

Die Zeit des Darwinismus (1859-1882)

Die Zeit des Darwinismus (1859-1882)

Aufgabe 1 (Basisgruppe, Einzelarbeit):

Lies den folgenden Text gründlich durch. Die einzusetzenden Begriffe kennst du zum größten Teil aus dem Unterricht. Du erhältst weitere Hilfen zum Ausfüllen der Lücken, indem du...

- im Text noch einmal zurück gehst **oder**
- im Text etwas weiter liest.

Wenn du etwas nicht verstanden hast, notiere deine Fragen!

Charles Darwin war ein begeisterter Naturforscher. Er strebte danach, all seine Beobachtungen im Tier- und Pflanzenreich nicht nur aufzuschreiben, sondern auch erklären zu können. Nach seiner fünfjährigen Forschungsreise mit der *Beagle* wusste Charles Darwin, dass es als Erklärung für die Vielfalt und die teilweise große Ähnlichkeit der Lebewesen noch etwas anderes geben muss als die Schöpfung durch Gott.

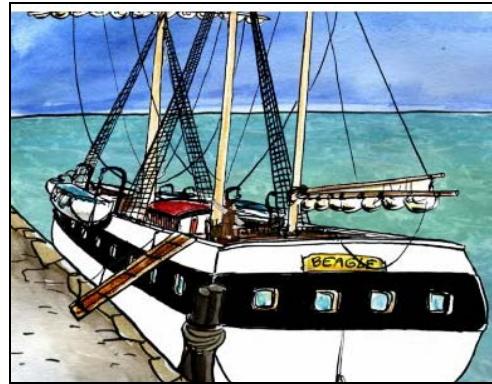


Abb. 1: Das Forschungsschiff: die Beagle.
© CNDP, 2009



Abb. 2: Darwin bildet eine Verwandtschaftsreihe. © CNDP, 2009

In seinen Notizbüchern hat Darwin bereits 1837 die Theorie der Deszendenz mit _____ zum ersten Mal formuliert. Der Name der Theorie stammt aus dem Lateinischen (z.B. *descendere* = herabsteigen) und bedeutet Abstammung mit Veränderung. Darwin war zu dieser Theorie durch das Sammeln von Fossilien und Tieren gekommen, wobei ihm aufgefallen war, dass man mit ihnen Verwandtschaftsreihen bilden kann, in denen nebeneinander liegende Exemplare immer nur kleine Modifikationen (Veränderungen) aufweisen.



Abb. 3: Darwin zeichnet einen Stammbaum. © CNDP, 2009

Noch im selben Jahr entstand Darwins Theorie der Ursprung der Arten durch Natürliche Selektion. Diese Theorie besagt, dass alle Organismen, in die er später auch den Menschen – zum Entsetzen vieler – mit einbezog. **Darwin** schrieb auch diesen Gedanken zunächst nur in seinen Notizbüchern nieder. Wesentlich war aber der Gedanke, dass alle Lebewesen der Erde einen gemeinsamen Ursprung haben.

Die Ursache für den Wandel der Arten erklärte **Darwin** 1838 mit der Theorie der Überpopulation. Diese Idee kam ihm, als er ein Buch von Thomas R. Malthus über die Bevölkerung las:

„Im Oktober 1838, also fünfzehn Monate, nachdem ich meine systematische Untersuchung begonnen hatte, las ich zufällig zum Vergnügen Malthus` Buch über die Bevölkerung. Und da ich durch ausgedehnte Beobachtung der Verhaltensweisen von Tieren und Pflanzen gut darauf vorbereitet war, den überall stattfindenden Kampf ums Dasein anzuerkennen, kam mir sofort der Gedanke, dass unter diesen Umständen vorteilhafte Abwandlungen eher dazu neigen, erhalten zu bleiben und unvorteilhafte zerstört zu werden.“

(Darwin, 1859)

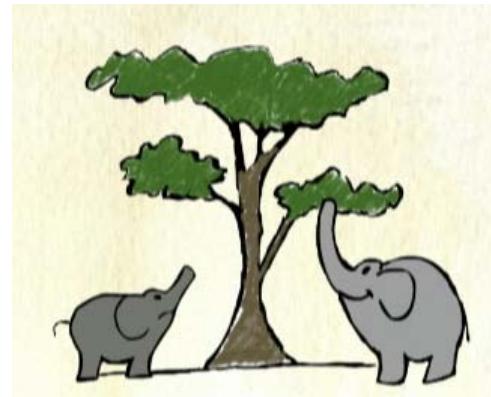


Abb. 4: Ein Beispiel für den Kampf ums Dasein. © CNDP, 2009

In seinem bedeutsamen Werk *On the origin of species (Über die Entstehung der Arten)* veröffentlichte er 1859 neben seinen schon beschriebenen Theorien auch die des Gradualismus. Sie besagt, dass der Artenwandel in kleinen Schritten (graduell) und nicht sprunghaft verläuft. Den Gradualismus leitete **Darwin** aus einer alten naturphilosophischen Tradition ab, wonach die Natur grundsätzlich keine Sprünge macht. Aber auch andere Forscher trugen zur Entwicklung der Evolutionstheorie bei, insbesondere Henry W. Bates und Ernst Haeckel.

Henry W. Bates beobachtete 1862 im Amazonasgebiet, dass essbare Schmetterlinge die Färbung von giftigen oder ungenießbaren Schmetterlingen nachahmten, wenn beide Arten gemeinsam vorkamen. Er nannte das Phänomen ______. Variierten die giftigen Schmetterlinge geographisch, so stellte Bates bei den essbaren Schmetterlingen die gleiche Veränderung fest. Mimikry bedeutet übersetzt Nachahmung.

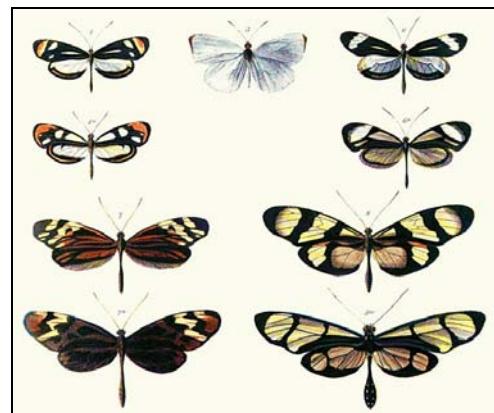


Abb. 5: Eine Zeichnung von Henry W. Bates.
(in: Linn. Soc. 23:495-566, 1862; Quelle: www.wikipedia.org)

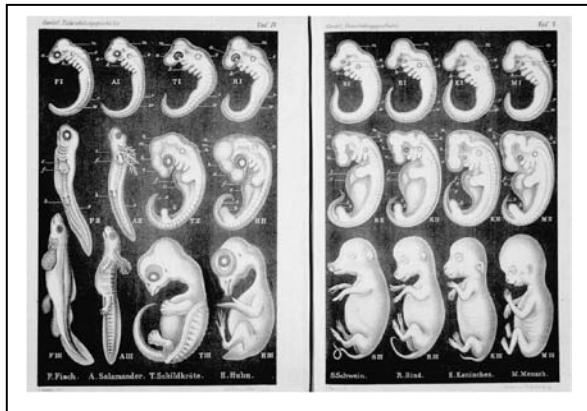


Abb. 6: In jeder Spalte sind drei embryonale Entwicklungsschritte einer Tierart dargestellt. Bei Betrachtung der ersten Zeile fällt auf, dass sich die unterschiedlichen Tierarten zu Beginn der Embryonalentwicklung sehr ähnlich sind.

(Haeckel, 1874; Quelle: www.wikipedia.org)

1866 beschrieb Ernst Haeckel die _____:

„Das organische Individuum ... wiederholt während des raschen und kurzen Laufes seiner individuellen Entwicklung die wichtigsten von denjenigen Formveränderungen, welche seine Voreltern während des langsam und langen Laufes ihrer paläontologischen Entwicklung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung durchlaufen haben.“

Fünf Jahre später veröffentlichte Charles Darwin noch eine weitere Theorie. Er stellte die Theorie der _____ auf,

um auch Merkmale wie zum Beispiel das große Prachtgefieder beim männlichen Pfau erklären zu können. Dieses erscheint auf den ersten Blick eher nachteilig für den Pfau, wird aber von den Weibchen bevorzugt. Die Theorie der Natürlichen Selektion reichte für die Erklärung dieses Phänomens nicht aus.

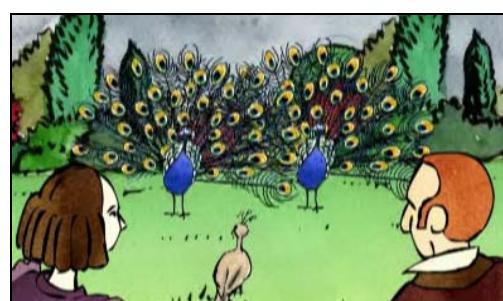


Abb. 7: Darwin vermutete, dass die Weibchen offensichtlich einen Schönheitssinn besitzen.
© CNDP, 2009

Aufgabe 2 (Expertengruppe, Gruppenarbeit)

Überprüft in der Gruppe eure Lückentexte und euer Textverständnis auf Richtigkeit.

Beantwortet anschließend folgende Fragen:

a) Unter welchem Begriff, den Darwin nie benutzte, ist seine erste Theorie aus dem Jahr 1837 heute bekannt? Den Begriff kennt ihr aus dem Unterricht.

b) Warum ahmen ungiftige Schmetterlinge giftige Schmetterlinge in der Färbung nach? Warum war Charles Darwin darüber wohl sehr erfreut?

c) Warum konnte Charles Darwin sich das große Prachtgefieder beim männlichen Pfau nicht mit der Natürlichen Selektion erklären? Wie lässt sich die Entstehung des Prachtgefieders auf andere Art und Weise erklären?

d) Überlegt Euch weitere Beispiele für Merkmale, die durch sexuelle Selektion entstanden sind.

Aufgabe 3 (Expertengruppe, Einzelarbeit)

Übertragt die Begriffe, die ihr in die Lückentexte eingetragen habt (alles, was im Text unterstrichen ist), auf die Erkenntniskärtchen (siehe letzte Seite des Arbeitsmaterials). Für jede Erkenntnis aus der Zeit des Darwinismus ist jeweils ein Kärtchen vorhanden.

Aufgabe 4 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Jeder von euch stellt die Erkenntnisse seiner Epoche den anderen Gruppenmitgliedern vor, indem ihr die Erkenntniskärtchen chronologisch an die richtige Stelle im Zeitstrahl heftet. Der Experte des Darwinismus beginnt. Zu jedem Kärtchen erklärt er den anderen Gruppenmitgliedern, welche Person auf welche Weise zu dieser Erkenntnis gekommen ist und wie diese Erkenntnis die Evolutionstheorie verändert hat. Danach ist der nächste Experte an der Reihe.

Aufgabe 5 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Nachdem jeder seine Epoche vorgestellt hat, fertigt ihr in der Gruppe gemeinsam ein Concept-Map an. Dieses soll möglichst viele Verknüpfungen enthalten.

- 1.) Sucht euch mindestens 12 Erkenntnisse (jede Epoche sollte darunter vertreten sein) vom Zeitstrahl aus.
- 2.) Schreibt jede ausgewählte Erkenntnis auf ein Stück Papier.
- 3.) Legt die kleinen Papierstückchen auf ein leeres Blatt. Ordnet sie so an, dass näher miteinander in Beziehung stehende Erkenntnisse dichter beieinander liegen. Überlegt euch genau, welche Beziehungen jeweils zwischen zwei Begriffen vorliegen.

Folgende Tipps sollen euch dabei helfen:

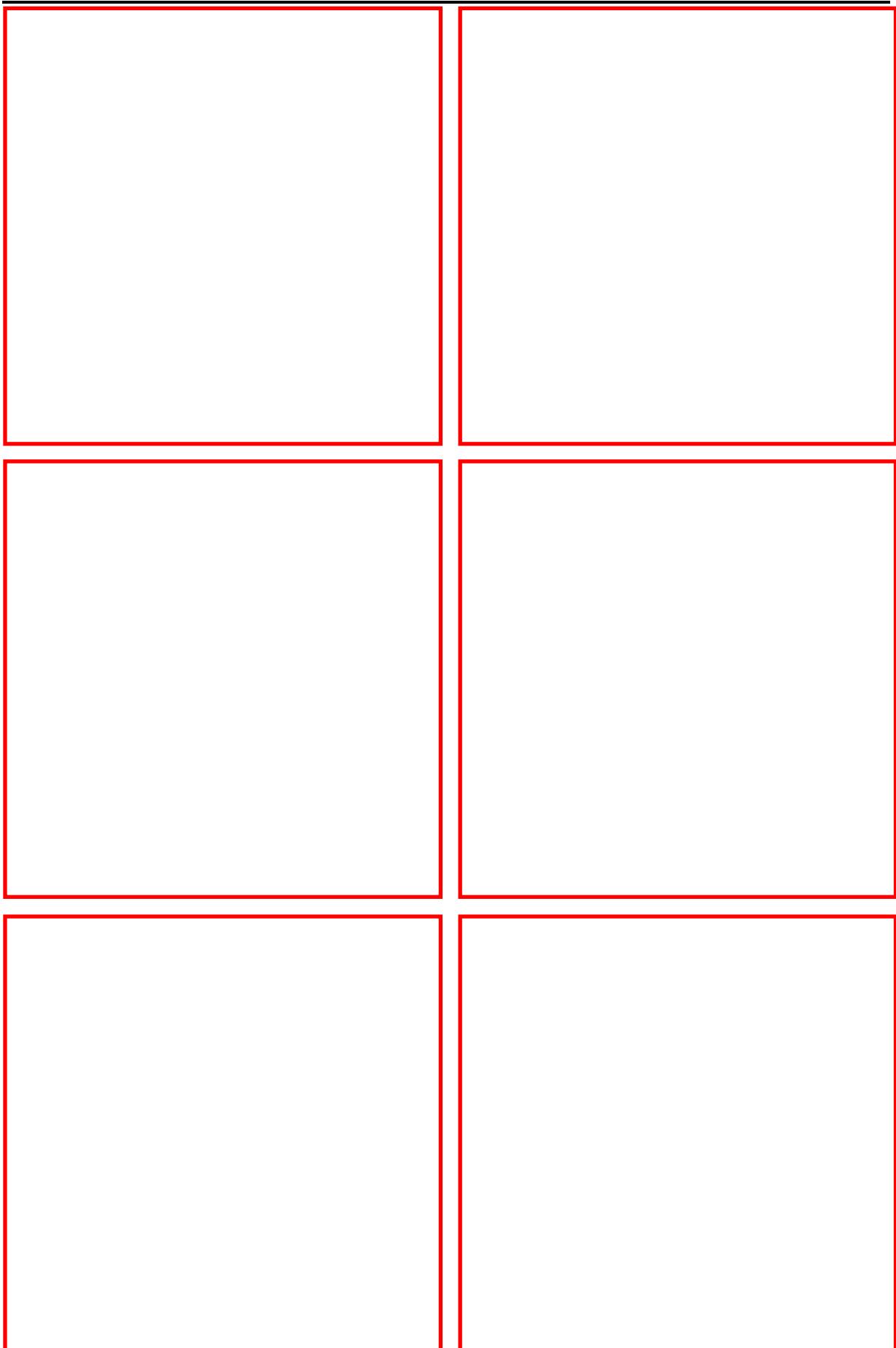
Die Beziehung zwischen zwei Begriffen kann darin bestehen, dass ...

