

QUANTENSPRUNG

Woher weiß der Kuckuck?

Wir alle kennen den Ruf des männlichen Kuckucks im Frühling. Ihm verdankt er auch seinen schönen wissenschaftlichen Namen – Cuculus canorus. Er selbst ist nicht gerade schön, und seine unangenehmen Eigenschaften haben ihm seinen sprichwörtlich schlechten Ruf verpasst. Der Kuckuck ist ein Brutparasit und überlässt mehr als 100 verschiedenen Arten von Wirten die Aufzucht seiner Jungen. Ein Kuckucksweibchen legt durchschnittlich neun Eier, die es einzeln in die Nester von Wirtsvögeln legt.

Die Kuckucksseier ähneln denen ihrer Wirte in Farbe, Größe und Form. Bestimmte weibliche Kuckuckslinien legen ihre Eier immer nur in die Nester bestimmter Wirtsvogelarten. Die Fähigkeit, genaue Eierimitate zu produzieren, scheint bei Weibchen, aber nicht Männchen des Kuckucks erblich zu sein. Alle Vogelweibchen haben zwei verschiedene Geschlechtschromosomen (ein sogenanntes W- und ein Z-Chromosom). Vogelmännchen aber nur eine Sorte (zwei Kopien des Z-Chromosoms). Man vermutet daher, dass die genetischen Instruktionen für die einen bestimmten Wirtstyp imitierten Eier auf dem W-Chromosom des Weibchens zu finden sind. Ein nach nur zwölf Tagen aus dem Ei schlüpfender Kuckuck schiebt alle Eier des Wirtes aus dem Nest, bis er dort allein zurückbleibt. Oft ist das Kuckucksküken dreimal so groß wie seine Wirtseltern, die es trotzdem füttern.

In diesem evolutionären Wettrennen geht es um Betrug und Manipulation. Das Kuckucksweibchen entfernt vor der Eiablage auch ein oder zwei Eier aus dem Wirtsnest. Wahrscheinlich tut es dies, weil die Wirte zu wissen scheinen, wie viele Eier sie gelegt haben. Viele Vogelarten können (Eier) zählen. Eins zu viel würde die Wirtsmutter skeptisch machen. Die parasitierenden Vögel verlieren immer ihre gesamte Brut, auch wenn sie das fremde Ei bemerken, denn dann geben sie das Nest auf. Dies passiert in bis zu 30 Prozent der Fälle. Meist ziehen die unfreiwilligen Eltern das fremde Küken auf.



AXEL MEYER

Professor für Evolutionsbiologie in Konstanz und Fellow am Wissenschaftskolleg zu Berlin

Warum hat die Evolution den Wirten nicht beigebracht, verlässlicher ein Kuckucksei von den eigenen zu unterscheiden? Sie könnten es dann aus dem Nest entfernen und hätten nur ein eigenes und nicht die ganze Brut verloren. Zu erklären ist das wahrscheinlich durch die Seltenheit dieses Brutparasitismus. In den meisten Populationen sind weniger als ein Prozent der Nester vom Kuckuck befallen. Und dies ist möglicherweise als Selektionsdruck zu schwach, um eine bessere Gegenstrategie zu entwickeln. Im Moment liegt der Kuckuck in diesem Wettrennen vorne.

wissenschaft@handelsblatt.com

Armes Kinderhirn

Der Stress in sozial schwachen Familien wirkt sich auf die vorpubertäre Hirnentwicklung aus, zeigen neue Untersuchungen



Der literarische Held aller armen und vernachlässigten Kinder: „Oliver Twist“ (hier in Roman Polanskis Verfilmung von 2005) bittet im Waisenhaus vergeblich um ein wenig mehr Essen.

