

A close-up photograph of a reddish-brown ant carrying a large, translucent green fragment of a leaf on its back. The ant is on a wooden surface. The background is a dark teal color.

**MEHR
ERFAHREN**

A large, thick red arrow pointing upwards and to the right, symbolizing growth or progress.

ABITUR-TRAINING

Gymnasium

Biologie 2

Evolution · Neurobiologie
Verhaltensbiologie



STARK

Inhalt

Vorwort

Evolution	1
1 Evolutionsforschung	2
1.1 Formenvielfalt und Anpasstheit der Lebewesen als Ergebnis der Evolution	2
1.2 Entwicklung des Evolutionsgedankens	4
1.3 Beurteilung von Ähnlichkeiten zur Rekonstruktion der Stammesgeschichte	11
Aufgaben	27
2 Mechanismen der Evolution	32
2.1 Zusammenspiel der Evolutionsfaktoren (erweiterte Evolutionstheorie)	32
2.2 Genetische Variabilität als Grundlage der Evolution	33
2.3 Selektion der Phänotypen als richtender Evolutionsfaktor	37
2.4 Gendrift oder die Wirkung des Zufalls	45
2.5 Rassen- und Artbildung durch Isolation	46
Aufgaben	57
3 Evolutionsprozesse	62
3.1 Hypothesen zu den Anfängen des Lebens	62
3.2 Massenaussterben und Evolutionsschübe	72
3.3 Koevolution	73
Aufgaben	77
4 Evolution des Menschen	79
4.1 Stellung des Menschen im natürlichen System	79
4.2 Vergleich der Anatomie von Menschenaffen und Mensch	80
4.3 Zytologische und molekularbiologische Merkmale	86
4.4 Stammesgeschichtliche Entwicklung des Menschen	86
4.5 Kulturelle und soziale Evolution	98
Aufgaben	101

Fortsetzung siehe nächste Seite

Neuronale Informationsverarbeitung	105
5 Neuronen als Bausteine des Nervensystems	106
5.1 Bau und Funktion eines Neurons	106
5.2 Myelinisierte und nicht myelinisierte Nervenfasern	108
Aufgaben	110
6 Elektrochemische Vorgänge in Nervenzellen	111
6.1 Das Ruhepotenzial	111
6.2 Das Aktionspotenzial	115
6.3 Weiterleitung von Aktionspotenzialen im Axon	120
Aufgaben	124
7 Erregungsübertragung an einer chemischen Synapse	128
7.1 Bau und Funktion einer neuromuskulären Synapse	128
7.2 Erregende und hemmende Synapsen	130
7.3 Wirkung von Synapsengiften	133
7.4 Wirkung von Drogen und Medikamenten	134
Aufgaben	140
8 Erkrankungen des menschlichen Nervensystems	142
8.1 Multiple Sklerose (MS)	142
8.2 Parkinson-Syndrom	142
8.3 Alzheimer-Krankheit	143
9 Lernen und Gedächtnis auf neuronaler Ebene	144
9.1 Gedächtnis als Leistung des Gehirns	144
9.2 Lernen durch Langzeitpotenzierung	145
Verhaltensbiologie	147
10 Genetisch bedingte Verhaltensweisen	148
10.1 Methoden und Fragestellungen der Verhaltensforschung	148
10.2 Unbedingte Reflexe	150
10.3 Instinkthandlungen	152
10.4 Nachweis erbbedingten Verhaltens	160
Aufgaben	166

11 Erweiterung einfacher Verhaltensweisen durch Lerneinflüsse	170
11.1 Prägung	171
11.2 Modifikation einer Erbkoordination durch Erfahrung	175
11.3 Reizbedingte Konditionierung	175
11.4 Verhaltensbedingte Konditionierung	179
Aufgaben	182
12 Individuum und soziale Gruppe	183
12.1 Kooperation	185
12.2 Kommunikation	193
12.3 Konflikte – Aggressionsverhalten	200
12.4 Sexualverhalten	208
Aufgaben	215
13 Angewandte Verhaltensbiologie	219
13.1 Angeborene Auslösemechanismen (AAM) beim Menschen	219
13.2 Aggressives Verhalten beim Menschen	223
Aufgaben	225
Lösungen	227
Glossar	263
Literatur- und Quellenverzeichnis	273
Stichwortverzeichnis	276

Autoren: Brigitte Meinhard
 Dr. Werner Bils (Kapitel 4 Evolution des Menschen)

Hinweis: In einigen Fällen wird in diesem Buch auf Textstellen im Band **Biologie 1**, Verlags-Nr. 947038D, verwiesen. Diese Fundstellen sind mit der Ziffer (1) vor der entsprechenden Seitenzahl gekennzeichnet.

