

SONDERDRUCK
aus

1 | 2022

VBio

Verband | Biologie, Biowissenschaften
& Biomedizin in Deutschland



**WÜSTEN-
FORSCHUNG**
Pioniere in der
Atacama

**KULTUR-
GESCHICHTE**
Rauschpflanzen
der Antike

**ANTARKTIS-
FORSCHUNG**
Artenvielfalt
in der Tiefsee

BIOLOGIE

IN UNSERER ZEIT

Die Gifte der Hundertfüßer



ABB. 1 Ein Wanderheuschreckenschwarm im Isalo Nationalpark (Madagaskar) am 15. April 2013. Foto: Tiphaine Desjardin (FAO).

Wie harmlose Insekten zu gefährlichen Schwärmen werden 100 Jahre Forschung an Wanderheuschrecken

HANS-JOACHIM PFLÜGER | PETER BRÄUNIG

In regelmäßigen Abständen erhalten wir Berichte, dass in Afrika, der arabischen Halbinsel, in vielen Teilen Asiens, aber auch in Südamerika, Schwärme von Wanderheuschrecken auftauchen, die verheerende Auswirkungen auf das Leben von Millionen von Menschen haben, weil sie deren Nahrungsgrundlagen zerstören und Hungersnöte zur Folge haben. Ein solcher Schwarm kann aus mehreren hundert Millionen Heuschrecken bestehen und sich über ein Areal von mehr als 1000 Quadratkilometern erstrecken (Abbildung 1). Bereits in der Bibel (Buch Exodus) werden solche „Plagen“ beschrieben und nach wie vor leidet die Menschheit unter ihnen. Warum? Schwärme adulter Wanderheuschrecken können letztendlich nur durch den massiven Einsatz von Insektiziden bekämpft werden, die über weite Landstriche versprüht werden. Dies hat gravierende Auswirkungen auf die betroffenen Ökosysteme und die sowieso schon fragile Landwirtschaft. Daher ist die Erforschung der Bedingungen, unter denen sich solche Schwärme überhaupt bilden, ein wichtiger Beitrag der Wissenschaft zur Verbesserung der Lebensgrundlagen von Millionen von Menschen.

Vor ziemlich genau 100 Jahren – im Jahr 1921 – erschien im *Bulletin of Entomological Research* die Arbeit eines jungen russischen Insektenforschers, Boris Petrovitch Uvarov, der seine experimentellen Arbeiten von 1911 bis 1914 im Kaukasus noch vor Beginn des Ersten Weltkriegs durchgeführt hatte, seine Ergebnisse aber erst veröffentlichen konnte, als er nach England übersiedelt war und eine Stelle als Assistenz-Entomologe am *Imperial Bureau of Entomology* in London angetreten hatte. Es war ein sehr erfolgreicher Umzug, denn später wurde er zum Leiter des *Anti-Locust Research Centers* ernannt, dem er von 1945 bis 1964 vorstand. Aus dem, wie man heute sagen würde, Postdoktoranden wurde einer der weltweit angesehensten Entomologen, der schließlich auch von Königin Elisabeth II. geadelt wurde (Sir Boris P. Uvarov, Abbildung 2). Was war nun die bahnbrechende Entdeckung, die ihm mit experimenteller Hilfe seines Freundes und Kollegen V. Plotnikov gelang? Die Veröffentlichung handelt von einer Neubeschreibung der Gattung *Locusta* (Wanderheuschrecken) mit einer neuen Theorie zum periodischen Vorkommen und zur Wanderung von Wanderheuschrecken [1].

