderes [...] dahin, wo Wolfsbohne, Wicken oder grosse Bohnen standen.“ [2, 18. Buch]. Er erwähnt im Text neben großen Bohnen (*Vicia faba*), Wolfsbohne (Lupine) und Wicke auch Linse, Kichererbse, Luzerne und Klee. Die Leguminosen dienen und dienen bis heute zur Bodenregeneration, Gründüngung durch Unterpflügen, als Tierfutter und die proteinreichen Samen der essbaren Körnerleguminosen unserer Ernährung.

### Vom Kommensalen zum Symbionten

Warum Leguminosen auf stickstoffarmen Böden gedeihen, hat man

erst seit Ende des 19. Jahrhunderts genauer verstanden. Man fand die Ursache in Bakterien, den Rhizobien, die die schon lange bekannten Wurzelknöllchen hervorrufen, sie besiedeln, sich von normalen Zellen zu N<sub>2</sub>-fixierenden Bacteroiden wandeln, die Stickstoffverbindungen an den Pflanzenwirt weitergeben und so sein Wachstum fördern (Abbildungen 1 und 2) [3–5]. Mit dem Sammelnamen Rhizobien bezeichnet man Arten mehrerer Gattungen der Proteobakterien, die spezifische Symbiosen mit Leguminosen eingehen (Tabelle 1).

Die organismische Beziehung begann vor etwa 100 Millionen Jahren, als bei einem Leguminosenvorfahren die Eigenschaft ausgebildet wurde, mit damaligen Rhizobien in Kontakt treten zu können. Diese vermochten Luftstickstoff noch nicht zu nutzen; sie erwarben die Fähigkeit vermutlich später durch horizontalen Gentransfer (nur Mikroben können N<sub>2</sub> fixieren). Es dauerte rund 40 Millionen Jahre, bis sich eine Lebensgemeinschaft etablierte und auf weitere Arten übertrug [6]. Die Symbiose hat mitbewirkt, dass heute Leguminosen mit fast 20.000 Arten zu den vielfältigsten Blütenpflanzen und die Knöllchenbakterien zu den besonders reichhaltigen Familien zählen [7]. Obwohl die Symbiose in Zeiten eines atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Anteils von 1000 bis über 1500 ppm (vor 65–45 Millionen Jahren, heute 420 ppm mit steigender Tendenz) Wachstumsvorteile für die Pflanzen brachte und zu ihrer Verbreitung beitrug, blieb die Lebensgemeinschaft fakultativ. Einen Grund dafür sieht man in dem Aufwand für die Knöllchenbildung und N<sub>2</sub>-Fixierung. Die Reaktion der Nitrogenase (des N<sub>2</sub>-reduzierenden Enzyms) erfordert viel Stoffwechselenergie:



Rhizobien wie Leguminosen können auch – und das energiesparender – mineralische Stickstoffverbindungen

wie  $\text{NH}_4^+$  oder  $\text{NO}_3^-$  direkt aufnehmen. Sind sie im Boden vorhanden, werden der komplexe Symbioseprozess mit wechselseitiger Genaktivierung und die Nitrogenasesynthese nicht in Gang gesetzt [8, 9, 6]. Der evolutionäre Druck zu einer obligaten Symbiose war so nicht hoch oder stetig genug und ließ mitunter den Verlust der Symbiosekompetenz zu.

Der Effekt der Symbiose zeigt sich im etwas höheren Stickstoffgehalt (Protein) besonders der Samen gegenüber Pflanzen ohne Wurzelknöllchen. Der Gehalt korreliert mit einer rascheren Keimung und dient vermutlich als Ressource für die künftige Knöllchenbildung und von Alkaloiden zur Herbivorenabwehr [7]. Die Symbiose bietet auch Rhizobien Vorteile. Sie vermehren sich in den Knöllchen, werden mit Verbindungen aus der pflanzlichen  $\text{CO}_2$ -Fixierung und einer für die  $\text{N}_2$ -Bindung notwendig geringen und für die bakterielle Atmungskette hinreichenden  $\text{O}_2$ -Konzentration versorgt. Das Gleichgewicht gewährleistet das Leguminosen-(Leg-)Hämoglobin, welches aktive Wurzelknöllchen sichtbar rot färbt (Abbildung 2). Rhizobien in durchlüfteten Böden fixieren  $\text{N}_2$  ineffizienter.

