

## LEHRBUCH

## Der fröhliche Biochemiker



„Um ein guter Metabolismus-Forscher oder eine gute Biochemikerin zu sein, muss man nicht unbedingt wissen, dass TIM (Triose-Phosphat-

Isomerase) die Isomerisierung von GAP und DHAP über einen En-Diol-Zwischenschritt katalysiert.“ Ein Glück, denn wie man weiter erfährt, „reicht es wohl zu wissen, dass GAP und DHAP in der Zelle quasi gleichwertig sind“.

Mit diesen zugleich netten, aber auch komplizierten Sätzen leitet der an der Universität von Birmingham (UK) tätige Biochemiker Jonathan Wolf Mueller das sechste Kapitel seiner nicht einmal 200 Seiten langen und als „Lehrbuch“ katalogisierten Einführung in das von ihm vertretene Fachgebiet der Lebenswissenschaften mit dem Titel „Endlich Biochemie verstehen“ ein. Mueller geht es an der erwähnten Stelle um „Die Renaissance des Stoffwechsels“. In diesem Zusammenhang hat der Autor den oben zitierten komplexen Sachverhalt gewählt, weil er darauf aufmerksam machen möchte, dass auch das Londoner U-Bahn-Netz mit all den erforderlichen Linienwechseln seine Verknüpfungsqualität aufweist. Trotz aller Mühen finden sich Menschen mit ihrem Stoffwechsel zurecht – sie müssen nur wissen, wohin sie fahren und welche Station sie erreichen wollen. Ähnlich pragmatisch können Studentinnen und Studenten mit den biochemischen Netzwerken und Zyklen in ihrem Körper klarkommen, wie Mueller immer wieder betont, wobei er aufmunternd verrät, dass es ihm selbst immer leichter gefallen ist, „über Glycolyse und Fermentation mit einem Bier in der Hand zu re-

den.“ Und er fügt für lernwillige Feinschmecker hinzu: „Zu Milchsäuregärung würde ich einen milden Käse mit Wein empfehlen und zur nachgelagerten Propionatgärung einen kräftigen Schweizer Emmentaler, vielleicht mit einem Obstbrand.“

Es ist offensichtlich, Mueller hat in einem fröhlichen Ton ein ungewöhnliches Lehrbuch zu einer kniffligen Disziplin verfasst, und der Autor scheut auch nicht davor zurück, die Entstehung grundlegender Zyklen des biologischen Stoffwechsels zwischenzeitlich als „Magie“ zu bezeichnen, was sogleich mit einem britischen Verkehrsschild illustriert wird, das auf einen *magic roundabout*, also einen magischen Kreisverkehr hinweist. Mueller erzählt vom Hopsen süßer Protonen, absurd hohen Energiebeträgen bei Phasenübergängen – etwa von Eiswürfeln im Gin Tonic –, von zickigen Molekülen oder komischen Kräften in der Biochemie. So können Studierende zwischen den oftmals mit umständlichen Namen versehenen Reaktionen in den doch ziemlich verschachtelten Lehrbüchern aufatmen und lesend das Gefühl bekommen, dass das Buch hält, was der Titel verspricht. Sie können und wollen mit Hilfe des Autors „Endlich Biochemie verstehen“, wobei der Rezensent – dies nebenbei – froh ist, zu alt für eine anschließende Überprüfung seines beim flotten Lesen erworbenen Wissens zu sein. Manche Einsichten bietet der Autor auf „Bierdeckeln“ an, um sie schmackhafter zu machen – etwa die Berechnung der Menge an DNA in einer Portion Currywurst –, und in eigens eingestreuten Exkursen kommt auch der Blick in die Geschichte der Wissenschaft an die Reihe. Wer sich in ihr auskennt, wird wissen, dass die historische Entwicklung der Biochemie ihre eigenen Tücken hat, die sich etwa zeigen, wenn es um die Entschlüsselung des genetischen Codes geht. Mueller versucht sich bravourös an dem vertrackten Stoff, allerdings bleibt zu hoffen, dass er auf die eine

oder andere lustige oder auch traurige Begebenheit in der biochemischen Geschichte in einer nächsten Version detaillierter eingehen wird.

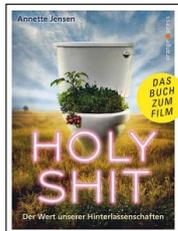
Mueller gibt am Ende seines Buches eine Antwort auf die Frage: „Wie sollte man ein Paper schreiben, damit es möglichst allgemeinverständlich ist und viel gelesen wird?“. Mueller meint natürlich Arbeiten in der Biochemie, die es immer schwer hatte, ihren Platz zwischen dem der Physik und dem der Biologie erst zu finden und dann zu behaupten. Als Erwin Schrödinger, der Nobelpreisträger für Physik, sein weltberühmtes Buch zum Thema „Was ist Leben?“ vorlegte, hat er die Chemie – also die Biochemie – einfach ausgelassen und übersprungen. Er wollte durch diesen Trick vermeiden, sich lächerlich zu machen. Schrödinger hätte „Endlich Biochemie verstehen“ gut gebrauchen können. Vielleicht würden wir heute weniger über Schrödingers Katze und mehr über seinen Mops sprechen. Mops – so heißt einer der Puffer, ohne den es – Mueller zufolge – die moderne Molekularbiologie nicht geben würde und der deshalb mehr Aufmerksamkeit verdient hat, auch wenn sich hinter der hübschen Abkürzung ein schwieriger Name verbirgt, nämlich (3-[N-Morpholino]-Propan-Sulfonsäure. Hätte Lorient ihn gehört, wäre ihm erst ein „Ach!“ entschlüpft, bevor er sich hätte überzeugen lassen: Ein Leben im Laboratorium ohne Mops ist möglich, aber eher sinnlos.

*Ernst Peter Fischer, Heidelberg*

**Endlich Biochemie verstehen.**  
Jonathan Wolf Mueller, Springer Spektrum, Heidelberg, 2023,  
175 S., 24,99 Euro,  
ASIN B0C367TQDM.

## DOKUMENTARFILM

## Mit Scheiße die Welt retten



Wissenschaftliche Forschung kann und darf auch schon mal „anrühige“ Themen betreffen, hier die menschlichen Fäkalien, deren Entsorgungs- und Nutzungsmöglichkeiten Rubèn Abruña in „Holy Shit“ anschaulich und unterhaltsam dokumentiert. Als motivierend-drastisch erscheinender Einstieg führt der Filmemacher die Zuschauer in einem munter geführten Expertengespräch in die „Welt des Ekels“ ein. Hier wird dann auch gleich die „Leitfigur“ des Films (bereits als Emoji populär) vorgestellt, ein „Kackhaufen“ angerichtet wie ein Schokotörtchen.

