

Das Insektenkarussell

Schüler erforschen die Haft-eigenschaften von Tieren auf Oberflächen

RWTHTHEMEN 1/2008

Weshalb können Tiere an Wänden entlang kriechen und fallen selbst von der Decke nicht herunter? Gibt es Insekten, die nicht in der Lage sind, sich an einer Glasscheibe festzuhalten? Haften alle Insekten auf den gleichen rauen Untergründen gleich gut? Lassen sich Materialien finden oder gezielt herstellen, die für laufende Insekten schwer überwindlich sind oder sogar eine Barriere darstellen? Die Haft-eigenschaften von Insekten auf den verschiedenartigsten Oberflächen können in der Schule mit dem „Insektenkarussell“ erforscht werden. Es ist eine Art Zentrifuge, die durch die Verwendung von leicht zugänglichen und kostengünstigen Materialien aufgebaut werden kann. Sie ist in Kooperation der Lehr- und Forschungsgebiete Zoologie und Humanbiologie sowie Zelluläre Neurobionik im Institut für Biologie II im Rahmen einer Staatsexamensarbeit entwickelt worden. Schulministerin Barbara Sommer hat diesen Versuchsaufbau im vergangenen Jahr auf der Bildungsmesse „didacta“ mit dem ersten Preis beim Landeswettbewerb „ExaMediaNRW“ ausgezeichnet.

Bionik in der Schule?

In den naturwissenschaftlichen Lehrplänen für die Schulen in Nordrhein-Westfalen sind derzeit keine bionischen Inhalte zu finden. Auf der anderen Seite wird dem Lernen in Kontexten und dem interdisziplinären Lernen große Bedeutung beigemessen. Schon aus diesem Grund bietet die Bionik einen für Schüler hochinteressanten und für deren wissenschaftspropädeutische Ausbildung nutzbringenden Ansatz. Dass Bionik mehr ist als „Klettverschluss“ und „Lotus-Effekt“, lassen die Beiträge in dieser Ausgabe der „RWTH-Themen“ erkennen. Am Beispiel der Interaktion von Insekten und Oberflächen soll hier gezeigt werden, dass es mit verhältnismäßig einfachen Mitteln möglich ist, aktuell in der Forschung interessierende Themen in der Schule zu behandeln, und dies nicht nur theoretisch: Biologische, physikalische und mathematische Unterrichtsinhalte finden gepaart mit experimentellen

Untersuchungen Anwendung und führen trotz der Verwendung von „Spielzeug“ zu Ergebnissen, die sich nicht zu verstecken brauchen. Schüler können den Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung selbst beschreiten, indem sie das Versuchsgerät mit entwickeln und die gewonnenen Messwerte fach- und sachgerecht auswerten.

Die eingangs gestellten Fragen können als Ausgangspunkt dienen, um Schüler zum Nachdenken anzuregen, wie die Füße verschiedener Tierarten beschaffen sein müssen, um sich an senkrechten und/oder extrem glatten Flächen fortbewegen zu können. Das Phänomen ist den Schülern bekannt: Sie haben Spinnen beobachtet, die beispielsweise in einer Badewanne gefangen sind, weil sie immer wieder von den Seitenflächen abrutschen. Viele kennen die bemerkenswerte Eigenschaft der Geckos, eine senkrechte Glasfläche zu erklimmen. Für den realen Einsatz in der Schule sind Insekten, wie beispielsweise Stabheuschrecken oder Ameisen, gut geeignet, da sie sich leicht beschaffen und halten lassen. Nicht alle Ameisenarten stehen unter Naturschutz, und ein Konflikt mit dem Tierschutzgesetz besteht bei Insekten generell nicht. Das Experimentieren wird vereinfacht, weil diese Tiere im Gegensatz zu den meisten anderen Insekten keine Flügel besitzen. Möchte man im bionischen Sinne die grundlegenden Prinzipien ergründen und verstehen, müssen einerseits die morphologischen Strukturen der Insekten sowie der Oberflächen untersucht und andererseits das Zusammenwirken der Eigenschaften planvoll im Experiment erforscht werden.