CHRISTIAN WOLF | DÜSSELDORF

Katharina Saalfrank, die „Super Nanny“ des Senders RTL, ist gewöhnlich nicht bei Millionärsfamilien zu Gast. Dass Kinder aus schwierigen sozialen Verhältnissen eher zu Verhaltensstörungen neigen, ist unumstritten. Arme Kinder sind auch häufiger krank als andere. Und, das zeigen neuere Untersuchungen, auch die geistigen Fähigkeiten beeinflusst der schwierige Start ins junge Leben. In jüngster Zeit nehmen Wissenschaftler genauer unter die Lupe, welche Fähigkeiten sich vom sozialen Status beeinflussen lassen und wie sich dieser auch in der Hirnentwicklung niederschlägt.

Die Psychologin Martha Farah von der University of Pennsylvania in Philadelphia hat in den letzten Jahren mentale Fertigkeiten von Kindern in psychologischen Experimenten untersucht. Der Nachwuchs aus begüterteter Elternhaus zeigte vor allem ein besseres Sprachvermögen und Kurzzeitgedächtnis. „Entsprechende Hirnregionen wie der präfrontale Kortex entwickeln sich nach der Geburt über einen längeren Zeitraum und sind damit verstärkt der Umwelt ausgesetzt“, so Farah. In Familien mit niedrigem „sozioökonomischem Status“ ist es oft laut und chaotisch, materielle Sorgen führen zu Frust, Streit und Gewalt. Eltern kümmern sich wenig um ihre Kinder.

Eine Psychologengruppe um Mark Kishiyama von der University of California in Berkeley machte eine besorgniserregende Entdeckung, als sie das Aufmerksamkeitsvermögen von Kindern unterschiedlicher sozialer Herkunft untersuchte. Während sie das Geschehen auf einem Computertablet konzentriert verfolgen sollten, wurde bei den Kindern die elektrische Aktivität im Gehirn gemessen. Bei ärmeren Kindern war der für Aufmerksamkeit wichtige präfrontale Kortex tendenziell weniger aktiv. „Die neuronale Antwort glich der von Menschen, bei denen ein Teil des Frontallappens durch einen Schlaganfall zerstört ist“, so Kishiyama. „Wobei nicht jeder, der arm ist, eine schwache Antwort des Frontallappens zeigt“, schränkt sein Kollege Robert Knight ein.

Normalerweise hilft der präfrontale Kortex, visuelle Reize besser zu verarbeiten. Besonders wenn es Neues zu entdecken gilt, ist er aktiv. Doch die sozial benachteiligten Kinder konnten die optischen Reize nicht angemessen verwerten. „Das ist insgesamt alarmierend. Diese Kinder sind nicht nur arm und haben mit größerer Wahrscheinlichkeit gesundheitliche Probleme. Ihre Gehirne entwickeln sich offensichtlich nicht normal in ihrer vermutlich stressreichen und eher dürftigen Umgebung – einer Umgebung, in der Bücher, Spiele und Museumsbesuche Seltenheits-

wert haben“, so Knight. Kinder aus armen Familien hören beispielsweise in den ersten vier Lebensjahren ungefähr 30 Millionen Wörter weniger als die aus der Mittelklasse, erläutern die Wissenschaftler.

Als Forscher um den Neurowissenschaftler Rajeev Raizada von der University of Washington die Gehirne von Vorschulkindern anatomisch in Augenschein nahmen, stellten sie fest: Die Menge an grauer und weißer Hirnsubstanz im linken unteren vorderen Gyrus – die Region ist an der Sprachverarbeitung beteiligt – fiel bei den sozial bessergestellten Versuchspersonen üppiger aus.

Bleibt die Frage, über welche Wege Familien die Hirnentwicklung ihrer Kinder prägen. Unter anderem über Stress, berichtete der Umwelt- und Entwicklungspsychologe Gary Evans von der Cornell University in New York kürzlich in den „Proceedings“ der amerikanischen Wissenschaftsakademie. Er hatte Jugendliche im Laufe ihres Lebens immer wieder auf chronischen Stress hin untersucht. Je länger die Kinder ein Dasein unterhalb des Existenzminimums zu gebracht hatten, desto stärker standen sie unter ständigem psychischem Druck. Die entbehrungsreiche Zeit schlug sich auch im Kurzzeitgedächtnis nieder, das unter anderem fürs Lesen und Problemlösen wichtig ist: Sie konnten sich weniger Informationen kurzfristig merken.