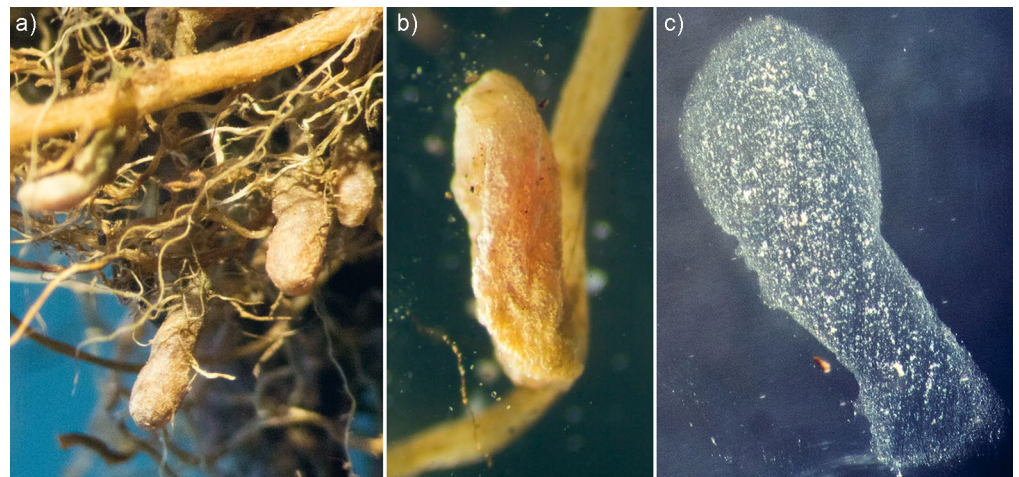
### Ein neuer Mitspieler

Die symbiotische Win-Win-Situation erweiterte sich seit Einbeziehung der Hülsenfrüchtler in die Landwirtschaft um einen weiteren (fakultativen) Mitspieler und Nutznießer zu einem speziellen Dreiergeschäft (Abbildung 3). Rhizobien verbessern mit den Leguminosen den Ackerboden, dadurch die Ernterträge und die Ernährungsbedingungen der Menschen; der verstärkte Anbau von Leguminosen verbreitet nicht nur die bevorzugten Hülsenfrüchtler, sondern auch ihre mikrobiellen Partner. Man schätzt, dass landlebende Bakterien jährlich etwa 170 Millionen Tonnen  $\text{N}_2$  binden, davon allein ein Viertel auf Landwirtschaftsflächen [10].

**TAB 1. BEISPIELE FÜR SYMBIOSEN ZWISCHEN LEGUMINOSEN UND RHIZOBIEN\*)**

Pflanze	Art (Beispiel)	Knöllchenbakterium
<b>Körner- und Ölleguminosen</b>		
Erbse	<i>Pisum sativum</i>	<i>Rhizobium leguminosarum</i> var. <i>viciae</i>
Ackerbohne	<i>Vicia faba</i>	<i>R. leguminosarum</i> var. <i>viciae</i>
Linse	<i>Lens culinaris</i>	<i>R. leguminosarum</i> var. <i>viciae</i>
Gartenbohne	<i>Phaseolus vulgaris</i>	<i>R. leguminosarum</i> var. <i>phaseoli</i> , <i>R. etli</i>
Kichererbse	<i>Cicer arietinum</i>	<i>Mezorhizobium ciceri</i>
Sojabohne	<i>Glycine max</i>	<i>Bradyrhizobium japonicum</i> , <i>B. alkanii</i> (Amerika) <i>Sinorhizobium fredii</i> (China, Indien)
Erdnuss	<i>Arachis hypogaea</i>	<i>R. hainanense</i>
<b>Weide- und Futterleguminosen</b>		
Klee	<i>Trifolium</i> spp.	<i>R. leguminosarum</i> var. <i>trifolii</i>
Lupine	<i>Lupinus luteus</i> <i>L. albus</i> , <i>L. angustifolius</i>	<i>B. lupini</i>
Luzerne	<i>Medicago sativa</i>	<i>S. meliloti</i> , <i>Allorhizobium undicola</i>

\*) Daten nach [12]



**ABB. 2 Wurzelknöllchen des Rotklee (*Trifolium pratense*). a) Wurzelwerk, b) aktives Wurzelknöllchen mit Rotfärbung durch Leg-Hämoglobin, c) membranumhülltes Kompartiment des Knöllchens (Symbiosom) mit Bacteroiden von *Rhizobium leguminosarum*.**

Als Hellriegel und Wilfahrt 1888 die symbiotische Bedeutung der Bakterien erkannt hatten und Beijerinck die Rhizobien beschrieben und isoliert hatte [3, 4], studierte der „Pionier der landwirtschaftlichen Bakteriologie“ Lorenz Hiltner die Wirtsspezifität der Rhizobien und patentierte 1896 die Beimpfung von Leguminosensamen [11]. Noch heute kann man Impfkulturen unter dem damals geprägten Namen „Nitragin“ erwerben. Die Behandlung versorgt die Sämlinge mit ihren spezifischen Symbionten und lässt sie in ungedüngten Böden zügig wachsen. Das Verfahren wird heute weltweit zur Ertragssteigerung von Leguminosen-

produkten angewandt, insbesondere beim Anbau von Sojabohnen auf bis zu 20 Millionen Hektar jährlich. In tropischen Plantagekulturen regeneriert man den Boden bevorzugt durch  $\text{N}_2$ -bindende Gründungspflanzen [12].

