



Hummeln lösen Blütenbildung aus

Wenn für Hummeln im Frühjahr das Pollenangebot zu knapp ist, wissen sie sich zu helfen. Sie können durch Bisse in Blätter manche Pflanzenarten dazu anregen, die Blühzeit um einige Wochen vorzuverlegen. Es handelt sich um ein erstaunliches Beispiel von Plastizität bei Insekt und Pflanze, also die anspruchsvolle Fähigkeit, passend auf Umweltreize reagieren zu können.

Reinhard Junker

Plastizität: eine anspruchsvolle Fähigkeit

Ein faszinierendes Kennzeichen von Lebewesen ist ihre Fähigkeit, auf Umweltreize durch angepasste Veränderungen im Körperbau, in der Physiologie oder im Verhalten reagieren zu können. Diese Fähigkeit, flexibel zu reagieren, wird als Plastizität bezeichnet. Man versteht darunter die Eigenschaft eines bestimmten Genotyps, *mehrere Phänotypen in Abhängigkeit von veränderlichen Umweltbedingungen oder als Reaktion auf Umwelt-signale* hervorzubringen. Der Genotyp ist die Summe aller Erbfaktoren (das gesamte Erbgut), der Phänotyp das Erscheinungsbild im weitesten Sinne, also nicht nur Körperbau und Anatomie, sondern auch Physiologie und Verhalten. Bekannte Beispiele plastischer Reaktionen beim Menschen sind die Verdickung der Hornhaut bei mechanischer Beanspruchung (z.B. beim Barfußgehen oder beim Spielen eines Saiten-instruments) oder die Erhöhung der Anzahl der roten Blutkörperchen in Abhängigkeit vom

Sauerstoffangebot der Umgebung (Luftdruck bzw. Sauerstoffgehalt der Atmosphäre).

Plastische Reaktionen erfordern eine anspruchsvolle Programmierung. Denn bei einem plastischen Merkmal wird nicht ein fixer „Bau-plan“ umgesetzt, so dass eine ganz bestimmte Form erzeugt wird (wie in der Technik), sondern es handelt sich um eine *variable Programmierung*, die mit einem Regelkreis verglichen werden kann. Für eine plastische Reaktion sind nämlich drei Faktoren unverzichtbar: 1. Die Messung bzw. Erfassung eines Reizes und damit die Feststellung des Istzustandes, 2. Vergleich von Istzustand und Sollzustand, 3. Entsprechend angepasste Reaktion bei einem zu großen Unterschied zwischen Ist- und Sollzustand. Außerdem muss auch der Sollzustand irgendwie festgelegt worden sein. Man kann hier beispielsweise an einen Thermostaten denken oder das oben genannte Beispiel heranziehen: Ist die Hornhaut für eine neue mechanische Beanspruchung (Reizaufnahme) zu dünn (Vergleich von Istzustand mit Sollzustand), werden Prozesse in Gang gesetzt, die zu einer



Abb. 1 Hummel in Aktion.
(Foto: Winfried BORLINGHAUS)

Verdickung der Hornhaut führen (angepasste Reaktion). WHITMAN & AGRAWAL (2009, 20) stellen zum erforderlichen Aufwand bei plastischen Reaktionen fest: „Zwischen der Reizaufnahme und der Ausprägung des Phänotyps können *Dutzende von Schritten* liegen, die durch *Hunderte von Genen* und zahllose Umweltfaktoren und physiologische Faktoren beeinflusst werden“ (Hervorhebung hinzugefügt).

Strategie der Hummeln

Von einem erstaunlichen Beispiel eines plastischen Verhaltens berichteten kürzlich Forscher um Foteini PASHALIDOU von der Eidgenössischen Technische Hochschule Zürich. Sie stellten fest, dass Hummeln (*Bombus terrestris*) eine Handhabe besitzen, Pflanzen zum Blühen zu bringen, um dadurch früher an Pollennahrung zu gelangen (PASHALIDOU et al. 2020). Hintergrund dieser Fähigkeit ist die Tatsache, dass bei vielen Pflanzenarten die Blühzeit durch die Tageslänge bestimmt wird, während die Aktivitäten der Hummeln durch die Lufttemperatur beeinflusst werden. Beides stimmt aber nicht immer zusammen, und durch den Klimawandel gehen beide Parameter noch häufiger auseinander als früher. Das kann dazu führen, dass die Hummeln im zeitigen Frühjahr noch nicht genügend Blüten vorfinden.

