

**Zeitschrift:** Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

**Herausgeber:** Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

**Band:** 45 (1977)

**Artikel:** Konvergenz auf verschiedenen Organisationsstufen, insbesondere bei Gebüsch-Ökosystemen der Hartlaubgebiete

**Autor:** Gigon, Andreas

**Kapitel:** 2: Zum Phänomen der Konvergenz

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-377691>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Verdankungen

Dem Vorsteher des Geobotanischen Instituts ETH, Stiftung Rübél, Herrn Prof. Dr. E. LANDOLT danke ich für mannigfache Unterstützung und Anregungen sowie für eine kritische Durchsicht des Manuskriptes. Dieses wurde auch von Herrn Prof. Dr. F. KLÖTZLI (ETH Zürich) gelesen und mit Hinweisen und Anregungen versehen, wofür ich bestens danke. Herrn Prof. Dr. H.A. MOONEY, Stanford University, Kalifornien, verdanke ich die Einführung in die Oekologie der Hartlaubgebüsche sowie die Möglichkeit, am Projekt "Origin and Structure of Ecosystems" des Internationalen Biologischen Programms (IBP) mitzuarbeiten. Finanziell wurde meine anderthalbjährige Arbeit in Kalifornien durch ein Stipendium des Nationalfonds, Kredite für das amerikanische IBP und eine Anstellung an der Universität Stanford, Kalifornien, ermöglicht, was ich hiermit verdanke.

Frau E. WOHLMANN-BRÄM zeichnete die komplizierten Abbildungen, ihr, Frau PD Dr. K. URBANSKA sowie den anderen Mitarbeitern des Geobotanischen Instituts ETH bin ich zu Dank verpflichtet.

Meiner Frau danke ich für die Mithilfe im Feld und bei den Zeichnungen sowie für viel Geduld, die sie während der langen Entstehungszeit der vorliegenden Arbeit aufgebracht hat.

## 2. Zum Phänomen der Konvergenz

Als Vorbemerkung sei erwähnt, dass sich die in diesem Kapitel verwendeten Begriffe Konvergenz, Analogie, Homologie, Parallelismus usw. nicht immer klar abgrenzen lassen und es bestehen sogar Uebergänge zwischen ihnen. So gilt etwa die Struktur der Flügel des Vogels und jene der Fledermaus allgemein als Beispiel für Homologie; denn aus dem Grundtyp der Wirbeltier-Vorderextremität sind im Laufe der Evolution ganz verschieden gebaute Organe entstanden. Andererseits kann man es auch als Analogie (Konvergenz) ansehen, wenn bei phylogenetisch so weit entfernten Gruppen wie den Vögeln und den Säugetieren im Laufe der Evolution funktional so ähnliche Organe entstanden sind wie die Flügel.

## 2.1. Historischer Ueberblick

Einen historischen Ueberblick über das Konzept der Konvergenz hat vor kurzem JOHNSON (1973) gegeben, weswegen dieser Aspekt hier nur stichwortartig behandelt zu werden braucht. Die Entwicklung des wissenschaftlichen Begriffs der Konvergenz ist eng mit den pflanzengeographischen Arbeiten von A. von HUMBOLDT (1807), GRISEBACH (1872), ENGLER (1899), DRUDE (1890), WARMING und GRAEBNER (1933 bzw. 1896), RÜBEL (1930), SCHIMPER und FABER (1935) und anderen verbunden. Von einem Forscher zum folgenden mit immer mehr Fakten untermauert und mit immer grösserer Klarheit ausgedrückt, wurde festgestellt, dass unter ähnlichen Klimabedingungen physiognomisch ähnliche Pflanzengemeinschaften vorkommen, auch wenn sie in ganz verschiedenen Erdteilen liegen. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde in der vergleichenden Anatomie der Begriff der Analogie entwickelt, der eng mit jenem der Konvergenz zusammenhängt (siehe 2.2.). Der evolutionäre, dynamische Aspekt der Konvergenz (und besonders der Divergenz) wurde bereits in "The origin of species" von DARWIN (1859, Kap. IV) diskutiert. Seiner Ansicht nach wäre es äusserst unbesonnen ("extremely rash"), eine strukturelle Ähnlichkeit zwischen Nachkommen von zwei verwandtschaftlich weit voneinander getrennten Lebensformen einer Konvergenz zuzuschreiben. DARWIN kommt zu diesem Schluss, weil er vor allem die Unendlichkeit komplexer Beziehungen ("infinite of complex relations") bei den Lebewesen betrachtet; und da die Selektion von diesen Beziehungen abhängt, sei es nicht vorstellbar, dass ausgeprägte Konvergenzen entstehen können.

