

Das Liebesspiel der Wimpertierchen unter der Lupe

Forschung Der Sex der Einzeller gibt den Forschern Hinweise auf die Entstehung von Krebs

VON FLORIAN FISCH

Wozu braucht es Sex? Die Frage scheint auf den ersten Blick absurd, bereitet den Evolutionsbiologen aber Kopfzerbrechen. Bakterien können es ohne und vermehren sich durch simple Zellteilung, was ihrer unvorstellbar hohen Zahl und Vielfalt keinen Abstrich macht. Wir «höheren» Organismen jedoch stehen bei der Fortpflanzung vor dem Problem einer komplexen Partnersuche.

Die gängigste Erklärung, warum sich Sex bei einer beträchtlichen Zahl von Lebewesen durchgesetzt hat, ist, dass die Nachkommen eine frische Kombination von Genen von ihren Eltern erhalten. In einer sich schnell ändernden Welt kann die Genkombination über Leben und Tod entscheiden.

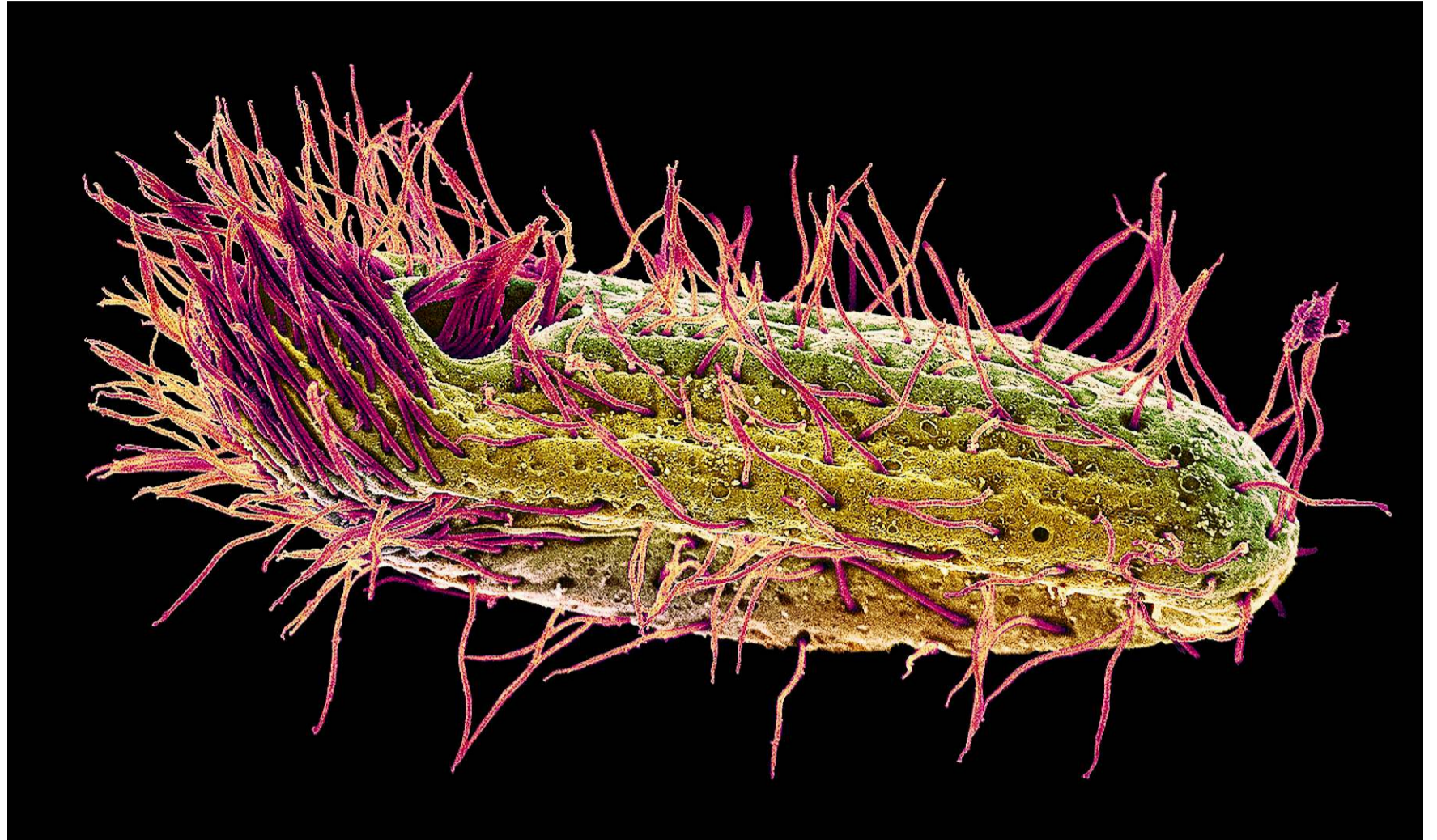
In einer sich schnell ändernden Welt kann die Genkombination über Leben und Tod entscheiden.

