



Aus eins mach zwei: Links der männliche Schwerträgerfisch, wie er in der Natur vorkommt, rechts sein Artgenosse, aus dessen Schwanzflosse durch Transplantation zwei Schwerer gewachsen sind Fotos Universität Konstanz

Auf Darwins Spuren: Die Gene für den kleinen Unterschied

Männchen sehen oft anders aus als ihre Weibchen. Die Natur investiert viel in solche Unterschiede. Nur wozu? An Fischen und Taufliedern hat man jetzt einige der wichtigen Entwicklungsschritte studiert.

Löwenmännchen haben eine Mähne, der Kopf ihrer Weibchen hingegen sieht vergleichsweise kahl aus. Männliche Pfauen können stolz ihre Schwanzfedern präsentieren, während die eher unscheinbaren weiblichen Tiere zuschauen. Es gibt zahlreiche Beispiele für sogenannte sexualdimorphe Merkmale im Tierreich, in denen sich männliche und weibliche Individuen unterscheiden. Manche körperlichen Unterschiede hängen damit zusammen, dass die Geschlechter bei der Fortpflanzung verschiedene Aufgaben erfüllen: Bei vielen Wirbellosen beispielsweise sind die Weibchen größer als die Männchen, weil sie Eier produzieren müssen. Doch die genaue Funktion der meisten – oft sehr auffälligen – Sexualdimorphismen bleibt ebenso umstritten wie ihre Entstehung. Zwei kürzlich erschienene Studien befassen sich nun mit der Evolution und Regulierung von zwei Geschlechtsunterschieden bei der Schwarzbäuchigen Taufliede und beim Schwerträgerfisch.

Eine französisch-amerikanische Forschergruppe um Sean Carroll von der University of Wisconsin in Madison beschäftigte sich mit der Färbung des Hinterleibs von Tauflieden der Art *Drosophila melanogaster*, die bei den Geschlechtern unterschiedlich ist. Das Hinterteil dieser Taufliede ist in verschiedene Segmente geglie-

dert, von denen Weibchen eines mehr besitzen als Männchen. Die beiden hinteren Segmente sind bei den männlichen Fliegen dunkel, die Körper der Weibchen hingegen sind farblos.

Sexualdimorphismen entstehen, weil bestimmte Gene nur bei einem Geschlecht aktiviert werden. Bei *Drosophila melanogaster* sind die sogenannten *bab*-Gene wichtig für die Pigmentierung der hinteren Körpersegmente. Ihre Produkte unterdrücken die Färbung. Die *bab*-Gene sind nur in den farblosen Teilen des Hinterleibs aktiv, bei Weibchen also im ganzen Hinterteil, bei Männchen nur in dessen vorderen Segmenten. Wie Carroll und seine Kollegen in der Zeitschrift „Cell“ berichtet (Bd. 134, S. 610), machten sie in ihren Experimenten mit genetisch veränderten Fliegen zwei sogenannte cis-regulatorische Elemente ausfindig. Diese tragen dazu bei, dass die *bab*-Gene zur richtigen Zeit und beim richtigen Geschlecht angeschaltet werden.

Eine dieser Stellschrauben sorgt bei beiden Geschlechtern dafür, dass *bab* in den vorderen Segmenten des Hinterleibs aktiv ist. Das zweite Element arbeitet bei Männchen und Weibchen unterschiedlich. Deswegen bezeichnen es die Forscher als „dimorph“. Dieses dimorphe Element ist Teil einer Art Schalters, der zusammen mit anderen Genprodukten entweder zur weibchenspezifischen Aktivierung oder zur männ-

chenspezifischen Hemmung von *bab* führt.

Schon frühere Studien hatten annehmen lassen, dass die *bab*-Unterdrückung bei Männchen und damit die Färbung von *Drosophila melanogaster* evolutionär neu erworben wurde. Für eine genauere Untersuchung zur Evolution dieses Mechanismus konzentrierten sich die Forscher auf die zwei unterschiedlichen cis-regulatorischen Elemente.