Allerdings konkurrieren die Rhizobien als natürliche Partner der Landwirtschaft mit der künstlichen Stickstoffdüngung. Die Entwicklung des Haber-Bosch-Verfahrens zur Reduktion des Luftstickstoffs machte den Anbau von Getreide ohne natürliche Bodenregeneration möglich. Inzwischen erkennt man die negativen Folgen der permanenten Überdüngung unserer Wiesen und

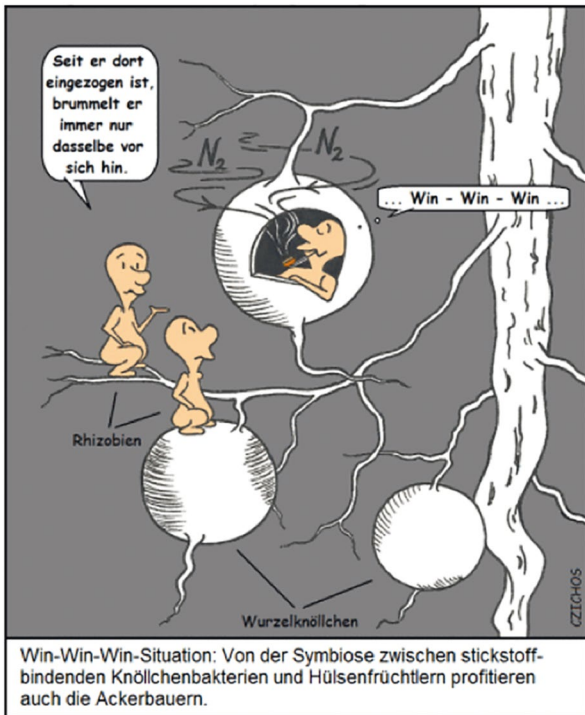


ABB. 3 Rhizobien in Wurzelknöllchen: Symbiose mit mehreren Nutznießern. © Joachim Czichos, www.joachim-czichos.de.

Felder für die Artenvielfalt und das Trinkwasser. Auch deswegen versucht man, die Fähigkeit  $N_2$ -fixierender Bakterien zu nutzen, Teile ihrer DNA in Pflanzen zu übertragen (speziell von *Rhizobium radiobacter*, ehemals *Agrobacterium tumefaciens*), um letztlich Düngung entbehrlich zu machen. Diesen Weg hat die Evolution bereits eingeschlagen, er hat aber (noch) nicht zum  $N_2$ -fixierenden Getreide geführt. Sollte es der Wissenschaft (schneller) gelingen, wäre es ein wahrer Durchbruch. Und wir gewinnen einen mikrobiellen Partner hinzu.

Harald Engelhardt, Martinsried

Literatur

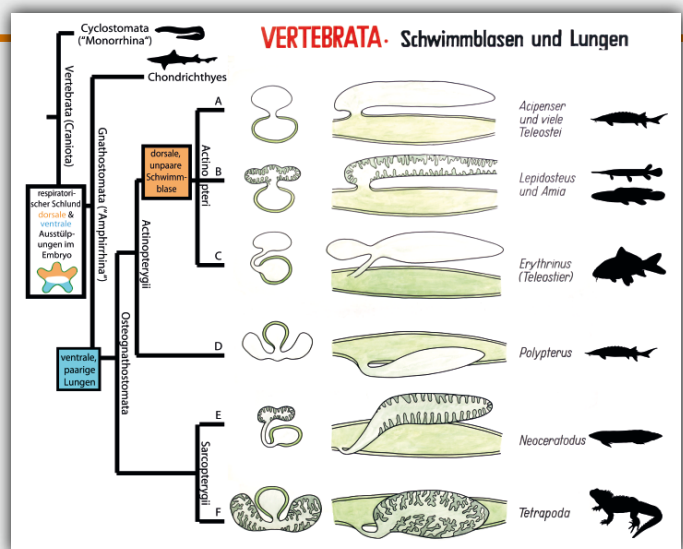
[1] A. Quagliariello et al. (2022). Nat. Commun. 13, <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34416-0>

[2] G. C. Wittgenstein (1881). Die Naturgeschichte des Cajus Plinius Secundus. Band 3 (XII. – XIX. Buch), Verlag Gressner & Schramm, Leipzig.  
 [3] H. Hellriegel, H. Wilfarth (1888). Zeitschr. Ver. Rübenzuckerindustrie D R 38 (Beilageheft) 1–234.  
 [4] M. W. Beijerinck (1888). Bot. Zeitg. 46, 725–735, 741–750, 757–771, 797–804.  
 [5] H. Engelhardt (2015). Biospektrum, 21, 232–233.  
 [6] K. Wippel et al. (2019). Biologie in unserer Zeit 49, 426–434.  
 [7] U. Mathesius (2022). J. Plant Physiol. 276, <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2022.153765>  
 [8] S. Zehner, M. Göttfert (2015). Biologie in unserer Zeit 45, 296–302.  
 [9] A. Becker (2015). Biospektrum 21, 151–153.  
 [10] P. Vorony, D. Derry (2008). in: J.S. Schepers, W.R. Raun (Hrsg.). Nitrogen in Agricultural Systems. Am. Soc. Agronomy, Madison, S. 1–30.  
 [11] A. Hartmann (2005). Biospektrum 11, 191–192.  
 [12] J. C. G. Ottow (2011). Mikrobiologie von Böden. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