Im Kaukasus traten regelmäßig Schwärme von Heuschrecken der Art *Locusta migratoria* auf und außerdem eine andere Art, *Locusta danica*. Diese war von ähnlicher Gestalt, aber etwas anders gefärbt, lebte eher versteckt und zeigte in vielerlei Hinsicht das gegenteilige Verhalten zu den Schwarmtieren. Allerdings ergaben die Feldunter-

suchungen den zunächst seltsamen Befund, dass aus Eiern der einen Art Hüpfer schlüpften, die eher der anderen Art glichen oder umgekehrt. Auffallend war auch, dass sich die Genitalien der Männchen beider Arten kaum unterschieden, obwohl bei Insekten die Geschlechtsorgane der Männchen häufig ein eindeutiges Artbestimmungsmerkmal darstellen, da weibliche und männliche Genitalien nach einem „Schloss-Schlüssel-Prinzip“ funktionieren. Viele weitere Felduntersuchungen haben Boris Uvarov dann überzeugt, dass *Locusta danica* und *Locusta migratoria* gar keine verschiedenen Arten sind, sondern nur zwei Erscheinungsformen ein und derselben Heuschreckenart, nämlich von *Locusta migratoria*. Wanderheuschrecken können also als sogenannte solitäre Individuen in geringer Dichte pro Areal vorkommen oder in extremer Populationsdichte in Schwärmen, als sogenannte gregäre Tiere.

Heute wird dieses Phänomen Polyphänismus genannt, worunter man versteht, dass aus einem Genotyp, also einer Art mit bestimmter genetischer Ausstattung, unterschiedliche Erscheinungsformen entstehen können [2]. Aufgabe der biologischen Wissenschaft war und ist es, die Bedingungen zu verstehen, unter denen aus harmlosen, solitären Individuen eines Gebiets plötzlich große Gruppen entstehen, die sich zu riesigen Schwärmen vereinen können. Von den knapp 7000 Arten von Feldheuschrecken sind es weltweit allerdings nur etwa 20 Arten, welche die Fähigkeit besitzen, Schwärme zu bilden. Heute ist bereits klar, dass bei dem Prozess der Umwandlung von solitären zu gregären Tieren viele Faktoren eine Rolle spielen, und diese sind bei allen 20 Arten in jedem Einzelfall anders gewichtet.

Ursachen für den Polyphänismus

Am besten untersucht sind die Wüstenwanderheuschrecke (*Schistocerca gregaria*, Abbildung 3) und die Afrikanische Wanderheuschrecke (*Locusta migratoria*). Beginnen wir mit den Abläufen bei frisch aus den Eiern geschlüpften Nymphen, auch Hüpfer (engl. „hoppers“) genannt. Einer der entscheidenden Faktoren ist, dass sich diese Hüpfer in größerer Anzahl treffen und bei knapp werdender Nahrung sogenannte „marching hopper bands“, also Marschformationen bilden. Verursacht werden kann das durch schwindende Vegetation, wodurch sich einzelne Hüpfer dann auf ihrer Nahrungssuche begegnen und sich in verbliebenen Vegetationsinseln versammeln, oder dadurch dass durch plötzliche Regenfälle in sonst eigentlich trockenen Wüstengebieten eine Vielzahl von Hüpfen aus Gelehen überlebt haben und sich ihre Population auf diese Weise verdichtet. Solche Ansammlungen von Hüpfen führen dann dazu, dass alle weiteren Entwicklungsprozesse synchronisiert werden, also alle Häutungen bis zum adulten Insekt, die Paarung und Eiablage, und auch das gesamte Verhalten der Tiere. Ein Gelehe kann aus bis zu 70 Eiern bestehen, und durch die Synchronisation des Schlüpfens der Nymphen aus diesen Eiern entstehen immer größere Gruppierungen von Heuschrecken (Abbildung 4).



ABB. 2 Sir Boris P. Uvarov, der als erster erkannte, dass eine Wanderheuschreckenart aus zwei Phasen besteht, einer solitären und einer gregären. Foto abgedruckt mit Erlaubnis der National Portrait Gallery.