Viele von uns sind sich vermutlich des Fäkalienproblems nicht wirklich bewusst, aber die Natur „hat ein Gedächtnis für nicht zersetzbare Rückstände“. Dieses im Vergleich zu tierischen Ausscheidungen (Gülle, Dung) bislang stiefmütterlich behandelte Thema lernen wir auf einer Reise durch verschiedene Länder in Europa, den USA, Asien und Afrika kennen, in denen es erprobte zukunftssträngige Konzepte zur Behandlung von menschlichen Fäkalien gibt. Dabei kommen die Protagonisten in den überwiegend englischsprachigen Kommentaren mit deutschen Untertiteln selbst zu Wort, stellen die von ihnen entwickelte bzw. praktizierte Methode mit ihrem Für und Wider vor. Schwerpunkte sind dabei eine „Ökomaschine“ mit Rückführungspotenzial der Fäkalien-Abbaustoffe in den natürlichen Stoffkreislauf sowie verschiedene Formen von Kompost- und Trockentoiletten, auch verknüpft mit der Herstellung von Recyclingdünger und Regenwürmern als Kompostierer. Man

muss schon aufmerksam zuschauen, genauer gesagt mitlesen, um alles zu verstehen. Zum guten Verständnis tragen jedoch die Kommentare des Schauspielers Christoph Maria Herbst bei. Diese Reise durch die „Welt des Fäkalienrecyclings“ lohnt sich, zumal sie so gegliedert ist, dass man wie bei einer gut organisierten (Welt-) Reise die einzelnen Orte plus Lösungsvorschlag für das Entsorgungsproblem kennenlernt.

Der Film klärt auf. Er polarisiert nicht in die übliche Richtung der von uns verursachten Umweltschäden, sondern zeigt gangbare Perspektiven zur Nutzung menschlicher Fäkalien auf, letztendlich vor dem Fernziel, damit als Düngemittel etwas gegen den Hunger auf der Welt zu bewirken.

*Christiane Högermann, Osnabrück*

### Holy Shit.

Dokumentarfilm von Rubèn Abruña, ThurnFilm, Deutschland 2023, Farbfilm Verleih, FSK: o. A., 90 Min., <https://holys-hit-derfilm.de>, Begleitend zum Film sind ein Buch (<https://holys-hit-dasbuch.de>) sowie pädagogisches Material erhältlich (<https://film-kultur.de/film-heft-zu-holys-hit/>).

## NATURFORSCHUNG

### Ein Leitbild für den deutschen Staat

Als ich dem Großvater meiner Frauen jüngst erschienenen Band „Ernst Haeckel in der DDR“ zum 90. Geburtstag zusandte, erinnerte er sich: „Im Jahre 1952 habe ich an einem Ausflug meines damaligen Arbeitskollektivs (Forschungs- und Entwicklungs-Abteilung im Hydrierwerk Zeitz) nach Jena teilnehmen können und wir haben damals u. a. das Ernst-Häckel-Museum [sic] besucht [...]. Für mich ist es schon sehr interessant, was aus Fossilien, Knochenresten oder auch Versteinerungen alles herauszulesen ist.“

Meine eigene DDR-Zeit währte nur wenige Jahre, aber vom Haeckel-schen Geist angezogen, studierte ich später in Jena Biologie. Wir pilgerten als Studenten regelmäßig mit Fangnetzen bewaffnet zum Haeckel-Gedenkstein, der 1969 am 50. Todestag des großen Biologen von den Natur- und Heimatfreunden, der Friedrich-Schiller-Universität und dem Rat der Stadt Jena – mit herrlichem Ausblick auf das Ammer- und Mittlere Saaletal – errichtet wurde.

Das 236 Seiten starke, reich illustrierte und dem Preis angemessene Buch der Jenenser Wissenschaftshistoriker Karl Porges und Uwe Hoßfeld über die Haeckel-Rezeption in der DDR erschien im Juli 2023 im Arnstädter THK-Verlag. Gregor Gysi schrieb das Vorwort. Das Buch ist ein Muss für jeden, der ein Verständnis darüber gewinnen möchte, wie man Ernst Haeckel lesen kann, um den eigenen Geist zu erbauen und zu entwickeln.

Das war auch eines der Anliegen der sich stets wandelnden Bildungspolitik in der DDR, die meist Ernst Haeckels Schaffen als großen Naturforscher in den Vordergrund stellte. Ja, man nannte sogar zwei große, international agierende Forschungsschiffe nach dem bedeutenden Biologen und konnte zu Hause ein Schiffsmodell im Maßstab 1:100 nachbauen ... (Die Bauanleitung liegt dem Buche bei.)

Aber in der DDR wurde Ernst Haeckel freilich – wie davor und auch danach immer wieder – politisch instrumentalisiert. So lieferte sein materialistisches und religionskritisches Lebenskonzept, wie v. a. in seinen »Welträthseln« (1899) dargelegt, „identitätsstiftende Anknüpfungspunkte für die zu realisierende Idee eines sozialistischen Staates“ (S. 110), wie Porges und Hoßfeld diskutieren. Haeckel hätte den Materialismus aber nicht zu Ende gedacht, da er zeitlebens in Bezug auf die Gesellschaft in einer idealistischen Position verharrte, so ein im Buch zitierter Journalist im Jahr 1958. Der „real existierende Sozialismus“ der DDR war Veränderungen



unterworfen, so auch Haeckels politische Vereinnahmung in dieser Zeit, wie im Buch nachvollziehbar dargestellt ist.

Immerhin: Auch das hohe Bildungsideal der DDR konnte anhand der Figur Ernst Haeckels propagiert werden. Die Autoren verweisen anhand einzigartiger, teils skurriler Quellen auf die Haeckel-Rezeption in den Lehrplänen der Oberstufe und in den Tageszeitungen und stellen die Bezugnahme auf den großen Biologen durch öffentliche Veranstaltungen und gestiftete Preise dar. Zahlreiche in der DDR erschienene Bücher über Haeckel werden besprochen und bieten einen wertvollen Überblick über 40 Jahre Haeckel-Forschung. Sowohl das Haeckel-Haus als auch das 1907 gegründete Phyletische Museum in Jena waren frequentierte Bildungsorte der ganzen Nation.

Besondere Beachtung und verdiente Verehrung findet im Buch der langjährige Leiter des Haeckel-Hauses Georg Uschmann (1913–1986), der durch ein sachliches Quellenstudium Haeckel in dessen ganzer Vielfalt darzustellen wusste, sich der politischen Vereinnahmung weitestgehend entzog und für ein großes internationales Ansehen der Jenenser Haeckel-Forschung sorgte.

