

ZOOLOGIE

Der Räuber unter den Mistkäfern

*Mistkäfer sind weltweit verbreitete, friedliche Insekten und bekannt dafür, dass sie eine ruhige „Dung“-Kugel schieben, um sich später von den darin enthaltenen Bakterien und der sich zersetzenden Biomasse zu ernähren. Trond Larsen und seine Arbeitsgruppe haben jedoch im peruanischen Regenwald einen Räuber unter den Mistkäfern gefunden. Die Art *Deltochilum valgum* ernährt sich ausschließlich von Tausendfüßern.*



ABB. Links: Der Mistkäfer *Deltochilum valgum* transportiert seine Beute ab. **Rechts:** Verzehrt wird das weiche Gewebe. Bild: Trond H. Larsen.

Mit teilweise mehr als 80 gleichzeitig vorkommenden Mistkäferarten in einem Beobachtungsgebiet ist die Nahrungskonkurrenz groß im peruanischen Regenwald. Einzelne Arten haben ihre Nische daher zusätzlich in verfaulendem Obst oder verwesendem Aas gefunden.

Erstmals wird jetzt jedoch von einer räuberischen Art berichtet. *Deltochilum valgum* ernährt sich ausschließlich von Tausendfüßern und wird, wie in verschiedenen Experimenten beobachtet wurde, besonders von lebenden, aber verletzten Tieren angezogen. Diese strömen einen intensiveren Geruch aus als unversehrte Tiere und sind auch leichter zu töten.

Der Ausgangspunkt für die Entwicklung zum Räuber war wahrscheinlich eine Mistkäferart, die sich zusätzlich zum Dung auch von Aas ernährte. Morphologische Veränderungen haben dann im

Laufe von mehreren Generationen den Weg für eine räuberische Verhaltensweise geebnet.

Deltochilum valgum hat längere und stärker gebogene Hinterbeine als die nahen Verwandten. Mit den Hinterbeinen wird der Tausendfüßer umklammert. Die Kopfplatte ist schmaler, länger und stärker gebogen als bei normalen Mistkäfern. Mit den am vorderen Ende der Kopfplatte gelegenen „Zähnen“ wird dem erbeuteten Tausendfüßer regelrecht der Kopf abgehebelt oder das Tier wird am Übergang zweier Segmente auseinandergehebelt.

Das getötete Tier wird sodann abtransportiert und an einem ruhigen Ort in kleine Stücke zerlegt. Zur Mahlzeit steckt der Mistkäfer seinen Kopf in die Segmentstücke und frisst das weiche Gewebe von innen auf (siehe Abbildung).

[1] Trond H. Larsen et al., *biology letters* 2009, 5, 152–155.

Silke Wendler, Erlangen

UNTERRICHT

Die Struktur der DNA – Modell-Projekt II

Wie die DNA in etwa aussieht, kennt praktisch jeder von Abbildungen. Allerdings zeigen erst dreidimensionale Modelle die eindrucksvolle Schönheit und Vollkommenheit des Moleküls. Leider sind solche Modelle teuer. In zwei Artikeln (Biol. unserer Zeit, 2008, 38, 150 sowie Chem. unserer Zeit 2008, 42, 293) wurde ein Modell vorgeschlagen, das sich sehr kostengünstig herstellen lässt. Nun wächst die Modell-Familie: Für Unterrichtszwecke lassen sich nach neuem Konzept auch deutlich größere, ebenfalls kostengünstige Modelle bauen.