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

Sie halten ein **prägnantes Trainingsmaterial** in den Händen, das den gesamten für das Abitur relevanten Lehrstoff der **Jahrgangsstufe 12** umfasst.

Durch die leicht verständliche, systematische Aufbereitung aller wichtigen Fakten unterstützt Sie dieser Band optimal bei der Vorbereitung auf den Unterricht, auf Klausuren sowie auf die Abiturprüfung. Der übersichtliche Aufbau des Bandes erleichtert Ihnen die Arbeit zusätzlich:

- Zunächst wird der gesamte Lehrstoff leicht nachvollziehbar vermittelt und anhand von **Beispielen** und **Abbildungen** veranschaulicht.
- Am Ende jedes Kapitels finden Sie eine **Zusammenfassung** der wichtigsten Fakten und zahlreiche **Übungsaufgaben**, mit deren Hilfe Sie das erworbene Wissen direkt anwenden können.
- Der **Lösungsteil** am Schluss des Bandes gibt Ihnen die Möglichkeit, schnell und einfach die Richtigkeit Ihrer Antworten zu überprüfen.
- Im **Glossar** finden Sie Definitionen aller wichtigen Fachbegriffe.
- Abgerundet wird der Band durch ein ausführliches **Stichwortverzeichnis**.

Farbige Balken am Seitenrand markieren Passagen, durch die Sie ein noch umfassenderes Fachwissen und vertieftes Verständnis der Inhalte erwerben.

Über die beiliegende CD und den Online-Code erhalten Sie außerdem Zugang zu einer **digitalen Ausgabe** dieses Trainingsbuchs:

- Damit stehen Ihnen die Inhalte als **komfortabler e-Text** mit vielen Zusatzfunktionen (z. B. Navigation, Zoom, Markierungswerkzeuge) zur Verfügung.
- Zusätzlich finden Sie hier ein **interaktives Glossar** mit Definitionen und Erklärungen der wichtigsten biologischen Fachbegriffe. Ein Klick genügt und Sie können Ihr Wissen schnell überprüfen bzw. Wissenslücken erkennen.



Viel Erfolg bei der Arbeit mit diesem Band und im Abitur wünscht Ihnen

Brigitte Meinhard

Brigitte Meinhard

1 Evolutionsforschung

1.1 Formenvielfalt und Anpasstheit der Lebewesen als Ergebnis der Evolution

Von den auf der Erde vorkommenden Lebewesen sind bis heute etwa 1,8 Millionen Arten, darunter ca. 1,4 Millionen Tier- und 400 000 Pflanzenarten, wissenschaftlich beschrieben und benannt worden. Die Mehrzahl der Arten ist jedoch noch unerforscht. Die Wirbeltierklasse der Vögel umfasst über 10 000 (beschriebene) Arten, die eine erstaunliche Formenvielfalt aufweisen.

Beispiele

Der Kolibri ist nur wenige Gramm leicht und saugt mit seinem langen Schnabel Nektar aus Blüten.

Der Kondor ist mit einer Flügelspannweite von fast 3 m ein Meister im Segelflug.

Der Strauß, der ca. 150 kg wiegt, besitzt Muskelpakete an den Beinen, die ihm eine Laufgeschwindigkeit von ca. 70 km/h ermöglichen.

Pinguine scheinen mit ihren Ruderflügeln unter Wasser zu fliegen.