- ... der eine Begriff ein Beispiel des anderen Begriffes darstellt.
(Beispiel: Mimikry ist ein Beispiel für Natürliche Selektion)
- ... der eine Begriff in der Definition bzw. der Aussage des anderen Begriffes im Sinne einer Teil-Ganzes-Beziehung.
(Beispiel: Chromosomen enthalten Gene)
- ... beide Begriffe sind jeweils über- oder untergeordnete Begriffe.
(Beispiele: Mutation und Selektion sind Evolutionsfaktoren)

- 4.) Wenn ihr mit eurer Anordnung der Begriffe und den für sie ausgewählten Beziehungen zufrieden seid, klebt die Papierstückchen auf das Blatt.
- 5.) Zeichnet nun die passenden Verbindungslien zwischen die Begriffe.
- 6.) Schreibt mit wenigen Worten die vorliegenden Beziehungen auf die Verbindungslien.

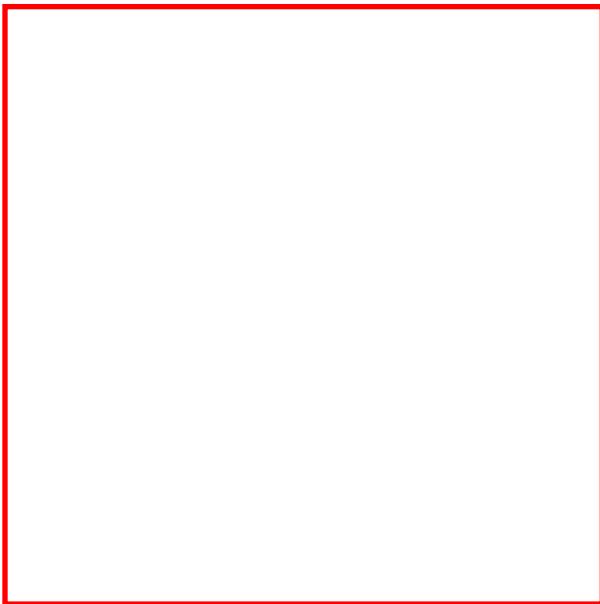


Die Entwicklung der Evolutionstheorie seit Darwin – Darwinismus





Die Entwicklung der Evolutionstheorie seit Darwin – Darwinismus



Die Zeit des Neo-Darwinismus (1883-1907)

Die Zeit des Neo-Darwinismus (1883-1907)

Aufgabe 1 (Basisgruppe, Einzelarbeit):

Lies den folgenden Text gründlich durch. Die einzusetzenden Begriffe kennst du zum größten Teil aus dem Unterricht. Du erhältst weitere Hilfen zum Ausfüllen der Lücken, indem du...

- im Text noch einmal zurück gehst **oder**
- im Text etwas weiter liest **oder**
- die Abbildungen genau betrachtest.

Wenn du etwas nicht verstanden hast, notiere deine Fragen!

Der Begriff Neo-Darwinismus wurde anlässlich der ersten revolutionären Erkenntnis des Wissenschaftlers **August Weismann** geprägt. August Weismann verkündete 1882, dass es keine

gibt. August Weismann führte ein Aufsehen erregendes Experiment durch (siehe Abbildung 1), um seine Aussage zu rechtfertigen. Er wiederholte es an mehreren Generationen von Mäusen.

Charles Darwin hingegen hat sein Leben lang an die Vererbung erworbbener Eigenschaften geglaubt, eine Idee, die Jean-Baptiste de Lamarck bereits um 1800 formuliert hatte. Wie aber sollte **August Weismann** nun seine Ergebnisse erklären? Er forschte weiter. 1885 entdeckte er, dass die Keimbahn sehr früh in der Embryonalentwicklung von den Somazellen (Körperzellen) getrennt wird, so kam er zur Theorie der - - - - - Trennung.

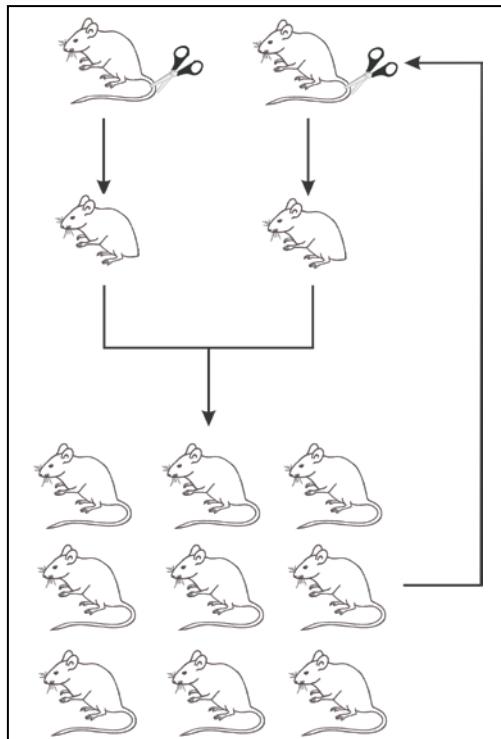


Abb. 1: Der Versuchsablauf von Weismanns Experiment. Insgesamt wiederholte Weismann den Versuch neunzehn Mal. Die Jungtiere der Verpaarungen stellten immer wieder die Ausgangsmäuse für den neuen Versuch dar.

Wie aber erklärte Weismann nun die Entstehung von Variabilität? Er vermutete die Lösung in der _____ bei der sexuellen Fortpflanzung. Er postulierte, dass mütterliches und väterliches Erbmaterial in Form von Partikeln neu kombiniert wird. In Abbildung 2 hat August Weismann skizziert, wie er sich den Ablauf der Vererbung vorgestellt hat. Heute wissen wir, dass der Vorgang der Vererbung viel komplexer ist. **August Weismann** hatte jedoch von Chromosomen und *Crossing-over* noch keine Vorstellung. Der Forscher erkannte aber richtig, dass die sexuelle Fortpflanzung die Ursache für die individuellen Unterschiede ist, ohne die keine natürliche Selektion stattfinden kann. Mit dieser Vermutung ging Weismann 1886 jedoch einen weiteren Bruch mit traditionellen Vorstellungen ein. Viele Biologen glaubten damals, dass Vererbung wie die Vermischung zweier Flüssigkeiten funktioniere. Danach führt sexuelle Fortpflanzung aber nur zur Vereinheitlichung einer Art und nicht zur Produktion von Variabilität.

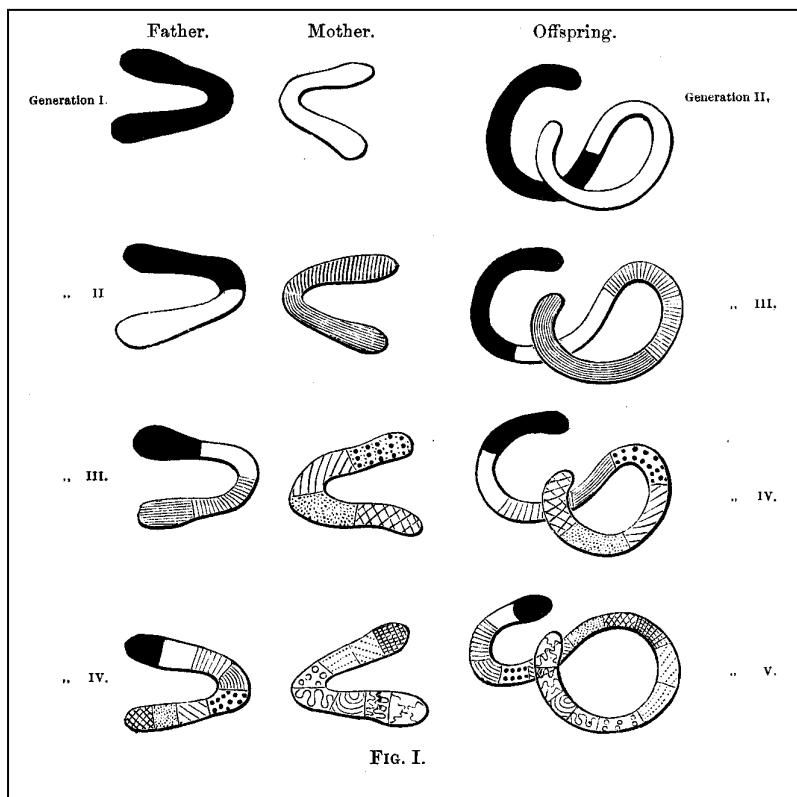


Abb. 2: Originalskizze von August Weismann. Er vermutete, dass bei der Vererbung mütterliche und väterliche Anteile als feste Partikel weitergegeben werden. (Abb. aus A. Weismann: „Essays upon heredity“ Vol. I & II, 1889)



Abb. 3: Nachtkerze. Mit dieser Pflanze wiederholte De Vries die Mendelschen Experimente.
(Thomé, 1885; Quelle: www.wikipedia.org)

Der Wissenschaftler **Hugo de Vries** entdeckte um 1900 die Mendelschen Regeln wieder und machte sie bekannt. Dadurch wurde er zum Begründer der Genetik. Er wiederholte die Mendelschen Experimente mit der Nachtkerze (Abb.3) und erklärte die Tatsache, dass bei einigen Kreuzungen vollkommen neue Varianten auftraten, mit der Theorie der mutationstheorie. De Vries war überzeugt, dass seine Entdeckung der spontan auftretenden Veränderung des Erbgutes und nicht die Natürliche Selektion die Veränderung von Arten erkläre. In den nächsten Jahren wurde die Selektionstheorie von Charles Darwin immer mehr verdrängt und die von Hugo de Vries beschriebene Theorie fälschlicherweise zum Hauptmechanismus der Evolution erklärt. Erst später wurde deutlich, dass Mutationen die

Veränderung von Arten nicht vollständig erklären können, sondern zusätzliche Evolutionsmechanismen, z.B. die natürliche Selektion, wirken müssen.

Henri Becquerel entdeckte 1896 die Radioaktivität. Mit dieser Entdeckung als Grundlage, war es dem Ehepaar Marie und Pierre Curie 1902 möglich, wie mit einer „Uhr“ geologische Zeiträume zu bestimmen. 1906 konnte man somit durch radioaktive Messungen erstmals die ungefähre Größenordnung des Erdalters bestimmen. Man stellte fest, dass die Erde

Jahre alt ist. Diese Erkenntnis

überraschte viele Wissenschaftler, da die meisten von ihnen das Alter der Erde auf höchstens ein paar tausend Jahre geschätzt hatten. Die Vermutungen von Charles Darwin hingegen wurden bestätigt. Er hätte sich über die Erkenntnis riesig gefreut.



Abb. 4: Unser Globus.

(© Paul Schubert, earthe_01, CC-Lizenz (BY 2.0)
<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/de/deed.de>;
Quelle: www.pics.de)

Aufgabe 2 (Expertengruppe, Gruppenarbeit):

Überprüft in der Gruppe eure Lückentexte und euer Textverständnis auf Richtigkeit.

Beantwortet anschließend folgende Fragen mit Hilfe der Texte und Abbildungen:

a) Beschreibt, wie August Weismann bei seinem Mäuseexperiment vorgegangen ist. Was war das Ergebnis seines Experiments?

b) Wie erklärte August Weismann dieses Ergebnis?

c) Wodurch wird nach der 1886 von August Weismann aufgestellten Vermutung Variabilität erzeugt? Was hatte August Weismann noch nicht erkannt? Diskutiert die Fehlvorstellungen Weismanns und erklärt, wo seine Missverständnisse über den Vorgang der Vererbung lagen. Denkt an die Meiose!

d) Warum irrte Hugo de Vries, als er vermutete, dass allein Mutationen verantwortlich für die Entstehung neuer Arten sind?

e) Warum hätte sich Charles Darwin – wenn er zu dem Zeitpunkt noch gelebt hätte – über die 1906 gemachte Entdeckung gefreut? (Wenn ihr die Lösung nicht herausfindet, fragt später in der Basisgruppe den Experten des Darwinismus.)

Aufgabe 3 (Expertengruppe, Einzelarbeit)

Übertragt die Begriffe, die ihr in die Lückentexte eingetragen habt (alles, was im Text unterstrichen ist), auf die Erkenntniskärtchen (siehe letzte Seite des Arbeitsmaterials). Für jede Erkenntnis aus der Zeit des Neo-Darwinismus ist jeweils ein Kärtchen vorhanden.

Aufgabe 4 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Jeder von euch stellt die Erkenntnisse seiner Epoche den anderen Gruppenmitgliedern vor, indem ihr die Erkenntniskärtchen chronologisch an die richtige Stelle im Zeitstrahl heftet. Der Experte des Darwinismus beginnt. Zu jedem Kärtchen erklärt er den anderen Gruppenmitgliedern, welche Person auf welche Weise zu dieser Erkenntnis gekommen ist und wie diese Erkenntnis die Evolutionstheorie verändert hat. Danach ist der nächste Experte an der Reihe.

Aufgabe 5 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Nachdem jeder seine Epoche vorgestellt hat, fertigt ihr in der Gruppe gemeinsam ein Concept-Map an. Dieses soll möglichst viele Verknüpfungen enthalten.

- 1.) Sucht euch mindestens 12 Erkenntnisse (jede Epoche sollte darunter vertreten sein) vom Zeitstrahl aus.
- 2.) Schreibt jede ausgewählte Erkenntnis auf ein Stück Papier.
- 3.) Legt die kleinen Papierstückchen auf ein leeres Blatt. Ordnet sie so an, dass näher miteinander in Beziehung stehende Erkenntnisse dichter beieinander liegen. Überlegt euch genau, welche Beziehungen jeweils zwischen zwei Begriffen vorliegen.

Folgende Tipps sollen euch dabei helfen:

Die Beziehung zwischen zwei Begriffen kann darin bestehen, dass ...

... der eine Begriff ein Beispiel des anderen Begriffes darstellt.

