

Konvergenz

Synonym: Funktionale Übereinstimmung; englischer Begriff: convergent evolution

Durch Anpassung (→ *Adaptation*) an die Umwelt bei ähnlicher Lebensweise im Verlauf der → *Evolution* der Lebewesen entstehen Übereinstimmungen in der Gestalt des ganzen Körpers oder einzelner Organe, die mit gleichartiger oder ähnlicher Funktion einhergehen. Sie sind unabhängig von der natürlichen Verwandtschaft. Diese Erscheinung wird als Konvergenz bezeichnet. Evolutiv ist sie durch gleichgerichtete → *Selektion* zu erklären; die Lebewesen bilden dadurch gleiche oder sehr ähnliche ökologische → *Nischen* aus.

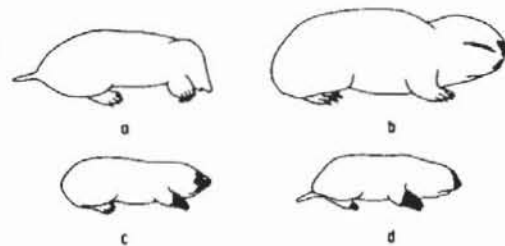
Einige klassische Beispiele seien hier angeführt: Bei den sich im freien Wasser rasch schwimmend bewegenden Tieren kommt es zur Ausbildung der charakteristischen *Fischgestalt* mit Torpedoform und der Bildung einer Schwanzflosse als Antrieb. Man trifft diese Körperform bei Haien, Knochenfischen, *Ichthyosaurus*, Delphinen und mit gewisser Einschränkung bei Pinguinen an. Im Boden grabend lebende Säuger verschiedener Ordnungen (Maulwurf, Beutelmull, Goldmull, Blindmaus) zeigen ähnliche Gestalt (vgl. Abb. 1).

Aus dem Pflanzenreich seien die *Stammsukkulente*n erwähnt, die als Anpassung an langfristig trockene Standorte anzusehen sind (→ *Pflanzenökologie*). Man trifft sie in den Familien der Cactaceen (in Amerika), der Euphorbiaceen (vorwiegend in Afrika), der Didieaceen (nur auf Madagaskar), der Asclepiadaceen, Apocynaceen und einigen anderen. Unter den *Blattsukkulente*n treten *Aloe*-Arten in Afrika und Agaven in Amerika an sehr ähnlichen Standorten auf (vgl. Abb. 2).

Im Tierreich sind Anpassungen an die Nutzung gleicher Nahrung (gleiche Nahrungsnische) (→ *Ernährungsformen*) nicht selten. Als blütenbesuchende, nektarsaugende Vögel gibt es die Kolibris in Amerika, Nektarvögel in Afrika, Honigfresser in Australien und einige Kleidervögel auf Hawaii. Konvergenz liegt auch vor bei Mauersegler und Rauchschnäbel; beide sind im Flug insektenfressende Vögel Mitteleuropas.

Analogie, Mimikry: Konvergenzen sind besonders auffällige analoge Ausbildungen von Organen oder der ganzen Körpergestalt. Als *Analogie* bezeichnet man die Übereinstimmung von Organen hinsichtlich ihrer Funktion und Leistung ohne Rücksicht auf ihre Entstehung. In-

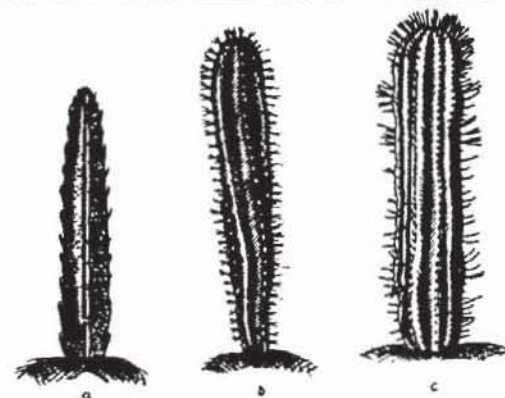
Abb. 1: Lebensformtyp der Schau-felgraber



- a) Maulwurf (*Talpa europaea*), Länge 15 cm; b) Blindmaus (*Spalax typhlus*), 20 cm; c) Goldmull (*Chrysochloris capensis*), 12 cm; d) Beutelmull (*Notocryctes typhlops*), 12 cm.