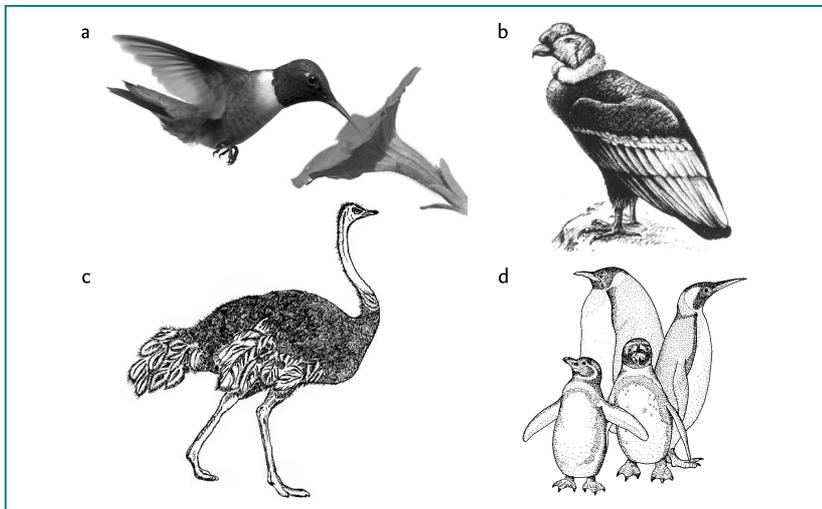


Abb. 1: a) Kolibri b) Kondor c) Strauß d) Pinguine

Zum einen weisen die genannten Arten trotz ihres unterschiedlichen Körperbaus Übereinstimmungen auf, die sie als Vögel kennzeichnen, wie z. B. Federn, Flügel und Schnabel. Zum anderen können die Unterschiede auf die verschiedenen Umweltbedingungen zurückgeführt werden, denen die Tiere ausgesetzt

und an die sie angepasst sind. Eine Entwicklung der Lebewesen hinsichtlich einer besseren Anpassung an ihre Umwelt bezeichnet man im biologischen Sinn als **Evolution**. Die Lebewesen passen sich dabei nicht selbst aktiv den verschiedenen Umweltverhältnissen an, sondern sie werden in einem lang andauernden Prozess der Selektion (Auswahl) über Generationen hinweg an die eine oder andere Umwelt angepasst. Bei der Beschreibung von Evolutionsvorgängen sollte man deshalb immer von **Angepasstheit** sprechen. Auch wenn die Zahl der heute existierenden (= rezenten) Arten nicht genau bekannt ist, so stellt sie nur weniger als 1 % aller Arten dar, die jemals auf der Erde gelebt haben. **Fossilien** sind die Überreste von Lebewesen aus früheren Erdperioden. Die Auswertung von Fossilienfunden zeigt, dass sich die Tier- und Pflanzenwelt im Laufe der Erdgeschichte verändert hat. Je älter Fossilienfunde sind, desto weniger stimmt ihr Körperbau mit dem rezenter Organismen überein. Manche ausgestorbene Lebewesen (z. B. Trilobiten) haben keine heute lebenden verwandten Arten. Andere lassen sich in das bestehende System der rezenten Tiere leicht einordnen (z. B. die Saurier zu den Reptilien). Manche Fossilien vereinen sowohl Merkmale einer älteren als auch einer jüngeren verwandtschaftlichen Gruppe in sich. Solche stammesgeschichtlichen Bindeglieder werden auch als **Brückenformen** (Mosaikformen) bezeichnet.

Beispiele

Eines der wichtigsten Brückentiere ist der sog. „Urvogel“ **Archaeopteryx**. Bereits 1861 wurde die erste Versteinerung dieses Tiers im Plattenkalk von Solnhofen gefunden. Der Urvogel weist sowohl Merkmale der Kriechtiere (Reptilien) als auch der Vögel auf. Als typisches Vogelmerkmal besitzt der *Archaeopteryx* Flügel mit Federn. Dadurch war er in der Lage, sich von Bäumen aus in die Luft zu erheben und Gleitflüge durchzuführen. Neben weiteren typischen Vogelmerkmalen besaß er aber noch eine Reihe von Reptilienmerkmalen, die die heutigen Vögel nicht mehr aufweisen (siehe Tab. 1). Die Entdeckung des *Archaeopteryx* war ein Beweis dafür, dass die Vögel aus den Reptilien hervorgegangen sind.

