

Warum man sich ähnelt – Homologie und Analogie bei Insekten

Homologie

Die Phylogenetik widmet sich der Aufgabe, die Lebewesen nach dem Grad ihrer jeweiligen Verwandtschaft zueinander zu ordnen und Stammbäume zu erstellen. Es werden dabei Gruppen von Organismen („Taxa“) aufgestellt, die durch Merkmale begründet sind, d.h., die dieselben homologen Merkmale aufweisen. Homologe Merkmale stimmen in einem Komplexitätsgrad überein, der nicht zufällig sein kann; sie gehen auf einen gemeinsamen Ursprung zurück und liefern einen Hinweis auf direkte Verwandtschaft der betrachteten Organismen. Trotz unterschiedlicher Funktion sind bei allen Insekten beispielsweise die Beine homolog, schon die Stammart aller rezenten Insekten besaß sechs Beine mit der charakteristischen fünffach-Gliederung.



Mit Hilfe von Homologiekriterien können Merkmale auf eine mögliche Homologie überprüft werden:

1 spezifische Qualität des Merkmals

(Bsp. Insektenbeine: bestehen immer aus Coxa, Trochanter, Femur, Tibia und Tarsus)

2 Lage im vergleichbaren Gefügesystem

(Bsp. Insektenbeine: inserieren immer an den drei Thorax-Segmenten)

Die Anwendung der Homologiekriterien kann auch die „Entlarvung“ scheinbarer Homologien als Analogien bzw. Konvergenzen ermöglichen.

Analogie und Konvergenz

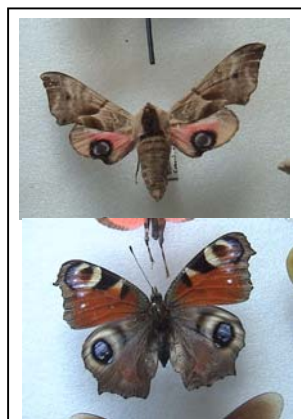
Im Gegensatz zu Homologien handelt es sich bei analogen Merkmalen um unabhängig voneinander entstandene strukturelle Übereinstimmungen bei nicht näher verwandten Taxa. Dies kann durch eine ähnliche Lebensweise begründet sein wie beispielsweise die grabschaufelartig gestalteten Vorderextremitäten bei Maulwurf und Maulwurfsgrille, die beide im Boden leben. In diesem Fall ist die Analogie als „Antwort“ auf bestimmte Bedingungen in der Umwelt zu verstehen.



Analogie:
Flügelform, -farbe und
Augenflecke beim
Schmetterling
(Pappelschwärmer) und der
Roten Ödlandschrecke

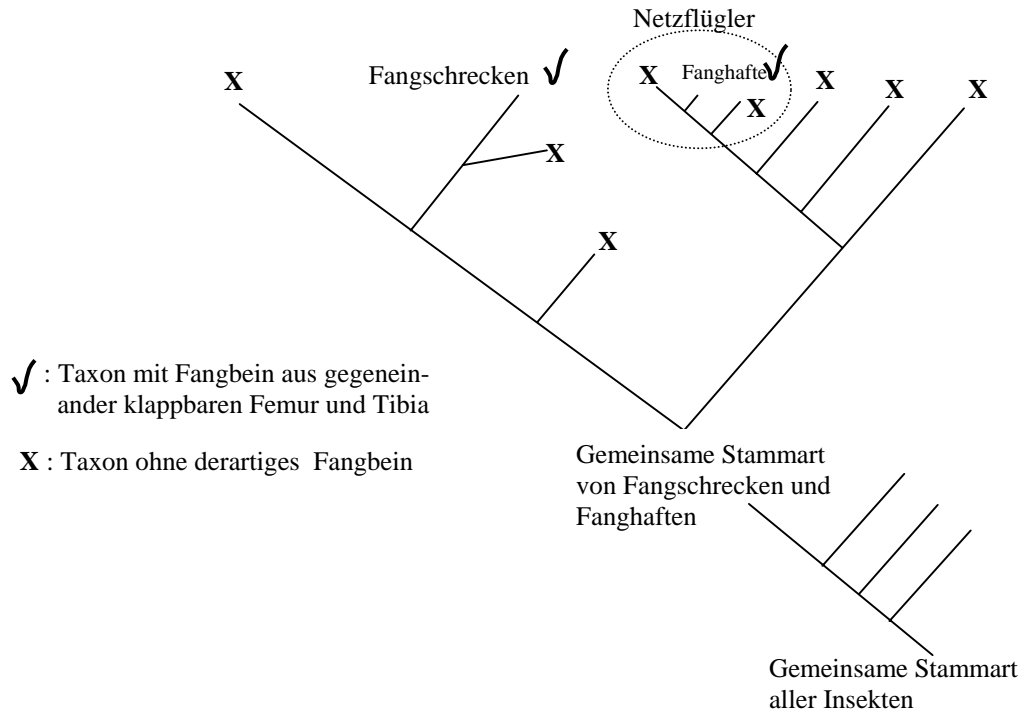
Analogien stellen häufig nur vordergründig ähnliche Merkmale dar, die sich meist leicht als nicht-homolog erkennen lassen, indem z.B. jeweils andere Strukturen an der Ausbildung beteiligt sind (und demzufolge die Homologiekriterien nicht erfüllt werden).

