

Im Stichling ist der Wurm drin

Rund 40 Prozent aller Arten auf der Erde leben parasitisch – eine überaus erfolgreiche Lebensweise also. Allein ein Fisch wie der Dreistachlige Stichling wird von bis zu 25 verschiedenen Parasiten geplagt. Einer davon hat es **Martin Kalbe**, **Tina Henrich** und **Nina Hafer** vom **Max-Planck-Institut für Evolutionsbiologie** in Plön besonders angetan: der Bandwurm *Schistocephalus solidus*. Sie erforschen die vielfältigen Tricks, mit denen Wirt und Parasit versuchen, sich gegenseitig auszuspielen.



TEXT HARALD RÖSCH

Der Dreistachlige Stichling ist ein Kosmopolit. Sein Verbreitungsgebiet erstreckt sich über die gesamte nördliche Hemisphäre. Ursprünglich ein Bewohner der Ozeane, ist er wohl erst nach der letzten Eiszeit ins Süßwasser eingewandert und lebt jetzt auch in Flüssen und Seen. Wie im Meer sind auch im Süßwasser Parasiten allgegenwärtig: Rund-, Faden- und Bandwürmer leben auf Kosten des Fischleins, Karpfenläuse saugen sich an seiner Haut oder in seinen Kiemen fest und ernähren sich von seinem Blut. Fast jeder Körperteil des Stichlings dient irgendeinem Parasiten als Wohnstätte – sogar die Linse im Auge.

LOKALE UNTERSCHIEDE

Schistocephalus ist also nur einer unter vielen Plagegeistern, die dem Fisch das Leben schwer machen. Zusammen mit Tina Henrich hat Martin Kalbe über viele Jahre hinweg in unterschiedlichen Regionen Stichlinge und ihre Würmer gesammelt und dabei verblüffende Unterschiede festgestellt. In Norwegen beispielsweise beträgt die Infektionsrate in manchen Populationen fast 100 Prozent, in anderen wiederum ist kein einziger Fisch infiziert. Die Fische in Plön liegen eher am unteren Ende der Skala: Von 4000 Tieren ist lediglich einer von *Schistocephalus* befallen.

Einer der Gründe für diese Unterschiede ist der Lebensraum. In Flüssen und Bächen werden Parasiten durch die Wasserströmung schnell weggespült, sie kommen daher dort seltener vor als in Stillgewässern. Stichlinge, die

in kleinen, verstreuten Populationen leben, haben ebenfalls weniger unter Parasiten zu leiden. Und nicht zuletzt entscheiden die Fressfeinde des Fisches mit über die Häufigkeit von *Schistocephalus*. Denn nur wenn der Wurm im richtigen Endwirt landet, kann er seinen Lebenszyklus vollenden und Eier produzieren.

Nachdem die Eier am Grund eines Gewässers überwintert haben, schlüpfen zunächst mikroskopisch kleine, aktiv schwimmende Larven. Werden diese von einem Ruderfußkrebs – wegen seiner ruckartigen Fortbewegung auch Hüpferling genannt – für Beute gehalten und verspeist, entwickeln sie sich weiter zum zweiten Larvenstadium. Der winzige Krebs ist jedoch nur der erste Zwischenwirt. Als Nächstes folgt der Stichling. Wenn dieser den Hüpferling frisst und es der Larve gelingt, unbeschadet durch den Fischmagen zu gelangen, bohrt sich diese durch die Darmwand des Fisches. Wichtig dabei ist der Zeitpunkt: Am größten sind die Erfolgsaussichten, wenn sich die Larve 13 bis 15 Tage lang im Krebs entwickeln kann und dann in den Stichling gelangt.

