

# Perfekter Baustoff

Vorbild Natur

Was haben Honigbienen mit Autos zu tun?

Mehr als die Bienenforscher dachten.

Das Gespräch führte ALICE NATTER

Am kommenden Mittwoch und Donnerstag treffen sich führende Köpfe aus der Autobranche in Würzburg zum „Automobil Gipfel“. Fachleute von Mazda, Opel, Daimler, Bombardier diskutieren dann über Elektroantrieb, neue Technologien, neue Fahrzeugkonzepte. Professor Jürgen Tautz vom Biozentrum der Uni Würzburg wird den Würzburger Automobil Gipfel eröffnen – mit einem Vortrag über „Bienen – die heimlichen Partner der Automobilindustrie“. Bienen und Autos? Fragen wir nach.

Autos fliegen nicht, für Bienen gibt es keine Abwrackprämie – woraus besteht die Partnerschaft?

**PROFESSOR JÜRGEN TAUTZ:** Es sind die Waben. Ingenieure sind ja immer auf der Suche nach dem perfekten Leichtbau und belastbaren Materialien. Dass Wabenstrukturen für viele Anwendungen sehr brauchbar sind und ein günstiges Verhältnis von Materialaufwand und Effekt haben, dazu haben die Ingenieure die Biene nicht gebraucht. Da sind Mensch und Natur unabhängig voneinander zum gleichen Ergebnis gelangt. Wo die Technik tatsächlich etwas von der Natur gelernt hat: Wie entstehen solche Strukturen? Hergestellt wurden die Waben traditionell mit vielen Verlusten. Man nimmt eine Aluminiumplatte, fräst sie aus – der Abfall ist gigantisch. Seit Langem hatten die Ingenieure die Vision, ob man nicht die Natur imitieren könne, damit solche Strukturen von selbst entstehen.

Wie machen es die Bienen?

**TAUTZ:** Das haben wir uns auch lange gefragt: Wie schaffen es die Bienen, diesen unglaublich exakten Kristall hinzubekommen? Die Winkel zwischen den Wänden sind auf die Bogenminute exakt. Und egal wo man in der Wabenzelle misst, die Wände sind auf den tausendstel Millimeter gleich dick. Unglaublich. Galileo Galilei und Johannes Kepler hat das vor 400 Jahren schon fasziniert. Der deutsche Astronom hat es sich so erklärt: Die Biene hat einen mathematischen Verstand.

Hat sie?

**TAUTZ:** Beim gründlichen Hinschauen sieht

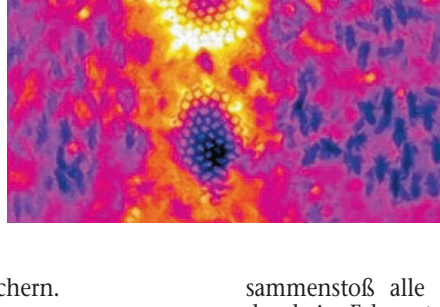
man: An der Waben-Baustelle sind die jüngsten Zellen am Rand rund und nicht sechseckig. Der Boden der Wabe ist eine Halbkugelschüssel. Je älter sie werden, desto sechseckiger und exakter werden sie. Mit der Wärmebildkamera haben wir vor drei Jahren während des Bauprozesses auf eine Wabenbaustelle geschaut und gesehen: In jeder der Zellen am Rand sitzt eine Heizer-Biene und glüht vor sich hin. Sie erwärmen so das Wachs auf über 40 Grad Celsius, die runden Wände beginnen zu fließen. Das flüssige Wachs nimmt die energetisch günstigste Geometrie ein: Sechsecke mit scharfen Kanten und Ecken. So kommen die exakten Winkel zustande und diese enorme Präzision bei der Wanddicke.

Also kein mathematischer Verstand...

**TAUTZ:** Es sind Selbstorganisationsprozesse: Das Muster entsteht komplett selbst. Man braucht einen intelligenten Baustoff. Die Bienen machen sich seine physikalischen Eigenschaften zunutze. Das Ergebnis ist hoch belastbar: Mit 40 Gramm Wachs können sie in ihren Waben zwei Kilogramm Honig speichern.

Damit sind wir noch nicht beim Auto.

