

Flugeigenschaften von Ahornfrüchten – ein Vorbild für den Bau von Propellern

Einem von vielen Rätseln in der Natur scheinen Forscher auf die Schliche gekommen zu sein: die phänomenalen Flugeigenschaften der Ahornfrüchte. Bekanntlich besteht die Frucht des Ahorns aus zwei Teilen, die sich bei der Reife trennen und dadurch zu Teilfrüchten werden. Diese werden in der Botanik meist etwas verkürzt als Früchte, im Volksmund hingegen als Samen bezeichnet. Sie besitzen je einen auffälligen Flügel und umschließen in ihrem unteren, dem Flügel abgewandten Teil jeweils einen Samen. Schon jedes Kind hat seinen Spaß mit der Beobachtung, wie solche Früchte rotierend zu Boden schweben (Abb. 1).

Ein wesentlicher, bereits länger bekannter Faktor zur Verzögerung der Fallgeschwindigkeit ist also die schraubenförmige Rotationsbewegung, die jedoch nicht ausschließlich für eine Abbremsung sorgt. In einer kurzen Sturzflugphase nimmt die Frucht zunächst Geschwindigkeit auf. Die Anströmung der Luft führt nun durch die spezielle Beschaffenheit des Flügels zu einer Rotationsbewegung um die Achse der Falllinie des Schwerpunktes des Flugobjekts. Dieser liegt je nach Reifegrad nahe dem Flügelansatz. Der Flügel nimmt in der ersten Flugphase rotationsbedingt eine relativ flache Stellung ein und wirkt nun als Propeller-Tragfläche. Er beginnt als Schraubenflieger der Luft einen größeren, scheibenförmigen Widerstand entgegenzusetzen. Diese „Propellerbewegung“ ist z.B. Vorbild für den Tragschrauber oder Gyrokopter, dessen Propeller sich alleine durch die Anströmgeschwindigkeit der Luft bei Horizontalbeschleunigung in Bewegung setzt und so ohne Motorantrieb für Auftrieb sorgt.

Doch damit nicht genug. Durch die Rotation erfährt der Flügel der Teilfrucht eine Anströmung

der Luft gegen die Flügelvorderkante und dies führt zu speziellen Strömungseffekten. In den Ahornfrüchten steckt also noch mehr aerodynamisches Know how, als bisher bekannt war, wie David LENTINK und seine Kollegen von der niederländischen Universität Wageningen jetzt in aufwändigen Versuchen herausfanden. Zunächst wurde am 10-fach vergrößerten Kunststoffmodell im Öltank die Bewegung der Frucht beobachtet und es wurden mit Hilfe von kleinsten Glaskügelchen im Laserlicht Strömungslinien sichtbar gemacht. In anschließenden Versuchen mit echten Ahornfrüchten im Windkanal konnte bei Zugabe von Rauch bestätigt werden, dass sich an der Oberseite der Vorderkante des Flügels ein deutlicher Wirbel (leading edge vortex) ausbildet. Es handelt sich quasi um einen Wirbelzopf, der sich vom Schwerpunkt der Frucht spiralförmig nach außen zur Flügelspitze hin bewegt und dort gegen die Flugrichtung abknickt, um sich schließlich aufzulösen. Dadurch entsteht ein zusätzlicher Unterdruck auf der Oberseite des Flügels und erhöht somit dessen Auftrieb. Das Erstaunliche daran ist, dass manche Insekten ebenso wie Kolibris und Fledermäuse durch eine spezielle Kombination aus Auf- und Abschlag sowie einer Rotationsbewegung des Flügels um die Längsachse ähnliche auftriebsverstärkende Wirbel erzeugen.

Neben der Möglichkeit, diesen Effekt für moderne Fluggeräte nutzen zu können, wird auch an diesem Beispiel wieder deutlich, dass sich konstruktive Elemente in der Natur oft an stammesgeschichtlich nicht verknüpften Punkten finden, nämlich dort, wo sie von ihrer Funktionalität her sinnvoll sind. Es handelt sich um ein außergewöhnliches Beispiel einer Konvergenz, also einer mehrfach *unabhängigen* Entstehung. Gleiche komplizierte Erfindungen ohne Erfinder?

