

Wissensvermittlung als Herzensanliegen:

Udo Schumacher

(19. Oktober 1956 – 23. Juli 2024)



Foto: UKE.

Mit großer Bestürzung haben wir erfahren, dass am 23.07.2024 unser langjähriges Kuratoriumsmitglied Prof. Dr. Udo Schumacher plötzlich und unerwartet im Alter von 67 Jahren verstorben ist. Der Anatom Udo Schumacher gehörte dem Kuratorium (seit 2021 *Editorial Board*) der *Biologie in unserer Zeit* (BiuZ) seit 2014 an und stellte sich bereits im zweiten Heft dieses Jahres erstmals in einem Editorial vor. In den letzten zehn Jahren hat er seine medizinische

Expertise in die BiuZ eingebracht, viele Artikel mit medizinischem Hintergrund oder medizinischer Relevanz begutachtet, Artikel zu (bio-)medizinischen Themen eingeworben und wertvolle Themenvorschläge gemacht. 2016 hat er Aspekte seiner eigenen Forschung im Hauptartikel „Das Rätsel der Metastasierung“ vorgestellt (BiuZ 6/26, S. 350–356).

Herr Schumacher wurde am 19.10.1956 in Westerland auf Sylt geboren und begann 1975 ein Medizinstudium an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Im Jahr 1978 wechselte er an das Labor des späteren Nobelpreisträgers Peter Doherty am *Wistar Institute of Anatomy and Biology* in Philadelphia (USA). Zurück in Kiel erhielt er 1983 die Approbation als Arzt und habilitierte später im Fach Anatomie an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Von 1990–1997 konnte er als *Head of Human Morphology* an der Universität Southampton (UK) Tumormetastasen-Tier-Modelle und *in-vivo*-Modelle zur *Pseudomonas*-Infektion und deren antiadhäsiver Therapie entwickeln. Zurück in Deutschland wurde Schumacher 1997 Direktor des Instituts für Anatomie und Experimentelle Morphologie des Universitätsklinikums

Seine Liebe zur Anatomie und Histologie war im Kuratorium der BIUZ sehr evident und seine biomedizinische Expertise wurde allseits geschätzt. Er forderte eine Wissenschaftswelt, die mutig und einfallsreich forscht und in der Finanzierung nicht nur dem Mainstream folgt. Für ihn wurden im Universitätssystem junge Wissenschaftler/-innen zu sehr ausgenutzt. Und seine Kritik an Missständen in der Bürokratie konnte geradezu ätzend sein. Dazu zitierte er gerne einen Satz von Axel Brennicke: „Erst wenn das letzte Minütlein eines Forschers verbürokratisiert ist, werdet ihr merken, dass aus Formularen keine Resultate entspringen!“ Seine klare, analytische und kritische Art werden wir sehr vermissen.

Felicitas Pfeifer, Darmstadt (Editorial Board)

Udo Schumacher war als Mitglied des BiuZ-Kuratoriums immer für die Redaktion ansprechbar und übernahm ohne Zögern anfallende Aufgaben rund um Artikel aus seinem Fachbereich. Insbesondere in der nicht nur für die Zeitschrift, sondern auch für mich persönlich schwierigen und unsicheren Zeit des Herausgeberwechsels war er ein wichtiger und verlässlicher Ansprechpartner und Unterstützer. Seine wertschätzende und humorvolle Art wird mir sehr fehlen.

Larissa Tetsch, Maisach (Redaktion)

Aufgeschlossen und weltoffen, kenntnisreich und phantasievoll, sympathisch und kontaktfreudig und immer für die Belange der BIUZ interessiert, so wird mir Udo Schumacher aus vielen gemeinsamen Jahren im Kuratorium und Editorial Board der BIUZ in Erinnerung bleiben. Er gehörte zu den Menschen, die das Leben bereichern.

Erwin Beck (ehemals Kuratorium)

Hamburg-Eppendorf (UKE), wo er bis zu seiner Emeritierung im Jahr 2022 tätig war.

Nach der Emeritierung arbeitete er wissenschaftlich in zwei Start-ups weiter, deren Mitbegründer er war und die seine Ideen zu den großen Themen der Tumormetastasierung und der *Pseudomonas*-Infektion weiter in die Klinik bringen sollten. Um den für seine Forschung wichtigen Bezug zur Klinik und zur Medizin, nicht zu verlieren, nahm Schumacher eine Professur für Anatomie an der *Medical School* in Berlin an. Damit begann für den leidenschaftlichen Forscher und Hochschullehrer noch einmal ein ganz neuer Lebensabschnitt, wovon er mit viel Enthusiasmus bei einem Treffen des *Editorial Boards* der BiuZ berichtete.

Dank seines großen Wissens, das er gerne und großzügig weitergab, war Udo Schumacher bei seinen Mitarbeiter/-innen und Studenten sehr geachtet und beliebt. Im BiuZ-Kuratorium gehörte er nach der Beendigung der Zusammenarbeit mit dem Wiley-Verlag auch zu den Mitgliedern, die sich in besonderem Maße für den Fortbestand der Zeitschrift eingesetzt haben. Er hat sich intensiv an der Suche nach einem Herausgeber beteiligt und dafür Kontakte zu einem Verlag in München geknüpft.

Die BiuZ verliert mit Udo Schumacher viel zu früh ein engagiertes und konstruktiv-kritisches Kuratoriumsmitglied, dem die verständliche Vermittlung von Wissenschaft ein Herzensanliegen war.

Redaktion und Herausgeber der BiuZ

ORNITHOLOGIE

In Westeuropa wieder häufig



Der Weißstorch (*Ciconia ciconia*) zählt zu den ikonischen Brutvögeln Europas, den jedermann kennt, da er un-

verwechselbar ist und oft auf Gebäuden oder in Ortschaften brütet. Weißstörche waren früher sehr weit verbreitete und allgegenwärtige Sommervögel, die den Winter meist in Afrika südlich der Sahara verbringen. In den ersten sechs Jahrzehnten des letzten Jahrhunderts nahmen die Brutbestände in Mittel- und Westeuropa gravierend ab, so dass viele Naturschützer ein Aussterben des Weißstorchs befürchteten. Ursachen für die Rückgänge waren Habitatverluste, Rückgang der Nahrung (Frösche) sowie Verluste auf den Zugwegen und im Winterquartier. Durch gezielte Zucht- und Auswilderungsprogramme gelang es jedoch, die Art zu retten. Seit 30 Jahren sind die Weißstörche in Westeuropa wieder zurück und allgegenwärtig, während ihre Bestände in Osteuropa eher abnehmen. In der Schweiz leben aktuell über 800 Brutpaare, während es um das Jahr 1900 nur 200 Paare gab. Weißstörche haben offenbar auch ihre Nahrungspräferenzen umgestellt, denn heute zählen Regenwürmer, Mäuse und tote Tiere zur Hauptnahrung; der Weißstorch liebt auch Mülldeponien, auf denen er nach Nahrung sucht.