„Manchem mag vielleicht nicht klar sein, wie viel mehr Stress ein Mensch mit niedrigem Einkommen erlebt. Es ist nicht nur die Belastung, die Miete zahlen und Essen auf den Tisch bringen zu müssen, sondern ebenso die Ungewissheit und das Gefühl, das eigene Leben nicht unter Kontrolle zu haben“, sagt Martha Farah.

Der Neuropsychologe Thomas Elbert von der Universität Konstanz erklärt, wie psychische Dauerbelastung das Kurzzeitgedächtnis beeinträchtigt: „Die Nebennierenrinde schüttet in solchen Fällen das Stresshormon Cortisol aus, einen Botenstoff, der direkt ins Gehirn geht und das Ablesen von Genen beeinflussen und zu Zellveränderungen führen kann.“ Davon ist beispielsweise der Hippocampus betroffen, eine besonders formbare Struktur, vor allem bei Kindern noch vor der Pubertät. „Chronischer Stress kann in diesem Areal dazu beitragen, dass Nervenzellen degenerieren, ja sogar abgetötet werden“, sagt Elbert. Darüber hinaus kann er die Neubildung von Nervenzellen stören. Der Hippocampus ist einer der weniger Orte im Gehirn, wo bei Erwachsenen noch frische Nervenzellen entstehen.

Als Martha Farah im Rahmen einer Langzeitstudie das familiäre Umfeld armer Kinder vor Ort besichtigte, stieß sie auf weitere Faktoren, die die geistige Entfaltung mitbestimmen. Wie viel Nestwärme die Eltern

ihren Kindern spendeten, machte sich in psychologischen Tests beim Erinnerungsvermögen bemerkbar. Mehr elterliche Zuneigung, die möglicherweise die Entwicklung des Hippocampus beeinflusst, bedeutete beim Nachwuchs gleichzeitig ein besseres Gedächtnis. Eine intellektuell stimulierende Umgebung hingegen, etwa Spielzeug, um die Namen von Farben zu lernen, förderte die Sprachentwicklung der Kinder.

Doch spielen bei alledem nicht doch die Gene eine entscheidende Rolle? Ja, natürlich ist Intelligenz auch erblich. Aber der genetische Einfluss bleibt begrenzt. Laut Adoptionsstudien hängt das unterschiedliche Abschneiden adoptierter Kinder bei Intelligenztests etwa zur Hälfte mit dem sozialen Status der Adoptiveltern und nicht dem der biologischen zusammen. Außerdem ist entscheidend, wann Kinder Armut erleben: Eine entbehrungsreiche Zeit für eine Familie wirkt sich stärker auf die jüngeren Geschwister aus.

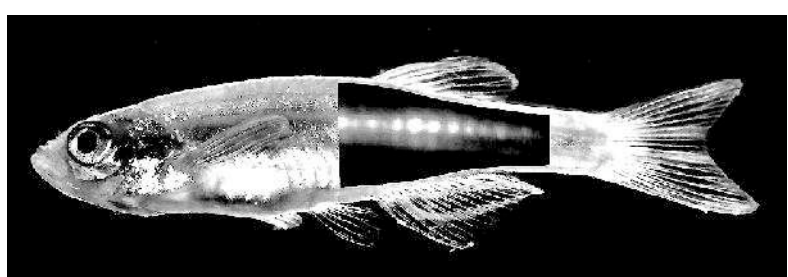
Dass nicht nur die Gene die geistigen Fähigkeiten bestimmen, sondern auch die Umwelt, ist also auch ein Ansporn für Naturwissenschaftler, Pädagogen und Sozialpolitiker. Je mehr Wissenschaftler über die Entwicklung in jungen Jahren in Erfahrung bringen, desto gezielter lassen sich die geistigen Fähigkeiten von ärmeren Kindern fördern und verbessern.