Quelle: TISCHLER 1976.

Abb. 2: Konvergenz im Pflanzen-reich: Stammsukkulente



- a) *Stapelia grandiflora* (Asclepiadaceae); b) *Pachycereus pringlei* (Cactaceae); c) *Euphorbia erosa* (Euphorbiaceae).

Quelle: ULLRICH-ARNOLD 1953.

folge gleichartiger → *Selektion* muß sie zu Strukturähnlichkeiten (ähnlichen Anpassungen) führen. Je extremer die Umweltverhältnisse sind, an die sich die Organismen angepaßt haben, um so ausgeprägter ist die Entstehung von Analogien und um so mehr nehmen sie den Charakter von Konvergenzen an. Analog sind z. B. die Kiemen von Krebsen und Fischen, die Flügel von Insekten und Vögeln, das Linsenauge von Wirbeltieren und Kopffüßern, die Grabbeine von Maulwurf und Maulwurfsgrielle und die Schwebefortsätze der verschiedensten Planktonorganismen (→ *Aquatische Ökologie*). Eine besondere Gruppe von Analogien sind die als Schutzanpassungen zu erklärenden Erscheinungen der *Mimikry* (→ *Tierökologie*). Sie beruhen auf einer Nachahmung von Signalen, durch die ein potentieller Freßfeind abgeschreckt wird. Schmetterlinge der Gattung *Danaus* (die meisten Arten sind tropisch-subtropisch, in Europa der Monarch-Falter) akkumulieren aus der aufgenommenen Nahrung Stoffe (→ *Ökomone*), die für Vögel giftig sind. Diese Stoffe schützen Raupe und Imago des Schmetterlings. In Indien gibt es nun einen anderen Schmetterling *Chilasa*, der das Flügelmuster von *Danaus tyria* nachahmt. Er ist nicht giftig, wird aber infolge dieser *Mimikry* ebenfalls nicht gefressen.

Mimikry liegt auch vor bei den *Täuschblumen*, die blütenbesuchende Insekten anlocken durch eine nur scheinbar hohe Produktion an Nahrung. Die Sexual-Täuschblumen ahmen Schlüsselsignale des Geschlechtspartners des Bestäubers nach; ein bekanntes Beispiel sind die Ragwurz-(*Ophrys*-)Blüten, die durch Gestalt, Behaarung und Duft die Weibchen bestimmter Hymenopteren nachahmen und so die männlichen Tiere zu Kopulationsversuchen veranlassen, wodurch die Bestäubung vollzogen wird.

Homologie: Der Analogie steht die *Homologie* gegenüber. Als Homologie bezeichnet man die Übereinstimmung von Organen hinsichtlich ihrer → *Evolution* ohne Rücksicht auf ihre Gestalt und Funktion. Ein gut bekanntes Beispiel sind die Vorderextremitäten der Landwirbeltiere, die - einschließlich Vogel- und Fledermausflügel - einander homolog sind und einen gleichen Grundbauplan besitzen. Auch die Schwimmblase der Knochenfische und die Lungen der Landwirbeltiere sind homolog. Durch Nachweis von Homologien werden Evolutionszusammenhänge erkannt. Da das natürliche System der Organismen die evolutiven Beziehungen wiedergeben soll, ist die Erforschung von Homologien auch Grundlage der Systematik. Wird Konvergenz fälschlicherweise als Homologie gedeutet, so führt dies zu falschen Feststellungen in Systematik und Evolutionsbiologie. Dem Nachweis von Homologien dienen die *Homologiekriterien*:





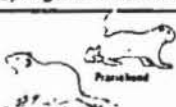
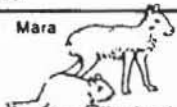


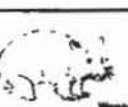
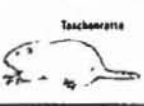
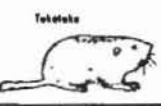







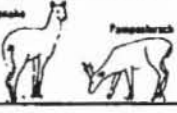
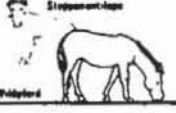






