

Gestörte Heimkehr

Deutsche Forscher untersuchen, wie Neonicotinoide das Orientierungsvermögen von Bienen beeinflussen.



Eine Biene mit Sender: Arbeiterinnen, die Neonicotinoide aufgenommen hatten, fiel die Heimkehr schwerer, wenn sie an eine andere Stelle in ihrem Flugradius versetzt wurden.

Pflanzenschutzmittel sollen – wie der Name schon sagt – Pflanzen vor Schädlingen bewahren. Solche Schädlinge können Pilze, Viren, Bakterien, Würmer, Milben und vor allem Insekten sein. Die traditionelle Landwirtschaft hat seit über 20.000 Jahren Methoden entwickelt, wie das übermäßige Auftreten von Schädlingen begrenzt werden kann. Vermeidet man große, zusammenhängende Monokulturen oder wechselt die Feldfrüchte im Verlaufe der Jahre, können sich die Dauerstadien der Schädlinge nicht anreichern und bei der Neubepflanzung nicht explosionsartig auftreten. In der heutigen Landwirtschaft kommen solche traditionellen Anbauverfahren nur noch selten zum Einsatz. Die hohe Produktivität zieht den Einsatz che-

mischer Pflanzenschutzmittel, der Pestizide, nach sich: Herbizide gegen Unkräuter, Fungizide gegen Pilzbefall, Akarizide gegen Milben und Insektizide gegen Insekten. Pestizide wirken häufig auf viele Arten einer Gruppe.

Bei allen drei Neonicotinoiden fanden weniger Bienen zum Stock zurück.

Wen der Wirkstoff trifft, wird hauptsächlich durch die Menge, den Zeitpunkt und den Ort der Anwendung (Boden, Blüte, Frucht) bestimmt. Eine Unterscheidung zwischen schädlichen und nützlichen Insekten ist meist

nicht möglich, denn die Mittel wirken bei allen Insekten sehr ähnlich. Daraus ergibt sich eine große Verantwortung. Pestizide müssen sorgfältig eingesetzt werden, denn es liegt in unserem Interesse, sowohl die Pflanzen zu schützen als auch die Vielfalt der Tiere in unserer Umwelt zu fördern.

Neonicotinoide zielen auf das Nervensystem der Insekten. Sie wirken auf bestimmte Moleküle in deren Gehirn, sogenannte nikotinische Acetylcholinrezeptoren. Diese Rezeptoren sind für die Übertragung der Erregungsströme im Gehirn sehr wichtig. Es gibt eine ganze Reihe von Neonicotinoiden (siehe Kasten). Die Präparate wirken im Insektengehirn in unterschiedlichen Mengen. Von Thiacloprid müssen die Bienen mehr aufnehmen, von

Zugelassene Neonicotinoide

Imidacloprid

- *Confidor WG 70*: Ackerbau (Tabak), Gemüse-, Hopfen-, Obst-, Wein- und Zierpflanzenbau, Granulat.
- *Gauche WS*: Ackerbau (Rübe), Gemüsebau, Schlämpfpulver oder -beize.
- *Monceren G*: Ackerbau (Kartoffel), Suspensionskonzentrat zur Saatgutbehandlung.
- *Sombbrero*: Ackerbau (Rübe), Suspensionskonzentrat zur Saatgutbehandlung.
- *Warrant 700 G*: Hopfen-, Obst- und Zierpflanzenbau, Granulat.

Clothianidin

- *Dantop*: Ackerbau (Kartoffel), Gemüse- und Zierpflanzenbau, Granulat.
- *Janus*: Ackerbau (Rübe), Suspensionskonzentrat zur Saatgutbehandlung.
- *Poncho Beta*: Ackerbau (Rübe), Suspensionskonzentrat zur Saatgutbehandlung.
- *Poncho ungefärbt*: Ackerbau (Rübe), Suspensionskonzentrat zur Saatgutbehandlung.

Thiacloprid (Auswahl)

- *Bayer Garten Schädlingsfrei Calypso*: Ackerbau (Kartoffel), Gemüse- und Zierpflanzenbau, Suspoemulsion.

- *Biscaya*: Ackerbau (Kartoffel, Raps, Getreide, Senf), Dispersion in Öl.
- *Calypso*: Gemüse-, Obst- und Zierpflanzenbau, Suspensionskonzentrat.

