

Haften ohne Klebstoff – der Geckofuß

Der Gecko (z.B. der Taggecko, *Phelsuma*) zählt zu den interessantesten und gleichzeitig spektakulärsten Untersuchungsobjekten der modernen bionischen Wissenschaften. Er ist nämlich zu etwas Erstaunlichem fähig, das ihr in der Lehrsammlung der Universität auch selbst bewundern könnt.

Aufgabe 1:

Suche den Gecko in der Biologischen Lehrsammlung und schaue ihn dir genau an. Welche außergewöhnliche Fähigkeit zeigt der Taggecko? Beschreibe, worin sie besteht!

Es sei soviel verraten: Das Erstaunliche steckt in den Füßen des Geckos!

*Der Gecko kann dazu z. B. an eine Glasscheibe des Terrariums gesetzt werden. Betrachte dir nun die Füße des Geckos etwas genauer (benutze eine Lupe)! Versuche, einen der Füße etwas vergrößert abzuzeichnen! Welche Feinheiten kannst du unter der Lupe maximal erkennen? Beschreibe **genau!***

Aufgabe 2:

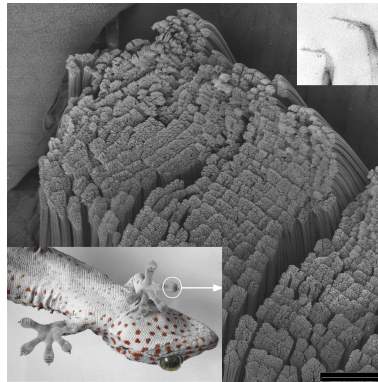


Abb. links: An einer Glasscheibe haften-der Taggecko.

Abb. rechts: verschiedene Vergrößer-ungen der Unterseite des Geckofußes. Das große Bild zeigt eine mittlere Ver-größerung, das Bild oben rechts zeigt die größtmögliche Vergrößerung.

Quelle: jeweils Prof. Dr. Stanislav N. Gorb, Funktionelle Morphologie und Biomechanik, Zoologisches Institut, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Welche feinen Strukturen sind bei jeweiliger Vergrößerung jeweils erkennbar? Beschreibe genau! Welchen Effekt können die kleinsten der sichtbaren Strukturen auf den Oberflächen erzielen, auf denen der Gecko entlang läuft? Hast Du bereits eine Idee?

Kannst du bereits vermuten, wie es der Gecko durch diese Strukturen schafft, **ohne „Klebstoff“** wie festgeklebt selbst an senkrechten Glasscheiben (und sogar über Kopf!) zu haften, ohne herunter zu fallen?

Aufgabe 3:

Fülle folgenden Lückentext mit Hilfe der unten stehenden Begriffe aus! Nutze dazu auch nochmals die Bilder aus Aufgabe 2!

Wie Du in den Bildern in Aufgabe 2 sehen konntest, ist die die _____ der _____ eines Gecko-Fußes in lauter kleine „Falten“ gelegt. Diese _____ Strukturen (Bild 1) dienen der _____. Hier befinden sich zahlreiche feinste _____ (Bild 3), bestehend aus lauter _____, den so genannten Setae (Bild 5). Diese verzweigen sich am oberen Ende nochmals in viele kleine _____ abgeflachte Strukturen (Bild 2), die so genannten Spatulae. Diese Strukturen sind so _____ und so _____, dass sie mit der Unterlage, auf der sich der Gecko bewegt, auf _____ Ebene, also auf der Ebene der kleinen _____, wechselwirken können. Diese Wechselwirkungen bezeichnet man als _____.

Fehlende Wörter:

spatelartig, Van-der-Waals-Wechselwirkungen, winzig, Oberflächenvergrößerung, Einzelhärchen, fein, rippenartig, Haarbüschel, Fußunterseite, Teilchen, Hautoberfläche, molekular

An jedem der 4 Füße eines Geckos sitzen im Schnitt **eine Milliarde** der sehr feinen Hafthärchen, die Spatulae genannt werden, weil sie an ihren Enden spatelförmig verbreitert sind. Diese Spatulae sind in etwa 200nm lang und ebenso breit. Mit bloßem Auge sind sie nicht sichtbar. Selbst die Setae, an deren Enden die Spatulae sitzen, sind nur etwa 100µm lang und lediglich 6µm breit.