Lorenz Heer ist ausgebildeter Ornithologe und hat in diesem kompetent geschriebenen und hervorragend illustrierten Sachbuch viele wichtige Informationen über den Weißstorch zusammengetragen, die helfen, diese Art besser zu verstehen und schützen zu können. Wir erfahren Genaueres über die Bedeutung des Schnabelklapperns, die Mauser,

die Verbreitung in Europa und Afrika sowie die Bestandsentwicklung in den letzten 120 Jahren. Ein ausführliches Kapitel ist den Habitatansprüchen und dem Nahrungserwerb gewidmet. In den folgenden Kapiteln können wir Störche durch die gesamte Brutzeit begleiten: Wer weiß schon, dass spät geschlüpfte Jungvögel (Nesthäkchen) von ihren Eltern oder größeren Nestgeschwistern bei Nahrungsmangel umgebracht werden? Weißstörche gehören zu den Vogelarten, die schon seit langem mit Vogelwartenringen markiert werden, so dass man das Schicksal vieler Einzelvögel kennt. Durch Satellitentelemetrie und GPS-Sender haben Vogelkundler noch sehr viel mehr über die Mobilität der Weißstörche erfahren – so über das Flugverhalten in der Thermik, Raumnutzung, Habitatwahl und Gefährdung auf den Zugwegen und in Afrika. Gerade für den Laien enthält dieses Storchbuch reichhaltige und spannende Informationen. Es kann allen Vogelliehabern und Naturschützern nur wärmstens empfohlen werden.

Michael Wink, Heidelberg

Der Weißstorch.

Ein Zugvogel im Wandel. Lorenz Heer, Haupt-Verlag, Bern, 2024, 256 S., 48 Euro, ISBN 978-3-258-08354-4.

ALTERNFORSCHUNG

Lebensuhr zurückdrehen



„Jeder möchte lange leben, aber niemand möchte alt sein“, stellte schon der englische Schriftsteller Jonathan Swift fest. Daran hat sich bis heute nichts geändert – mit dem Unterschied, dass neueste

Forschungsergebnisse uns vielleicht schon bald gesund altern und das Alt-Sein genießen lassen. Ulrich Bahnsen lädt uns in seinem Buch „Das Uhrwerk des Lebens“ ein, mit ihm die vielversprechendsten Entwicklungen der Altersforschung zu erkunden. Bahnsen – selbst promovierter Biologe und Wissenschaftsjournalist – weiß, wovon er spricht und erklärt das Thema gründlich und detailliert. Somit bietet sein Buch einen gut recherchierten und spannenden Überblick über die wichtigsten Entdeckungen der Altersforschung, die uns in Zukunft zusätzliche gesunde Lebensjahre ermöglichen könnten.

Bahnsen erläutert zunächst, warum wir überhaupt altern. Daran sind unter anderem die Telomere schuld, die die Enden unserer Chromosomen schützen und mit dem Alter immer kürzer werden. Auch erschöpft sich mit der Zeit der Vorrat an Stammzellen, wodurch unser Körper weniger effektiv regenerieren kann. Und dann spielen auch „Zombie-Zellen“ eine Rolle. Diese Zellen sind so stark geschädigt, dass sie sich nicht mehr teilen können. Stattdessen senden sie entzündungsfördernde Signale aus, die dem Körper schaden. Wenn Bahnsen diese Konzepte erklärt, lässt er immer wieder persönliche Geschichten der beteiligten Wissenschaftler/-innen einfließen, was die Forschung zugänglicher macht.

Das zentrale Element des Buches bildet die vom deutsch-amerikanischen Altersforscher Steve Horvath entwickelte „epigenetische Uhr“. Diese kann unser biologisches Alter objektiv und präzise bestimmen. Horvath nutzt dabei den Zusammenhang zwischen der Epigenetik und dem Alterungsprozess: Methylgruppen, die an die DNA angebracht und wieder entfernt werden können, steuern, wann bestimmte Gene an- oder abgeschaltet werden. Die Verteilung dieser Gruppen ändert sich auf eine typische Art und Weise, wenn wir altern. Bestimmt man diese Änderungen, so geben sie uns

Aufschluss, wie alt wir biologisch sind.

Die epigenetische Uhr misst aber nicht nur das biologische Alter von Zellen oder Geweben. Sie ermöglicht es auch, verjüngende Effekte von bestimmten Interventionen zu erkennen. Bahnsen stellt einige dieser Ansätze vor. So berichtet er von Molekülen im Blut junger Versuchstiere, die ältere Individuen gesünder machen und verjüngen konnten. Außerdem geht er auf die ersten klinischen Verjüngungsstudien an Menschen ein, die bereits zugelassene Medikamente daraufhin testen, ob mit ihnen das Altern verlangsamt, gestoppt oder sogar umgekehrt werden kann. Hierzu zählen beispielsweise das Diabetesmittel Metformin oder Rapamycin, das nach Transplantationen eingesetzt wird, um das Immunsystem zu unterdrücken und so Abstoßungsreaktionen zu verhindern. Auch erläutert der Autor, wie das Zurückversetzen von alten Zellen in einen Stammzell-ähnlichen Zustand – die „Reprogrammierung“ – in diesem Zusammenhang untersucht wird.

Trotz vielversprechender erster Ergebnisse aus diesen Studien, dürfte es jedoch noch dauern, bis eine Verjüngungstherapie in Pillenform verfügbar wird. „Altern ist in den Augen der Aufsichts- und Zulassungsbehörden keine Krankheit, sondern der natürliche Verlauf des Lebens“, so Bahnsen. Solange sich diese Einstellung nicht ändert, haben klinische Studien, die das Altern an sich und nicht eine der begleitenden altersbedingten Krankheiten untersuchen, hohe Hürden zu überwinden. Das, so Bahnsen, bedeutet letztlich, dass es deutlich schwieriger ist herauszufinden, welche Medikamente den Alterungsprozess positiv beeinflussen können.

Am Ende des Buches regt Bahnsen mit etwas überspitzten Gedankenexperimenten dazu an, sich mit den Konsequenzen einer Verlängerung des Lebens auseinanderzusetzen. Wäre eine Verjüngungskur nur den Reichen vorbehalten? Wäre es

uns moralisch untersagt, eine solche Therapie zu verweigern? Was bedeutet es für unsere Gesellschaft, wenn Menschen hundertfünfzig Jahre alt oder gar unsterblich würden? Und wie könnte sich eine solche Gesellschaft langfristig entwickeln?

Fazit: Das Buch gibt einen aktuellen Einblick in das noch junge Forschungsfeld der *gerosciences*, der Alternwissenschaften. Trotz tiefergehender Erläuterungen schafft es Bahnsen, den Leser nicht zu verlieren. Komplexe Themen veranschaulicht er in ihrer ganzen Breite in einer auch für Laien angemessenen Sprache. Doch auch Leser/-innen, die mit den Themen Epigenetik oder Altern schon vertraut sind, bietet dieses Buch einen kurzweiligen Ausflug in die Bedeutung der epigenetischen Uhr für die Forschung im Bereich gesundes Altern und Verjüngung.

*Vanessa Kellner und Ralf Dahm,
Mainz*

Das Uhrwerk des Lebens.

Wie die Medizin den Code des Alterns entschlüsselt. Ulrich Bahnsen, Quadriga Verlag, Köln, 2023, 240 S., 24 Euro, ISBN 978-3-86995-136-2.

INSEKTEN

Fundgrube für Kurioses



„In den Ökosystemen unseres Planeten spielen die Insekten eine entscheidende Rolle“, heißt es auf dem Klappentext des neuen Buches über diese

„Erfolgsmodelle der Evolution“ von BiuZ-Autor Jürgen Tautz und seinem Kollegen Werner Gnatzy. Insekten sind aber nicht nur wichtig als Bestäuber, als Destruenten, als Nahrung für Vögel und Wirbeltiere – sie

sind auch durch den Klimawandel und Rückgang ihrer Lebensräume stark bedroht. In der Öffentlichkeit werden die Wirbellosen jedoch immer noch oft zuerst als Schädlinge und unerwünschte „Krabbeltiere“ angesehen. Viel zu wenig sei über ihre Vielfalt, ihre Eigenschaften und ihre Ökosystemleistung bekannt, meint das Autorenduo Gnatzy & Tautz und möchte dies durch sein Sachbuch „Insekten – Erfolgsmodelle der Evolution“ ändern. Dabei ergänzen sich die beiden Professoren im Ruhestand sehr gut. Gnatzy ist Spezialist für die funktionelle Morphologie von Insekten, Tautz renommierter Bienenforscher. Beiden Autoren ist es ein besonderes Anliegen, Wissenschaft allgemeinverständlich zu präsentieren, was ihrem Insektenbuch zugute kommt.