Ein neuer Blick in lebende Körper

Forscher entwickeln einen Tomographen, der Licht hören kann

DÜSSELDORF. Mit einer Kombination aus Licht und Ultraschall können Münchener Forscher fluoreszierende Proteine mehrere Zentimeter tief in lebendem Gewebe sichtbar machen. In der Zeitschrift „Nature Photonics“ beschreiben die Wissenschaftler, wie sie „Licht hören“ und so zum Beispiel feststellen können, welche Gene in Geweben von Fliegenlarven und Fischen aktiv sind. Zukünftig könnte die Technologie die Untersuchung von Tumoren oder Herzkranzgefäßen beim Menschen erleichtern.

Die Forscher um Vasilis Ntziachristos, Professor für biologische Bildgebung an der Technischen Universität München, haben dreidimensionale Bilder eines sechs Millimeter dicken Zebrafisches erzeugt, indem sie Licht hörbar machen: Sie bestrahlen den Fisch von verschiedenen Seiten mit Laserblitzen, die im Inneren des Körpers auf Fluoreszenzfarbstoffe treffen – die waren dem Fisch gentechnisch angezüchtet worden. Wenn die Fluoreszenzfarbstoffe unter den Blitzen aufleuchten, erwärmt sich ihre Umgebung, die sich ein wenig ausdehnt.



Licht und Ultraschall machen die Wirbelsäule eines lebenden Fisches sichtbar

Weil dies extrem schnell geschieht, entsteht eine Druckwelle. Ein kurzer Laserimpuls erzeugt so eine Art Ultraschall-Echo, das die Forscher mit einem Ultraschall-Mikrofon einfangen. Entscheidend sind die mathematischen Formeln, mit denen ein Computer das Schallwellenmuster, das durch Schuppen, Muskeln, Rippen, Gräten und Eingeweide verzerrt wird, in ein dreidimensionales Bild umrechnet.

Das Ergebnis der „multi-spektralen opto-akustischen Tomographie“ ist ein Bild mit einer Auflösung von 40 Mikrometern (vier Hundertstel Millimeter). Und: Der zur Untersuchung betäubte Fisch erholte sich nach der

Prozedur vollständig. Bislang musste man Tiere in verschiedenen Entwicklungsstadien töten und Gewebedünnschnitte mikroskopisch miteinander vergleichen, um Entwicklungen von Organen oder das Fortschreiten von Krankheiten zu verfolgen. Ein großer Vorteil sei, so Ntziachristos, dass schon eine große Auswahl an geeigneten Fluoreszenzfarbstoffen bereitstehe.

Mit der neuen Technik könne auch die pharmazeutische Forschung könnte beschleunigt werden, wenn die Effekte neuer Wirkstoffe über längere Zeit in einem Tier verfolgt würden, hofft Ntziachristos. *fk*

Erster Quanten-Prozessor entwickelt

Die Vision vom völlig neuartigen Computer wird ein wenig realistischer

DÜSSELDORF. Physiker von der Yale-Universität haben zum ersten Mal eine einfache Recheneinheit auf Basis der Quanteneffekte von Elementarteilchen entwickelt. Sie sind damit, wie sie in der Online-Ausgabe der Fachzeitschrift „Nature“ berichten, der Realisierung eines Quanten-Computers einen guten Schritt näher gekommen. Mit ihrem Festkörper-Chip gelang es ihnen, einfache Algorithmen durchzurechnen, zum Beispiel Suchfunktionen.

Der Prozessor könne zwar nur ein paar sehr einfache Quanten-Aufgaben ausführen, die bereits früher mit einzelnen Atomkernen, Atomen und Photonen durchgeführt werden konnten. „Aber“, betont der beteiligte Physiker Robert Schoelkopf, „dieses Mal sind sie möglich in einem elektronischen Apparat, der aussieht und wirkt wie ein regulärer Mikroprozessor“.