Weitere Neonicotinoide

- *Acetamiprid* (z. B. Mospilan SG, Schädlingsfrei Careo Rosenspray)
- *Dinotefuran* (zzt. keine Zulassung)
- *Nitenpyram* (zzt. keine Zulassung)
- *Thiamethoxam* (Actara, Cruiser 600 FS, Cruiser 70 WS, Magna)

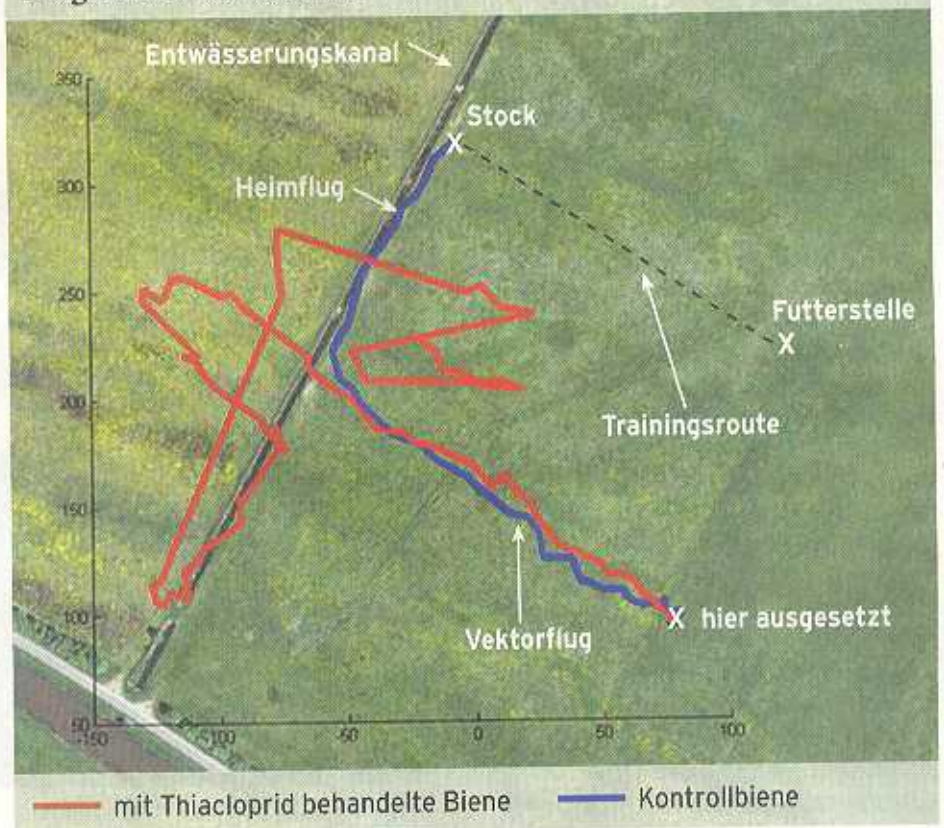
Daten laut BVL
<https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/>

Clothianidin weniger. Bestäubende Insekten kommen auf vielfältige Weise mit den Neonicotinoiden in Kontakt. In die Blüte gespritzt, wird die Substanz direkt über den gesammelten Pollen und Nektar aufgenommen. Dies ist der Grund, warum Spritzbehandlungen bestimmten Auflagen unterliegen. Die Aufnahme über Nektar und Pollen erfolgt auch bei Pflanzen, die aus gebeizten Samen gewachsen sind, da sich die Neonicotinoide in der ganzen Pflanze verteilen. Bei der Aussaat von gebeizten Samen können die Wirkstoffe außerdem vom Saatgut abgerieben und vom Wind auf Blüten verfrachtet werden – ein Vorgang, der 2008 im oberen Rheintal zu einem Bienensterben geführt hat. Heute wird die Abdrift mit Anwendungsvorschriften und neuen Maschinen so gering wie möglich gehalten. Viele Pflanzen geben wetterabhängig Flüssigkeitstropfen an den Blatträndern ab, den Guttationssaft. Der Saft enthält den Wirkstoff ebenfalls und könnte von Insekten gesammelt werden.

