

Haften ohne Kleber – den Tricks des Geckos auf der Spur Begleitinformationen zum Arbeitsblatt 2

A2: Anschmiegen ist Trumpf



Um den Gecko und das Phänomen seiner Haftfähigkeiten zu erklären, benötigt man physikalische Gesetze, die die so genannte Kontakttheorie beschreibt.

Grundsätzlich entsteht ein Kontakt immer dann, wenn sich zwei Flächen gut aneinander „anschmiegen“. Um auf Felsen, Baumrinden, Blättern oder künstlichen Oberflächen wie Glasscheiben laufen zu können, müssen sich die Hafthaare der Geckos oder Fliegen gut an diese verschiedenartigen Untergründe anpassen. Sie sind deshalb auch extrem flexibel und trotzdem fest,

denn sonst würden sie abzureißen. Beim Anschmiegen verhalten sich die Setae wie winzige Federn: Sie biegen sich, aber ihr Widerstand gegen diese Verformung wächst. Diesem mechanischen Widerstand wirkt bei einem Kontakt mit einer Decke oder Glasplatte eine anziehende Kraft entgegen, deren Ursache molekulare Oberflächenkräfte sind.

Das entscheidende Wechselspiel zwischen diesen beiden Kräften findet am Rand des Kontakts statt. Nicht die Größe der Kontaktfläche ist entscheidend für das Haften, sondern allein ihr Umfang. Diese merkwürdige Eigenschaft winziger Kontakte erklärt sofort, warum die tierischen Haftartisten so feine Haare haben. Wer seine Kontaktfläche in viele kleine Kontaktflächen aufsplittet, bekommt in der Summe einen größeren Gesamtumfang. Anhand eines Blattes Papier kann man sich das schnell klar machen: Wenn man es in mehrere Stücke zerschneidet und dann die Kantenlängen misst und addiert, dann erhält man den Gesamtumfang aller Schnipsel, der den Umfang des ursprünglichen Blattes deutlich übersteigt.

Auf der Basis dieses einfachen geometrischen Zusammenhangs – und mit noch ein paar komplexeren Zutaten – ergibt die Kontakttheorie folgendes verblüffend einfache Gesetz: „Zerteile die Kontaktfläche in n kleinere Kontakte, wobei n eine natürliche Zahl ist, und steigere so die Kontaktkraft um den Faktor \sqrt{n} .“ Würde man also einen Kontakt in 10.000 kleinere Kontakte aufteilen, dann stiege die Haftkraft um den Faktor 100. Tatsächlich hält sich die Natur genau an dieses Gesetz. Die naive Vermutung, dass die Tiere durch das Aufteilen in viele feine Haare ihre effektive Kontaktfläche vergrößern, ist deshalb falsch. Sie steigern ihre Haftkraft über den Gesamtumfang der Kontakte.

A3: Ladungsverschiebungen in den Elektronenhüllen

Aber welche molekularen Kräfte sorgen für die Anziehungskraft? Ende der 1960er-Jahre kamen Forscher dem Rätsel schon ansatzweise auf die Spur. Sie setzten Geckos auf unterschiedlich präparierte Oberflächen und fand so auch heraus, woran die Echsen scheitern: Eine perfekte Gecko-Rutschbahn müsste mit Teflon beschichtet sein. Vor fünf Jahren konnten dann Wissenschaftler zeigen, dass für das Haften der Tiere eine Kraft verantwortlich ist, die ihren Namen vom niederländischen Physik-Nobelpreisträger Diderik van der Waals hat. Sie fanden heraus, dass Gecko-Setae auf Wasser anziehenden Oberflächen ähnlich gut haften wie auf Wasser abstoßenden. Das bewies, dass die Kapillarkraft nicht der entscheidende Kleber sein konnte, da sie nur bei hydrophilen

Oberflächen wirkt. Stattdessen musste es die Van-der-Waals-Kraft sein, die auf nahezu allen Oberflächen funktioniert.

Van-der-Waals-Kräfte beruhen auf winzigen Ladungsverschiebungen in den Elektronenhüllen der Moleküle. Man kann sich das so vorstellen: Die Elektronenverteilung in Molekülen und Atomen ist nicht ständig gleich, sie ist nur ein statistischer Mittelwert. Die Elektronenwolke kann sich mal etwas mehr in die eine Richtung ausbreiten, mal etwas mehr in die andere. Die Teilchen wirken dann ähnlich wie Dipole, und diese kleinen Ladungsverschiebungen sorgen dafür, dass sich Moleküle in der Spitze des Hafthaars und Moleküle des Untergrunds gegenseitig anziehen.

Van-der-Waals-Kräfte sind zwar sehr schwach, doch über die sehr vielen Spatulae summieren sie sich massiv auf. Im Prinzip können sie einen großen Gecko mehrfach halten. Den Forschern gelang es sogar, die Haftkraft einer einzelnen Tokee-Seta zu messen. Aus diesem Ergebnis rechneten sie hoch, dass ein an einer senkrechten, glatten Wand sitzender Tokee mit seinen 6,5 Millionen Setae theoretisch das Gewicht zweier mittelgroßer Menschen tragen könnte. Demnach könnten Fassadenkletterer die Tiere als lebende Haltegriffe verwenden – wenn diese mitmachen.

(Bild: „Gecko“ / MPI für Metallforschung)