Bau der Insektenfüße

Der Mensch und die meisten Tiere stehen nicht durch ihren gesamten Körper mit Oberflächen in Kontakt, sondern nur über eine verhältnismäßig geringe Fläche. So muss bei Insekten dem Aufbau der Füße, auch Tarsen genannt, besondere Beachtung geschenkt werden. Am letzten Tarsenglied, dem Prätarsus,

befinden sich bei den Stabheuschrecken ein Paar Krallen und ein Haftlappen. Beschaffenheit, Form und Größe dieser tarsalen Anhänge lassen sich mit raster-elektronenmikroskopischen Aufnahmen untersuchen. Die Kenntnis des Tarsenbaus dient im Unterricht dazu, Vermutungen über die Funktion der identifizierten Strukturen experimentell zu überprüfen. So werden die Schüler herausfinden können, dass Insekten je nach Beschaffenheit des Untergrundes teils ihre Krallen, teils ihre Haftlappen benutzen.

Mögliche Oberflächen

Zur experimentellen Untersuchung bedarf es also glatter und rauer Oberflächen. Hier bieten sich wegen der leichten und kostengünstigen Beschaffbarkeit CDs, Schreibpapier und Schmirgelpapiere diverser Körnungen zwischen P 320 und P 4000 an. Kleine Zahlen bedeuten große Körner und damit raue Oberflächen, hohe Zahlen bedeuten weniger raue Eigenschaften. Aufgrund der industriellen Fertigung darf man bei all diesen Oberflächen von jeweils konstanten Bedingungen ausgehen, sodass die Untersuchungsergebnisse reproduzierbar sein werden. Nach Analyse der genannten Oberflächen können die Schüler eine Hypothese aufstellen und ihr Experiment entwickeln.

Entwicklung der Methodik

Schüler haben große Freude daran, selbst erfinderisch tätig zu sein, wenn es darum geht, eine Methodik zu entwerfen. Zur Untersuchung des Haltevermögens der Insekten entwickeln sie mannigfache Vorschläge, die teilweise ohne große Hilfsmittel getestet werden können. Man kann beispielsweise die Insekten mittels eines Trinkhalmes von verschiedenen Seiten und in unterschiedlicher Intensität anblasen, um Unterschiede im Haltevermögen zu untersuchen. Dabei entdeckt man den „Freezing-Reflex“, bei dem die Tiere bei höherer Krafteinwirkung die Fortbewegung einstellen, um auf der Stelle zu verharren. Ein anderer Vorschlag ist es, mittels einfacher Federkraftmesser experimentell die

Kraft zu bestimmen, bei der sich die Stabheuschrecken von diversen Oberflächen lösen lassen.

Bald wird man mit den Schülern zu der Erkenntnis gelangen, dass es verfeinerter Messmethoden bedarf, um die wirkenden Kräfte zu bestimmen. Dies ist mit dem „Insektenkarussell“ möglich. Die Grundausstattung bietet dabei beispielsweise das Baukastensystem fischertechnik®. Regulierbares Netzgerät, Motor und passendes Getriebe erlauben es, CDs, die mit verschiedenen Materialien beklebt worden sind, mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in Rotation zu versetzen. Bei Kenntnis der durchschnittlichen Masse des Versuchstiers, dessen Entfernung vom Mittelpunkt und der Drehzahl der Scheibe kann die auf das Insekt wirkende Zentrifugalkraft errechnet werden.

Die Krafteinwirkung auf das Insekt wird nach und nach durch Steigerung der Geschwindigkeit erhöht. Bewegt sich das Tier zu Beginn noch über die rotierende Scheibe, bleibt es wegen des einsetzenden Freezing-Reflexes nach kurzer Zeit stehen. Somit bleibt der Abstand des Insekts zum Mittelpunkt ab einer gewissen Krafteinwirkung konstant. Ab diesem Zeitpunkt hängt die einwirkende Kraft nur noch von der Geschwindigkeit der rotierenden Scheibe ab. Bei erwarteten Umdrehungsgeschwindigkeiten von bis zu 1.200 Umdrehungen pro Minute kann das Insekt auf der Scheibe mit bloßem Auge nicht mehr wahrgenommen werden. Um den Versuchsverlauf dennoch verfolgen zu können, bedient man sich des folgenden Tricks: Ein Stroboskop wird extern so angesteuert, dass pro Umdrehung der Scheibe genau ein Lichtblitz ausgelöst wird. Das Signal erhält das Stroboskop von einer Gabellichtschranke, deren Lichtstrahl durch eine Markierung auf einer zweiten CD rundenweise unterbrochen wird. Hierdurch erscheint das Tier für das menschliche Auge immer an der gleichen Stelle. Doch lässt sich nicht nur unser Auge täuschen: Den gleichen Eindruck erhält man, wenn man zur späteren exakten Auswertung die Versuchsdurchgänge mit einer Vi-