Der Ansatz ist etwas ungewöhnlich: In den verschiedenen Kapiteln werden besondere Phänomene, Aspekte oder Eigenschaften der Tiergruppe in den Vordergrund gerückt wie die „Supersinne“ der Insekten, ihre Färbung, Partnersuche, Feindabwehr oder ihre Entwicklung vom Ei zum erwachsenen Insekt. In diesen Kapiteln werden dann in meist recht kurz gehaltenen Unterkapiteln jeweils einzelne Arten in Bezug auf den entsprechenden Aspekt vorgestellt. Durch diese Sammlung von vielen kleinen Geschichten eignet sich das Buch auch zum Durchblättern und Weiterlesen immer dort, wo der Blick und das Interesse gerade hängen bleiben.

Die Texte sind unterhaltsam geschrieben und tragen Zwischenüberschriften, die bewusst neugierig machen. Großformatige Fotos und rasterelektronenmikroskopische Abbildungen lockern den Fließtext zudem auf fast jeder Seite auf. Das Buch schließt mit einem sehr ausführlichen, nach Kapiteln sortierten Verzeichnis weiterführender Literatur.

Obwohl „Insekten – Erfolgsmodelle der Evolution“ aus einem Natur- und Artenschutzgedanken heraus entstanden ist, stehen im

Hauptteil tatsächlich die Insekten mit ihren faszinierenden Eigenschaften im Vordergrund. Erst im letzten Kapitel – dem „Nachruf“ – wird die Bedrohungslage der Insektenwelt thematisiert – und im Vorwort, das aus der Feder des Zoologen, renommierten Naturschützers und Biuz-Autors Josef Reichholf stammt. So kann sich das Insektenbuch ganz darauf konzentrieren, Begeisterung für diese vielseitige und spannende Tiergruppe zu wecken und sicher auch ausgewiesene Biolog/-innen hin und wieder in Erstaunen versetzen. Damit ist diese Fundgruppe an Kuriositäten – um Josef Reichholf sprechen zu lassen: „Wissenschaft vom Feinsten – geeignet für alle!“

Larissa Tetsch, Maisach

Insekten – Erfolgsmodelle der Evolution.

Faszinierend und bedroht, Werner Gnatzy, Jürgen Tautz, Springer-Verlag, Berlin, 2023, 271 S., 27,99 Euro, ISBN 978-3-662-66137-6.

KULTURGESCHICHTE

Pfeffer, Ingwer, Zimt und Co.



Pflanzen produzieren eine große Diversität an organischen Naturstoffen, die traditionell als Sekundärstoffe, zunehmend als Spezialmetabolite bezeichnet werden. Sie dienen der Abwehr von Pflanzenfressern und Mikroorganismen, aber auch als Signalsubstanzen zur Kommunikation zwischen Pflanzen sowie von Pflanzen mit Tieren (z. B. Bestäubern) und Mikroorganismen (z. B. Knöllchenbakterien).

Einige Pflanzen haben einen ausgeprägten Geschmack; sie können bitter, scharf, süß oder aromatisch schmecken. Auch wenn Tiere Pflanzen mit bitteren, scharf oder aromatisch schmeckenden Sekundärstoffen eher meiden, haben wir Menschen in unserer langen Tradition von Versuch und Irrtum herausgefunden, dass man viele dieser Pflanzen als Heilmittel gegen Krankheiten oder Infektionen einsetzen kann; dies ist das Thema der traditionellen Medizin. Eine wichtige Schlüsselinnovation in der Evolution des Menschen bestand in der Erfindung des Feuers und des Kochens. Durch Kochen konnte harte Nahrung aufgeweicht und essbar gemacht werden. Auch die in der Pflanze enthaltenen toxischen Sekundärstoffe konnten durch Hitze inaktiviert oder mit dem Kochwasser entfernt werden. Offenbar waren schon unsere Vorfahren jedoch Feinschmecker. Sie fanden heraus, dass man mit Gewürzen auch fad oder schlecht schmeckendes Essen interessanter machen konnte. Bei den Gewürzen wählten unsere Vorfahren solche Pflanzen, die bitter, aromatisch oder scharf schmeckten, gleichzeitig aber nicht toxisch wirkten. Wird ein Gericht aus Gulasch mit Hautgout mit ordentlich viel Chili versetzt, so schmeckt es vor allem scharf; andere (eher unerwünschte) Geschmacksrichtungen werden übertönt. Einige der Gewürze wirken zudem antimikrobiell und dürften mitgeholfen haben, die mikrobielle Kontamination der Speisen zu reduzieren.

Einige Gewürze, wie Pfeffer, Muskatnuss, Gewürznelken, Kardamom, Kurkuma oder Ingwer galten in Europa als besonders kostbare Gewürze; schon in der Antike wurden sie mit Karawanen oder über das Meer aus Indien, Sri Lanka oder den Molukken ins Mittelmeer transportiert. Um 1500 unternahmen die

Portugiesen Expeditionen nach Südostasien und die Spanier in die Neue Welt, um neue Handelswege für die wertvollen Gewürze zu erkunden. Bekanntlich waren diese Unternehmungen erfolgreich; die Eroberung der neuen Welt liefert den Spaniern nicht nur umfangreiche Goldschätze, sondern viele neue Gewürz- und Nahrungspflanzen, unter ihnen Chili, Vanille, Mais, Kartoffeln und Tabak.

Das vorliegende Sachbuch von Thomas Reinertsen Berg erschien original in norwegischer Sprache und wurde kompetent ins Deutsche übersetzt. Es beschreibt die Kulturgeschichte der wichtigsten Gewürzpflanzen Pfeffer, Muskatnuss, Gewürznelken, Kardamom, Kurkuma, Ingwer und Chili. In vielen Details erfährt der Leser, woher die Gewürze kommen, wie sie wirken, wie sie angebaut und auf welchen Wegen sie in alle Welt gehandelt wurden. Wir erfahren viel über die Bedeutung der Gewürze in der Antike und bei uns in den letzten 2000 Jahren. Es ist auch eine Geschichte des Gewürzhandels, von Krieg und Frieden, des Kolonialismus und der internationalen Handelskartelle. Das Buch ist sachkundig geschrieben und hat für jeden Leser neue spannende Informationen.

Thomas Reinertsen Berg hat mit diesem gut lesbaren und kompetenten Sachbuch eine spannende Kulturgeschichte vorgelegt, die man allen Lesern mit Interesse an Gewürzen, Kochen und Geschichte empfehlen kann.

Michael Wink, Heidelberg

Die Geschichte der Gewürze.

Genuss, Gier und Globalisierung. Thomas Reinertsen Berg, Haupt-Verlag, Bern, 2023, 360 S., 38,00 Euro, ISBN 978-3-258-08357-5.

PARTNER DES MENSCHEN

Der Pfeilschwanz: Mythos und Produkttester

Die urtümlichen Meeresbewohner eignen sich zwar nicht als Haustier, haben aber der Wissenschaft viele Einblicke in die Physiologie des Sehens und des Immunsystems geschenkt. Unabhängig davon faszinieren sie den Menschen aufgrund ihres bizarren Aussehens, das schon fast an Außerirdische erinnert.



ABB. 1 Pfeilschwänze kommen zur Eiablage auch an den Strand.
Foto: Plant Image library.