(Beispiel: Mimikry ist ein Beispiel für Natürliche Selektion)

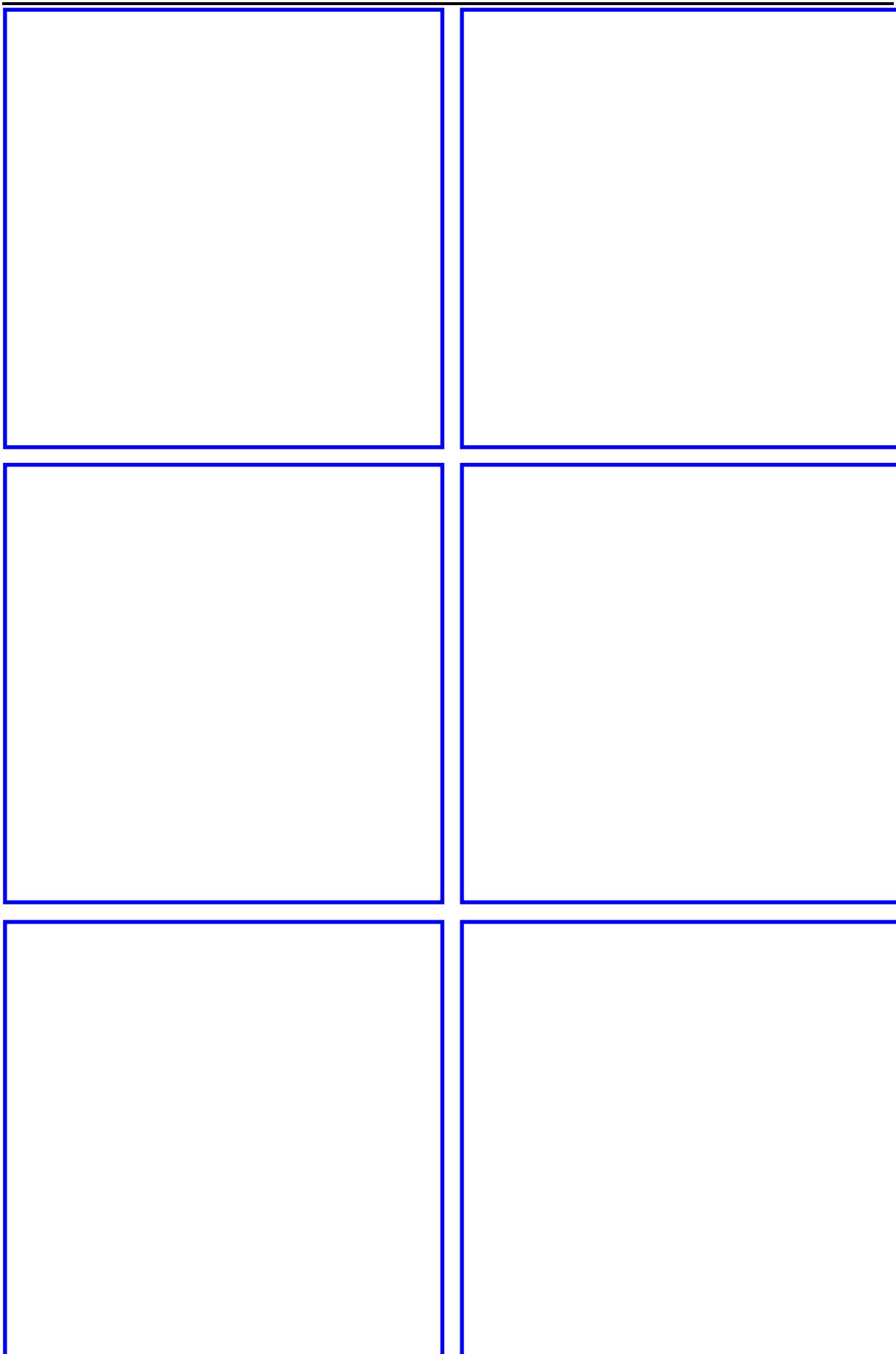
... der eine Begriff in der Definition bzw. der Aussage des anderen Begriffes im Sinne einer Teil-Ganzes-Beziehung.

(Beispiel: Chromosomen enthalten Gene)

... beide Begriffe sind jeweils über- oder untergeordnete Begriffe.

(Beispiele: Mutation und Selektion sind Evolutionsfaktoren)

- 4.) Wenn ihr mit eurer Anordnung der Begriffe und den für sie ausgewählten Beziehungen zufrieden seid, klebt die Papierstückchen auf das Blatt.
- 5.) Zeichnet nun die passenden Verbindungslien zwischen die Begriffe.
- 6.) Schreibt mit wenigen Worten die vorliegenden Beziehungen auf die Verbindungslien.



Die Zeit des genetischen und
populationsgenetischen
Darwinismus
(1908-1930)

Die Zeit des genetischen und populationsgenetischen Darwinismus (1908-1930)

Aufgabe 1 (Basisgruppe, Einzelarbeit):

Lies den folgenden Text gründlich durch. Die einzusetzenden Begriffe kennst du zum größten Teil aus dem Unterricht. Du erhältst weitere Hilfen zum Ausfüllen der Lücken, indem du...

- im Text noch einmal zurück gehst **oder**
- im Text etwas weiter liest.

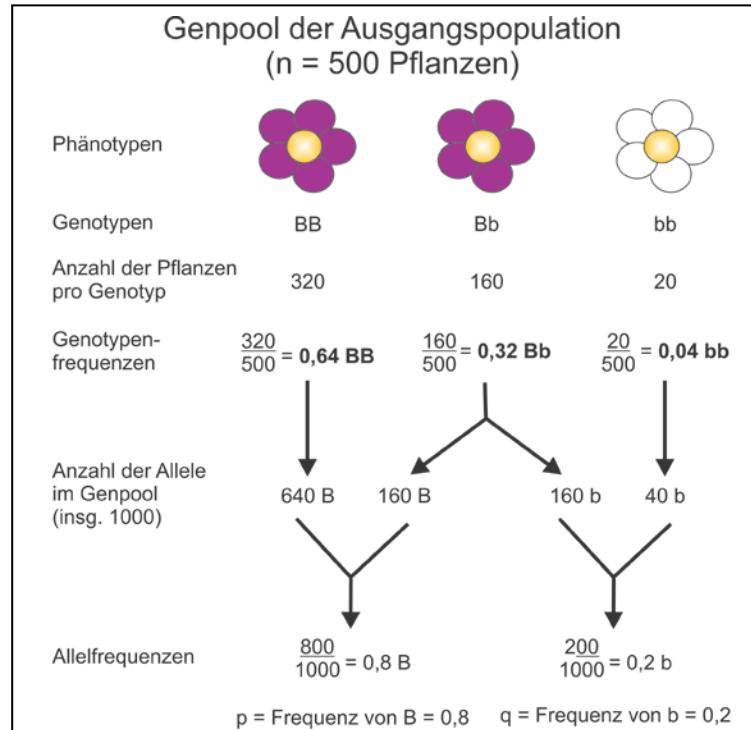
Wenn du etwas nicht verstanden hast, notiere deine Fragen!

Im frühen 20. Jahrhundert, der Zeit des genetischen und populationsgenetischen Darwinismus begann die Vereinigung des Mendelismus und des Darwinismus. Durch die Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln um 1900 war die von Charles Darwin aufgestellte Selektionstheorie verdrängt worden. **Godfrey H. Hardy** und **Wilhelm R. Weinberg** schufen 1908 unabhängig voneinander die Basis für diese wichtige Zusammenführung.

Hardy war in dem besagten Jahr auf einer Tagung, auf der eine Diskussion über die Häufigkeit rezessiver Merkmale entstand. Der anwesende Wissenschaftler Yule behauptete, dass rezessive Faktoren (heute besser bekannt als Allele) im Verlauf von einigen Generationen auch ohne das Vorhandensein Natürlicher Selektion verschwänden, weil dominante Faktoren (Allele) sich auf jeden Fall durchsetzen würden. Hardy stimmte der Aussage von Yule nicht zu, konnte die Behauptung aber auch nicht widerlegen. Damit gab er sich aber nicht zufrieden. Noch im selben Jahr gelang es Hardy, eine Formel zu entwickeln (siehe Abb. 1). Diese beschreibt, dass Allelhäufigkeiten in „idealen“ Populationen, d. h. in Abwesenheit anderer Faktoren wie Selektion oder Mutation, bei zufälliger Rekombination unverändert bleiben (Beispiel siehe nächste Seite). Der beschriebene Zusammenhang wurde später als das Gesetz bezeichnet.

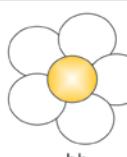
$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Frequenz des Genotyps BB Frequenz der Genotypen Bb und bB Frequenz des Genotyps bb



Genpool der folgenden Generation

Kombination der Gameten (Sperma- und Eizellen) der „Eltern“-Generation:

		Eizellen	
		B p=0,8	b q=0,2
Spermazellen	B p=0,8	 BB $p^2 = 0,64$	 Bb $pq = 0,16$
	b q=0,2	 bB $qp = 0,16$	 bb $q^2 = 0,04$

Genotypenfrequenz der folgenden Generation $p^2 = 0,64 \text{ BB}$ $2pg = 0,32 \text{ Bb}$ $q^2 = 0,04 \text{ bb}$

Allelfrequenzen $p = 0,8 \text{ B}$ $q = 0,2 \text{ b}$

Abb. 1: Anwendungsbeispiel für die Formel von Hardy und Weinberg.

Zwei Jahre später erforschten **Thomas H. Morgan** und sein Team die Vererbung der Weißäugigkeit bei *Drosophila* (Abbildung 2). Die Arbeitsgruppe entdeckte, dass die _____ für die Vererbung verantwortlich sind. Doch es tauchte schon bald ein Problem auf: es gab mehr Merkmalsausprägungen als Chromosomen. Thomas H. Morgan forschte weiter und es gelang ihm, das Problem zu lösen. Die Lösung waren die _____. Thomas Morgan musste sie nur noch genauer definieren. Bis zu diesem Zeitpunkt waren sie lediglich ganz allgemein als „Einheiten der Vererbung“ bekannt.



Abb.2: *Drosophila* mit roten Augen.

(© André Karwath, CC-Lizenz (BY 2.0)
<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/de/deed.de>; Quelle: www.wikipedia.de)

1928 untersuchte der Wissenschaftler **Frederick Griffith** das Bakterium *Streptococcus pneumoniae*, das bei Säugetieren eine Lungenentzündung verursacht. Er arbeitete dabei mit zwei verschiedenen Stämmen. Der so genannte S-Stamm (S steht für *smooth* = glatt) des Bakteriums *Streptococcus pneumoniae* ist durch eine Schleimkapsel charakterisiert, die zwei zusammenhängende Zellen umhüllt. Der andere so genannte R-Stamm (R steht für *rough* = rauh) trägt keine Schleimkapsel. Griffith war nämlich erstaunt, dass er aus seinen toten Mäusen in Versuch 4 lebende pathogene Zellen gewinnen konnte. Die Mäuse hatten lediglich ein Gemisch aus durch Hitze getöteten krankmachenden Zellen und lebenden harmlosen Zellen erhalten (Abb. 3). Griffith folgerte daraus, dass irgendeine chemische Substanz aus den krankmachenden Zellen die harmlosen Zellen verändert („transformiert“) hatte. Mit Hilfe seines Versuchs entdeckte Griffith das Phänomen der _____.

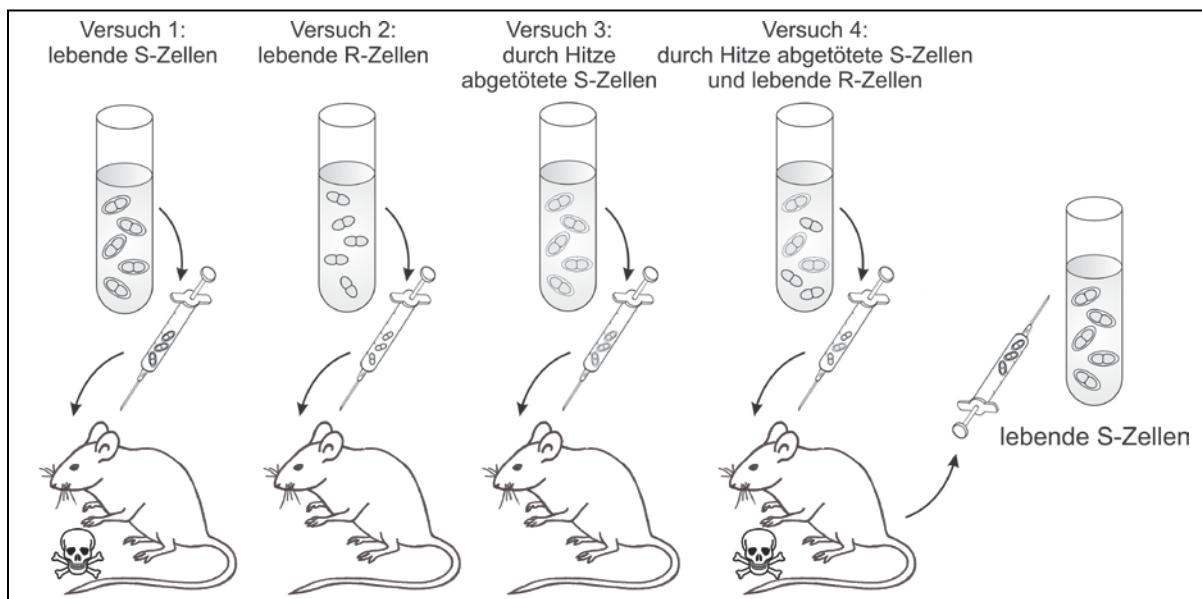


Abb. 3: Frederick Griffiths Experiment. Von den Ergebnissen aus Versuch 4 leitete er seine Schlussfolgerungen ab.

Sechzehn Jahre später, im Jahr 1944, führte **Oswald T. Avery** das Experiment von Griffith fort. Avery schaffte es, die mysteriöse chemische Substanz zu identifizieren, welche im vierten Versuch von Griffith die harmlosen Zellen in die krankmachenden Zellen verwandelt hatte. Er spürte das geheimnisvolle Erbmolekül auf: die _____. Er gelangte zu dieser Entdeckung, indem er an bereits vorhandene Erkenntnisse von Frederick Griffith anknüpfte.