Welche Prozesse sind nun am Übergang eines Individuums vom solitären zum gregären Stadium beteiligt? Für eine lange Zeit bestand die Vorstellung, dass chemische Lockstoffe, sogenannte Aggregationspheromone, eine große Rolle spielen. Mittlerweile ist bekannt, dass Heuschrecken

IN KÜRZE

- Wanderheuschrecken kommen in einer solitären und einer gregären Phase vor. In der gregären Phase können sich die Insekten zu **riesigen Schwärmen vereinen**, die dann zur Plage in den betroffenen Gebieten werden.
- Solitäre Tiere unterscheiden sich sehr deutlich von gregären Tieren. Vor genau 100 Jahren, 1921, erkannte Boris Uvarov als erster, dass es sich bei diesen Erscheinungsformen nicht um unterschiedliche Arten, sondern um **unterschiedliche Phasen ein und derselben Art** handelt.
- Seither wurden viele Versuche unternommen, die **Ursachen für diesen Phasen-Polymorphismus** aufzuklären. Dies geschah auch, um Methoden zu entwickeln, die Schwarmbildung zu verhindern.
- Das Zusammenspiel der vielen Faktoren, die bei diesem Prozess eine Rolle spielen, ist auch 100 Jahre nach Uvarovs Entdeckung immer **noch nicht wirklich** verstanden.
- Angesichts der Probleme, die diese Tiere in vielen Teilen der Welt verursachen, sollte der **Erforschung der Grundlagen für die Umwandlung** harmloser solitärer Tiere in gefräßige Schadinsekten hohe Priorität eingeräumt werden.



ABB. 3 Nymphen (links) und adulte Tiere (rechts) von gregären (a, b) und solitären (c, d) Wüstenwanderheuschrecken (*Schistocerca gregaria*). Fotos aus [11] mit freundlicher Genehmigung der Company of Biologists Ltd.

in komplizierter Weise chemisch miteinander kommunizieren und jede Heuschreckenart, jedes Stadium und jedes Alter ein spezifisches Bouquet von Geruchsstoffen besitzt, die entweder anziehend oder abstoßend wirken [3, 4]. Erst kürzlich ist bei einer Art ein Stoff isoliert worden, der auf gregäre Individuen anziehend wirkt und auf solitäre abstoßend [5]. Andere Stoffe wirken auf die Vermehrung, die Eiablage in Gruppen oder die Synchronisation des Verhaltens (Kasten „Chemische Substanzen“).

In einer Gruppe von Hüpfern kommt es zu vielfältigen Sinnesreizen, und wie sich herausgestellt hat, sind mechanische Berührungsreize am wichtigsten, erst danach folgen Geruchsreize und visuelle Reize [6]. Diese Sinnesreize führen nun im Nerven- und Hormonsystem der Insekten zu vielfältigen Veränderungen, die das gesamte Verhalten

eines Individuums betreffen. Eine entscheidende Rolle spielen biogene Amine wie z.B. Serotonin. Ein erhöhter Serotoningehalt führt zu gregärem Verhalten, was sich in Wahlversuchen in einer Arena sehr gut nachweisen lässt [7]. Normalerweise meiden solitäre Heuschrecken die Ansammlung von anderen Individuen, ganz im Gegenteil zu gregären Heuschrecken, welche sofort die Gesellschaft der anderen suchen. Wird einer solitären Heuschrecke Serotonin verabreicht, so verhält sie sich plötzlich wie ein Schwarmindividuum und sucht die Gesellschaft der anderen. Auch andere biogene Amine wie Dopamin oder Octopamin spielen bei diesen Prozessen eine Rolle. All diese Einflüsse führen dazu, dass sich Einzelindividuen und Individuen eines Schwarms sehr stark voneinander unterscheiden: So sind solitäre Individuen tagsüber scheu, verstecken sich, bewegen sich wenig und sind gegenüber ihrer Umgebung gut getarnt. Wenn sie fliegen, um Ortswechsel zu vollziehen, dann bei Nacht. Schwarmtiere dagegen sind durch „Warnfarben“ sehr auffällig, sind tagsüber sehr aktiv und ruhen bei Nacht, oft auf den höchsten Büschen oder Bäumen (Abbildung 5). Die großen Schwärme der Heuschrecken sind also immer nur am Tag unterwegs [8–10].

