

Evolution

Von der Bakterie bis zum Menschen:

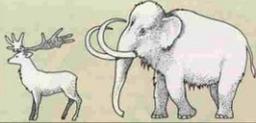
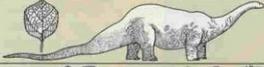
Die Wissenschaft geht davon aus, dass die Erde vor c.a. 4,5 Milliarden Jahren entstanden ist. Fossilien von Urbakterien findet man schon in 3,8 Milliarden Jahre alten Gesteinen.

Ein Fossil sind Abdrücke oder versteinerte Körperteile, die älter als 10000 Jahre sind.

Etwa 600 Millionen Jahre später (vor ca. 3,2 Milliarden Jahren) entwickelten Bakterien die Fähigkeit durch Fotosynthese ihre Nährstoffe selbst zu bilden. Der dabei entstehende Sauerstoff war für die damaligen Lebewesen giftig. Entsprechend überlebten nur Lebewesen die sich vor dem Sauerstoff schützen konnten. Vor 1,5 Milliarden Jahre entstanden erste Zellen, die den Sauerstoff bei der Zellatmung ausnutzen konnten. Richtig startete die Entwicklung der Lebewesen erst vor etwa 600 Millionen Jahren, im Kambrium, als sich eine Vielzahl mehrzelliger Organismen entwickelte wie z.B. Algen und Quallen. Diese Zeit (von vor 600 Millionen Jahren – vor 270 Millionen Jahren) wird Erdaltertum genannt. Die Zeit davor wird als die Erdurzeit bezeichnet. Vor 480 Millionen Jahren tauchten mit den kiefernlosen Fischen erste Wirbeltiere im Wasser auf. Noch spielte sich das Leben im Wasser ab, was sich vor 420 Millionen Jahren, im Silur, änderte – Nacktfarne eroberten das Land gefolgt von Milben, Spinnen und Insekten. Bei den ersten Wirbeltieren, die das Land eroberten, mussten sich Organe entwickeln, die es möglich machten, Sauerstoff aus der Luft zu verwerten. Die heute noch in Afrika und Südamerika vorkommenden Lungenfische zeigen diesen