Uns hat nun interessiert, welche Wirkungen niedrige Dosen der drei Neonicotinoide Imidacloprid, Clothianidin und Thiacloprid auf die Navigation von Bienen haben. Es war schon bekannt, dass Thiamethoxam das Heimfindervermögen der Bienen beeinträchtigen kann. In einer Studie der Arbeitsgruppe um den Wissenschaftler Axel Decourtye verabreichte man den Bienen subletale Dosen des Wirkstoffs, also Mengen, die unterhalb der tödlichen Dosis lagen. Wurden die Versuchsbienen innerhalb ihres Flugbereiches an eine andere Stelle versetzt, fanden sie erst nach langem Suchen oder gar nicht zum Stock zurück. Diese und einige andere Studien veranlassten die Europäische Kommission, bestimmte Anwendungen von Clothianidin, Imidacloprid und Thiamethoxam ab Dezember 2013 für zwei Jahre auszusetzen. Ob dieses Vorgehen angemessen und gut begründet war, wird intensiv diskutiert, schließlich wurde bisher nur für Hummeln überzeugend nachgewiesen, dass solche recht niedrigen Dosen die Völker schwächen. Das Einschreiten der Kommission bietet die Möglichkeit, weitere Daten zu sammeln. Unsere Ergebnisse sollen dazu einen Beitrag leisten, wobei zu beachten ist, dass sie an einzelnen Bienen gesammelt wurden und noch unklar ist, wie sich die Effekte auf ein ganzes Volk auswirken.

Wir wollten wissen, welche Phasen der Navigation der Bienen von den Neonicotinoiden gestört werden. Für unsere Experimente verfolgten wir den Flug einzelner Bienen mit einem speziellen Radargerät. Unsere Versuchsbienen tragen eine kleine Antenne, genannt Transponder. Diese nimmt das Radar-

Flugrouten der Bienen



signal auf und sendet es unter einer anderen Frequenz wieder aus. Der Empfänger unseres Radargeräts gibt uns alle drei Sekunden an, wo die Biene sich gerade befindet. Wir können damit einen Radius von etwa einem Kilometer um das Radargerät herum ab-

scannen. Mit dieser Methode haben wir schon viel Grundlegendes über die Navigation von Bienen herausgefunden.

Ein typischer Versuch spielt sich so ab: Wir dressieren zunächst eine Gruppe von Sammelbienen auf eine rund 400 m vom Stock entfernte Futterstelle. Diese Sammlerinnen kennen die Umgebung des Stockes im Umkreis von etwa 500–1.000 m recht gut. Außerdem lernen sie den direkten Weg zur Futterstelle. Dabei richten sie sich – wie bei ihren Orientierungsflügen – nach dem Sonnenkompass. Die Flugroute ist in ihrem Landschaftsgedächtnis gespeichert. Dieser Flugvektor gibt ihnen die Richtung und die Entfernung zwischen Futterplatz und Stock an. Nachdem eine dressierte Biene an unserer Futterstelle getrunken hat, fangen wir sie ab und setzen sie an einen anderen Ort innerhalb des ihr bekannten Bereichs wieder aus. Versucht die Biene jetzt zum Stock zurückzukehren, erreicht sie zuerst einen Ort, wo sich der Stock auf dem Rückweg vom Futterplatz befinden müsste. Da sie versetzt wurde, sucht sie dort vergeblich. Sie wendet also zuerst das Gedächtnis dieses Flugvektors an. Nach einigem Herumsuchen korrigiert sie den Fehler und fliegt rasch und direkt zum Stock zurück. Die Navigation der Biene in einer solchen Testsituation hat also zwei Phasen, die wir den „Vektorflug“ und den „Heimflug“ nennen. ➔



Mit dieser Radarstation werden die Bienen geortet. Fotos und Grafiken: Randolph Menzel

Hatten unsere Versuchsbienen geringe Mengen einer der drei getesteten Neonicotinoide mit der Zuckerlösung an der Futterstelle aufgenommen und wurden sie anschließend versetzt, zeigte sich, dass ihr Heimfindervermögen gestört war. Bei allen drei Neonicotinoiden fanden weniger Bienen zum Stock zurück. Die Bienen sind selbst an einer sehr auffällenden Stelle, einem Entwässerungskanal in der Nähe des Stockes, seltener in die richtige Richtung zum Stock abgebogen. Außerdem flogen sie während des Heimfluges nicht so sicher und direkt wie die Kontrollbienen. Interessanterweise war die erste Phase – ihr Vektorflug – kaum verändert.