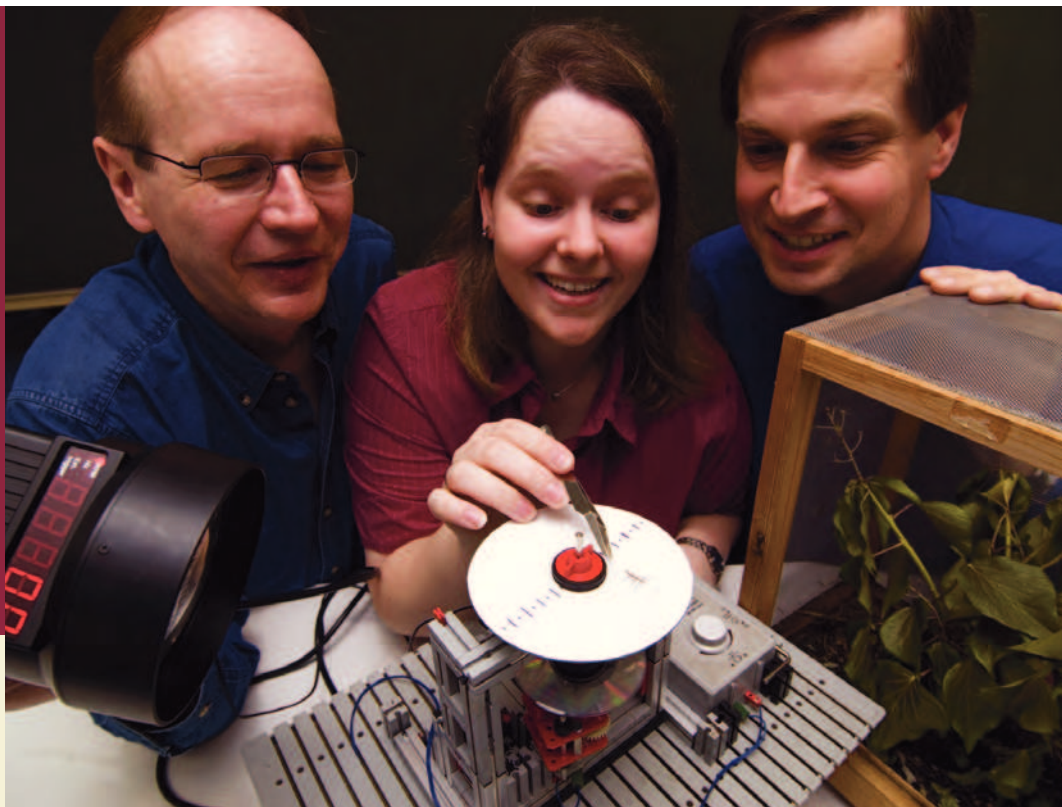


Bild 1: Eine Stabheuschrecke wird auf den Versuch vorbereitet.
Foto: Peter Winandy