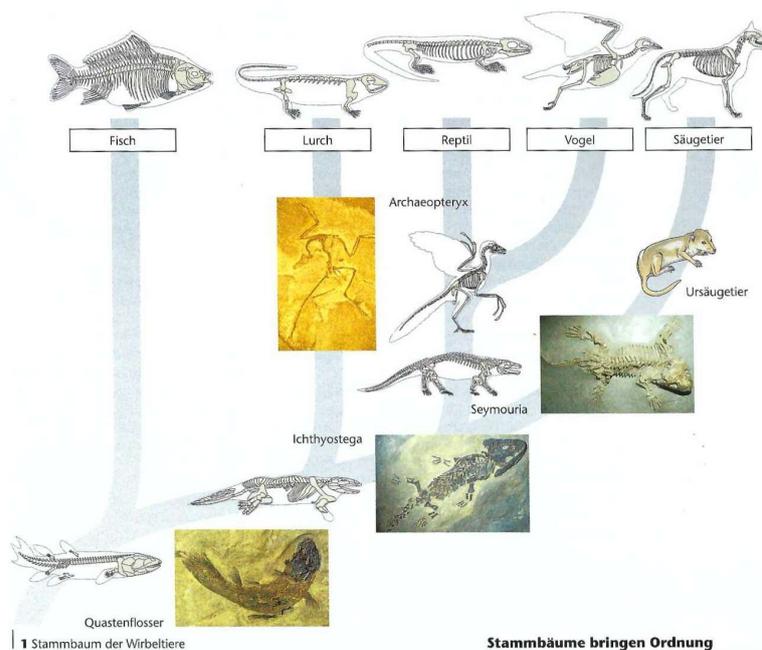
Entwicklungsschritt. Sie leben im Wasser und atmen mit Kiemen. Trocknet das Gewässer aus, können die Tiere lange Zeit mit Hilfe von einfachen Lungen atmen und so die Trockenzeit problemlos überstehen. Der Übergang von der schwimmenden zur laufenden Bewegung geschah über verschiedene Zwischenstufen. Im Devon vor etwa 400 Millionen Jahren trat schließlich als erstes bekanntes vierbeiniges Landwirbeltier die Amphibie (Lurch) Ichthyostega, in Erscheinung, noch ausgestattet mit einer Schwanzflosse und Seitenlinienorganen. Das Seitenlinienorgan sind Hautsinnesorgane die der Außenweltwahrnehmung im Wasser, z.B. der Wahrnehmung von Strömungen dienen. Das Skelett des Ichthyostega wurde 1931 bei einer Grönlandexpedition gefunden. Als die ersten echten d.h. ausschließlich an Land lebenden Tiere werden die Reptilien (Kriechtiere) angesehen, die sich in den folgenden Jahrtausenden entwickelten - vor etwa 300 Millionen Jahren im Karbon des Erdaltertums. Im Erdmittelalter (vor 220- 70 Millionen Jahren) entwickelten sich in der Jurazeit, der Blütezeit der Saurier, erste kleine Säuger. Mit dem Ende der Kreidezeit starben die Dinosaurier aus und die Neuzeit, die Zeit der Säuger begann auf der Erde. Mit der Blütezeit der Säuger begann auch die Entwicklung des modernen Menschen. Der moderne Mensch ist dabei in drei Stufen entstanden. Aus einem gemeinsamen Vorfahren mit den Affen, dem sogenannten Proconsul, der Merkmale von Affen und Menschen in sich vereinte, entwickelten sich Vormenschen (auch Südaffen genannt), dessen bekanntestes aufgefundenes Skelett „Lucy“ (wissenschaftlicher Name „Südaffe aus Afar“ – *Australopithecus afarensis*) getauft wurde. Aus den Vormenschen entwickelten sich die Frühmenschen zu denen z.B. der *Homo habilis*, der vor ca. 2 Millionen Jahren auftrat, gezählt wird. Sie stellten Hammer- und Schneidewerkzeuge aus Stein her und ernährten sich sowohl von Pflanzen als auch von Fleisch. Eine Weiterentwicklung des *Homo habilis* (geschickter Mensch) stellte dann der *Homo erectus* dar (der aufrecht gehende Mensch), der Waffen und Werkzeuge aus Holz und Stein fertigte mit denen er Wildtiere töten und zerlegen konnte. Auch nutzte er als erster Frühmensch bereits das Feuer. Dies ermöglichte ihm die wärmeren Regionen Afrikas zu verlassen und in die kälteren Regionen nach Europa und Asien einzuwandern. Aus den Frühmenschen entstand schließlich der moderne Mensch und der Neandertaler vor ca. 200000 Jahren. Der Neandertaler verschwand vor ca. 30000 Jahren.

Wird die Entwicklung des Lebens auf der Erde betrachtet ist festzustellen, dass die Entwicklung der Pflanzen- und Tierwelt vom Wasser auf das Land erfolgte. Die Entwicklung der Wirbeltiere lief entsprechend kurz zusammengefasst über kiefernlose Fische, Panzerfische, Lungenfische zu Lurchen (eroberten das Land als erste Wirbeltiere) hin zu Kriechtieren, aus denen sich schließlich Vögel und Säugetiere entwickelten.

Beg. vor. Mio. Jahren	Zeitalter	Epoche	Lebensformen
ca. 2	Erdneuzeit	Quartär	Auftreten des Menschen, Mammut, Riesenhirsch Pflanzen und Tiere der Eiszeit 
70		Tertiär	Pflanzen und Tiere nähern sich den heutigen Formen Blütenpflanzen 
135	Erdmittelalter	Kreide	Vögel, Ende der Saurier Laubböler und Gräser 
190		Jura	Hauptzeit der Saurier Nadelhölzer 
220		Trias	Saurier, erste Säuger Riesenformen von Schachtelhalmen und Farne 
280	Erdaltertum	Perm	Entfaltung der Wirbeltiere Erste Nadelhölzer 
380		Karbon	Erste Reptilien und Amphibien Erste Wälder (Bärlappe, Schachtelhalme) 
410	Erdaltertum	Devon	Größte Mannigfaltigkeit der Fische, erste Insekten Erste Baumfarne 
435		Silur	Panzerfische Erste Landpflanzen 
500		Ordovicium	Erste Fische Meeres- und Süßwasseralgeln 
600		Kambrium	Leben nur im Meer, Wirbellose Meeres- und Süßwasseralgeln 
5-6 Mrd.	Erdurzeit	Praekambrium	Entstehung des Lebens; einfache Lebensformen, z.B. Korallen, Bakterien, Algen