Welche Rolle spielen Gene und epigenetische Einflüsse?

Ein neuer Forschungszugang beschäftigt sich mit genetischen Kontrollmechanismen und der Frage, welche Unterschiede es hier zwischen solitären und gregären Individuen gibt. Erschwert werden solche Untersuchungen durch die Tatsache, dass das Genom der Heuschrecken mit über 8×10^9 Basenpaaren zu den größten Genomen überhaupt zählt (das Genom des Menschen besteht im Vergleich dazu aus etwas mehr als 3×10^9 Basenpaaren). Die Zahl der Gene ist zudem artspezifisch, und Wanderheuschrecken haben wohl um die 18.000 Gene (beim Menschen schwanken die Angaben, aber es sind sicher

CHEMISCHE SUBSTANZEN

Geruchsbouquet adulter Wüstenheuschrecken (*Schistocerca gregaria*):

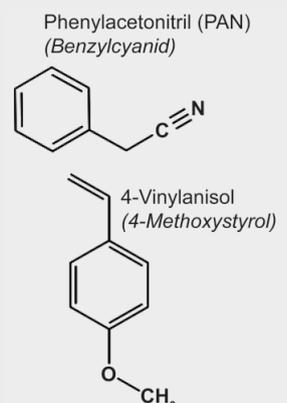
Aldehyde: Hexanal, Octanal, Nonanal, Decanal, **Carbonsäuren:** Valeriansäure (Pentansäure), Capronsäure (Hexansäure), Caprylsäure (Octansäure), Pelargonsäure (Nonansäure), Caprinsäure (Decansäure)

Aus Kot von Nymphen der Wüstenheuschrecke (*Schistocerca gregaria*): Guajacol, Phenol
Adulte solitäre Männchen der Wüstenheuschrecke (*Schistocerca gregaria*): Benzaldehyd, Veratrol, Anisol, Guajacol

Adulte gregäre Männchen der Wüstenheuschrecke (*Schistocerca gregaria*):

Hauptbestandteil: Phenylacetonitril (Benzylcyanid), freigesetzt aus den Hinterbeinen und der Flügelbasis, sehr wahrscheinlich ein Hemmpheromon, um andere Männchen von einem Weibchen fern zu halten und um bei der Masseneiablage den Abstand zum nächsten Paar zu regeln [4]

Kürzlich als Aggregationspheromon bei Wanderheuschrecken (*Locusta migratoria*) identifiziert: 4-Vinylanisol (4-Methoxystyrol), wirkt anziehend auf Nymphen und Adulte von solitären und gregären Individuen [5]

