

Bakteriocyten hochreguliert sind, d. h. von ihnen werden mehr Kopien erzeugt und damit entsprechend mehr Enzymmoleküle bereitgestellt. Unter den vermehrt genutzten Genen befinden sich auch sieben, die in *Buchnera* für die Biosynthese essentieller Aminosäuren fehlen. Für die Herstellung von fünf nicht essentiellen Aminosäuren sind weitere Gene in den Bakteriocyten intensiver genutzt, welche die Bakterien verloren haben. Darüber hinaus sind in den Bakteriocyten zwei Gene hochreguliert (für Glutaminsynthetase und Glutamatsynthase), die beim Recycling von Stickstoff eine bedeutsame Rolle spielen. Sie könnten die Verfügbarkeit von Stickstoff für die Aminosäure-Biosynthese sicherstellen.

Die Untersuchungen von HANSEN & MORAN belegen, dass in der Symbiose zwischen Erbsenlaus (*A. pisum*) und Bakterien (*Buchnera*) Gene aus dem gesamten Genom des Wirts in einer koordinierten Weise für den Stoffwechsel der Bakterien exprimiert werden, die u. a. Aminosäuren liefern, welche Erbsenläuse nicht selbst synthetisieren können. Die Bakterien nutzen dazu die Genprodukte aus dem Wirtsorganismus. Umgekehrt werden nicht essentielle Aminosäuren vom Wirt für die Bakterien hergestellt. Die Autoren sprechen im Blick auf den Aminosäure-Stoffwechsel in dieser Symbiose aus Erbsenlaus als Wirt und *Buchnera* als Symbiont von einem integrierten Netzwerk. Beide Partner nutzen ihre Genome hinsichtlich verschiedener Stoffwechselwege komplementär.

Die Untersuchungen werfen Fragen auf: Worauf beruht diese Flexibilität der Lebewesen? Wie kann man sich die Entstehung der hier beobachtbaren komplexen Koordination vorstellen und erklären?

Man darf auf weitere vergleichbare Untersuchungen gespannt sein vor allem unter dem Gesichtspunkt, ob man Hinweise finden kann, wie diese komplementäre Nutzung zweier ursprünglich unabhängigen Genome initialisiert wird.

[HANSEN AK & MORAN NA (2011) Aphid ge-

nome expression reveals host-symbiont cooperation in the production of amino acids. Proc. Natl. Acad. Sci. USA doi/10.1073/pnas.1013465108; International Aphid Genomics Consortium: Genome Sequence of the Pea Aphid *Acyrthosiphon pisum*. Plos Biology 8, 2, e1000313, Februar 2010 doi: 10.1371/journal.pbio.1000313; PEREZ-BROCAL V, GIL R, RAMOS S, LAMELAS A, POSTIGO M, MICHELENA JM et al. (2006) A small microbial genome: the end of a long symbiotic relationship? Science 314, 312-313; SCHERER S (2007) Bakterielle Endosymbionten von Pflanzenläusen mit stark reduzierten Genomen. Stud. Int. J. 14, 66-73.] H. Binder

■ Hornissen erzeugen möglicherweise Solarstrom

Solarzellen sollen helfen, den Energiehunger der Menschheit zu stillen, indem die Energie des Sonnenlichts zu elektrischem Strom umgewandelt wird. Dass menschliche Ingenieure nicht die ersten waren, die diese Technik erfunden haben, zeigten israelische und britische Wissenschaftler durch aufwändige Untersuchungen an Hornissen. In Anlehnung an Beobachtungen von J.S. ISHAY von der University of Tel Aviv Anfang der 1990er Jahre (NACHTIGALL 2002, 331) nahmen sie das außergewöhnliche Verhalten von Orientalischen Hornissen (*Vespa orientalis*) zum Anlass, eine interessante These zu untersuchen: *V. orientalis* könnte anhand ihrer speziell konstruierten Cuticula (äußere Körperdecke) Fotovoltaik betreiben, um diese zusätzliche Energiequelle während ihrer Hauptaktivitätsphase zu nutzen.

Die Forscher um Marian PLOTKIN veröffentlichten ihre erstaunlichen Ergebnisse 2010 in der deutschen Fachzeitschrift *Naturwissenschaften*.

Anlass für die komplexen Untersuchungen war die Tatsache, dass das Aktivitätsmaximum dieser Wespe im Gegensatz zu anderen Wespenarten während der heißen Mittagsstunden zu beobachten ist. Die Arbeiterinnen von *V. orientalis* verrichten ausgerechnet zu dieser Tageszeit beim Anfertigen unterirdischer Baue die schwerste Arbeit! Um den Boden mit ihren Mandibeln abzugraben und den Aushub in einige Entfernung vom Bau auszufliegen, müssen die Arbeiterinnen besonders hohe Energieleistungen erbringen.

Die beteiligten Wissenschaftler analysierten deshalb außerordentlich detailliert die biophysikalischen Eigenschaften der Cuticula dieser Wespe, die zur Entdeckung ganz spezieller Nano-Strukturen und bio-elektrischer Eigenschaften führte.