Sie verglichen dafür Schwarzbäuchige Tauflieden mit ungefärbten Arten der Gattung *Drosophila*, die entfernt miteinander verwandt waren. Dabei fanden die Wissenschaftler heraus, dass das eine regulatorische Element ursprünglich in allen Segmenten beider Geschlechter wirkte. Es koordinierte dort die *bab*-Aktivität. Dennoch ist das zweite, dimorphe regulatorische Element – der „Genschalter“ – evolutionsgeschichtlich nicht neu. Vielmehr besaßen diesen Schalter schon gemeinsame Vorfahren der verschiedenen Taufliedergattungen. Früher war er allerdings nur im hintersten Segment der Weibchen für die *bab*-Aktivität zuständig. In diesem Teil des Hinterleibs, den

nur Weibchen besitzen, ist *bab* für die Formung des Segments wichtig.

Durch viele kleine Schritte im Laufe der Evolution hin zur Art *Drosophila melanogaster* weitete der Schalter seine Funktion auf die angrenzenden Segmente aus. Und kam so zu seiner modernen Aufgabe: Bei der Schwarzbäuchigen Taufliede sorgt er heute dafür, dass bei Weibchen die Färbung in den hinteren Segmenten durch *bab*-Gene unterdrückt wird. So entsteht die unterschiedliche Körperfärbung der Geschlechter. Für die Forscher ist das ein anschauliches Beispiel, wie ein genetischer Mechanismus in der Evolution seine Bestimmung ändern kann.

Einen anderen Mechanismus, durch den beim Schwerträgerfisch spezielle Geschlechtsmerkmale entstehen, erforschten Gerrit Begemann und seine Kollegen an der Universität Konstanz. Sie wollten wissen, wie es bei Männchen der Gattung *Xiphophorus* zur Entstehung des sogenannten Schwertes kommt. Das Schwert ist Teil der männlichen Schwanzflosse und seine Länge ein wichtiges Zeichen für Weibchen, die Paarungspartner mit möglichst langen Schwertern bevorzugen. Vorangegangene Experimente mit schwertlosen Fischen der gleichen Gattung hatten gezeigt, dass Weibchen ihren männlichen Artgenossen mit künstlich präpariertem Schwert den Vorzug geben. Deshalb nehmen die Wissenschaftler an, dass die weibliche Vorliebe für lange Schwanzflossen der Entwicklung des Schwertes vorange-

gangen war. Junge Schwerträgerfische besitzen noch kein Schwert. Während ihrer sexuellen Reifung sorgt ein Anstieg der Konzentration des Hormons Testosteron für den Beginn seines Wachstums. Doch auch die externe Zugabe des Botenstoffes führt zu einer Schwertbildung – nicht nur bei jungen Fischen, sondern auch bei manchen normalerweise schwanzlosen Vertretern der Gattung *Xiphophorus*.

Begemann und seine Kollegen wollten herausfinden, wie genau sich das Schwert entwickelt. Dafür entnahmen sie jungen männlichen Schwerträgerfischen einen Knochenstrahl aus dem unteren Teil der Schwanzflosse, aus dem sich bei der Reifung das Schwert bildet („Evolution & Development“, Bd. 10:4, S. 403). Danach transplantierten sie den Strahl an den oberen Rand der Schwanzflosse und behandelten die Tiere mit Testosteron.

