

ORNITHOLOGIE

Vögel beobachten



Die Flugbegleiter sind eine kleine Gruppe von Journalisten, die für diverse Medien arbeiten, von der FAZ, GEO bis zum Deutschlandfunk und Schweizer

Rundfunk. Sie haben sich auf der Internet-Plattform „Riffreporter“ zusammengeschlossen, auf der sie seit 2018 regelmäßig Reportagen und kleinere Exposees darüber verfassen, was sich in der Welt der „Birder“, Naturschützer und Ornithologen so alles tut. Die gut lesbaren Kurzreportagen wurden zwischen 2018 und 2020 zuerst bei Riffreporter (www.riffreporter.de) publiziert. Die Artikel stammen aus den Federn bekannter Journalist/-innen wie J. Budde, C. Habermalz, M. Hofmann, T. Krumenacker, A. Preger, C. Riechelmann, J. Romberg, C. Ruby, C. Schwägerl und C.-A. von Treuenfels. Die ersten 11 Artikel im Teil „Beobachten und Staunen“ sind persönlich gehaltene Erlebnisberichte der Autoren, darüber wie sie eine seltene Vogelart beobachtet haben oder wie sie zur Naturbeobachtung gekommen sind. Die nächsten 11 Artikel in „Erforschen und Entdecken“ widmen sich aktuellen Themen der ornithologischen Forschung und Artenschutzprojekten. 18 Artikel im Teil „Gefahren erkennen, sich Sorgen machen“ beschreiben aktuelle Probleme in unserer Vogelwelt und Natur. Hier geht es um Bestandsrückgänge, Jagd, Vogelhandel, Neozoen, Klimawandel, aber auch um Artenschutzprogramme, die sich dem Erhalt von Bartgeier, Kiebitz, Seggenrohrsänger und Trauerseeschwalbe widmen.

Dieses Sachbuch ist spannend und leseleicht, aber dennoch sehr sachkundig geschrieben. 33 Vogelillustrationen von Paschalis Dougalis lockern die Texte auf. Die Einzelartikel sind von hoher Qualität. Diese

Sammlung ist eine ideale Lektüre, wenn man nur wenig Zeit hat und vielleicht einen Anreiz benötigt, am nächsten Wochenende doch mal wieder in die Natur zu ziehen, um Vögel zu beobachten.

Michael Wink, Heidelberg

Die Flugbegleiter.

Von einem Geier, der Frieden stiftet, Hightech-Störchen und andere Reportagen über Vögel und Menschen. Christian Schwägerl (Hrsg.), Franckh Kosmos Verlag, Stuttgart, 2020, 299 S., 20 €, ISBN 978-3-440-16972-8.

NATURSCHUTZ

Showdown für den Urhahn



Es geht zu Ende im Ländle mit dem größten unserer Waldhühner, dem Auerhuhn, dem „Urhahn“ der Gefiederten. Mit „Auer“ ist er im selben Sinne be-

nannt wie der Auerochse. Sein Aussterben steht nicht nur im Schwarzwald bevor, dem einst größten Mittelgebirgsvorkommen der Auerhühner in Europa, sondern weithin in ihrem riesigen Areal. Sogar im Ural und jenseits davon, in der Taiga Sibiriens, nehmen die Bestände ab. Peter Berthold, langjähriger Leiter der Vogelwarte Radolfzell und international renommierter Vogelforscher, begründet in seinem neuen Buch überzeugend, warum kaum noch Hoffnung besteht, dass ein überlebensfähiger Restbestand dieses „Urvogels“, wie er das Auerhuhn immer wieder nennt, im Schwarzwald erhalten bleibt. Ein weiteres Buch also zum Niedergang unserer Vogelwelt? Eines, in dem wir das ohnehin leidlich Bekannte wieder einmal serviert bekommen? Wäre dem so, lohnte keine ausführlichere Rezension in der

BiuZ. Bertholds Buch ist anders. Als Ergebnis von mehr als einem halben Jahrhundert eigener intensiver Auerhuhnforschung steckt es voller Befunde, die überraschen und biologisch faszinieren. Zudem ist es eine Autobiografie, die den Vogelzugforscher persönlich weit stärker charakterisiert als sein Buch „Mein Leben für die Vögel“. Natürlich bekam er bei seinen Forschungen jede Menge Konflikte mit Jägern, Förstern und Forstverwaltungen. Nicht nur, weil er Nächte im Schlafsack an entlegenen Stellen im Wald verbrachte, sondern auch weil der Auerhahn immer noch wie in Feudalzeiten von ‚Hohen Herren‘ beansprucht wird. Erheiternsdes dazu berichtet er vielfach und macht damit das Buch zu einem Lesevergnügen. So hängt eine kuriose Missdeutung von ‚Hahnenjägern‘ mit seiner zunächst verblüffenden Formulierung zusammen, dass „Auerhühner sozusagen die Pferde unter den Vögeln sind“. Pferde? Gemeint ist nicht der gälische, als Capercaillie ins Englische übernommene und damit international bekannt gewordene Trivialname, der ‚Ritter des Waldes‘ bedeutete. Es ist die Verdauung, auf die sich die Anmerkung bezieht. Die Auerhühner bearbeiten ihre Nahrung, die im Winter höchst einseitig aus (Moor)Kiefern- und Fichtennadeln besteht, mit Blinddarmfermentierung und ähneln damit den Pferden und übrigens noch mehr den Bibern und Kaninchen. Eines der wichtigsten Ergebnisse der Auerhuhnforschung an der Vogelwarte Radolfzell war die Feststellung, dass es am bakteriellen Mikrobiom in den Blinddärmen liegt, ob Auerhühner durch den Winter kommen, wenn sie von Koniferennadeln leben, oder verhungern, weil das Bakterienensemble nicht stimmt und der Nahrungsgrad zu gering wird. Daran scheiterten die rund zehntausend zur Bestandsstützung oder zur Wiedereinbürgerung ausgesetzten Auerhühner, die in Volieren aufgezogen worden waren und sich in physisch guter Verfassung befunden hatten. Es mangelte ihnen an den physiologisch

wichtigen Mikroben, wie *Megasphaera* und *Megamonas*, während pathogene *Pseudomonas*-Bakterien (zu) stark vertreten waren. Die Auerhühner setzen wie die Kaninchen einen speziellen Blinddarmkot ab, aus dem sich die Küken mit den richtigen Mikroben versorgen. In hochherrschaftlichen Jagdkreisen hielt man den Blinddarmkot, den man auf Schnee an den Balzplätzen fand und „Falzpech“ nannte, für eine spermahaltige Balzabsonderung (Falz = Balz). Sie wurde zur Steigerung der eigenen Potenz genossen. Berthold meint dazu, da hätte Hühnermist mehr bewirkt, weil die Hähne auf dem Hühnerhof weit häufiger kopulieren als die Auerhähne.