Die kleinen Mengen der getesteten Neonicotinoide, die von den Bienen aufgenommen wurden, betragen bei Imidacloprid 7,5 oder 11,25 ng/Biene, bei Clothianidin 2,5 ng/Biene und bei Thiacloprid 1,25 µg/Biene. Klein bedeutet: im Verhältnis zu den Mengen, die sie getötet hätten. Sind nun die getesteten Mengen vergleichbar mit denen, die Bienen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen aufnehmen würden? Dies ist eine wichtige, aber schwierig zu beantwortende Frage, weil es keine direkten Messungen über die unter solchen Bedingungen aufgenommenen Mengen gibt. Über die Konzentrationen von einigen Neonicotinoiden, wie sie im Nektar und Pollen bei den in der Landwirtschaft üblichen Anwendungsmethoden auftreten können, besteht eine gewisse Übereinstimmung. Beispiele sind: 1–5 ng/g Thiamethoxam in Pollen und Nektar, 3,8–4,2 ng/g Thiamethoxam im Rapspollen, 0,5–36 ng/g Imidacloprid im Pollen von Sonnenblumen. Über diese Werte waren sich kürzlich auf einer internationalen Konferenz in London über die Wirkung von Neonicotinoiden auf bestäubende Insekten alle Teilnehmer einig. Man kann diese Werte verwenden, um abzuschätzen, welche Mengen Bienen bei der Bestäubung aufnehmen. Genau genommen müsste man dabei zwischen der Pollen- und der Nektaraufnahme unterscheiden. Zudem müsste berücksichtigt werden, ob die Substanzen akut oder chronisch wirken und ob sie von einem geschwächten Tier aufgenommen werden.

Dazu eine Modellrechnung, die sich auf Nektar bezieht. Sie beruht unter anderem auf Annahmen über die Menge des aufgenommenen Nektars, der Flugzeit eines Sammelfluges und der dabei umgesetzten Menge Zucker. Legt man zugrunde, dass eine Biene an einem Rapsfeld sammelt, dessen Nektar 2 ng/g Imidacloprid enthält, dass sie zehnmal pro Tag ausfliegt, jeweils eine halbe Stunde unterwegs ist, dabei insgesamt 100 µl Nektar pro Ausflug sammelt und die Hälfte davon für

Wo die Neonicotinoide im Insektengehirn wirken



Die komplexesten Verhaltenssteuerungen im Insektengehirn finden in den Pilzkörpern statt.

Die Eingänge von den Sinnesorganen und von den vorverarbeitenden Regionen im Gehirn erfolgt über nikotinsche Acetylcholinrezeptoren, genau wie die Verarbeitung innerhalb des Pilzkörpers.

Neonicotinoide wirken auf diese Gehirnprozesse.

Bei höheren Dosen ist dies tödlich, bei sehr niedrigen Dosen stört dies folgende Gehirnprozesse:

Wahrnehmen, Lernen, Erinnern, Orientieren, Navigieren, Kommunizieren.

den Flug verwendet, dann ergibt sich, dass sie 1 ng Imidacloprid im Körper aufgenommen hat und 1 ng in den Stock einträgt. Das stimmt mit den Berechnungen anderer Autoren überein. Die Menge erscheint wenig. Bei Hummeln reduzieren jedoch bereits Konzentrationen von 0,7 ng/g Imidacloprid im Pollen die Sammelaktivität und wirken schädlich auf die Fortpflanzung des Volkes. In unseren Experimenten wurden von Clothianidin und

Bienen, die nicht zum Stock zurückfinden, laden dort den Wirkstoff nicht ab.

Imidacloprid etwa 7–10mal höhere Dosen eingesetzt, also Mengen, die Bienen während ihrer Sammeltätigkeit binnen mehrerer Tage erreichen können.

Unsere Untersuchungen bestätigen und ergänzen die Studien des Forscherteams um Dave Goulson, das sich mit den Hummeln befasste. Wir wissen nun, dass subletale Dosen der drei getesteten Neonicotinoide die Heimkehrphase der Bienen stören. In dieser Phase verwenden Bienen ihr Landschaftsgedächtnis, das sie während der Orientierungsflüge als junge Sammlerinnen aufgebaut haben. Bei akuter und recht starker Aufnahme von Mengen unterhalb der tödlichen Dosierung

kehren sie mit geringerer Wahrscheinlichkeit zu ihrem Heimatvolk zurück. Dadurch kann das Volk geschwächt werden. Es darf nicht verwundern, wenn man weniger Neonicotinoide als erwartet im Volk findet. Aus den Rückständen im Honig oder im Bienenbrot lässt sich keine verlässliche Auskunft über die im Gelände aufgenommenen Mengen ableiten: Wenn Tiere nicht zum Stock zurückkommen, werden sie den Wirkstoff dort auch nicht abladen.