Führt die analoge Evolution eines Merkmales bei nicht näher verwandten Organismen zu einer derart hohen Ähnlichkeit, dass sie von einer Homologie nicht zu unterscheiden ist, spricht man von Konvergenz. Die Auflösung von Konvergenzen ist anhand der reinen Merkmalsbetrachtung nicht möglich, dies kann erst im Widerspruch mit anderen Merkmalen im Stammbaum erfolgen. Trotz des sehr ähnlichen Baus der Fangbeine von Gottesanbeterinnen (Fangschrecken) und Fanghaften (Netzflügler) muss beispielsweise unter Berücksichtigung der weit voneinander entfernten Stellung beider Taxa im Insektenstammbaum eine analoge Evolvierung postuliert werden. Denn die Annahme einer Homologie verträgt sich in diesem Fall nicht mit dem Prinzip der sparsamsten Erklärung: Hätte bereits die gemeinsame Stammart von Gottesanbeterinnen und Fanghaften das Fangbein besessen, müsste eine achtmalige Reduktion dieses Merkmals in allen aus ihr hervorgegangenen Taxa postuliert werden, die keine Fangbeine haben (Merkmalsstammbaum unten). Dieses



Konvergenz:
Innerhalb der Schmetterlinge
haben das Tagpfauenauge
und das Abendpfauenauge
unabhängig voneinander
nahezu identisch aussehende
Augenflecke evolviert

Szenario ist wesentlich unwahrscheinlicher (=weniger „sparsam“) als die Annahme einer zweimalig unabhängigen Ausbildung des Merkmals „Fangbein“.



Analogien und Konvergenz stellen also einerseits Schwierigkeiten bei der Entscheidung über den Grad von Verwandtschaftsverhältnissen dar, zum anderen lassen sie aber auch Rückschlüsse auf Umweltbedingungen, Selektionsfaktoren und Lebensweisen der untersuchten Organismen zu.

Diskussionsmöglichkeiten im Kurs

- Welche Merkmale an den Insekten aus der Sammlung können sich, z. T. mit Hilfe der Homologiekriterien, als homolog bzw. analog klassifizieren lassen?
- Wie bedeutsam ist die Zuhilfenahme eines Insektenstammbaumes (siehe PDF-Datei) für die Entscheidung über Homologie oder Analogie eines Merkmales?
- Welche gemeinsame Lebensweisen der Insekten lassen sich aus den diskutierten analogen Merkmalen ableiten?

Homologie-Hierarchie

Die Fangbeine der Fangschrecke und des Fanghaften sind ein Beispiel für die Notwendigkeit präziser Bezüge in der Diskussion über Homologie und Analogie/Konvergenz: Auf dem Niveau des Insektenbeines sind beide natürlich homolog, auf der funktionalen Niveau des „Fangbeins“ sind sie konvergent. Zu einer Homologie-Aussage gehört also die genaue Angabe, welche gemeinsame Information im Rahmen einer Hierarchie gemeint ist.