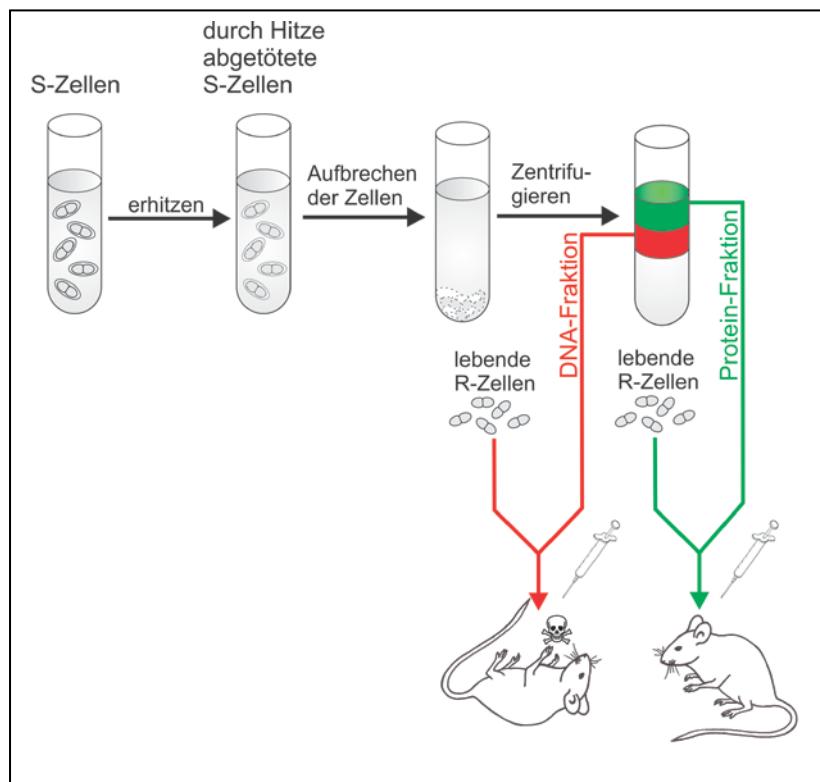


Abb. 4: Das Experiment von Oswald T. Avery. Er knüpfte an die Ergebnisse von Frederick Griffith aus dem Jahr 1928 an.

Aufgabe 2 (Expertengruppe, Gruppenarbeit):

Überprüft in der Gruppe eure Lückentexte und euer Textverständnis auf Richtigkeit. Beantwortet anschließend folgende Fragen mit Hilfe der Texte und Abbildungen:

a) Stellt euch vor, ihr seid Godfrey Hardy und wollt Wissenschaftler wie Yule überzeugen, dass rezessive und dominante Allele alleine noch keine Evolution verursachen. Interpretiert die Abbildung 1, um eure Argumentation zu unterstützen.

b) Wie löste Thomas H. Morgan das Problem, dass es mehr Merkmalsausprägungen als Chromosomen gibt?

c) Beschreibt den Ablauf des Experiments von Frederick Griffith. Was muss in Versuch 4 (Abb. 3) passiert sein, sodass die R- Zellen die Mäuse töten?

d) Erklärt anhand von Abbildung 4, wie Oswald T. Avery das geheimnisvolle Erbmolekül entdeckt hat.

Aufgabe 3 (Expertengruppe, Einzelarbeit)

Übertragt die Begriffe, die ihr in die Lückentexte eingetragen habt, auf die Erkenntniskärtchen (siehe letzte Seite des Arbeitsmaterials). Für jede Erkenntnis aus der Zeit des genetischen und populationsgenetischen Darwinismus bzw. der Synthetischen Evolutionstheorie (in diese Epoche gehört die Erkenntnis von Avery) ist jeweils ein Kärtchen vorhanden.

Aufgabe 4 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Jeder von euch stellt die Erkenntnisse seiner Epoche den anderen Gruppenmitgliedern vor, indem ihr die Erkenntniskärtchen chronologisch an die richtige Stelle im Zeitstrahl heftet. Der Experte des Darwinismus beginnt. Zu jedem Kärtchen erklärt er den anderen Gruppenmitgliedern, wer wie zu dieser Erkenntnis gekommen ist und wie diese die Evolutionstheorie verändert hat. Danach ist der nächste Experte an der Reihe.

Aufgabe 5 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Nachdem jeder seine Epoche vorgestellt hat, fertigt ihr in der Gruppe gemeinsam ein Concept-Map an. Dieses soll möglichst viele Verknüpfungen enthalten.

- 1.) Sucht euch mindestens 12 Erkenntnisse (jede Epoche sollte darunter vertreten sein) vom Zeitstrahl aus.
- 2.) Schreibt jede ausgewählte Erkenntnis auf ein Stück Papier.
- 3.) Legt die kleinen Papierstückchen auf ein leeres Blatt. Ordnet sie so an, dass näher miteinander in Beziehung stehende Erkenntnisse dichter beieinander liegen. Überlegt euch genau, welche Beziehungen jeweils zwischen zwei Begriffen vorliegen.

Folgende Tipps sollen euch dabei helfen:

Die Beziehung zwischen zwei Begriffen kann darin bestehen, dass ...

... der eine Begriff ein Beispiel des anderen Begriffes darstellt.

(Beispiel: Mimikry ist ein Beispiel für Natürliche Selektion)

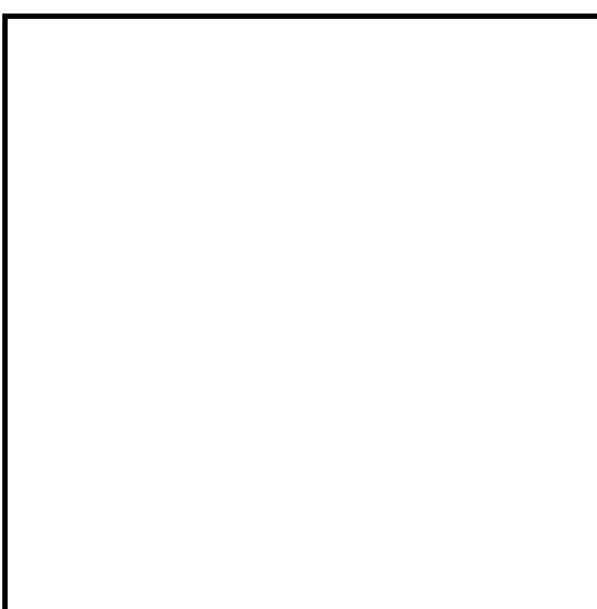
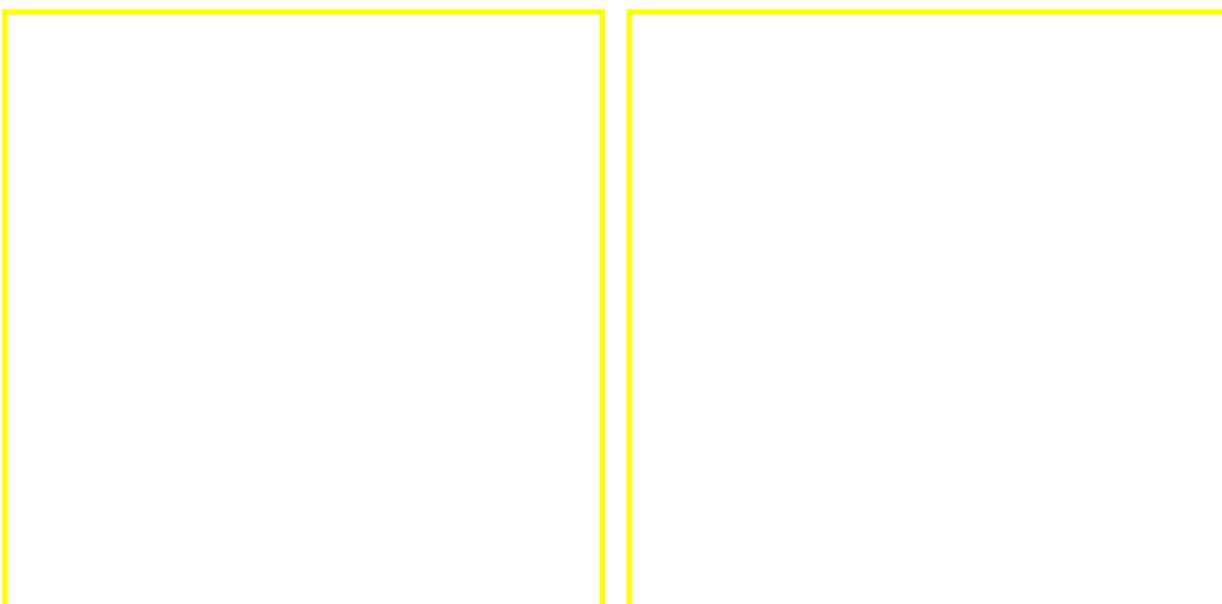
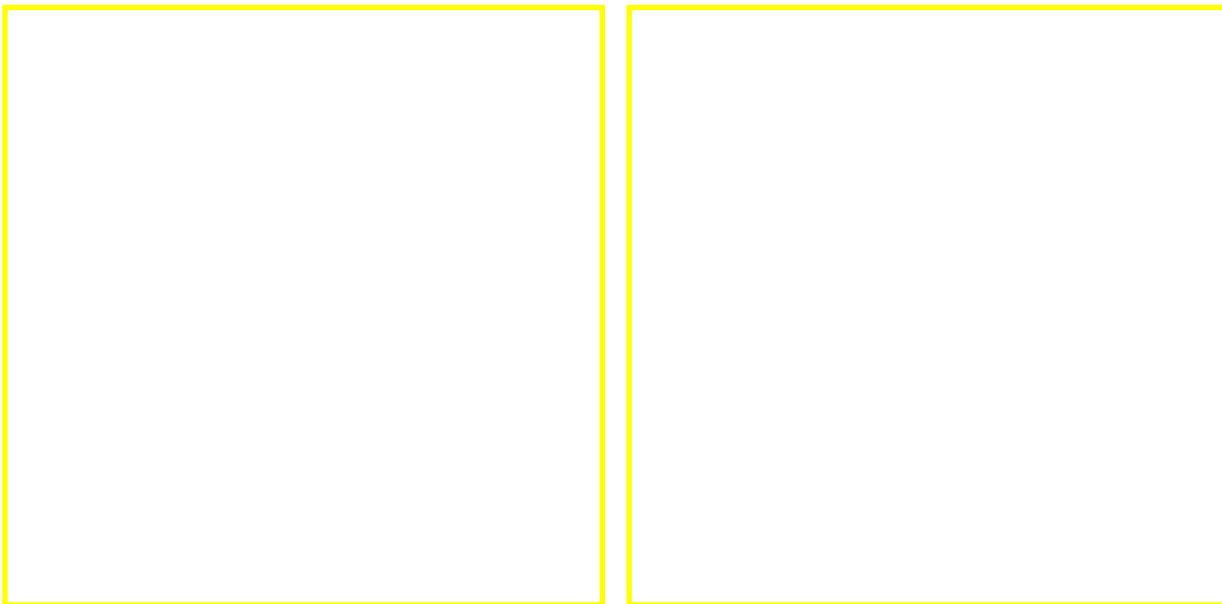
... der eine Begriff in der Definition bzw. der Aussage des anderen Begriffes im Sinne einer Teil-Ganzes-Beziehung.

(Beispiel: Chromosomen enthalten Gene)

... beide Begriffe sind jeweils über- oder untergeordnete Begriffe.

(Beispiele: Mutation und Selektion sind Evolutionsfaktoren)

- 4.) Wenn ihr mit eurer Anordnung der Begriffe und den für sie ausgewählten Beziehungen zufrieden seid, klebt die Papierstückchen auf das Blatt.
- 5.) Zeichnet nun die passenden Verbindungslien zwischen die Begriffe.
- 6.) Schreibt mit wenigen Worten die vorliegenden Beziehungen auf die Verbindungslien.



Die Zeit der Synthetischen Evolutionstheorie (1930-1950)

Die Zeit der Synthetischen Evolutionstheorie (1930-1950)

Aufgabe 1 (Basisgruppe, Einzelarbeit):

Lies den folgenden Text gründlich durch. Die einzusetzenden Begriffe kennst du zum größten Teil aus dem Unterricht. Du erhältst weitere Hilfen zum Ausfüllen der Lücken, indem du...

- im Text noch einmal zurück gehst **oder**
- im Text etwas weiter liest **oder**
- die Abbildungen genau betrachtest.

Wenn du etwas nicht verstanden hast, notiere deine Fragen!

An der Weiterentwicklung der Evolutionstheorie waren vor allem sechs bedeutende Wissenschaftler namens **Theodosius G. Dobzhansky, Ernst Mayr, George Simpson, Julian S. Huxley, Bernhard Rensch und George L. Stebbins** beteiligt, deren Einzelergebnisse zur Synthetischen Evolutionstheorie zusammengefasst werden (von *Synthesis* = Zusammenführung).

Zu Beginn der Epoche setzte sich allerdings zunächst **Ronald A. Fisher** mit der Sexuellen Selektion auseinander. Während Charles Darwin die Sexuelle Selektion nur beobachten konnte, war Fisher nun in der Lage, diesen Evolutionsfaktor zu erklären. Zunächst erläuterte Fisher, dass sowohl das weibliche Merkmal „Präferenz“ als auch das männliche Schmuckmerkmal, wie zum Beispiel „prächtiges Gefieder“ genetisch codiert sein müssen. Mit Hilfe dieser Vermutung formulierte er seine Hypothese über den Prozess. Diese Hypothese beschreibt,

dass männliche Schmuckmerkmale durch einen Automatismus größer und/oder auffälliger werden. Die Gene für das weibliche Merkmal „Präferenz“ sowie die Gene für das männliche Schmuckmerkmal sind genetisch assoziiert. Da sich Weibchen mit einer „Präferenz“ für ein großes Schmuckmerkmal mit Männchen, die dieses Schmuckmerkmal zeigen, verpaaren, haben ihre Nachkommen anschließend beide Merkmale. Außerdem erklärt er weiter, dass sobald ein männliches Merkmal zu groß und/oder auffällig wird, es durch andere Selektionsprozesse in Grenzen gehalten wird (z.B. erhöhte Sichtbarkeit für Feinde, erhöhte



Abb. 1: Das Rad eines männlichen Pfau.

(© Josi, Pfau, CC-Lizenz (BY 2.0)
<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/de/deed.de>; Quelle: www.piqs.de)

Die Entwicklung der Evolutionstheorie seit Darwin – Synthetische Evolutionstheorie

Krankheitsanfälligkeit). Fishers Hypothese über den Runaway Prozess (im Deutschen ungenau mit „Selbstläuferhypothese“ übersetzt) liefert somit eine Begründung für die Evolution von Schmuckmerkmalen, die größer und/oder auffälliger sind, als es für den Kampf ums Überleben sinnvoll wäre.