Vogelmerkmale	Reptilienmerkmale
<ul style="list-style-type: none"> • Flügel • Vogelarmskelett; Reduktion der Zahl der Finger auf drei (statt zwei) • Mittelfußknochen zum Lauf verwachsen • 1. Zehe nach hinten gerichtet (Greiffuß) • Federkleid 	<ul style="list-style-type: none"> • Krallen an den freien Fingerendgliedern • Kleines Brustbein ohne Kamm, Bauchrippen • Schien- und Wadenbein nicht verwachsen • Kiefer mit Zähnen, kein Hornschnabel • Schwanz aus verlängerter Wirbelsäule

Tab. 1: Vogel- bzw. Reptilienmerkmale des *Archaeopteryx*

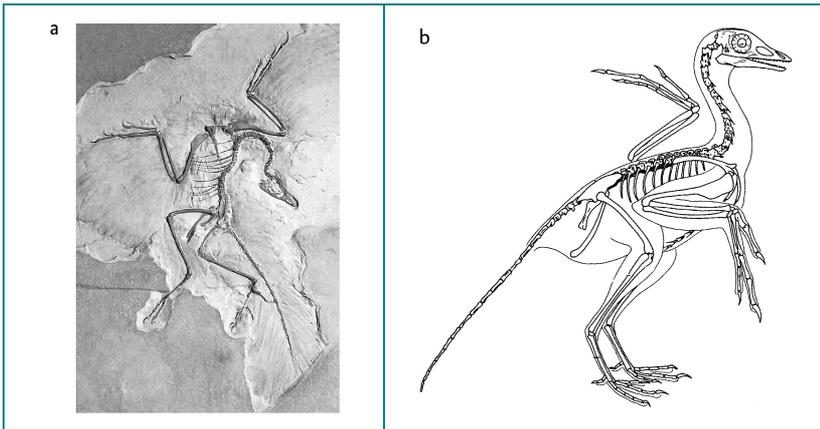


Abb. 2a: *Archaeopteryx lithographica* (Humboldt-Universität, Berlin), gefunden 1897 im Altmühltal bei Solnhofen/Bayern

Abb. 2b: Rekonstruktion eines *Archaeopteryx*

1.2 Entwicklung des Evolutionsgedankens

Theologen und Biologen gingen im 18. und frühen 19. Jahrhundert davon aus, dass es sich bei der Entstehung der Lebewesen und des Menschen um einen einmaligen, im Dunkeln liegenden Schöpfungsakt handelte. Doch im Laufe der Zeit entstanden unabhängige Theorien, die die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse der damaligen Zeit über die Evolution der Organismen berücksichtigten und einbezogen.

Carl von LINNÉ ging in seiner Erklärung der Evolution im 18. Jh. noch von der biblischen Schöpfungsgeschichte aus. Er glaubte an einen einmaligen Schöpfungsakt Gottes und postulierte die **Konstanz der Arten**. Die von Gott geschaffenen Lebewesen veränderten sich seiner Meinung nach nicht. Fossilien spielten in LINNÉs Evolutionstheorie keine Rolle. Es gab zu seiner Zeit zwar bereits Funde, er betrachtete sie jedoch nicht als Zeugen früherer Lebewesen, sondern als zufällig entstandene Produkte.

Auch CUVIER hielt in seiner Theorie an der Schöpfungsgeschichte und der Konstanz der Arten fest. Im Gegensatz zu LINNÉ versuchte er aber, die Fossilienfunde in seine Evolutionstheorie einzubeziehen. Er glaubte, dass im Laufe der Evolution immer wieder große Katastrophen auftraten, die einen Teil der Lebewesen vernichteten. Nach seiner sog. **Katastrophentheorie** vermehrten sich daraufhin die übriggebliebenen Organismen und breiteten sich weiter aus. CUVIERs Lehre wurde von seinen Schülern dahingehend erweitert, dass sie nach großen Katastrophen eine Neuschöpfung von Arten annahmen.