Die Arbeitsgruppe unter Leitung von Steven Girvin, Professor für Angewandte Physik in Yale, stellte zwei sogenannte Quantum Bits (Qubits) her. Zwar besteht jedes Qubit tatsäch-

lich aus Billionen von Aluminiumatomen, aber es verhält sich wie ein einziges Atom, das zwischen zwei Energiezuständen wechseln kann. Diese Zustände sind die Entsprechung zu „1“ und „0“ oder „on“ und „off“ beim Bit, der kleinsten Informationseinheit in herkömmlichen Prozessoren.

Nach den grundlegenden Gesetzen der Quantenmechanik, die den Erfahrungen der sichtbaren Welt widersprechen, können die Physiker die Qubits aber in eine „Überlagerung“ (Superposition) versetzen, mit mehreren Zuständen gleichzeitig. Das erlaubt einen größeren Informationsspeicher und mehr Rechenkraft.

Diese Fähigkeit veranschaulichen die Forscher mit einem Beispiel: Wenn vier Telefonnummern vorliegen und man nicht weiß, welche die der gesuchten Person ist, muss man jede einzeln probieren, was im Durchschnitt zwei oder drei Versuche bedeutet, bis man bei der richtigen landet. Ein Quantenprozessor braucht für eine solche Aufgabe stets nur einen Versuch. „Das ist so, als ob

man mit einem Anruf alle vier Nummern gleichzeitig wählen könnte, aber nur zur richtigen Nummer durchkäme.“

Diese Art von Rechenoperationen, auch wenn sie einfach sind, war bisher mit Festkörper-Qubits nicht möglich, unter anderem auch deshalb, weil die Zustände der Qubits nicht lange genug bestehen blieben. Die frühesten, vor rund zehn Jahren hergestellten Qubits hielten ihre bestimmten quantenmechanischen Zustände nur eine Milliardstel Sekunde lang aufrecht. Das Qubit von Yale schaffte es immerhin tausendmal länger, das reicht für besagte Rechenoperationen.

Um komplexere Aufgaben auszuführen, wollen die Physiker die quantenmechanische Haltbarkeit weiter erhöhen und mehrere Qubits vernetzen. Die Rechenkraft erhöhe sich mit jedem zusätzlichen Qubit exponentiell, sagt Schoelkopf. Das Potenzial der Quantenrechner sei daher enorm. Aber bis sie komplizierte Aufgaben rechnen könnten, werde noch einige Zeit vergehen. *fk*

Paulus im Grab stärkt den Reliquienkult

FERDINAND KNAUSS | DÜSSELDORF

Die Bekanntgabe der Entdeckung von Knochenresten im Paulusgrab in Rom dient der wissenschaftlichen Untermauerung katholischer Glaubenssätze inklusive der Reliquienverehrung. Das vermutet Dieter Korol, Professor für frühchristliche Archäologie in Münster. Welche große Bedeutung der Papst den sterblichen Überresten der heiligen Kirchenväter beimisst, habe Benedikt schon dadurch gezeigt, dass er unmittelbar nach seiner Wahl das angebliche „wahre Petrusgrab“ unter dem Petersdom aufsuchte. Nun gab er am Sonntag zum Ende des „Paulus-Jahres“ der katholischen Kirche bekannt, dass sich in dem als Paulusgrab bezeichneten Sarkophag unter dem Altar der Basilika S. Paolo fuori le Mura tatsächlich Knochen befinden, die mit einer Sonde untersucht wurden.

Die Gebeine stammen, das habe eine sogenannte C14-Analyse ergeben, aus dem ersten bis zweiten nachchristlichen Jahrhundert. Der historische Paulus wurde vermutlich 67 n. Chr. hingerichtet. Auch wenn der Papst verkündete, es sei sicher, „dass es sich hierbei wirklich um die Reste des Apostels Paulus handelt“, kann man die Identität der Gebeine wohl nie zweifelsfrei belegen. Das wäre nur möglich, wenn Erbgut aus den Knochen mit dem von sicheren Nachfahren des Paulus verglichen werden könnte. Möglicherweise sind aber nach der vollständigen Öffnung des Grabes, die der Vatikan ankündigte, an den Knochen Anzeichen zu finden, wie der dort Begrabene starb. Als römischer Bürger wurde Paulus höchstwahrscheinlich mit dem Schwert gerichtet. Fände man also Spuren einer Köpfung an Halswirbeln, so verstärkte dies die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um den historischen Paulus handelt. Doch dafür müssten die Knochen verhältnismäßig gut erhalten sein.