Ein Vergleich: Ein menschlichen Haar ist im Schnitt 6/100 mm breit. Mit bloßem Auge ist es für uns noch gut sichtbar.

Die Setae sind also im Durchschnitt nur 1/10 so breit wie ein menschliches Haar. Das kann man ohne Vergrößerungsgläser oder Mikroskope schon nicht mehr sehen.

Stelle dir nun vor, dass die auf den Setae sitzenden Spatulae nur etwa 200nm dick sind, also etwa 1/30 so dick wie die Setae und nur 1/300 so dick wie ein menschliches Haar. Dann bekommst du eine Vorstellung davon, auf welcher Ebene die beschriebenen Haftkräfte wirken.

Nehmen wir einmal an, Dein Zeigefinger ist im Durchmesser ca. 1,5cm dick. Gehen wir davon aus, dass der Zeigefinger eine Seta ist, dann wäre eine Spatula etwa 0,5mm breit. Das entspricht etwa dem Durchmesser einer Stecknadel.

Aufgabe 4:

Um Deine Vermutungen aus Aufgabe 2 zu überprüfen, kannst du folgendes Experiment durchführen:

Nimm die Gipsplatte zur Hand und lege sie auf einen Tisch. Während einer von euch die folgenden zwei kleinen Versuche ausführt, müssen alle anderen seitlich auf die Gipsplatte schauen. Nur dann könnt ihr die Effekte deutlich sehen.

Die Handbürste, die ihr im Bionik-Koffer findet, sei euer „experimenteller Fuß“. Er hat zwei mögliche Fußoberflächen: eine glatte, recht unbewegliche, und eine „haarige“ Oberfläche, vergleichbar mit der des Gecko-Fußes. Der „Experimentator“ drückt die Bürste nun nacheinander zunächst mit der völlig glatten und anschließend mit der „Haarigen“ Seite auf die Gipsplatte.

Schreibt auf, was ihr jeweils beobachten könnt!

Damit der Effekt noch deutlicher wird, könnt ihr folgendes ausprobieren:

Mischt auf der breiten Mischpalette großflächig einen dünnen Film Wasserfarbe an. Die Farbe findet ihr ebenfalls im Bionik-Koffer. Führt dann die eben beschriebenen zwei Versuche noch einmal (jetzt aber auf unterschiedlichen Bereichen der Gipsplatte) durch. Vorher bestreicht ihr die jeweilige Seite der Bürste („Fußfläche“) vorsichtig mit Farbe. Die gesamte Fußfläche sollte jeweils leicht (nicht tropfnass! sonst gelingt der Versuch nicht!) mit Farbe bedeckt sein.

Was könnt ihr beobachten? Notiert es hier!

Überlegt gemeinsam, was die Farbspuren, die die beiden Fußflächen auf dem Gips hinterlassen, jeweils repräsentieren.

Nennt Beispiele für Oberflächen, die eurer Meinung nach durch die Gipsplatte repräsentiert werden!

Formuliert dann gemeinsam eine kurze Zusammenfassung, in der ihr erklärt, welches Prinzip der Gecko nutzt, um selbst an glatten Flächen zu haften! Die unten stehenden Abbildungen können euch dabei helfen.

Aufgabe 5:

Aus dem Experiment aus Aufgabe 4 hast Du eine wichtige Schlussfolgerung ziehen können:

Die Haftkraft zwischen zwei Oberflächen (z. B. zwischen einer Glasfläche und dem Geckofuß) ist umso größer, je mehr Berührungspunkte zwischen beiden Flächen bestehen.

Diese Gesetzmäßigkeit kannst Du auch mittels folgendem kleinen Versuch demonstrieren:

Nimm die kleine Glasschüssel aus dem Koffer und spanne über die offene Seite ein größeres Stück Frischhaltefolie! Versuche nun, die Glasschüssel dadurch anzuheben, dass Du *vorsichtig* in die darüber gespannte Folie greifst. Gelingt es dir, ohne dass die Schüssel herunter fällt? Notiere was Du beobachtest!

Versuche das gleiche mit der im Koffer enthaltenen Plastischüssel! Was kannst Du beobachten?