Das von **Ernst Mayr** 1942 definierte biologische _____ war ein wichtiger, noch fehlender Baustein der Evolutionsbiologie. Ernst Mayr war jedoch nicht der erste Wissenschaftler, der sich mit dieser Thematik auseinandersetzte. Ernst Mayr betonte dabei aber, im Gegensatz zum morphologischen Artkonzept, vor allem die Gemeinsamkeit des Genpools (Gesamtheit aller Gene in einer Population) und die reproduktive Isolation (Abb. 2).

Charles Darwin, der Urvater der Evolutionstheorie, hat den Begriff der *Art* zwar verwendet, ihn aber nie definiert.



Abb. 2: Sehr ähnlich und doch verschieden: Fitis (links; © Jörg Kretzschmar, 2009) und Zilpzalp (rechts; ©N, 2008, CC-Lizenz (BY 2.5) <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/de/deed.de>; Quelle: www.wikipedia.de)

Bernhard Rensch befasste sich 1947 mit der Entstehung neuer Arten (Speziation). Er unterschied zwischen zwei verschiedenen Prozessen (Abb. 3): Artumwandlung (_____) und Artaufspaltung (_____). Zu dieser Unterscheidung kam Rensch aufgrund von Fossilfunden, welche diese zwei verschiedenen Prozesse der Evolution dokumentierten. Die Artaufspaltung erklärte der Wissenschaftler außerdem mit dem Mechanismus der geographischen Isolation. Dieser Evolutionsmechanismus, der sich nicht auf Mutationen, Rekombination oder

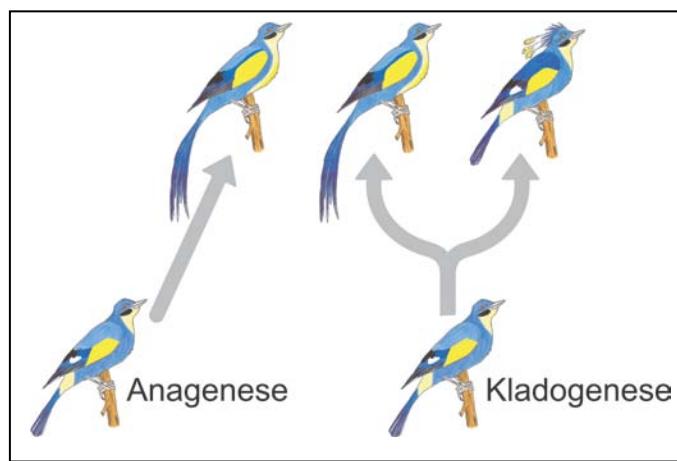


Abb. 3: Ablauf von Anagenese und Kladogenese.

Selektion zurückführen lässt, wurde auch von Ernst Mayr beschrieben. Charles Darwin, der im 19. Jahrhundert zum Urvater der Evolutionstheorie wurde, hatte die geographische Isolation zeitweise auch schon als Mechanismus der Artbildung in Betracht gezogen; er verwarf diesen Gedanken allerdings wieder. Einschränkend muss allerdings festgestellt werden, dass auch heute noch andere Mechanismen der Artbildung bekannt sind.

Die von **Sewall Wright** bereits schon 1931 zum ersten Mal beschriebene _____ wurde 1950 in die Evolutionstheorie mit aufgenommen. Seine Entdeckung wird auch Sewall-Wright-Effekt genannt und bezeichnet die durch Zufall bewirkten Veränderungen in der Häufigkeit von Allelen. Der Effekt ist somit ein von der Natürlichen Selektion unabhängiger Evolutionsfaktor. Der von Wright beschriebene Prozess ist besonders in kleinen Populationen von großer Bedeutung, da sich dort zufällige Veränderungen der Allelfrequenzen besonders gravierend auswirken.

Mitte des 20. Jahrhunderts konnten die Beiträge der oben genannten Wissenschaftler zur _____ zusammengefasst werden. In diesem Theoriegebäude werden der klassische Darwinismus und die neueren Erkenntnisse der Genetik, der Populationsgenetik und der Systematik zusammengefasst. Mit der Gendrift konnte darüber hinaus ein weiterer Evolutionsfaktor beschrieben werden. Nach der Synthetischen Theorie der Evolution erzeugen Mutation und Rekombination ständig genetische Variationen, Selektion und Gendrift schränken diese ein. Der Genetiker Theodosius Dobzhansky prägte zu dieser Zeit den Satz: „*Nichts in der Biologie macht Sinn, außer man betrachtet es im Lichte der Evolution.*“

Aufgabe 2 (Expertengruppe, Gruppenarbeit):

Überprüft in der Gruppe eure Lückentexte und euer Textverständnis auf Richtigkeit. Löst anschließend folgende Aufgaben bzw. beantwortet folgende Fragen:

a) Ronald A. Fisher erklärte, dass dann, wenn ein männliches Schmuckmerkmal zu „kostspielig“ wird, es durch andere Selektionsprozesse in Grenzen gehalten wird. Welche verschiedenen Kosten hat ein männlicher Pfau durch ein großes Schwanzgefieder in seinem natürlichen Lebensraum zu tragen?

b) Sind Organismen, die sich äußerlich ähnlich sehen, nach dem biologischen Artbegriff von Ernst Mayr zwangsläufig Angehörige der dergleichen Art?

c) Warum ist die Entdeckung von Sewall Wright ein von der Natürlichen Selektion unabhängiger Evolutionsfaktor?

d) Erklärt anhand des Geschlechtsdimorphismus das Zitat von Theodosius Dobzhansky.

Aufgabe 3 (Expertengruppe, Einzelarbeit)

Übertragt die Begriffe, die ihr in die Lückentexte eingetragen habt, auf die Erkenntniskärtchen (siehe letzte Seite des Arbeitsmaterials). Für jede Erkenntnis aus der Zeit der Synthetischen Evolutionstheorie ist jeweils ein Kärtchen vorhanden (nur die zwei Erkenntnisse von **Bernhard Rensch** sind auf einer Karte zu notieren).

Aufgabe 4 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Jeder von euch stellt die Erkenntnisse seiner Epoche den anderen Gruppenmitgliedern vor, indem ihr die Erkenntniskärtchen chronologisch an die richtige Stelle im Zeitstrahl heftet. Der Experte des Darwinismus beginnt. Zu jedem Kärtchen erklärt er den anderen Gruppenmitgliedern, wer wie zu dieser Erkenntnis gekommen ist und wie diese die Evolutionstheorie verändert hat. Danach ist der nächste Experte an der Reihe.

Aufgabe 5 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Nachdem jeder seine Epoche vorgestellt hat, fertigt ihr in der Gruppe gemeinsam ein Concept-Map an. Dieses soll möglichst viele Verknüpfungen enthalten.

- 1.) Sucht euch mindestens 12 Erkenntnisse (jede Epoche sollte darunter vertreten sein) vom Zeitstrahl aus.
- 2.) Schreibt jede ausgewählte Erkenntnis auf ein Stück Papier.
- 3.) Legt die kleinen Papierstückchen auf ein leeres Blatt. Ordnet sie so an, dass näher miteinander in Beziehung stehende Erkenntnisse dichter beieinander liegen. Überlegt euch genau, welche Beziehungen jeweils zwischen zwei Begriffen vorliegen.

Folgende Tipps sollen euch dabei helfen:

Die Beziehung zwischen zwei Begriffen kann darin bestehen, dass ...

... der eine Begriff ein Beispiel des anderen Begriffes darstellt.

(Beispiel: Mimikry ist ein Beispiel für Natürliche Selektion)

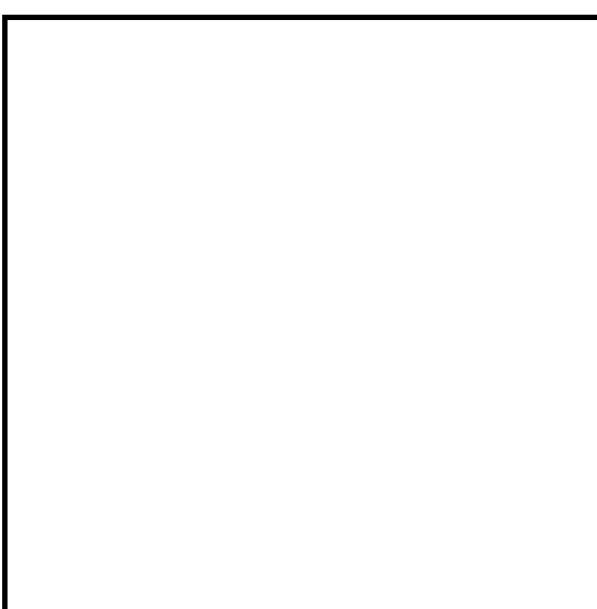
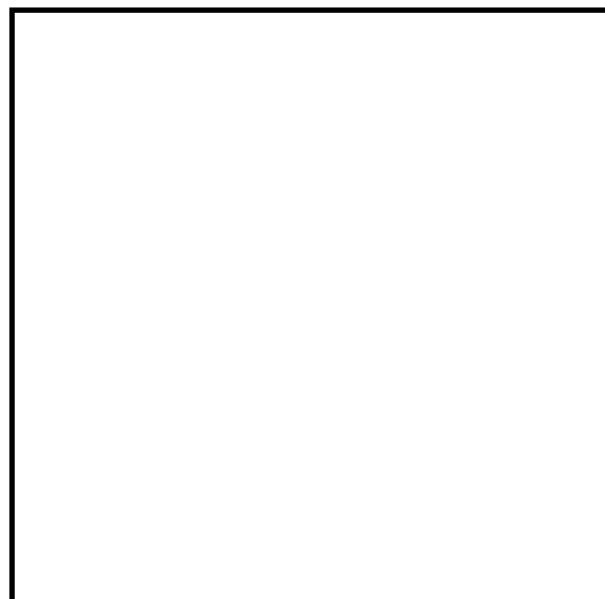
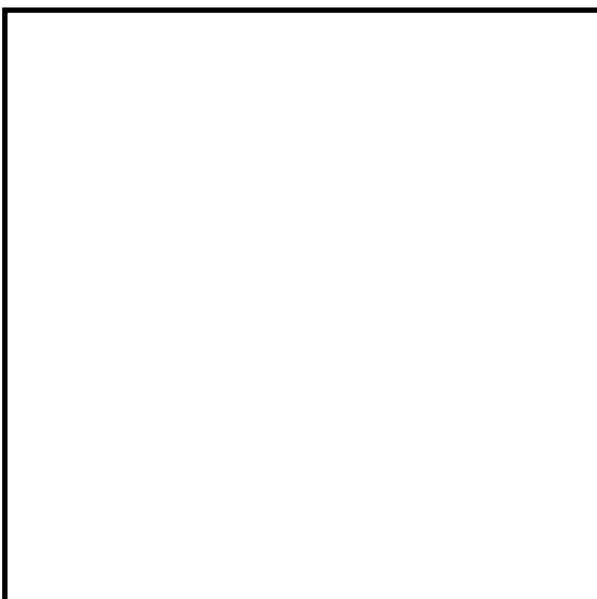
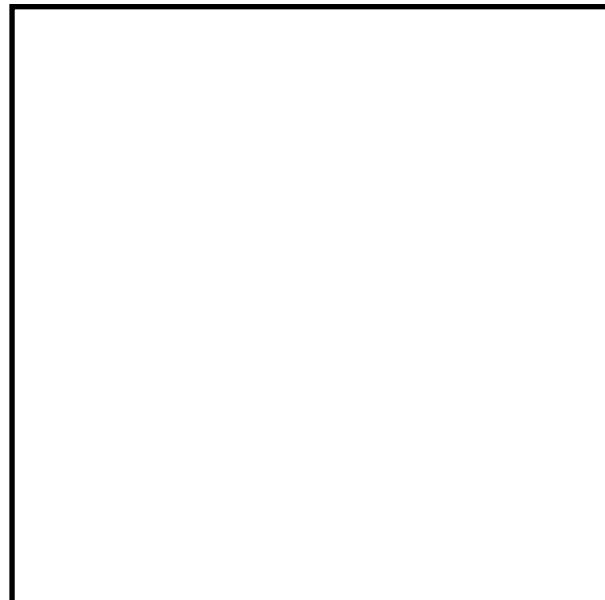
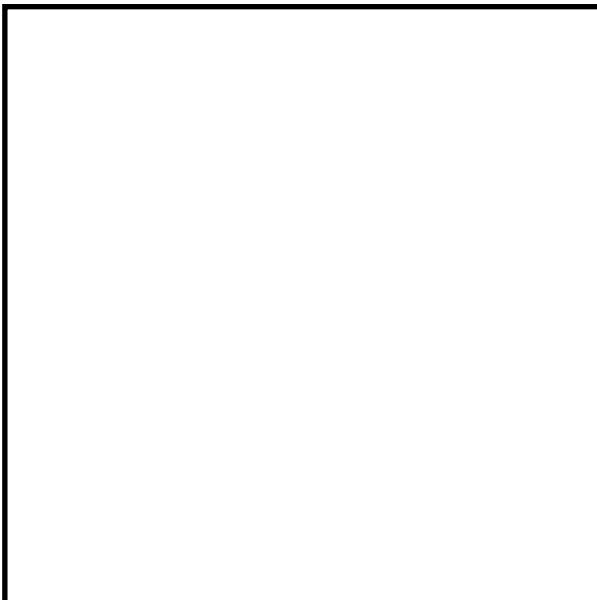
... der eine Begriff in der Definition bzw. der Aussage des anderen Begriffes im Sinne einer Teil-Ganzes-Beziehung.

(Beispiel: Chromosomen enthalten Gene)

... beide Begriffe sind jeweils über- oder untergeordnete Begriffe.

(Beispiele: Mutation und Selektion sind Evolutionsfaktoren)

- 4.) Wenn ihr mit eurer Anordnung der Erkenntnisse und den für sie ausgewählten Beziehungen zufrieden seid, klebt die Papierstückchen auf das Blatt.
- 5.) Zeichnet nun die passenden Verbindungslien zwischen die „Erkenntnisstückchen“.
- 6.) Schreibt mit wenigen Worten die vorliegenden Beziehungen auf die Verbindungslien.