Ein anderer, von den primär an den Hähnen und ihrem Abschuss interessierten Jägern nicht erkannter Forschungsbefund deckte die eigentliche Misere auf, in der inzwischen nahezu alle Auerhuhnbestände stecken: Die Fortpflanzungsrate fällt (viel) zu gering aus. Die Jungenzahlen sind zu niedrig, die Überlebensraten der Jungen zu schlecht. Das liegt am zu dicht gewordenen Bodenbewuchs in jenen Rand- und Übergangsbereichen, wo der Wald lichter ist – kein finsterner „Tann“ des bezeichnend so genannten Schwarz-Waldes – und Zwergsträucher wachsen und fruchten können. Die Waldränder im Übergangsbereich zu den offenen Hochmooren boten von Natur aus Habitatstrukturen, wie weichmoosige, niedrige und lückig-offene Bodenvegetation mit Beerensträuchern, die den kleinen Junghühnern Deckung bieten und dennoch ihr Umherlaufen bei der Nahrungssuche nicht behindern. Das ist vorbei. Die (Hoch)Moore wachsen zu. Längst hätten die Küken Buschmesser nötig, um durch das zu dichte Gestrüpp, das sich entwickelt hat, vorwärts zu kommen und Nahrung zu finden. Eine auerhuhnrechte Biotopgestaltung war versäumt worden. Nun gab es zwar in den guten alten Zeiten großer Auerhuhnbestände eine solche auch nicht, aber damals herrschten marginale Verhältnisse ohne die Dauer-

düngung aus der Luft mit Stickstoffverbindungen, die das Wachstum fördern. Berthold verweist immer wieder auf die zentrale Bedeutung dieser Biotopveränderungen, meistens aber an zweiter Stelle nach der Klimaerwärmung. Doch wäre diese der Hauptfaktor, müsste man sich um die Auerhühner in unseren Mittelgebirgen nicht sorgen, denn als Art besiedelt das Urhuhn, wie es in seinem Artnamen *Tetrao urogallus* genannt wird, viel mildere Regionen, wie das Kantabrische Gebirge, und es überlebte auch die warmen Jahrhunderte des Mittelalters. Es ist die geringe Wüchsigkeit des Taigabodens, der dem Auerhuhn und anderen bodenbewohnenden Waldvögeln günstige Lebensbedingungen bietet. Bei uns setzte der große, offenbar nicht (mehr) aufzuhaltende Niedergang mit der Überdüngung über die Massenzufuhr von Stickstoffverbindungen auf dem Luftweg ein. Peter Berthold kann daher nur im hinreichend großflächigen Ausmagern (staatsforstlicher) Waldgebiete letzte Chancen für die Erhaltung des Auerhuhns sehen, vorausgesetzt der massiv störende Tourismus ließe sich daraus fernhalten und die forstliche Waldnutzung entsprechend gestalten. Nachdem dies trotz „Grüner“ Landesregierung in Baden-Württemberg gescheitert ist, wird das Aussterben des „Urhuhns“ nicht mehr zu verhindern sein. Verständlich, dass Bertholds Groll in seinen Formulierungen mitunter recht drastisch ausfällt. So ist sein Buch Lesegenuss und erschütternd zugleich. Denn es sagt in aller Deutlichkeit auch, wie wenig Wert solide wissenschaftliche Arbeit hat, wenn ihre Befunde mit Partikularinteressen von Wirtschaft und Bevölkerung kollidieren.

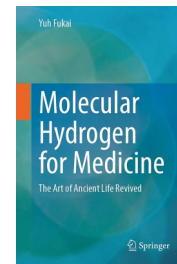
Josef H. Reichbolf, München

Auerhuhn.

Ein Urvogel verschwindet. Peter Berthold, Kosmos Verlag, Stuttgart, 2021, 288 S., 22 €, ISBN 978-3-4401-7266-7.

MEDIZIN

Wasserstoff als Medikament



Die therapeutische Anwendung von molekularem Wasserstoff, also dem Gas H_2 , ist in Europa in der Öffentlichkeit, aber auch in der Ärzteschaft weitgehend unbekannt. Seit einer bahnbrechenden Veröffentlichung von Ohsawa et al. aus dem Jahr 2007 (Nat. Med. 13: 688–694) ist die Anwendung von Wasserstoff Gegenstand seriöser Forschung bei zahlreichen Erkrankungen. Seither sind mehr als 700 *peer reviewed* Fachartikel und etliche klinische Studien veröffentlicht worden. Die Arbeiten stammen überwiegend aus Japan und China, ferner aus den USA und Korea und nur vereinzelt aus anderen Ländern.

Das Buch „Molecular Hydrogen for Medicine“ ist in zwei Teile unterteilt, wobei der zweite Teil die Entstehung des Lebens beleuchtet und hier nicht weiter besprochen wird. Der Aufbau des Buches ist klar strukturiert. Zunächst werden die Anfänge der medizinischen Wasserstoffforschung beleuchtet. Das zweite und wichtigste Kapitel beschreibt einzelne Studien, in denen Wasserstoff präventiv oder therapeutisch erfolgreich angewendet wurde. Die exemplarisch und detailliert besprochenen Anwendungen umfassen Fatigue, M. Alzheimer und M. Parkinson, Schlaganfall, rheumatische Arthritis, Blutdialyse, Gewebeschäden durch Bestrahlung, Sepsis und COVID-19-bedingte Lungenentzündung. Tabellarisch aufgelistet werden 15 bisher erfolgte klinische Studien zu Wasserstoff am Menschen (Stand 2017). Dass ein einzelner Wirkstoff bei derart vielen und sehr unterschiedlichen Erkrankungen Besserung bringt, verwundert zu-

nächst und macht skeptisch. Aufklärung erfolgt in Kapitel 4, in dem die physiologischen Wirkungen von Wasserstoff beschrieben werden. Die Aufnahme von Wasserstoff bewirkt die Aktivierung des Transkriptionsfaktors Nrf2 (*Nuclear factor erythroid 2-related factor 2*) und von Hämoxigenase-1 (HO-1). Dadurch wird das körpereigene antioxidante System hochgeregelt, und es kommt zur vermehrten Produktion von Thioredoxin und Glutathion. Dies erklärt das sehr breite Wirkungsspektrum von Wasserstoff, welches darin besteht, reaktive Sauerstoff- und Stickstoffspezies (ROS/RNS) zu eliminieren. Quasi jede ernsthafte Erkrankung wird begleitet von einer Entzündung, bei der oft vermehrt ROS/RNS produziert wird. Diese hochreaktiven Moleküle können dabei Feedbackmechanismen in Gang setzen, die die Entzündung weiter befeuern. Somit liegt die wichtigste Wirkung von Wasserstoff darin, die Belastung durch ROS/RNS zu reduzieren und auf diese Weise entzündliche Prozesse abzumildern. Ferner wirkt sich Wasserstoff positiv auf die Zusammensetzung des Mikrobioms im menschlichen Darm aus. Besprochen werden auch die Darreichungsformen von Wasserstoff, das meist in Form von Wasserstoffangereichertem Wasser getrunken wird. [Anmerkung: In Japan kann dieser praktisch an jedem Kiosk erworben werden, in Europa ist die Beschaffung hingegen eher schwierig.] Wasserstoff wird aber auch in einer Konzentration kleiner als 4 Prozent dem Atemgas bei Operationen beigemischt. Lösungen, in denen zu transplantierende Organe gelagert werden, werden mit Wasserstoff angereicht, sowie auch Blut/Plasma in Dialyseapparaturen.