Den Fischen wuchsen daraufhin zwei Schwerter: Eines an der ursprünglichen Stelle am unteren Rand und eines am oberen Rand der Schwanzflosse. Die Forscher schloßen aus dieser Beobachtung, dass die zukünftigen schwertbildenden Strahlen schon in der Embryonalzeit oder im frühen Larvenstadium das Wachstum des umliegenden Gewebes mit bestimmten Signalen anregen könnten. Aktiviert wird diese Fähigkeit aber erst mit einer steigenden Testosteronkonzentration, die zur eigentlichen Schwertbildung führt. Allerdings stellten die Wissenschaftler in ihren Versuchen auch fest, dass nicht alle Strahlen der Schwanzflosse oder der Rückenflosse für die Wachstumssignale empfänglich sind. Welche genauen molekularen Mechanismen der Schwertbildung zugrunde liegen, muss noch erforscht werden. CATHERINE GRIM



Das Weibchen des Schwerträgerfisches hat keine verlängerten Schwanzstrahlen

Zwitter aus Kristall und Quasikristall

Rhythmen ohne Periode: Wenn Muster von der Richtung im Raum abhängen

Wer sich in die Betrachtung der kunstvollen Ornamente in der Alhambra in der spanischen Stadt Granada vertieft, wird bemerken, dass die mittelalterlichen arabischen Baumeister ein raffiniertes Wechselspiel zwischen Ordnung und Abwechslung erfunden haben. Die wiederkehrenden Muster weisen lokal eine regelmäßige Struktur auf. Wollte man aber das gesamte Muster in irgendeine Raumrichtung verschieben, so wäre es mit dem ursprünglichen Muster nicht deckungsgleich. Lange Zeit glaubte man, dass solche „verbotenen Symmetrien“ in der Natur nicht vorkämen, bis 1984 der israelische Physiker Dan Shechtman über die ersten Kristalle berichtete, deren Oberflächen sich aperiodisch aus Kacheln unterschiedlicher Form zusammensetzen, unter anderem aus Fünfecken. Seitdem faszinieren die sogenannten Quasikristalle die Festkörperforscher, vor allem wegen ihrer ungewöhnlichen Materialeigenschaften. Physiker der Universität Stuttgart sind nun auf eine noch ungewöhnlichere Struktur gestoßen, die gewissermaßen eine Kreuzung zwischen einem Kristall und einem Quasikristall darstellt.

Das Arbeitsmaterial der Forschergruppe ist kein Werkstoff zum Anfasen, sondern eine hauchdünne Schicht aus mikroskopisch kleinen Plastikwürfeln, gefangen in einem Lichtfeld, welches durch fünf gekreuzte Laserstrahlen erzeugt wird. Clemens Bechinger hat mit seiner Gruppe dieses vereinfachte Modell für die Struktur von quasikristallinen Oberflächen erdacht. Gegenüber atomaren Quasikristallen hat es unter anderem den Vorteil, dass sich die Wechselwirkung zwischen den Plastikwürfeln und dem Lichtgitter durch die Laserintensität kontinuierlich verändern lässt. Darüber hinaus kann man die Teilchen direkt unter dem Mikroskop beobachten.

Bei hoher Intensität werden die negativ geladenen Kügelchen in die tiefen Potentialmulden gezwungen, die durch die Interferenz der Laserstrahlen entstehen. Der dünnen Schicht wird dadurch eine quasikristalline Struktur aufgeprägt. Reduziert man die Intensität der Laserstrahlen, überwiegt die abstoßende elektrische Kraft zwischen den Kügelchen, und es bildet sich ein periodisches Muster wie bei einem Kristall. Was aber geschieht, wenn man eine mittlere Intensität wählt, so dass die Kräfte zwischen den Kügelchen und

Bei hoher Intensität werden die negativ geladenen Kügelchen in die tiefen Potentialmulden gezwungen, die durch die Interferenz der Laserstrahlen entstehen. Der dünnen Schicht wird dadurch eine quasikristalline Struktur aufgeprägt. Reduziert man die Intensität der Laserstrahlen, überwiegt die abstoßende elektrische Kraft zwischen den Kügelchen, und es bildet sich ein periodisches Muster wie bei einem Kristall. Was aber geschieht, wenn man eine mittlere Intensität wählt, so dass die Kräfte zwischen den Kügelchen und

Für die untersuchten Moleküle haben geometrische Vorgaben offenbar eine größere Bedeutung als die jeweiligen Wechselwirkungen zwischen den Teilchen.