Auch wenn harte archäologische Belege fehlen, ist es nicht unwahrscheinlich, dass die unter dem Altar der Basilika gefundenen Gebeine und Kleidungsstücke tatsächlich die sterblichen Reste des historischen Apostels Paulus sind. „Eine gewisse Historizität ist greifbar“, sagt Korol. Dass Paulus am Ort der heutigen Basilika „vor den Mauern“ Roms um 67 nach Christus begraben wurde, ist möglich. Der christliche Autor Gaius erwähnt etwa 100 Jahre nach Paulus' Tod ein Tropaion, ein Siegeszeichen, an diesem Ort. Eine Nekropole, ein antiker Friedhof, ist dort zumindest nachgewiesen.

In den ersten Jahrhunderten nach Paulus allerdings spielten für die frühen Christen körperliche Überreste ihrer Kirchenväter noch keine große Rolle. „Bedeutung gewinnen sie erst, als die Kirche die Macht der Gebeine einsetzt“, erklärt Korol. Die erste Basilika um das Grab herum ließ Kaiser Konstantin (gestorben 337) erbauen. Als Ende des 4. Jahrhunderts – das Christentum war inzwischen Staatsreligion des Römischen Reiches geworden – die Basilika deutlich ausgebaut wurde, betonten und erhöhten die Bauherren auch das Apostelgrab. Die heute noch vorhandene Platte über dem Sarkophag mit der Aufschrift „Paulo Apostolo Mart“ stammt ebenfalls aus dieser Epoche, also der Zeit des beginnenden Reliquienkultes. Die monumentale Anlage der Basilika mit der Verbindung von Altar und Märtyrergab diente als Vorbild für spätere Kirchenbauten.

Der Reliquienkult prägte das Christentum über Jahrhunderte und tut es im Katholizismus noch immer. „Der Reliquienkult ist kein Auslaufmodell“, sagt der Heiligen-Forscher und ehemalige Sprecher des Erzbistums Köln, Manfred Becker-Huberti. Sehr viele angebliche sterbliche Überreste von Heiligen oder Gegenständen, die mit ihnen in Berührung kamen, wurden allerdings eindeutig als Fälschungen überführt. Die Herstellung und der Verkauf angeblicher Heiligtümer waren im Mittelalter ein einträgliches Geschäft. Denn besonders verehrte Reliquien waren für das politische Entschmelzen ihres Aufbewahrungsortes entscheidend, zum Beispiel die Gebeine der „Heiligen Drei Könige“ im Kölner Dom.

Die Reliquienkult prägte das Christentum über Jahrhunderte und tut es im Katholizismus noch immer. „Der Reliquienkult ist kein Auslaufmodell“, sagt der Heiligen-Forscher und ehemalige Sprecher des Erzbistums Köln, Manfred Becker-Huberti. Sehr viele angebliche sterbliche Überreste von Heiligen oder Gegenständen, die mit ihnen in Berührung kamen, wurden allerdings eindeutig als Fälschungen überführt. Die Herstellung und der Verkauf angeblicher Heiligtümer waren im Mittelalter ein einträgliches Geschäft. Denn besonders verehrte Reliquien waren für das politische Entschmelzen ihres Aufbewahrungsortes entscheidend, zum Beispiel die Gebeine der „Heiligen Drei Könige“ im Kölner Dom.

UNSERE THEMEN

MO ÖKONOMIE: VWL

DI ESSAY

MI ÖKONOMIE: BWL & FINANCE

DO NATUR UND GEIST

FR LITERATUR