Die Autoren Porges und Hoßfeld halten sich vorsichtig zurück zu diskutieren, was wir aus der politischen Vereinnahmung Haeckels durch das DDR-Regime ‚alles lernen könnten‘. Es geziemt einem Wissenschaftler auch nicht, politische Stellung zu beziehen. Aber den Bildungsauftrag wahrgenommen zu haben, den großen Naturforscher Ernst Haeckel zum Anlaufpunkt nationalen Gedenkens und Verehrens zu machen, mag in unseren Tagen so manchen zum Nachdenken anregen.

Etwas irritiert der umfangreiche Anhang des Buches mit Manuskripten zu nie realisierten DEFA-Filmen über Ernst Haeckel. Sie werden im Buch kaum diskutiert, dürften wohl aber als dringender Aufruf verstanden werden, zeitnah und endlich

einmal einen didaktisch anspruchsvollen Hollywood-Streifen zu verwirklichen. Doch wer soll da den ‚Mann mit dem Schöpferhut‘ – notfalls mit Augenklappe – spielen?

Als ‚deutscher Darwin‘ gefeiert oder bekämpft (und wie ich meine: verkannt!), war Haeckel ein begnadeter Wissenschaftler, Forschungsreisender, Künstler, Philosoph, aber auch ‚Gegenpapst‘, Pazifist, Rassen-theoretiker und Nationalist. Sämtliche Schwierigkeiten, die mit der Person des späten Haeckels und mit einigen seiner Werke und Theorien verbunden sind, dürfen natürlich nicht abgetan oder verschwiegen werden. Die Arbeitsgruppe um Uwe Hoßfeld hat sich über viele Jahre hinweg wertvolle Verdienste darin erworben, die jeweiligen Fragestellungen ausgewogen und mit Bezug zum damaligen Zeitgeist zu kontextualisieren.

Nicht die Einseitigkeit, sondern erst die Ambivalenz macht einen großen Geist aus. Und ich meine hier auch vor allem die schöpferische Ambivalenz, denn es lohnt die Lektüre der ‚Generellen Morphologie‘ (1866) genauso wie ein Sinnen über den ‚Kunstformen der Natur‘ (1904). So kann uns Haeckel (frei nach Madewar 1957) noch immer als großes Vorbild dienen, auch wenn sein Porträt beizeiten kopfüber hängt.

*Ingmar Werneburg, Senckenberg  
und Universität Tübingen*

### Ernst Haeckel in der DDR.

Karl Porges, Uwe Hoßfeld,  
THK-Verlag, Arnstadt, 2023,  
236 S., 29,90 Euro, ISBN: 978-3-  
945068-73-1.

## NATURSCHUTZ

### Basiswissen für Naturschützer

Tier- und Artenschutz kann bereits im eigenen Garten erfolgen, indem man Vögeln und anderen Tieren wie

Fledermäusen zu adäquaten Brut- oder Rastplätzen verhilft. Diesem Zweck dient der vorliegende Ratgeber. Klaus Richarz ist ausgewiesener Vogelkenner und Naturschützer, der seit über 40 Jahren die Staatliche Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland geleitet hat. Zusammen mit dem Agraringenieur Martin Hormann hat Richarz seinen erfolgreichen Praxisführer über Nisthilfen neu bearbeitet.

Zunächst geht es um die klassischen Höhlenbrüter wie Gartenrotschwanz oder Kohlmeise, die Kunsthöhlen gerne annehmen. Diese Arten werden in informativen Steckbriefen vorgestellt, die durch wertvolle Praxistipps ergänzt werden. Eine Besonderheit dieses Ratgebers besteht darin, dass auch andere Vogelarten behandelt werden, die zwar nicht im heimischen Garten leben, denen man aber durch Nisthilfen helfen kann. Hier sind Turm- und Wanderfalke, Weiß- und Schwarzstorch, Eulen, Mauersegler, Flussregenpfeifer und Seeschwalben zu nennen.

Im zweiten Teil des Buches geht es um Fledermäuse, Siebenschläfer, Gartenschläfer, Haselmaus und Spitzmäuse, denen man mit Nistkästen helfen kann. Unterstützende Maßnahmen gibt es auch für Reptilien, Amphibien, Wildbienen, Hummeln und Hornissen. Das Buch ist sachkundig geschrieben, gut gegliedert und durch viele informative Fotos illustriert. Richarz und Hormann haben mit diesem gut lesbaren und kompetenten Praxisführer eine wichtige Einführung zum Einsatz von Nisthilfen für Vögel, Säugetiere, Kriechtiere, Lurche und Insekten publiziert, der man weite Verbreitung wünschen kann. Dieses Buch sollte im Bücherschrank keines Naturschützers und Naturfreunds fehlen.

*Michael Wink, Heidelberg*

### Nisthilfen für Vögel und andere heimische Tiere.

Klaus Richarz, Martin Hormann,  
Aula-Verlag, Wiebelsheim, 2023, 378  
S., 29,95 Euro,  
ISBN 978-3-89104-852-8.



## MIKROBEN VERSTEHEN

## Mikroben leben in einer anderen Welt – Hyperthermophile jenseits von 100 °C

*Mikroben, die in extremen Standorten mit einem Überangebot gelöster Ionen und Stoffe ( $H^+$ ,  $OH^-$ , Salze, Toxine u. a.) leben, können deren Einflüsse teilweise durch selektiven Im- und Export, Stoffwechselstrategien und Anpassungen kompensieren. Ein rein physikalischer Faktor wie die Umgebungstemperatur wirkt aber unabwendbar auf alle Bestandteile der Mikroorganismen. Die Eigenschaften hitzestabiler Makromoleküle (Proteine, Lipide und Membranen, DNA) hyperthermophiler Mikroben sind nach wie vor ein Forschungsfeld von besonderem biologischen Interesse.*

Die ersten Mikroben entstanden und lebten wahrscheinlich in einer heißen archaischen Umwelt in hydrothermalen Systemen; dafür gibt es Hinweise aus unterschiedlichen Disziplinen [1, 2]. Demnach waren die Zellen und ihre Biomoleküle schon zu Beginn an höhere Temperaturen angepasst. Die Zusammensetzung und Strukturen von Proteinen, Lipiden, Membranen und Polynukleotiden haben sich später so