Yuh Fukai belegt sehr fundiert die fehlende Toxizität von Wasserstoff und diskutiert, warum Wasserstoff nicht ins Geschäftsmodell großer Pharmaunternehmen passt. Aufgelockert wird der Text durch

zahlreiche Boxen, in denen kurzweilig Anekdotisches mitgeteilt wird. Das Kapitel über schweres Wasser passt eigentlich nicht zum Thema und sprengt etwas den Rahmen des Buches. Bei „Molecular Hydrogen for Medicine“ handelt es sich um das bisher einzige populärwissenschaftliche Buch zur therapeutischen Anwendung von Wasserstoff in englischer Sprache. Vergleichbares in deutscher Sprache ist bisher nicht erschienen. Das Buch ist sehr empfehlenswert für Ärzte und Tierärzte, aber auch für Betroffene zahlreicher Erkrankungen, um sich einen Überblick zu verschaffen. Die Sprache ist anspruchsvoll, aber deutlich verständlicher, als die üblicherweise in Fachartikeln verwendete Sprache.

Kurt Lucas, MPI für Chemie

Molecular Hydrogen for Medicine.
Yuh Fukai, Springer, 2020, 179 S.
24,60 €, ISBN: 978-981-15-7156-5
Auch als E-Book erhältlich.

CITIZEN SCIENCE

Experimente mit Teebeuteln



Handlungsorientierter Umweltschutz – z. B. möglichst geringe Klimabelastung, Nachhaltigkeit,

bedarfsgerechte und faire Ressourcennutzung sowie Lebensmittelwertschätzung – fangen schon im Kleinen an, oder besser gesagt bei den Kindern und Jugendlichen, die Forschergeist haben, immer schon einmal ein bisschen mehr über Vorgänge in der Natur wissen und auch ihren Beitrag zum Umweltschutz leisten möchten (*Citizen Science*) – noch dazu ganz zeitgemäß, nämlich unter Zuhilfenahme eines GPS-fähigen Smartphones. Im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2020/21

(Thema „Bioökonomie“) hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung zusammen mit verschiedenen renommierten Forschungseinrichtungen ein Experimentierkit zur Analyse des Ökosystems Boden entwickelt, das neben viel adressatengerecht aufbereitetem Sachwissen zu den ökologischen Wechselwirkungen unter unseren Füßen vor allem den Forscher/-innen die Möglichkeit gibt, durch „Learning by Doing“ selbstentdeckend zu lernen. Verblüffend das Ausgangsmaterial: Grün- und Rooibostee. Alleine schon der den teilnehmenden Einzelpersonen oder Schulklassen zur Verfügung gestellte Laborkasten sowie die Informationsmaterialien für Lehrkräfte und die jungen Forscher/-innen, auch mit Blick über den Tellerrand, machen die Bodenexperimente zu einem unterrichtlichen Highlight, bei dem auch die methodischen sowie die die Auswertung betreffenden Aspekte ihrerseits nachhaltig wirken dürften: Bestimmung von Bodenarten und -farbe, des pH-Wertes, von Bodenlebewesen sowie die Ermittlung der Durchwurzelung sind möglich. Ein modern gestaltetes Navigationsheft gibt eine gut verständliche Anleitung plus Protokollvorlagen und Aufgaben. Im Aktionskit ist alles drin, was man für die Experimente braucht, von den Teebeuteln über pH-Teststäbchen, Schaufel, einem Gewichtstück und sogar einer Laborwaage bis hin zu Steckschildern – alles zu transportieren in einem schicken Expeditionsrucksack aus Leinen. Einen Einblick in die faszinierende Aktion und weitere Informationen zum kostenlosen Bezug des Experimentierkits gibt es unter: <https://www.expedition-erdreich.de/>

Christiane Högermann, Osnabrück

Expedition Erdreich – mit Teebeuteln den Boden erforschen.
Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2021.

MIKROBEN VERSTEHEN

Polyploidie bei Mikroben

Noch bis vor einigen Jahren galten Prokaryoten als generell monoploide Organismen. Einige polyploide Arten waren zwar schon länger bekannt, wurden aber als Ausnahmen angesehen. Inzwischen finden sich zunehmend Hinweise darauf, dass der Besitz mehrerer Chromosomensätze bei Bakterien und Archaeen evolutionär wiederholt auftrat und heute verbreitet ist. Denn Polyploidie birgt für die Vermehrung und nachhaltige Entwicklung der Mikroben Vorteile.

Vor Zeiten legte eine theoretische Arbeit dar, dass Rekombination genetischer Information bei sexueller Vermehrung den Genpool stabilisiert und günstige Mutationen schneller vereinigt als asexuelle Vermehrung bei Mikroben mit Mutationen in jeweils getrennten Genomlinien [1]. Eine Schlussfolgerung war, dass sich in der Nachkommenschaft von Prokaryoten Mutationen unabhängig voneinander anreichern und die Diversifizierung einer ursprünglichen Genausstattung nach sich zieht. Dieser Effekt sollte bei Polyploidie noch deutlicher ausfallen, weil die Weitergabe heterogener Genomsätze zunehmend abweichende Nachkommen erzeugt [2]. Demnach dürften stabile polyploide Mikroben eigentlich nicht existieren, und so verwundert es nicht, dass darüber lange Zeit kaum geforscht wurde. Nur, in der Natur kommen sie trotzdem vor und wohl weiter verbreitet als geahnt. Denn inzwischen sind Mikroben aus verschiedenen phylogenetischen Zweigen mit mehreren Genomkopien bekannt, und schon vor über 70 Jahren fand man, dass Zellen von *E. coli* polyploid sein können [3]. Es treten per Definition vier Ploidiegrade auf: neben monoploiden (eine Genomkopie; $n = 1$) auch oligo- ($n \leq 10$), poly- ($n > 10$) und hyperpolyploide ($n \gg 10$) Ausprägungen [2]. Den Rekord hält derzeit das Riesenbakterium *Epulospiscium fishelsoni* mit mehreren 10^4 bis einigen 10^5 Chromosomenkopien pro Zelle [4].

Ploidie und Zellgröße

Ein Mikrobenchromosom versorgt offenbar nur ein begrenztes Cytoplasmavolumen, das meist weniger als $1,5 \mu\text{m}^3$ umfasst und damit höchstens dem Rauminhalt einer kleinen Zelle von *E. coli* entspricht. Ein Grund dafür ist die geringe Reichweite und die dafür benötigte Zeit des Stofftransports durch Diffusion. Größere Mikroben und vor allem Riesenzellen benötigen deshalb entsprechend viele (und in der Zelle verteilte) Genomkopien, um alle Cytoplasmabereiche abzudecken. Die Größe von Mikroben und die Anzahl ihrer Genomsätze, soweit bisher bekannt, korrelieren miteinander [4]. Zu den nachweislich monoploiden Arten gehören neben dem temporär sessilen, gestielten Bakterium *Caulobacter crescentus* auch *Wolinella succinogenes*, eine Mikrobe des Rinderpanpens, einige Cyanobakterien, *Bacillus subtilis* und langsam wachsende Zellen von *E. coli* [5]. Die Liste ist länger, doch sind mehr explizit erhobene Daten nötig. Vermutlich zählen die kleinsten Bakterien wegen ihres minimalen Zellvolumens, das für mehrere DNA-Moleküle kaum Raum bietet, und andere Arten ebenfalls dazu. Monoploidie bedeutet immer auch temporäre Diploidie im Verlauf des Zellteilungszyklus.