Diskussionmöglichkeiten im Kurs

- An welchen weiteren Beispiele der Insektensammlung lässt sich die Homologie-Hierarchie diskutieren?

Mimikry und Mimese als Sonderfälle von Konvergenz

Bei der Mimikry „ahmt“ eine Art eine nicht näher verwandte andere in bestimmten körperlichen oder verhaltensbiologischen Merkmalen nach. „Imitiert“ ein wehrloser Organismus ein wehrhaftes Vorbild, profitiert er dadurch von dessen Warntracht und ist vor Fressfeinden besser geschützt. Ein Beispiel für eine derartige Batessche Mimikry (benannt nach dem Erstbeschreiber H. W. Bates) ist die gelb-schwarze „Wespenfärbung“ bei Wespe und Schwebfliege. Mimikry wird jedoch nicht nur zur Abschreckung von Feinden „eingesetzt“, sondern sie kann auch der Täuschung von Beute dienen. Z. B. könnte die schmetterlingsähnliche Gestalt einiger räuberischer Netzflügler als das Nachahmen nicht-räuberischer Schmetterlinge gedeutet werden. Der Netzflügler lockt dadurch zwar die Beute (=kleinere Insekten) nicht an, er kann sich aber eventuell besser und „unerkannt“ an sie annähern.



Batessche Mimikry:
Wespe und Große Schwebfliege

Mimikry zur regelrechten Anlockung (Peckhamsche Mimikry, benannt nach G. W. und E. G. Peckham) der für sie selbst nützlichen Insekten betreiben einige Orchideenarten,

die mit ihren Blüten das Aussehen von weiblichen Insekten, z.B. Hummeln, nachahmen. Dadurch werden paarungsbereite Insekten-Männchen angelockt, die dann bei der vermeintlichen Begattung die Blüte bestäuben.

Das Wesentliche bei der Bateschen und der Peckhamschen Mimikry ist die Signalfälschung auf einem bestehenden Sender-Empfänger-System. Ein Mimikry-betreibender Organismus „will“ also wahrgenommen werden.

Bei der Müllerschen „Mimikry“ (benannt nach F. Müller) besitzen mehrere wehrhafte Arten dieselbe Warntracht und bilden einen „Mimikryring“. Ein Beispiel hierfür ist die „Wespenfärbung“ bei Wespen, Hornissen und Bienen. Es wird davon profitiert, dass die Fressfeinde nach schon einmaligem Kontakt lernen, Tiere mit diesem Aussehen zu meiden.

Nach der strengen Definition handelt es sich hierbei allerdings nicht um Mimikry, weil keine Signalfälschung stattfindet (denn die Arten sind ja tatsächlich alle wehrhaft oder ungenießbar).

Diskussionsmöglichkeiten im Kurs

- Welches sind die Voraussetzungen auf Fressfeind-Ebene für eine „erfolgreiche“ Mimikry?
- Welche Überlegungen lassen sich bezüglich der gemeinsamen Warntracht bei Wespen und Hornissen anstellen, die beide den Faltenwespen angehören und nah verwandt sind?

Im Gegensatz zur Mimikry „will“ ein Mimese-betreibender Organismus (=Mimet) nicht wahrgenommen werden. Er gleicht sich durch eine Tarntracht seiner belebten oder unbelebten Umwelt an und geht dadurch gleichsam im „Rauschen“ der Umweltsignale unter.

Das Problem der Abgrenzung von Mimikry und Mimese bzw. die nicht immer mögliche eindeutige Zuordnung zu einem Begriff macht das Beispiel der tropischen Fangschrecke *Hymenopus coronatus* deutlich. Sie imitiert die



Mimese UND Mimikry:
Hymenopus coronatus

Blütenblätter einer Orchidee, auf der sie auf Beute lauert. Je nach genauem Standort der Fangschrecke und erfolgter oder nicht erfolgter Wahrnehmung durch die anfliegende Beute kann hier sowohl der mimetische Aspekt als auch der Aspekt der Mimikry greifen.