dem Lichtfeld etwa ebenso groß sind wie die abstoßenden Kräfte der Kügelchen untereinander? Zu seiner Überraschung fand Jules Mikhael, der zu der Forschergruppe gehört, ein Muster, das in einer Raumrichtung die periodische Struktur eines Kristalls aufweist, in der anderen Richtung aber eine quasikristalline Ordnung besitzt. Deutlich zu erkennen sind Bänder von Quadraten, die im nichtperiodischen Rhythmus mal von einer einzelnen und mal von einer doppelten Reihe aus gleichseitigen Dreiecken getrennt werden („Nature“, Bd. 454, S. 501).

Wie schon damals, als Shechtman die ersten Quasikristalle entdeckte und sich die Physiker an Arbeiten des britischen Mathematikers Roger Penrose erinnerten, besinnt man sich zur Erklärung

der faszinierenden Struktur auch jetzt wieder auf die Mathematik. Tatsächlich ähnelt die von den Forschern gefundene Struktur einer bereits von Archimedes in seinen Schriften erwähnten Kachelung. Archimedische Kacheln erfüllen zwei Bedingungen. Zum einen sind alle ihre Kanten gleich lang, unabhängig davon, ob es sich um Fliesen mit drei, vier oder mehr Ecken handelt. Zum anderen muss die lokale Umgebung jedes Eckpunkts, an dem Kacheln aneinanderstoßen, identisch sein.

Im Jahr 1619 hat der deutsche Astronom Johannes Kepler in seinem Buch „Harmonices Mundi“ eine systematische Studie solcher Kachelungen veröffentlicht. Dort zeigte er, dass sich nach diesem Bauprinzip genau elf verschiedene Kachelungen konstruieren lassen. In einer davon wechseln sich Reihen aus Quadraten und gleichseitigen Dreiecken ab. Das von den Forschern gefundene Muster gleicht lokal dieser Kachelung. Auf größeren Längenskalen weicht es davon allerdings ab, da sich das streng periodische Archimedische Muster andernfalls nicht mit der quasiperiodischen Struktur des Lichtgitters verträglich.

Die Abweichungen erfolgen in Form zusätzlich eingestreuter Bänder aus Dreiecken, deren für quasikristalline Strukturen typische Abfolge sich durch eine sogenannte Fibonacci-Reihe herleiten lässt. Bei dieser Reihe sind die Zahlen null und eins vorgegeben. Jede weitere Zahl der Folge ergibt sich, wenn man die beiden vorhergehenden Zahlen addiert, also 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, ... Solche selbstähnlichen Sequenzen lassen sich an vielen Stellen in der Natur beobachten, etwa bei der Anordnung von Pflanzenblättern um die Sprossachse oder bei dem Muster von Samen in Blütenständen.

Die Ergebnisse der Stuttgarter Forscher faszinieren aber nicht nur wegen der mathematischen Zahlenspiele, sondern auch deshalb, weil sich damit die Beugungsbilder dünner Kupferfilme auf atomaren Quasikristallen erklären lassen. Das ist zunächst erstaunlich, da identische Strukturen entstehen, obwohl sich die Wechselwirkungen von Atomen und den Plastikwürfeln deutlich unterscheiden. Das interpretieren die Stuttgarter Forscher als Hinweis darauf, dass grundlegende geometrische Vorgaben eine größere Bedeutung haben als die jeweiligen Wechselwirkungen zwischen den Teilchen. Sollte diese Vermutung zutreffen, so wäre das ein wesentlicher Fortschritt im Verständnis der Wachstumsbedingungen dünner Filme auf quasikristallinen Oberflächen, die neben ihrem ästhetischen Reiz auch ein großes Potential für technische Anwendungen besitzen. ANNE HARDY