Ploidie und Wachstumsbedingungen

Einen weiteren Zusammenhang mit der Genomzahl stellen Wachstumsbedingungen her. Man beobachtete,

dass in üppigen Nährmedien Zellen von *E. coli* und *Azotobacter vinelandii*, einem in Boden und Wasser lebenden Stickstofffixierer, mehr als 30 bzw. bis zu 80 DNA-Kopien anlegen können. In natürlichen Biotopen ist *Azotobacter* dagegen eher oligoploid [2]. Vermutlich verfügen viele Mikroben über das Potenzial zur Oligo- oder Polyploidie, um sich auf wechselnde ökologische Bedingungen einzustellen und bei reichhaltigem Nährstoffangebot den Stoffwechsel beschleunigen und sich schneller vermehren zu können. So besitzen etliche Haloarchaeen in der Wachstumsphase etwa 13 Chromosomenkopien, in der stationären Phase nur noch sieben [6]. Ähnliches trifft für Methanobakterien und andere Mikroben zu. Halophile Archaeen sammeln bis zu 40 DNA-Kopien an, wenn die Nährlösung reichlich Phosphat enthält. Die Zellen vermehren sich dann sogar in Phosphat-freien Medien. Sie nutzen die Chromosomen als Phosphatquelle und bauen sie bis auf zwei Kopien ab [2]. Die DNA polyploider Zellen dient also als Informations- und potenziell als Materialspeicher, eine Eigenschaft, die monoploiden Arten nicht zur Verfügung steht. Eine besondere Situation gilt für Rhizobien, die sich als Symbionten in Leguminosen von vegetativen Zellen zu Bacteroiden entwickeln, um für die Wirtspflanze Luftstickstoff zu fixieren. Bacteroiden vergrößern ihr Zellvolumen und vervielfältigen ihren Chromosomensatz bis zum 20-Fachen [2]. Hier steuert die symbiotische Interaktion die Entwicklung der Polyploidie.

Polyploid und trotzdem homogen

Wie steht es nun mit dem Argument, dass polyploide Mikroben über ihre Vermehrung und Ansammlung individueller (rezessiver) Mutationen in eine Kaskade zunehmend diverser Nachkommen zerfallen sollten? Die Überlegung ist überzeugend, nur entwickeln sich die Genomkopien ohne Selektionsdruck nicht auseinander. Grund dafür ist die (bei Eukaryo-

ten schon länger bekannte) *Genkonversion*. Sie bezeichnet die nicht-reziproke Informationsübertragung einer DNA-Sequenz auf eine homologe Sequenz. In Bakterien wird vor allem die *intramolekulare* Genkonversion zwischen homologen Genen eines Chromosoms untersucht; für oligo- und polyploide Mikroben ist die *intermolekulare* Genkonversion zwischen entsprechenden Sequenzpositionen verschiedener Genomkopien bedeutend (Abbildung 1). Denn dieser Mechanismus korrigiert auftretende Mutationen und harmonisiert die Sequenz aller Chromosomenkopien. Experimente mit *Methanococcus maripaludis* zeigten, dass sich künstlich eingebrachte Änderungen in einen Teil des polyploiden Genomsatzes in den Folgegenerationen ausdünnen und wieder durch die Ausgangssequenzen ersetzt werden [2]. So ist auch erklärlich, warum polyploide Mikroben eine geringere Mutationsrate aufweisen als monoploide Arten, und Genomsequenzierungen homogene Ergebnisse liefern [6]. Die einzige bisher bekannte Ausnahme ist das Schwefelbakterium *Achromatium oxaliferum*. Es ist heterozygot und enthält mit einigen hundert Chromosomenkopien die Information einer ganzen genetisch variierenden Gemeinschaft [7]. Der intermolekulare Reparaturmechanismus bietet oligo- und polyploiden Zellen jedoch enorme Vorteile.

Ploidie und Überlebensfähigkeit

Deinococcus radiodurans ist ein gegen Trockenstress und Bestrahlung resistentes Bakterium und für seine Fähigkeit bekannt, Läsionen und Fragmentierungen der DNA zu korrigieren. Wesentlich dafür ist seine Oligoploidie mit 4–10 DNA-Kopien. Nur deshalb ist das Bakterium in der Lage, multiple Doppelstrangbrüche zu reparieren; dies ist monoploiden Mikroben versagt.

Extrem halophile Archaeen wurden wiederholt aus flüssigkeitsgefüllten, hermetisch abgeschlossenen Hohlräumen in Salzkristallen, die bis zu 40 Millionen Jahre alt waren, iso-

liert und rekultiviert. Die halophilen Archaeen sind polyploid und waren mittels Genkonversion offenbar in der Lage, ihre Genomkopien stabil und homogen zu erhalten [6]. Oligo- und Polyploidie steigern also die Überlebensfähigkeit von Mikroben in desaströsen Umweltbedingungen und über geologische Zeitspannen. Die Erhaltung von Funktion und Nachhaltigkeit hat Wolfgang Heckl, Direktor des Deutschen Museums in München, treffend – und allgemeiner gültig als beabsichtigt – beschrieben: „Reparieren ist ein Zugang zu Fähigkeiten, die man im Leben braucht.“ [8].

Polyploide Arten verfälschen Zellzählungen

Eine vor kurzem erkannte Konsequenz mehrfacher Genomkopien in Zellen ist, dass der Nachweis einer Indikatorgenesequenz zur Erfassung von Arten und ihren Häufigkeiten in natürlichen Proben zu quantitativ verzerrten Schlüssen führt [9]. Befindet sich z. B. eine oligoploide Art *P* mit neun Genomkopien in einer Probe mit neun anderen, jeweils gleich stark vertretenen monoploiden Arten (M_{1-9}), so scheint *P* die Hälfte aller Zellen auszumachen, trägt aber wie jede der Arten M_{1-9} nur 10 Prozent zur Gesamtpopulation bei. Solche Analyseirrtümer verfälschen die mikrobielle Zusammensetzung und beeinträchtigen die biologische Bewertung untersuchter Ökosysteme. Nebenbei bewirkt der Effekt, abhängig von der dabei angewandten Methodik, auch eine Überschätzung der absoluten Zell- bzw. Artenzahl auf unserem Globus. Polyploidie hat erkennbar multiple Effekte.

Literatur

- [1] Muller (1964). The relation of recombination to mutational advance. *Mutation Res.* 1, 2–9.
- [2] J. Soppa (2014). Polyploidy in archaea and bacteria: About desiccation resistance, giant cell size, long-term survival, enforcement by a eukaryotic host and additional aspects. *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* 24, 409–419.