Die Evolutionstheorie LAMARCKS: Schrittweise aktive Anpassung der Arten

Im Gegensatz zu LINNÉ und CUVIER ging Jean Baptiste de LAMARCK von der **Inkonstanz der Arten** aus. Alle Lebewesen waren seiner Meinung nach einem ständigen Wandel unterworfen und passten sich fortlaufend in kleinen Schritten neuen Umweltbedingungen an. Zur besseren Erklärung seiner Abstammungslehre stellte LAMARCK folgende Postulate auf:

- Durch Gebrauch bzw. Nichtgebrauch von Organen entwickeln sich diese bzw. sie verkümmern.
- Die dadurch erworbenen Eigenschaften des Individuums werden an seine Nachkommen weitervererbt.
- Alle Lebewesen besitzen einen inneren **Vervollkommnungstrieb**, der sie dazu bewegt, sich optimal an neue Umweltbedingungen anzupassen.

In seiner Evolutionstheorie geht LAMARCK von einem aktiven Prozess der Anpassung der Lebewesen in kleinen Schritten an die sich ändernden Umweltbedingungen aus. Die Arten verändern sich, da sich bei Gebrauch oder Nichtgebrauch die Organe eines Individuums verändern und diese erworbenen Merkmale an die Nachkommen weitergegeben werden.

Beispiel

Die **Giraffe** stammt von einem wesentlich kleineren Tier mit kurzem Hals ab, dessen Lebensraum sich auf die Savanne beschränkte. Es ernährte sich vor allem von Gras. Nach LAMARCKS Theorie wurde das Nahrungsangebot im Laufe der Zeit, bedingt durch die Vermehrung der Lebewesen, immer knapper. Deshalb versuchten einige Tiere, auch an das Laub der Bäume heranzukommen. Sie mussten sich kräftig dehnen und strecken, um wenigstens die untersten Zweige zu erreichen. Dadurch wurden Hals und Beine immer länger und die erworbenen Eigenschaften wurden unmittelbar an die Nachkommen vererbt. So entstand nach sehr vielen Generationen aus den kleineren Vorfahren die neue Tierart „Giraffe“.

Für seine Zeitgenossen war die von LAMARCK entwickelte Evolutionstheorie durchaus einsichtig. Jeder Mensch weiß aus Erfahrung, dass sich seine Muskeln bei Beanspruchung vergrößern (z. B. durch Training) und bei Nichtbeanspruchung verkümmern (z. B. nach längerer Bettlägerigkeit). Doch schon bald gab es Kritik an seiner Lehre. Ein naturwissenschaftlicher Beweis, dass erworbene Eigenschaften an die Nachkommen vererbt werden, konnte nicht erbracht werden. Alle Experimente, die die Vererbung erworbener Eigenschaften (Modifikationen, siehe S. 36 f.) beweisen sollten, schlugen fehl. Belege für einen inneren Vervollkommnungstrieb konnten ebenfalls nicht gefunden werden.

Die Evolutionstheorie DARWINs: Passiver Artwandel durch Selektion

Charles DARWIN nahm 1831 als 21-Jähriger auf der Beagle, einem königlichen Forschungsschiff, die Stelle eines unbezahlten Naturforschers an. Während einer fünfjährigen Forschungsreise konnte DARWIN so viele biologische Beobachtungen machen und so viel Material sammeln, dass er über 20 Jahre für die Auswertung benötigte. Erst 1859 konnte er seine Erkenntnisse in Buchform veröffentlichen. Der Titel des Buches lautete: „Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der bevorzugten Rassen im Kampf ums Dasein“ (engl. *“On the Origin of Species by Means of Natural Selection”*). Die entscheidenden Beobachtungen, die ihn schließlich auf den Gedanken seiner Evolutionslehre brachten, machte DARWIN auf den Galapagosinseln. Diese Inselgruppe liegt im Pazifik, etwa 1 000 km von Ecuador entfernt, und wurde erst 1535 entdeckt. Die Tier- und Pflanzenwelt konnte sich deshalb ohne den Eingriff des Menschen entwickeln. Neben den urzeitlichen Echsen interessierten DARWIN z. B. die Riesenschildkröten. Auf jeder der Inseln gab es eine andere Schildkrötenrasse, die sich in Form und Farbe ihres Panzers von den übrigen unterschied. DARWIN beschäftigte sich auch näher mit einer Gruppe von Finken, die es nirgendwo sonst auf der Welt gab. Die Gruppe dieser Finken setzte sich aus insgesamt 13 verschiedenen Arten zusammen. Jede davon hatte sich auf eine bestimmte Ernährung spezialisiert: Einige fraßen Körner (ihr Schnabel war entsprechend kurz und dick), andere ernährten sich von Blättern und wieder andere erbeuteten Insekten. Eine Art hatte sich sogar darauf spezialisiert, mithilfe von Kakteenstacheln Insekten unter der Rinde und aus Ritzen hervorzuholen (siehe S. 52). Jede Finkenart besaß eine ihrer Ernährungsweise entsprechende Schnabelform. Alle seine Beobachtungen führten DARWIN zur Formulierung seiner **Selektionstheorie**.