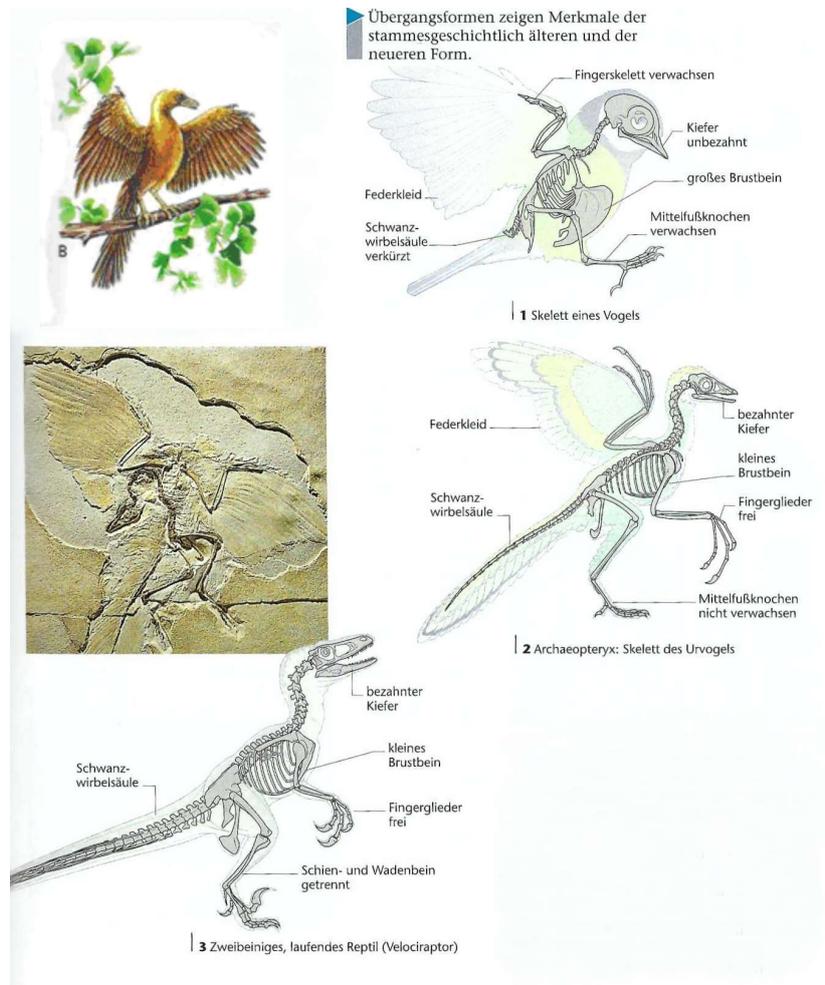
Stammbäume zeigen die Verwandtschaftsbeziehungen:

Um die Entwicklung des Lebens zu systematisieren, wird auf Stammbäume zurückgegriffen, die die verschiedenen Beziehungen zwischen Verwandten in der Generationenfolge grafisch darstellen. Ein Stammbaum veranschaulicht Gruppierungen, die auf eine Ausgangsart zurückzuführen sind und enthält alle Nachkommen die aus einer solchen Ausgangsform hervorgegangen sind. An einer Verzweigung eines Stammbaums steht eine Ausgangsart mit neu auftretenden Merkmalen.



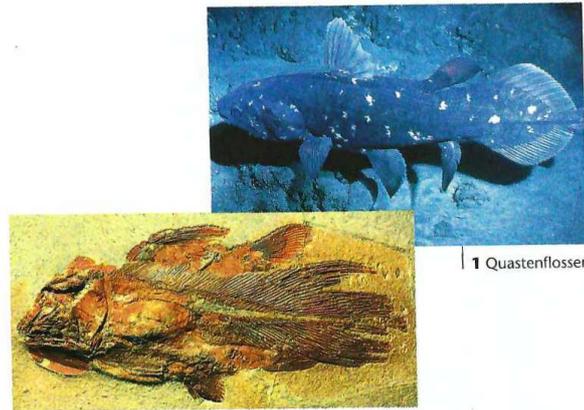
Diese Formen als Belege der Evolution besitzen also Merkmale von zwei unterschiedlichen Einordnungen. Ein Beispiel für eine solche Zwischenform, Übergangsform (oder Übergangstier),

Mosaikform oder evolutionäres Bindeglied stellt der Archaeopteryx (der Name bedeutet „alte Feder“) dar, der 1861 im bayerischen Solnhofen gefunden wurde. Neben Federn, Flügeln und einem vogelartigen Kopf besaß der Archaeopteryx Zähne im Schnabel, Krallen an den Flügeln und einen langen Kriechtierschwanz. Hinzu kommt ein vogeltypischer Schultergürtel und zu Gabelbeinen (ermöglicht das Fliegen durch Entlastung der Schulterblätter) verwachsene Schlüsselbeine. Außerdem besaß das Tier Bauchrippen wie ein Kriechtier. Damit wirkt Archaeopteryx, der vor ca. 150 Millionen Jahren lebte, wie eine Mischung aus Vogel und Kriechtier d.h. er wies Merkmale von zwei benachbarten Wirbeltierklassen (Kriechtiere und Vögel) auf.

