

Ein bemerkenswerter neuer Katalpultmechanismus wurde in den Hinterbeinen mehrerer Blattkäferarten (*Blepharida* sp., *Longitarsus* sp., *Psylloides* sp.) entdeckt (RUAN et al. 2020), der sich von einem früher entdeckten zahngetriebenen Katalpultmechanismus in Zikadenlarven (BURROWS & SUTTON 2013) unterscheidet. Diese Blattkäfer weisen unglaubliche Sprungfähigkeiten auf, die die Sprungkraft der Flöhe bei weitem übertreffen, und stellen eine extrem wirksame Fluchtmöglichkeit dar, um potenziellen Räubern zu entkommen.

Als Sprungweite eines der Käfer (*Longitarsus anchusae*) wurde das 289-Fache seiner Körperlänge gemessen. Für einen Menschen würde das einem Sprung von etwa einem halben Kilometer entsprechen. Zudem konnte der Käfer diese Sprünge mehrere Dutzend Male hintereinander ausführen. Auf einem anderen Blattkäfer (*Psylloides affinis*) lastet beim Start eine G-Kraft von bis zu 266 g! Wenn man bedenkt, dass auf Astronauten bei einem Raketenstart normalerweise maximal 3 g wirken und Kampfpiloten höchstens 9 g aushalten können, sind die Leistungen dieser Käfer sehr außergewöhnlich.

Die Forscher wollten die Geheimnisse des Springens der Käfer

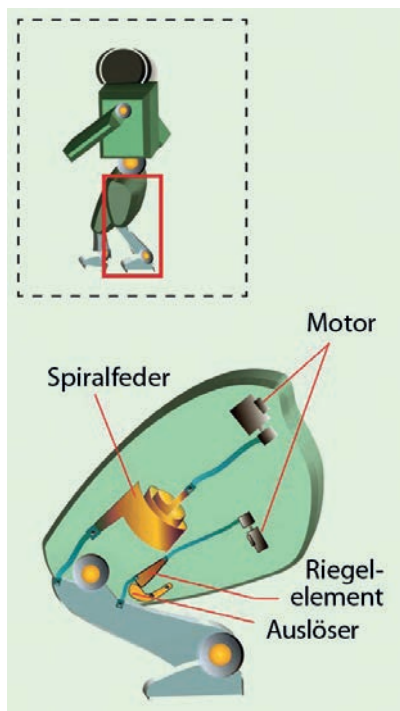


Abb. 2 Bionisches Design eines springenden Gliedes nach dem Vorbild des Flohkäfers. (Aus RUAN 2020, CCo Public Domain Dedication)

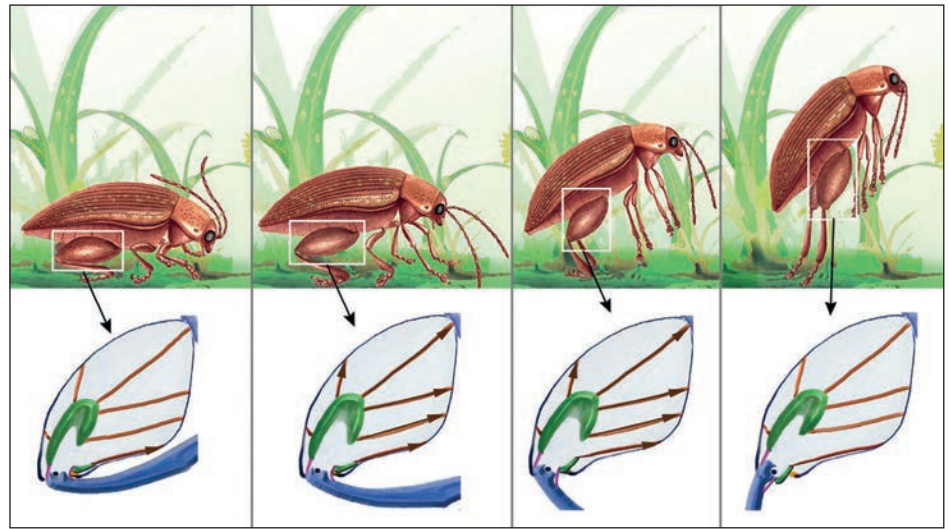


Abb. 1 Abflugstrategie von Flohkäfern. Die Beschleunigungsdaten wurden auf der Grundlage von drei typischen Sprüngen berechnet, die von einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgezeichnet wurden. Die drei verschiedenen Arten wurden ausgewählt, um Flohkäfer unterschiedlicher Größe zu repräsentieren. Phase 1 (Stauhen): die Schienbeinbeugemuskeln kontrahieren, was eine Beugung des Schienbeins verursacht; Phase 2 (Co-Kontraktion): Streckmuskeln und Beugemuskeln der Tibia kontrahieren gleichzeitig, wobei sie die dreieckige Platte greifen und die Streckung der Tibia blockieren; Phase 3 (Auslösung und Beschleunigung): die dreieckige Platte wird gelöst, was zu einer explosionsartigen Freisetzung von Energie führt; Phase 4 (Entspannung): der Flohkäfer wird in die Luft geschleudert und die Muskeln beginnen sich zu entspannen. (Aus RUAN 2020, CCo Public Domain Dedication)