Die Zeit der Erweiterten
Synthetischen
Evolutionstheorie
(ab 1950 - Teil 1)

Die Zeit der Erweiterten Synthetischen Evolutionstheorie (ab 1950)

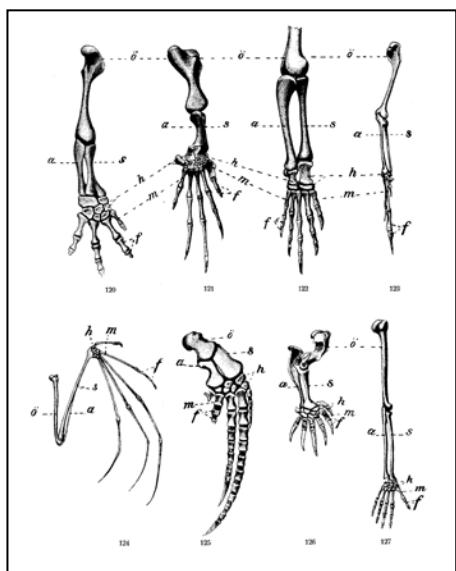
(Teil 1)

Aufgabe 1 (Basisgruppe, Einzelarbeit):

Lies den folgenden Text gründlich durch. Die einzusetzenden Begriffe kennst du zum größten Teil aus dem Unterricht. Du erhältst weitere Hilfen zum Ausfüllen der Lücken, indem du...

- im Text noch einmal zurück gehst **oder**
- im Text etwas weiter liest.

Wenn du etwas nicht verstanden hast, notiere deine Fragen!



Der Zoologe und Meeresbiologe **Adolf Remane** formulierte 1952 die drei Haupt-
_____. Sie sind eine praktische Hilfe in der Verwandtschaftsforschung, da man mit ihnen zwischen homologen und analogen Merkmalen unterscheiden kann. Von homologen Merkmalen kann auf Verwandtschaft geschlossen werden (Abb. 1).

Abb. 1: Homologe Strukturen: Vorderextremitäten von Salamander, Schildkröte, Krokodil, Vogel, Fledermaus, Wal, Maulwurf, Mensch (von links nach rechts). (Wilhelm Leche, 1909; Quelle: www.wikipedia.org)

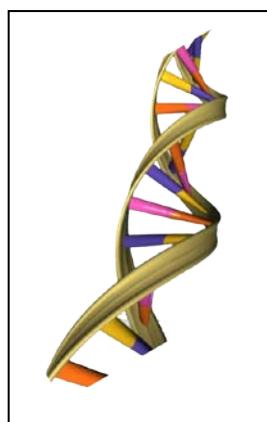


Abb. 3: Struktur der DNA.

(Asperlost, 2006 ;
Quelle: www.wikipedia.org)

Ein Jahr später gelang es **James Watson** und **Francis Crick** die Struktur der DNA aufzuklären. Die molekularen Bestandteile der DNA waren zu diesem Zeitpunkt bereits bekannt. Die Entdeckung der Struktur der DNA erzielten die beiden Forscher mit Hilfe der Röntgenkristallo-graphie. Mit dieser Technik war Francis Crick schon vertraut.

Er hatte mit dieser bereits Proteinstrukturen untersucht. Nachdem Watson Crick überzeugte hatte, dass es sich lohnt, die Struktur der



Abb. 2: Röntgenbild der DNA.
(National Institute of Health,
Quelle: www.wikipedia.org)

DNA aufzuklären, führte Crick Watson in die Röntgenkristallographie ein. Der entscheidende Gedanke kam den beiden Forschern durch die Fotografie eines Röntgenbeugungsmusters kristallisierter DNA (siehe Abb. 2). Die Aufnahme war der Röntgen-Expertin Rosalind Franklin gelungen, die 1951 an das College wechselte, an dem Watson und Crick bereits forschten. Watson gelang es aus dem Foto abzuleiten, dass die Form eines DNA-Moleküls eine _____ darstellt (siehe Abb. 3). Dem Forscher waren bereits vorher Röntgenbilder von helikalen Molekülen bekannt gewesen. Anschließend erschlossen sich Watson und Crick mit Hilfe von gebastelten Drahtmodellen den genauen Aufbau eines DNA-Moleküls, der 1953 endlich veröffentlicht werden konnte.

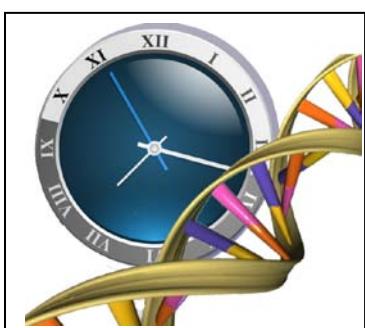


Abb. 4: Bildliche Darstellung der Entdeckung von Pauling und Zuckerkandl.

(AperSon_Trojan : Quelle: www.wikipedia.org; public domain)

Linus Pauling und **Emile Zuckerkandl** haben 1961 erstmals das Konzept der _____ postuliert. Die Entdeckung stellt eine Maßeinheit zum Abschätzen evolutionärer Distanzen dar. Die Grundlage des Konzepts ist der folgende Zusammenhang: Je länger zwei systematische Einheiten getrennt sind, desto größer ist die Anzahl der Nukleotidunterschiede und Aminosäurenaustausche. Der molekulare Zeitmesser bezieht sich meistens auf Mutationsraten einzelner Gene oder auf Sequenzunterschiede

einzelner Proteine. Er lässt sich jedoch nicht immer anwenden, da nicht jedes Gen bzw. jedes Protein eine zuverlässige durchschnittliche Evolutionsgeschwindigkeit aufweist. Daher ist die Methode nie ganz genau. Der Zeitmesser kann über Fossilfunde geeicht werden und ermöglicht es abzuschätzen, zu welchem Zeitpunkt beispielsweise eine neue Artaufspaltung stattgefunden hat.

Auch Erkenntnisse aus der Geologie spielten eine wichtige Rolle bei der Weiterentwicklung der Evolutionstheorie. Die Geologie wurde 1962 durch die Theorie der _____ revolutioniert. Die Theorie umfasst die Bewegungen der Erdplatten und die zwischen den Platten wirkenden Kräfte. Außerdem erklärt sie z.B. die Verteilung von Vulkanen, Erdbeben, Gebirgsmassiven, Gesteinsfamilien und Strukturen des Meeresbodens. All diese großräumigen geologischen Strukturen zählen zu den Folgen der Bewegungen der Erdplatten. Bereits 1915 postulierte Alfred Wegener erstmals die Kontinentaldrift aufgrund der Beobachtung, dass die Kontinente, die den Atlantik umgeben,

puzzleartig zusammenpassen. Seine Theorie wurde jedoch komplett abgelehnt, da sich seine Annahmen über die Antriebskräfte der Plattenbewegungen als falsch herausstellten. Wegener hatte vermutet, dass die Gezeitenkräfte des Mondes und der Sonne den Antrieb verursacht haben.

Erst im Jahr 1962 konnten **Harry Hess** und **Robert Dietz** eine plausible Antriebskraft beschreiben, die bis heute als Ursache der Plattenbewegungen angenommen wird. Hess und Dietz erkannten, dass Konvektionsbewegungen (lat. *convehere* = mittragen, mitnehmen) im Erdmantel die Kontinente passiv ziehen und schieben konnten (siehe Abb. 5).

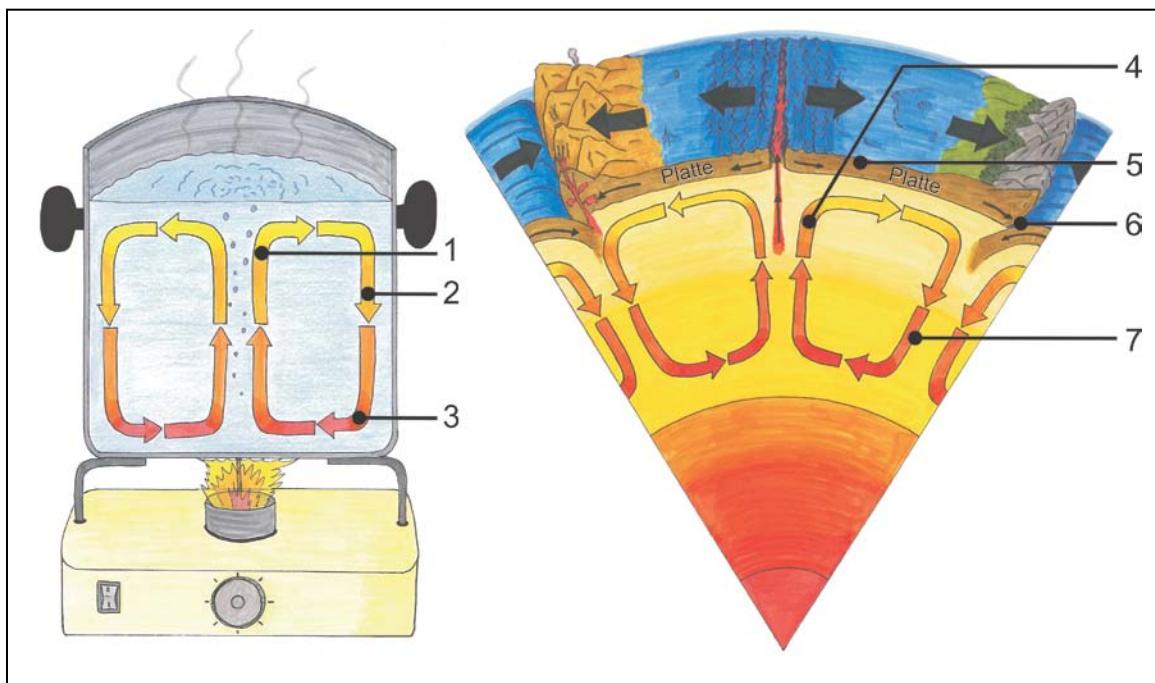


Abb. 5: Konvektionsbewegungen. Ein Vergleich. (Die Nummerierung ist Bestandteil von Aufgabe 2c.)

Ein anderes Problem der Evolutionsbiologie stellte die Erklärung altruistischer (uneigennütziger) Verhaltensweisen dar. Der Urvater der Evolutionstheorie, Charles Darwin,



Abb. 6: Ein Ziesel hält Ausschau nach möglichen Räubern.

(© Ute Steinbrecher, Wachposten, CC-Lizenz (BY 2.0)
<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/deed.de>
 Quelle: www.piqs.de)

hatte noch im 19. Jahrhundert das Hinterlassen eigener (direkter) Nachkommen als das oberste Lebensziel eines jeden Individuums beschrieben. Er hätte allerdings nicht erklären können, warum beispielsweise Belding-Ziesel ein großes Tötungsrisiko eingehen, um ihre Artgenossen vor Räubern zu warnen. Die Tiere stoßen dazu einen schrillen Warnruf aus, der nicht nur die Artgenossen über die Gefahr informiert, sondern auch den Räuber über den Standort des Rufenden. Heute weiß man, dass

die Tiere nur dann ihr Leben riskieren, wenn sie von einer Gruppe eng verwandter Artgenossen umgeben sind. Für die Verwandten erhöht sich durch den Warnruf die Überlebenschance enorm.

Das Verhalten des Belding-Ziesels ist mit der so genannten Verwandtenselektion zu erklären. 1964 entwickelte William Hamilton eine Formel, um voraussagen zu können, unter welchen Bedingungen uneigennütziges Verhalten entstehen kann. Die Grundlage der Formel und damit die Ursache für altruistisches Verhalten waren 1964 bereits bekannt: uneigennütziges Verhalten hängt mit dem Verwandtschaftsgrad zusammen. Erst Dank der so genannten Hamilton-Formel ist es aber möglich geworden, bei bekanntem Verwandtschaftsgrad eindeutig festzustellen, ob _____ vorliegt oder nicht. Die Verwandtenselektion stellt eine Form der Natürlichen Selektion dar, da auch bei ihr letztendlich die Weitergabe eigener Gene (hier über die Verwandten) an die nächste Generation optimiert wird.

Zwei Jahre später brachte der Zoologe **Willi Hennig** ein weiteres Werk über sein erstmals 1950 aufgestelltes Prinzip der _____ heraus. Dieses Prinzip ist nichts anderes als die konsequente Anwendung der von Darwin formulierten Theorie der gemeinsamen Abstammung auf die Systematik. Willi Hennig erkennt nur solche Gruppen als systematische Einheiten an, die von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen und alle Nachkommen dieser Vorfahren enthalten. In der klassischen Systematik wurden im Gegensatz dazu häufig auch solche Gruppen benannt, die nicht alle Nachfahren einer letzten gemeinsamen Stammart enthalten (siehe Abb. 7).

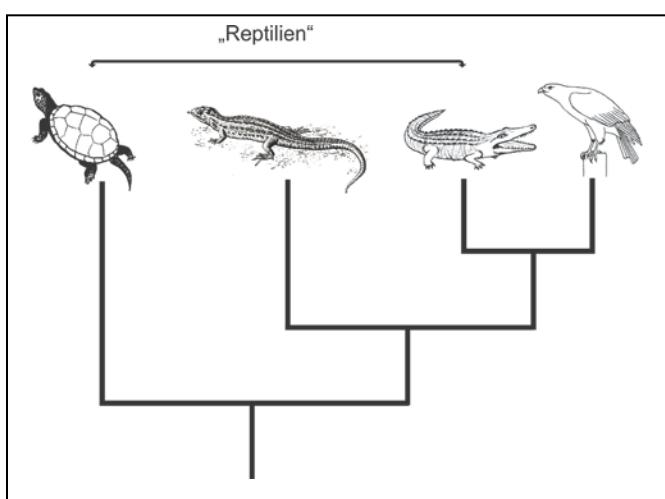


Abb. 7: Ein Kladogramm.

Aufgabe 2 (Expertengruppe, Gruppenarbeit):

Überprüft in der Gruppe eure Lückentexte und euer Textverständnis auf Richtigkeit. Löst anschließend folgende Aufgaben bzw. beantwortet folgende Fragen:

a) Informiert euch über die von Adolf Remane formulierten Homologiekriterien und gebt jeweils ein Beispiel.

b) Benennt die Bausteine eines DNA-Moleküls.

c) Erklärt, was mit Konvektionsbewegungen gemeint ist. Schneidet dazu die Satzstücke auf Seite 8 des Materials aus und ordnet sie so an, dass sie zu der Zahlenreihenfolge in der Abbildung passen.

d) Erklärt, warum altruistisches Verhalten letztlich doch eigennützig ist.

e) Erklärt anhand von Abbildung 7, warum die Reptilien in der phylogenetischen Systematik nicht als systematische Gruppe vorkommen.

Aufgabe 3 (Expertengruppe, Einzelarbeit)

Übertragt die Begriffe, die ihr in die Lückentexte eingetragen habt, auf die Erkenntniskärtchen (siehe letzte Seite des Arbeitsmaterials). Für jede Erkenntnis aus der Zeit der Erweiterten Synthetischen Evolutionstheorie (Teil 1) ist jeweils ein Kärtchen vorhanden.