Das Sonnenlicht dringt in die 3 äußeren gitterförmig aufgebauten Schichten des Chitin-Panzers (Epi-, Exo-, und Endocuticula) des Hinterleibs ein. Es kommt im Bereich dutzender Feinschichtungen zur effizienten Absorption der Strahlung. Dies geschieht in den durch das Pigment Melanin braun gefärbten, sowie durch Xanthopterin

Abb. 1 Hornisse (Foto: Winfried BORLINGHAUS)



gelblich gefärbten Zonen der Cuticula. Dieser Effekt wird zusätzlich durch eine spezielle Antireflex-Oberflächenstruktur der Insektenhaut unterstützt. Um die Eigenschaften der Hornissen-Cuticula prüfen zu können, entwickelten die Wissenschaftler eine Farbstoff-Solarzelle, die modellhaft die licht-sammelnde Fähigkeit des Xanthoropins simulieren kann.

Diese „Hornissen-Solarzelle“ lieferte bei winzigem Stromfluss eine sehr geringe Spannung von ca. 0,5 bis 0,6 Volt, so dass eine technische Umsetzung derzeit nicht lohnenswert erscheint. Die Untersuchung zeigt jedoch, dass manche Organismen das Sonnenlicht prinzipiell zur körpereigenen Stromgewinnung nutzen könnten. Die konkrete Bedeutung des festgestellten Fotovoltaik-Effekts für die Hornisse liegt noch im Dunkeln. Er könnte innerhalb des Insektenkörpers den Stoffwechsel positiv beeinflussen oder Steuersignale für das Grabungs-Verhalten auslösen. Im Fokus zukünftiger Arbeiten stehen insbesondere der komplexe Schichtaufbau der Cuticula und seine mögliche Bedeutung für die Entwicklung von Fotovoltaik-Anlagen. Wieder einmal kann beispielhaft gezeigt werden, dass der Aufbau eines vergleichbar „simplen“ Insektenkörpers ungeahnte Überraschungen birgt, die jeden Schöpfer technischer Entwicklungen staunen und den Schöpfer der Natur als

weit überlegen erscheinen lässt.

[PLOTKIN M, HOD I, ZABAN A, BODEN SA, BAGNALL DM, GALUSHKO D & BERGMAN DJ (2010) Solar energy harvesting in the epicuticle of the oriental hornet (*Vespa orientalis*). *Naturwissenschaften* 97, 1067-1076; NACHTIGALL W (2002) Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler, 2. Aufl., Berlin Heidelberg, S. 331: *Fotovoltaische und thermoelektrische Effekte bei Hornissen*. http://www.wissenschaft-aktuell.de/artikel/Hornisse_mit_Solkraftwerk1771015587326.html] W. Borlinghaus

■ Meeresschildkröten navigieren mit dreidimensionalen Magnetfelddaten

Meeresschildkröten (Cheloniidae) verbringen den weit überwiegenden Teil ihres Lebens im Wasser. Zur Eiablage im Ufersand kehren die begatteten Weibchen an den Ort zurück, an dem sie selbst als Schlüpflinge das Meerwasser erreicht hatten. Es ist schon lange bekannt, dass Wasserschildkröten sich wie viele Tiere, die weite Distanzen zurücklegen, am Erdmagnetfeld orientieren. Das Erdmagnetfeld verändert sich über die Breitengrade deutlich, so dass eine Orientierung entlang der Nord-Süd-Achse leicht nachvollziehbar ist. Nun hat sich herausgestellt, dass die Meeresschildkröten bei ihren Wanderungen im offenen Meer aber auch ihre östliche bzw. westliche Position bestimmen können. Das hat ein Team von amerikanischen Biologen unter Leitung von LOHMANN (PUTMAN 2011) gezeigt. Sie haben

Unechte Karettschildkröten (*Caretta caretta*), die in Florida geschlüpft waren, im Labor einem simulierten Magnetfeld ausgesetzt, das demjenigen von Puerto Rico und den Kapverdischen Inseln entspricht. Die beiden geographischen Punkte liegen etwa auf demselben Breitengrad, aber auf unterschiedlichen Längengraden, nämlich westlich bzw. östlich im Atlantik. Die Schwimmrichtung der jungen Schildkröten wurde dann bestimmt.

Derzeit ist nicht bekannt, wie genau die jungen Meeresschildkröten ihre Position bestimmen. Die Autoren gehen davon aus, dass sie zwei unterschiedliche magnetische Informationen koordiniert nutzen (bicoordinate magnetic maps) und zwar die Intensität der Feldstärke und die Neigung der Feldlinien gegenüber der Horizontalen (Inklination). Die frisch geschlüpften Meeresschildkröten, die noch keine Wandererfahrung aufwiesen, orientierten sich im jeweiligen Magnetfeld signifikant in einer Weise wie es den üblichen Wanderrouten von *Caretta caretta* entspricht. Damit ist erstmals experimentell belegt, dass Tiere Längengrade anhand magnetischer Informationen erkennen können.

[PUTMAN NF, ENDRES CS, LOHMANN CMF & LOHMANN KJ (2011) Longitude preception and bicoordinate magnetic maps in sea turtles. *Curr. Biol.*, doi:10.1016/j.cub.2011.01.057] H. Binder