- Kriterium der Lage: Strukturen, die bei verschiedenen Organismen in gleicher Zahl und Anordnung vorhanden sind, so daß ein Grundbauplan erschlossen werden kann, sind als homolog anzusehen (Beispiel: Vorderextremitäten der vierfüßigen Wirbeltiere)
- Kriterium der spezifischen Qualität: Wenn Organe mit kompliziertem Bau weitgehende Übereinstimmung zeigen, sind sie homolog (Beispiel: die Hautschuppen der Haie und die Zähne der höheren Wirbeltiere sind weitgehend gleich gebaut und deshalb als homolog zu betrachten)
- Kriterium der Stetigkeit: Wenn in einer Abwandlungsreihe eines Organsystems Übergänge vorliegen, können alle Abwandlungen als homolog angesehen werden (Beispiel: Abwandlungsreihe der Blutkreislaufsysteme der Wirbeltiere).

Homologe Strukturen, die zunächst infolge unterschiedlicher Anpassung verschiedene Gestalten gebildet haben, können sekundär bei gleichartiger Selektionswirkung unabhängig voneinander wieder Gestaltähnlichkeit erreichen. Eine solche Analogie auf der Grundlage letztlich homologer Organe wird *Homoiologie* genannt. Homoiolog sind z. B. die Flugextremitäten von Vogel, Fledermaus und Flugsaurier: sie sind als Flugorgane Analogiebildungen, aber als Vorderextremitäten von Landwirbeltieren auf deren Grundbauplan zurückzuführen und daher homolog. Die Ausbildung

ähnlicher Merkmale und Organe erlaubt eine ökologische Klassifizierung der Lebewesen. Während die systematisch-evolutive Klassifizierung sich auf Homologien stützt, fußt die ökologische Klassifizierung auf Analogien. Man gliedert dabei in verschiedene → *Lebensformen* und Lebensformtypen. Allerdings können verschiedene Organe unterschiedliche Anpassungen aufweisen, so daß für verschiedene Lebenserscheinungen getrennte Klassifikationen erforderlich werden und zahlreiche Arten mehrere Plätze in der „ökologischen Klassifikation“ einnehmen.

Stellenäquivalenz, Vikarianz: In verschiedenen Gebieten der Erde gibt es in ähnlichen Ökosystemen unterschiedliche Arten mit ähnlicher Lebensweise, die ähnliche → *Nischen* bilden und dem gleichen Lebensformtypus angehören (→ *Ökologische Regeln*). Diese nennt man stellenäquivalent. *Stellenäquivalenz* kann bei evolutiver Verwandtschaft oder durch Konvergenz zustandekommen; bei langfristig und weiträumig getrennten Gebieten ist letzteres häufiger. So findet man in den tropischen Regenwäldern der Neuen und der Alten Welt ganz verschiedene Arten; der Aufbau des Ökosystems ist aber völlig gleichartig (→ *Vegetationskunde*). Die bereits erwähnten Stamm- und Blattsukkulenten sind stellenäquivalente Arten in den Halbwüsten der verschiedenen Kontinente. Für offene Grasländer mehrerer Erdteile sind in *Abb. 3* stellenäquivalente Tierarten wiedergegeben.

Abb. 3: Stellenäquivalenz bei Tieren

NORDAMERIKA	SUDAMERIKA	ASIEN	AFRIKA	AUSTRALIEN
<p>Erftase</p> 		<p>Wüstenspringmaus Hottentotmaus</p> 	<p>Springspitz</p> 	<p>Känguru</p> 
Springende Pflanzenfresser				
<p>Parakeend Bachkanarienvogel</p> 	<p>Mara</p> 	<p>Hamster</p> 	<p>Bachkanarienvogel</p> 	<p>Wombat</p> 
Grabende Säuger, die draußen Futter suchen				
<p>Taschekrante</p> 	<p>Tototata</p> 	<p>Mauswurf Mauswurf</p> 	<p>Goldwühl</p> 	<p>Beutelmaul</p> 
Grabende Säuger, die sich unterirdisch ernähren				
	<p>Wilde oder Poliestrauß</p> 		<p>Strauß</p> 	<p>Emu</p> 
Nicht fliegende Laufvögel				
<p>Gabelstirps Bison</p> 	<p>Guemaha Pampaschub</p> 	<p>Stoppentrippe Wildpferd</p> 	<p>Zebra Springstreck</p> 	
Laufende Pflanzenfresser				
<p>Koyote</p> 	<p>Makaroniwolf</p> 	<p>Falkschakal oder Mensch</p> 	<p>Separd Löwe</p> 	<p>Beutewolf</p> 
Laufende Raubtiere				

In ähnlichen Lebensräumen leben in verschiedenen Gebieten ähnlich aussehende Tiere ähnlicher Lebensweise. Sie üben den gleichen „Beruf“ im System aus. Daher spricht man von Stellenäquivalenz.

