

Beziehungen haben und unvollständig verstanden sind“.

[AXELROD DI (1959) Evolution of the psilophyte paleoflora. *Evolution* 13, 264–275 • STEIN WE, BERRY CM et al. (2019) Mid-Devonian *Archaeopteris* roots signal revolutionary change in earliest fossil forests. *Curr. Biol.* 30, 421–431 • STEIN WE, BERRY CM, VANALLER HERNICK L & MANNOLINI F (2012) Surprisingly complex community discovered in the mid-Devonian fossil forest at Gilboa. *Nature* 483, 78–81 • XU HH, BERRY CM, STEIN WE, WANG Y, TANG P & FU Q (2017) Unique growth strategy in the Earth's first trees revealed in silicified fossil trunks from China. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, 12009–12014] R. Junker

■ Multitalent Gecko

Geckos sind eher für ihre Fähigkeit bekannt, die sprichwörtlich glatte Wand hoch„gehen“ zu können. Nun wurde beobachtet, dass sie auch über Wasser laufen können.

In unserer automobilen Zeit wird einem erst dann klar, wenn der Ausfall einer Brücke in einem Ballungsgebiet zum Verkehrschaos führt, was für ein unüberwindliches Hindernis eine relativ schmale Wasseroberfläche darstellen kann. Ähnliches trifft auf kleinere landlebende Lebewesen in ihrem natürlichen Lebensraum zu, in dem es auch regelmäßig Wasserflächen zu überwinden gilt. Kleinere Tiere wenden dazu teils sehr unterschiedliche Strategien an, meist andere als größere Tiere.

Mehr als 1000 verschiedene Arten von Lebewesen, darunter Insekten, Fische, Reptilien und Säugetiere, sind in der Lage, sich mehr oder weniger lange auf der Wasser-Luft-Grenzfläche aufzuhalten. Viele der kleinen, leichten Arten verlassen sich dabei vollständig auf die Oberflächenspannung des Wassers, die das Gewicht des „Leichtgewichts“ tragen kann. Die bekannten Wasserschläucher, wie man sie auf jedem Teich beobachten kann, sind ein Beispiel dafür. Dabei kommt ihnen ein ausgefeiltes Miniatur-Luftkissensystem an ihren Füßen zugute (GAO & JIANG 2004). Wasservögel schwimmen, weil sie leicht und gut imprägniert sind. Das Extrem an Aufwand, sich über das Wasser zu erheben, stellen Renntaucher dar, also Wasservögel, die als Teil eines Balzverhaltens auf dem Wasser laufen, und Delphine,

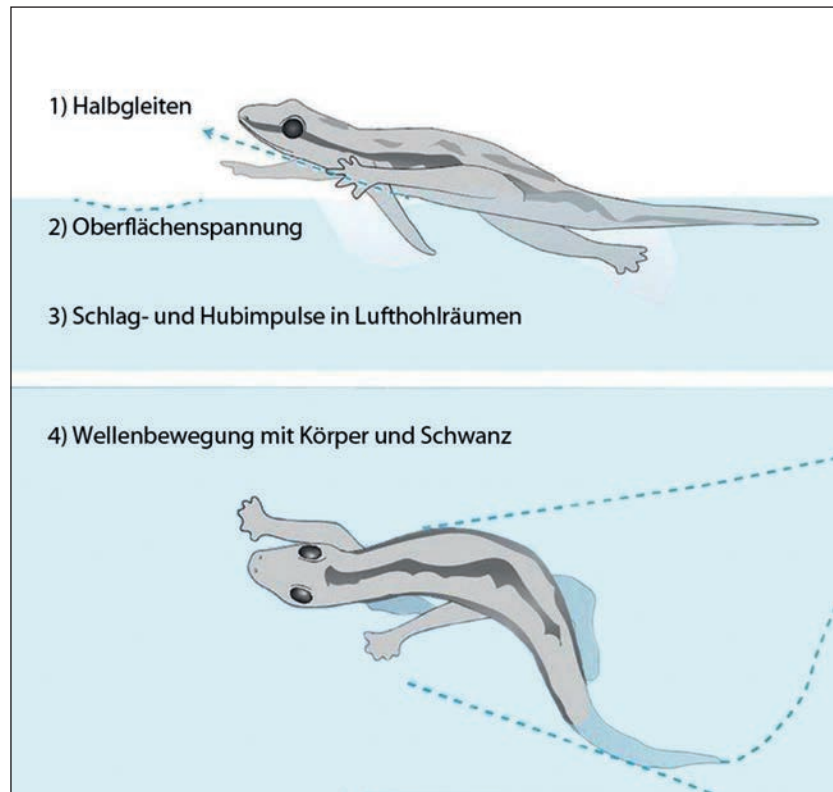


Abb. 1 Geckos nutzen mehrere Mechanismen, um über die Wasseroberfläche zu laufen. (Nach NIRODY et al. 2018, CC BY-NC-ND 4.0)

die mit ihren intensiv hin und her schlagenden Schwanzflossen so viel Auftrieb erzeugen, dass sie für kurze Zeit im Wasser „stehen“ können.