Grosse strukturelle und funktionelle Ähnlichkeiten zwischen ganz verschiedenen Lebewesen, die unter ähnlichen Umweltbedingungen leben, haben nicht erst die Wissenschaftler beobachtet und ausgedrückt! Viele Volksnamen liefern uns dafür einen Beweis. In der deutschen Sprache werden zum Beispiel Vertreter der *Cetacea* und der *Cephalopodes* als Wal fisch bzw. als Tintenfisch bezeichnet, weil sie an das Leben im Wasser angepasst sind; im Englischen gibt es noch den jelly fish (Qualle), der zu den *Coelenterata* gehört. Die physiognomische, morphologische und z.T. auch ökologische Ähnlichkeit von *Fagus* (*Fagaceae*) und *Carpinus* (*Betulaceae*) wird mit dem Namen (Rot)buche und Hagebuche gut verdeutlicht.

CODY (1973a) weist darauf hin, dass sich auch die frühen Systematiker in der Einteilung der Lebewesen von physiognomischen und ökologischen Ähnlichkeiten haben (ver-)leiten lassen. So wurden z.B. von LINNE amerikanische und afrikanische Vögel, die der europäischen Lerche ähnlich sind, in die Gattung *Alauda* (Lerche, Fam. *Alaudinae*) gestellt. Erst später stellte sich dann heraus, dass derart grosse Unterschiede vorhanden sind, dass eine Einteilung in verschiedene Familien gerechtfertigt erscheint. Die amerikanische "Lerche" wird heute in die Familie der *Icteridae* gestellt, die afrikanische in jene der *Motacillidae* die auch in Europa vorkommt (stelzenartige Vögel).

## 2.2. Der Begriff der Analogie

Als Analogien werden funktionelle Aehnlichkeiten bezeichnet, die aus verschiedenen Grundformen entstanden sind (Funktionsgleichheit). Sie kommen bei systematisch weit voneinander getrennten, aber auch bei relativ eng miteinander verwandten Organismen vor. Der Begriff der Konvergenz betont eher den dynamischen Aspekt und die Aehnlichkeit der Umweltbedingungen, jener der Analogie eher das (statische) Ergebnis konvergenter Evolution. Das Konzept der Analogie wurde im Bereich der Morphologie, besonders der Tiere entwickelt. Ein bekanntes Beispiel ist denn auch die Analogie (Funktionsgleichheit aber Ursprungsverschiedenheit) zwischen dem Grabbein des Maulwurfs und jenem der Maulwurfsgrille. (Der Begriff der Homologie wird in 2.6. behandelt)

## 2.3. Beispiele von Konvergenzen auf verschiedenen Organisationsstufen

Um eine Vorstellung der Verbreitung und Bedeutung des Phänomens der Konvergenz (und der Analogie) in der Biosphäre zu erhalten, sind in diesem Kapitel Beispiele zusammengestellt, die bewusst aus ganz verschiedenen Bereichen ausgewählt wurden. Diese Beispiele sind nach dem Schema der Organisationsstufen gruppiert, wie es von GIGON (1974, Tab. 2) vorgeschlagen worden ist.

### Organisationsstufe der Lebensgemeinschaft.

Ein Beispiel für Konvergenz bei Lebensgemeinschaften ist die physiognomische Aehnlichkeit zwischen Pflanzengemeinschaften, die unter ähnlichen Klimabedingungen in verschiedenen Florenreichen vorkommen (vgl. die globalen Vegetationskarten z.B. von RÜBEL 1930, WALTER 1968). Solche Aehnlichkeiten bestehen etwa zwischen den tropischen, immergrünen Regenwäldern Südamerikas, Afrikas, Asiens und Australiens (Florenreiche: Neotropis, Paläotropis und Australis, siehe Abb. 2).

Ein Beispiel aus dem Tierreich ist die Konvergenz zwischen den Beuteltieren (*Marsupialia*) und den Placentatieren (*Placentalia*) bezüglich der Physiognomie und der Rolle im Oekosystem (kurze Beschreibung in Kap. 4.3.3.).

### Organisationsstufe der Population

Ein Beispiel hierfür sind Aehnlichkeiten im Sozialverhalten bei nicht näher miteinander verwandten Tierarten. So erwähnt ALCOCK (1975), dass kooperatives Jagen sowie Teilen und Beschützen der Beute vorkommen beim Löwen (*Felidae*), beim Wildhund und beim Wolf (*Canidae*), sowie bei der Hyäne (*Hyaenidae*).

### Organisationsstufe der mehrzelligen Organismen

Konvergenzen bei Organismen bezüglich der Gesamterscheinung (Physiognomie) und anderer auffallender Merkmale sind weit verbreitet.

Ein Beispiel aus dem Pflanzenreich ist etwa die Lebensform der Polsterpflanze, die als Anpassung an die harten Umweltbedingungen in der alpinen Höhenstufe bei ganz verschiedenen Familien vorkommt, so bei den *Cyperaceae*, *Cruciferae*, *Caryophyllaceae*, *Crassulaceae*, *Saxifragaceae* und *Primulaceae*; oder die Lebensform des Spalierstrauches, der an steilen alpinen Südhängen auf Karbonat vorkommt, bei Vertretern der *Salicaceae*, *Rosaceae*, *Cistaceae*, *Globulariaceae* und *Polygalaceae* (vgl. z.B. GIGON 1971).

