

odisca vitripennis, („glassy-winged sharpshooter“ = „Glasflügel-Scharfschütze“). Im Gegensatz zu Ernährungsgewohnheiten bei Insekten ist die Abfallbeseitigung nämlich noch weitgehend unerforscht (CHALLITA et al. 2023, 1).

Die Ernährung der millimetergroßen Insekten erfolgt ausschließlich durch nährstoffarmen Xylem-Saft von Pflanzen. Das stellt für die Abfallbeseitigung eine große Herausforderung dar. Xylem-Saft besteht bis zu 95 % aus Wasser sowie aus Nährstoffen, welche die Zwergzikaden nach der Aufnahme herausfiltern. Das führt dazu, dass Zwergzikaden pro Tag mehr als das Dreihundertfache ihres eigenen Körpergewichts an Xylem-Saft aufnehmen. Bei Menschen ist es nur ca. ein Vierzigstel des eigenen Körpergewichts pro Tag. Durch den hohen Wasserkonsum fällt bei den Insekten sehr viel Urin an, der sehr häufig ausgeschieden werden muss. Außerdem ist die Ernährung sehr energiearm, während die häufige Urinabsonderung sehr energieaufwändig ist. Daher stellt sich die Frage, welche strömungsdynamischen, energetischen und biomechanischen Prinzipien es den kleinen Insekten trotzdem ermöglichen zu überleben.

Schnelles Ausstoßen von Flüssigkeiten in Form von Wasserstrahlen ist sehr energieaufwendig und kommt für die kleineren Zwergzikaden daher nicht in Frage (CHALLITA et al. 2023, 6). Stattdessen erfolgt die Ausscheidung *in Tröpfchenform mittels Superpropulsion*. Superpropulsion beschreibt ein Phänomen, bei dem ein elastisches Projektil (hier ein kleiner Wassertropfen) durch gutes Timing eine höhere Geschwindigkeit als die des zugrundeliegenden *Aktuators* („Bewegungs-Erzeugers“) – hier des Analstachels („anal stylus“) – erreicht.

Anhand von Hochgeschwindigkeitsaufnahmen untersuchten die Forscher den Prozess des Tröpfchenausstoßes und beobachteten dabei drei Phasen: die *Tröpfchenbildung*, das *Spannen des Analstachels* und das *Schleudern des Tröpfchens*. In der ersten Phase bildet die Zwergzikade ein Tröpfchen an der Spitze ihres

■ Energieeffiziente und blitzschnelle Abfallbeseitigung bei Zwergzikaden

Ein Forscherteam um CHALLITA (2023) entdeckte eine geniale und bislang unbekannte Strategie der Abfallbeseitigung bei Zwergzikaden (Cicadellidae) der Art *Homal-*