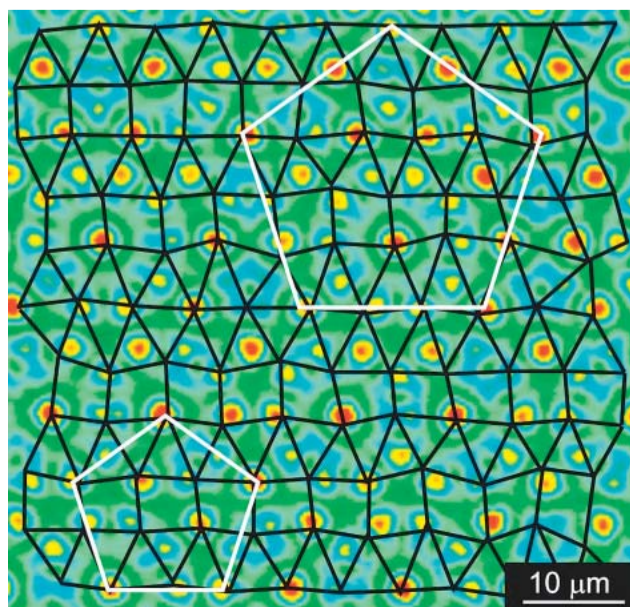


Foto Clemens Bechinger

Zwei sich wiederholende Strukturen (weiß umrandet) in einem quasikristallinen Muster. Bänder aus Quadraten wechseln sich mit einzelnen und doppelten Bändern aus gleichseitigen Dreiecken ab.

Nur die Wahrheit zählt

Geheimtagungen: Ein Muss / Von Christian Behl

Der Stammzellforscher und Direktor des Max-Planck-Instituts für molekulare Biomedizin, Hans Schöler, hat recht in seiner Haltung gegenüber Medien: „Nicht alles muss sofort veröffentlicht werden.“ Und er hat auch recht, wenn er sich in seinem Beitrag (s. F.A.Z. vom 23. Juli) „vor allem eine sachliche und insbesondere fachlich korrekte Berichterstattung über frühe, noch nicht eindeutig gesicherte und mit den Fachkollegen noch zu diskutierende Ergebnisse aus der biomedizinischen Forschung“ wünscht. Nur, ist denn diese Art der frühen Berichterstattung wirklich nötig? Muss der interessierte Leser alle Wenn und Aber früher Hypothesen denn wirklich kennen? Sollte man nicht wirklich

Das Forum

„An dieser Stelle kommt allzu oft die Eitelkeit der Wissenschaftler als Faktor ins Spiel.“

ausschließlich reproduzierte und dadurch verifizierte Daten und Erkenntnisse in die Öffentlichkeit transportieren – gerade wenn es um mögliche zukünftige Therapien von unheilbaren Erkrankungen geht?

Überraschendes in der biomedizinischen Forschung, ja vielfach noch Unausgegorenes wird leider allzu oft – und überall – in alle Welt hinausposaunt. Hierfür gibt es viele Beispiele. Die PR-Abteilungen von Universitäten und außeruniversitären Forschungsinstituten im Konzert mit den vernetzten Wissenschaftsdiensten sorgen für eine flächendeckende Verbreitung. Auch hier mahnt Schöler richtigerweise an, dass es unverantwortlich ist, mit vermeintlichen „Durchbrüchen“ zu früh falsche Hoffnungen zu machen; dies gilt natürlich nicht nur für die Stammzellforschung, sondern auch für die Erforschung vieler Erkrankungen, deren Heilung die überalternde Gesellschaft ganz besonders herbeiseht. Als Beispiel aus der eigenen Forschungsarbeit wäre die Alzheimer-Krankheit zu nen-

nen: Wäre nur einer der vielfach verbreiteten vermeintlichen Durchbrüche der letzten beiden Jahrzehnte wirklich in ein valides therapeutisches Konzept umwandelbar gewesen, müssten wir uns lange nicht mehr sorgen, wie die zu erwartenden Millionen von Patienten jemals geheilt werden sollen.