Aus dem Tierreich ist der Lebensformtyp des Schaufelgräbers bekannt, der beim Maulwurf (*Talpa europaea*), der Blindmaus (*Spalax typhlus*) und dem Beutelmull (*Notoryctes typhlops*) verwirklicht ist (TISCHLER 1976).

Ein besonderes Beispiel, weil es neben dem Verhalten und der Morphologie auch den Gebrauch des Werkzeuges umfasst, stellt die konvergente Evolution der spechtartigen Ernährungsweise dar: bei den europäischen Spechten (*Picidae*), dem auf Hawaii endemischen Specht-Kleidervogel (*Hemignatus wilsoni*) und den Specht-Darwinfinken (*Cactospiza pallida* und *C. heliobates*), die auf den Galapagoinseln endemisch sind. Diese Darwinfinken holen mit einem Hölzchen, das sie im Schnabel halten, Insektenlarven aus Baumstämmen heraus, analog, wie es die anderen genannten Vögel mit ihrem Schnabel machen (siehe z.B. ALCOCK 1975). Mit ganz verschiedenen Mitteln, in völlig verschiedenen geographischen Gebieten und bei nicht miteinander verwandten Arten ist die gleiche Ernährungsweise mehrmals im Laufe der Evolution entstanden.

Auch bei Wasserlebewesen kommen Konvergenzen vor, z.B. im Brandungsgebiet oder in schnell fliessenden Bächen und Flüssen. Ausser Algen (Tangen) leben hier auch bestimmte Tiere sessil, mit einer breiten Kriechsohle oder Saugnäpfen festgesaugt; so etwa Schnecken der Gattung *Chiton* und *Patella* oder im Süsswasser der Gattung *Ancylus*, Larven der Mückengattung *Liponeura*, Kaulquappen mancher Kröten und Frösche, der Panzerwels (*Callichthys*) u.a.m. (RENSCH 1963).

### Organisationsstufe der Organe

Konvergenzen und Analogien auf dieser Organisationsstufe sind sehr häufig und vor allem aus dem Tierreich schon lange bekannt.

Das klassische Beispiel ist das Linsenauge, das in mehreren Tierstämmen unabhängig voneinander entwickelt worden ist: bei den Wirbeltieren, den Kopffüssern (Tintenfische und ähnliche) und einigen freischwimmenden Vielborstern aus dem Stamm der Ringelwürmer.