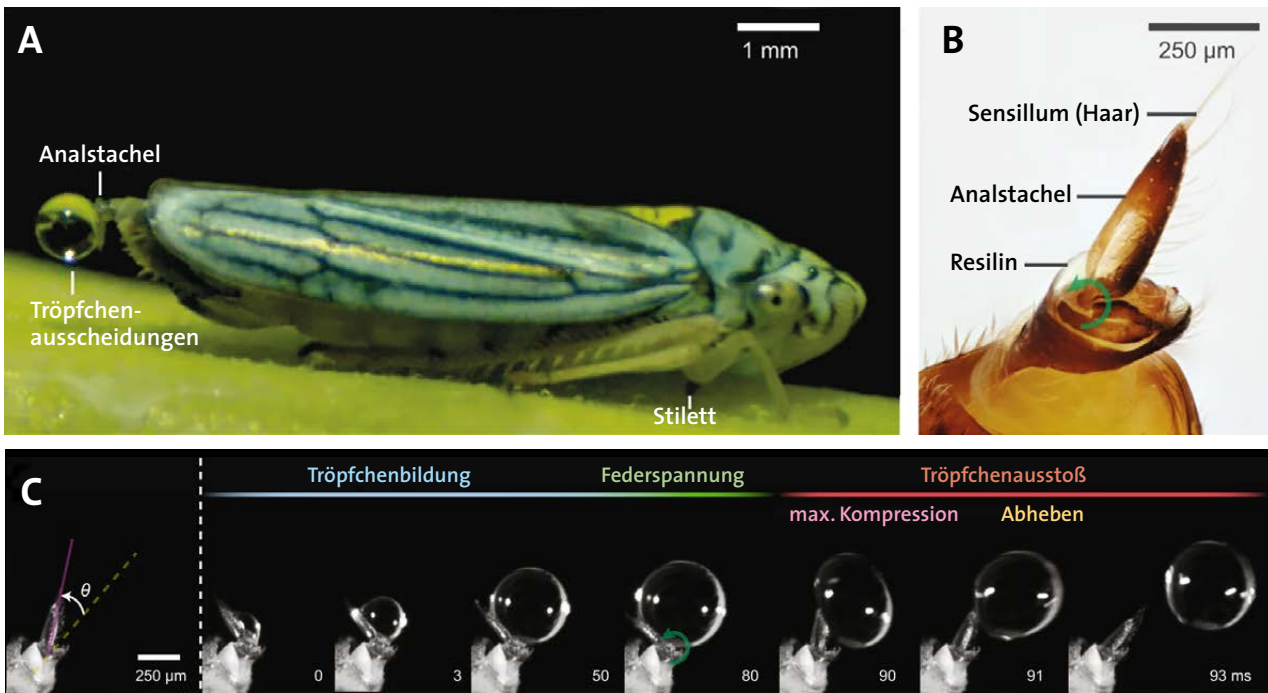


Abb. 1 A Die Zwergzikade *Homalodisca* mit einem Ausscheidungs-Tröpfchen am Analstachel, B Großaufnahme des Analstachels, C Prozess der Superpropulsion beim Wegschleudern des Tröpfchens. (Nach CHALLITA 2023, Fig. 1, <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

mit wasserabweisenden Härchen besetzten Analstachels aus. Danach rotiert der Analstachel bei ca. 15° und speichert so elastische Energie im Stachel. In der letzten Phase rotiert der Stachel schnell, setzt die gespeicherte elastische Energie frei und schleudert das Tröpfchen fort. Die Geschwindigkeit des Tröpfchens erreicht dabei eine um 40 % höhere Geschwindigkeit als die des Stachels.

Das zugrundeliegende Prinzip ist ähnlich wie das eines Trampolinspringers. Indem der Springer auf das Trampolin springt und es nach unten drückt, nimmt es elastische Energie auf (analog zum Spannen des Stachels). Springt der Springer anschließend gezielt im Moment des Freiwerdens der im Trampolin gespeicherten Energie ab, erreicht der Springer eine höhere Geschwindigkeit sowie Sprunghöhe. In vergleichbarer Weise nutzen die Zwergzikaden dieses Prinzip der *Superpropulsion*.

Das Wassertröpfchen nimmt dabei die Rolle eines Trampolins ein. Ähnlich wie ein vom Springer verbogenes Trampolin kann ein Wassertröpfchen aus dem energie-

ärmsten Zustand durch Verformung einen energiereichen Zustand annehmen und so kurzfristig Energie speichern. Der Analstachel gleicht einem Trampolinspringer: Während sich dieser bewegt, komprimiert er das Tröpfchen, welches dann unter Freisetzung der gespeicherten Energie in den Ausgangszustand entspannt wird. Sind die Bewegungen zeitlich genau richtig aufeinander abgestimmt, dann verstärkt der Rückstoß des Tröpfchens die Kraft des Stachels und es wird mit 1,4-facher Geschwindigkeit weggeschleudert. Wird eine der beiden Bewegungen dabei zu schnell oder zu langsam ausgeführt, neutralisieren sich die Kräfte teilweise, und die Schleuderbewegung wird gehindert. *Nur mit feiner zeitlicher Abstimmung ist die Zwergzikade in der Lage, den Effekt der Superpropulsion zu nutzen.* Gleichmaßen führen Störungen wie beispielsweise das Entfernen der Härchen am Stachel zu einer Schleuderbewegung, die nicht mehr dem Prinzip der Superpropulsion folgt (CHALLITA et al. 2023, 4). Die Forscher gehen davon aus, dass das Schleudern des Tröpfchens unter den entsprechenden Rahmenbe-

dingungen 4- bis 8-mal weniger Energie benötigt als das Ausstoßen in Form eines Wasserstrahles.

Superpropulsion ist in der menschlichen Technik kein unbekanntes Prinzip. Allerdings konnte es im Rahmen dieser Studie zum ersten Mal auch bei einem Lebewesen beobachtet werden. Die Untersuchung könnte zukünftig auch als Inspiration für energieeffiziente technische Anwendungen dienen, wie z. B. bei energieeffizienten Fluidgeräten oder Soft-Robotersystemen. Vielleicht könnte man mittels dieses Prinzips auch eingedrungenes Wasser aus Smartphones entfernen.

Superpropulsion benötigt im technischen Bereich eine präzise Abstimmung von Material, Bewegung und Zeitpunkt, was den planenden Verstand eines Ingenieurs voraussetzt. Daher ist ausgehend von einem genialen Superpropulsions-Mechanismus bei Geschöpfen wie den Zwergzikaden der Rückschluss auf einen intelligenten Schöpfer naheliegend.

[CHALLITA EJ, SEHGAL P, KRUGNER R & BHALLA MS (2023) Droplet superpropulsion in an energetically constrained insect. *Nat. Commun.* 14, 860] S. Willert