Aufgabe 4 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Jeder von euch stellt die Erkenntnisse seiner Epoche den anderen Gruppenmitgliedern vor, indem ihr die Erkenntniskärtchen chronologisch an die richtige Stelle im Zeitstrahl heftet. Der Experte des Darwinismus beginnt. Zu jedem Kärtchen erklärt er den anderen Gruppenmitgliedern, wer wie zu dieser Erkenntnis gekommen ist und wie diese die Evolutionstheorie verändert hat. Danach ist der nächste Experte an der Reihe.

Aufgabe 5 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Nachdem jeder seine Epoche vorgestellt hat, fertigt ihr in der Gruppe gemeinsam ein Concept-Map an. Dieses soll möglichst viele Verknüpfungen enthalten.

- 1.) Sucht euch mindestens 12 Erkenntnisse (jede Epoche sollte darunter vertreten sein) vom Zeitstrahl aus.
- 2.) Schreibt jede ausgewählte Erkenntnis auf ein Stück Papier.
- 3.) Legt die kleinen Papierstückchen auf ein leeres Blatt. Ordnet sie so an, dass näher miteinander in Beziehung stehende Erkenntnisse dichter beieinander liegen. Überlegt euch genau, welche Beziehungen jeweils zwischen zwei Begriffen vorliegen.

Folgende Tipps sollen euch dabei helfen:

Die Beziehung zwischen zwei Begriffen kann darin bestehen, dass ...

- ... der eine Begriff ein Beispiel des anderen Begriffes darstellt.
(Beispiel: Mimikry ist ein Beispiel für Natürliche Selektion)
- ... der eine Begriff in der Definition bzw. der Aussage des anderen Begriffes im Sinne einer Teil-Ganzes-Beziehung.
(Beispiel: Chromosomen enthalten Gene)
- ... beide Begriffe sind jeweils über- oder untergeordnete Begriffe.
(Beispiele: Mutation und Selektion sind Evolutionsfaktoren)

- 4.) Wenn ihr mit eurer Anordnung der Erkenntnisse und den für sie ausgewählten Beziehungen zufrieden seid, klebt die Papierstückchen auf das Blatt.
- 5.) Zeichnet nun die passenden Verbindungslien zwischen die Begriffe.
- 6.) Schreibt mit wenigen Worten die vorliegenden Beziehungen auf die Verbindungslien.

... erwärmt sich und steigt wieder nach oben.

... und taucht in den Erdmantel ab, wo sie aufgeschmolzen wird und in geschmolzenem Zustand erneut nach oben steigt.

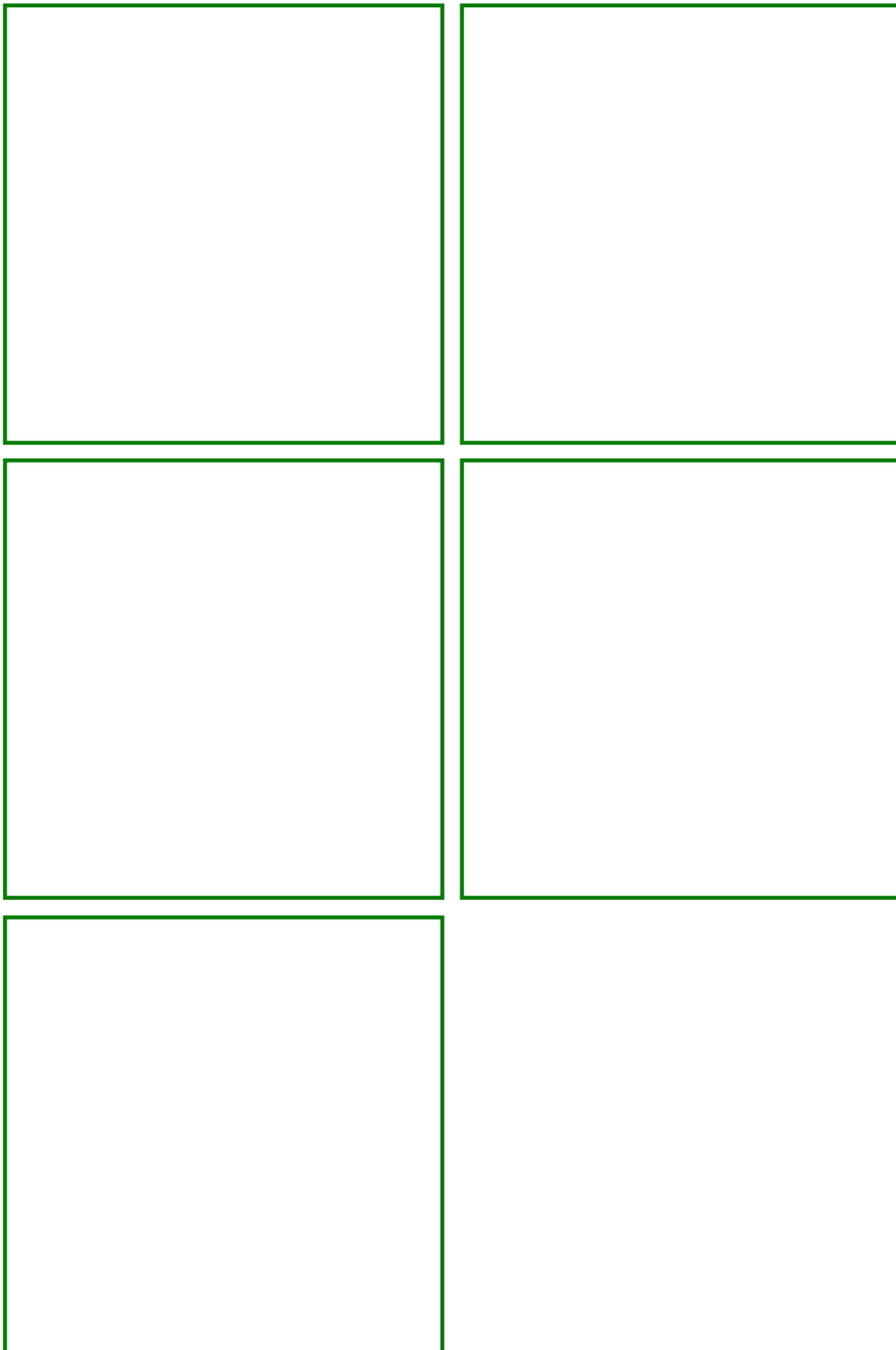
Heißes Material steigt aus dem Erdmantel nach oben ...

... und führt zur Entstehung und Trennung der Platten.

Durch Konvektion steigt Wasser vom Boden an die Oberfläche, ...

... kühlt dort ab, bewegt sich zur Seite, sinkt nach unten, ...

Wo Platten konvergieren, wird die abgekühlte Platte unter die überfahrende obere Platte gezogen ...



Die Zeit der Erweiterten
Synthetischen
Evolutionstheorie
(ab 1950 - Teil 2)

Die Zeit der Erweiterten Synthetischen Evolutionstheorie (ab 1950)

(Teil 2)

Aufgabe 1 (Basisgruppe, Einzelarbeit):

Lies den folgenden Text gründlich durch. Die einzusetzenden Begriffe kennst du zum größten Teil aus dem Unterricht. Du erhältst weitere Hilfen zum Ausfüllen der Lücken, indem du...

- im Text noch einmal zurück gehst **oder**
- im Text etwas weiter liest.

Wenn du etwas nicht verstanden hast, notiere deine Fragen!

Der Japaner **Motoo Kimura** hat sich in den 1960er-Jahren mit der Frage nach dem Ausmaß der genetischen Varianz in natürlichen Populationen beschäftigt. Die bisherige Annahme, dass Mutationen entweder schädlich oder vorteilhaft seien, sprach gegen die Möglichkeit einer großen Varianz auf genetischer Ebene. Kimura nutzte eine neue Methode, mit der man die Varianz zwischen Individuen auf der Ebene der Proteine untersuchen konnte. Dabei stellte sich heraus, dass sich die Aminosäuresequenzen von Proteinen einer Population genetisch viel öfter unterscheiden, als man es vorher angenommen hatte. Aus diesen Beobachtungen schloss Kimura, dass die meisten Veränderungen der DNA überhaupt keinen Einfluss auf das Überleben und die Fortpflanzungsfähigkeit eines Lebewesens besitzen. Mit anderen Worten gesagt, stellte Kimura fest, dass die meisten Mutationen neutral sind. 1968 veröffentlichte er seine Theorie der Neutralen Evolution. Diese Entdeckung stellte keinen Gegensatz zum Konzept der Natürlichen Selektion dar, sondern eine wichtige Erweiterung der bis dahin existierenden evolutionären Konzepte. Nicht jede Mutation führt zu phänotypischen Veränderungen, die der Selektion unterliegen.

Durch Watson und Crick war bereits seit den 1950er Jahren die Struktur der DNA bekannt, noch ungeklärt war die Frage, wie in diesen Strukturen Informationen codiert werden. Aus theoretischen Überlegungen ging man davon aus, dass jeweils drei Nucleotide die Information für eine Aminosäure darstellen. **Marshall Nirenberg** und **Heinrich Matthaei** gelang es 1961 zum ersten Mal RNA-Triplets, die aus drei Nucleotiden bestehenden, außerhalb einer Zelle zu synthetisieren. Sie fanden heraus, dass RNA-Triplets, die aus Uracil-Nucleotiden bestehen, für die Aminosäure Phenylalanin codieren. Schon bald konnten

sie auch RNA-Triplets mit beliebiger Nucleotidfolge erstellen. Die folgenden Abbildungen zeigen einen Versuch zur Beantwortung der Fragestellung, welche Aminosäure durch das

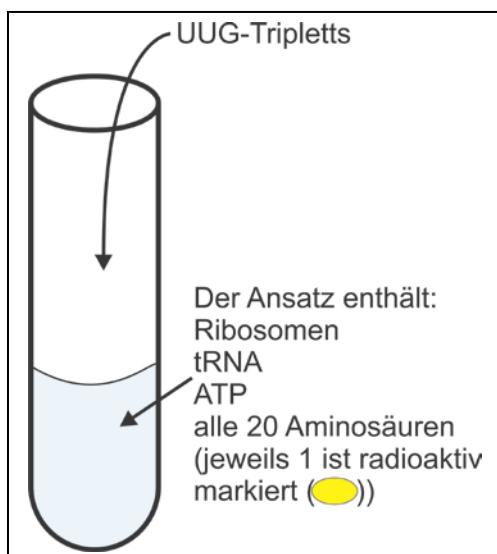


Abb. 1: Darstellung des Vorversuchs. Insgesamt werden 20 Reagenzgläser mit den abgebildeten Komponenten gefüllt. Jedes Reagenzglas enthält allerdings eine andere radioaktiv markierte Aminosäure.

Triplet UUG codiert wird. Die Vorbereitungen für den eigentlichen Versuch sind in Abbildung 1 dargestellt. Es werden zwanzig Reagenzgläser mit den benannten Komponenten gefüllt, wobei jedes Reagenzglas eine andere radioaktiv markierte Aminosäure enthält. Anschließend lässt man die Reagenzgläser eine Zeit lang stehen, damit sich das Triplet UUG und die zu ihm passende Aminosäure an die Ribosomen anlagern können. Danach beginnt die eigentliche Versuchsreihe, die maximal aus zwanzig Versuchen besteht (siehe Abbildung 2).

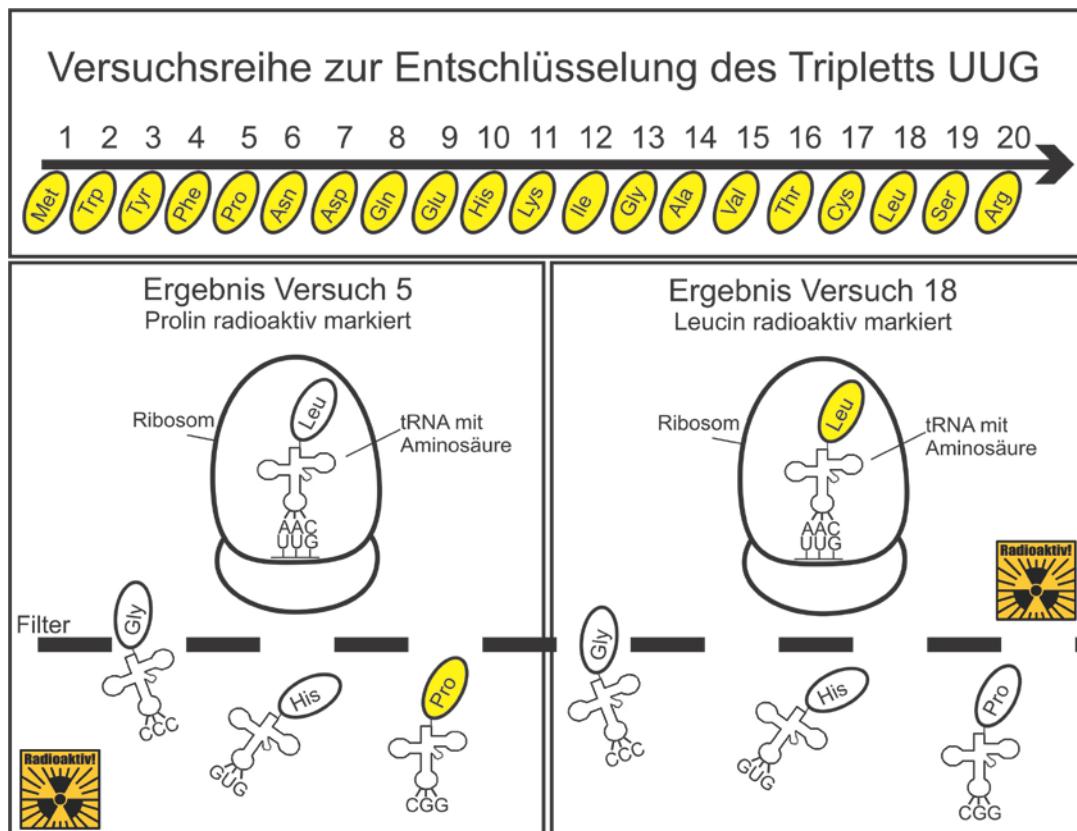


Abb. 2: Der Ablauf der Experimente von Marshall und Nirenberg am Beispiel des Trinukleotids UUG. Dargestellt sind zwei von den insgesamt zwanzig Versuchen (siehe Versuchsstrahl). Der Inhalt jedes der zwanzig vorbereiteten Reagenzgläser (s. Abb. 1) wird in dem Hauptversuch gefiltert.

Bei jedem Versuch wird der Inhalt eines anderen Reagenzglases auf einen speziellen Filter geschüttet, der nur die Ribosomen und die an sie gebundenen Komponenten zurückhalten kann. Anschließend wird gemessen, in welchem der 20 Versuche, die radioaktiv markierte Aminosäure vom Filter zurückgehalten wird.