Und hier fehlt ein wesentlicher Punkt in der Darstellung des Kollegen. Denn Mediendienste und Journalisten müssen ja mit entsprechenden Informationen gefüttert werden. Wer anders unternimmt dies als die Wissenschaftler selbst? An dieser Stelle kommt allzu oft die Eitelkeit der Wissenschaftler als Faktor ins Spiel, die Freude am schnellen Triumph (der Autor schließt sich hier keineswegs aus). Welche nach neuen Standards exzellente oder auch weniger exzellente Einrichtung verbreitet denn nicht gerne tolle Neuigkeiten ihrer Wissenschaftler, noch besser gleich Durchbrüche? Welcher Wissenschaftler ist denn nicht einmal gerne „Hero for a day“? Ich denke, die Verbreitung von Unausgegorenem und dadurch oftmals Sensationellem ist eine unschöne Erscheinung unserer Zeit, in der allzu oft der Hochglanz einer Nachricht wichtiger ist als deren Tiefgang.

Gerade deshalb muss es wissenschaftliche Zirkel unter Ausschluss der Öffentlichkeit geben, die völlig offen vorläufige Daten diskutieren können. Ob dies im Zeitalter einer immer häufiger angestrebten Patentierung und Vermarktung biomedizinischen Wissens überhaupt noch ausreichend erfolgt, wage ich sehr zu bezweifeln. Im ursprünglichen Sinne unserer Wissenschaftsväter lebt ja gerade die Forschung von einer wertefreien Diskussion. Dieser wissenschaftliche Meinungsfindungsprozess braucht, wie ich meine, keine explizite mediale Begleitung. Denn letztendlich geht es in der Wissenschaft um Wahrheit, von der Max Planck einmal sagte: „Die Wahrheit triumphiert nie, ihre Gegner sterben nur aus.“

Christian Behl, Biochemiker, ist Alzheimer- und Altersforscher an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

Rover „Opportunity“ nicht mehr im Krater

Der amerikanische Marsrover „Opportunity“ hat den 800 Meter großen Victoria-Krater, in den er vor einem Jahr gerollt ist, auf demselben Wege wieder verlassen. Er ist dabei den Spuren gefolgt, die seine Räder damals erzeugt haben. Ebenfalls ungefähr ein Jahr hatte „Opportunity“ vorher damit verbracht, am Rande des Kraters Studien zu betreiben und da-

bei nach einer günstigen Stelle für den „Abstieg“ zu suchen. Die meisten Flanken-Abschnitte waren dafür zu steil. Die Wissenschaftler hatten den langen Ausflug erst eingeleitet, als der Rover, der sich seit dem Januar 2004 auf dem Mars befindet, seine wichtigsten Arbeiten außerhalb des Kraters beendet hatte. Dort hat er dann – ohne Rücksicht darauf, dass er irgendwo abrutschen und zerstört werden könnte – die Gesteine am Boden sowie die geschichteten Strukturen der Böschung untersucht. F.A.Z.

Zusatzstoffe im Essen fördern höheres Gewicht

Geschmacksverstärker im Essen scheinen Übergewicht zu begünstigen. Zu diesem Ergebnis ist eine internationale Forschergruppe um Ka He von der University of North Carolina in Chapel Hill gekommen. Wie sie in der Zeitschrift „Obesity“ (Bd. 16, S. 1875) berichtet, analysierte sie dafür Daten von rund 750 gesunden Chinesen im Alter von 40 bis 59 Jahren. In China ist der Geschmacksverstärker Mononatriumglutamat bei der Essenzubereitung beliebt. Für die Studie wurde neben der Menge des wie ein Gewürz verwendeten Geschmacksverstärkers auch der Body-Mass-Index (BMI) der Personen erfasst. Die Forscher stellten fest, dass Nutzer von Geschmacksverstärkern eher übergewichtig waren als Menschen, die auf die Zutat verzichtet hatten. Dabei war das Übergewicht, also ein BMI von 25 oder mehr, unabhängig von der Kalorienzufuhr und Bewegung. Wie genau das Mononatriumglutamat bei Menschen das Gewicht beeinflusst, muss noch erforscht werden. Vorangegangene Studien an Mäusen hatten vermuten lassen, dass die Substanz auf den Hypothalamus wirkt, eine Hirnregion, die für die Appetitregulierung eine wichtige Rolle zu spielen scheint. grim