Das ursprüngliche Modell hat einen didaktischen Nachteil: Wegen der vorgeschlagenen Bauteile ist die Größe festgelegt. Nur mit erheblichen Mühen und Kosten lässt sich das Modell vergrößern. Für den Unterricht wären allerdings größere Modelle sehr wünschenswert. Damit stellte sich eine neue Herausforderung, die nur durch einen Paradigmenwechsel zu lösen war. Das Konzept mit der festen

Innenachse musste aufgegeben werden (siehe Abbildung, Mitte). Stattdessen konnte eine sehr variable Alternative entwickelt werden, nämlich mit zehn „Außenachsen“. Die natürliche DNA-Spirale mit einem Durchmesser von 2 nm kommt nach zehn Stufen an den Ausgangspunkt zurück, allerdings in einer Entfernung von 3,4 nm. Der Abstand von einer zur nächsten Stufe beträgt demnach 0,34 nm

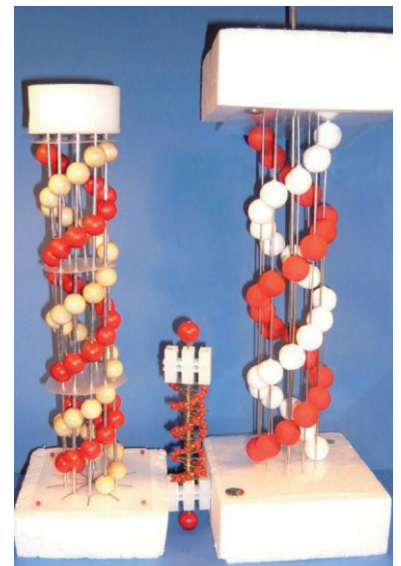


ABB. 1 Große DNA-Modelle eignen sich gut für Unterrichtszwecke. Modell links mit Holzperlen und etwas engerem Kreis sowie Trennscheiben, um ein Verrutschen der Kugel zu verhindern. Modell rechts mit Baumwoll-Kugeln, die nicht verrutschen. In der Mitte das ursprüngliche Modell.

bei einer Verdrehung von 36° . Soll der Abstandhalter zwischen den einzelnen Ebenen eine Kugel sein, die sozusagen die Zucker-Phosphat-Bindung nachbildet, lassen sich die Verhältnisse mit Hilfe der Trigonometrie berechnen. Um nicht durch zu viele mathematische Formeln vom Nachbau der Modelle abzuschrecken, sei hier nur das Ergebnis wiedergegeben. Die wichtigste Ausgangsgröße ist der Durchmesser der gewählten Perlen oder Kugeln. Letztere müssen sich durchbohren oder durchstechen lassen (Styropor, Baumwollkugeln aus Bastelgeschäften).

Fest steht der Winkel von 36° , um den die Ebenen jeweils verdreht sind. Die gewählten Perlen oder Kugeln geben ihren jeweiligen Radius r vor. Wie groß muss nun der Kreis sein, in dessen Umfang die Stäbe als Außenachsen zu stecken sind? Aus trigonometrischer Ableitung ergibt sich eine einfache Formel. Bezeichnen wir den Radius des Kreises (oder der Wendel) als R . Dann gilt:

$$R = 2,835 \times r$$

Damit lässt sich für jede beliebige Perle oder Kugel der entsprechende Kreisdurchmesser für den Ring berechnen. In diesen sind dann die zehn Stäbe in einem Abstand von 36° einzustecken.

Als Unterlage, in die sich Holzstäbe (Schaschlik-Spieße) oder Eisenstäbe eindrücken lassen, eignen sich alle Hartschäume. Um den Halt zu verbessern, empfiehlt es sich, eine Hartfolie aus Kunststoff aufzubringen, in die an den entsprechenden Stellen kleine Löcher gestochen werden. Das gibt den Stäben einen zusätzlichen Halt.

Beim Herstellen der Modelle stellt sich jedoch ein Problem ein. Bei exakten Verhältnissen berühren sich die Perlen in minimaler Weise. Jede Veränderung der Geometrie, wie z.B. eine leichte Verdrehung, führt dazu, dass die Perlen aneinander vorbeirutschen. Deshalb empfiehlt es sich, den Ra-

dius um etwa 25 % kleiner zu wählen. Dann wird das Modell entsprechend stabiler. Wählt man Kugeln (Styropor, Baumwolle), die durchstochen werden müssen, tritt dieses Problem dann nicht auf, wenn die Kugeln nicht verrutschen und an den Stäben durch Verschieben positioniert werden können.

