

Die „elektrische Insektenantenne“ für die grüne Agrarforschung

Der Geruchssinn, Olfaktorik genannt, ist ein hochkomplexes System, das es Insekten ermöglicht, eine Vielzahl an unterschiedlichen Duftstoffen aus der Umgebung wahrzunehmen, zu unterscheiden und auf diese zu reagieren. Jede Insekten-Spezies erkennt dank ihres feinen Geruchssinnes unter tausenden verschiedener Duftstoffe genau diese, die für ihre spezielle Lebensweise essentiell sind. Hierzu gehören Duftstoffe, die unter anderem zur Orientierung, zum Auffinden von bekannten und neuen Nahrungsquellen, zur Lokalisation von (Fress)-Feinden oder Geschlechtspartnern aber auch zur Kommunikation innerhalb einzelner Arten dienen.

Weil sich die olfaktorischen Systeme in der Tierwelt stark ähneln, haben sich einige Insekten wie beispielsweise die Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*, aber auch die Honigbiene *Apis mellifera* als bedeutende Modellsysteme etabliert, an deren Beispiel man die Funktion des olfaktorischen Systems untersuchen kann. Mit Hilfe von Duftstoffen regeln Bienen nicht nur das Zusammenleben (gegliedert in Kasten) im Bienenstock, sondern sie dienen auch der Lokalisation geeigneter Nahrungsquellen. So können Bienen bereits auf großer Distanz feststellen, an welchem Ort es welche Blüten mit welchem Nährstoffangebot (Pollen, Nektar ect.) gibt und in welcher Konzentration die entsprechenden Nährstoffe dort vorliegen. So bewertet die Biene aufgrund der von der Pflanze abgegebenen olfaktorischen Stimuli, ob es sich überhaupt lohnt, eine Pflanze anzufliegen und dann auch zu bestäuben. Bienen zählen zu den wichtigsten Nutztieren in der landwirtschaftlichen Produktion. Sie sind für 80% der Bestäubung von wichtigen Nutzpflanzen, darunter Raps, Sonnenblumen, Ackerbohnen und viele Obstbäume verantwortlich. Nach einer aktuellen Studie beträgt der ökonomische Wert der Bestäubungsleistung von Bienen weltweit etwa 70 bis 100 Milliarden Euro¹. Seit einigen Jahren wird weltweit ein Rückgang von Bienenvölkern beobachtet, was auf längere Sicht erhebliche negative Folgen für unsere Nahrungssicherung mit sich bringen könnte. Obwohl der genaue Grund nicht bekannt ist, wird das Bienensterben auf mehrere Ursachen zurückgeführt. Zum einen werden Bienen durch den Einsatz von Pestiziden, überwiegend Neonikotinoide stark in ihrer Fortpflanzung gestört. Darüber hinaus kam eine Studie der EU zu dem Ergebnis, dass Neonikotinoide die Navigationseigenschaften und den Orientierungssinn von Bienen stark beeinträchtigen². Neben dem Einsatz von Pestiziden führt auch der Befall der Varroa Millbe dem Bienenbestand heftige Verluste zu. Ein weiterer Punkt, welcher für das sog. Bienensterben mitverantwortlich gemacht wird ist der Einsatz von Monokulturen bzw. Kulturpflanzen.

Die sinkende Anzahl der Bienenpopulationen weltweit wirft in diesem Zusammenhang eine ganze Reihe von Fragen auf: Warum werden Kulturpflanzen im Vergleich zu Wildformen weniger häufig von Bienen angefliegen und bestäubt? Welche olfaktorischen Stoffe machen ein Cultivar weniger

attraktiv für Bienen? Könnte der Einsatz von Pflanzenschutzmittel (Insektizide) reduziert werden und somit „ökologischer“ werden, wenn natürliche Duftstoffe bekannt sind, auf die Schädlinge negativ reagieren, indem sie von den Agrarfeldern fernbleiben?

Um Antworten auf diese und ähnliche Fragen zu finden, ist es notwendig, den olfaktorischen Code, den das soziale Insekt nutzt zu verstehen. Es hat sich gezeigt, dass die Art und Weise, wie Duftkomponenten wahrgenommen und im Gehirn dekodiert werden, bei Insekten und Wirbeltieren übereinstimmt. Vereinfacht gesagt nehmen Bienen zunächst kleine, hydrophobe Duftstoffsignale (florale Duftmoleküle und Pheromone) (ca. 300 Dalton) aus der Umgebung mithilfe ihres Geruchsorgans, den Antennen (Sensillen) auf. Für die Duftstofferkennung und Unterscheidung, der oft strukturell sehr ähnlichen Moleküle sind die sogenannten Odorant Binding Proteine (OBPs) verantwortlich, die sich in großer Anzahl in der Sensillenflüssigkeit befinden. Die OBPs transportieren die aufgenommenen Duftkomponenten an die Odorant Rezeptoren (ORs), die dadurch aktiviert werden. Eine nachgeschaltete Signaltransduktionskaskade wandelt dann die chemischen Reize in elektrische Signale um, was am Ende vom Gehirn als Geruch wahrgenommen wird.

Um herausfinden auf welche Duftstoffe eine Biene mehr oder weniger stark reagiert, wurde in unseren Labors eine „künstliche Bienenantenne“ in Form eines Biosensors entwickelt, welcher in der Lage ist, unterschiedliche Duftstoffmoleküle zu detektieren und auch zu unterscheiden. Als Sensorplattform diente ein auf Graphen basierender Feld-Effekt-Transistor (GFET) (Abb.1).