MORGENDÄMMERUNG DER EVOLUTIONSFORSCHUNG

Eine der großen Fragen der Vergleichenden Anatomie beschäftigt sich mit dem Ursprung und der Evolution der Schwimmblasen und der Lungen bei Wirbeltieren. Dem gingen nun Ingmar Werneburg (Tübingen), Uwe Hoßfeld und Georgy S. Levit (Jena) wissenschaftshistorisch nach und sind auf erstaunliche Dokumente gestoßen. Untersuchungen der 1930er Jahre zeigten, dass sich der hintere Schlundbereich der Wirbeltiere dorsal in eine unpaare Schwimmblase und ventral in eine paarige Lunge entwickelt. Beide Gasorgane können respiratorische (Atmung) als auch pneumatisch-statische Funktionen übernehmen. Dabei treten Lunge und Schwimmblase aber nie gleichzeitig auf. Ihre Bildung hängt von der Fortbewegungsweise und den damit verbundenen Körperproportionen der Tiere, also von epigenetischen Faktoren, ab. Fische, die in der Wassersäule vertikal schwimmen, haben hohe ovale Körper, die dorsal Platz für die Schwimmblase bieten. Im bewachsenen Uferbereich lebende Fische, aus denen im Oberdevon auch die Landwirbeltiere entstanden, haben eher flache Körper mit weiten Flossen und beidseitig des Herzens können sich Lungenflügel ausbreiten.

Mit diesem Thema beschäftigten sich bereits keine Geringeren als Ernst Haeckel und Charles Darwin, wie ein jüngst entdeckter Briefwechsel von 1868 belegt. Ein Mitarbeiter von Haeckel, Nikolai Miklucho-Maclay, hatte eine Ausstülpung im oberen Schlundbereich bei Haifischen entdeckt und wollte damit zeigen, dass diese vermeintliche Schwimmblase bei diesen als ursprünglich betrachteten Tieren zuerst auftrat. Haeckel und Darwin verstrickten sich in eine hitzige Diskussion über die Bedeutung des Fundes. Für die Wissenschaftsgeschichte von größter Bedeutung ist, wie die beiden Heroen der Evolutionsbiologie ihre Gedanken entwickelten. Während der Theoretiker Darwin eine schärfere Formulierung evolutionärer Mechanismen verwendete, konnte Haeckel als Morphologe erstmals ein tief durchdachtes Stammbaum-Schema der Wirbeltiere als Basis seiner Argumentationskette vorlegen. Stärken und Schwächen beider Ansätze veranschaulichten



lichen eindrücklich diese Anfangsphase der Evolutionsforschung. Dabei ist vor allem Haeckels Beitrag nicht zu unterschätzen, der mit seinem morphologischen Denken „Blätter und Farbe“ in Darwins nacktes Stammbaumdiagramm einführte.

Literatur:

[1] I. Werneburg et al. (im Druck). Darwin, Haeckel, and the “Mikluskian gas organ theory”. Developmental Dynamics, <https://doi.org/10.1002/dvdy.661>  
 [2] I. Werneburg, U. Hoßfeld (2024). Die Bestimmung der Morphologie – Haeckel, Darwin und ein Homologie-Problem. Naturwissenschaftliche Rundschau 77 (1): 4-9.

## AUSSERSCHULISCHE LERNORTE

## Das XLAB – Göttinger Experimentallabor für junge Leute

*Naturwissenschaftliche Forschung und Schule treffen im XLAB, einem der größten Schülerlabore Deutschlands, aufeinander: Interessierte Schüler/-innen und Lehrkräfte wenden in professionell ausgestatteten Laboren aktuelle Techniken an und nutzen digitale Werkzeuge, um spannende Fragen aus der Biologie, Chemie, Physik und Informatik zu beantworten. Diese Erfahrung hilft bei der Studienorientierung und erleichtert den Übergang an die Universität.*

Mit seinem Konzept „Hands-on – Wissenschaft zum Anfassen“ hat das XLAB seit seiner Gründung im Jahr 2000 mehr als 200.000 Jugendliche, junge Erwachsene und Lehrkräfte für die Wissenschaft begeistert. Das moderne Laborgebäude (Abbildung 1) liegt auf dem naturwissenschaftlichen Campus der Georg-August-Universität Göttingen in Sichtweite der Fakultäten, der Universitätsmedizin sowie der ansässigen Leibniz- und Max-Planck-Institute und bietet eine motivierende Umgebung, um Neues zu lernen und „Uni-Luft“ zu schnuppern. Auf dem Programm stehen mehr als 200 Experimente für die Sekundarstufe II, die in dieser Form an Schulen in der Regel nicht durchgeführt werden können, beispielsweise die Polymerase-Kettenreaktion (PCR), die Anwendung der Genschere CRISPR/Cas,

die Präparation von Chromosomen aus Zellkulturzellen, ELISA (*enzyme-linked immunosorbent assay*), die Messung des Gaswechsels während der Photosynthese, Experimente mit selbst präparierten Biomembranvesikeln, die Bestimmung des Membranpotenzials und der Flickerfusionsfrequenz, die Präparation eines Gehirns vom Schwein mit den Hirnnerven, die Elektronenmikroskopie, die Quantifizierung des Fettgehaltes von Lebensmitteln, die Synthese und Analyse von Duft- und Aromastoffen, die Synthese von Biokunststoffen aus Holz, Identifizierung von Substanzen mit Massenspektrometrie, der Aufbau von Festkörperlasern und vieles mehr. Schüler/-innen der Sekundarstufe I beschäftigen sich beispielsweise mit Infektionskrankheiten, Lumineszenz, medizininfor-

matischem Programmieren oder Astronomie.