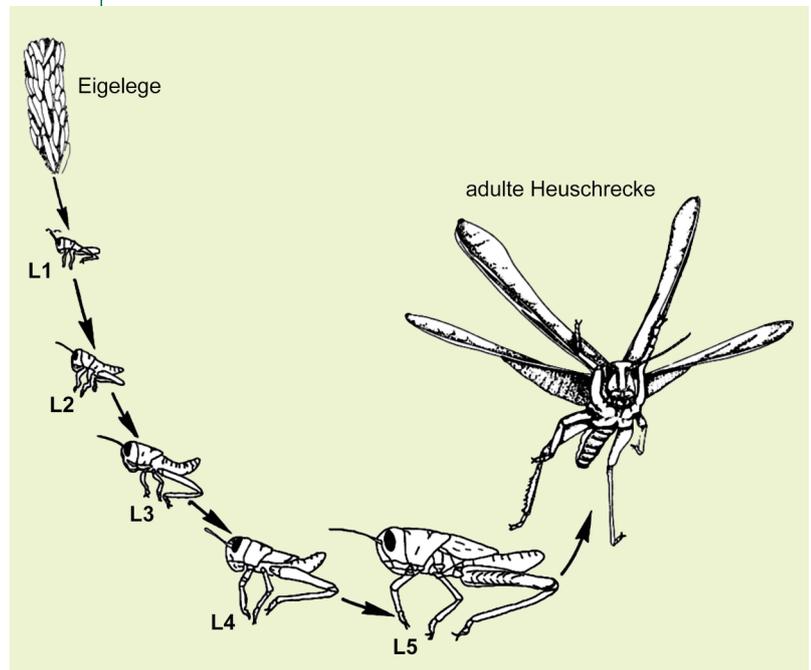


mehr als 20.000). Neueren Ergebnissen zufolge zeigen mehr als 200 Gene ein verändertes Expressionsmuster zwischen solitären und gregären Wanderheuschrecken. Dies unterstreicht, dass die Veränderungen zwischen solitären und gregären Tieren viele Bereiche des Organismus betreffen, und dass dieser Wandel aus vielen ineinandergreifenden Prozessen besteht [11, 12].

Bekämpfung von Schwärmen

Wie könnten nun weitere Ausbrüche von Heuschreckenschwärmen verhindert werden? „Wehret den Anfängen“ wäre die geeignete Devise, denn die gezielte Bekämpfung von lokal auftretenden Ansammlungen von Hüpfern („marching hopper bands“) könnte das Auftreten großer Schwärme möglicherweise ganz verhindern oder zumindest die Zahl der Individuen in einem Schwarm vermindern. Das setzt aber voraus, dass es in den betroffenen Gebieten lokale Naturbeobachter (eine Art Heuschreckenwacht) gibt, die letztlich auch Gebiete überwachen müssen, die dünn besiedelt oder gar unbewohnt sind. Solche unbewohnten Gebiete werden durch Satellitenbeobachtungen der FAO (Food and Agriculture Organization der Vereinten Nationen) bereits jetzt überwacht, um z. B. die Vegetationsdichte oder die Areale mit Regenfällen auszuweisen. Allerdings lässt sich das Auftreten einer vermehrten Zahl von Hüpfern noch nicht durch Satellitenüberwachung feststellen, so dass nichts den Augenschein durch

ABB. 4 | LEBENSZYKLUS EINER WANDERHEUSCHRECKE



Aus einem Eigelege mit 50–70 Eiern schlüpfen die ersten Nymphen, die bereits wie „kleine erwachsene“ Heuschrecken aussehen. Die Wanderheuschrecken gehören deshalb zu den hemimetabolen Insekten. In den verschiedenen Häutungen werden die Flügelanlagen immer größer, bis dann aus der letzten Häutung das erwachsene Insekt mit voll ausgebildeten Flügeln hervorgeht.

SCHULVERSUCH

Die Umwandlung der gregären in die solitäre Form ist mit recht einfachen Mitteln auch im Rahmen von Labor- oder Schulversuchen zu beobachten. Wichtig dabei ist es, die Versuche in einem möglichst großen, gut durchlüfteten Raum durchzuführen, da Heuschrecken wie alle Insekten allergene Partikel absondern können. Die beiden für die Versuche verwendeten Arten von Wanderheuschrecken *Locusta migratoria* und *Schistocerca gregaria* werden im Zoohandel als Lebendfutter für Reptilien angeboten. Die Tiere können mit Gräsern gefüttert werden, die dort gesammelt werden, wo die Gefahr der Belastung mit Insektiziden ausgeschlossen ist. Die Tiere sind wärmeliebend. Ein kleiner Käfig oder ein Terrarium, in dem den Tieren eine Glühbirne als Wärmequelle dient, genügt für die Haltung. Ein mit grobem, feuchtem Sand gefüllter Blumentopf dient den Tieren als Eiablageplatz. Der Sand sollte regelmäßig befeuchtet und ausgetrocknetes Futter durch frisches ersetzt werden. Wenn die Weibchen Eier abgelegt haben, dauert es bei Zimmertemperatur in der Regel 3–4 Wochen bis die ersten Nymphen (Hüpfer) schlüpfen.