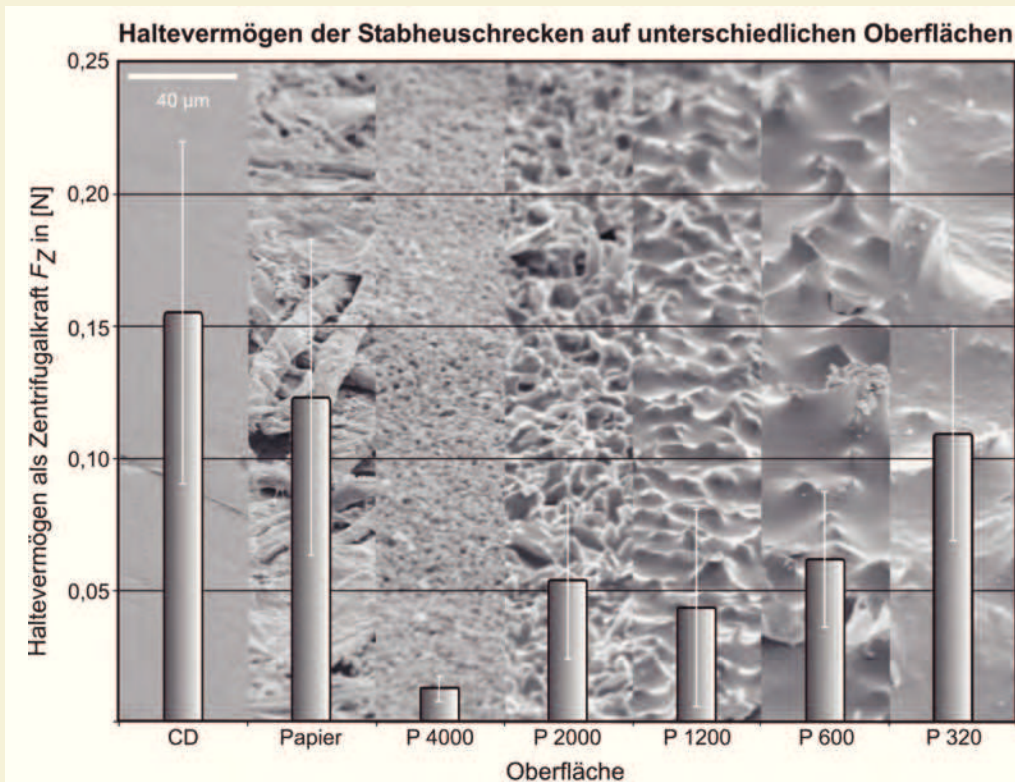


Bild 2: Stabheuschrecken können sich je nach Oberfläche unterschiedlich gut festhalten. Die Anzahl der Versuchsdurchläufe variierte zwischen $n=21-33$. Der Balken zeigt als Standardabweichung die Streuung der Messwerte vom Mittelwert an.

deokamera aufzeichnet. Die Drehzahl wird am Stroboskop fortwährend angezeigt. Der Endwert wird abgelesen, wenn die Stabheuschrecke schließlich von der Scheibe geschleudert wird. Dies überstehen die Insekten übrigens ohne sichtbaren Schaden, wovon sich die Schüler überzeugen können, wenn man die Insekten durch einen Pappzylinder auffängt, der die Apparatur umgibt.

Ergebnisse

Während des Experimentierens stellen die Schüler fest, dass Lebewesen mitunter sehr unterschiedlich reagieren. Das gleiche Individuum verlässt dieselbe Scheibe in den verschiedenen Versuchsdurchgängen bei höheren oder niedrigeren Drehzahlen. Ebenso

hat der Winkel der Körperlängsachse des Tieres zum Radius einen Einfluss. Damit ist ein wichtiges Lernziel erreicht, nämlich die Einsicht, dass man gesicherte Aussagen nur nach häufiger Wiederholung gewinnen kann, und die Werte statistisch ausgewertet werden müssen. Nach Bestimmung der Drehzahlen kann man anschließend diejenigen Zentrifugalkräfte errechnen, die jeweils in dem Moment auf die Tiere gewirkt haben, als sie von der rotierenden Scheibe geschleudert wurden. Je größer diese Kraft ist, desto besser können sich die Tiere auf den jeweiligen Oberflächen halten. Dementsprechend bedeutet ein geringer Wert ein geringes Haltevermögen. Die Ergebnisse lassen sich durch gängige Computerpro-

gramme in eine anschauliche, grafische Form bringen.

Bei der Auswertung der Ergebnisse fällt auf, dass sich Stabheuschrecken offensichtlich auf der glatten CD-Oberfläche besser halten können als auf jeder (untersuchten) anderen. Es ist naheliegend, hier den Einsatz der Haftlappen zu vermuten. Mit den Krallen können sich diese Tiere offensichtlich gut an den in der Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme sichtbaren Papierfasern oder dem rauen Schmirgelpapier festhalten. Das vielleicht interessanteste Ergebnis zeigt sich beim äußerst feinen Schmirgelpapier P 4000: Das sehr geringe Haltevermögen lässt darauf schließen, dass weder die Haftlappen noch die Krallen optimale Strukturen für diese Oberfläche bieten.

Die Schüler werden aus dieser experimentellen Erfahrung die Erkenntnis gewinnen, dass die exakte Erforschung eines Sachverhaltes zwar ein mitunter aufwändiges, aber immer sehr spannendes Unterfangen ist. Es ist vorstellbar, Oberflächen zu (unter-)suchen, die durch laufende Insekten schwer überwunden werden können. Nach Analyse deren Eigenschaften könnte es gelingen, gezielt Oberflächen herzustellen, die laufende Insekten – wie zum Beispiel Küchenschaben – davon abhalten in Wohnungen einzudringen.

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.techn. Werner Baumgarten betreut das Lehr- und Forschungsgebiet Zelluläre Neurobionik.
Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Johannes Bohrmann betreut das Lehr- und Forschungsgebiet Zoologie und Humanbiologie.
Petra Hüttermann fertigte als Lehramtsstudentin ihre Staatsexamensarbeit am Lehr- und Forschungsgebiet Zoologie und Humanbiologie an.
Martin Wüller ist Oberstudienrat und arbeitet als abgeordneter Lehrer am Lehr- und Forschungsgebiet Zoologie und Humanbiologie.