### Mit DNA die Evolution „vermessen“

Sind bestimmte Arten miteinander verwandt und wenn ja, wie eng? Im XLAB gehen Schüler/-innen im Klassenverband innerhalb eines Tages (in der Regel 9:00–17:00 Uhr) einer Leitfrage wie dieser nach, bestimmen dazu die Verwandtschaft von Bakterien anhand von DNA-Sequenzen (Abbildung 2) und erstellen einen phylogenetischen Stammbaum. Dabei lernen sie die Arbeitsweise der molekularen Phylogenie kennen und nutzen die Variationen in den konservierten Genen, die die ribosomale RNA (rRNA) kodieren, als Gradmesser für die Verwandtschaft. Im S1-Labor führen sie eine Polymerase-Kettenreaktion (PCR) durch. Die Sequenzen der DNA-Fragmente erhalten sie aus Online-Datenbanken und analysieren sie mit digitalen Werkzeugen, die in der biologischen Forschung ein ebenso alltägliches Arbeitsmittel sind wie beispielsweise Mikropipetten und Reaktionsgefäße.

### Ein Aktionspotenzial braucht seine Zeit

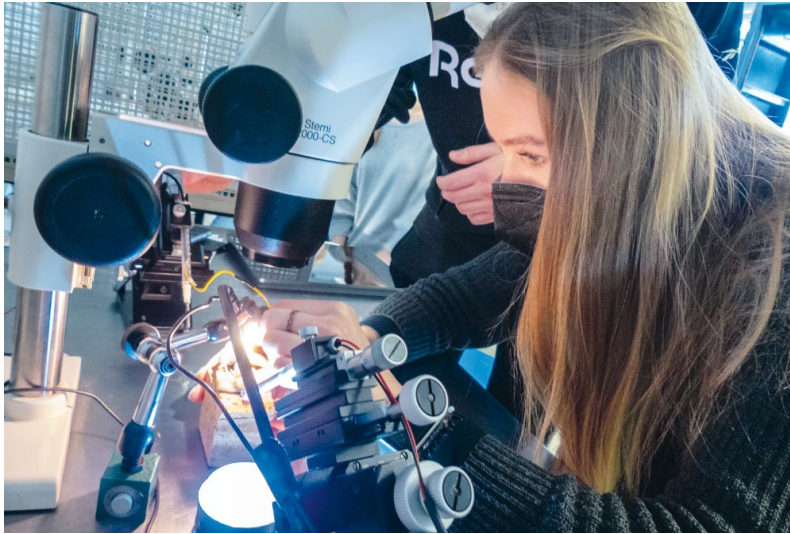
Die Spannungs-Zeit-Kurve eines Neurons während eines Aktionspotenzials ist ein typischer Gegenstand



**ABB. 1** Die farbigen Etagen des XLAB-Laborgebäudes auf dem naturwissenschaftlichen Campus der Georg-August-Universität Göttingen stehen für Physik, Chemie, Biologie und Informatik. Foto: M. Mehle.



**ABB. 2** Im Molekularbiologie-Labor der Sicherheitsstufe 1 ist die Agarosegelelektrophorese eine Standardmethode bei der Untersuchung von DNA, beispielsweise um der Evolution von Bakterien auf die Spur zu kommen. Foto: XLAB.



**ABB. 3** Nach zwei Tagen handwerklichen Übens und Trainings an den Geräten zeichnen Schüler/-innen das Aktionspotenzial einer lebenden Nervenzelle auf. Foto: XLAB.

von Abiturprüfungen. Im XLAB nehmen die Schüler/-innen Aktionspotenziale selbst auf und nutzen dabei schwingungsgedämpfte Tische, Faraday-Käfige, Mikroskope, Mikromanipulatoren und -elektroden. Um ein Aktionspotenzial einer lebenden Nervenzelle aufzuzeichnen, benötigen ungeübte Kursteilnehmende zwei Tage, während der sie Schritt für Schritt die Handhabung der Geräte lernen, ihre handwerklichen Fähigkeiten verfeinern und sich mit vielen Zwischenergebnissen von einfachen zu komplexeren Tätigkeiten vorarbeiten (Abbildung 3). Viele

Teilnehmende bringen nach dieser Erfahrung einen großen Respekt vor der Leistung der Forscher/-innen zum Ausdruck, die das neurobiologische Wissen im Lauf der Zeit erarbeitet und seine Grenzen immer weiter hinausgeschoben haben.