Als eigentlich landlebendes Lebewesen, das auch über Wasser laufen kann, ist die sogenannte „Jesus-Echse“, bekannt, der Stirnklappen-Basilisk. Er hat die Fähigkeit, mit hoher Geschwindigkeit über eine Wasseroberfläche zu rennen. Er taucht dabei nur die Hinterfüße ins Wasser ein, der restliche Körper bleibt beim zweibeinigen Rennen übers Wasser in der Luft. Geschwindigkeit ist dabei alles, faszinierend anzusehen.

Haus-Geckos dagegen praktizieren aufgrund ihrer kürzeren Beine und kleineren Füße eine andere Art der Fortbewegung „auf“ Wasser. Indem sie mehrere Strategien kombinieren, schaffen sie es, immerhin etwa drei Viertel des Körpers über Wasser zu bringen: Die Geckos schlagen abwechselnd mit den vier Beinen aufs Wasser und schaffen dabei Luftpolster, wie sie auch bei den Stirnklappen-Basilisken beobachtet werden. Wenn diese gegen das Wasser nach unten und hinten gedrückt werden, geben sie dem Tier Auf- und Vortrieb. Der Rhythmus der schlängelnden Bewegung des

gesamten Körpers entspricht dabei dem Ablauf der Bewegung auf Land: Diagonal gegenüberliegende Beine schlagen gleichzeitig aufs Wasser, ein anderes Muster, als es bei schwimmenden Reptilien beobachtet wird. Der hintere Teil des Körpers und der Schwanz befinden sich knapp unter Wasser, der Schwanz wird hin und her bewegt, um zusätzlich Vortrieb zu erzeugen und den Körper im Wasser zu stabilisieren. Die Geckos bewegen sich mit etwa 0,6 bis zu fast einem Meter pro Sekunde übers Wasser fort, eine Geschwindigkeit, bei der zusätzlich eine Art Aquaplaning die Tiere teilweise aus dem Wasser hebt. Außerdem scheint es auch eine Rolle zu spielen, dass die Geckos eine sehr wasserabweisende Haut haben; so hilft zusätzlich auch die Oberflächenspannung des Wassers, das Tier zu tragen. Letzteres kann man daran erkennen, dass die Fortbewegungsgeschwindigkeit auf dem Wasser auf die Hälfte reduziert wird, wenn man Detergenzien hineingibt, die die Oberflächenspannung stark reduzieren. Eine Manipulation, die die schnelle „Jesus-Echse“ dagegen nicht in Verlegenheit bringt.

Geckos verwenden also eine komplizierte Kombination von

Strategien, um sich übers Wasser bewegen zu können (Abb. 1). Sie kombinieren dabei Fortbewegungsmechanismen, die sonst entweder von kleineren oder von größeren Tieren benutzt werden, zu einem erfolgreichen Mix. Die Autoren der Studie regen an, das Design des Geckos bei der Bewegung auf Wasser als Beispiel zu nehmen, um Roboter zu entwerfen, die sowohl auf Land als auch auf Wasser laufen können!

[NIRODY ET AL. (2018) Geckos Race Across the Water's Surface Using Multiple Mechanisms, *Current Biology*, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.10.064> • JUNKER R (2005) Noch ein „Wasserläufer“: die Jesus-Echse. *Stud. Int. J.* 12, 41–46 • GAO X & JIANG AL (2004) Biophysics: Water-repellent legs of water striders. *Nature* 432, 36] H.-B. Braun

■ Elektrostatik und der Ursprung des Sonnensystems

Die Nebularhypothese, die zuerst von dem französischen Rationalisten Pierre-Simon Laplace im 18. Jahrhundert vorgeschlagen wurde, ist immer noch die aktuelle Standard-Erklärung für den Ursprung unseres Sonnensystems. Danach ist das Sonnensystem durch den gravitationellen Kollaps einer Gas- und Staubwolke entstanden, was zu einer ähnlichen Struktur wie die heute beobachtbaren Saturnringe geführt haben soll (BRASSER & MOJZSIS 2020). Obwohl die Nebularhypothese weithin akzeptiert ist, gibt es immer noch Probleme, die die Astronomen bisher nicht lösen konnten, zum Beispiel die Ausrichtung der Rotationsachse der Planeten. Die Rotationsachse der meisten Planeten im Sonnensystem ist nämlich mehr oder weniger geneigt. Bei der Erde beträgt die Neigung 23 Grad und sie ist für die Jahreszeiten verantwortlich. Nach der Nebularhypothese müssten alle Planeten um einen Stern in gleicher Weise geneigt sein. Das ist aber nicht der Fall. Um diese Unterschiede zu erklären, müssen Ad-hoc-Hypothesen wie das Passieren von anderen Himmelskörpern und Kollisionen mit ihnen aufgestellt werden.