In der Bauchhöhle des Fisches erreicht die Larve das dritte Larvenstadium und legt massiv an Größe und Gewicht zu. Dann muss sie wieder warten, bis ihr Wirt gefressen wird. Für die *Schistocephalus*-Larve ist dies geradezu überlebenswichtig. Aber von entscheidender Bedeutung ist auch: Sie muss im richtigen Magen landen. In ihrem Fall heißt das: im Verdauungstrakt eines Warmblüters. In der Regel sind das fischfressende Vögel wie etwa Reiher,

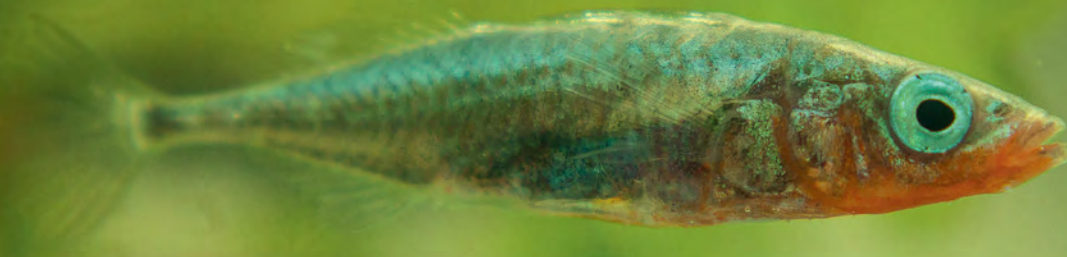
Eisvögel oder Kormorane. Nur bei einer Umgebungstemperatur von mindestens 38 Grad können die Larven zu geschlechtsreifen Würmern heranreifen, einen Partner finden und sich paaren. „Im Plöner See zum Beispiel fallen die meisten Stichlinge Kaltblütlern wie Barschen und Hechten zum Opfer. Der Lebenszyklus des Parasiten endet so in einer Sackgasse. Aus diesem Grund sind hier nur so wenige Stichlinge infiziert“, erklärt Henrich.

EVOLUTIONÄRES WETTRÜSTEN

Der Stichling und sein Wurm befinden sich in einem permanenten Wettlauf gegeneinander. Jeder Vorteil des einen wird sofort vom anderen gekontert. Resultat ist ein evolutionäres Wettrüsten, in dem die Kontrahenten einander permanent ausspielen wollen – wie zwei Ringer, die für jeden neuen Angriff den entsprechenden Abwehrgriff bereithalten.

Wie sehr Wirt und Parasit miteinander ringen, zeigt sich indirekt, wenn Dreistachliger Stichling und *Schistocephalus solidus* aus unterschiedlichen Gegenden aufeinandertreffen: Die Bandwürmer haben sich sogar an die kleinen regionalen Unterschiede zwischen den Fischen angepasst. Henrich und Kalbe haben in Kanada, Norwegen und Deutschland Stichlinge und ihre Parasiten gefangen und sie in ihrem Plöner Labor in verschiedenen Kombinationen zusammengebracht. Die Würmer sind zwar ähnlich infektiös und werden gleich groß, wenn sie Fische aus ihrer jeweiligen Heimat infiziert haben. „*Schistocephalus* aus Norwegen scheint aber aggressiver zu sein als seine deut-

Dreistachliger Stichling mit dem Bandwurm *Schistocephalus solidus*: Die Parasitenlarve hat sich durch die Darmwand gebohrt und wächst in der Leibeshöhle des Fisches heran. Dort kann sie so schwer werden wie der Fisch selbst.



Seinen Namen verdankt der Dreistachlige Stichling den drei Stacheln auf dem Rücken, die er bei Gefahr aufstellen kann. Während der Laichzeit färbt sich der Rücken der ansonsten unscheinbaren Männchen türkis, Kehle und Brust leuchten rot. Die Männchen besetzen ein Brutrevier und bauen am Boden ein Nest aus Pflanzenteilen. Sie vertreiben die Weibchen nach der Eiablage und bewachen und pflegen die Gelege fortan allein.

schen Artgenossen, denn er infiziert Fische aus dem Plöner See häufiger und wächst in ihnen stärker als ein deutscher Wurm in kanadischen oder norwegischen Fischen“, sagt Henrich.