In seiner Evolutionstheorie (Selektionstheorie) geht **DARWIN** von einer zunehmenden passiven Anpasstheit der Lebewesen an die sich ändernden Umweltbedingungen aus. Die Gründe für die Veränderung der Arten liegen nach DARWIN in den besseren Überlebens- und Fortpflanzungschancen der jeweils zufällig am besten angepassten Individuen, die ihre Merkmale so bevorzugt an die folgende Generation weitergeben können.

Die Grundlagen der Selektionstheorie sind im Einzelnen:

- **Überproduktion von Nachkommen:** Alle Lebewesen erzeugen Nachkommen im Überschuss. Trotzdem nimmt die Gesamtpopulation einer Tierart in der Regel nicht zu, da nur ein geringer Teil der Nachkommen zur Fortpflanzung kommt, die meisten fallen der Selektion zum Opfer.
- **Variabilität:** Die Nachkommen sind untereinander nicht alle gleich. Sie unterscheiden sich geringfügig. Aus heutiger Sicht sind die Unterschiede bei den Nachkommen auf deren verschiedene Gene und Genkombinationen zurückzuführen (genetische Variabilität).
- **Vererbung:** Im Laufe der Zeit treten bei den Individuen immer wieder erbefeste Veränderungen (heute: Mutationen) auf, die an die Nachkommen weitergegeben werden.
- **Konkurrenz:** Im „Kampf ums Dasein“ (*struggle for life*) setzen sich die etwas besser angepassten Organismen durch und überleben (*survival of the fittest*). Sie können somit ihre Erbanlagen an die nächste Generation weitergeben.
- **Selektion:** Durch die „natürliche Auslese“ (*natural selection*) werden die Lebewesen den natürlichen Umweltbedingungen immer besser angepasst.
- **Artwandel:** Im Verlauf von langen Zeiträumen führt diese schrittweise bessere Anpasstheit der Lebewesen zu einem Wandel der Arten.

DARWIN bezog bei der Entwicklung der Selektionstheorie auch Erkenntnisse aus anderen Wissenschaftsgebieten mit ein:

- **Geologie:** Charles LYELL erkannte, dass die gleichen Naturkräfte die Erde von Anbeginn formten (z. B. Wasser, Wind, Erdbeben, Vulkanismus). Er schätzte die erdgeschichtlichen Zeiträume richtig ein. Sein **Aktualitätsprinzip** besagt, dass in der Vergangenheit die gleichen Naturgesetze wirksam waren wie in der Gegenwart.
- **Volkswirtschaftslehre:** Thomas MALTHUS vertrat die (heute überholte) These, dass die Weltbevölkerung schneller wachse als die Agrarproduktion zunehmen könne. Dies müsse einen ständigen Kampf der Völker um Landbesitz auslösen. DARWIN übertrug die Gedanken von Überproduktion (Übervermehrung) und Kampf ums Dasein auf das Tier- und Pflanzenreich.
- **Philosophie:** Von Herbert SPENCER, der den Kampf ums Dasein und das Überleben der Tüchtigsten als die wesentlichen gesellschaftlichen Kräfte ansah, übernahm DARWIN die Formulierungen „*struggle for life*“ und „*survival of the fittest*“.



© **STARK Verlag**

www.stark-verlag.de

info@stark-verlag.de

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.

STARK