**TAUTZ:** Wir hatten es verstanden, wir wussten jetzt, wie der Wabenbau geht und das Ergebnis in Fachzeitschriften veröffentlicht. Der Fall war damit für mich erledigt. Bis zwei Wochen später das Telefon klingelte und ein aufgeregter Mann vom Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum in Braunschweig am Apparat war. Seit Monaten rechneten die Wissenschaftler dort offenbar an Modellen, wie man solche Wabenstrukturen in der gewünschten Genauigkeit fertigen könnte und wie die Strukturen von selbst entstehen. In der Raumfahrt sind Waben ein Riesenthema. Und in der Verkehrstechnik auch: Stichwort seitlicher Aufprallschutz, zum Beispiel. Die Idee ist, die Luftsäcke in den Türen zu ersetzen durch Wabenstrukturen, die beim Zu-



Bienen bauen gar keine sechseckigen Waben. Die Wärmebildkamera zeigt, wie Heizerbienen neue, runde Waben erwärmen – sechseckig werden sie von selbst.

FOTOS HELGA R. HEILMANN

sammenstoß alle Energie aufnehmen, so dass beim Fahrgast nichts mehr ankommt.

Aber man wird wohl kein Bienenwachs in Autotüren bauen?

**TAUTZ:** Die Idee war, ein Material zu finden, bei dem man wie bei den Waben durch selbstorganisierende Prozesse ganz präzise Strukturen schaffen kann. Unsere Projektpartner an der TU Clausthal haben so einen keramischen Werkstoff gefunden und ein Schwingungserregersystem entwickelt, das ein enormes Anwendungspotenzial hat. Im Fahrzeugbau beispielsweise bei Einspritzpumpen, die heute enorm ineffektiv sind. In den Fahrzeugen könnten Schwingungen und damit Fahrgeräusche unterdrückt werden. Für Handyhersteller ist das System ebenso interessant. Das Ziel ist, dass wir in etwa vier Jahren mit der Serienreife so weit sind.



Für Handys?

**TAUTZ:** Die Hauptenergie geht bei Handys offenbar für die Erzeugung des Klingeltons und insbesondere den Vibrationsalarm drauf. Mit Waben könnte man wohl die Lebenszeit von Handyakkus um das 500-fache verlängern. Einfach weil deutlich weniger Energie verbraucht wird. Die Bienen nutzen die Waben übrigens auch als Medium zur Kommunikationsübertragung.

Beim Schwänzeltanz, bei dem die Sammlerin ihren Genossinnen im Stock den Weg zur Futterquelle mitteilt?

**TAUTZ:** Im Stock ist es völlig dunkel, Information kann eigentlich nur auf mechanischem Weg weitergeleitet werden. Also kommen Schwingungen in Betracht. Wir haben aber nie verstanden, wie sich die Bienen in dem lauten Stock zurechtfinden: Die schwachen Signale der einzelnen Tanzbiene gehen doch im großen Rauschen im Stock unter. Zu unserer Überraschung sind die wächsernen Waben dafür perfekt.

Was haben Sie herausgefunden?

**TAUTZ:** Die Tänzerin hält sich mit ihren Füßen an den Rändern der Wabenzellen fest und zieht daran. Dabei überträgt sie die Schwingungen, die sie beim Brummen mit ihrem Flugmotor erzeugt auf die Wabe. Die Schwingungen werden perfekt weitergeleitet und sogar verstärkt. Die Biene braucht ein Minimum an Energie und hat ein Maximum

an Informationsweitergabe. Das funktioniert, selbst wenn die Zellen mit Honig gefüllt sind.

Raumfahrt, Autoindustrie, Handyproduktion – es wartet also eine ganze Fülle möglicher Verwertungen aus der Bienenforschung?

**TAUTZ:** Wenn die Handy-Hersteller und die Autobauer draufspringen und davon etwas in unsere Projekte zurückfließen würde, wäre das wunderbar.

## Zur Person

Professor Jürgen Tautz

Jürgen Tautz ist Verhaltensforscher, Soziobiologe – und vor allem Bienenexperte. Der 59-Jährige, der seit 1990 an der Uni Würzburg forscht und lehrt, ist Gründungsvorsitzender des Vereins

„Bienenforschung Würzburg“ und stetig bemüht, das Wissen um die Honigbiene zu mehren und einer breiten Öffentlichkeit zu vermitteln. 2008 wurde er von „Popular Science“ auf die Liste der besten populärwissenschaftlichen Autoren der letzten Jahrzehnte gesetzt, im Ranking der wichtigsten Vordenker Deutschlands zählte ihn das Magazin „Cicero“ zu den 40 prominentesten Naturwissenschaftlern.



# Evolution im Gewächshaus

Der Botanische Garten der Uni Würzburg zeigt den Pflanzenforscher Charles Darwin

Pflanzen sollen Tiere fressen? Für Carl von Linné, den Naturforscher und Begründer der biologischen Systematik, verstieß diese Vorstellung gegen die gottgewollte Ordnung der Natur. Noch bis Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Berichte von Fleischfresserei in der Flora als „Botanikerlatein“ abgetan. Dass die Natur auf die vermeintliche Ordnung, in der Pflanzen nur selbst Nahrung sind, in einigen Fällen jedoch keine Rücksicht genommen hatte – das legte überzeugend erst ein Forscher dar, der kein ausgebildeter Botaniker war: Charles Darwin.