Doch die Hummeln wissen sich zu helfen, wenn das Nahrungsangebot der Blüten knapp ist. Sie stechen mit ihren Mandibeln (Mundwerkzeugen) kleine Löcher in die Blätter blütenloser Pflanzen. Dabei nehmen sie jedoch keine Pflanzenstoffe aus den Blättern auf, sondern sie regen dadurch die Pflanzen zur Blütenbildung an. (Dies

geschieht oft auch dann, wenn Trockenheit oder mechanische Schäden die Pflanzen bedrohen und diese dann rasch die Blütenbildung hochfahren, um noch rechtzeitig Samen produzieren zu können.) Durch vergleichende Experimente konnten die Forscher nachweisen, dass Tomatenpflanzen, die von den Hummeln durch Bisse in die Blätter traktiert worden waren, bis zu dreißig Tage früher blühten als Kontroll-Exemplare ohne den Kontakt mit den Insekten. Bei ähnlich behandelten Senfpflanzen konnte die Blühzeit um gut zwei Wochen vorverlegt werden. Und die Hummeln attackierten die Blätter ihrer potenziellen Nahrungslieferanten auch tatsächlich nur bei Nahrungsmangel.

Durch Pinzetten verursachte Löcher in den Blättern erzielten ebenfalls den Effekt der Vorverlegung der Blühzeit, doch nicht so ausgeprägt wie bei den Hummelbissen. Offenbar verursachen die Tiere einen zusätzlichen Reiz, der zu der intensiveren Reaktion der Pflanzen führt. Der Mechanismus, durch den die Beschädigung der Blätter das Blühen beschleunigt, ist bisher nicht aufgeklärt (PASHALIDOU et al. 2020, 884).

Die Wissenschaftler stellten das Verhalten auch bei Steinhummeln (*Bombus lapidarius*) und Hellen Erdhummeln (*Bombus lucorum*) fest und schließen daraus, dass dieses Verhalten unter den Vertretern der Hummeln weit verbreitet sein könnte. Bei den Honigbienen wurde dagegen nichts Vergleichbares beobachtet.

Zweifache Plastizität

Diese Beziehung zwischen Hummeln und Pflanzen offenbart eine zweifache Plastizität: Zum einen wird das Verhalten der Hummeln durch die Verfügbarkeit von Nahrungsquellen beeinflusst. Wenn der Istzustand (wenig Nahrung) vom Sollzustand (genügend Nahrung) abweicht, reagieren die Hummeln durch ein ungewöhnliches Verhalten (Bisse in die Blätter bestimmter Pflanzen). Man fragt sich, woher die Hummeln wissen, dass sie damit Erfolg haben werden. Diese plastische Reaktion des Verhaltens setzt aber voraus, dass die betreffenden Pflanzen ebenfalls eine plastische Reaktion zeigen können. Ein äußerer Reiz (Bisse in die Blätter) verschiebt hier den Sollwert (Blühzeit). Das ganze System der Antwort auf den Reiz muss schon angelegt sein, sonst bedeuten die Hummelbisse nur eine unbedeutende und folgenlose Verletzung.

In einem Begleitkommentar diskutiert CHITKA (2020) die Frage, wie dieses ungewöhnliche Verhalten entstanden sein könnte, verwirft aber alle Vorschläge. Er spricht z. B. die Möglichkeit an, dass einzelne Hummeln herausgefunden haben könnten, dass der Blattstich in Zukunft belohnt wird, und dass diese Hummeln sich ge-

nau an die Pflanzen erinnern, die sie beschädigt haben, und Wochen später zu ihnen zurückkehren, um die Früchte ihrer Bemühungen zu ernten. Dies sei vielleicht nicht ganz unplausibel, da Hummeln auch andere beeindruckend innovative Lösungen für den Zugang zu Belohnungen entwickelt hätten und ihr räumliches

Plastizität benötigt Anpassungsprogramme für besondere Situationen. Diese liegen unabhängig vom Bedarf vor.