Der Atlantische Pfeilschwanz (*Limulus polyphemus*, Abbildung 1) begegnet dem Menschen eher selten, lebt er doch meist verborgen im schlammigen Meeresgrund an der nordamerikanischen Küste in bis zu 50 m Wassertiefe. In Aquarien wird er wie die meisten Arthropoden auch eher selten präsentiert, so dass seine Gestalt und seine Lebensweise geheimnisvoll wirken. Der zu den Spinnenverwandten gehörende Pfeilschwanz besitzt einen Vorder- und einen Hinterkörper, dem der schwertförmige Schwanzstachel anhängt. Dieser dient als Widerlager, wenn sich das Tier in den Schlamm (lat. *limus*) am Meeresboden eingräbt, wo es Muscheln, Schnecken und Würmer zu finden gilt. Seine Beute ergreift der Pfeilschwanz mit seinen fünf Beinpaaren und den Kieferklauen, die sich unter einem schützenden Rückenpanzer verbergen. Der Hinterleib trägt auf der Unterseite fünf Paar Extremitäten – Blattbeine genannt –, die der Atmung und dem Schwimmen dienen.

Die Tiere können mit Schwanzstachel eine Länge von 85 cm und ein Gewicht von 5 kg erreichen. Sie werden mit etwa 10 Jahren geschlechtsreif. Das Weibchen legt bis zu 200–500 Eier in flache Mulden am Strand ab, die dann vom Männchen befruchtet werden. Danach wird die Sandmulde zugedeckt und von beiden Eltern bewacht, bis die etwa 1 cm großen Larven schlüpfen. Das Wachstum erfolgt in mehreren diskreten Schritten, die wie bei allen Arthropoden mit einer Häutung einhergehen (Abbildung 2). Dabei muss unter der alten Kutikula bereits eine neue angelegt werden: Diese Neuanlage betrifft zwangsweise auch alle Extremitäten, einschließlich der empfindlichen Blattbeine. Kein Wunder also, dass so eine Häutung sehr langsam vonstatten geht (1–2 Stunden bei mittelgroßen Exemplaren). Im Gegensatz zu echten Krebsen reißt der Panzer

aber nicht **hinter** dem Kopfbrustpanzer auf, sondern **an der Spitze** des Vorderkörpers. So schält sich der frisch gehäutete Pfeilschwanz nach vorne aus seinem zu klein gewordenen Panzer heraus, was ihn sehr verletzlich macht. Zu seinen Feinden zählen vor allem Tigerhai, Meeresschildkröten und Seevögel. Natürlich macht dem Pfeilschwanz die Meeresverschmutzung ebenso zu schaffen, wie die Grundschneppe, in denen er als Beifang landen kann. Wahrscheinlich kann *L. polyphemus* ein Alter von weit über 20 Jahren erreichen.

Von Odysseus und anderen Fantastereien

Die Geschichte der Pfeilschwänze lässt sich über 150 Millionen Jahre zurückverfolgen, während der sie sich kaum verändert haben, weshalb sie auch als lebende Fossilien gelten. Namenspathe für die atlantische Art *L. polyphemus* war der Sohn des Meeresherrn Poseidon, der nur ein Auge besaß. Odysseus begegnete diesem Zyklopen auf Sizilien und entkam ihm nur dank einer List – wie so oft war Alkohol im Spiel. Wie Polyphem besitzt auch der Pfeilschwanz ein sogenanntes Medianauge, das aber nur die Tageshelligkeit misst und zusammen mit den Gezeiten die Aktivität der Tiere beeinflusst.



ABB. 2 Bei der Häutung öffnet sich der alte Panzer auf der Vorderseite, so dass der Pfeilschwanz aus dem alten Maul zu klettern scheint. Foto: P. Eitner.

Da den Menschen die Lebensweise der Schwert tragenden Meeresbewohner unklar war, entstand der absurde Glaube, dass sie Schnecken und Muscheln mit ihrem Schwanzstachel durchbohren und zusätzlich die Fischvorkommen in Gefahr bringen könnten. So boten die Behörden im amerikanischen Cape Cod (Massachusetts) in den frühen 1920er Jahren 5 Cent für jeden toten Pfeilschwanz, der abgeliefert wurde, um die einheimischen Fischer zu unterstützen. Die zu tausenden getöteten Tiere wurden danach als Schweinefutter oder als Düngemittel auf den Feldern ausgebracht.

Garant für Produktsicherheit

In der Nähe von Cape Cod befand sich schon damals eine altehrwürdige Meeresbiologische Station, die *Woods Hole Oceanographic Institution*, die sich auch mit der Erforschung der Pfeilschwänze beschäftigte. Das hellblaue Blut der Tiere erwies sich als besonders nützlich

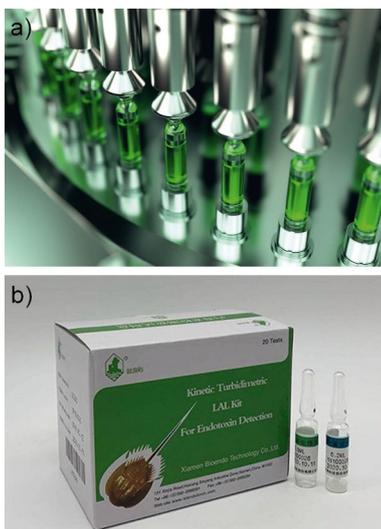


ABB. 3 Der rekombinante Faktor C zeigt Endotoxine über Fluoreszenz an (a) und wird bislang von zwei Unternehmen hergestellt. Das LAL-Testkit (b) dient zum Nachweis von bakteriellen Endotoxinen. Fotos: www.biomerieux.com.

für den Menschen. Es enthält einfache Immunzellen (Amöbozyten), die bei Anwesenheit von Bakterien eine Gerinnungsreaktion zeigen. Verantwortlich dafür ist ein Eiweiß der Amöbozyten namens Faktor C, das an bakterielle Endotoxine (Lipopolysaccharide) bindet und damit zur Verklumpung der Proben führt. Denn auch wenn krankheitserregende Bakterien durch Sterilisation von Medizinprodukten abgetötet werden, können ihre Endotoxine noch eine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen. Mithilfe des sogenannten *Limulus*-Amöbozyten-Lysat-Tests (kurz LAL-Test, siehe auch *BiuZ* 4/22, S. 330) wurden seit den späten 1970er Jahren standardmäßig pharmazeutische Produkte auf das Vorhandensein von bakteriellen Kontaminationen überprüft – und das weltweit. Diese Art der Testung war schneller, einfacher, günstiger und aussagekräftiger als die bis dahin übliche Injektion der Proben in Versuchskaninchen mit anschließender Fieberkontrolle. Aus diesem Grund wurde der Rohstoff für den LAL-Test sehr wertvoll: Ein Liter *Limulus*-Blut erzielt Preise von bis zu 15.000 Euro. Die Gewinnung des Naturproduktes *Limulus*-Blut hat die Pfeilschwänze an den Rand der Ausrottung gebracht, wird ihnen doch durch unsanfte Punktion des Herzens etwa ein Drittel dieses Körpersaftes entnommen, bevor man sie wieder achtlos ins Meer wirft. Eine Sterblichkeit von 30 Prozent wird dabei in Kauf genommen.