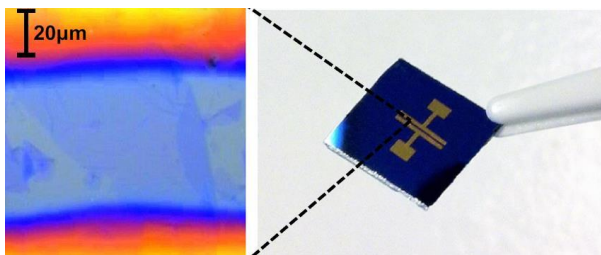


Abb.1: Design des GFETs zur elektrischen Detektion von Duftstoffmolekülen³.

Die Herstellung solcher Sensorchips wurde am Austrian Institute of Technology (AIT) in Kooperation mit dem Centre of Biomimetic Sensor Science (CBSS) in Singapur entwickelt. Um mit Hilfe dieser Halbleiterchips Duftstoffmoleküle detektieren zu können, wurden die Sensoren mit OBPs der Honigbiene funktionalisiert (Abb.2a).

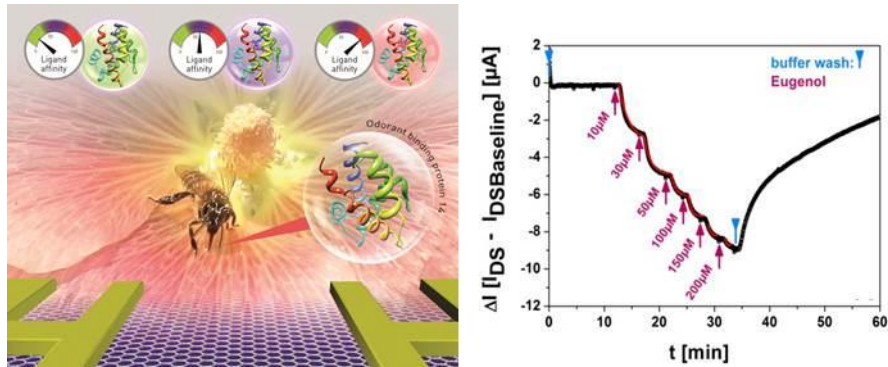


Abb.2: (a) Schematischer Aufbau der „künstlichen Bienenantenne“ zur Detektion und Unterscheidung von Duftstoffen mit unterschiedlichen Affinitäten zu OBP14 aus der Honigbiene. (b) Elektrische Detektion eines Pollenduftstoffes (Eugenol) (Manuskript in Vorbereitung).

Bindet nun ein spezieller Duftstoff an ein OBP, welches auf einem unserer Sensorchips immobilisiert wurde, so ändert sich durch die Bindung des Duftstoffmoleküls am OBP die elektrische Ladung des Proteins. Durch die Änderung dieser elektrischen Ladung, wird die Leitfähigkeit des Halbleiters (Graphen) und somit der Strom beeinflusst, welcher zwischen den beiden Elektroden des Halbleitermaterials fließt. Hierbei ändert sich die Stromstärke in Abhängigkeit von der Konzentration des zugegebenen Duftstoffs (Abb.2b). Auf diese Weise lassen sich Duftstoffbindestudien durchführen, aus welchen man wiederum die unterschiedliche Sensitivität von Bienen gegenüber verschiedenen Duftstoffen ableiten kann.

In kürzester Zeit lässt sich feststellen, ob und wie gut ein ausgesuchter Duftstoff von einer Biene aufgenommen und detektiert werden kann. Durch das Parallelschalten mehrerer Sensorchips, können ganze Duftgemische innerhalb kürzester Zeit untersucht werden. Mit Produktionskosten von unter 1€ pro Sensorchip und einem sehr einfachen Versuchsaufbau, stellt das entwickelte System eine Möglichkeit dar, den olfaktorischen Code der Biene genauer zu studieren, um dadurch z.B. Kulturpflanzen hinsichtlich ihrer Attraktivität für Bestäuber zu optimieren und damit auch Ernteerträge zu erhöhen. Durch die Möglichkeit verschiedene OBPs auf die Sensorplattform aufzubringen, sind die beschriebenen Tests nicht nur auf eine Insektenspezies beschränkt. Somit kann der hier beschriebene Biosensor auch dafür verwendet werden, das Duftstoffspektrum, auf das verschiedene Schädlinge, wie zum Beispiel der Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) reagieren, genauer zu untersuchen.

Da der Kartoffelkäfer keine natürlichen Fressfeinde hat und er zunehmend resistenter gegenüber den eingesetzten Pestiziden wird, könnten „ökologisch verträglichere“ Insektenschutzmittel gezielter gegen diese Insektenspezies gefunden werden, ohne daß andere Nutztiere wie z.B. die Biene

beeinträchtigt werden. Wir sehen in unserer Entwicklung einen Beitrag zu nachhaltigen und ökologischen Agrarforschung in unserem Land.

[1]http://www.greenpeace.de/themen/chemie/nachrichten/artikel/pestizide_bedrohen_die_existenz_der_sammlerinnen/ (Stand 11.5.2013)

[2]European Parliament; Environment, Public Health and Food Safety “Existing Scientific Evidence of the Effects of Neonicotinoid Pesticides on Bees”.

[3]Larisika, M; Huang, J; Tok, A; Knoll, W; **Nowak, C*** “*An improved synthesis route to graphene for molecular sensor applications*”, Materials Chemistry and Physics 136, 304-308, 2012.