Zur Herstellung des Modells genügen die obigen Angaben. Aber uns interessiert natürlich auch die theoretische Höhe H der jeweiligen Wendel nach zehn Stufen.

Hierfür legen wir den Mittelpunkt der Perlen (Kugeln) als den äußeren Rand der Spirale fest. Das Verhältnis von Radius zur Höhe der Wendel beträgt bei der natürlichen DNA 1 zu 3,4. Da $R = 2,835 \times r$ ist, folgt daraus:

$$H = 9,64 \times r$$

Das gilt, wie gesagt, für das Idealmodell mit Kugeln, die nicht verrutschen. Wird, wie für Perlen empfohlen, der Radius R verkleinert, dann nimmt die Höhe H zu. In vier Modellen aus Perlen mit Radien zwischen 0,6 und 2 cm erreichten die Wendeln eine Höhe von durchschnittlich $11,5 \times r$. Wir verlieren etwas an Maßstabtreue, der Gewinn an Stabilität hebt diesen Nachteil jedoch auf. Auch das Detail, dass man sozusagen die Außenhülle als Umfang des DNA-Modells ansehen könnte, lassen wir unberücksichtigt. Dann wird die Rechnung recht kompliziert.

Auf Grund der geringen Kosten und der einfachen Herstellung lässt sich die DNA als links- und als rechtsdrehendes Modell basteln und damit das schwer zu veranschaulichende Phänomen der helikalen Chiralität verdeutlichen.

Chiralität: eine Wendeltreppe als Eselsbrücke

Die DNA kommt in allen Lebewesen ausschließlich als Rechtsspirale vor. Viele Diskussionen und Zuschriften zeigten, dass die meisten Menschen Schwierigkeiten haben, sich die beiden spiegelbildlichen (chiralen) Formen ohne Mo-

delle konkret vorzustellen. Kommt es etwa darauf an, von welcher Seite die Spirale angeschaut wird? Oder ein anderes Beispiel: Jemand steigt eine rechtsspiralige Treppe hinauf, mit der rechten Hand am Geländer. Ist für ihn, wenn er herunterkommt, die Treppe dann nicht linksspiralig, weil er das Geländer mit der linken Hand fasst? Das ist auf den ersten Blick verwirrend und man merkt: So einfach wie das Problem aussieht, ist es gar nicht.

Die Verwirrung mit den Treppen entsteht dadurch, dass wir nach dem Aufgang oben eine Drehung von 180° vollziehen, um hinunter zu gehen. Dadurch liegt unsere spiegelbildliche Hand am Geländer, aber, wie gesagt, als Folge **unserer** Drehung. Die Chiralität der Treppe bleibt natürlich erhalten, wir werden nur durch unsere eigene Wahrnehmung irritiert.

Bei Wendeltreppen hilft eine Eselsbrücke. In Ritterburgen sind diese in den Wehrtürmen in aller Regel rechtsdrehend. Wenn ein Angreifer die Treppe hinaufstürmen will, muss er sich mit der rechten Hand am Geländer festhalten. Deshalb kann er sein Schwert nur mit der linken Hand führen. Der über ihm stehende Verteidiger fasst das Geländer mit seiner linken Hand. Sein Schwert liegt in der rechten Hand. Dadurch ist er im Vorteil. Wer also Schwierigkeiten bei einer Wendeltreppe hat, versetze sich in Gedanken in die Ritterzeit.

Die molekularen Systeme der Zelle lassen sich nicht in die Irre führen. Die Kommandos, die von der DNA ausgehen, werden nur erkannt, wenn diese eine rechtsläufige Struktur besitzt. Was mit zweidimensionalen Abbildungen erhebliche Schwierigkeiten machen kann, wird an den Modellen problemlos verständlich.

*H.-J. Quadbeck-Seeger,
Bad Dürkheim*

Für alle, die die Berechnungen nachvollziehen wollen, sind die Grundlagen dafür im Internet (www.biuz.de, unter „Special Features“) angeführt.