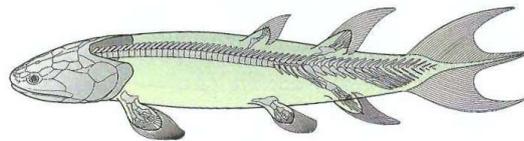


Evolutionäre Bindeglieder müssen aber nicht alle ausgestorben sein:

Quastenflosser sind die berühmtesten lebenden Fossilien, bei denen viele Merkmale von früheren Entwicklungsstufen gefunden werden können. Als er 1938 entdeckt wurde, galt er seit über 60 Millionen Jahren als ausgestorben. Bemerkenswert am Quastenflosser sind seine knochenverstärkten Flossen. Sie zeigen bereits das Skelett einer Amphibienextremität. So können der Quastenflosser und seine frühen Verwandten wahrscheinlich als früheste Form des Übergangs zum Landleben angesehen werden.



1 Quastenflosser

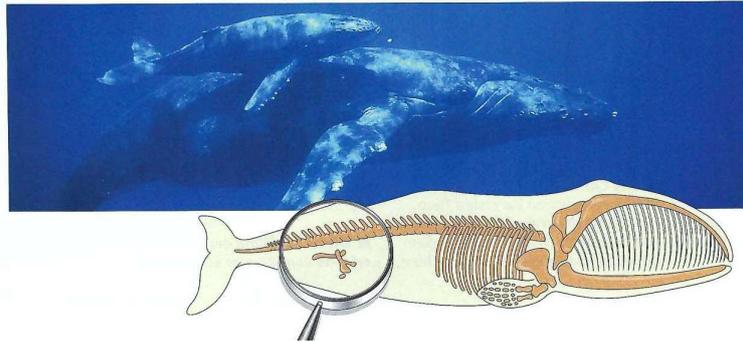


Schnabeltiere sind ein weiteres Beispiel für lebende Fossilien: Das Tier hat einen Schnabel, wie eine Ente, besitzt ein Fell wie ein Biber, legt Eier wie ein Reptil und säugt seine Jungen wie eine Säugetier. Es stellt mit seinen Merkmalen wohl eine Übergangsform vom Reptil zum Säugetier dar. Reptilienmerkmale sind die weichschaligen dottereichen Eier, der Giftsporn an den Hinterfüßen des Männchens und die Kloake, die gleichzeitig als Ausscheidungs- und Geschlechtsöffnung fungiert. Säugetiermerkmale sind das Fell, die annähernd konstante Körpertemperatur und die Drüsen an Brust und Bauch, die eine milchartige Flüssigkeit produzieren (Milchdrüsen).



3 Schnabeltier

Damit stellen diese sogenannte Brückentieren, Übergangsformen oder Mosaikformen wichtige Belege für die Evolution dar, weil sie die Merkmale der stammesgeschichtlichen älteren und der neueren Form aufweisen (wie bei Archaeopteryx als Übergangsform vom Kriechtier zum Vogel). Ein weiterer Beleg der Evolution sind rudimentäre Organe. Bei einigen Arten findet man weit zurückgebildete Organe, die keine Funktion mehr ausfüllen. So verfügen Wale über Reste von Becken- und Oberschenkelknochen, obwohl sie keine hinteren Gliedmaßen mehr besitzen. Diese Organreste bezeichnet man als rudimentäre Organe. Sie sind ein Beleg dafür, dass die Vorfahren der Wale vierbeinige Landsäugetiere waren. Deren hintere Gliedmaßen bildeten sich als Anpassung an das Leben im Wasser zurück.