Glücklicherweise kann die Biotechnologie in Zukunft zum Erhalt der Pfeilschwänze beitragen. Längst wurden Testalternativen entwickelt, die nur den rekombinanten Faktor C (rFC) enthalten und durch mikrobielle Expressionssysteme im großen Maßstab hergestellt werden (Abbildung 3). Durch den Wegfall der aufwändigen Isolierung des Proteins aus dem Körpersaft wird der LAL-Test nicht nur präziser und

PFEILSCHWANZ UND KINO

Kino und Fernsehen werden erst dadurch zum Erlebnis, dass die Einzelbilder zu einem kontinuierlichen Bild verschmelzen. Beim TV-Format beinhaltet dies 25 bis 30 Halbbilder pro Sekunde, beim Kino sind es meist 24 Bilder pro Sekunde. Untersucht wurde die sogenannte Flickerfusionsfrequenz in den 1970ern beim Pfeilschwanz. Aufgrund der Trägheit der Sinneszellen im urtümlichen Facettenauge (Abbildung 4) wird die zeitliche Auflösung von Lichtblitzen begrenzt. Folgen die Lichtblitze zu schnell aufeinander, können sie also nicht mehr getrennt wahrgenommen werden. Es entstehen „bewegte“ Bilder!

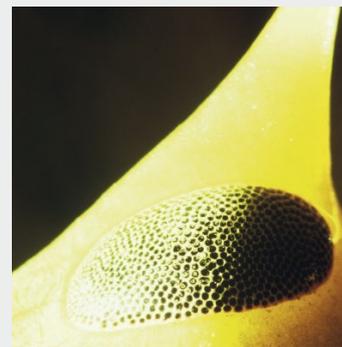


ABB. 4 Im Facettenauge der Pfeilschwänze sind die Ommatidien noch nicht so streng geordnet wie bei Insekten. Foto: P. Eitner.

leichter in der Anwendung, sondern auch sicherer, da keine unnötigen Bestandteile aus dem *Limulus*-Blut in den Endotoxintest mit einfließen.

Auch wenn der Pfeilschwanz vom Menschen lange Zeit missverstanden und ausgebeutet wurde, hat er jetzt möglicherweise die Chance sich davon zu erholen. Und sollten sie wieder vermehrt Tauchern oder Besuchern von Aquarien begegnen, überwiegt vielleicht die Faszination für diese urtümlichen Meeresbewohner.

*Pascal Eitner, Maisach,
pascal-eitner@arcor.de*

MIKROBEN VERSTEHEN

Wie alt werden Mikroben?

Die Frage klingt wie aus einem Kindermund – und sie ist wie manche vermeintlich einfache Frage doch nicht leicht zu beantworten. Die Schwierigkeit liegt tatsächlich darin, die Lebensdauer von Mikroben zu ermitteln. Eine bekannte Größe ist die Generationszeit, die Spanne zwischen zwei Zellteilungen, in der eine individuelle Zelle existiert. Diese Dauer kann aber je nach Umweltbedingungen erheblich schwanken. Außerdem vermehren sich Mikroben nicht beständig. Jene Zellen einer Population, die sich nicht mehr teilen, sondern letztlich sterben, haben eine eigene Lebenszeit.



ABB. 1 Sich teilendes Stäbchenbakterium aus dem Epilimnion eines Thermalsees.

Eine einfache Überlegung führt zu der Einsicht, dass für Prokaryoten mindestens zwei Altersbegrenzungen gelten. Wenn wir annehmen, dass die Zahl der Mikroorganismen auf der Erde um einen natürlichen – wenn auch kaum vorstellbar großen – Gleichgewichtswert schwankt, dann wird im Mittel eine

der zwei Tochterzellen, die aus einer Teilung hervorgehen (Abbildung 1), sich nicht weiter teilen, sondern früher oder später sterben. Neben der Generationszeit (G) sich vermehrender Mikroben gibt es also eine davon zu unterscheidende Lebenszeit nachkommensloser Individuen. (Die Zellschicksale ähneln den generativen Keimbahn- und vegetativen Körperzellen bei Eukaryoten.) Die individuelle Altersstruktur von Mikroben in natürlichen Habitaten ist jedoch experimentell und analytisch schwer zugänglich. Hier versucht man eher, die Langlebigkeit von Populationen zu erfassen – also wie lange Mikroben in einem abgrenzbaren Biotop existieren (replikative Lebenszeit). Mit der Rate des Stoffumsatzes im Biotop lässt sich dann eine mittlere Wachstumsrate (Kasten „Generations- und Verdopplungszeit“) der Mikroorganismen schätzen und auf ihre natürliche Lebenszeit rückschließen (G_{nat} , Tabelle 1) [1, 2].

Wie alt können Mikroben also werden, bis sie sich teilen?

Generationszeiten in Laborkulturen

Es ist weit verbreitetes Kenntnis, dass sich das Darmbakterium *E. coli* alle 20 Minuten teilt. Dieser Wert gilt für Laborkulturen und charakterisiert die annähernd kürzeste Generationszeit (Kasten „Generations- und Verdopplungszeit“) bei optimiertem Wachstum. Dabei ist *E. coli* nicht das schnelllebigste Bakterium; den Rekord hält *Vibrio natriegens*, ein harmloser Verwandter von *V. cholerae*, mit knapp 10 Minuten (Tabelle 1). Die minimale Generationszeit (G_{min}) kann als arttypische Eigenschaft gelten, aber sie ist keineswegs typisch für das Wachstum in natürlichen Habitaten, die selten optimale Lebensbedingungen bieten. Für einige Enterobakterien (G_{min} 20–40 Minuten) beobachtet man in natürlicher Umgebung eine etwa zwei- bis fünfzigfach längere Dauer [3].

Laborkulturen durchlaufen drei bekannte Entwicklungsphasen: die Start- (*lag*-), die exponentielle Wachstums- (*log*-) und die stationäre Phase, in der keine Zellzunahme mehr erfolgt. Langzeitstudien der Entwicklung ausgewachsener (volumenkonstant gehaltener) Flüssigkulturen mit *E. coli* zeigen zwei weitere Stadien: die Absterbephase, in der die Zellzahl abnimmt, bis sie in eine annähernd konstante Langzeit-Stationärphase übergeht, die über Jahre stabil

TAB 1. BEISPIELE FÜR GENERATIONSZEITEN VON MIKROBEN

Mikroben	G_{min} , kürzeste Generationszeit in Laborkulturen	G_{nat} , natürliche Generationszeit beobachtet oder geschätzt	Referenzen
<i>Vibrio natriegens</i> ¹	≤ 10 Min		[14, 15]
<i>Escherichia coli</i>	20 Min	15 h / ≈ 1 Tag	[3, 16]
<i>Pseudomonas sp.</i>	≈ 1,5 h	50 Tage ²	[4]
<i>Flavobacterium sp.</i>	≈ 5 h	75 Tage ²	[4]
<i>Bacillus subtilis</i>	20 Min	> 1800 Jahre (Sporen)	[17, 18]
<i>B. subtilis</i> ²		≈ 50 Tage ³ / ≈ 1,3 Jahre ⁴	[4, 7]
Sulfatreduzierer in Reinkultur	1 – 30 Tage		[1]
im Meeresboden		1 – 12 Monate	[1]
in tiefen Sedimenten		50 – 300 Jahre	[1]
Archaeen und Bakterien im bis zu 200 m tiefen Sediment		≈ 200 – 4000 Jahre	[10]

¹ vormals *Pseudomonas natriegens*, ² nicht sporulierende Mutanten $\Delta spoII E / sigF$, ³ Langzeit-Stationärphase, ⁴ extrem energie-limitierte Chemostatkultur

Der Autor hatte selbst eine geschlossene Kultur phototropher Bakterien (*Rhodospirillum rubrum*) 20 Jahre mit noch lebenden Zellen im Bücherregal stehen, bis ein Umzug und Wechsel der Beleuchtung das dynamische Gleichgewicht zum Erliegen brachte.