1860, ein Jahr nach der Veröffentlichung seines berühmt-revolutionären Werks von der Entstehung der Arten, beobachtete Darwin auf einem Spaziergang auf den Blättern des Sonnentaus massenhaft gefangene Insekten. Sein Interesse an fleischfressenden Pflanzen war geweckt. Der Forscher begann zu experimentieren. Erkannte, dass sich das

Fangblatt mit seinen Tentakeln bewegen kann. Und stellte schließlich fest, dass Käsestückchen und Stückchen von rohem Fleisch von bestimmten Drüsen auf den Sonnentau-Blättern verdaut werden. Offenbar, so zog Darwin den Schluss, kann die Pflanze an ihren extrem nährstoffarmen Standorten nur durch die Nährstoffe aus den verdauten Insekten überleben.

Die Fleischfresser waren nicht die einzigen Pflanzen, für die sich Darwin brennend interessierte. Über zwei Jahrzehnte lang beobachtete er Kletterpflanzen und ging der Berührungsempfindlichkeit ihrer Ranken nach. Er sah, dass der in die Luft wachsende Teil der Kletterpflanze immer eine kreisförmige Suchbewegung macht. Die pendelartigen Bewegungen der Pflanzenteile beim Wachstum – für Darwin waren sie ein weiterer Hinweis auf Evolution. Der Naturforscher selbst hatte sich nie als professioneller Botaniker be-

trachtet. Zwar hatte er auf seiner Weltumsegelung zwischen 1831 und 1836 Tausende Belege von Pflanzen, Flechten und Pilzen gesammelt und präpariert. Er selbst hielt sich – in englischer Untertreibung – für einen schlechten Botaniker: „Ich wusste nicht mehr von den Pflanzen, die ich gesammelt hatte, als der Mann im Mond“, schrieb der Weltreisende an seinen Mentor, den Botaniker John Stevens Henslow.

Zurück in der Heimat Großbritannien begann Darwin in Garten, Labor und dem eigenen Gewächshaus zu experimentieren und ausdauernd Belege für seine Evolutionstheorie zu suchen. Mit einer ganzen Reihe von Botanikern und Biologen betrieb er eine rege Korrespondenz. Händler, Liebhaber und Züchter versorgten den berühmten Gelehrten mit Pflanzen. Seine Versuchsobjekte nahm der chronisch magenranke Forscher sogar mit zur Kur.

Die Belege, die er von den Galapagosinseln mitgebracht hatten, beschäftigten ihn besonders: Darwin hatte gesehen, dass sich die Arten gleicher Pflanzengattungen von Insel zu Insel teils deutlich unterschieden – und bald darauf begannen, an der Unveränderlichkeit der Arten zu zweifeln. In seinem Haus in Kent legte er Samen in großen, mit salzigem Wasser gefüllten Bottichen ein. Sie keimten trotz der Meerwasser-Behandlung. Darwin hatte damit die gängige Vorstellung widerlegt, dass die weit über die Erde und über Inseln verbreiteten Arten durch viele unabhängige Schöpfungsakte entstanden waren.

200 Jahre nach Darwins Geburt kennen die Botaniker übrigens mehr als 600 Arten von Pflanzen, die Tiere fangen und verdauen. Nur die Frage nach der Signalleitung bei den Fangbewegungen, die Darwin so interessiert hatte, ist bis heute nicht restlos geklärt.



Von Charles Darwin einst aufmerksam erforscht: ein Mittlerer Sonnentau aus der Familie der fleischfressenden Pflanzen. FOTO DPA

## Im Blickpunkt

Darwin in Würzburg

Mit Pflanzenforschern in aller Welt stand Charles Darwin im Kontakt – auch mit Julius von Sachs, der ab 1868 an der Universität Würzburg lehrte und die experimentelle Pflanzenphysiologie begründet hatte. Darwin schickte seine Veröffentlichungen mit handschriftlichen Kommentaren an Sachs und bat den Würzburger Professor um dessen Meinung. 1878 kam Darwins Sohn und Assistent Francis nach Würzburg, um bei Sachs zu studieren. Nach dem Tod des Würzburger Botanikers 1897 schrieb Francis Darwin, inzwischen Professor in Cambridge, einen viel beachteten Nachruf. Der Botanische Garten der Uni Würzburg zeigt noch bis 12. Juli die Ausstellung „Darwins Garten – Evolution entdecken“. Geöffnet ist der Garten täglich von 8 bis 18 Uhr.