Nach dem Schlüpfen sollten die Tiere voneinander isoliert werden. Sie können einzeln z. B. in Gläsern oder Plastikdosen mit einem Volumen von um die 400 ml gehalten werden. Die Gläser sollten mit Gaze abgedeckt werden. Löcher im Deckel reichen oft nicht aus, um die durch das Futter eingebrachte Feuchtigkeit zu regulieren, was zu Pilzkrankungen führen kann. Die Gläser sollten an einem hellen warmen Ort im Abstand von ca. 1 m aufgestellt werden. In jedes Glas sollte ein Ästchen gestellt werden, an dem sich die Tiere für die Häutung aufhängen können. Nun geht die Arbeit los, denn je nachdem wie viele Nymphen man hält, dauert das tägliche Füttern eine Weile. Bei guter Fütterung häuten sich die Tiere in Abständen von einer Woche oder länger (je nach Alter). Im Laufe ihrer Entwicklung nehmen die Tiere nun eine graubraune bis laubfroschgrüne Färbung an, die sich erheblich von der gregären Phase unterscheidet (schwarzbraune Nymphen bei *Locusta migratoria*, gelbschwarze Nymphen mit roten Augen bei *Schistocerca gregaria*). Auch ihr Verhalten ist vergleichsweise „lethargisch“.



Ein einfacher Zuchtgefäß für Heuschrecken. In einem kleinen Terrarium wurde eine der Schiebetüren durch eine passende Plexiglasplatte mit einer Fassung für eine 40 W Glühbirne ersetzt.



ABB. 5 Ein Schwarm von Wüstenheuschrecken, der auf einem Baum in Somaliland die Nacht verbracht hat. Foto am 22. Februar 2021 aufgenommen und mit freundlicher Erlaubnis von FAO Somalia abgedruckt.

lokale Fachleute ersetzen kann. Neuere Erkenntnisse über arteigene Duftstoffe (Pheromone), die zur Aggregation der Hüpfer führen, ermöglichen vielleicht auch die Entwicklung von wirksamen Fallen. Auch hier kann weitere intensive Forschung wertvolle Erkenntnisse leisten [14].

Leider sind die politischen Verhältnisse in den betroffenen Gebieten der Welt alles andere als stabil. Durch Bürgerkriege oder Aufstände gibt es oft gar keine funktionierenden Verwaltungsstrukturen mehr, was bei den letzten großen Ausbrüchen am Horn von Afrika sicher als ein Faktor mitspielte. Ein weiterer Faktor ist der spürbare Klimawandel, dadurch bedingte Veränderungen in der Großwetterlage und damit verbundene ökologische Veränderungen. Was also vor 100 Jahren mit den Studien an Wanderheuschrecken von Boris Petrovitch Uvarov begann, wird zukünftige Forscher- und Menschengenerationen weiterhin beschäftigen. Es bleibt zu hoffen, dass nicht nur Biologen das Zusammenspiel verschiedener Prozesse besser verstehen lernen, sondern auch Fachleute aus der Landwirtschaft sowie alle verantwortlichen Politiker die Entwicklung aufmerksam beobachten und entsprechend handeln werden.

Zusammenfassung

Feldstudien vor 100 Jahren haben ergeben, dass verschiedene Wanderheuschreckenarten in zwei Phasen vorkommen, die davor als getrennte Arten betrachtet worden waren. Als solitäre Tiere (Einzeltiere) leben sie in geringer Dichte in ihrem spezifischen Ökosystem. Unter bestimmten klimatischen Bedingungen (Dürren oder Regen) kommt es zur

Verdichtung der Tiere, was eine ganze Reihe unterschiedlicher Veränderungen bewirkt und solitäre Tiere zu gregären Schwarmtieren werden lässt. Berührungen der Tiere untereinander führen zu physiologischen Veränderungen im Organismus. Beeinflusst werden Bildung und Wirkung biogener Amine, von Hormonen und Pheromonen, und es kommt zu einer Vielzahl epigenetischer und genetischer Veränderungen. Zunächst führen alle diese Faktoren zu Verhaltensänderungen der Insekten, später zu Änderungen in ihrem Erscheinungsbild (z. B. Färbung) und zu morphologischen Veränderungen. Das Zusammenspiel aller beteiligten Faktoren ist aber noch nicht völlig verstanden.