AGGRESSIVE WÜRMER

Warum manche Lokalformen der Würmer aggressiver sind als andere, wissen die Forscher noch nicht, aber eines ist klar: Parasit und Wirt haben sich so aneinander angepasst, dass die aggressiven Würmer die Unterschiede zwischen den Fischpopulationen zu ihren Gunsten ausnützen können. Und noch eine verblüffende Erkenntnis haben Kalbe und Henrich gewonnen: Infizieren ein norwegischer und ein deutscher Wurm gemeinsam einen Fisch aus dem Plöner See, so bleibt der norwegische Wurm kleiner, als wenn er allein den Fisch befällt. Dies ist zu erwarten, er muss schließlich die Nährstoffe teilen. Der deutsche Wurm dagegen wird dann seltsamerweise größer als sonst. Der norwegische Wurm scheint das Wachstum seines Konkurrenten irgendwie zu begünstigen – wie, ist noch unklar.

Unterschiede in der Anpassung erklären auch, warum *Schistocephalus solidus* ausschließlich den Dreistachligen Stichling infiziert: „Er hat sich einfach so gut auf diese Art spezialisiert, dass er die Abwehrstrategien anderer Fische nicht mehr überwinden kann“, so Henrich. Beispielsweise die des nah verwandten Neunstachligen Stichlings. Dieser lebt in denselben Gewässern wie sein Vetter und wird von *Schistocephalus pungitii* parasitiert. Obwohl sich die beiden Bandwürmer nur in ihrer „eigenen“ Fischart weiterentwickeln, können sie sich im Labor miteinander kreuzen und fruchtbare Nachkommen zeugen. Die aus einer solchen Kreuzung hervorgehenden Wurmhybriden befallen sowohl den Drei- als auch den Neunstachligen Stichling. „Solche Mischlinge haben wir aber bislang in keinem Gewässer entdeckt. Warum sich die beiden Arten in der Natur nicht vermischen, obwohl sie es könnten, wissen wir noch nicht“, sagt Henrich.

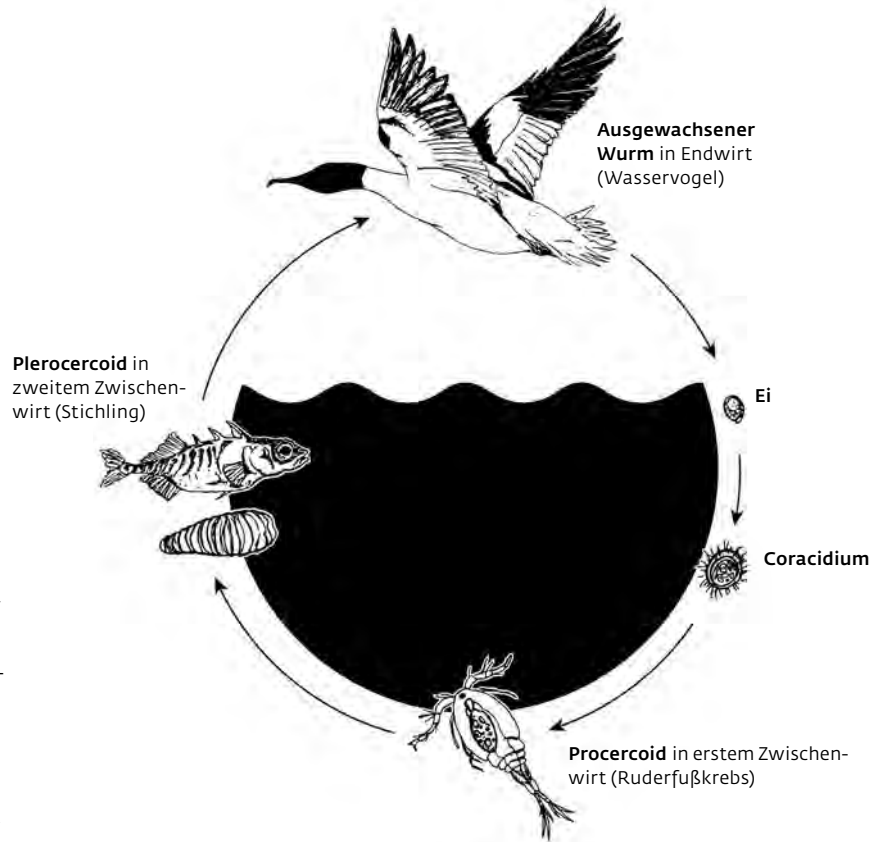
Die Plöner Wissenschaftler sind nicht die Einzigen, die das Wettrüsten zwischen Dreistachligem Stichling und *Schistocephalus solidus* erforschen. Seit