Quelle: REMMERT 1989.

Als Beispiel stellenäquivalenter Arten, die auch evolutive Verwandtschaft zeigen, seien die großen Laufvögel (Strauß, Nandu, Emu) tropisch-subtropischer Grasländer in verschiedenen Kontinenten erwähnt. Stellenäquivalente Arten haben gleiche oder sehr ähnliche ökologische Aufgaben in ihrem jeweiligen Lebensraum; sie besetzen die gleiche Planstelle. Auf den Galapagos-Inseln gibt es z.B. keine Spechte, deren Planstelle wird von einer Art der *Darwin-Finken* eingenommen. Dieser Spechtfink nutzt Kakteenstacheln als Werkzeug, um die Insektenlarven aus dem Holz herauszuholen, da sein Schnabel allein hierzu nicht geeignet ist. Stellenäquivalente Arten schließen sich in ihrer Verbreitung zumeist aus (*Konkurrenzausschluß-Prinzip*) (→ *Ökologische Regeln*).

Werden gleiche Planstellen in getrennten Gebieten von nahe verwandten Arten besetzt, so spricht man von *Vikarianz* und von *vikariierenden* (stellvertretenden) *Arten*. Ein bekanntes Beispiel hierfür sind die Alpenrosen: die Rostrote Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*) gedeiht auf kalkarmen, die Behaarte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*) auf kalkreichem Untergrund. Durch vergleichende Betrachtung der Stellenäquivalenz läßt sich die große Zahl von → *Biozönosen* in den großen Zonobiomen (→ *Biom*) unserer Erde leichter überschauen.

Konvergenz kann sich auch auf ganze Lebensräume bzw. Ökosysteme beziehen, nicht nur auf Organe oder Organismen. So zeigt die Vegetation der tropischen Hochgebirge Afrikas und Südamerikas große physiognomische Ähnlichkeit bei ganz verschiedener Artenzusammensetzung. Gleiches gilt für Nebelwälder und für die Halbwüstenvegetation von Niederkalifornien und Südmadagaskar (→ *Vegetationskunde*, → *Pflanzenökologie*).

Literatur: ALTENKIRCH, W. 1977: Ökologie. Frankfurt/M.: Diesterweg/Salle. (= Studienbücher Biologie). – COLINVAUX, P.A. 1973: Introduction to Ecology. New York: J. Wiley and Sons. – KOEPCKE, H.W. 1973/1974: Die Lebensformen. 2 Bde. Krefeld: Goecke und Evers. – KLÖTZLI, F.A. 1989: Ökosysteme. Aufbau, Funktionen, Störungen. 2. Aufl. Stuttgart: Fischer. – KULL, U. 1977: Evolution. Stuttgart: Metzler. (= Studienreihe Biologie; Bd. 3). – KULL, U. 1991: Grundriß der Allgemeinen Botanik. Stuttgart: Fischer. – OSCHKE, G. 1973: Ökologie. Grundlagen - Erkenntnisse - Entwicklungen der Umweltforschung. Freiburg: Herder. (= Reihe studio-visuell). – REMMERT, H. 1989: Ökologie. 4. Aufl. Berlin: Springer. – SCHUBERT, R. (Hrsg.) 1984: Lehrbuch der Ökologie. Jena: Fischer. – TISCHLER, W. 1976: Einführung in die Ökologie. Stuttgart: Fischer. – ULLRICH, H./ARNOLD, A. 1953: Lehrbuch der Allgemeinen Botanik I. Berlin: W. de Gruyter. – WAGNER, G. P. 1989: The biological homology concept. In: Ann. Rev. Ecol. Syst. 20, p. 51-69.

Ulrich Kull