### Von den Daten zum Modell und zurück

Welche Lehrkraft kennt nicht das Problem, die auf einer freilandökologischen Exkursion gesammelten Daten und Befunde vor dem Hintergrund ökologischer Konzepte und Modelle – wie den Trophiestufen in

einem See oder im Wald oder dem globalen Kohlenstoff- oder Stickstoffkreislauf – zu interpretieren? Häufig scheinen Befunde und Erwartungen sich sogar zu widersprechen, und der Weg der Erkenntnisgewinnung kann von den Schüler/-innen nicht vollständig beschriftet werden. Grund ist, dass Daten je nach den konkreten Rahmenbedingungen, beispielsweise dem Wetter oder der Jahreszeit, sowie statistisch schwanken. Im XLAB fügen die Schüler/-innen ihre Daten in Langzeiterhebungen ein und können sie mit diesem Hintergrund sinnvoll interpretieren und die ökologischen Zustände am ausgewählten Standort bewerten (Abbildung 4).

### Fit fürs Studium

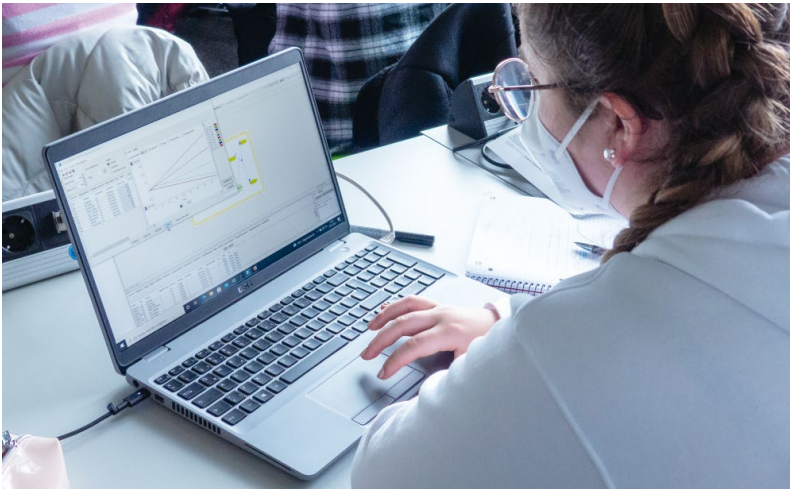
Um den Umgang mit Daten und deren Auswertung geht es auch in der Systembiologie (Abbildung 5). Um sich ein Bild von den genetischen Regulationsvorgängen innerhalb einer Zelle zu machen und ein Modell des Zuckerstoffwechsels von *Escherichia coli* zu entwickeln und zu erproben, generieren Schüler/-innen im Labor mit ihren Bakterienkulturen viele verschiedene Daten, die in einem iterativen Prozess in die Modellbildung, -evaluierung und -verbesserung einfließen. Systembiologisch arbeiten Schüler/-innen im XLAB bei einem einwöchigen *Science Camp* in den Ferien oder bei einer Kursfahrt und reflektieren dabei, wie ihnen persönlich die Arbeit im Labor und am Computer liegt. Wer kurz vor dem Studium noch mehr Sicherheit gewinnen will, kann sich zwischen Schule und Studium im Crashkurs „Fit fürs Studium“ auf naturwissenschaftliche Praktika im Haupt- und Nebenfach vorbereiten.

### Gemeinsam für eine nachhaltige Entwicklung

Zusammenarbeit wird im XLAB gelebt durch die Kooperation der verschiedenen Fachbereiche im Haus und mit aktiven Wissenschaftler/-innen. Studierende erar-



**ABB. 4** Die Erhebung und Verarbeitung vieler Daten ist erforderlich, um in der Freilandökologie zu Aussagen über den Standort und das Ökosystem zu gelangen. Foto: XLAB.



**ABB. 5** Digitale Werkzeuge helfen bei der Entschlüsselung von Genregulationsvorgängen im Science Camp „Systembiologie“. Foto: XLAB.

beiten im Rahmen ihrer Qualifikationsarbeiten schülergerechte Experimente und Unterrichtsmaterialien zu aktuellen Forschungsthemen. Bei der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE) gehen typischerweise die Disziplinen Biologie und Chemie oder Chemie und Physik Hand in Hand. So sind beispielsweise für eine gute medizinische Versorgung biologisches Wissen über den Organismus, chemische Wirkstoffe und auf physikalischen

Prinzipien beruhende diagnostische Methoden erforderlich. Andere Beispiele sind neuartige Solarzellen und biobasierte Kunststoffe, wie in der Medizin oder bei den Themen Kunststoffe oder Solarzellen. Kurse mit BNE-Schwerpunkt sind fächerübergreifend auf einer eigenen Webseite zusammengestellt. Die XLAB-Dozierenden freuen sich über Vorab-Informationen zur Lerngruppe und gehen auf Besonderheiten in der Regel ein. Zu Ferien-

und Nachmittagsangeboten melden sich interessierte Schüler/-innen einzeln an.

Ein XLAB-Aufenthalt bereichert den Unterricht, weckt Verständnis für naturwissenschaftliche Forschung, kann das Interesse an den MINT-Fächern steigern und zur Aufnahme eines naturwissenschaftlichen Studiums motivieren.