bleibt. Sie enthält beständig einen geringen Anteil ($\leq 1\%$) lebender Bakterien, die abgestorbene Zellen als Ressource nutzen und einem dynamischen Wechsel unterliegen, wobei vorteilhafte Mutanten Vorgängervarianten innerhalb von 10 Tagen ersetzen können (Tabelle 1). Ein ähnliches Langzeitexperiment mit 21 verschiedenen aeroben Bakterienarten (hier auch pH-reguliert) bestätigt, dass die Mikroben allein durch Recycling abgestorbener Zellmasse deutlich energielimitiert, aber über sehr lange Zeit ohne externe Nährstoffzufuhr existieren können, bis die Populationen aussterben [4]. Die übereinstimmende Strategie der Bakterien ist es, die Sterberate zu reduzieren und ihre Generationszeit auszudehnen, die im Schnitt (und mit Ausnahme von *Bacillus*) um mindestens zwei Größenordnungen länger währt als in gut gefütterten Kultivierungen (Tabelle 1). Die potenzielle Überlebenszeit der Populationen erweist sich als ebenso art-eigen und liegt für die Bakterien des Experiments zwischen einem Jahr und 100 Jahren. Der Wert für *Bacillus* weicht mit $\approx 10^5$ Jahren deutlich ab, was auf die Bildung von Endosporen zurückgeht [4].

Generationszeiten in der Natur

Natürliche Populationen in extrem energielimitierten Ökosystemen, vor allem in den weitgehend isolierten Schichten des Ozeanbodens mit einem erheblichen Teil der globalen Mikrobenmasse, übertreffen die experimentellen Überlebenszeiten bei weitem. Die Mikroben siedeln hier wahrscheinlich seit Anbeginn der Sedimentbildung vor 10^4 Jahren in jüngerer Zeit bis vor 10^8 Jahren in den bis zu 2,5 Kilometer tief erforschten Schichten [1, 5, 6]. Die Zellen vermehren sich hier wesentlich langsamer und erreichen nur geringe Populationsdichten, denn bei minimalem Nährstoffangebot ist fast nur noch ein elementarer Erhaltungsstoffwechsel möglich und selten eine Teilung [7]. Auch im Sediment wird das Material abgestorbe-

ner Zellen recycelt; im Gegensatz zu Experimentalkulturen verläuft der Stoffumsatz jedoch viel langsamer [5]. Messungen des Sulfatumsatzes in Ozeansedimenten von Populationen sulfatreduzierender Mikroben lassen auf mittlere Generationszeiten von 100 Jahren und mehr schließen, während Sulfatreduzierer des aktuellen Meeresbodens Werte von einigen Monaten und in Reinkulturen von einigen Tagen erreichen (Tabelle 1). Mikroben in tiefen natürlichen, kohle- und schieferhaltigen Sedimenten haben ähnlich lange Generationszeiten [8]. Andere Proben überdauern sogar bis zu 1000 und mehr Jahren; wobei es bei geringem Stoffumsatz nicht klar ist, ob sich die Zellen auch alle teilen und deshalb mit noch längeren individuellen Lebenszeiten zu rechnen ist [9, 10]. Solche Untersuchungen liefern eher die Größenordnung von Generationszeiten und seltener exakte Werte – vor allem – wenn es sich um gemischte Populationen verschiedener Zusammensetzungen in den anaeroben Sedimenten des Kontinentalschelfs und der aeroben Schichten unter der oligotrophen Tiefsee handelt [1, 5, 10]. Die Stoffkreisläufe und Einzelzelluntersuchungen bieten aber zunehmend Einblicke in den Stoffwechsel der Archaeen und Bakterien in energielimitierten Habitaten [8, 11]. Die zellulären Mechanismen der erstaunlich hohen Lebenserwartung von (alternden) Mikroben lohnen jedenfalls eine weitere Betrachtung.

Abgesehen von der Langlebigkeit individueller Zellen entwickelten manche Mikroben physiologische Ruhe- und Dauerstadien ohne aktiven Stoffwechsel wie Sporen-enthaltende Cysten bei Myxobakterien, Konidien bei Pilzen und Akineten von Cyanobakterien, die Perioden ungünstiger Lebensbedingungen überstehen können [12]. Besonders resistent und dauerhaft sind bekanntlich die Endosporen der *Bacillaceae*. Durch deren „Dormröschenschlaf“ dehnt sich die Generationszeit der aus den Sporen hervorgehenden Zellen erheblich,

GENERATIONS- UND VERDOPPLUNGSZEIT

Die Generationszeit (G) ist die Zeitspanne (ab $t = 0$), in der eine Population mit ursprünglich N_0 Zellen die zweifache Zellzahl erreicht oder in der sich eine individuelle Mikrobe teilt, wobei $v = 1/G$ die Teilungsrate bezeichnet und $N_t = N_0 \cdot 2^{vt}$ ist.

Die Verdopplungszeit (D) ist die Zeitspanne, in der eine Population ihre ursprüngliche Masse X_0 verdoppelt, wobei $\mu = (\ln 2)/D$ die Wachstumsrate bezeichnet und $X_t = X_0 \cdot e^{\mu t}$ ist.

Die Werte μ und v sind für eine Art und die Bedingungen charakteristisch, wenn alle Zellen der Population gleichermaßen wachsen und sich teilen. In diesem Fall gilt $D = G$ und $\mu = v \cdot \ln 2$.

sofern man die inaktive Auszeit hinzurechnen möchte. Sie kann im bisher bekannten Extremfall bis zu 40 Millionen Jahre überbrücken [13]. Das kurze, opulente Leben von *E. coli* im Labor lässt nicht vermuten, dass den meisten Mikroben in der Natur ein karges, dafür aber langes Dasein beschieden ist.

Harald Engelhardt, Martinsried

Literatur

- [1] T. M. Hoehler, B. B. Jørgensen (2013). Nat. Rev. Microbiol. 11, 83–94, <https://doi.org/10.1038/nrmicro2939>
- [2] R. Z. Moger-Reischer, J. T. Lennon (2019). Nat. Rev. Microbiol. 17, 679–690, <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0253-y>
- [3] B. Gibson et al. (2018). Proc. R. Soc. B. 285, <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0789>
- [4] W. R. Shoemaker et al. (2021). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 118, <https://doi.org/10.1073/pnas.2101691118>
- [5] Y. Morono et al. (2020). Nat. Commun. 11, <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17330-1>
- [6] Inagaki et al. (2015). Science 349, 420–424, <https://doi.org/10.1126/science.aaa6882>
- [7] W. Overkamp et al. (2015). Environm. Microbiol. 17, 346–363, <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12676>
- [8] E. Trembath-Reichert et al. (2017). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 114, E9206–E9215, <https://doi.org/10.1073/pnas.1707525114>
- [9] S. D'Hondt et al. (2002). Science 295, 2067–2070.
- [10] B. A. Lomstein et al. (2012). Nature 484, 101–104, <https://doi.org/10.1038/nature10905>
- [11] W. D. Orsi (2018). Nat. Rev. Microbiol. 16, 671–683, <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0046-8>
- [12] J. T. Lennon, S. E. Jones (2011). Nat. Rev. Microbiol. 9, 119–130, <https://doi.org/10.1038/nrmicro2504>
- [13] R. J. Cano, M. K. Boruki (1995). Science 268, 1060–1064.
- [14] R. G. Eagon (1962). J. Bacteriol. 83, 736–737.
- [15] J. Hoff et al. (2020). Environm. Biol. 22, 4394–4408, <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15128>
- [16] S. E. Finkel (2006). Nat. Rev. Microbiol. 4, 113–120.
- [17] J. Errington, L. T. van der Aart (2020). Microbiol. 166, 425–427, <https://doi.org/10.1099/mic.0.000922>
- [18] N. Ulrich et al. (2018). PLoS One 13, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208425>

AUSSERSCHULISCHE LERNORTE

Der Nationalpark Kellerwald-Edersee

Nationalparks sind Schutzgebiete von übergeordneter, nationaler Bedeutung. Der Nationalpark Kellerwald-Edersee liegt in Nordhessen im Landkreis Waldeck-Frankenberg. Gegründet im Jahr 2004 hat er sich in seiner 20-jährigen Geschichte zu einem unzerschnittenen Naturwaldgebiet entwickelt, dessen Kerngebiet 2011 von der UNESCO zum Welterbe erhoben wurde.