Dem Wissenschaftler **Har Gobind Khorana** gelang es ungefähr zeitgleich, auch längere RNA-Stücke außerhalb von Zellen zu synthetisieren. Mit ihnen gewannen die drei Forscher weitere Erkenntnisse über die Natur der Codons. Auf diese Weise konnte 1966 der gesamte _____ entschlüsselt werden.

Die Genetikerin **Lynn Margulis** hat 1970 die _____ wiederentdeckt und bekannt gemacht. Die Theorie stammt ursprünglich von dem Russen Merezhkowsky, der sie 1910 formuliert und veröffentlicht hatte, ohne dass sie jedoch weitere Beachtung fand. Die Endosymbiontentheorie besagt, dass die Chloroplasten und Mitochondrien der Eukaryonten von ursprünglich frei lebenden Einzellern abstammen, die im Lauf der Evolution durch Endosymbiose in ihre Wirtzellen gelangt sind.

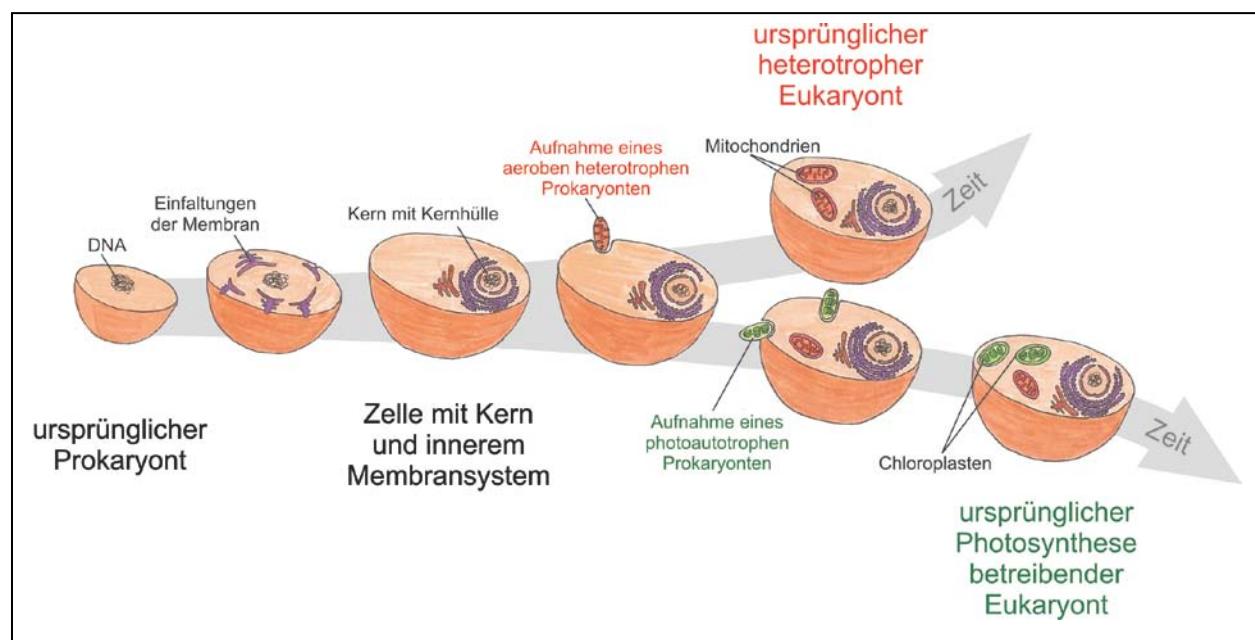


Abb.3: Die Endosymbiontentheorie.

Frederick Sanger hat 1977 die Methode der _____ entwickelt. Mit dieser Methode wurde es erstmals möglich, die Nucleotidsequenz eines DNA-Moleküls zu bestimmen. Als Ergebnis erhält man dabei die Sequenz eines DNA-Strangs, welche komplementär zu der Sequenz des eingesetzten Strangs ist. Die Grundlage der Methode ist der zufällige Einbau eines veränderten Nucleotids (ddATP, ddCTP, ddTTP oder ddGTP) während der DNA-Replikation, welches die Synthese des neuen Strangs abbricht, weil ihm das 3'-OH-Ende für die Anheftung des nächsten Nucleotids fehlt. So entstehen viele unterschiedlich lange DNA-Fragmente, die anschließend mit Hilfe der Gelelektrophorese der Größe nach aufgetrennt werden. Mit Hilfe der Autoradiographie werden zum Schluss die radioaktiven Banden sichtbar gemacht (Abb. 4).

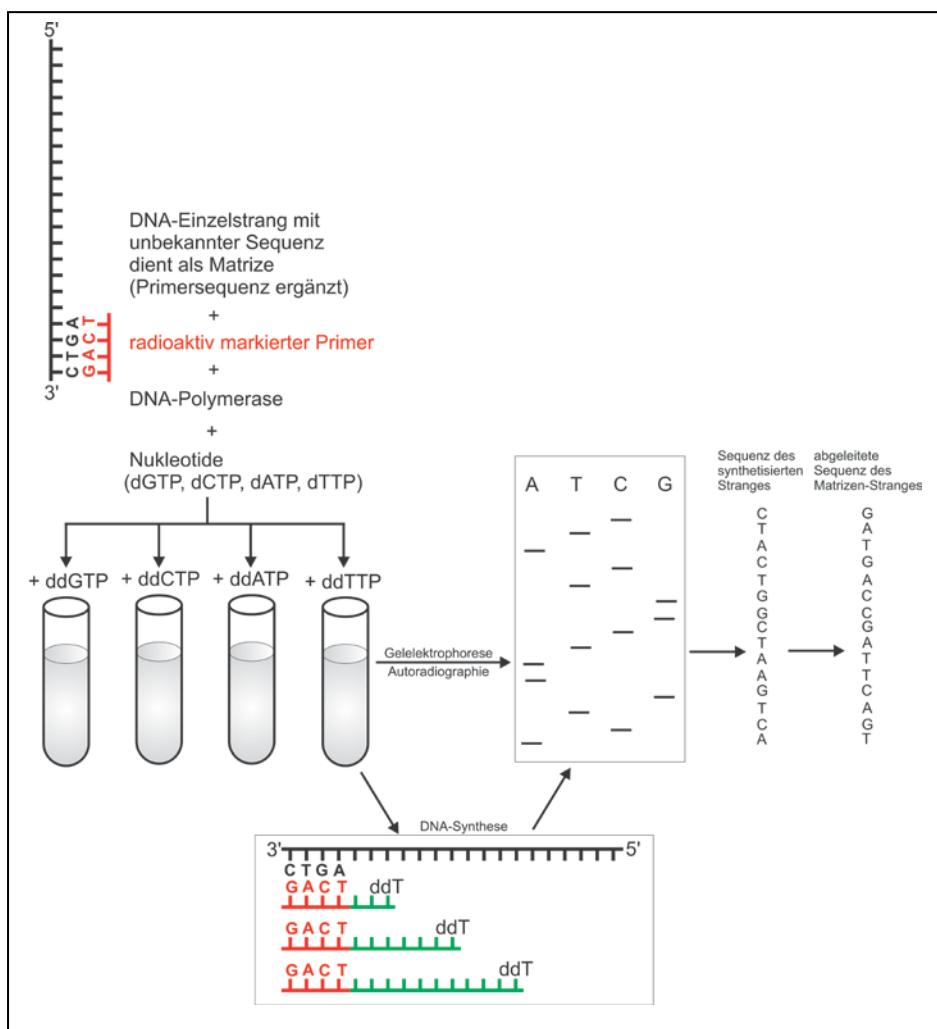


Abb. 4: Die Methode der DNA-Sequenzierung nach Frederick Sanger.

Ein wichtiger Fortschritt in der Weiterentwicklung der Evolutionstheorie war die Integration der Entwicklungsbiologie, die sich damit beschäftigt, wie aus einer befruchteten Eizelle ein vollständiger Organismus wird. 1980 identifizierten die Wissenschaftler **Edward Lewis, Eric Wieschaus und Christiane Nüsslein-Volhard** die so genannten homöotischen Gene, welche die Embryonalentwicklung von befruchteten Eizellen steuern. Diese Gene sind dafür verantwortlich, wann und wo Strukturen wie z.B. Körperanhänge oder Augen in der Entwicklung eines Organismus angelegt werden. Edward Lewis fand das erste dieser Gene, als er eine Drosophilamutante mit zwei Flügelpaaren statt einem Paar Flügel untersuchte (Abb. 5). Mittlerweile kennt man eine Vielzahl solcher _____ aus unterschiedlichsten Tiergruppen. Dabei wurde klar, dass bestimmte Nucleotidsequenzen (so genannte Homoöboxen) dieser Gene bei vielen Tiergruppen gleich bzw. sehr ähnlich sind.

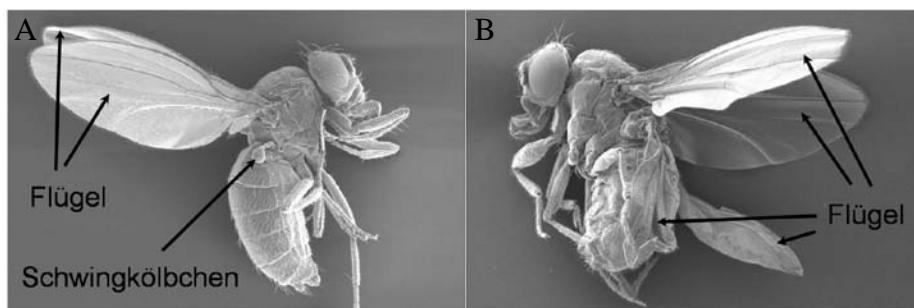


Abb. 5:
A *Drosophila* Wildtyp,
B *Drosophila*-Mutante, die
zwei Flügelpaare statt einem
besitzt.

© Markus Tögel, Werner Mangerich, Prof. Dr. Achim Paululat (Universität Osnabrück), 2010

Einen weiteren wichtigen Beitrag lieferte **John Maynard Smith** 1982, indem er die Spieltheorie, eine aus der Ökonomie stammende Theorie, zur evolutiven Erklärung von Verhaltensmustern nutzte. Häufig beobachtet man, dass Individuen einer Art im gleichen Kontext unterschiedliche Verhaltensstrategien anwenden. Durch die Spieltheorie lässt sich dabei vorhersagen, in welchen Fällen alternative Verhaltensstrategien nebeneinander existieren können und wann eine Verhaltensstrategie eine andere verdrängt. Strategien die sich gegen alternative Verhaltensstrategien durchsetzen, werden als _____ (ESS) bezeichnet. Mit Hilfe der Spieltheorie und der Identifizierung von evolutionsstabilen Strategien war es möglich Verhaltensstrategien zu erklären, deren Sinn sich unter dem Blickwinkel der Individualselektion allein nicht erschließen lässt.

Aufgabe 2 (Expertengruppe, Gruppenarbeit):

Überprüft in der Gruppe eure Lückentexte und euer Textverständnis auf Richtigkeit. Löst anschließend folgende Aufgaben bzw. beantwortet folgende Fragen:

a) Die Natur des genetischen Codes bedingt, dass manche Punktmutationen nicht zu einem abweichendem Genprodukt führen. Untersucht mit Hilfe einer Codesonne an welchen Positionen eines Basentriplets solche neutralen Mutationen erfolgen können. Gebt ein Beispiel.

b) Welche Aminosäure wird von dem Triplet UUG codiert? Wie haben Nirenberg und Matthaei dies herausgefunden? Ihr könnt den Versuchsablauf mit Hilfe des Textes und den Abbildungen erklären.

c) Erklärt anhand von Abbildung 3, wie die Endosymbiontentheorie die Entstehung von Zellen mit Mitochondrien und Chloroplasten erklärt.

d) Erklärt am Beispiel der Fliege mit vier Flügeln die Funktion von homöotischen Genen.

Aufgabe 3 (Expertengruppe, Einzelarbeit)

Übertragt die Begriffe, die ihr in die Lückentexte eingetragen habt, auf die Erkenntniskärtchen (siehe letzte Seite des Arbeitsmaterials). Für jede Erkenntnis aus der Zeit der Erweiterten Synthetischen Evolutionstheorie (Teil 2) ist jeweils ein Kärtchen vorhanden.

Aufgabe 4 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Jeder von euch stellt die Erkenntnisse seiner Epoche den anderen Gruppenmitgliedern vor, indem ihr die Erkenntniskärtchen chronologisch an die richtige Stelle im Zeitstrahl heftet. Der Experte des Darwinismus beginnt. Zu jedem Kärtchen erklärt er den anderen Gruppenmitgliedern, wer wie zu dieser Erkenntnis gekommen ist und wie diese die Evolutionstheorie verändert hat. Danach ist der nächste Experte an der Reihe.

Aufgabe 5 (Basisgruppe, Gruppenarbeit):

Nachdem jeder seine Epoche vorgestellt hat, fertigt ihr in der Gruppe gemeinsam ein Concept-Map an. Dieses soll möglichst viele Verknüpfungen enthalten.

- 1.) Sucht euch mindestens 12 Erkenntnisse (jede Epoche sollte darunter vertreten sein) vom Zeitstrahl aus.
- 2.) Schreibt jede ausgewählte Erkenntnis auf ein Stück Papier.
- 3.) Legt die kleinen Papierstückchen auf ein leeres Blatt. Ordnet sie so an, dass näher miteinander in Beziehung stehende Erkenntnisse dichter beieinander liegen. Überlegt euch genau, welche Beziehungen jeweils zwischen zwei Begriffen vorliegen.

Folgende Tipps sollen euch dabei helfen:

Die Beziehung zwischen zwei Begriffen kann darin bestehen, dass ...

... der eine Begriff ein Beispiel des anderen Begriffes darstellt.

(Beispiel: Mimikry ist ein Beispiel für Natürliche Selektion)

... der eine Begriff in der Definition bzw. der Aussage des anderen Begriffes im Sinne einer Teil-Ganzes-Beziehung.

(Beispiel: Chromosomen enthalten Gene)

... beide Begriffe sind jeweils über- oder untergeordnete Begriffe.

(Beispiele: Mutation und Selektion sind Evolutionsfaktoren)

- 4.) Wenn ihr mit eurer Anordnung der Erkenntnisse und den für sie ausgewählten Beziehungen zufrieden seid, klebt die Papierstückchen auf das Blatt.
- 5.) Zeichnet nun die passenden Verbindungslien zwischen die Begriffe.
- 6.) Schreibt mit wenigen Worten die vorliegenden Beziehungen auf die Verbindungslien.