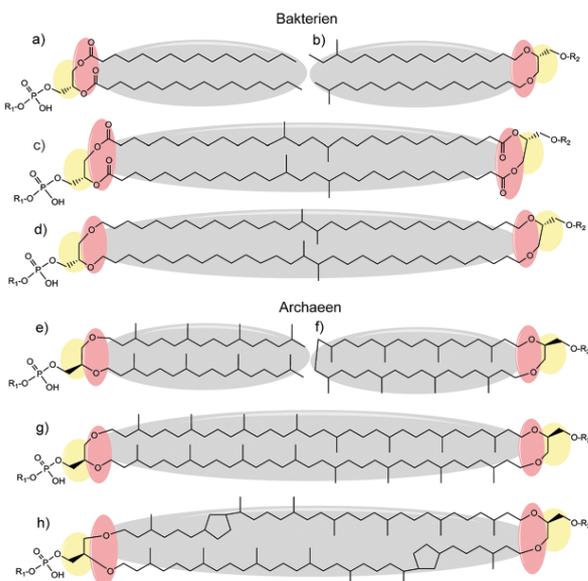
verändert, dass sie auch bei niedrigeren Temperaturen ihre Funktion erfüllen. Heute betrachten wir die Anpassung oft aus umgekehrter Richtung: Wie müssen Makromoleküle gestaltet sein, damit sie aus unserer Sicht extremen Bedingungen standhalten können und funktionsfähig bleiben? Seit der Entdeckung hyperthermophiler Mikroben – vor allem Archaeen, die bei über 100 °C leben und von denen manche bis zu 130 °C überleben [3] – untersucht man die hitzeresistenten Zellen und ihre Strukturen. Einige Einblicke in die Eigenschaften wesentlicher Zellkomponenten sind hier aufgeführt.

### Lipide und Membranen

Alle Zellen grenzen sich mit Lipidmembranen von der Umwelt ab und kontrollieren den Stoffaustausch über sie. Es ist seit langem bekannt, dass meso- und thermophile Mikroben unterschiedliche Lipidzusammensetzungen aufweisen und Archaeen in der Regel andere Membranlipide besitzen als Bakterien. Letztere koppeln meist Fettsäuren durch Esterbindung an die hydrophilen Kopfgruppen (Phospholipide); bei Archaeen liegen durch Etherbindung verknüpfte hydrophobe Isoprenoidmoleküle (Phytanylalkohole) mit mehreren Methyl-Seitenketten vor (Abbildung 1) [4, 5]. Etherbrücken sind schwerer zu hydrolysieren als Esterbindungen und thermostabiler. Je

wärmer die Umgebung ist, desto fluider (labiler und durchlässiger) werden Membranen. Dem begegnen Bakterien durch Lipide mit längeren und gesättigten Fettsäuren, Thermophile mit verzweigten Ketten auch in Etherbindung und manche Arten durch kovalent verknüpfte Tetraester- oder Tetraether-Lipidpaare (Abbildung 1). Hyperthermophile Archaeen enthalten ohnehin meist kovalent verknüpfte Phytanylreste (Tetraetherlipide) in anpassbarem Verhältnis zu Dietherlipiden. Sie durchspannen die Membran und können sich nicht mehr gegeneinander verschieben; die Membran wird zum Monolayer und rigider. Eine weitere Steigerung der Temperaturtoleranz bewirkt die Bildung von Pentacyclen in den Phytanylketten (Abbildung 1). Deren Anteil fällt umso größer aus, je heißer die Umgebung ist. Die Membran behält dadurch offenbar ihr isolierendes Gefüge und bleibt auch bei über 100 °C dicht [4, 5]. Diese strukturellen Varianten charakterisieren eine generelle Strategie. Es zeichnet sich jedoch ab, dass Bakterien die Grenze von etwa 100 °C nicht überwinden können [5]. Ob die Membranzusammensetzung oder andere Faktoren eine Barriere für Bakterien bilden, ist nicht abschließend klar.

Die Stabilität der Zellmembran hängt nicht ausschließlich von der Art der Lipide ab: Sie wird auch durch den Einfluss der Zellwand mitbestimmt. Bei Bakterien schreibt man die generelle Membran- und Zellintegrität weitgehend der kovalent vernetzten Peptidoglycanhülle zu, wobei eine äußere Membran, eine Proteinschicht (S-Layer) und auch Polysaccharide aufgelagert sein können und einen Beitrag liefern [6, 7]. Dagegen fehlt fast allen Archaeen eine Peptidoglycanhülle. Sie besitzen dafür einen in der Membran verankerten, glycosilieren S-Layer als meist einzige Zellwandkomponente [6]. Wie diese die Membran zu stabilisieren vermag, ist eine eigene Betrachtung wert.



**ABB. 1** Typische Lipidvarianten aus Bakterien und Archaeen. Strukturelle Unterteilung in Fettsäureketten bei Bakterien und Isoprenoidketten bei Archaeen (grau), Esterbindungen bei a–c) und Etherbindungen bei d–h) (rot), funktionelle Bindung an Glycerin-3-Phosphat in Bakterien und an Glycerin-1-Phosphat in Archaeen (gelb) mit R<sub>1</sub>: Phosphat-Kopfgruppen oder R<sub>2</sub>: Hexosen. Illustration aus [5], verändert gemäß <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## DNA

Neben der Integrität der Zelle muss auch die des Genoms erhalten bleiben. Bekanntermaßen steigt mit höherem GC-Gehalt der DNA ihre Schmelztemperatur; allerdings ist sie nicht mit der Wachstumstemperatur der Mikroben korreliert. Für die RNA scheint es aber einen solchen Zusammenhang zu geben [4]. Die DNA ist durch eine Reihe anderer Mechanismen geschützt wie durch hohe Konzentrationen von Kationen oder kleinen organischen Molekülen (*compatible solutes*), die Bindung von Polyaminen (Cadaverin u. a.) und histonähnlichen Proteinen.

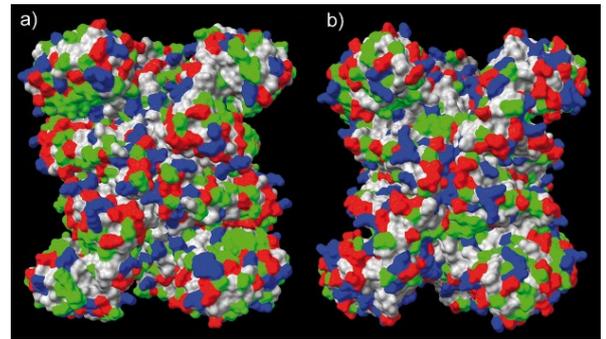
Die DNA aller mesophilen Mikroben weist gegenüber der normalen helikalen Struktur einen zusätzlichen negativen Twist (*supercoiling*) auf. Das Enzym Gyrase entwindet die DNA etwas und ermöglicht so ein leichteres Öffnen des Doppelstrangs etwa zur Transkription. Generell negatives *supercoiling* wäre bei hohen Temperaturen allerdings nachteilig. Hyperthermophile enthalten jedoch eine entspannte oder mit positivem Twist gewundene DNA, wodurch ihre Struktur thermoresistenter wird. Dies bewirkt die Reverse Gyrase, ein typisches Enzym hyperthermophiler Mikroben [8]. Jegliche Stabilisierung kann aber nicht verhindern, dass Schäden wie etwa Strangbrüche durch Hitze oder andere energetische Einwirkungen auftreten. Thermophile (und nicht nur diese) verfügen deshalb über effiziente enzymatische Reparatursysteme, die DNA-Läsionen beheben. So unterscheiden sich die Mutationsraten Hyperthermophiler kaum von Mikroben in gemäßigten Ökosystemen [9].