den 1960er-Jahren werden der Stichling und sein Bandwurm im Labor untersucht. Heute dienen der Fisch und sein Parasit einer Reihe von Forschungsgruppen weltweit als Modellsystem. Ein Grund dafür ist, dass sich beide verhältnismäßig leicht im Labor vermehren lassen. Besonders unkompliziert zu halten sind die Stichlinge. Sie stellen keine großen Ansprüche. In handelsüblichen Aquarien lassen sie sich leicht zur Eiablage bewegen.

LEBENSZYKLUS IM LABOR

Die Wurmeier wiederum kann Henrich lange Zeit bei vier Grad im Dunkeln aufbewahren. Licht lässt die Larven schlüpfen. Die Wissenschaftlerin gibt jede Larve zusammen mit einem Hüpfertling in die Vertiefung einer laborüblichen Zellkulturplatte und wartet, bis der kleine Ruderfußkrebs die Parasitenlarve aufgenommen hat. Den infizierten Krebs verabreicht sie dann einem Stichling.

Lediglich der letzte Schritt des Zyklus weicht von seinem natürlichen Vorbild ab, denn Wasservogel zu hal-



Aus den Wurmeiern schlüpft das erste Larvenstadium (Coracidium). Wird die frei schwimmende Larve von einem Ruderfußkrebs (Hüpfertling) gefressen, entwickelt sie sich in der Leibeshöhle des Krebses zum zweiten Stadium weiter, dem Procercoid. Der Krebs ist eine bevorzugte Nahrung des Dreistachligen Stichlings. Im Fisch bohrt sich die Wurmlarve durch die Darmwand und wird zum Plerocercoid. Ein fischfressender Vogel ist dann der Endwirt des Parasiten. Im Vogeldarm produzieren die ausgewachsenen Würmer Eier, welche über den Kot in die Gewässer gelangen.

ten und darin die Bandwürmer zu vermehren, wäre zu aufwendig. Stattdessen verwenden Henrich und ihre Kollegen einen Ersatz für den Vogeldarm: eine kleine Tasche aus Nylongaze, umgeben von einer speziellen Nährlösung. Obwohl die Taschen ursprünglich für die Aufnahme von Gewebeproben in der Medizin gedacht sind, muss Henrich sie mehrere Stunden in kochendem Wasser auskochen. Erst dann sondern sie keine für die Würmer schädlichen Substanzen mehr ab. In solchen Taschen, umspült von einer geeigneten Nährlösung bei angenehmen 38 Grad, schreitet ein Wurmpanchen bereitwillig zur Fortpflanzung und gibt schließlich Tausende von Eiern ab.

Auf diese Weise haben es die Plöner Forscher geschafft, den Parasiten zu überlisten und ihm einen Vogeldarm vorzugaukeln. „Einen Endwirt zu simulieren, ist einfacher, als einen künstlichen Zwischenwirt zu entwickeln. Im Vogel kann *Schistocephalus* nicht mehr wachsen, sondern sich nur noch paaren und Eier produzieren. Da er dem Vogel damit nicht schadet, hat dieser

keine Abwehrmaßnahmen entwickelt, an die sich der Wurm anpassen musste. Mit dem Stichling dagegen verbindet ihn eine so innige Beziehung, die ließe sich im Labor kaum nachstellen“, sagt Henrich.