Diskussionsmöglichkeiten im Kurs

-„Reichen“ körperlichen Merkmale zur mimetischen Tarnung? Welche Merkmale kann der Begriff „Tarntracht“ umfassen?

-Abgrenzung „Mimikry“ und „Mimese“: Welche unterschiedlichen Verhaltensweisen von *Hymenopus coronatus* lassen z. B. eher dem einen oder anderen Begriff zuordnen?

Schülerarbeit

Die Schüler erarbeiten überwiegend in Zweiergruppen an ausgewähltem Insektenmaterial (u. a. Käfer, Schmetterlinge, Wespen, Fliegen, Wanzen) grundlegende Aspekte zur Homologie, Analogie/Konvergenz, Mimikry und Mimese. Eine Auswahl an Insekten soll zuerst „unvoreingenommen“ nach ihrem Verwandtschaftsgrad sortiert werden. Anschließend werden die Insekten mit Hilfe eines dichotomen Bestimmungsschlüssels bis zur Ordnung bestimmt. Es stehen Binokulare zur Verfügung, die für die Bestimmung relevanten Merkmale sind alle auch für Ungeübte leicht nachzuvollziehen (vgl. PDF-Datei „Insektenchema“). In der gesamten Schülergruppe werden homologe Merkmale und diejenigen Analogien diskutiert, die die Schüler evtl. anfänglich zu Fehlgruppierungen der Insekten verleitet haben. Ein Stammbaum der Insekten (siehe PDF-Datei) dient als Hilfsmittel. Die diskutierten Merkmale werden in eine vorbereitete Tabelle eingetragen.

Ferner werden die Konzepte „Mimikry“ und „Mimese“ erarbeitet. Die Schüler sollen durch Gruppendiskussion eigenständig eine sinnvolle Definition beider Phänomene formulieren.

Beispiel für den dichotomen Bestimmungsschlüssel:



1 - Insekten geflügelt	2	
- Insekten flügellos	28	
2 - Ein Paar Flügel vorhanden	3	
- Zwei Paar Flügel vorhanden	7	
3 - Körper heuschreckenartig	Saltatoria	
- Tiere anders gebaut	4	
·	·	
·	·	
·	·	

Trotz der intensiven Begleitung durch mehrere Betreuer wird das eigenständige Arbeiten und die Diskussion der Schüler untereinander den Schwerpunkt des Kurses bilden.

Ziele des Kurses

- Abschätzung der durch Konvergenzen verursachten Problematik in der Phylogenetik bei der Suche nach Verwandtschaftsverhältnissen (Ähnliches ist nicht immer homolog!)
- Erkennen des in den Konvergenzen steckenden Informationsgehaltes
- Erarbeitung der Konzepte „Mimikry“ und „Mimese“
- Verständnis der Relativität und Überschneidung mancher Begriffe
- Kennenlernen einiger europäischer Insektentaxa
- Kennenlernen des Prinzips des dichotomen Bestimmungsschlüssels

Die Schüler sollten zu Beginn des Kurses bereits

Grundkenntnisse haben von:

- Homologie
- Homologiekriterien
- Homologiehierarchie
- Analogie/Konvergenz
- Zweck der Phylogenetik (=Ordnen der Lebewesen nach gemeinsamen, homologen Merkmalen)

Empfohlene Literatur und Quellennachweis

Chinery, M. (1973): Insekten Mitteleuropas. P. Parey Verlag, Hamburg, Berlin

Jacobs, W. und Renner, M. (1988): Biologie und Ökologie der Insekten. G. Fischer Verlag, Stuttgart; Jena, New York

Siewing, R. (1985): Lehrbuch der Zoologie Systematik. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1985

Sudhaus, W. und Rehfeld, K. (1992): Einführung in die Phylogenetik und Systematik. G. Fischer Verlag, Stuttgart; Jena, New York

Kontakt

Dr. Inge Steinmetz

FU-Berlin, NatLab

Fabeckstr. 34-36

14195 Berlin

e-mail: ingesteinmetz@web.de