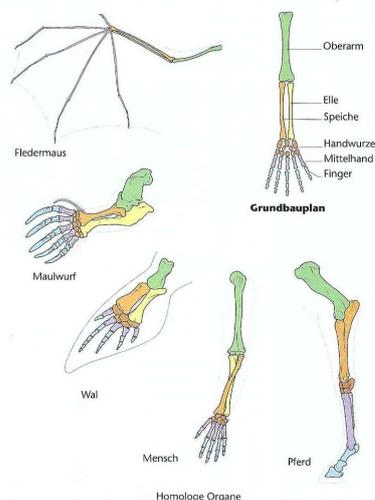
Schließlich werden auch sogenannte Atavismen (evolutionäre Rückschläge) als Belege für die Evolution angesehen d.h. körperliche Merkmale früherer Entwicklungsstufen treten plötzlich in Erscheinung. Hierzu zählen z.B. Pferde die gelegentlich nicht mit einem Huf sondern mit zwei Hifen geboren werden, ein Hinweis auf die Entwicklung des Pferdes vom Mehrzeher zum Einzehler. Ein anderes Beispiel bei Menschen ist die Geburt von Kindern mit einem verlängerten Steißbein als Beleg, dass frühe Vorfahren des Menschen einen Schwanz besessen haben könnten.

Homologe und analoge Merkmale:

Allerdings lässt sich am Aussehen eines Merkmals nicht direkt auf eine verwandtschaftliche Beziehung schließen: Der Flügel einer Fledermaus, die Grabhand eines Maulwurfs und der Vorderlauf eines Pferdes scheinen auf den ersten Blick keine Gemeinsamkeiten zu besitzen. Sie sehen völlig verschieden aus und haben auch sehr unterschiedliche Funktionen. Eine genaue anatomische Untersuchung lässt aber erkennen, dass die Vertreter der genannten Beispiele einen gemeinsamen Grundbauplan aufweisen: Alle besitzen die typischen Bestandteile der Vorderextremität von Wirbeltieren (zu denen Amphibien, Reptilien, Fische, Vögel und Säugetiere gezählt werden): Oberarm, Unterarm (mit Elle und Speiche), Handwurzel, Mittelhand und Finger. Homologe (ursprungsgleiche) Organe weisen trotz unterschiedlicher Funktionen den gleichen Grundbauplan auf und weisen auf gemeinsame Vorfahren hin.

Anders liegen die Verhältnisse beim Flügel der Fledermaus und beim Flügel von Insekten. Beide Flügelarten erfüllen die gleiche Funktion. Eine anatomische Untersuchung zeigt jedoch klar, dass der Grundbauplan völlig verschieden ist. Organe, die keinen gemeinsamen Ursprung haben, aber die gleiche Funktion erfüllen (funktionsgleich sind), nennen Biologen analoge Organe. Sie stellen Anpassungen von Lebewesen an den gleichen Lebensraum dar. Diese Anpassungen werden auch Konvergenz genannt. Ein weiteres Beispiel für analoge Organe sind die verschiedenen Grabhände von Maulwurf (Säugetier) und Maulwurfsgrille (Insekt). Konvergenzen, wie auch die Körperform von Haien und Delfinen, geben keinen Hinweis auf eine verwandtschaftliche Nähe, zeigen aber, dass verschiedene Lebensformen in gleichen Lebensräumen ähnlich Organe ausbilden.

Analoge Organe haben einen unterschiedlichen Grundbauplan aber die gleiche Funktion.



2 Analoge Organe beim Maulwurf und der Maulwurfsgrille

Entstehung neuer Arten:

Zur Entstehung von neuen Arten gab es die unterschiedlichsten Theorien. Neben ursprünglichen religiös beeinflussten Theorien wie die Konstanz der Arten (die Arten wurden einmal geschaffen und verändern sich danach nicht mehr) vertrat Jean Baptiste de Lamarck als einer der ersten die Ansicht einer Evolutionstheorie d.h. er vertrat eine Abstammungslehre, bei der sich die heutigen Lebewesen aus früher existierenden Formen entwickelt haben. Er nahm an, dass Organe sich durch Gebrauch bzw. Nichtgebrauch verändern würden. Lamarck glaubte, diese erworbenen Veränderungen würden dann auf die Nachkommen vererbt. Er erklärte den langen Hals der Giraffen z.B. damit, dass sich die Tiere immer sehr stark strecken mussten, um an das Laub der Bäume zu gelangen. Dabei habe sich im Laufe vieler Generationen der Hals immer mehr gestreckt. Diese Theorie, als Lamarckismus bezeichnet, gilt heute als überholt.