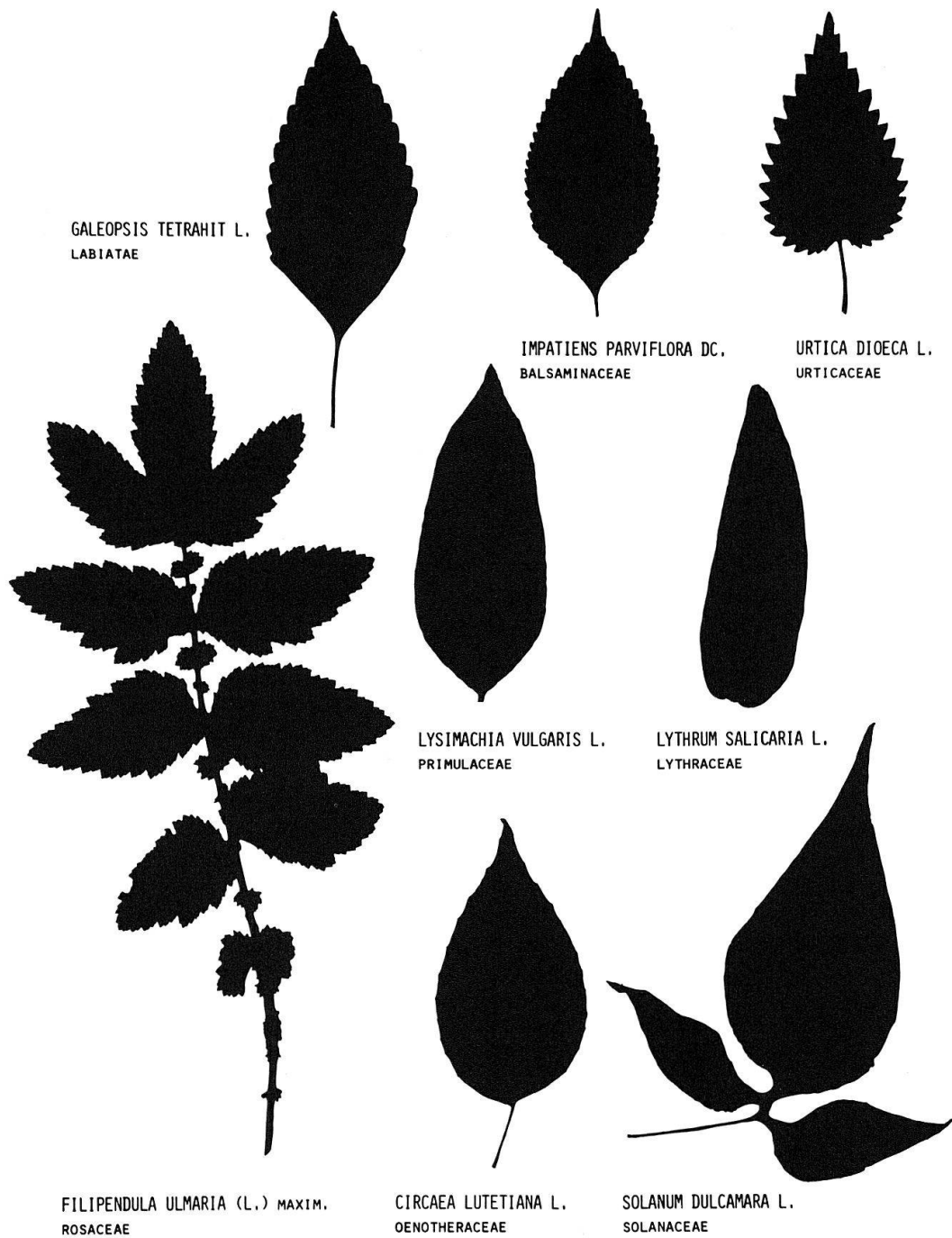


Abb. 5. Aehnlichkeit in Form und Grösse der ausgewachsenen Blätter bzw. Teilblätter bei systematisch nicht miteinander verwandten Krautpflanzen, die gemeinsam in einem gestörten, eutrophen Erlenbruch in der Nähe von Zürich vorkommen.

Als Beispiel aus dem Pflanzenreich seien die Aehnlichkeiten zwischen nicht miteinander verwandten Kräutern in einem eutrophen Erlenbruch erwähnt (Abb. 5). Diese Konvergenzen umfassen unter anderem Physiognomie und Höhe der Pflanzen, Grösse und Form der ausgewachsenen Blätter bzw. Teilblätter sowie ihren hygromorphen Bau.

Ein überraschendes Beispiel von Konvergenz sind die Aehnlichkeiten zwischen Wüstenpflanzen und Wüstentieren, auf die HADLEY (1972) hingewiesen hat. Das Integument vieler Wüsteninsekten hat einen ähnlichen Schichtaufbau wie die Kutikula dort lebender Pflanzen, und die Spaltöffnungen der letzteren sind ähnlich aufgebaut wie die Tracheenöffnungen bestimmter Wüstenkäfer der *Scarabaeoideae*. Salzausscheidungsorgane gibt es nach HADLEY (1972) in der Wüste nicht nur bei den Pflanzen (z.B. bei *Atriplex*) sondern auch bei einigen Kriechtieren und Vögeln.

#### Organisationsstufe der Zelle bzw. der Einzeller

Hier sei auf die planktische Lebensweise hingewiesen, die bei den verschiedensten Gruppen von Lebewesen vorkommt, ohne dass die eine Gruppe aus der anderen hervorgegangen wäre oder nähere Verwandtschaften bestünden. So gibt es einzellige Plankter u.a. bei den Blaualgen, den Grünalgen, den Phytoflagellaten und den Diatomeen; im Tierreich bei den Zooflagellaten, den Rhizopoden und den Ciliaten. Mehrzellige planktische Organismen gibt es bei Vertretern (z.T. nur im Larvenstadium) fast aller Tierstämme: bei den *Coelenterata*, den *Arthropoda*, den *Mollusca*, den *Echinodermata* und sogar den *Chordata*.

#### Organisationsstufe der biologischen Makromoleküle

Hierzu wird ein sehr überzeugendes Beispiel von CZIHAK et al. (1976) erwähnt. Das Hämoglobin ist im Tierreich offenbar in mehreren Stämmen unabhängig voneinander entwickelt worden. Bekannt ist es als sauerstoffübertragender Blutfarbstoff bei den *Vertebrata*; es kommt aber auch bei den *Annelida*, bei manchen Krebsen (z.B. *Daphnia*) und den Zuckmücken (*Chironomidae*) vor, also auch im Stamm der *Arthropoda*. Selbst im Stamm der *Mollusca* ist es zu finden, nämlich bei der Wasser-Lungenschnecke (*Planorbis*). Die prosthetische Gruppe aller tierischen Hämoglobine ist identisch. Auch kann wieder auf eine Konvergenz zwischen Tieren und Pflanzen hingewiesen werden, denn die Leguminosen synthetisieren in Symbiose mit den Knöllchenbakterien das sogenannte Leghämoglobin.