*Almut Popp, XLAB – Göttinger Experimentallabor für junge Leute*

## BESUCH IM XLAB

Die in diesem Beitrag vorgestellten Themen stellen nur einen Ausschnitt aus einem (viel) größeren Angebot dar. Auf der Webseite <https://xlab-goettingen.de> sind viele weitere Themen und aktuelle Veranstaltungen zu finden.

Lehrkräfte buchen dort online ihren Wunschtermin oder sie lassen sich telefonisch beraten (ab 210 EUR/Schülergruppe).

Schüler/-innen, die mehr wissen wollen, melden sich zu Science Camps (Klasse 10–13, 80 EUR, „Fit fürs Studium“ 100 EUR), Nachmittagsangeboten (Klasse 4–13, kostenfrei) oder Forscherferien (Klasse 5–10, 140–190 EUR) an.

Lehrkräfte melden sich online zu 1- bis 2-tägigen Fortbildungen in Präsenz (0–20 EUR) oder zu kostenfreien 2-stündigen Online-Fortbildungen an.

**Rufen Sie uns an, wir beraten Sie gerne unter 0551 39 28840.**

## MUMIEN UNTER DER LUPE

In den Archiven der Friedrich-Schiller-Universität Jena lagern umfangreiche Sammlungsbestände – darunter auch rund 20 Mumienfragmente. Forschende aus der Ur- und Frühgeschichtlichen Archäologie, Biologie und Medizin haben diese Stücke erstmals umfassend untersucht und nun ihre Ergebnisse in den *Annals of the History and Philosophy of Biology* vorgelegt. Die meisten Stücke sind Teil der Medizinhistorischen Sammlung von Theodor Meyer-Steineg. Der Augenarzt habilitierte sich 1907 an der Universität Jena für die Geschichte der Medizin, lehrte anschließend als Professor bis 1933 und veröffentlichte 1921 gemeinsam mit einem Kollegen eine „Geschichte der Medizin“. Während seiner Zeit in Jena trug er eine aus etwa 700 Objekten bestehende medizinhistorische Sammlung zusammen, zu der auch die Mumien gehörten. „Woher Meyer-Steineg diese bezogen hat, lässt sich heute nicht mehr nachvollziehen“, erklärt Dr. Enrico Paust. Einige wenige Fragmente stammten zudem aus der Sammlung des Insektenforschers Otto Schmiedeknecht, der 1877 bei Ernst Haeckel promoviert wurde. Alle Mumien stammen aus nachchristlicher Zeit, genauere Angaben sind aber aufgrund des Erhaltungszustands nicht möglich.



**Dr. Enrico Paust betrachtet verklebte Textilfragmente einer Ägyptischen Mumie.** Foto: Jens Meyer (Universität Jena).

Ein besonderes Augenmerk legte das Jenaer Forschungsteam auf die Gewebe, mit denen die Mumien eingewickelt sind. „Bisher konzentrierten sich die Forschungen bei solchen Stücken in der Regel auf anthropologische Untersuchungen und den Mumifizierungsprozess. Wir haben die Textilrestauratorin Friederike Leibe-Frohnsdorf hinzugezogen, die sich u. a. die vorliegenden Gewebeararten und die Fadendichte genau angeschaut hat“, sagt der Biologiedidaktiker Prof. Uwe Hoßfeld, der ebenfalls am Projekt beteiligt war. Große Unterschiede in der Gewebefeinheit lassen darauf schließen, dass die Textilien, mit denen die ägyptischen Mumien umwickelt waren, für einen unterschiedlichen Gebrauch hergestellt wurden. Die Gewebe bestehen in erster Linie aus Flachs oder Hanf, die Verwendung von Baumwolle bei einigen Stücken gab aber auch eine Datierungshilfe, da ein Baumwollanbau vor Ort erst ab dem ersten nachchristlichen Jahrhundert nachzuweisen ist.

### Literatur:

E. Paust et al. (2023). Mumienfunde aus der Jenaer Sammlung Theodor Meyer-Steineg, *Annals of the History and Philosophy of Biology*, <https://doi.org/10.117875/gup2023-2486>



## MANAGEMENT-FALLSTRICKE, TEIL 19

### Illusorische Wahrheit

*Fehlentscheidungen sind menschlich. Wir aber lassen in unserer Serie „Management-Fallstricke“ Tiere zu Wort kommen. In Form von Fabeln vermittelt unsere Autorin Andrea Hauk in anschaulicher Weise typische Denkfehler, die auf allen Managementebenen zu Hause sind. Vielleicht sind Sie ja selbst auch schon einmal in die eine oder andere Falle getappt?*

Schon seit Stunden wehten dicke Flocken vom Himmel. Eine weiße, kalte Schicht bedeckte die Erde. Eichhörnchen Emilia war bereit für ihren Winterschlaf. Gemeinsam mit den Murmeltieren, den Fledermäusen und den Siebenschläfern gähnte sie um die Wette, bevor sie schließlich alle in einen überaus tiefen, langen Schlaf fielen. Kröte Kerstin war froh, endlich Ruhe zu haben. Fettgefressen vom Herbst brauchte sie nun nichts weiter als absolute Ruhe. Die Natur schien stillzustehen. Tief unter dem Schnee und dem Eis war es aber lange nicht überall still.