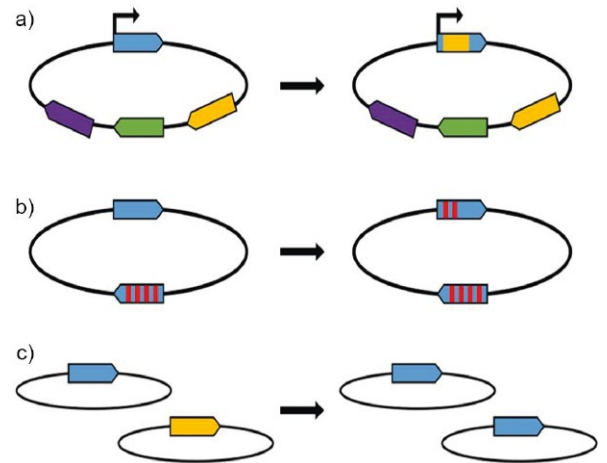


ABB. 1 Schematische Darstellung von Varianten der Genkonversion. a) Immunologische Variation: Der Pfeil bezeichnet den Promotor des exprimierten Gens, die verschiedenen Farben bedeuten homologe, aber nicht identische Gene. b) Evolution zweier Mitglieder einer Genfamilie. Die roten Streifen deuten einzelne Unterschiede von Nukleotiden an. c) Angleichung homologer aber nicht völlig identischer Gene an gleichen Orten verschiedener Genomkopien in oligo- und polyploiden Mikroben. Verändert nach [10] gemäß der Creative Commons Attribution License (CC BY).

- [3] A. Buzzati-Traverso et al. (1948). Polyploidy in bacteria? *Nature* 162, 295.
- [4] H. Engelhardt (2021). Mikrobielle Zwerge und Riesen. *Biologie in unserer Zeit* 51, 387–388.
- [5] V. Pecoraro et al. (2011). Quantification of ploidy in proteobacteria revealed the existence of monoploid, (mero-) oligoploid and polyploid species. *PlosOne* 6, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016392>
- [6] K. Ludt, J. Soppa (2019). Polyploidy in halophilic archaea: regulation, evolutionary advances, and gene conversion. *Biochem. Soc. Trans.* 47, 933–944.
- [7] D. Ionescu et al. (2017). Community-like genome in single cells of the sulfur bacterium *Achromatium oxaliferum*. *Nat. Commun.* 8, <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00342-9>
- [8] J. Frisse (2020). Reparieren ist ein Zugang zu Fähigkeiten, die man im Leben braucht. (Interview mit W. Heckl) *DIE ZEIT*, 26.5.2020.
- [9] J. Soppa (2017). Polyploidy and community structure. *Nat. Microbiol.* 2, <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2016.261>
- [10] D. Wasser et al. (2021). Characterization of non-selected intermolecular gene conversion in the polyploid haloarchaeon *Haloferax volcanii*. *Front. Microbiol.* 12, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.680854>

Harald Engelhardt,
Martinsried

AUSSERSCHULISCHE LERNORTE

Naturkundemuseum Berlin – Gemeinsam für Natur

Wir leben in einer Welt, in der nur 1 bis 10 Prozent der existierenden Arten auf der Erde wirklich bekannt sind. Ein Teil dieses Naturerbes findet sich in naturkundlichen Museen. Allein im Museum für Naturkunde Berlin (MfN) wurde über mehr als 250 Jahre hinweg eine Sammlung zur Bio- und Geodiversität angelegt. Darunter sind zum Beispiel der 2020 als ausgestorben erklärte Chinesische Löffelstör, Minerale Alexander von Humboldts oder Material von großen Expeditionen wie der Valdivia-Tiefseeexpedition. Auch heute noch wächst die Sammlung weiter, denn das Museum ist nicht einfach nur ein Museum, sondern hier wird geforscht – mit der Sammlung als globaler Forschungsinfrastruktur.

Das Museum für Naturkunde (MfN) ist ein Forschungsmuseum der Leibniz-Gemeinschaft mit internationaler Ausstrahlung. Teams mit Wissenschaftler/-innen aus unterschiedlichen Disziplinen vertiefen ihre Forschung an den über 30 Millionen Sammlungsobjekten zur Entwicklung der Erde und des Lebens. Die Themen reichen von der Entwicklung des Sonnensystems über die Mechanismen der Evolution bis zur Vielfalt des Lebens auf der Erde. Darüber hinaus wird die wissenschaftshistorische, kulturelle und künstlerische Bedeutung der Objekte erforscht.

Das Fenster der Forschung ist die Ausstellung. Besonders augen-

fällig sind die Biodiversitätswand (Abbildung 1) mit ca. 3000 Objekten sowie die Dinosaurierskelette (Abbildung 2). *Giraffatitan brancai* schaut aus 13 m Höhe herab und erlangte so einen Eintrag in das Guinnessbuch der Rekorde als höchstes aufgestelltes Dinosaurierskelett der Welt. Spektakulär ist auch der im Original ausgestellte Urvogel *Archaeopteryx lithographica*, durch dessen Fund Charles Darwin seine Evolutionstheorie bestätigen konnte. Spannend ist die Präparationsausstellung mit dem berühmten Eisbären „Knut“; zeigt sie doch auf anschauliche Weise die vielfältigen Techniken der Erhaltungsmöglichkeiten.

Natur sammeln, erforschen, kommunizieren – dies vermitteln die modernen, wissenschaftsbasierten Ausstellungen und der öffentlich zugängliche Teil der Forschungs-Nass-Sammlung. Hier stehen 275 000 Gläser mit in Alkohol konservierten Tieren für Forschende und Besuchende bereit.

Möglichkeit zur Partizipation

Naturkundemuseen sind Forschungseinrichtungen und Kommunikationszentren. Durch die Möglichkeiten digitaler Technik können die Objekte und das Wissen darüber allen Menschen zugänglich gemacht und die Voraussetzungen für Dialog und Partizipation geschaffen werden. Das MfN ist Zentrum bürgerwissenschaftlicher Forschung (*Citizen Science*). Der „Forschungsfall Nachtigall“ rief beispielsweise Bürger/-innen auf, die Gesangsaktivitäten der Nachtigallen aufzuzeichnen; auf Berliner Dächern werden Mikrometeorite gesucht und anschließend erforscht.

Einen ungewöhnlichen Weg beschritt das MfN mit der App „Naturblick“. Ziel ist es, insbesondere junge Erwachsene wieder mehr mit Natur zu verbinden. Die App lebt von dem Feedback seiner Nutzer/-innen und wird kontinuierlich vom MfN-Entwicklerteam technisch und inhaltlich vorangebracht.



ABB. 1 Die Biodiversitätswand mit rund 3000 Objekten ist beliebter Programmpunkt von Führungen durch das Museum. Alle Fotos Hwa Ja Götz (MfN).



ABB. 2 Original des fossilen Schädels des *Tyrannosaurus rex* Tristan Otto.



ABB. 3 Schulklassen können im Mikroskopierzentrum des Museums biologische Arbeitsweisen erlernen.