[LENTINK D et al. (2009) Leading-Edge Vortices Elevate Lift of Autorotating Plant Seeds. *Science* 324, 1438-1440; BRÜCK J & KUHN B (2008). Bionik, BIONIK – der Natur abgeschaut. Köln: NGV. Internet: <http://www.n-tv.de/wissen/weltall/Der-Flug-der-Ahornsamensamen-article366057.html>; <http://www.faz.net/s/Rub163D8A6908014952B0FB3DB178F372D4/Doc~E0AAA49E31B984F8786D51AFA3A89C7BF~ATpl~Ecommon~Scontent.html>] W. Borlinghaus

Abb. 1: Teilfrucht des Ahorns im Propellerflug (Fotomontage)
Foto: fotolia.com



Die Kambrische Explosion – Kanalisierung der Komplexität

In der sogenannten Kambrischen Explosion entstanden in einem geologisch sehr kurzen Zeitraum („Augenzwinkern“) praktisch alle heutigen Tierstämme. Aus Sedimentgesteinen vor dem Kambrium sind zwar einige Fossilien bekannt, doch diese eignen sich kaum als Vorläufer für die Tierwelt, die ab

dem Kambrium auftritt. Ohne weitere bekannte Vorläufer kommt es zu einer plötzlichen Überfülle an tierischen Bauplänen. Dieses Rätsel möchte eine neue Disziplin, „molekulare Paläobiologie“ erhellen. In einem neuen Artikel stellen PETERSEN et al. (2009) drei neue Befunde vor, die ihrer Meinung nach Licht in das Dunkel bringen könnten: 1. Vergleicht man die Körperbaupläne der Trilobiten über die geologische Zeit, so ist die Variabilität der frühen Arten höher und sie nimmt im Laufe der Zeit vom Kambrium zum Devon hin ab, bevor die Trilobiten im Perm aussterben. 2. Eine neue Form der Regulation wurde entdeckt: Regulation durch microRNA. MicroRNAs sind etwa 22 Nukleotide lang und sie binden sich an die Genkopien (mRNAs), die normalerweise in Proteine übersetzt werden würden. Durch die Bindung der microRNA an die mRNA kommt es aber zur Blockierung und zum Abbau der betroffenen Genkopien. 3. Im Laufe der Evolution erwarben die Mehrzeller immer mehr solcher regulativer microRNAs.

Am Anfang der Kambrischen Evolution steht also ein Organismus, dessen molekulare Maschine aufgrund ihrer Primitivität viele Möglichkeiten eröffnet und den „Raum aller Baupläne“ dadurch effektiv „absuchen“ kann. Das soll das Fenster für die Entstehung der vielen unterschiedlichen Baupläne in der Kambrischen Explosion öffnen. Dann werden vorteilhafte Baupläne mit ihrer noch unpräzisen Genregulation durch die microRNAs präzisiert und damit in eine bestimmte Richtung hin kanalisiert und konserviert. Der Vorteil der microRNA-Regulation liegt darin, dass das betreffende regulierte Gen nicht verloren geht, sondern für spätere Evolutionsschritte weiterhin zur Verfügung steht.

Kritik. PETERSEN et al. (2009) erklären nicht – wie so häufig – die Entstehung der Anfangszustände. Es gibt nach wie vor keine Antwort auf die Frage: Wie kommt es zu einem Lebewesen mit einer anfangs (hypothetischen!) unpräzisen aber dennoch lebensfähigen Genregulation? Dieses Lebewesen muss komplex genug sein, um die Evolution praktisch aller bekannten Tierstämme zu erlauben. Zum anderen ist der Mechanismus der Genregulation durch microRNAs selbst durchaus komplex. Wie ist dieser entstanden? Die in der nachfolgenden Evolution neu hinzugekommenen microRNAs mussten im passenden Moment hergestellt werden, mehrere Enzymkomplexe sind daran beteiligt und die blockierten mRNAs mussten abgebaut werden. Wie entstand dieser komplexe Mechanismus? Weitergehende Fragen der Evolvierbarkeit solcher Systeme sind davon noch völlig unberührt.