Der Nationalpark Kellerwald-Edersee liegt etwa eine Autostunde von Kassel entfernt zwischen Korbach im Norden und Frankenberg im Südwesten. Er umrahmt den 1914 als Stausee errichteten Edersee, der



ABB. 1 Die seltene Pimpernel (*Dianthus gratianopolitanus*). Alle Fotos: Ewald Langer.



ABB. 2 Der Buchenstachelbart (*Hericium coralloides*) ist ein Pilz aus der Ordnung der Täublingsartigen.



ABB. 3 Raupe des Buchenstreckfußes (*Calliteara pudibunda*).

touristisch hervorragend erschlossen ist. Mit einer Gesamtfläche von 7688 ha [1] ist er der größte der fünf deutschen Nationalparks des UNESCO-Welterbe-Clusters „Alte Buchenwälder und Buchenurwälder der Karpaten und anderer Regionen Europas“. Die Biotopausstattung des Nationalparks Kellerwald-Edersee ist geprägt durch die Geologie des Rheinischen Schiefergebirges, die vielfältigen Geländeformen mit tief eingeschnittenen Tälern und Höhenlagen bis 626 m sowie klimatischen Extremstandorten. Das Kerngebiet des UNESCO-Welterbes umfasst 1467 ha und zeichnet sich durch sehr alte Rotbuchenbestände (*Fagus sylvatica*) aus [2]. Eine natürliche Waldzusammensetzung mit hohem Totholzanteil bietet seltenen Tierarten wie der Wildkatze (*Felis sylvestrus*), dem Schwarzstorch (*Ciconia nigra*), dem Uhu (*Bubo bubo*) und zahlreichen Specht- und Fleder-

mausarten Lebensraum. Insgesamt wurden im Gebiet des Nationalparks bisher fast 8000 Arten nachgewiesen: 635 Farn- und Blütenpflanzen, 350 Moosarten, 300 Flechten, 1309 Pilzarten und 5986 Tierarten [2–4]. Darunter sind extrem seltene Arten wie die Pimpernel (*Dianthus gratianopolitanus*, Abbildung 1), der Veilchenblaue Wurzelhals-schnellkäfer (*Limoniscus violaceus*) oder der Buchenstachelbart (*Hericium coralloides*, Abbildung 2).

Urwaldrelikte und historische Nutzung

In die vor 400 Millionen Jahren gebildeten Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges – vor allem silikatreiche Grauwacke und Tonschiefer – hat die Eder in Jahrtausenden einen tiefen Einschnitt gegraben. Die Prallhänge des gewundenen Flusses sind extrem steil und beherbergen einige der letzten Urwaldreste Deutschlands. Der kühle Nordhang der Wooghöhle bei Bringhausen wird auf flachgründigem, steinigem Boden von uralten Edellaubhölzern wie Linden- und Ahornarten mit beigemischten Rotbuchen bewachsen. Fast alle Bäume sind sehr alt und bieten durch ihre natürlich entstandenen Baumhöhlen seltenen Fledermausarten wie der Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteini*) Schutz. An den umgestürzten alten Bäumen



ABB. 4 Kahle Hardt mit Knorreichen (*Quercus petraea*).

wachsen seltene Pilzarten wie der Schwarzflockige Dachpilz (*Pluteus umbrosus*) oder der Ohrlöffel-Harpunenschwamm (*Hobenuelia auriscalpium*). Neben den sehr seltenen und schwierig zu beobachtenden Arten kann man beim Wandern im Sommer auch andere spektakulär aussehende Arten finden wie die bunt behaarten Raupen des Buchenstreckfußes (*Calliteara pudibunda*, Abbildung 3).

Die steilen, trockenen und wärmegetönten Südhänge beherbergen an der Kahlen Hardt (Abbildung 4) und der Hünselburg nahe der Halbinsel Scheid extreme Baumgestalten. Die als Knorreichen bekannten Traubeneichen (*Quercus petraea*) wachsen nur wenige Meter hoch und haben durch Witterungseinflüsse über Jahrhunderte ein Bonsaiartiges Aussehen entwickelt. Zu diesen märchenhaften Baumgestalten gesellen sich in diesen steilen Bereichen sogar Rotbuchen, die den klimatischen Extremen trotzen. Sie sind wertvolle genetische Ressourcen, die an die Klimaerwärmung durch natürliche Selektion bereits angepasst sind. Das erste veröffentlichte Rotbuchengenom wurde von einem Individuum eines dieser Sonderstandorte gewonnen [5], um es Forschenden zu ermöglichen, die genetischen Besonderheiten der Anpassungen an extreme Verhältnisse zu analysieren.

Neben den urwaldartigen Bereichen finden sich im Gebiet des Nationalparks Kellerwald-Edersee viele kleinere Fließgewässer mit zahlreichen Quellen, die eine ganz eigene Fauna beherbergen. Dort kommen der seltene Grundfisch Groppe (*Cottus gobio*) oder gar der Alpenstrudelwurm (*Crenobia alpina*) vor. Der Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) ist aufgrund seiner auffälligen Färbung in diesen feuchten Lebensräumen leicht zu entdecken (Abbildung 5).

Das Gebiet des Nationalparks wurde bereits im Mittelalter im 9. und 14. Jahrhundert besiedelt und

stark genutzt. Hiervon zeugen zahlreiche Wüstungen, über 1300 Köhlerplatten und viele Ackerterrassen, die längst wieder von altem Wald bestockt sind. Im erzeichen Gestein wurden einige Bergwerke betrieben, aus denen Kupfer, Blei und sogar Gold geschürft wurden. Flurbezeichnungen wie Bleiberg und Ortsnamen wie Altenlotheim zeugen von dieser mittelalterlichen Nutzung. Hochflächen wurden als Sommerweiden betrieben. Die sogenannten Triescher, die im Nationalparkplan [2] als alte Nutzungsformen mit schützenswerter Flora und Fauna gekennzeichnet sind, sollen weiterhin durch extensive Pflege mit Schafbeweidung offengehalten werden. Dort wachsen dealpine Borstgrasrasen mit seltenen Blütenpflanzen wie Arnika (*Arnica montana*) oder Mondraute (*Botrychium lunaria*).

Touristische Erschließung und Lernort

Das Motto des Nationalparks „Natur Natur sein lassen“ lässt sich für Besucherinnen und Besucher durch ein sehr gut geplantes ca. 150 km umfassendes Wegenetz hautnah erfahren. Sehr gut mit dem Fahrrad befahrbare Waldwege, aber auch Pfade mit sportlich anspruchsvoller Wegführung sind vorhanden. Der durch eine blaue Wegemarkierung gekennzeichnete Urwaldsteig führt auf 65 km durch urwaldartige Bereiche rund um den Edersee herum. Das unterschiedliche Höhenprofil des Urwaldsteiges überwindet teilweise über 200 Höhenmeter.