FREMDGESTEUERTE WIRTE

Parasiten sind aber viel mehr als blinde Passagiere, die nur auf Kosten ihrer Wirte leben und sich von diesen verköstigen lassen. Zunächst müssen sie die Verteidigungsstrategien ihrer Wirte abwehren. Dann manipulieren sie häufig den Stoffwechsel ihrer Wirte so, dass für sie selbst möglichst viele Nährstoffe abfallen. Am faszinierendsten und zugleich am unheimlichsten ist aber ihre Fähigkeit, das Verhalten ihrer Wirte umzuprogrammieren. Das kann so weit gehen, dass ein Organismus sein eigenes Leben opfert, damit sich der Parasit fortpflanzen kann. In solchen Fällen wird der Wirt förmlich fremdgesteuert.

„Manche Wirte hängen wie Marionetten an den Fäden ihrer Parasiten“, sagt Manfred Milinski, seit April eme-



Mitunter wachsen mehrere Bandwurmlarven in einem Stichling heran – in manchen Fällen über 20. Ihr Gewicht kann am Ende höher sein als das ihres Wirts. Die Parasiten bringen den Fisch zwar nicht um, aber sie entziehen ihm Nährstoffe, sodass der Stichling kleiner bleibt als ein nicht infizierter Artgenosse.



Links Stichlinge lassen sich gut im Aquarium halten und vermehren. Im Plöner Max-Planck-Institut werden die Fische in den kleinen Becken (Mitte) mit infizierten Hüpferlingen gefüttert und so gezielt mit den Bandwürmern infiziert.

Rechts Daniel Martens, Tina Henrich und Christoph Gahr (von links) setzen im Labor aufgezogene Stichlinge in Käfige im Großen Plöner See. So können die Forscher untersuchen, ob und wie stark die Fische, die noch nie mit Parasiten konfrontiert waren, befallen werden.

ritierter Direktor der Abteilung Evolutionsökologie am Plöner Max-Planck-Institut. Er hat den Stichling und seine Würmer seit den 1980er-Jahren erforscht. „Wenn man bedenkt, dass es so gut wie kein Lebewesen ohne Parasiten gibt, muss man sich fragen, was das eigentliche Verhalten eines Organismus und was fremdgesteuert ist.“

EINZELLER MANIPULIERT MENSCH

Nicht einmal der Mensch ist davor gefeit, von seinen Parasiten manipuliert zu werden: Der Einzeller *Toxoplasma gondii* zum Beispiel tut alles dafür, Mensch und Katze zusammenzubringen. Den Menschen braucht er als Zwischenwirt, der ihm helfen soll, in seinen Endwirt zu gelangen. Denn nur im Darm von Raub- oder Hauskatzen kann der Parasit neue Eier produzieren. Heute wird *Toxoplasma* zwar vor allem von Mäusen und Ratten auf Hauskatzen übertragen, und der Mensch ist für den Parasiten eine Sackgasse. Doch als der Mensch in der Frühzeit seiner Entwicklung noch regelmäßig Opfer von

Raubkatzen wurde, war er möglicherweise ein häufiger Zwischenwirt von *Toxoplasma gondii*.

Das würde erklären, warum sich infizierte Menschen von Katzen besonders angezogen fühlen. Damit sein Zwischenwirt von Raubkatzen leichter gefressen werden kann, scheint *Toxoplasma* das menschliche Gehirn so umzuprogrammieren, dass Menschen ihre angeborene Vorsicht gegenüber allen Katzen verlieren. So empfinden infizierte Männer einer Untersuchung zufolge den Urin von Hauskatzen als angenehmer als nicht infizierte Probanden. Auf Mäuse und Ratten scheint der Erreger dieselbe Wirkung zu haben: Während die Nager gewöhnlich sofort das Weite suchen, wenn sie eine Katze riechen, werden infizierte Mäuse von Katzengeruch sogar angelockt.