Mit #fürNatur digital ist das Museum online auf vielen Kanälen und mit vielen Angeboten erlebbar, um für Natur zu begeistern und alle Interessierten am Forschungsgeschehen teilhaben zu lassen.

Das MfN ist ein anerkannter außerschulischer Lernort, der sich aufgrund seines Charakters als Forschungsinstitution durch ein hohes Maß an Authentizität auszeichnet. Als nicht-formaler Lern- und Erfahrungsort bietet das MfN eine Vielfalt an Bildungsprogrammen für Besucher/-innen jeden Alters entlang der gesamten Bildungskette. Neben klassischen Führungen durch die Ausstellungen können Kinder (Abbildung 1), Jugendliche und Erwachsene an Workshops zu verschiedenen Themen wie z. B. Evolution des Menschen, Artenschutz oder Biomimikry teilnehmen, die in den 2018 errichteten Bildungsräumen stattfinden. Darüber hinaus können Schulklassen im Mikroskopierzentrum (Abbildung 3), welches ein anerkanntes Schülerlabor im Netzwerk GenU ist, biologische Arbeitsweisen erlernen und anwenden. Die Bildungskonzepte sind so aufgebaut, dass die naturwissenschaftliche Grundbildung (*Scientific Literacy*) der Teilnehmenden gefördert wird. Dabei liegt der Fokus zumeist auf dem forschend-entdeckenden Lernen und leistet einen Beitrag zum Wissen-

schaftsverständnis. Zudem werden unterschiedliche Disziplinen und Zugänge miteinander verbunden: Natur wird künstlerisch erlebt und dargestellt, z. B. in Form von Zeichnungen, Poesie, Theater und Schreibwerkstätten. Die Bildungsangebote finden aber nicht nur im Museum, sondern auch direkt in der Natur statt. Auf Exkursionen in die Berliner Stadtnatur und in ein nahegelegenes Naturschutzgebiet liegt der Fokus auf Naturerleben und Naturerfahrungen.

Zukunft Mensch

Es zählt also zum Selbstverständnis eines solch vielschichtigen Museums, dass es sich auch als Ort begreift, an dem über gesellschaftlich drängende Fragen debattiert wird. Die Geburt von Zwillingen im Jahr 2018, deren Erbgut gentechnisch verändert worden war, ist ein eindrückliches Beispiel dafür, dass große Fragen der Wissenschaft nicht exklusiv in den Elfenbeintürmen der Academia verhandelt werden können. Schließlich geht es bei sogenannten Keimbahneingriffen um die Frage, ob der Mensch seine Evolution selbst in die Hand nimmt. Derartige Eingriffe in die menschliche Natur berühren also unmittelbar die Frage, in welcher Welt wir leben (wollen). Um über sie nachzudenken, bietet das Museum einen so authentischen wie inspirie-

renden Rahmen. Das Forschungsprojekt „ZukunftMensch“ testete hier verschiedene Formate, um mit vielen Menschen ins Gespräch zu kommen. Für einige Wochen sahen Besucher im Experimentierfeld etwa einen Mann in einem arrangierten Video zu ihnen sprechen, der von seinem Eingriff in die Keimbahn der Embryonen berichtete. He Jiankui, so der Name des Forschers, endete damit, dass er die Betrachtenden einlud, ihm oder den Babys zu schreiben. Diese Einladung griff „ZukunftMensch“ auf und bat die Museumsbesuchenden ihrerseits, wahlweise He, den Kindern oder dem Vorsitzenden des Deutschen Ethikrats eine Postkarte zu schreiben. Die große Resonanz einerseits, noch viel mehr aber die Vielzahl an Themen, Perspektiven und Haltungen andererseits, sprechen für die Vielfalt zugrundeliegender Wertevorstellungen. Diese zu hören und Strukturierungsangebote zu bieten ist Aufgabe einer Wissenschaft, die vom gegenseitigen Lernen profitiert.

*Dr. Gesine Steiner,
Dr. Alexandra Moormann,
Dr. Julia Diekämper,
Naturkundemuseum Berlin*

BESUCHERINFORMATION

Öffnungszeiten:
Montags geschlossen.
Dienstag bis Freitag: 9:30 bis 18:00 Uhr
Samstag, Sonntag und feiertags: 10:00 bis 18:00 Uhr
Der Eintritt ist nur mit Online-Zeitfenstertickets möglich, die über die Homepage gebucht werden können.

Eintritt:
Erwachsene: 8,00 Euro
Ermäßig: 5,00 Euro

Allgemeine Anfragen und Informationen:
www.museumfuernaturkunde.berlin
Tel: (030) 889140-8591
E-Mail: info@mfn.berlin

Informationen zu museumspädagogischen Angeboten:
Tel: (030) 889140-8550
E-Mail: besucherservice@mfn.berlin

Eine Zusammenstellung der digitalen Angebote zur Vor- und Nachbereitung des Besuches finden Sie hier: <https://www.museumfuernaturkunde.berlin/de/fuernatur-digital>

PARTNER DES MENSCHEN

Die Forelle

Nicht nur Lachse und Aale nehmen die Beschwerden der Wanderungen vom Süßwasser ins Salzwasser auf sich, auch Forellen nehmen solche katadrome Wanderungen in Kauf, wenn sie die Gelegenheit dazu haben. Die phänotypischen Unterschiede der diversen „Forellenarten“ sind so stark ausgeprägt, dass die verschiedenen Formen verschiedenen Arten zugeordnet werden.

Forellen laichen zwischen Oktober und Dezember in rasch dahin strömenden Oberläufen von kalten Gebirgsbächen, fortwährend verwirbelt von kleineren oder größeren Wasserstürzen. Auf den ersten Blick ein unwirtlicher Lebensraum. Doch Wassertemperaturen, die kaum 10 °C übersteigen, und die unablässig sprudelnden Strömungen garantieren eine optimale Sauerstoffsättigung solch eines Habitats, für das der Freiburger Forstzoologe Robert Lauterborn zu Beginn des 20. Jahrhunderts den Terminus „Forellenregion“ geprägt hat.

Gemäß den Untersuchungen der Fischereiforschungsstelle von Baden-Württemberg legen größere Forellen Strecken von 100 oder mehr Kilometern zurück, um „ihre“ Laichregionen zu erreichen. Kleinere Forellen beschränken ihre Laichwanderungen auf einige hundert Meter oder ein paar Kilometer – leider gibt es keine Angaben darüber, inwiefern sich große von kleinen Forellen unterscheiden.

Hingegen sind die Voraussetzungen für erfolgreiche Laichwanderungen hinlänglich bekannt. Neben unverbauten Gewässerläufen begünstigen 20 bis 30 Zentimeter tiefe Gewässerabschnitte – das entspricht in etwa der doppelten bis dreifachen Körperhöhe – das Bewältigen der Wanderrouen. Aber auch bis zu zwei Meter lange Strecken, deren Tiefe gerade einmal der Leibeshöhe gleichkommt, können überwunden werden. Selbst Abstürze von 80 Zentimetern werden übersprungen, soweit der Trog unter dem Sturz mindestens ein Meter eingesenkt ist.