Auch bei der Tanzkommunikation setzen Bienen ihr Landschaftsgedächtnis ein. Es ist anzunehmen, dass auch dieser wichtige Vorgang gestört wird: ein weiterer Effekt, den wir für Thiacloprid kürzlich nachgewiesen haben. Nun kann man einwenden, dass der Vektorflug nicht gestört ist, sodass Bienen von einer bekannten Trachtquelle recht sicher zurückkehren sollten. In einem solchen Fall wird sich das Pestizid in der Sammelbiene anreichern, da sie einen Teil des Nektars für ihren Energiebedarf verwendet. In der Tat konnten wir dies für 20-fach geringere Dosen nachweisen, als wir sie in den oben dargestellten Experimenten verwendet haben. Bei solchen chronisch aufgenommenen Mengen wird sich das Pestizid im Einzeltier und im Stock anreichern – ein Vorgang, den wir ebenfalls nachweisen konnten. Ob alle diese Einwirkungen vom Volk kompensiert werden können, hängt von vielen Umständen ab. Sie stellen aber

sicher Stress für das Volk dar. Außerdem haben wir jeweils nur eine Substanz untersucht und uns vor allem auf den akuten Effekt konzentriert – zum Beispiel auf die Wirkung innerhalb von 1,5 Stunden nach der Aufnahme. Im Freiland ist es eher wahrscheinlich, dass Bienen Cocktails aus mehreren Substanzen unterschiedlicher Wirkstoffgruppen ausgesetzt sind. Über deren Effekte ist sehr wenig bekannt. In einigen Fällen wurde beobachtet, dass sie sich gegenseitig verstärken. Es wurde auch gezeigt, dass Neonicotinoide und Virusinfektionen die Immunreaktion der Bienen schwächen. Werden die Wirkstoffe über längere Zeit aufgenommen, kann dies zu chronischen Effekten führen. Es wird also darauf ankommen, das Zusammenwirken von Pestiziden und anderen ökologisch relevanten Faktoren auch über längere Zeiträume zu prüfen.

Bienen als Umweltspäher

Kann man Effekte, die man auf der Ebene der einzelnen Tiere beobachtet, auf das ganze Volk übertragen? Das ist eine wichtige Frage. Bei gut gepflegten Völkern hat man bisher erst bei recht hohen Dosen Effekte gefunden. Allerdings fehlen noch viele wichtige Daten, beispielsweise darüber, welche Mengen an Pestiziden die Körper der Sammlerinnen und der Stockbienen enthalten, über welchen Zeitraum sich die Substanz im Volk befindet, ob Sammlerinnen verloren gehen, welchen weiteren Substanzen die Tiere ausgesetzt sind und ob eine Virusinfektion vorliegt.

In diesem Zusammenhang ist der Vergleich mit Hummeln besonders interessant. Warum sind diese so viel empfindlicher als Honigbienen, und wie sieht es mit anderen Wildbienen aus? Das Ziel sollte sein, den Gesundheitszustand eines ganzen Volkes objektiv und mit rasch auswertbaren Messgrößen fortlaufend so zu erfassen, dass die Stressfaktoren und ihre akuten wie chronischen Wirkungen erkannt werden können. An einem solchen System arbeiten wir und hoffen, damit die Bienen als unsere Bundesgenossen, also als Umweltspäher, einzusetzen.

Wer sich für das Projekt interessiert, kann sich gerne an uns wenden.

Prof. *Randolf Menzel*, Freie Universität Berlin; *Johannes Fischer*, Institut für Bienenkunde Universität Frankfurt am Main; *Uwe Greggers*, Freie Universität Berlin; *Prof. Bernd Grünewald*, Institut für Bienenkunde Universität Frankfurt am Main

Die Cowboys loswerden

1.700 Tonnen Manukahonig produziert Neuseeland pro Jahr. Auf dem Weltmarkt findet sich die vielfache Menge. Nun streiten sich die Hersteller.