## Proteine

Auch die Thermostabilität der Proteine ist nicht auf ein einzelnes auffälliges Merkmal zurückzuführen. Sequenz- und Strukturvergleiche zeigen, dass thermoresistente Proteine weniger hitzelabile Aminosäuren aufweisen, dafür aber etwas mehr aromatische sowie geladene (Aspar-

at, Glutamat, Arginin, Lysin). Letztere bilden auf der Moleküloberfläche Ionenpaare und ein Netzwerk von Salzbrücken, deren elektrostatische Wechselwirkungen dem Makromolekül zusätzlich thermische Rigidität verleihen (Abbildung 2). Dies wird durch hydrophobe Interaktionen im Molekülinnen und die Verringerung repulsiver Ionenkontakte begleitet [10, 11]. Außerdem sind die Proteinoberflächen oft kompakter, ohne flexible Sequenzabschnitte, die in das Medium ragen. Dadurch verringert sich die thermische Beweglichkeit der Struktur. Das hat Konsequenzen für die Gestaltung des aktiven Zentrums. Die zur Bindung von Substraten notwendige Flexibilität beteiligter Sequenzbereiche ist nicht so ausgeprägt wie es bei mesophilen Enzymen der Fall ist [11]. Thermophile Enzyme bleiben deshalb bei niedrigeren Temperaturen reaktions-träger oder völlig inaktiv (und die Mikroben wachsen nicht mehr). Mitunter trägt die Anlagerung eines Substratmoleküls zur strukturellen Fixierung des aktiven Zentrums und zur Erhaltung einer funktionellen Konformation bei – ebenso wie die unspezifische Anlagerung von Ionen und kleinen organischen Molekülen. Thermostabile Enzyme gewinnen auch durch ihren Gehalt an Sekundärstrukturen ( $\alpha$ -Helix und  $\beta$ -Faltblatt) zusätzliche Stabilität und bilden kompakte oligomere Komplexe [11].

Es wird deutlich, dass Leben bei hohen Temperaturen umfangreiche Anforderungen an makromolekulare Strukturen stellt, die hier nur in Kürze und keineswegs vollständig erwähnt sind. Manche Eigenschaften gegenüber mesophilen Organismen äußern sich eher geringfügig, aber wirkungsvoll (Aminosäuremuster). Andere Charakteristika fallen deutlicher aus (Lipidstrukturen). Viele Effekte werden jedoch auch durch Beteiligung weiterer Komponenten hervorgerufen (zelluläres Ionenmilieu und Molekülausstattung), deren Zusammenspiel man selten vollständig durchblickt oder bislang nur



**ABB. 2** Oberflächendarstellungen der strukturähnlichen Glutamat-Dehydrogenasen des a) Bakteriums *Clostridium symbiosum* (Wachstumsoptimum 30–37 °C) mit Strukturdaten aus der Protein-Data-Bank (PDB 1hrd) und b) des Archaeons *Pyrococcus furiosus* (100 °C) (PDB 1gtm). Negativ und positiv geladene Aminosäuren sind rot und blau eingefärbt, polare grün und unpolare hellgrau. Das thermophile Enzym von *P. furiosus* zeigt eine etwas dichtere Ladungsverteilung und enthält mehr Salzbrücken auf der Oberfläche [12].

erahnt. Faszinierend bleibt immer noch die Frage, aufgrund welcher Faktoren genau manche Archaeen höhere Temperaturen aushalten als hyperthermophile Bakterien.

## Literatur

- [1] M. S. Dodd et al. (2017). Nature 543, 60–64, <https://doi.org/10.1038/nature21377>
- [2] U. C. Schreiber (2019). Das Geheimnis um die erste Zelle. Springer-Verlag Deutschland.
- [3] H. Engelhardt (2024.) Biologie in unserer Zeit 54 (1), 89–91.
- [4] R. M. Daniel, D. A. Cowan (2000). Cell. Mol. Life Sci. 57, 250–264.
- [5] M. F. Siliakus et al. (2017). Extremophiles 21, 651–670, <https://doi.org/10.1007/s00792-017-0939-x>
- [6] H. Engelhardt (2007). J. Struct. Biol. 160, 115–124, <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2007.08.003>
- [7] J. Sun (2022). Nat. Rev. Microbiol. 20, 236–248, <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00638-0>
- [8] P. López-García (1999). J. Mol. Evol. 49, 439–452.
- [9] Y. Ishino, I. Narumi (2015). Curr. Opin. Microbiol. 25, 103–112, <https://doi.org/10.1016/j.mib.2015.05.010>
- [10] A. Karshikoff, R. Ladenstein (2001). Trends Biochem. Sci. 26, 550–556.
- [11] L. D. Unsworth et al. (2007). FEBS J. 274, 4044–4056, <https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2007.05954.x>
- [12] K. S. P. Yip et al. (1995). Structure 3, 1147–1158.

Harald Engelhardt, Martinsried

## PARTNER DES MENSCHEN

## Das Hauskaninchen: Pelzlieferant und Streicheltherapeut

*Zunächst war es zwar nur schmackhaftes Wildbret und lieferte einen schönen Pelz, aber gerade das flauschige Fell machte das Kaninchen besonders beliebt. So avancierte das flinke Langohr bald zum Streicheltier, für das sich nicht nur Kinder begeistern. In der pharmazeutischen Industrie haben die Tiere vielfach als sprichwörtliches Versuchskaninchen gedient. Seit vielen Jahren erkennt der Mensch aber auch den therapeutischen Nutzen der süßen Pelztierchen.*



**ABB. 1 Wildkaninchen sind insgesamt zierlicher als Hasen.** Foto: J. J. Harrison.

Ja, das Kaninchen ist vielfach vom Menschen ausgebeutet worden: zum einen als Fleisch- und Pelzlieferant, zum anderen als „Testgewebe“ für neue Medikamente oder Kosmetika. Daneben helfen die hasenartigen Tiere dem Menschen aber auch als Streicheltier bei Gemütskrankheiten oder finden einfach einen Platz als knuddeliges Familienmitglied.