Summary

How harmless insects transform into dangerous swarms: 100 years of research on locusts

100 years ago, field studies showed for the first time that certain migratory locusts exist in two different phases, previously believed to be different species. At low density, they live solitary in their specific ecosystem. Under certain climatic conditions (strong rainfalls, but also droughts and diminishing food supply) the population densities may rise. This causes a number of changes and solitary animals transform into gregarious swarms. Due to overcrowding, contacts between the insects increase in number thus bringing about physiological changes in their organisms: The production and the effect of biogenic amines, hormones and pheromones are influenced; in addition, numerous genetic and epigenetic processes are induced. First of all, all these factors cause changes in insect behaviour, followed by changes in their appearance (e. g. colouration) and finally morphological modifications. The exact interaction between these different factors is not yet fully understood.

Schlagworte

Insekten, Wanderheuschrecken, Polyphänismus, Schädlingsbekämpfung, Phasen-Polymorphismus.

Literatur

- [1] B. P. Uvarov (1921). A revision of the genus locusts L (= PACHYTILUS, FIEB) with a new theory as to the periodicity and migrations of locusts. *Bull Entomol Res* 12(2), 135–163.
- [2] M. P. Pener, S. J. Simpson (2009). Locust phase polyphenism: an update. *Adv Insect Physiol* 36, 1–289.
- [3] P. G. N. Njagi et al. (1996). Phase-independent responses to phase-specific aggregation pheromone in adult desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Physiol Entomol* 21, 131–137.
- [4] K. Seidelmann, H. M. Ferenz (2002). Courtship inhibition pheromone in desert locusts, *Schistocerca gregaria*. *J Insect Physiol* 48, 991–996.
- [5] X. Guo et al. (2020). 4-Vinylanisole is an aggregation pheromone in locusts. *Nature* 584, 584–588.
- [6] S. M. Rogers et al. (2003). Mechanosensory-induced behavioural gregarization in the desert locust *Schistocerca gregaria*. *J Exp Biol* 206, 3991–4002.
- [7] M. L. Anstey et al. (2009). Serotonin mediates behavioral gregarization underlying swarm formation in desert locusts. *Science* 323, 627–630.

- [8] D. A. Cullen et al. (2017). From molecules to management: mechanisms and consequences of locust phase polyphenism. *Adv Insect Physiol* 53, 187–265.
- [9] X. Wang, L. Kang (2014). Molecular mechanisms of phase changes in locusts. *Annu Rev Entomol* 59, 225–244.
- [10] A. De Loof et al. (2006). Molecular markers of phase transition in locusts. *Insect Sci* 13, 3–12.
- [11] U. R. Ernst et al. (2015) Epigenetics and locust life phase transitions. *J Exp Biol* 218, 88–99.
- [12] H. Verlinden et al. (2020) First draft genome assembly of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *F1000Res* 9, 775.
- [13] X. Wang et al. (2014). The locust genome provides insight into swarm formation and long-distance flight. *Nat Commun* 5, 2957.
- [14] C. N. Meynard et al. (2020). On the relative role of climate change and management in the current desert locust outbreak in East Africa. *Glob Change Biol* 26, 3753–3755.



Peter Bräunig studierte Biologie an der Universität Konstanz und promovierte dort 1983 über Mechanorezeptoren in den Beingelenken von Insekten. Von 1983 bis 1998 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU München und habilitierte dort 1991 im Fach Zoologie. Von 1992 bis 1995 Forschung als Heisenbergstipendiat mit einjährigem Aufenthalt an der Harvard Medical School. Von 1998 bis 2017 Universitätsprofessor für Entwicklungsbiologie und Morphologie der Tiere an der RWTH Aachen.