lüften und setzten dazu mehrere raffinierte Techniken ein. Der zugrundeliegende Mechanismus entpuppte sich als eine raffinierte Feder in den Hinterbeinen des Käfers (Abb. 1). Die Forscher berichteten, dass die Sprungkraft und die Beschleunigung der Sprünge sonst im Tierreich unerreicht sind, und es scheint kein besseres Design bei allen bekannten springenden Insekten zu geben. Dies inspirierte die Forscher dazu, die Entwicklung eines robotergestützten Gliedmaßen-Designs anzuregen (Abb. 2). Sie loben das unglaubliche Design der Feder und diskutieren es als potenzielle Anwendung für die Fortbewegung von Robotern und schreiben weiter: „Flohkäfer haben eine enorme eigenständige Feder entwickelt, um die Speicherung von elastischer potenzieller Energie zu unterstützen.“

Es stellt sich die Frage: Könnte dieses System durch einen evolutiven Vorgang zustande gekommen sein? Die Feder besteht aus drei beweglichen Teilen, die an Muskeln befestigt sind und zusammen ein Gerät bilden, das als ein nichtreduzierbares komplexes System zu funktionieren scheint, d. h. um zu funktionieren, müssen alle Teile gleichzeitig vorhanden sein, die schon für sich genommen anspruchsvoll sind. Der Mechanismus ist als Ganzes auf die

perfekte Abstimmung der ineinandergreifenden Teile und ebenso auf ihre elastischen Eigenschaften angewiesen. Ironischerweise wird im gesamten Beitrag immer wieder von „Design“ gesprochen, ohne sich auf den Verstand eines Designers zu beziehen. Natürlich weisen solche technischen Wunderwerke auf kreative Brillanz hin und nicht auf blinde natürliche Prozesse.

[BURROWS M & SUTTON G (2013) Interacting gears synchronize propulsive leg movements in a jumping insect. *Science* 341, 1254–1256
• RUAN Y, KONSTANTINOV AS et al. (2020) The jumping mechanism of flea beetles (Coleoptera, Chrysomelidae, Alticini), its application to bionics and preliminary design for a robotic jumping leg. *Zookeys* 915, 87–105.] P. Borger

■ Homologien: keine Beweise für Evolution

Homologie bezieht sich ursprünglich auf die Ähnlichkeit von Körperteilen und Bauplänen von Organismen. Befürworter der Evolutionstheorie halten Homologien für starke Indizien für die universelle gemeinsame Abstammung aller Arten. In allen Fachbüchern über Evolution werden Flossen, Pfoten, Hände und Flügel als typische Beispiele für Homologien präsentiert. Aufgrund der Evolutionstheorie wurde früher

erwartet, dass ähnliche Körperbaupläne und -strukturen durch ähnliche Gene verursacht werden. Mittlerweile wird jedoch zunehmend festgestellt, dass es eine solche Entsprechung nicht gibt: Homologien im morphologischen Bauplan werden oft nicht durch homologe Gene verursacht.

Ein interessantes kürzlich publiziertes Beispiel ist die Bestimmung der Polarität des Embryos. Dabei geht es darum, wie die erste Zelle eines sich entwickelnden Embryos bestimmt, wo sich Kopf und wo Schwanz entwickeln und wo links und rechts ist. Genetische Information liefert die Anweisungen für die Ausrichtung der Körperteile. Interessanterweise wird diese Information von der weiblichen Eizelle weitergegeben. Es hat sich nun herausgestellt, dass diese genetische Information bei verschiedenen Spezies nicht homolog ist – auch nicht bei evolutionär eng verwandten Arten.

Wissenschaftler der Universität von Chicago (USA) bestimmten die genetischen Grundlagen der Kopf-Schwanz-Polarität bei verschiedenen Fliegenarten wie Mottenfliegen (*Clogmia*, *Lutzomyia*), Stechmücken (*Culex*, *Aedes*) und Anopheles-Mücken (*Anopheles*) (YOON et al. 2019). Sie zeigten, dass bei Mottenfliegen ein Gen namens *Zic* die Polarität bestimmt. Beim Stechmücken-Embryo beruht die Polarität auf dem Zinkfinger-Gen *Curoid*, während das verantwortliche Gen bei den Anopheles-Mücken *dTcf* ist. Diese Polaritätsgene sind nicht evolutionär verwandt. Dies zeigt, dass nicht verwandte Gene in Embryonen verschiedener Fliegenarten eine Schlüsselrolle bei der Etablierung der Kopf-Schwanz-Polarität spielen. Das wirft die Frage auf, wie sie diese Funktion erworben haben. Die Forscher kommen zu dem Schluss, dass Fliegen unabhängig voneinander eine unerwartete Vielfalt an polaritätsbestimmenden Genen evolvierten und dass die Art und Weise, wie sie exprimiert werden, unterschiedliche Rollen in der Entwicklung übernimmt. Über das „Wie“ wird allerdings keine Aussage gemacht.