#### Konvergenzphänomene für die es spezielle Bezeichnungen gibt

Die ökogeographischen Regeln bei Tieren bezeichnen in Grunde genommen nichts anderes als Konvergenzerscheinungen im Zusammenhang mit dem Temperatur- und Strahlungsfaktor. So kann etwa die BERGMANNSCHE Regel auch im Hinblick auf die Konvergenz formuliert werden: "Innerhalb verschiedener Gruppen von Tieren sind Vertreter, die in kalten Gegenden leben, grösser als solche, die in warmen Gegenden leben" (Beispiel: Braunbär, Rothirsch, Wildschwein, Fuchs usw.). Ähnliches gilt auch für die ALLENSCHE Regel nach der, je höher die Aussentemperatur, desto grösser die Länge der Körperteile ist (weitere Angaben und Beispiele siehe z.B. KÜHNELT 1970).

Auch Mimikry, also das "Nachahmen" der äusseren Gestalt einer Art durch eine andere, nicht verwandte Art ist ein Spezialfall von Konvergenz, wie dies JOHNSON (1973) mit Recht betont. Bekanntes Beispiel hierzu sind "harmlose" Insekten, die dadurch vor Feinden geschützt sind, dass sie anderen, nicht verwandten, giftigen Insekten zum Verwechseln ähnlich sehen. Auch die sogenannten Wandelnden Blätter, also Schmetterlinge, die in Ruhestellung ähnlich wie Blätter aussehen, gehören zu den mimetischen Phänomenen.

In diesen Problemkreis gehört auch der Begriff des Vikarismus (im weiteren Sinne), den VIERHAPPER (1919) als Substitution bezeichnet und definiert als die "Vertretung wesensähnlicher Sippen in verschiedenen Gebieten oder Formationen schlechtweg". Nach diesem Autor muss unterschieden werden zwischen einem echten Vikarismus, bei dem die Sippen "in den betreffenden Gebieten oder Formationen aus gemeinsamen Stammformen entstanden" sind, und dem Pseudovikarismus (falscher Vikarismus), bei dem die Sippen nicht in den betreffenden Gebieten oder Formationen entstanden und/oder nicht aus einer gemeinsamen Stammform hervorgegangen sind. Echte Vikaristen können meist noch Gene austauschen, sind also so nahe verwandt, dass Aehnlichkeiten nicht auf Konvergenz beruhen. Eine ausführliche Liste mit sogenannten klimatischen und edaphischen Vikaristen gibt LANDOLT (1971).

Bei den Pseudovikaristen sind die, einander stellvertretenden Sippen unter Umständen aus systematisch weit entfernten Stammformen entstanden. Und Aehnlichkeiten in den allgemeinen Umweltbedingungen haben durch Konvergenz zu Aehnlichkeiten in Physiognomie, Morphologie, Stellung im Oekosystem und anderen Merkmalen geführt (Wesensähnlichkeit nach VIERHAPPER 1919). Nur bezüglich spezieller Umweltbedingungen (z.B. Bodeneigenschaften) besteht eine Differenzierung, die zur Stellvertretung führt. Ein Beispiel für Pseudovikarismus ist das Paar *Calluna vulgaris* (L.) Hull auf sauren Böden und *Erica carnea* L. auf Karbonatböden. Konvergenzen bei diesen nicht sehr nahe miteinander verwandten Arten bestehen in der Physiognomie (Zwergsträucher), in der Blattform (kleine Schuppen bzw. Nadeln), in der Höhenverbreitung (von der kollinen bis in die untere alpine Stufe) und in anderen Eigenschaften.

Zusammenfassende Gesichtspunkte zu den Beispielen von Konvergenz auf verschiedenen Organisationsstufen

Die vielen, bewusst aus ganz verschiedenen Bereichen zusammengestellten Beispiele dieses Kapitels zeigen, dass Konvergenz überall in der Biosphäre vorkommt und offenbar ein allgemeines Naturphänomen ist. Konvergenzerscheinungen sind in der belebten Natur so allgegenwärtig und selbstverständlich, dass sie oft gar nicht mehr realisiert werden. Wem fällt es noch auf, dass ein mitteleuropäischer Laubmischwald aus Bäumen besteht, die in der Physiognomie, Höhe und Blatt- bzw. Teilblatttyp sehr ähnlich sind, aber aus so verschiedenen systematischen Verwandtschaftskreisen stammen wie die *Fagaceae*, *Betulaceae*, *Ulmaceae*, *Rosaceae*, *Aceraceae*, *Tiliaceae* und *Oleaceae*? Auf die kleinsten Unterschiede wird oft mehr geachtet als auf die überwiegenden Gemeinsamkeiten der Lebewesen.