Korrespondenz:

Hans-Joachim Pflüger
 Freie Universität
 Institut für Biologie
 Neurobiologie
 Königin-Luise-Straße 1–3
 14195 Berlin
 E-Mail: pflueger@neurobiologie.fu-berlin.de

Peter Bräunig
 Institut Biologie II
 RWTH Aachen
 Worringerweg 3
 52074 Aachen
 E-Mail: braeunig@bio2.rwth-aachen.de

Verfasst von:



Hans-Joachim Pflüger studierte Biologie und Chemie an der Universität Stuttgart und promovierte an der Universität Kaiserslautern. Von 1976 bis 1977 war er mit einem DFG-Stipendium an der University of Cambridge, UK. Von 1977 bis 1980 war er Hochschulassistent an der Universität Bielefeld und von 1980 bis 1987 an der Universität Konstanz, wo er sich 1985 im Fach Zoologie habilitierte. Von 1987 bis 2017 war er Universitätsprofessor für Funktionelle Neuroanatomie/ Neurobiologie an der Freien Universität Berlin. Forschungsaufenthalte führten ihn nach Tucson und Tempe, Arizona (USA), Christchurch (Neuseeland) und Sapporo (Japan).

AUS DER FORSCHUNG IN DIE SCHULE

Das neu gestaltete Portal www.max-wissen.de der Max-Planck-Gesellschaft bietet verschiedene kostenfreie Medien und aktuelle Informationen zu den Fächern Biologie, Chemie, Geographie und Physik. Dazu gehören Illustrationen, Bilder, Fotos, Audiodateien, Filme, Aufgaben und interaktive Übungen, die für die Erstellung von Unterrichtsmaterialien genutzt werden können. Die bewährten MAX-Hefte BIOMAX, GEOMAX und TECHMAX erklären Grundlagen und berichten über aktuelle Forschungsergebnisse der Max-Planck-Institute. Sie stehen als PDF-Dateien zum Download bereit und können als Printversion im Klassensatz kostenfrei bestellt werden. Außerdem werden auf dem Portal weitere interessante Angebote aus der Max-Planck-Welt vorgestellt: Besuche an Instituten, Vorträge von Forscherinnen und Forschern an Schulen, Citizen-Science-Projekte oder eine Fahrt ins Schülerlabor.



In der vom Schweizerischen Nationalfonds SFN geförderten «miwelt» erkunden Kinder ab 7 Jahren zusammen mit Forschern die «unsichtbare» Welt der Mikroorganismen (u. a. Hefen, Bakterien, Mikroalgen), ihr Vorkommen im Alltag sowie ihre Nutzung im Labor. Hierfür entwickeln die Fachleute aus Wissenschaft, Kunst und Journalismus illustrierte Sachgeschichten, thematische Exkursionen und Laborversuche zum Thema mikrobielle Biotechnologie. Außerdem werden Labortage angeboten

oder die miwelt-Experten kommen direkt in die Schule, um mit den Kindern zu experimentieren. Weitere Infos finden sich unter <https://miwelt.net>.



Verband | Biologie, Biowissenschaften
& Biomedizin in Deutschland

**GEMEINSAM
FÜR DIE**

BIEWISSENSCHAFTEN

Gute Gründe, dem VBIO beizutreten:

- Werden Sie Teil des größten Netzwerks von Biowissenschaftlern in Deutschland
- Unterstützen Sie uns, die Interessen der Biowissenschaften zu vertreten
- Nutzen Sie Vorteile im Beruf
- Bleiben Sie auf dem Laufenden – mit dem VBIO-Newsletter und dem Verbandsjournal „Biologie in unserer Zeit“
- Treten Sie ein für die Zukunft der Biologie



www.vbio.de

Jetzt beitreten!