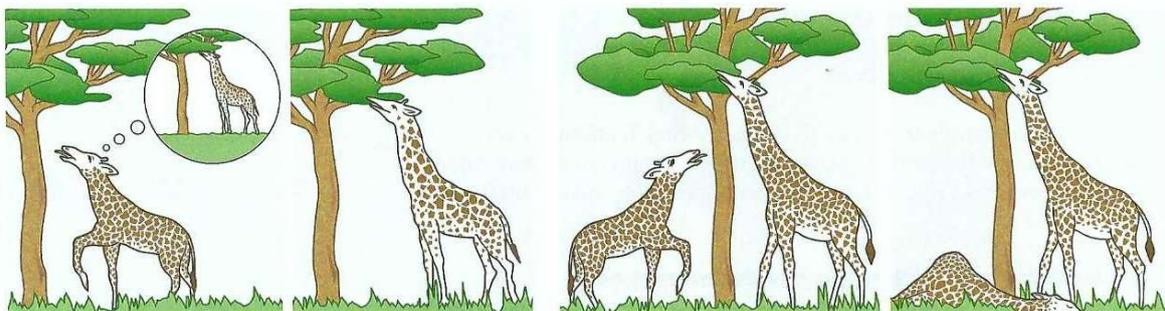
Charles Darwin vertrat wie Lamarck die Ansicht, dass sich alle Arten aus früheren Formen entwickelt haben. Darwin arbeitete mit Traubenzüchtern zusammen und erkannte, dass Züchter durch gezielte Auslese von spontan auftretenden Veränderungen (Mutationen) bei ihren Tauben zu neuen Formen kommen. Diese Erkenntnisse übertrug er auf die Vorgänge in der Natur und sagte, dass Organismen sich durch Mutation (spontanen Veränderungen im Erbgut, die zufällig und ungerichtet auftreten) und Selektion (natürliche Auslese, bei der nur die am besten angepassten Lebewesen den Kampf ums Dasein überleben) weiter entwickeln. Das geflügelte Wort „survival of the fittest“ von Charles Darwin meint deshalb folgendes:

Nicht alle Nachkommen eines Elternpaares sind immer völlig gleich, sondern weisen kaum merkliche Unterschiede in ihren Eigenschaften auf. Diese können von Vor- oder Nachteil sein. Es überleben nur diejenigen Lebewesen im Konkurrenzkampf um Nahrung und Vermehrung, die am besten an die jeweiligen Lebensbedingungen angepasst sind. Sie pflanzen sich vermehrt fort und geben ihre Merkmale weiter. Dadurch verändern sich Arten langsam über Generationen hinweg.

Heute geht man davon aus, dass als treibende Kraft der Evolution die Faktoren Mutation, Selektion und auch Isolation eine wichtige Rolle spielen. Als Art wird eine Gemeinschaft von Lebewesen verstanden die unter natürlichen Bedingungen fortpflanzungsfähige Nachkommen untereinander zeugen können. Bei den Isolationsfaktoren können die Separation als geografische Isolation und die ökologische Isolation von einander getrennt werden. Bei der Separation wird z.B. durch Umwelteinflüsse ein Teil der Gemeinschaft räumlich vom Rest dauerhaft getrennt. Ein Beispiel hierfür stellen die Vögel Nachtigal und Sprosser dar, die aus einer Art hervorgegangen sind und während der Eiszeit räumlich getrennt wurden. Die Nachtigal entwickelte sich in Westeuropa, der Sprosser in Osteuropa. Ein anderes Beispiel dafür, dass die räumliche Isolation die Entstehung neuer Arten begünstigt sind die Rabenkrähe in Westeuropa und die Nebelkrähe in Osteuropa (die Rassen (Unterarten) der gleichen Art Aaskrähe darstellen).

Bei der ökologischen Isolation besetzen die verschiedenen aus einer Art hervorgegangenen neuen Arten unterschiedliche ökologische Nischen zum Beispiel beziehen diese Arten Futter aus unterschiedlichen Nahrungsquellen. Ein Beispiel hierfür stellen die Galapagos Finken dar, bei denen sich unterschiedliche Schnabelformen entwickelt haben, wodurch sich die Finkenarten unterschiedliche neue Nahrungsquellen erschlossen und damit dem begrenzten Nahrungsangebot und der hohen Konkurrenz in einem Nahrungsbereich entkommen konnten.

Schließlich ist wichtig festzuhalten, dass die Evolution nicht abgeschlossen ist, sondern sich auch in Zukunft durch Mutation, Selektion und Isolation neue Arten entstehen können.



2 LAMARCKS Theorie zur Entstehung der Arten

3 DARWINS Theorie zur Entstehung der Arten