Die Beispiele zeigen auch, dass Konvergenzphänomene auf allen Organisationsstufen vorkommen. Eine Frage, die sich nun ergibt, ist, ob Konvergenz auf einer Organisationsstufe auch Konvergenz auf anderen bedeutet. Eine Teilantwort auf diese Frage wird im anschließenden Kapitel über Syndrome von Konvergenzen angedeutet. Eine umfassende Antwort zu geben ist eines der Ziele der gesamten, vorliegenden Arbeit.

#### 2.4. *Syndrome von Konvergenzen*

Tritt bei phylogenetisch weit voneinander entfernt stehenden Organismen eine ganze Reihe von verschiedenen, aber miteinander zusammenhängenden Konvergenzphänomenen auf, so kann man von einem Konvergenzen-Syndrom sprechen.

Als Beispiel seien die vielen besonderen Merkmale erwähnt, die die Pflanzen mit dem Dikarbonsäurezyklus der Photosynthese, also die sogenannten  $C_4$ -Pflanzen auszeichnen. Dieser Photosynthesetyp ist im Laufe der Evolutionsgeschichte offenbar mehrfach entwickelt worden, denn er kommt bei Vertretern weit voneinander entfernt stehender Pflanzenfamilien vor. Einzelheiten zum  $C_4$ -Syndrom sind der Abbildung 6 zu entnehmen (siehe auch SCHOPFER 1973 und DOWNTON 1975).

#### 2.5. *Parallele Evolution (Parallelismus) und Homoiologie*

Strukturelle oder funktionelle Ähnlichkeit, die auf gleiche Abstammung zurückzuführen ist, wird als parallele Evolution oder Parallelismus bezeichnet. EHRLICH und HOLMS (1963) bringen als Beispiel aus der Paläontologie, dass von säugetierähnlichen Reptilien vielleicht mehrere (parallele) Entwicklungsreihen zu den Formen geführt haben, die man als Säugetiere bezeichnet. Als Beispiel aus dem Pflanzenreich kann erwähnt werden, dass aus verholzten Urformen der *Polycarpicae* im Laufe der Evolution mehrmals und unabhängig voneinander krautige Pflanzenformen entstanden sind, etwa bei