[PETERSON KJ, DIETRICH MR & McPECK MA (2009) MicroRNAs and metazoan macroevolution: insights into canalization, complexity, and the Cambrian explosion. *Bioessays* 31, 736-747.] N. Winkler

Lignin – eine weitere ungewöhnliche Konvergenz?

Ihre Stabilität und Größe verdanken unsere Bäume einem besonderen Stoff: Lignin (lat. *lignum*, Holz). Dabei handelt es sich um komplexe aromatische chemische Verbindungen, die aus verschiedenen Einzelbausteinen zusammengesetzt sind (Heteropolymere) und in die sekundäre pflanzliche Zellwand eingelagert werden (Verholzung oder Lignifizierung). Dort bilden Lignine eine dichte Matrix, die an Cellulosefasern bindet und andere Bestandteile der Zellwand miteinander verknüpft. Durch diese Einlagerung bewirkt Lignin eine Verholzung der Zelle und ermöglicht deren Festigkeit. Die Trockenmasse verholzter Pflanzen besteht zu 20% bis 30% aus Lignin. Evolutionstheoretisch werden lignifizierte Zellwände als Schlüsselneheiten bei der Entstehung von Landpflanzen interpretiert.

Nun berichten MORTONE et al. (2009) von der Entdeckung sekundärer Zellwände mit Lignin in der Rotalge *Calliarthron cheilosporioides*, die in der Gezeitenzone lebt. Bisher waren derart spezialisierte Zellwände und Lignine nur von Gefäßpflanzen bekannt. Da die Rotalgen in keiner näheren Verwandtschaftsbeziehung zu den Gefäßpflanzen stehen, drängt sich die Annahme einer konvergenten (zweimaligen unabhängigen Entstehung) von Lignin auf. Evolutionstheoretisch ist dies angesichts der Komplexität dieser Moleküle sehr problematisch, da deren biochemische Synthese ausgesprochen komplex ist (MORTONE et al. 2009, 170). Welche andere Möglichkeit gibt es, wenn Evolution zugrundegelegt wird? Die Autoren vermuten gemeinsame Synthesewege bei gemeinsamen Vorfahren von Rotalgen und Gefäßpflanzen, so dass man es doch wenigstens zum Teil mit sogenannten „tiefen Homologien“ zu tun hätte. („Homolog“ werden Ähnlichkeiten genannt, die auf gemeinsame Vorfahren zurückgeführt werden.) Das würde die Konvergenz mindestens weniger ausgeprägt erscheinen lassen. Ein Beispiel eines solchen Synthesewegs wurde tatsächlich gefunden. Damit ist aber nur ein möglicher Baustein für eine unabhängige Lignin-Synthese nachgewiesen. Die Frage, weshalb und wie schon vorhandene Synthesewege genutzt wurden, um denselben chemischen Stoff zu synthetisieren, bleibt dennoch offen. MORTONE et al. (2009, 172) „spekulieren“, dass die Lignin-Biosynthese-Wege im evolutionstheoretisch anzunehmenden gemeinsamen Vorfahren von Rot- und Grünalgen (von Letzteren sollen die Gefäßpflanzen abstammen) die Aufgabe hatten, die Zellen vor mikrobiellen Infektionen und UV-Strahlung zu schützen. Aus einer Schöpfungsperspektive ist das unabhängige Auftreten komplexer Merkmale im Sinne eines „Baukastensystems“ zu verstehen, aus dem sozusagen nach Bedarf funktionell passende Teile entnommen werden können.