Hummeln profitieren von lebenslangem Lernen

Lebenslanger Lernerfolg lohnt sich auch für Hummeln. Das haben zwei Forscher der Universität von London herausgefunden. Erdhummeln, die besonders schnell eine neue Blütenfarbe erlernten, brachten vierzig Prozent mehr Nektar nach Hause als lernschwache Artgenossen. Die Insekten waren mit künstlichen blauen und gelben Blüten konfrontiert worden. Eine süße Belohnung bot nur die gelbe Variante. Von Natur aus bevorzugt die Erdhummel (*Bombus terrestris*) zwar blaue Blüten, aber wenn sich andersfarbige als ergiebiger erweisen, kann sie sich entsprechend anpassen. Wie sich zeigte, unterscheiden sich Hummelvölker stark in ihrer Lernfähigkeit. Das „Klassenbeste“ von einem Dutzend Völkern wechselte fast fünfmal so schnell von Blau zu Gelb wie das „Schlusslicht“. Das berichteten Nigel Raine und Lars Chittka unlängst in der Zeitschrift „Proceedings of the Royal Society“ (Teil B, Bd. 275, S. 803). Nach der Prüfung im Labor durften die Hummeln in der Umgebung ausschwärmen. In Gärten und Parks, an Wegrändern und Bahndämmen konnten sie dort nach Belieben unter einer Vielzahl verschiedenartiger Blüten wählen. Wie zu erwarten, ging eine große Lernfähigkeit mit reicher Nektarrente einher. Welche Blumen einen Besuch besonders großzügig belohnen, kann sich schließlich von Tag zu Tag ändern. D.K.

ANZEIGE

Natur und Wissenschaft
1993 bis 2008

ISBN: 978-3-89843-962-6

30.000 F.A.Z.-Berichte über Forschung und Entwicklungen in den Natur- und Geisteswissenschaften auf CD-ROM für nur **29,90 €**.

Bestellen Sie telefonisch (0 61 47) 697, auf www.faz-archiv.de/cdrom oder im Buchhandel.

Frankfurter Allgemeine
ZEITUNG FÜR DEUTSCHLAND

Forschung mit Geduld

Langzeitprojekte in der Ökologie

Politiker sind das Gegenteil von Ökologen. Denn sie denken in kurzen Zeiträumen, manchmal sogar nur von Wahlkampf zu Wahlkampf. Ökologen hingegen beschäftigen sich mit Veränderungen in der Natur, die sich oft über kaum überschaubare Zeiträume erstrecken, vielleicht Tausende von Jahren. Solche Abläufe zu erforschen erfordert einen langen Atem – und eine Förderung, die nicht von schnellen Erfolgen abhängig gemacht wird. Auf einer Veranstaltung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften haben im Herbst vergangenen Jahres zahlreiche Experten über den Nutzen und die Schwierigkeiten ökologischer Langzeituntersuchungen debattiert. Die Referate und Diskussionsbeiträge dieses Rundgesprächs liegen jetzt in Buchform vor. Berichtet wird unter anderem über Klimaentwicklungen in Europa, Veränderungen im Vorkommen und in der Häufigkeit mittel-europäischer Tierarten sowie über langfristige Veränderungen in Wäldern und auf landwirtschaftlich genutzten Böden. Vorgestellt wird auch das 2004 gegründete deutsche Netzwerk LTER-D mit seinen 17 Untersuchungsgebieten. F.A.Z.

Bayerische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): „Wie schnell verändert sich unsere Umwelt? Ökologisches Langzeitmonitoring“. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 34. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München 2008. 140 S., 25 Euro.