Wimpertierchen machen beides. Die riesigen Einzeller teilen sich meistens wie Bakterien, wodurch sie sexuell unabhängig sind. Wenn sich aber die Umweltbedingungen verschlechtern, müssen sie sich entscheiden. Entweder sie igeln sich in Form einer Zyste ein und warten ab, bis sich die Welt wieder zum Guten wendet, oder sie suchen sich einen Partner, mit dem die Gene neu gemischt werden.

Mariusz Nowacki, der die Fortpflanzung der Wimpertierchen an der Universität Bern erforscht, ist begeistert von den Einzellern: «Was auch immer die Leute in Wimpertierchen gefunden haben, kann auf etwas angewandt werden.» Tatsächlich wurde der Medizinobelpreis 2009 an Wimpertierforscher verliehen, die wichtige Erkenntnisse über Krebs, Stammzellen und Alterung erlangten. Das ist erstaunlich, denn die Wimpertierchen sind mit uns so nah verwandt wie Pflanzen oder Pilze.

Spezialität: Zwei Zellkerne

Die Spezialität der Wimpertierchen sind ihre zwei Zellkerne. Unsere Zellen kommen für die Aufbewahrung des Erbmaterials, der DNA, mit einem einzigen Kern aus. Der enthält zwei Kopien jedes Gens. Das entspricht dem



Nicht jedes Wimpertierchen taugt als Geschlechtspartner, auch bei ihnen gibt es so etwas wie Männchen und Weibchen.

KEYSTONE

■ GENE: HIRNZELLE UND DARMZELLE HABEN DIE GLEICHEN GENE

Alle etwa 10 Billionen Zellen unsres Körpers stammen von **einer einzigen Zelle** ab; der befruchteten Eizelle. Eine Hirnzelle und eine Darmzelle sind mit den genau gleichen Genen ausgestattet. Dass die winzige Darmzelle Nahrung aufnehmen, die ellenlange Hirnzelle hingegen Signale verarbeiten kann, liegt

einzig am **unterschiedlichen Gebrauch** der Gene. Während wir wachsen und sich unsere Zellen teilen, werden **Gene ein- und ausgeschaltet**. Jeweils andere für Darmzellen als für Hirnzellen. Die Ausschaltung geschieht **durch Moleküle**, welche die Gene als ausgeschaltet markieren, wie das Durch-

streichen eines Satzes diesen «ausschaltet». Der **DNA-Abschnitt** des entsprechenden Gens kann zur Ausschaltung auch einfach eng verpackt werden, so wie Dokumente in einer **schwer zugänglichen Schachtel** archiviert werden können. So wie die Gene bei der Teilung einer Darmzelle an ihre Toch-

terzellen vererbt werden, wird auch der Schaltzustand vererbt. Neben der **Information in den Genen** wird also auch die Information über die Gene vererbt. Analog zum Wort Genetik benutzt man deshalb dafür den **Begriff der Epigenetik**, wobei die griechische Vorsilbe «epi» für «über» steht. (FS)

pelt sich, worauf aus einem der beiden ein grosser Arbeitskopiezellkern heranwächst. Die Gene werden präzise aus der DNA herausgeschnitten, neu zusammengesetzt und zigmal kopiert. Bis zu 600 Millionen DNA-Schnipsel entstehen dabei auf eine wohlgeordnete Art und Weise. «Bei der Entstehung von Krebszellen gibt es ähnliche Reorganisationen, die wir besser verstehen möchten», erklärt Nowacki sein Interesse.

Die Reorganisation der Gene zu einem grossen Zellkern wird nicht von den Genen des neuen kleinen Zellkerns gesteuert, sondern von Organisationsmolekülen. Die waren schon vor der Neumischung der Gene in der Zelle. Es handelt sich um eine Vererbung ohne Gene, genannt Epigenetik (vgl. Kasten). Nowacki hat herausgefunden, wo genau in der DNA die Gene herausgeschnitten und wie die Schnipsel in die Reihenfolge gebracht werden. Der Nobelpreis zeigte, dass solche Mechanismen in Wimpertierchen helfen können, den um Billionen Zellen grösseren Menschen zu verstehen.

kleinen Zellkern der Wimpertierchen, der ihnen aber nur als Sicherheitskopie der Gene dient und die meiste Zeit untätig herumliegt. Er wird nur für sexuelle Abenteuer aktiviert. Der grosse Zellkern enthält bis zu 10 000 Arbeitskopien der Gene. Die sind nötig, weil Wimpertierchen so gross sind, obwohl sie nur aus einer einzigen Zelle bestehen. Ihr enormes Volumen muss mit genügend Bauteilen versorgt werden, entsprechend viele Baupläne, also Gene, braucht es.