Anlaufpunkte, die gerne von Lehrenden als außerschulische Lernorte genutzt werden, sind das Nationalparkzentrum in Herzhausen und das Informationszentrum KellerwaldUhr in Frankenau. Von dort führen gekennzeichnete Nationalpark-Wanderrouen zu den Highlights des Parks. Das Verzeichnis des Nationalparks Kellerwald-Edersee führte 2023 nicht weniger als 375 Einzelveran-



ABB. 5 Feuersalamander (*Salamandra salamandra*).

staltungen auf. Rangerführungen, Infotage und Vorträge sind neben Schulprojekten und Juniorrangerprojekten das Bildungsangebot für Naturinteressierte. Alle Informationen und Veranstaltungen rund um den Nationalpark finden sich auf: <https://nationalpark-kellerwald-edersee.de>

Literatur

- [1] A. Frede, C. Morkel (2021). Die Erweiterung des Nationalparks Kellerwald-Edersee um die Naturschätze der nördlichen Edersee-Steilhänge. Jahrbuch Naturschutz in Hessen. Band 20/2021.
- [2] Nationalpark Kellerwald-Edersee (2020). Nationalparkplan für den Nationalpark Kellerwald-Edersee. Band 1 und 2. Nationalpark Kellerwald-Edersee Laustraße 8, 34537 Bad Wildungen. Cognito. <https://nationalpark-kellerwald-edersee.de/infomaterial>
- [3] E. Langer, G. Langer (2013). Pilze im Nationalpark Kellerwald-Edersee. AFZ Der Wald 2013(1): 21–23.
- [4] E. Langer et al. (2015). Naturalness of selected European beech forests reflected by fungal inventories: a first checklist of fungi of the UNESCO World Natural Heritage Kellerwald-Edersee National Park in Germany. Mycol. Prog. 14:102, <https://doi.org/10.1007/s11557-015-1127-y>
- [5] B. Mishra et al. (2018). A reference genome of the European beech (*Fagus sylvatica* L.). GigaScience 7, TBD. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giy063>

Ewald Langer,
Universität Kassel



MANAGEMENT-FALLSTRICKE, TEIL 22

Die „Ja-Sager“-Falle

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?

Ein Jahr hatte er gebraucht, bis der neue Werkleiter Hengst Heribert endlich sein perfektes Arbeitsteam am Tisch sitzen hatte. Er reckte seinen langen Rücken. „Seid ihr leistungsbereit, ehrgeizig und klug?“, wieherte er fragend. Und prompt kam ein einhelliges „Ja, das sind wir!“ zurück. Zufrieden schaute der temperamentvolle Vollblüter in die Runde und war stolz auf sich selbst, die ewigen Nörgler endlich losgeworden zu sein. Seine Rivalen, unbequeme Weggefährten und die Blockierer seines Tuns hatte er kurzerhand wegbefördert. Nun hinderte ihn niemand mehr daran, schnell und effizient Ergebnisse zu liefern. Höchste Zeit, denn er bekam schon mächtig Druck von oben. Er hatte eine Kartierung des gesamten Geländes versprochen, inklusive der Harmonisierung der Wegmarkierungen im ganzen Gebiet. „Nach der Schneeschmelze bekommen wir Besuch von ganz oben“, erklärte er seinem Team.

„Bis dahin muss unser Projekt mit höchster Priorität vorangetrieben werden.“ Intensiv schaute er in die Augen der Beteiligten. „Und dass hier eines klar ist: Ich will keine Probleme, nur Lösungen!“ Die Aussage bekräftigend, schwang er seinen schwarzen Schweif energisch um sein Hinterteil. Sofort entstand emsiges Gewusel. Eifrig begannen Nora Nager, Elias Eule, Hase Hoppler und Rita Raupe mit den Ausarbeitungen des Wegenetzes. Eine komplette Kartierung der Gemarkung war eine riesige Sache. Dass ausgerechnet sie in solch eine wichtige Position gehoben wurden, verpflichtete sie Hengst Heribert zum absoluten Dank.

Gewissenhaft präsentierten sie ihm einige Wochen darauf den Vorschlag für die neue Kartierung des Gebietes und rollten den großen neuen Plan vor ihm aus. Kritisch beäugte Hengst Heribert die Karte. Noch während Nora Nager die De-

tails präsentierte, störte den Hengst eine blaue Linie, die quer über die Karte lief. „Die kann weg“, wieherte er aufgebracht. „Hoppler, entferne mir dieses störende Ding!“ Und bevor Elias Eule einen fragenden Blick zu Nora Nager werfen konnte, radierte Hase Hoppler pflichtbewusst die störende Linie weg. „So gefällt mir mein Gebiet“, nickte Hengst Heribert. „Kommen wir nun zur Planung des Events.“ Seine Mitarbeiter nickten einverstanden und lauschten sogleich seinen Ausführungen. „Ich gehöre nicht umsonst zur schnellsten Pferderasse der Welt.“ Mit großer Geste schlug er seine Hufe in die Höhe. „Selbstredend werde ich in meinem schnellsten Galopp zur Feier des Tages die gesamte Gemarkung umrunden, bevor wir gemeinsam mit den wichtigsten Gästen den Umtrunk einnehmen.“

Genau so geschah es am Tag der Ergebnispräsentation. Hengst Heribert galoppierte mit glänzendem Fell in atemberaubendem Tempo über die neu abgesteckte Strecke, die sein Territorium umgab. Die geladenen Gäste applaudierten. Heriberts Hufe überschlugen sich förmlich vor Freude über seinen Erfolg. Als er jedoch am markanten Aussichtspunkt ankam, fanden sie plötzlich keinen Halt mehr. Was war das? Verdutzt wieherte er und schlug mit seinem Schweif um sich. Doch es war zu spät. Er stürzte den Abhang hinunter in den reißenden Fluss und wurde vom schäumenden Wasser davongetragen. Nora Nager zuckte erschrocken ihre kleinen Schultern und schaute ungläubig zu Hase Hoppler hinüber. Fast unhörbar wisperte dieser: „Er wollte, dass ich die blaue Linie ausradiere.“

**Und die Moral von der Geschicht':
Verbanne Deine Nörgler nicht.**

*Ihre Andrea Hauk,
andreabauk@gmx.de*

FAKTENBOX

Bereits 1837 beschrieb Hans Christian Andersen in seinem Märchen „Des Kaisers neue Kleider“ die Gefahr der Ja-Sager im eigenen Team: Der Kaiser trug keine Kleider am Leib und keiner hatte den Mut, es ihm zu sagen. Ihre Mitarbeiter sind auch immer Ihrer Meinung? Herzlichen Glückwunsch. Da haben Sie Ihr Team bestens mit Ja-Sagern ausgestattet. Zugegeben, es scheint ein cleverer Schachzug, zunächst Ihre eigenen Vertrauten in wichtige Positionen einzusetzen. So erfahren Sie absolute Loyalität und Unterstützung, außerdem liefern Sie schnelle Erfolge. Und Hand aufs Herz: Es tut gut, Zustimmung zu erfahren. Dumm nur, wenn am Ende Ihre Genialität nur in Ihrem Kopf besteht, Sie aber Ihre Firma, Ihre Abteilung oder Ihre Initiativen mit Volldampf in die falsche Richtung entwickeln, weil keiner versucht, Sie von Irrwegen abzubringen. Starke Führungskräfte umgeben sich daher nicht nur mit Leuten, die ihnen auf die Schulter klopfen, sondern auch mit Rebellen, die ihnen ungestraft den Spiegel vorhalten dürfen.

Mit diesem 22. Teil endet unsere Kolumne über Management-Fallstricke, die uns Andrea Hauk so unterhaltsam als Fabeln nabegebracht hat. Herzlichen Dank an die Autorin!