Die Bezeichnung Kaninchen umfasst viele verschiedene Gattungen aus der Ordnung der Hasenartigen (Lagomorpha), stellt selber aber keine systematische Gruppe dar. Die Urform ist das Wildkaninchen (*Oryctolagus cuniculus*, Abbildung 1), das ursprünglich auf der iberischen Halbinsel, Südfrankreich und Marokko vorkam und vom Menschen vielerorts ausgewildert wurde. Im Vergleich zum Feldhasen (*Lepus europaeus*) sind Ohren, Hinterläufe sowie Schwanz des Wildkaninchens kürzer und der Körper insgesamt



**ABB. 2 Kaninchenschädel mit den für Hasenartige typischen Stützähnen (Pfeil) hinter den Nagezähnen.** Foto: P. Eitner.

kleiner. Ein weiterer Unterschied ist die Lebensweise: Wildkaninchen graben unterirdische Gangsysteme, die sie mit Sippen von einem Dutzend Tieren bewohnen. Dementsprechend zeigen Wildkaninchen ein ausgeprägtes Sozialverhalten: Wie in anderen Rudeln üblich, wird eine Rangordnung ausgekämpft.

Außerdem warnen sich Wildkaninchen vor Gefahren durch Trommeln mit den Hinterläufen. Im Gegensatz zum Hasennachwuchs sind Kaninchenkinder Nesthocker und kommen nackt und blind zur Welt – dafür sind sie in ihrer unterirdischen „Setzröhre“ auch gut geschützt. Sobald die Jungtiere entwöhnt sind, ernähren sie sich von Gräsern, Blättern und Kräutern und besitzen hinter den deutlich sichtbaren Nagezähnen die für alle Hasenartigen typischen Stützähne (Abbildung 2). Der Dünndarm ist mit über drei Metern fast so lang wie der des Menschen und mit seiner großen Oberfläche besonders gut für die Verdauung von Pflanzennahrung geeignet. Die faserreiche Nahrung wird vor allem im großen Blinddarm aufgeschlossen, in dem Darmbakterien Cellulose-spaltende Enzyme bereitstellen, die der Wirt nicht selber herstellen kann. Wildkaninchen haben viele Feinde wie Greifvögel, Raubkatzen, Marder oder Füchse. Deshalb begegnen sie dem Räuberdruck mit einer hohen Vermehrungsrate. Die Weibchen werfen 4–6-mal im Jahr 4–6 Jungtiere, von denen nur ein geringer Bruchteil bis zu zehn Jahre alt wird.

### Von Spanien in die neue Welt

Die Geschichte der Kaninchen beginnt auf der iberischen Halbinsel,



**ABB. 3 Seit Kaninchen in Australien eingeführt wurden, haben sie sich übermäßig vermehrt und verdrängen einheimische Beuteltiere.** Foto: Liz Poon.



**ABB. 4** Der *rabbit-proof fence* von 1904 soll heutzutage die Ausbreitung von Kaninchen, Dingos, Füchsen und Emus in Australien verhindern. Foto: redd.it.

wo die Tiere so häufig gewesen sein mussten, dass sie schon den Phöniziern als charakteristische Art aufgefallen waren. Sie erinnerten die Händler an kleine Säuger (*Procavia capensis*), die in Afrika heimisch waren, aber nicht so lange Ohren und Hinterläufe hatten. So wurde die iberische Halbinsel zum „Land der Schliefer“, was nach Übersetzung ins Lateinische zu „Hispania“ wurde. Wer hätte gedacht, dass die spanische Nation ihren Namen den Langohren schuldet?

Während Kaninchen im Mittelalter in vielen Ländern Europas als Haustier und Fleischlieferant geschätzt wurden, gelangten sie erst mit spanischen und portugiesischen Seefahrern nach Übersee. Viele Tiere wurden in Südamerika, Australien, Neuseeland und vielen pazifischen Inseln ausgesetzt, wo sie sich meist schnell in freier Wildbahn etablieren konnten. Da dort viele ihrer natürlichen Feinde nicht mehr vorhanden waren, entwickelten sie sich mancherorts aufgrund ihrer immensen Fruchtbarkeit schnell zu einer Plage. Gerade in Australien, wo die trockenen, sandigen Böden den Kaninchen optimale Lebensbedingungen bieten (Abbildung 3), sah sich die australische Regierung zu einer drastischen Maßnahme

gezwungen: dem *rabbit-proof fence* – einem Zaun, der den westlichen Teil des Kontinents über 1.837 Kilometer von Norden nach Süden teilt, und eine Invasion durch die kleinen Pelztierchen aus dem Osten verhindern sollte (Abbildung 4). Die Bauarbeiten dauerten nur zwei Jahre. Aber schon ein Jahr später hatten die Kaninchen dieses Hindernis überwunden, so dass in Windeseile ein zweiter Zaun erbaut werden musste. Auch dies hielt die Invasion nicht auf.

### Produkttester und Gemüthsheifer

Als sprichwörtliches Versuchskaninchen haben die Hasenartigen eine leidvolle Nutzung durch den Menschen erfahren. Aufgrund ihrer hohen Reproduktionsrate und der einfachen Haltung eignen sich diese Säuger für viele Bedürfnisse der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie. Kaninchen trugen schon unter Louis Pasteur zur Entwicklung eines Impfstoffes gegen die tödliche Tollwut bei, und auch die Bedeutung des Insulins bei der Behandlung der Zuckerkrankheit wurde mithilfe von Kaninchen erforscht. So verdanken wir Menschen einige lebensrettende Medikamente den Tierversuchen mit Kaninchen.

### KANINCHENZÜCHTER

Da Kaninchen zwar als jagdbares Wild gelten, aber nicht dem Fleischverbot während der Fastenzeit unterliegen, wurden die ersten Kaninchenrassen in Klöstern gezüchtet. 1874 wurden in Deutschland die ersten Zuchtvereine gegründet, mit dem Ziel weitere Eigenschaften wie Pelzfarbe und -qualität, Endgröße sowie Ohrenlänge zu verändern. Vom „Deutschen Riesen“ bis zum zehnmal leichteren „Zwergkaninchen“ sind heute mehr als 90 Rassen bekannt, deren Standards vom Zentralverband Deutscher Kaninchenzüchter e. V. festgelegt werden.



**ABB. 5** Kaninchen können bei vielen Patienten ein Wohlfühlgefühl auslösen und eignen sich deshalb für den Einsatz in Krankenhäusern und Altenheimen. Foto: Stuttgarter Zeitung.

Heute liegt der Anteil der Langohren allerdings nur noch bei drei Prozent aller Versuchstiere in der medizinischen Forschung.