Es gibt eine seit Langem wachsende Zahl von Beobachtungen, die

nahelegen, dass bei der Ausprägung gleicher Eigenschaften und Merkmale unterschiedliche Gene in verschiedenen Arten genutzt werden können. Der Evolutionsbiologe Günther P. WAGNER von der Princeton University, USA, schrieb 2014, dass klare homologe Merkmale verschiedener Spezies wiederholt aus unterschiedlichen ontogenetischen Entwicklungsmechanismen stammen können. Auch früher unbestrittene homologe Eigenschaften wie z.B. die Körpersegmentierung bei Heuschrecken und Taufiegen sind mit umfangreichen Variationen in Entwicklungswegen und ontogenetischen Bildungsmechanismen verbunden und dabei sind ganz unterschiedliche Entwicklungsgene im Einsatz (WAGNER 2014). Die Kontinuität der morphologischen Merkmale wird demnach nicht durch die Kontinuität der genetischen Information verwirklicht. Aus der Embryogenese ist bekannt, dass eine Reihe von klar homologen Merkmalen aus verschiedenen Zellpopulationen gebildet wird oder verschiedenen Entwicklungswegen folgt, um dieselbe erwachsene Morphologie zu erreichen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass zwischen der Morphologie und den zugrundeliegenden Genen erhebliche Unabhängigkeit oder Abkopplung besteht. Mit anderen Worten: *Viele Merkmale, die klassisch als homolog betrachtet wurden, sind auf der genetischen Ebene und in den ontogenetischen Entwicklungswegen nicht homolog.* WAGNER schreibt, dass er dies als „eine ziemlich deprimierende Situation“ empfindet und diskutiert sogar die Vorstellung, dass Homologie eine Illusion sein kann. Nicht auf genetische Homologie zurückführbare homologe Merkmale schaffen eine Illusion der gemeinsamen Abstammung! Eine mögliche Reaktion auf diese Tatsache ist die Erkenntnis, dass die Homologie ein nicht schlüssiges evolutionstheoretisches Konzept ist. WAGNER bevorzugt als zweite Möglichkeit, mit dieser Situation umzugehen, embryologische Ursprünge für die Entwicklungsbasis der Homologie als irrelevant anzusehen (WAGNER 2014, 94). Für WAGNER sind Gene

also keine zuverlässigen Indikatoren für morphologische Homologie, und auch die embryologische Herkunft ist als Indikator für Homologie irrelevant. Der Befund, dass homologe Strukturen ihren Ursprung nicht im gleichen Erbgut haben, widerspricht einem der ältesten „Beweise“ für die Evolution der Lebewesen.

[YOON Y, KLOMP J, MARTIN IM, CRISCIONE F, CALVO E, RIBEIRO J & SCHMIDT-OTT U (2019) Embryo polarity in moth flies and mosquitoes relies on distinct old genes with localized transcript isoforms. *ELife* 2019, Oct 8;8:e46711. <https://elifesciences.org/articles/46711> • WAGNER GP (2014) Homology, genes and evolutionary innovation. Princeton University Press.] P. Borger

■ Gemeine Napfschnecke – Spezialistin für flexibles Kleben

Kleben ist wie z.B. Schrauben oder Schweißen eine Fügetechnik, bei der mehrere Körper miteinander verbunden werden. Nicht nur beim Basteln und Handwerken setzen wir unterschiedlichste Klebstoffe ein, auch bei der industriellen Herstellung von technischen Produkten, von Haushaltsgeräten über Autos bis hin zu Flugzeugen ist Kleben eine häufig eingesetzte Methode, um Teile zu fixieren.

In der Natur gibt es vielfältige Vorbilder für Kleben unter verschiedensten Bedingungen, wobei die in der Natur zu beobachtenden Phänomene in der technischen Nachahmung oft unerreicht sind. Fixierung auf unregelmäßigem, nicht sauberem und von Wasser umgebenem Untergrund mit einem Klebemittel, das auf Wasser basiert und bioabbaubar ist, finden wir beispielsweise bei Muscheln, wie Austern (*Ostreidae*), bei erwachsenen Seepocken (*Balanidae*) und bei Seelilien (*Crinoidae*).

Napfschnecken sind insofern ein interessantes Beispiel, als diese Meeresbewohner sich in je nach Wasserstand (Tide) in zeitweise heftig umtosten Brandungszonen so fest am Fels fixieren, dass potenzielle Fressfeinde ihre vermeintlich leichte Beute nicht einfach vom Untergrund ablösen können. Typischerweise nachts bewegen sich diese Tiere aber auf ihrer Unterlage und weiden dabei