Manukahonig erzielt weltweit hohe Preise, seit Forscher die Heilkraft des neuseeländischen Produktes entdeckt haben. In Deutschland kosten 500 g bis zu 50 Euro. Speziell verarbeiteter Manukahonig wird in Kliniken zur Wundbehandlung eingesetzt, da er nachweislich Keime abtötet, die gegen Antibiotika resistent sind. Die Trachtpflanze, eine Myrtenart, die nur in Neuseeland wächst, bietet den Imkern gute Verdienstmöglichkeiten: 120 Millionen neuseeländische Dollar sollen damit pro Jahr im Land erwirtschaftet werden.

Nun steht die Branche jedoch vor einem ausgewachsenen Lebensmittelskandal. Die UMF Honey Association, einer der größten Erzeugerverbände, gibt an, dass Neuseeland jährlich etwa 1.700 t produziert. Auf dem Weltmarkt würden jedoch um die 10.000 t angeboten. Allein in Großbritannien sollen um die 1.800 t pro Jahr vermarktet werden, mehr als die gesamte Ernte. Kontrolleure der britischen Lebensmittelbehörde Food Safety Agency testeten fünf Manukahonige, die im Supermarkt erhältlich waren. Nur eine Marke, produziert von Comvita, entsprach dem Standard. Die anderen vier zeigten keine messbare Aktivität gegen Bakterien.

Auf dem internationalen Markt sieht es nicht besser aus: Die UMF Honey Association testete 73 Proben aus England, China und Singapur. 41 zeigten keine Aktivität. In Hongkong sollen 14 von 55 getesteten Honigen mit Sirup gestreckt worden sein, bei anderen handelte es sich gar nicht um Manukahonig. Ob die Fälschung in Neuseeland erfolgt, ist nicht klar. Möglich ist auch, dass der Honig im Ausland gestreckt oder umdeklariert wird. Jo Goodhew, neuseeländische Ministerin für Primärindustrie, berichtete, sie sei bereits 2012 von den chinesischen Überwachungsbehörden darauf hingewiesen worden, dass in China viermal so viel Manukahonig verkauft wie aus Neuseeland importiert werde.

Die Ministerin sprach dennoch eine eindringliche Warnung an den Imkerverband aus: „Die Verbraucher in Übersee zu täuschen kann unseren Ruf als Erzeuger von hochwertigen Lebensmitteln und Getränken nachhaltig schädigen“, sagte Goodhew auf der landesweiten Imkerversammlung.

Als problematisch beurteilt das Ministerium die vielfältigen Qualitätsmerkmale, mit denen Manukahonige versehen werden. So wirbt ein Hersteller mit dem „Unique Manuka Faktor“, ein anderer mit „MGO“, einer Angabe zum Gehalt an Methylglyoxal, das für die Wundheilungskräfte verantwortlich ist. Jeder Hersteller vertritt die Auffassung, dass seine Angabe die beste Beurteilung möglich mache. Das Ministerium plant, mithilfe der Produzenten eine einheitliche Definition für die Qualität von Manukahonigen zu entwickeln.

Die Hersteller vermuten, dass einige Imker aufgrund der hohen Preise das leichte

Geld wittern. „Es wird Zeit, dass die Branche von den Cowboys bereinigt wird“, sagte Scott Coulter von Comvita gegenüber der Fachzeitschrift Bee Craft. Einen Vorschlag dafür hat Neil Mossop, ein anderer Manukahonig-Produzent: „Auch wenn es merkwürdig klingt – aber wenn die Preise sinken würden, dann würden die Cowboys verschwinden, die nur auf den schnellen Dollar aus sind“, sagte er.

Nun ist auch noch die BBC an der Sache dran. Reporter des britischen Senders haben Vertreter der Manukahonig-Industrie in Neuseeland interviewt; jetzt warten alle darauf, dass die Bombe platzt.

Und zu guter Letzt sind auch noch die Schotten den Neuseeländern auf den Fersen. Patrick Pollock, Veterinärmediziner aus Glasgow, behandelte multiresistente Erreger, die er aus den Wunden von Pferden gewann, mit 29 unterschiedlichen Honigen. Er fand einen, der die Erreger noch besser vernichtete als Manuka: schottischer Heidehonig aus Inverness.



Manukahonig erzielt auch in Deutschland hohe Preise.

Foto: Silke Beckedorf

Silke Beckedorf