Eine ganze Reihe von Studien belegt inzwischen, dass *Toxoplasma* das menschliche Verhalten auch noch auf andere Weise beeinflusst. Demnach manipuliert der Einzeller das Nervensystem so, dass die Reaktionszeit länger wird und sich Menschen häufiger



Schistocephalus solidus ist nicht der einzige Plagegeist im Großen Plöner See. Fast jeder Wasserbewohner besitzt eigene Parasiten. Martin Kalbe sammelt zum Beispiel Wasserschnecken, um ihre Parasiten zu untersuchen.

über soziale Normen hinwegsetzen. Eine mögliche Folge: Mit *Toxoplasma gondii* infizierte Menschen sind öfter in Verkehrs- und Arbeitsunfälle verwickelt.

Die Folgen könnten dramatisch sein: „Man schätzt, dass mehr als 30 Prozent der Weltbevölkerung infiziert sind. Möglicherweise gehen also jedes Jahr allein Tausende Verkehrstote auf das Konto des Parasiten“, sagt Milinski.

KAMPF UM DIE HERRSCHAFT

Inzwischen sind viele Fälle von Manipulationen durch Parasiten bekannt, viele weitere harren vermutlich noch ihrer Entdeckung. Und auch wie es Parasiten schaffen, das Verhalten ihrer Wirte in ihrem Sinne zu verändern, liegt meist noch im Dunkeln. „Eine Infektion mit einem Parasiten bewirkt mehr als nur die unmittelbare körperliche Reaktion darauf. Wenn wir besser verstehen, wie Parasiten ihre Wirte ma-

nipulieren, ergäbe manches sinnlos erscheinende Verhalten vielleicht einen Sinn“, so Milinski.

Hinzu kommt, dass viele Organismen nicht nur mit einem, sondern mit mehreren unterschiedlichen Parasiten befallen sind, die nicht nur den Wirt, sondern auch sich gegenseitig beeinflussen. „Man kann in solchen Fällen von einem regelrechten Krieg um die Herrschaft über den Wirt sprechen“, sagt Milinski.

Einen solchen Fall hat Nina Hafer in Milinskis Abteilung untersucht. Im Plöner See und anderswo können die Ruderfußkrebse nämlich nicht nur vom Bandwurm *Schistocephalus solidus*, sondern auch von einem Fadenwurm namens *Camallanus lacustris* befallen werden. Beide Parasiten müssen sich im Krebs erst eine gewisse Zeit entwickeln, bevor sie einen Fisch infizieren können. In dieser Phase sollte sich der Krebs folglich möglichst unauffällig verhal-

ten, damit er nicht gefressen wird und die Parasiten mit ihm sterben. Doch sobald sie infektiös sind, profitieren sie von einer hohen Aktivität ihres Wirts.

KONFLIKT DER INTERESSEN

Verläuft diese Entwicklung parallel, herrscht Harmonie: Beide Wurmarten wollen dasselbe und steuern den Ruderfußkrebs so, dass er sich zunächst ruhig und später möglichst aktiv verhält. Aber was geschieht, wenn der Ruderfußkrebs von Würmern in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befallen ist? „Ein solcher Interessenkonflikt zwischen Parasiten derselben oder unterschiedlicher Arten muss in der Natur die Regel sein, ist bisher aber kaum untersucht worden“, sagt Hafer.