In einem schnell dahin fließenden Gebirgsbach könnten aufgewirbelter Sand, springende Steinchen und kullernde Kiesel ein Hinweis auf die kraftvollen Schwanzschläge eines Forellenweibchens sein, das im Begriff ist, eine Laichgrube zu formen. Während sich das Weibchen – der Rogner – um die Fertigstellung des Laichplatzes kümmert, verharrt das Männchen – der Milchener – hinter dem Rogner. Sobald die Grube vollendet ist, rückt der Milchener nach und befruchtet die goldgelben Eier, die vom heftig zuckenden Rogner hervorgebracht werden.

DIE FORELLE

*In einem Bächlein helle,
Da schoss in froher Eil'
Die launische Forelle
Vorüber wie ein Pfeil.
Ich stand an dem Gestade
Und sah in süßer Ruh'
Des munter'n Fischleins Bade
Im klaren Bächlein zu.*

Text: Christian Friedrich Daniel Schubart. Strophen 1–3 vertont von Franz Schubert.

Die besamten Eier werden in das Lückensystem des steinigen Untergrunds gespült, wo sie zunächst verbleiben. Die Korngrößen um die Laichgrube wurden vom Weibchen so gewählt, dass die Brut bestmöglich mit Sauerstoff versorgt wird. Ein ungewöhnliches Verhalten unter Fischen, werben doch meist die Fischmännchen mit ihren teils kunstvoll angelegten Laichplätzen um paarungsbereite Weibchen. Die befruchteten Eier entwi-

ckeln sich im Interstitial zur Dottersackbrut. Die frischgeschlüpfte Brut arbeitet sich tiefer in den steinigen Untergrund und verweilt darin, bis ihre Dottersäcke aufgezehrt sind. Anschließend kehren die heranwachsenden Forellen wieder auf die Gewässersohle zurück und versuchen sich als Jäger. Zuweilen fallen junge Forellen über sehr stattliche Beutetiere her, welche sie keinesfalls hinunterschlingen können. In der Regel bedeutet dies sowohl für den Gejagten als auch für den Jäger den Tod.

Forelle ist nicht gleich Forelle oder doch?

Kategorien sind für Biologen attraktiv, weil sie es möglich machen, die Tier- und Pflanzenwelt in Arten und Gattungen einzuteilen und in höhere Taxa eines natürlichen Systems einzugliedern. Freilich sorgen sich Tier- und Pflanzenarten nicht um die Begrifflichkeiten von taxonomisch tätigen Biologen. Diese Diskrepanz wird auch in Brehms Tierleben von 1928 dargelegt, in dem es heißt, dass „See- und Meerforelle und mit ihnen als Dritte im Bunde die Bachforelle nur Abarten ein und derselben Stammform (sind), wobei unentschieden bleibt, ob die Bachforelle oder die Meerforelle diese Stammform ist.“

Lakonisch oder aus der Not geboren wird in der Exkursionsfauna Stresemanns die Forelle *Salmo trutta* L. in drei Formen unterteilt: Danach gilt die Meerforelle *Salmo trutta* forma *trutta* L. (Abbildung 1) als Stammform, die Seeforelle *Salmo trutta* forma *lacustris* L. (Abbildung 2) als Form der Gebirgsseen und die Bachforelle *Salmo trutta* forma *fario* L. (Abbildung 3) als Form der fließenden Gewässer. Mithin liefert der tschechische Zoologe und Ichthyologe Jiří Čihař eine zwanglose ökotypologische Beschreibung der heimischen Forellenfauna. Seinen Forschungen zufolge bestimmen vielmehr die machbaren Wandlungsmöglichkeiten die ontogenetische Entwicklung der hiesigen Forellen.

Notgedrungen verwandeln sich Forellen, die keine Gelegenheit hatten, von ihren Geburtsplätzen im Süßwasser ins Meer zu gelangen, in Bachforellen, während diejenigen, die die katadrome Wanderung gemeistert haben, zu 120 Zentimetern messenden und 40 Kilogramm wiegenden mächtigen Fischen heranwachsen. Auch die Form *Salmo trutta* forma *lacustris* L. schert sich nicht um taxonomische Eitelkeiten: Jene geschlüpften Tiere, die in fließenden Gewässern verweilen, werden zu Bachforellen, solche, die in höher gelegene Stauseen emporsteigen, entwickeln sich zu Seeforellen, die in Länge und Gewicht ihren maritimen Verwandten kaum nachstehen.

Offensichtlich beschreiben die gebräuchlichen Namen der heimischen Forellenpopulationen weder Arten noch Unterarten, sondern lediglich ökologische Typen einer einzigen Art und stellen somit umweltbedingte Modifikationen dar. In diesem Sinne könnte der bekannteste Speisefisch im deutschsprachigen Raum im jungen Forschungsgebiet der Epigenetik noch für viel Furore sorgen, zumal Forellen offensichtlich einen tetraploiden Chromosomensatz besitzen.

Ideen zur Verwandtschaft

Proben mitochondrialer DNA, die weltweit von Salmoniden gesammelt wurden, belegten die nahe Verwandtschaft der Regenbogenforelle, die ursprünglich nur in der Neuen Welt heimisch war, mit pazifischen Lachsen. Daher wurde die bis Anfang der 1980er Jahre gültige taxonomische Bezeichnung *Salmo gairdneri iredeus* GIBBONS zugunsten *Oncorhynchus mykiss* WALBAUM ausgetauscht, wobei das Artepitheton „mykiss“ bestimmt eine gründliche Recherche wert wäre.

Qualitätsbegriffe sind häufig Euphemismen. Die Lachsforelle, die in Brehms Tierleben noch als Synonym für die Meerforelle gebräuchlich war, ist heute nur noch eine Handelsbezeichnung für kräftig abgewachsene Forellen, die mit Farbstoffen gemä-

tet wurden und daher auf dem Eisbett einer Fischtheke ähnlich wie Lachsfleisch anmuten. Gewicht und Farbe erinnern an Lachsfleisch, daher bot es sich wohl an, den Verwandten aus dem Meerwasser als Namenspaten zu verwenden.

Reichert leitete 1837 in seiner Promotionsschrift die menschlichen Gehörknöchelchen vom Hyamandularbogen und den ersten beiden Kiemenbögen der Fische ab. Der Begriff Homologie war damals noch nicht gebräuchlich. Während des Schreibens hat sich der Autor vorgenommen, vor dem nächsten Verpeisen einer Forelle einen Blick in „Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum“ zu werfen, um nach dem Hyamandibularbogen und den beiden Kiemenbögen zu suchen, aus denen letztlich die wunderbare Anordnung von Hammer, Amboss und Steigbügel hervorgegangen ist.