Gedächtnis ein Leben lang halten kann. Doch dieses Argument wäre ein reiner Zirkelschluss, da auch der Ursprung anderer Verhaltensweisen gesondert erklärt werden müsste. Zudem würde die Antwort auf eine bestimmte Frage nicht automatisch einschließen, dass es auch eine Antwort auf eine andere Frage gibt. CHITTKA selber hält es ohnehin für unwahrscheinlich, dass Hummeln lernen können, dass ein Zusammenhang zwischen einer Handlung und einer Belohnung besteht, die erst einen Monat später stattfindet. Außerdem leben die Hummeln in der freien Natur selten länger als einen Monat.

Unklar ist der Ursprung des Verhaltens der Hummeln auch aus der „Sicht“ der Pflanzen. Eine Möglichkeit sei, so CHITTKA, dass Biss-

Schäden von den Pflanzen als ein anhaltender Pflanzenfresser-Angriff interpretiert werden, was eine frühere Blütezeit erzwingen könnte, bevor die Pflanze aufgrund des Schadens vorzeitig abstirbt. Doch er gibt zu bedenken, dass Pflanzen das Blühen als Reaktion auf verschiedene Stressoren zwar bekanntermaßen beschleunigen können, es aber keine bekannten Beispiele für eine solche Reaktion auf Pflanzenfresser gebe.

Plastizität ist eine auf Eventualitäten eingestellte Fähigkeit; sie liegt vor, ob sie genutzt wird oder nicht. Es handelt sich um ein Anpassungsprogramm für alle Fälle. Als teleologisches – auf Zukunft gerichtetes – Konzept ist Plastizität ein typisches Design-Indiz (vgl. JUNKER 2014).

Literatur

- CHITTKA L (2020) The secret lives of bees as horticulturists? *Science* 368, 824–825.
- JUNKER R (2014) Plastizität der Lebewesen: Baustein der Makroevolution? <https://www.wort-und-wissen.org/wp-content/uploads/b-14-2-plastizitaet.pdf>
- PASHALIDOU FG, LAMBERT H, PEYBERNES T, MESCHER MC & DE MORAES CM (2020) Bumble bees damage plant leaves and accelerate flower production when pollen is scarce. *Science* 368, 881–884.
- WHITMAN DW & AGRAWAL AA (2009) What is Phenotypic Plasticity and Why is it important? In: WHITMAN DW & ANANTHAKRISHNAN TN (eds) Phenotypic Plasticity of Insects: Mechanisms and Consequences. Science Publishers.

Bernsteininkluden – Einblicke in frühe Pflanzen-Bestäuber-Beziehungen

Bernsteineinschlüsse (Inkluden) erlauben faszinierende Einsichten in Momente aus der Erdgeschichte. In Bernstein aus Myanmar wurden Inkluden beschrieben, die einen einzigartigen Einblick in Pflanzen-Bestäuber-Beziehungen zur Zeit der Kreide gewähren. Manche Aspekte erscheinen dabei heute eher fremdartig, aber insgesamt zeigen sich Hinweise auf ein differenziertes und komplexes Ökosystem.

Harald Binder

Vorkommen fossiler Harze zusammen mit den gelegentlich enthaltenen Einschlüssen (Inkluden) sind weltweit bekannt. Dennoch wurden in der Vergangenheit zu bestimmten Phasen vor allem einzelne geographische Lagerstätten intensiv bearbeitet. Auf weit zurückreichende Untersuchungen über den klassischen Baltischen Bernstein folgte eine auffällige Häufung von Arbeiten über fossile Harze aus der

Karibik (Dominikanischer Bernstein). Seit einigen Jahren erscheinen nun auffällig viele Veröffentlichungen über Bernstein aus Südostasien, konkret aus Myanmar (auch unter dem Namen Birma oder Burma bekannt). Die dortigen Vorkommen werden der mittleren Kreide zugeordnet, die meisten Autoren geben dafür ein Alter von 100 Millionen radiometrischen Jahren (MrJ) an.