Sie hält die infizierten Hüpfertlinge im Labor in den Zellkulturplatten und bestimmt alle zwei Sekunden mit einer Kamera deren Position. Eine Erschüt-



Oben Mit entsprechender Vergrößerung werden die heimlichen Untermieter sichtbar: Oft befallen mehrere Parasiten ein und denselben Krebs, wie hier der Bandwurm *Schistocephalus solidus* (grün) und der Fadenwurm *Camallanus lacustris* (blau) einen Ruderfußkrebse. Befinden sich die Parasiten in unterschiedlichen Entwicklungsstadien, kommt es zu einem Interessenkonflikt.

Unten Ruderfußkrebse sind die ersten Zwischenwirte der Bandwürmer. In einem Wassertropfen lassen sich die etwa einen Millimeter großen Krebse unter dem Mikroskop gut beobachten.

terung der Platte gaukelt den Krebsen dann den Angriff eines Stichlings vor. Auf diese Weise kann sie mögliche Unterschiede in der Aktivität von Hüpferlingen entdecken, die sie mit unterschiedlichen Kombinationen aus infektiösen und nicht infektiösen Faden- und Bandwürmern infiziert hat.

SABOTAGE IM HÜPFERLING

Ihre Messungen zeigen eindeutig: Die Krebse sind immer aktiver, wenn sie mit einem infektiösen Wurm infiziert sind – auch wenn ein nicht infektiöser Parasit dagegenarbeitet. Der infektiöse Parasit sabotiert demnach die Manipulationen des kleineren, nicht infektiösen Wurms. Dies ist jedoch keine Folge der Größe, denn ein infektiöses Tier kann auch zwei nicht infektiöse Würmer unterdrücken, die zusammen mehr Masse auf die Waage bringen.

Mit diesem Ergebnis hätte die Biologin nicht gerechnet. „Eigentlich muss der infektiöse Wurm ja nur ein wenig warten, bis er den nächsten Wirt erreicht und sich fortpflanzen kann. Der nicht infektiöse Parasit dagegen stirbt zwangsläufig, wenn er zu früh gefressen

wird. Er hat also deutlich mehr zu verlieren und müsste versuchen, seinen Konkurrenten um jeden Preis zu überlisten“, erklärt Hafer.

Eine endgültige Erklärung für den überraschenden Befund hat Hafer noch nicht. „Vielleicht ist das Interesse des infektiösen Parasiten an einer schnellen Übertragung auf den Fisch doch größer als gedacht. Schließlich könnte der Ruderfußkrebse auch einfach vorzeitig sterben, ohne gefressen zu werden. Damit wäre auch das Schicksal des Wurms besiegelt“, so Hafer. Möglicherweise fällt es dem Wurm aber auch nur leichter, seinen Kontrahenten auszutricksen, denn auch ein infektiöser Parasit war einmal nicht infektiös und hat das Verhalten des Krebses manipuliert. Es liegt nahe, dass er alte Sabotagemechanismen später einfach abschaltet – und damit ganz nebenbei auch die des nicht infektiösen Konkurrenten.

In Experimenten mit verschiedenen Zwischenwirt- und Parasitenpopulationen aus Deutschland und Norwegen hat Hafer zudem herausgefunden, dass die infektiösen *Schistocephalus*-Larven aus Deutschland die Hüpferlinge stärker manipulieren – unabhängig davon, woher

Sunrise!


Mit einem 130 Meter großen Heliumballon hat die Stiftung am Max-Planck-Institut für Sonnen-systemforschung den Flug eines der größten Sonnenteleskope gefördert, das je den Erdboden verlassen hat. Mit Sami Solankis Observatorium SUNRISE wurden die Magnetfelder der Sonne in höchster Auflösung beobachtet. Nun kann besser erforscht werden, welchen Einfluss die Sonne auf das System Erde hat.

die Krebse stammen. Unterschiedliche Kombinationen aus Hüpfertingen und Wurmlarven aus Deutschland und Norwegen zeigen darüber hinaus ein vergleichbares Ausmaß an Wirtsmanipulation. In ihrer Manipulationsfähigkeit haben sich die Larven also offenbar nicht an unterschiedliche Populationen von Zwischenwirten angepasst.