Jungkönigin Hannah Hummel schien zwar bewegungslos, lauschte aber gespannt den heiteren Erzählungen des dunklen Fellbüschels im Hintergrund. Gerade erst geschlüpft, saß sie mit Vera Wespe und Horten-

sia Hornisse in der sicheren Erdhöhle. Mäusedame Mara leistete ihnen Gesellschaft. Mara hatte sich einen ordentlichen Vorrat an Leckereien mitgebracht und hatte somit alle Punkte auf ihrer To-do-Liste abgehakt. Manni Maulwurf hatte noch keine Zeit zum Ausruhen. Ausgiebig stapelte er die langen Regenwürmer in seiner Kammer bis unter die Decke. Zur Belustigung aller gab er dabei seine gesammelten Geschichten zum Besten. Gemeinsam hingen Hannah und die anderen an Manni Maulwurfs Lippen: „Ihr kennt sicher Emilia, unser Eichhörnchen“, fragte er in die Runde. Und als er einstimmiges Gemurmel hörte, fuhr er mit seiner Erzählung fort. „Genau diese Emilia hat es doch tatsächlich geschafft, die ganzen Waldbewohner an der Nase herumzuführen.“

#### FAKTENBOX

*Je öfter man eine Sache hört, umso eher ist man davon überzeugt, dass sie auch der Wahrheit entspricht. Warum unser Gehirn sich so verhält, ist nicht gesichert, aber dass es so ist, wurde in mehreren Studien eindeutig bewiesen. Eichhörnchen halten keinen Winterschlaf! Genau so, wie Sie vielleicht dem Eichhörnchen auf den Leim gegangen sind, verhält es sich täglich mit dem Wahrheitsgehalt vieler weiterer Informationen. Das ist weiter nicht schlimm. Es wird dann aber zur Last, wenn diese falsche Einschätzung Einfluss auf die Prozesslandschaft, die Produkte, Projekte und Mitarbeiter in Ihrem Unternehmen nimmt. Der Projekt-Meilenstein muss in fünf-facher Ausfertigung an verschiedenen Stellen im Unternehmen abgelegt werden? Das Dokument xy muss handschriftlich signiert werden? Das müssen Sie so tun, weil es von den Behörden verlangt wird? Oder weil es schon immer so getan wurde und doch auch wirklich jeder weiß, dass es so ist? Folgen Sie nicht blind allem, was sich so über die Jahre eingebürgert hat. Trauen Sie sich „Warum?“ zu fragen, und forschen Sie nach, wer das wann und warum entschieden hat, und wo das tatsächlich steht. Nicht selten werden sie feststellen, dass sich die Randbedingungen geändert haben oder viele bürokratische Hürden irgendwann selbst diktiert wurden und später nie hinterfragt wurden.*

Die Jungköniginnen lauschten neugierig. „Jaja, unsere Emilia wurde letztes Jahr zum Abschluss der Herbstsaison gebeten, ihre tollen Kletterkünste hinten beim alten Haselnussstrauch vorzuführen“, begann Manni Maulwurf. „Das fand sie aber nicht so lustig, denn sie hasste es, auf Bühnen zu stehen. Jede Nacht überlegte sie in ihrem Kobel, welches Kunststück wohl am eindrucklichsten erscheinen mochte und wie sie ihre Aufregung in den Griff bekommen könnte. Ihre Vorstellung musste auf alle Fälle diejenige der Grauhörnchen um Klassen übertrumpfen; das war klar. Doch der Teufel ist ein Eichhörnchen, dachte sie sich wohl, und so kam es zu einer äußerst unangenehmen Überraschung am Tag der geplanten Vorstellung. Emilia war nämlich einfach verschwunden. Sie tauchte schlicht und einfach nicht auf. Stattdessen hatte sie ein kleines Plakat in die Vorstellung der Grauhörnchen gemogelt, auf dem zu lesen war: ‚Wie Sie alle wissen, befinden sich die Eichhörnchen bereits im tiefen Winterschlaf, die Grauhörnchen werden ihr Bestes geben, um die wahren Kletterkünstler zu vertreten. Bitte werfen Sie Ihre Spende in den Kobel links oben‘. Somit hatte Emilia ihre ungeliebte Vorführung umgangen und gleichzeitig einen ganzen Kobel voller Nusspenden erhalten.“ „Echt clever, unsere Emilia“, säuselte Mäusedame Mara beeindruckt. „Und dieses Jahr?“, erkundigte sich Hortensia Hornisse. „Dieses Jahr wurde die Vorführung aus Rücksicht auf unsere Eichhörnchen nicht durchgeführt“, wusste Manni Maulwurf zu berichten. „Sie halten zu der Zeit schließlich ihren Winterschlaf.“

**Und die Moral von der Geschichte: Stört den Winterschlaf der Eichhörnchen nicht.**

*Ihre Andrea Hauk,  
andreabauk@gmx.de*