Zum Weiterlesen

- [1] J. Čihář (1989). Süßwasserfische. Lingen Verlag, Köln.
- [2] W. Koch et al. (1976). Fischzucht. Ein Lehrbuch für Züchter und Teichwirte. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- [3] G. Köck (1995). Die Systematik im Wandel der Zeit am Beispiel der Salmoniden. Österreichs Fischerei, Jg. 48, 188–192.
- [4] N. Shubin (2011). Der Fisch in uns. S. Fischer Verlag GmbH, 4. Aufl.
- [5] https://www.biologie-seite.de/Biologie/Karl_Bogislaus_Reichert, abgerufen am 21.12.2020.
- [6] <https://lazbw.landwirtschaft-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Themen/Fischereiforschungsstelle>, abgerufen am 30.12.2020.



ABB. 1 Meerforellen, unten das Männchen, oben das Weibchen.



ABB. 2 Seeforelle, oben das Männchen, unten das Weibchen.

Thomas Volker Müller, Stuttgart



ABB. 3 Bachforellen, erkennbar an den roten Punkten in Höhe des Seitenlinienorgans bei dem Männchen und den beiden Jungtieren.



MANAGEMENT-FALLSTRICKE, TEIL 11

Der IKEA-Effekt

Fehlentscheidungen sind menschlich. Wir aber lassen in unserer Serie „Management-Fallstricke“ die 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?

Lotti Otter stapelte die verbleibenden Forellen in den Holzkisten vor seinem Verkaufsstand und hoffte auf eine kühle Nacht. Stinkenden Fisch konnte er jetzt nicht auch noch gebrauchen. Seine Einkünfte reichten ihm auch so kaum zum Leben. Dabei machte er doch wirklich alles für seine Kundschaft! Nicht nur, dass er jeden einzelnen Kunden in einem kleinen Holzkarren bis vor den Weiher zog, falls sie es wünschten, nein – sogar fix und fertig verpackte Ware bot er ihnen an. Geputzt und mundgerecht geschnitten. Nicht einmal selbst ausnehmen mussten die Kunden den Fisch. Wer wollte, bekam die Ware sogar auf einem Silbertablett präsentiert. Was sonst sollte er denn noch tun? Er musste seinen Verkauf ankurbeln. Doch wie sollte er nur seine Verkaufszahlen steigern? Er war ratlos.

Wütend wegen des schlechten Erlöses trat er gegen den Holzstapel. Es krachte und schepperte, und vor Schmerz zuckte er zusammen. Da hatte er es wohl etwas übertrieben. Umständlich zog er sein Bein wieder zu sich heran. „Auch das noch“,

ärgerte er sich. Ein verletzter Knöchel war das letzte, was er jetzt gebrauchen konnte.

Die nächsten Tage saß Lotti Otter mit schlechter Laune und hängenden Schnurrhaaren vor seinem Verkaufsstand. Einige Käufer kamen vorbei und interessierten sich für die Forellen. Ab und zu kaufte jemand. Doch sein Problem war, dass er nicht für Nachschub sorgen konnte. Lotti entschuldigte sich vielmals, dass er ihnen keinen fangfrischen Fisch anbieten konnte und sah schon das Damokles-Schwert über seiner Existenz kreisen. Seine sonst so lustigen, braunen Augen waren ganz matt vor Sorge. Lilo Luchs betrachtete die goldenen Angelhaken in seiner Auslage, die neben dem Rest der bereits in Portionsgröße abgepackten Ware lagen. „Könnte ich es auch einmal probieren?“ Lotti Otter schmunzelte in sich hinein und wunderte sich. Warum wollte sie nicht einfach die bereits abgepackte Ware nehmen? „Na sicher“, entgegnete Lotti Otter und reichte Lilo den Haken. Diese ging zum Weiher und kam mit einem kleinen Fischexemplar wieder zu-

rück. Ihre dünnen Beinchen waren dabei ganz nass und matschig geworden. Mitleidig betrachtete Lotti Otter das dreckige Wesen. Gerade wollte er sagen, dass er ihr aus Kulanz das kleine Fischchen schenken würde, da legte Lilo Luchs einen großen Schein auf den Tresen. „Das hat großen Spaß gemacht“, sagte sie, wickelte ihren eigens gefangenen Fisch in Papier ein und verabschiedete sich freundlich. Lotti Otter war baff. Als er am nächsten Tag eine ganz ähnliche Situation erlebte, wollte er es wissen und änderte den Schriftzug auf der Tafel vor seinem Verkaufsstand. „Jetzt neu! Fische zum Selberfangen“, schrieb er in großen Lettern darauf. Ihm war es fast schon etwas peinlich, aber er hatte sowieso keine andere Wahl. Schließlich konnte er mit seinem verletzten Bein nicht für Nachschub sorgen.

Der erste Kunde kam und nahm das Angebot sofort wahr. Mit einem breiten Lächeln und verschmutzten Pfoten wackelte der Dackel mit dem selbst gefangenen Fisch davon. Lotti Otter konnte es fast nicht glauben: Immer mehr Kunden wollten dieses Abenteuer ausprobieren. Und nicht nur das – sie waren sogar bereit, viel mehr für einen Fisch zu bezahlen, als sie es jemals zuvor getan hatten!

Lotti Otter lehnte sich genüsslich in seinem Stuhl zurück und legte provokativ das verletzte Bein auf einen kleinen Hocker vor sich. „Wenn ich gewusst hätte, dass den Kunden einfach nur die Mitarbeit fehlt, hätte ich das schon viel früher gemacht“, sinnierte er. Dann begannen seine großen, runden, braunen Augen wieder zu leuchten: „Und nach der Saison biete ich Ferien am Forellenteich an, mit der Möglichkeit den Forellenteich zu säubern“, formulierte er seine neue Geschäftsidee.

**Und die Moral von der Geschicht:
Ein Produkt ein Vielfaches an Wert gewinnt, wenn der Nutzer zu helfen beginnt.**

*Ihre Andrea Hauk,
andrea.hauk@gmx.de*

FAKTENBOX

Dass es sich nicht lohnt, alles auf dem Silbertablett zu präsentieren, liegt am sogenannten IKEA-Effekt. Dieser besagt, dass Menschen diejenigen Produkte mehr wertschätzen, die sie selbst hergestellt haben, bei deren Herstellung sie beteiligt waren oder ein Mitspracherecht hatten. Obwohl es viel leichter wäre ein bereits fertiges Produkt zu kaufen: Durch das aktive Mitwirken steigt die subjektive Wertschätzung der jeweiligen Produkte.

Unternehmen wissen diesen Effekt zu nutzen, indem sie ihre Kunden in das Produktdesign und die Produktentwicklung mit einbeziehen. Dies hat einen doppelt positiven Effekt, denn neben der erhöhten Kundenbindung lassen sich aus dem Kundenfeedback auch zahlreiche weitere Erkenntnisse für Marketing und Management gewinnen. Der IKEA-Effekt lässt sich auch in der Mitarbeiterführung nutzen: Erhöht sich der Eigenanteil des Mitarbeiters am Ergebnis, so steigt der Bezug dazu. Dies empfiehlt sich beispielsweise bei Veränderungsprozessen. Das Einholen und Berücksichtigen von Meinungen der Mitarbeiter führt unter anderem dazu, dass die Mitarbeiter anschließend motivierter und engagierter hinter den neuen Prozessen stehen, denn sie haben sich ja schließlich aktiv an der Umstrukturierung beteiligt.