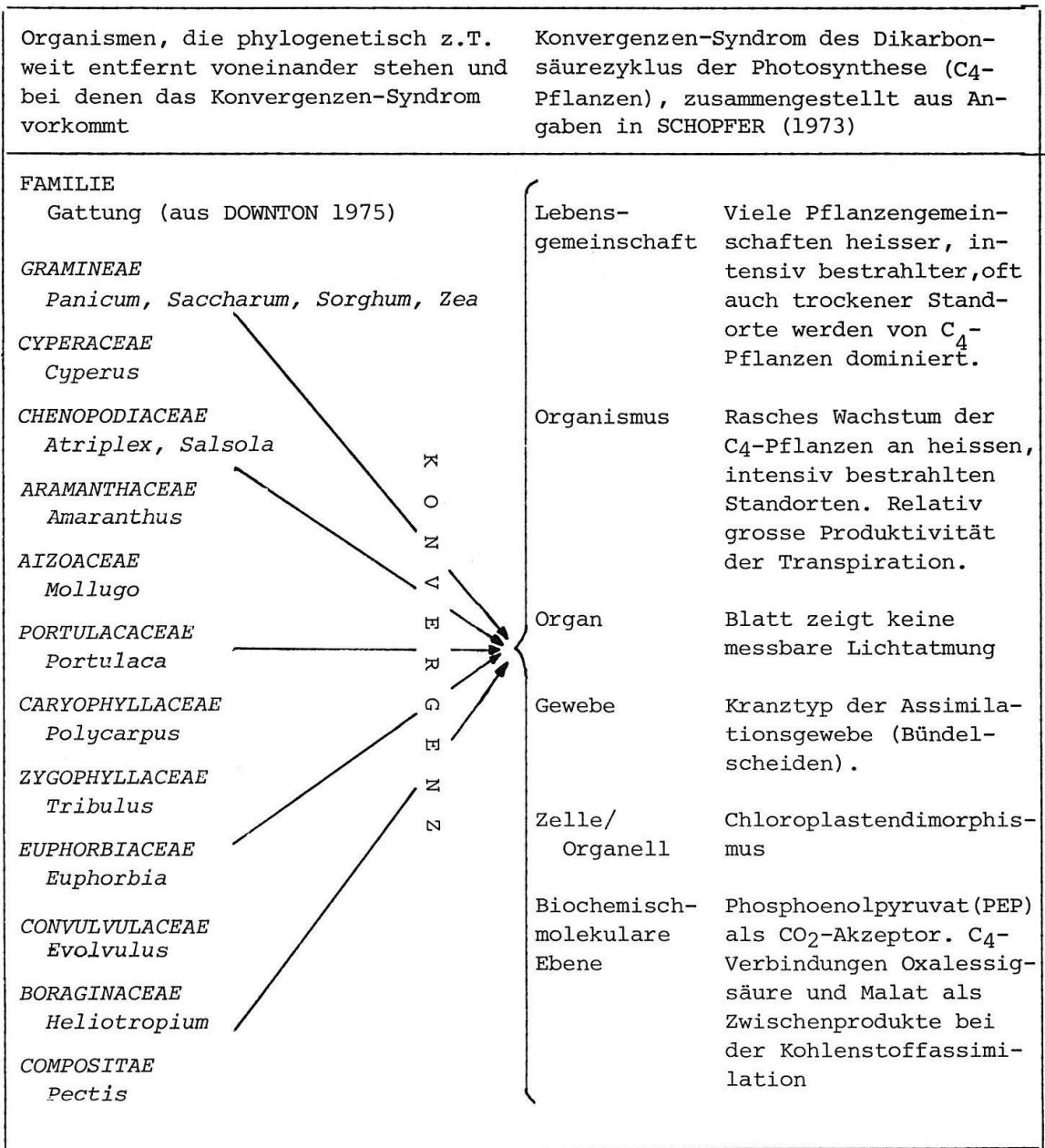


Abb. 6. Das Syndrom von Konvergenzen bei systematisch weit voneinander entfernten Gattungen mit dem Dikarbonsäurezyklus der Photosynthese (sogenannte C<sub>4</sub>-Pflanzen).

den *Ranunculaceae* oder den *Berberidaceae*.

Parallelismus ist ein Begriff, der nur schlecht definiert ist; präziser zu fassen ist jener der Homologie. Dies ist das Vorhandensein von strukturellen oder funktionellen Aehnlichkeiten, die unabhängig voneinander aber aus der selben Grundform hervorgegangen sind (also bei phylogenetisch verwandten Organismen). Als Beispiel wird in CZIHAK et al.(1976) erwähnt,dass unabhängig voneinander bei verschiedenen Säugetier-Ordnungen aus der Vergrößerung und Verfestigung der Haare Stacheln entstanden sind, so beim Igel (*Insectivora*), beim Stachelschwein (*Rodentia*) und beim Schnabeligel (*Monotremata*).

## 2.6. Homologie und ökologische Divergenz

Als Gegenstück zum Begriff der Analogie muss noch kurz auf den Begriff der Homologie eingegangen werden. Als homolog werden Strukturen und Funktionen bezeichnet, die aus einer gemeinsamen Grundform hervorgegangen sind, also ursprungsgleich sind. Parallele Evolution führt also immer zu Homologien; jedoch entstehen nicht alle Homologien durch parallele Evolution, denn meist wird die Homologie besonders betont bei Strukturen, bei denen man nicht ohne weiteres vermutet, dass sie aus einer gemeinsamen Grundform hervorgegangen sind und die nicht funktional ähnlich sind! Klassisches Beispiel aus der Zoologie ist die Homologie von Vogelflügel, Grabbein des Maulwurfs, Vorderbein des Pferdes und anderer Säugetiere, sowie von Arm und Hand des Menschen. Alle sind aus einem Urtyp der Vorderextremität der Wirbeltiere hervorgegangen.

Bei den Pflanzen hat wohl GOETHE (1790) in seiner "Metamorphose der Pflanze" als einer der ersten auf die Homologie zwischen Laubblatt, Blütenblatt (Corolla, Krone), Staubblatt (Anthere) und Fruchtblatt (Gynaeceum) hingewiesen. Alle diese Organe sind durch verschiedene Umwandlungen (Metamorphosen) des "Urblattes" entstanden.

Ebenso wie Analogien, so kommen auch Homologien auf allen Organisationsstufen der Biosphäre vor.