So verbringen die Wimpertierchen die meiste Zeit in Tümpeln oder in Kuhmägen und fressen Bakterien. Unter einem einfachen Mikroskop kann man sehen, wie beachtlich schnell sie mit ihren Wimpern umherrudern. Sobald die Nahrung knapp wird und den Einzellern nach Sex zumute wird, fängt ein kompliziertes Spiel mit den Zellkernen an. Nicht jedes Wimpertierchen taugt als Geschlechtspartner, auch bei ihnen gibt es so etwas wie Männchen

und Weibchen. Der kleine Sicherheitskopiezellkern teilt sich in zwei, die beiden Partner verschmelzen vorübergehend miteinander und tauschen je einen der Kerne aus. Der Kern des Partners und der eigene vereinen sich, wodurch die Gene neu gemischt werden.

600 Millionen Kopien

Dann passiert das, wofür sich Nowacki am meisten interessiert. Der neu gemischte kleine Kern verdop-

Café Mathe – Ein Stück Mathematik, zu einer Tasse Kaffee zu geniessen

Lyrische Mathematik, mathematische Lyrik

GIBT ES MATHEMATISCHE Lyrik oder lyrische Mathematik? Mir sind nur wenige Mathematiker bekannt, die ihre Aufgaben oder Erkenntnisse in Reimen präsentiert haben. Eher zur Unterhaltung hat der Rechenmethodiker Christian Peschek (18. Jahrhundert) wohl seinen Schülern diese Aufgabe gestellt:

Unten an einer schönen Linden / war gar ein kleiner Wurm zu finden. / Der kroch hinauf mit aller Macht / acht Ellen richtig bei der Nacht / und alle Tage kroch er wieder / vier Ellen dran hernieder. / Zwölf Nächte trieb er dieses Spiel / bis dass er von der Spitze fiel / am Morgen in die Pfütze / und kühlte sich ab von seiner Hitze. / Mein Schüler, sage ohne Scheu / wie hoch dieselbe Linde sei?

UND DER HEUTE 83-jährige amerikanische Mathematiker und Songwriter Tom Lehrer verpackte in seinen Reimen Kritik an der in den USA als New Math bekannten Rechenmethode, die häufig die Eltern der Kinder, denen man Rechnen

Ich will nun auf ein Blatt mir malen
ein rechteckig' Schema voller Zahlen.
75 Zeilen, 90 Spalten
hab nach langem Schreiben ich erhalten.
Also sind es im Totalen
75 x 90 Zahlen.

Nun addier' ich still und leise
die Zahlen immer zeilenweise
und erhalte welche ein Jux! –
im Durchschnitt immer die Zahl x.

noch ganz anders beigebracht hatte, zur Verzweigung trieb. 173 von 342 zu subtrahieren, wird so zu einem Höllentrip:

You can't take 3 from 2 / 2 is less than 3 / so you look at the 4 in the tens place. / Now that's really 4 tens / so you make it 3 tens / regroup, and you change a 10 to 10 ones / and you add them to the 2 and get 12 / and you take away 3, that's 9. / Is that clear? (...)

VIEL EHER SIND POETEN willens, sich mit Mathematik zu befassen. So hat die amerikanische Schriftstellerin Rita Dove einmal der Sensation Ausdruck verliehen, die sich im Inneren dessen abspielt, der gerade eine mathematische Entdeckung gemacht hat. Die ersten Zeilen ihres Gedichtes Geometry lauten:

I prove a theorem and the house expands / the windows jerk free to hover

Dann kann ich, ohne zu pausieren,
die Zahlen spaltenweise aufaddieren
und erhalte – das ahnen Sie jetzt schon
im Durchschnitt immer ypsilon.

Die Frage ist, die geistig' Hürde,
welche Zahl man wohl bekommen würde,
wenn x durch y man teilt?
Sind zum Raten Sie bereit?
5/6, 6/5 oder 1?
Oder ist es gar von all dem keins?

near the ceiling / the ceiling floats away with a sigh. (...)

Christian Morgenstern schickte zwei Parallelen auf eine frustrierende Reise:

Es gingen zwei Parallelen / ins Endlose hinaus / zwei kerzengerade Seelen / und aus solidem Haus. / Sie wollten sich nicht schneiden / bis an ihr selig

Grab / das war nun einmal der beiden / geheimer Stolz und Stab. (...)

Ehrenfried Winkler verwickelte die Zahl Null in ein Wechselbad der Gefühle:

Auf einer Bank im Sonnenschein / sass – wertlos – eine Null allein / und niemand nahm von ihr Notiz / nicht ein Pasant, nicht die Miliz. / Da kam die Eins des Wegs daher / zur Bank, die sozusagen leer / und setzt sich ohne weitem Sinn / vor jene Null ganz einfach hin. (...)

Ich habe mich nun auch in lyrischer Mathematik versucht (siehe Kasten). Das Gedicht enthält selbstverständlich eine hübsche Aufgabe für Sie bereit.

Armin Barth ist Gymnasiallehrer an der Kantonsschule Baden und Autor. Die Lösung erscheint mit seiner nächsten Kolumne am 5. April.

Lösung vom 8. Februar:
0.999999999957 einer Stunde