Vergleiche und erkläre Deine Beobachtungen aus den Versuchen a) und b)!



Mikroskopische Aufnahme einer (unbehandelten) Glasoberfläche.

Die feinen Härchen des Gecko-Fußes bestehen aus einem Eiweiß (einem Protein), das Keratin heißt. Sie bewirken, dass sich die Unterseite des Gecko-Fußes selbst kleinsten Unebenheiten, die auch in noch so glatt polierten Glasoberflächen vorkommen, anzupassen. Durch die dadurch sehr zahlreichen Haftpunkte kann der Gecko optimal an der Oberfläche haften, auch wenn sie uns spiegelglatt und rutschig erscheint.

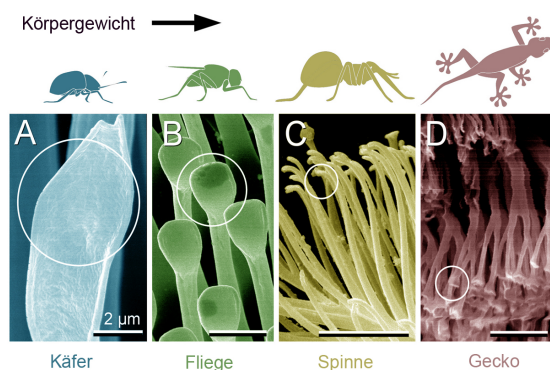
Die Haftwirkung des Gecko-Fußes ist so groß, dass das Tier sein gesamtes Körpergewicht an einer senkrechten Glaswand an nur einem Fuß „aufhängen“ kann.

Wissenschaftler sind dabei, Klebebänder mit dem Gecko-Fuß-Effekt herzustellen. Experimentell ist das in Ansätzen schon gelungen (s. Abbildung oben rechts). Diese Klebebänder sollen völlig rückstandsfrei ablösbar und immer wieder verwendbar sein.

Aufgabe 6:

Auch andere Tiere nutzen „Geckofuß-ähnliche“ Konstruktionen, um an Oberflächen haften zu können. Schau dir dazu folgende Abbildungen an.

Erkläre das abgebildete Schema mit Hilfe der Erkenntnisse, die Du bisher über die Funktionsweise des Geckofußes gewinnen konntest!



Quelle der Abb.: mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Stanislav N. Gorb, Funktionelle Morphologie und Biomechanik, Zoologisches Institut, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Aufgabe 7:

Amerikanische Wissenschaftler haben bereits ein Klebeband entwickelt, das ähnlich funktioniert wie der Geckofuß, und das eine extrem große Haftkraft hat. Es trägt eine Masse von 10kg pro Quadratzentimeter.

Wie groß müsste die Fläche sein, die man von einem solchen Klebeband bräuchte, um

- a) Deinen Schulranzen ($m = 3,5\text{kg}$)
- b) ein Auto ($m = 1\text{t}$)

senkrecht an einer Wand zu befestigen? Notiere Deinen Rechenweg jeweils genau!

Genutzte Quellen:

Webseiten:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Geckos>, Stand 27.05.2010, 18.40 Uhr

<http://www.scinexx.de/dossier-detail-344-4.html>, Stand 27.05.2010, 18.45 Uhr

<http://www.uni-saarland.de/fak7/jacobs/forshung/gecko.htm>, Stand 27.05.2010, 18.47 Uhr

Bild Aufgabe 5, Seite 7, links: Glasoberfläche unter dem Mikroskop:

<http://www.glastechnikrottler.de/veredel.shtml>, Stand 14.06.2010, 16.44 Uhr

Fachbücher:

Belzer, S.: Die genialsten Erfindungen der Natur. Bionik für Kinder. S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2010, S. 171 - 175

Ein Herzlicher Dank gilt Prof. Dr. Stanislav N. Gorb (Funktionelle Morphologie und Biomechanik, Zoologisches Institut, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) für die freundliche Genehmigung zur öffentlichen Nutzung der entsprechend im Dokument gekennzeichneten Bilder. Diese Bilder sind urheberrechtlich geschützt und dürfen aus diesem Dokument nicht ohne die Genehmigung durch den Urheber zur Verwendung in dritten Dokumenten entnommen werden.