SCHUTZ VOR KRANKHEITEN

Hafer hat also erstmals gezeigt, dass ein Parasit auch eine nicht näher mit ihm verwandte Parasitenart sabotiert. Dies kann die Ausbreitung von Krank-

heiten beeinflussen. „Ein Parasit könnte zum Beispiel die Manipulationen von Krankheitserregern ganz oder teilweise abschalten und dadurch verhindern, dass sich eine Infektion weiterverbreiten kann“, sagt Hafer. Mit Malaria-Erregern infizierte Mücken stechen beispielsweise seltener, solange die Erreger noch nicht reif für eine Übertragung auf den Menschen sind. Die Tricks der Parasiten könnten künftig also Infektionsbiologen und Medizinern Ideen zu neuen Behandlungsmethoden liefern. ◀

 www.tinyurl.com/y9fd2l6y



Die Max-Planck-Förderstiftung unterstützt seit über zehn Jahren die Max-Planck-Gesellschaft, indem sie an den mehr als 80 Instituten gezielt innovative und zukunftsweisende Spitzenforschung fördert und so Durchbrüche in der Wissenschaft ermöglicht. Im weltweiten Wettbewerb der Wissenschaften können Sie als privater Förderer einen entscheidenden Unterschied machen und Freiräume schaffen. Gehen Sie mit uns diesen Weg!

Max-Planck-Förderstiftung
Deutsche Bank
IBAN DE46 7007 0010 0195 3306 00



MAX PLANCK FÖRDERSTIFTUNG
FOUNDATION

www.maxplanckfoundation.org

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Der Bandwurm *Schistocephalus solidus* entwickelt sich ausschließlich im Dreistacheligen Stichling zum geschlechtsreifen Parasiten. Die Parasiten sind an die Fische aus ihrem eigenen Ursprungsgebiet am besten angepasst.
- Befallen Larven unterschiedlicher Entwicklungsstadien einen Hüpferting, so können Interessenkonflikte zwischen den Parasiten darüber entstehen, wie sie ihren gemeinsamen Zwischenwirt manipulieren. Dabei setzt sich eine infektiöse Wurmlarve gegenüber einer nicht infektiösen durch.

GLOSSAR

Bandwürmer: Zu den Plattwürmern gehörende Klasse von Parasiten. Weltweit sind rund 3500 Arten bekannt. Als geschlechtsreife Würmer leben sie meistens im Darm von Wirbeltieren einschließlich des Menschen. Ihre Larven entwickeln sich vor allem in Gliederfüßlern, Blutegelein, Schnecken oder Wirbeltieren. Sie besitzen keinen Darm und nehmen ihre Nahrung über die gesamte Körperoberfläche auf. Die kleinsten Arten werden nur wenige Millimeter lang, der Fischbandwurm kann dagegen bis zu 15 Meter lang werden.

Toxoplasmose: Müdigkeit, Fieber oder Kopfschmerzen sind in der Regel die häufigsten Symptome einer Infektion mit *Toxoplasma gondii*. Nach der akuten Phase kapselt das Immunsystem die Einzeller dauerhaft in Zysten ein. Diese verursachen lokale Entzündungen in den betroffenen Geweben, unter anderem auch im Gehirn. Bei geschwächtem Immunsystem kann aus der latenten eine schwere akute Infektion werden, die zu einer tödlich verlaufenden Hirnhautentzündung führen kann. Bei Infektionen unmittelbar vor oder während einer Schwangerschaft können die Erreger von der Mutter auf das Kind übertragen werden und zu Missbildungen des Fötus führen. Infektionswege sind der Verzehr von rohem, mit den Erregern infiziertem Fleisch, die Aufnahme von Eiern, von verunreinigtem Gemüse und Wasser sowie Körperkontakt mit infizierten Hauskatzen. Möglicherweise kann *Toxoplasma* auch sexuell übertragen werden.