Die klassische Schwäche dieser Theorie ist jedoch, dass sie nicht erklärt, wie Staub und Gas kollabieren und sich zu größeren Körpern zusammenlagern konnten, sodass die Schwerkraft sie zu Planeten zusammenschmieden konnte. Wenn die frühen Proto-Planeten unseres Sonnensystems mit den Ringen des Saturn vergleichbar sind, ist die Nebularhypothese in großen Schwierigkeiten. Denn Planetenforscher haben entdeckt, dass die Ringe des Saturn nicht zu immer größeren Körpern werden, sondern im Laufe der Zeit verschwinden. Neue Daten belegen sogar, dass sie für kosmische Verhältnisse sehr schnell verschwinden (PAILER 2019). Die Beobachtungen der Cassini-Huygens-Raumsonden, die vor wenigen Jahren am Saturn vorbeiflogen, deuten darauf hin, dass das gesamte Ringsystem in maximal 300 Millionen Jahren verschwunden sein wird (O'DONOGHUE et al. 2019). Anstatt neue Monde zu bilden, werden sich die Ringe auflösen und von Saturn absorbiert werden.

Nach der Nebularhypothese bestehen die allerersten Planetensamen aus mikrometergroßen Staubkörnern, die aneinanderstoßen und zu winzigen Körperchen zusammenwachsen, bis sie sich zu größeren Klumpen verdichten. Dabei ist aber problematisch, dass die Schwerkraft eine sehr schwache Kraft und nicht in der Lage ist, Gase und Staub zu größeren Körpern zusammenzulagern. Wenn Staubklumpen von etwa einem Millimeter Größe kollabieren, werden sie wie Billardkugeln voneinander abprallen. Die Abprallkräfte sind größer als die Anziehungskraft der Schwerkraft und verhindern so die Verdichtung zu größeren Körpern. Simulationen und mathematische Analysen deuten darauf hin, dass sich in der inneren protoplanetaren Scheibe keine größeren Teilchen bilden könnten, um die zur Planetenbildung notwendige Zusammenlagerung zu fördern. Wie konnten sich also Planeten aus Staubringen bilden?

Da sich positiv und negativ geladene Teilchen viel stärker als die Schwerkraft gegenseitig anziehen,

vermuten Wissenschaftler der Universität Duisburg-Essen nun, dass elektrische Kräfte die Erzeugung von Planeten begünstigt haben (STEINPLIZ et al. 2019). Um zu untersuchen, wie sich fallende Objekte in der Mikrogravitation des Weltraums verhalten, nutzten sie den 120 Meter hohen Bremer Fallturm. Mit dem eingebauten Katapult des Turms schossen sie eine Vakuum-Kammer mit 0,4 Millimeter großen Glasperlen in Richtung Turmspitze und ließen sie dann fallen, wobei sie die Perlen mit einer in der Fallkammer installierten Hochgeschwindigkeitskamera beobachteten. Sie stellten fest, dass sich die Perlen durch statische Elektrizität elektrisch aufladen und in Bündeln von bis zu mehreren Zentimetern Durchmesser zusammenklebten. Die Forscher vermuten, dass zusammenstoßende und aneinanderreibende Partikel in Weltraum-Staubringen auf ähnliche Weise elektrisch geladen werden und Aggregate bilden können. Kollisionen zwischen Teilchen in einem Geschwindigkeitsbereich, der in protoplanetaren Scheiben zu finden ist, können Aggregate von mehreren Zentimetern Größe erzeugen; vorausgesetzt, dass es Partikel mit positiven und negativen elektrischen Ladungen gab, die durch Partikelkollisionen erzeugt wurden – auf ähnliche Weise wie im Fallturm. Die Aggregate können sich danach mit Hilfe der Schwerkraft noch weiter verklumpen und schließlich zu Planeten werden (O'DONOGHUE et al. 2019). Ob dies geschieht, hängt von den relativen Raten der Aufladung gegenüber der Entladung und der Partikelkollisionen gegenüber der Dispersion ab.

Auch wenn elektrische Kräfte zur Bildung größerer Staubsammlungen beitragen können, zeigen die allmählich verschwindenden Ringe des Saturn, die aus kleineren und größeren Trümmerblöcken bestehen, dass es nicht in jedem Fall zu einer weiteren Aggregation kommt. Es ist offensichtlich, dass die Aufklärung der Details der Beziehungen zwischen Aufladung und Aggregation in protoplanetaren Scheiben beträchtliche zusätzliche Studien erfordert (STEINPLIZ et al. 2019).