Dafür erlangt das Kaninchen eine andere medizinische Bedeutung: Wie bei anderen Pelztieren kann das Streicheln von Kaninchen bei der Behandlung von Patienten mit Gemütskrankungen wie Depressionen oder Demenz helfen (Abbildung 5). Besonders große Kaninchenrassen lassen sich von den Patienten gut auf den Arm nehmen und wirken beruhigend und manchmal auch beglückend auf sie. So entwickelt sich vielleicht im Kleinen doch noch eine echte Partnerschaft zwischen Mensch und Kaninchen.

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

## AUSSERSCHULISCHE LERNORTE

## Kapuzinergarten in Münster – Biologie trifft Theologie

*Mitten in der „Friedensstadt“ Münster befindet sich dieses Reservat für alte, regionale Kulturpflanzen, das von den Münsteraner Kapuzinern in Kooperation mit verschiedenen Partnern – so den Alexianer-Werkstätten für Menschen mit Handicap – seit 2018 der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Hier treffen Nachhaltigkeit, die Möglichkeit der spirituellen Auseinandersetzung mit biologischer Evolution und biblischer Schöpfung sowie ein Raum zwischenmenschlicher Begegnung zusammen.*

Auf rund 1,5 ha präsentieren sich ca. 90 Obstsorten (Abbildung 1), ca. 150 Gemüse- und Salatsorten sowie ca. 160 Kräuterarten je nach Jahreszeit. Ein Schwerpunkt von „Vielfalt L/leben“, dem Leitgedanken der Klosteranlage, liegt dabei auf dem

Erhalt alter regionaler Pflanzen, so zum Beispiel der Apfelsorten „Dülmener Rose“ oder „Münsterländer Borsdorfer“. In einem Bereich des Gartens werden Pfropfversuche mit Apfelsorten durchgeführt, wobei jeweils je nach Etage im Drahtge-

flecht eine neue Sorte aufgepfropft ist (Abbildung 2). Auch rund 30 Minzesorten gibt es im Klostergarten. Diese werden im Gewächshaus vorgezogen und dann später ausgepflanzt. Besonders ästhetisch präsentiert sich die Blühwiese im jeweiligen Jahresaspekt. Dort sind auch Bienen heimisch (Abbildung 3). Für die Versorgung mit Küchenkräutern ist im Kräuterareal gesorgt (Abbildung 4). Auch Gemüse wird angebaut. Bei guten Wachstumsbedingungen können damit ungefähr 70 Prozent des Bedarfs für die 25 (darunter auch südasiatische) Brüder, Hausgäste sowie die Angestellten im Kloster gedeckt werden.

Die Gestaltung des Gartens orientiert sich nicht an der klassischen Einteilung von Klostergärten, wie etwa nach Inhaltsstoffen oder der



**ABB. 1** Obstbaumanpflanzungen im Kapuzinergarten.  
Alle Fotos: C. Högermann.



**ABB. 3** Bienenstöcke und Blühwiese mit Frühblühern.



**ABB. 2** Gepfropfte Apfelsorten.



**ABB. 4** Küchenkräuterareal.



**ABB. 5** Klosterfriedhof mit dem dahinter liegenden Bereich für Neuanpflanzungen von Obstbäumen.

Gesundheitswirkung der Pflanzen, sondern hat sich der Biodiversität verschrieben – so insbesondere auch durch regelmäßige Neuanpflanzungen hinter dem Klosterfriedhof (Abbildung 5).

Für den Guardian des Ausbildungsklosters, Bruder Bernd (Dr. Beermann) – Diplombiologe und -chemiker – kommt hier auch der Brückenschlag zur Theologie ins Spiel: „Jede Kreatur trägt Gottes Lob in sich – je vielfältiger die Natur ist, desto reicher ist also auch der Lobpreis Gottes.“ Nicht umsonst wurde 2020 das Gartenprojekt im Rahmen des Sonderwettbewerbs „Soziale Natur – Natur für alle“ durch die UN-Dekade Biologische Vielfalt ausgezeichnet. In einem Interview lässt Bruder Bernd die Konzeption des Klostergartens lebendig werden.

**C. Högermann (CH): Bruder Bernd, stellen Sie bitte kurz den Kapuzinerorden vor.**

Bruder Bernd (BB): Der Kapuzinerorden ist ein Reformzweig des Franziskusordens, der im Jahre 1528 durch die Bulle „Religionis coelis“ vom Papst offiziell bestätigt wurde. Die Hauptanliegen dieser Reform waren ein strengeres Armutsverständnis und eine starke Betonung des kontemplativen Aspekts im täglichen Leben der Brüder. Ansonsten haben wir keinen ausdrücklichen Fokus auf ein spezielles Arbeitsge-

biet. Über die Jahrhunderte hat sich allerdings das Engagement des Ordens hauptsächlich ins Feld der Pastoral verschoben.

**CH: Worin besteht das Konzept des hiesigen Klostergartens?**

BB: Das Konzept des Klostergartens in Münster ist die Erhaltung von Biodiversität – insbesondere im Bereich von Obst und Gemüse. Wir wollen den Menschen die Vielfalt der Natur vor Augen führen und die Bedeutung hoher Diversität für Ökosysteme und für sie selbst zeigen. Darüber hinaus soll dieser Garten als Rückzugsort für Mensch und Tier auch als Begegnungsort mit dem Schöpfer besonders hervorgehoben werden, was wir in unterschiedlichen Veranstaltungen auch tun.

**CH: Reicht der Ertrag aus dem Garten für die Selbstversorgung?**

BB: In den Sommermonaten und im Herbst schon. In den kargen Monaten müssen wir weiterhin dazu kaufen.

**CH: Welches pädagogische Konzept liegt Ihrem Programm für Schulklassen, Jugendgruppen o. ä. zugrunde?**

BB: Von „pädagogischem Konzept“ zu sprechen ist sicherlich etwas hoch gegriffen. Es handelt sich eher um einen „Pädagogischen Leitgedanken“. Wichtig ist uns zunächst, die



**ABB. 6** Klosterkirche in der Passionszeit.

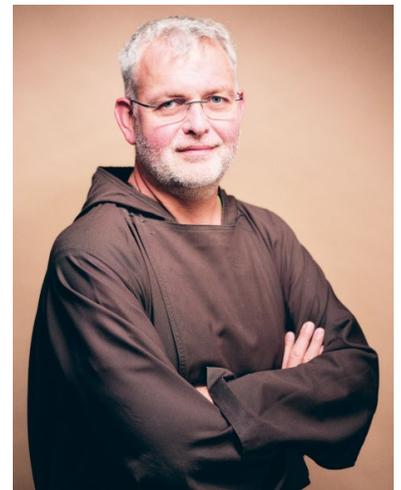
Natur mit allen Sinnen erfahren zu lernen. In diesem sinnhaften Erleben versuchen wir Kinder und Jugendliche zu einem mitgeschöpflichen Verständnis von Natur zu führen. In diesem Kontext spielt der Sonnengesang des Heiligen Franziskus eine besondere Rolle (zum Sonnengesang vgl.