# PHYLOGENETISCHE UND ÖKOLOGISCHE BEZIEHUNGEN BEI DER EVOLUTION VON

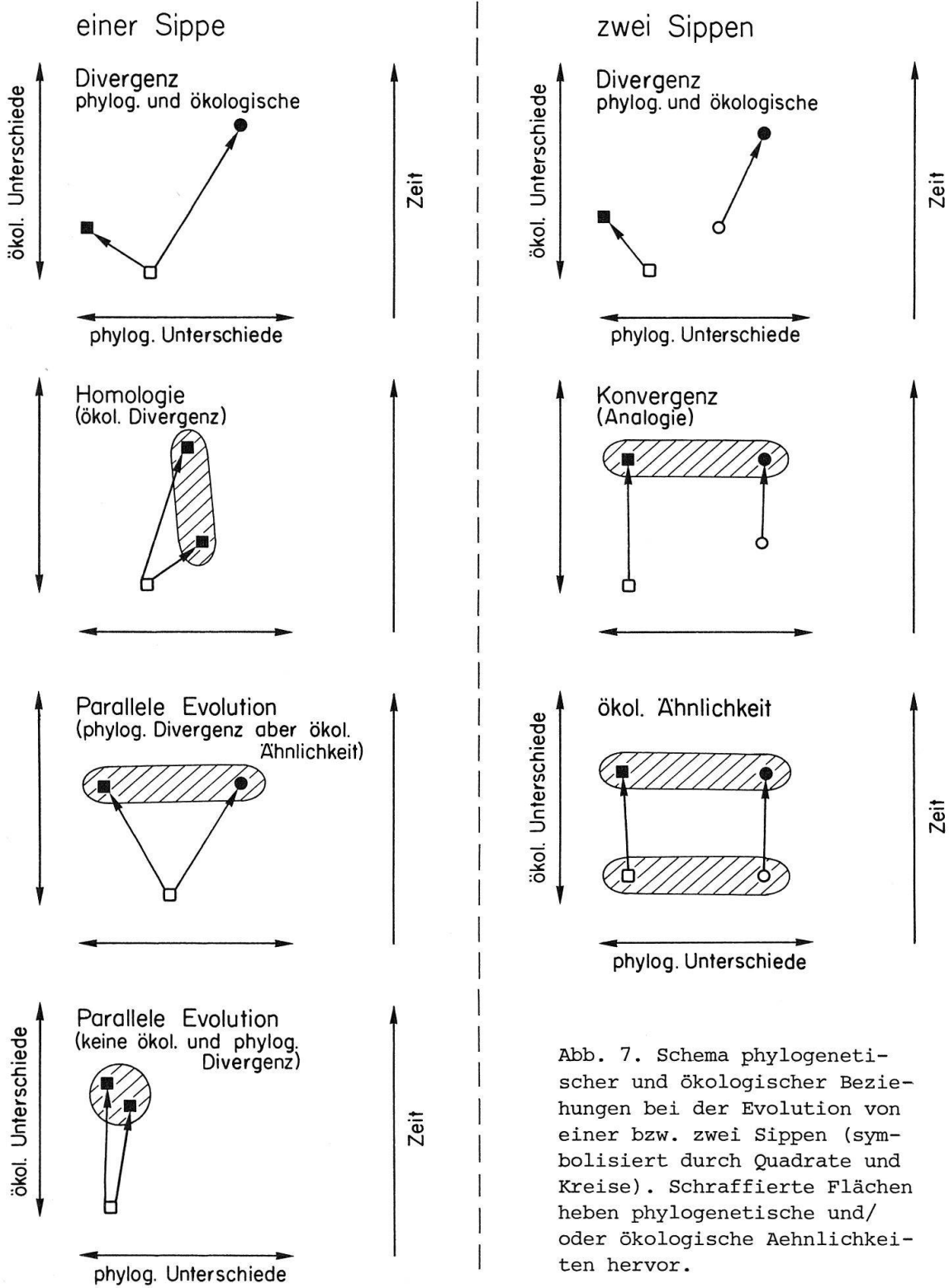


Abb. 7. Schema phylogenetischer und ökologischer Beziehungen bei der Evolution von einer bzw. zwei Sippen (symbolisiert durch Quadrate und Kreise). Schraffierte Flächen heben phylogenetische und/oder ökologische Aehnlichkeiten hervor.

Als ökologische Divergenz kann der Prozess bezeichnet werden, der im Laufe der Evolution zu verschiedenen, aber homologen Strukturen und Funktionen führt. In diesem Sinn wurde der Begriff der Divergenz bereits von DARWIN (1897) verwendet.

## 2.7. *Schema phylogenetischer und ökologischer Beziehungen bei der Evolution*

In der Abbildung 7 sind verschiedene Sippen jeweils als Quadrate oder Kreise in einem Koordinatensystem dargestellt. Die Abzissenrichtung bedeutet phylogenetische Verschiedenheit, die Ordinatenrichtung ökologische, also funktionelle( strukturelle) Verschiedenheit. Je weiter zwei Punkte voneinander getrennt sind, desto verschiedener sind die Sippen, die sie symbolisieren sollen. Eine weitere Dimension in den Koordinatensystemen ist die Zeit, die von unten nach oben verlaufend dargestellt ist. In der Abbildung 7 sind nun verschiedene, mit jenem der Konvergenz verwandten Begriffe schematisch dargestellt. Da diese Begriffe bereits in den vergangenen Kapiteln erläutert und mit Beispielen belegt worden sind, braucht die Abbildung 7 nicht weiter diskutiert zu werden. Ihr Zweck ist, eine zusammenfassende Uebersicht zu geben.

## 3. Methoden zur Erfassung der Konvergenz

In der Einleitung wurde Konvergenz definiert als "die Evolution struktureller oder funktioneller Aehnlichkeiten bei phylogenetisch nicht miteinander verwandten Organismen unter dem Einfluss ähnlicher Umweltbedingungen". Damit entschieden werden kann, ob Konvergenz besteht, müssen Methoden entwickelt werden um festzulegen, was "strukturelle oder funktionelle Aehnlichkeit", "phylogenetisch nicht miteinander verwandt" und "ähnliche Umweltbedingungen" bedeuten.