<https://franziskaner.net/der-sonnengesang/>). Für Jugendliche bieten wir katechetisches Material an, das zwar auf unsere Klosteranlage abgestimmt ist, aber auch an andere Einrichtungen angepasst werden kann.

**CH: Bruder Bernd, vielen Dank für das Gespräch!**

Die Klosterbrüder leben ihren christlichen Glauben in regelmäßigen Gebeten und Gottesdiensten in der Klosterkirche (Abbildung 6). In der Vergangenheit wurde vereinzelt Kirchenasyl gewährt, und die Klosterküche versorgt täglich ca. 40 Obdachlose mit einer warmen Mahlzeit.

Christiane Högermann,  
Osnabrück



**Dr. Bruder Bernd Beermann**

Weitere Informationen unter [www.kapuzinerklostergarten.de](http://www.kapuzinerklostergarten.de) und „Garten & lecker“ (ARD-Mediathek <https://t1p.de/44e6m>, verfügbar bis 20.2.2025).



## MANAGEMENT-FALLSTRICKE, TEIL 20

### Der Fluch des Wissenden

*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?*

Etliche Wochen Streitereien lagen bereits hinter ihnen. Das Thema war bei weitem nicht so trivial, wie es auf den ersten Blick erschien. Deshalb sollte ein Experte Licht ins Dunkel des Arbeitskreises bringen und dem Team mit einer fundierten Empfehlung die Entscheidung erleichtern. Bereits tags darauf traf die berühmte Blindschleiche Schinya ein. Dass sie ausgerechnet die berühmte Schinya für ihre Tagung gewinnen konnten, verdankten sie Beutelmaus Maura, die gleichzeitig als Interessensvertreterin der Säugetiere agierte. Gespannt versammelten sich die betroffenen Arten. Baumkäfer Konrad eröffnete die Sitzung und stellte sich als Vertreter der Insekten vor. Er und weitere geladene Gäste ließen sich an der großen runden Baumscheibe in der Mitte des grünen Wiesentals nieder.

Gespannt folgten sie Schinyas Ausführungen. Da die Zeit knapp

bemessen war, stieg Schinya direkt in das brisante Thema ein. Sie hatte die komplizierte Studienlage extra noch einmal durchgeschaut, um auch alle Fakten parat zu haben. Sie war sich sicher, dass ihre Argumente zur verfahrenen Situation der versammelten Mannschaft einleuchten würden. Aus Schinyas Sicht war es eine glasklare Angelegenheit: Die Fakten lagen auf der Hand, und die Lösung war total logisch, wenn man die politische Lage, Umwelteinflüsse, geographische Gegebenheiten sowie finanzielle Aspekte berücksichtigte. Ein „no-brainer“ sozusagen!

Nach den ersten Minuten ihrer Erklärungen blickte Schinya in fragende Gesichter und konnte die Langeweile der Zuhörer förmlich spüren. Mit solch einem anspruchsvollen Publikum hatte sie nicht gerechnet. Daher vertiefte sie ihre Ausführung um anspruchsvollere Argumente. Sicher wollten ihre

Zuhörer keine Zeit mit ausschweifenden Erklärungen verbringen. Es freute sie, dass sie es hier mit Spezialisten zu tun hatte; schließlich nannten sie sich den „Fachausschuss“. Statt lange Reden zu schwingen, setzte sie Akzente. Ein Argument folgte dem nächsten. Jetzt musste doch jedem der Groschen von den Hirnzellen fallen, war sie sich sicher. „Und damit, meine lieben Zuhörerinnen und Zuhörer, empfehle ich Ihnen Variante A“, beendete sie ihre Ausführungen.

Verhaltener Applaus ertönte von den Anwesenden. Beutelmaus Maura bedankte sich betont höflich bei der Expertin und wünschte ihr eine gute Rückreise. Baumkäfer Konrad wandte sich derweil an die Versammelten. „Variante A leuchtet mir nicht ein“, ergriff er das Wort. „Das meiste, was sie gesagt hat, war komplett irrelevant für unsere Entscheidungsfindung!“ „Schinya mag ja Expertin sein, aber sie hat doch sehr abgehobene Ansichten“, pflichtete ihm Beutelmaus Maura bei.

Zustimmendes Gemurmel erklang an der Baumscheibe. „Liebe Kollegen“, nahm der Baumkäfer das Wort wieder auf. „Es ist bereits spät, und die Datenlage wird nicht besser. Lasst uns doch Variante A etwas abspecken, ein paar Punkte aus Variante B mit aufgreifen und einige Ausnahmen definieren, die eigentlich für Lösung C vorgesehen waren.“ So kam es, dass die versammelten Interessensvertreter doch noch zu einer Entscheidung kamen: ein Kompromiss, der zwar nicht alle Probleme lösen würde, den aber zumindest jeder verstand.

**Und die Moral von der Geschicht':  
Niemand kann so gut Deinen  
Gedanken folgen, wie Du selbst.**

*Ihre Andrea Hauk,  
andreabauk@gmx.de*

#### FAKTENBOX

*Der Fluch des Wissenden betrifft vor allem kompetente Personen mit großem Wissen auf einem Gebiet und beschreibt die Tendenz zu glauben, andere wüssten ähnlich viel. Dadurch wird oft darauf verzichtet, eine Sache von Grund auf zu erklären. Warum auch? Die Wahrheit ist aber, dass Sie als Expert/-in auf Ihrem Fachgebiet einen Informationsvorsprung gegenüber Unerfahrenen besitzen. Durch diese Fehleinschätzung sabotieren Sie sich selbst, weil Sie Kunden / Kollegen / Mitarbeiter in Ihrer Argumentation vergessen abzuholen. Besonders bei abstrakten und komplizierten Themen werden Ihre Argumente nicht richtig verstanden, und Sie wundern sich, warum Ihre Vorschläge nur halbherzig umgesetzt werden. Am Ende des Tages verlassen nicht nur Sie, sondern auch Ihre Gesprächspartner, Ihre Kunden und Ihr Team verwirrt und frustriert den Raum. Vielleicht unterliegen Sie ja ebenfalls dieser kognitiven Verzerrung. Oder können Sie sich genau daran erinnern, wie es sich anfühlte, bevor Sie all diese Informationen hatten?*