

1.3 Selektion und Anpassung

von Ulrich Helmich, Februar 2005

Überproduktion von Nachkommen

Bereits DARWIN erkannte ein wichtiges Grundprinzip der Natur: Alle Lebewesen produzieren wesentlich mehr Nachkommen, als für das Überleben der Art notwendig wäre. Es findet eine **Überproduktion von Nachkommen** statt.

Eine weibliche Stubenfliege legt zum Beispiel bis zu 18 mal im Jahr jeweils 500 bis 2000 Eier. Unter günstigen Bedingungen schlüpfen also 36.000 neue Fliegen.

Natürlich vorkommende Populationen wachsen nicht!

Theoretisch müsste eine Population also immer größer werden, da sie unter idealen Bedingungen exponentiell wächst. In der freien Natur lebende Population von Tieren oder Pflanzen haben aber eine mehr oder weniger **konstante Größe**.

Von den 36.000 theoretisch möglichen Fliegen-Nachkommen unserer oben erwähnten Stubenfliege erreichen im Schnitt nur zwei das fortpflanzungsfähige Alter. Das heißt: Zwei Fliegen haben im Schnitt zwei Nachkommen. Dies reicht aus, um die Populationsgröße konstant zu halten.

Die Individuen einer Population unterscheiden sich

Wären alle Nachkommen untereinander völlig gleich, so hinge es ausschließlich vom Zufall ab, welche Tiere überleben. Da die meisten Pflanzen und fast alle höheren Tiere sich jedoch sexuell fortpflanzen, treten bei ihren Nachkommen genetische Variationen auf.

Die meisten dieser Variationen sind auf **Rekombinationsprozesse** zurückzuführen. In einer Rinderherde gibt es z.B. große Tiere und kleine Tiere, Tiere, die gerne Gras fressen, und Tiere, die lieber Blütenpflanzen verzehren, Tiere, die es lieber etwas wärmer haben, und Tiere, die Kälte bevorzugen.

Paart sich ein großes, wärmeliebendes Tier mit einem kleinen, kälteliebenden, so können Nach-

kommen entstehen, die ihren Eltern ähneln, also ebenfalls groß und wärmeliebend bzw. klein und kälteliebend sind.

Es sind aber - durch die genetische Rekombination - auch neue Typen von Nachkommen denkbar, also z.B. große Tiere, die die Kälte lieben oder kleine Tiere, die Wärme bevorzugen.

Völlig neue Eigenschaften können durch solche Rekombinationen jedoch nicht entstehen. Das geht nur mit Hilfe spontan auftretender Mutationen.

Nur Mutationen können echte neue Merkmale hervorbringen.

Natürliche Auslese

Bei den Saiga-Antilopen (*Saiga tatarica*) bekommt das Weibchen jedes Jahr ein bis zwei Junge, und das schon im ersten Lebensjahr. Saiga-Antilopen werden in der Wildnis vier bis fünf Jahre alt; ein Antilopen-Paar kann also im Schnitt vier bis sechs Junge bekommen; zwei wären zur Arterhaltung ausreichend.

Was passiert mit den restlichen Jungtieren, die geboren werden? Die **natürlichen Ressourcen**, vor allem Nahrung, Wasser und Platz, würden nicht für alle Jungtiere reichen. Es überlebt also nur ein Teil der Jungtiere; man spricht hier auch von einer **natürlichen Auslese** oder **Selektion**.

Selektion und Zufall

Manchmal hängt es einfach nur vom Zufall ab, welches Jungtier überlebt. Die zwei Jungtiere eines Antilopenweibchens machen zum Beispiel gerade ihren Mittagsschlaf, als ein hungriges Löwenweibchen vorbeikommt und eines der beiden Jungtiere frisst. Ein solches Schicksal kann auch ein "gut angepasstes" Tier treffen; es kann sogar sein, dass durch Zufall das "schlechter angepasste" Tier überlebt.

Selektion und Anpassung

Kampf ums Dasein mit "Blut und Klauen"

Langfristig gesehen werden jedoch die Individuen die größte Überlebenschance haben, die etwas besser an die Umwelt angepasst sind als ihre Konkurrenten innerhalb der Population. So haben die Jungtiere, die etwas schneller rennen können, eine größere Chance, einem Fressfeind zu entkommen.

Kampf ums Dasein mit subtileren Methoden

Aber die natürliche Auslese arbeitet nicht immer mit "Blut und Klauen", wie es so schön heißt. Stellen wir uns vor, dass die Antilopenherde gerade eine äußerst schwierige Dürreperiode durchmacht. Viele Tiere, junge wie alte, verdursten jetzt einfach. Manche Individuen kommen mit wenig Wasser aus, andere brauchen mehr Flüssigkeit zum Überleben. Die genügsamen Tiere haben jetzt größere Überlebenschancen als die Tiere, die viel Wasser zum Leben brauchen. Erstere überleben die Auslese, letztere werden ausgemerzt.

Selektion und Fitness

Im letzten Beispiel wurde immer noch gestorben! Die Tiere, die viel Wasser brauchten, wurden "ausgemerzt" - ein Begriff, den übrigens Darwin schon gebraucht hat. Die natürliche Auslese funktioniert aber auch ohne tragische Todesfälle.

Stellen wir uns wieder eine Antilopenherde vor, die eine Dürreperiode durchmachen muss. Allerdings ist die Trockenheit jetzt nicht so gravierend wie im letzten Beispiel. Die Tiere überleben, und zwar alle Tiere. Allerdings wird die Fertilität (Fruchtbarkeit) der Individuen durch den Wassermangel negativ beeinflusst. Die Tiere bekommen nicht mehr jedes Jahr bis zu zwei, sondern im Schnitt nur noch alle zwei Jahre ein Junges. Die **Fitness** der Tiere sinkt. Unter dem Begriff Fitness versteht man ein Maß für die Zahl der fruchtbaren Nachkommen eines Individuums.

Innerhalb der Population wird es aber dennoch Tiere geben, die überdurchschnittlich viele Junge bekommen, während andere Tiere noch weniger Junge bekommen als der Durchschnitt der Population. Höchstwahrscheinlich werden es die genügsameren Tiere sein, die eine hohe Fitness haben. Diese Tiere kommen mit weniger Wasser aus, sie leiden weniger als die anderen Tiere und können sich daher intensiver der Fortpflanzung widmen.

Vererbung von Eigenschaften

Für Darwin war es noch ein Rätsel, wie die Vererbung eigentlich funktioniert. Dennoch nahm er an, dass viele Eigenschaften, die ein Tier oder eine Pflanze auszeichnen, an die Nachkommen weitervererbt werden.

Bereits Lamarck kannte den Begriff der Vererbung, wandte ihn jedoch falsch an. Lamarck ging davon aus, dass erworbene Eigenschaften auf die Nachkommen weitervererbt würden, was - aus heutiger Sicht - völlig falsch ist. Nur Eigenschaften, die man selbst von seinen Eltern geerbt bzw. durch Rekombination oder Mutation erworben hat, können weitervererbt werden.

Evolution

Stabilisierende Evolution

Wenn also die Eigenschaften, die für eine gute Anpassung an die Umwelt verantwortlich sind, auf die nachfolgende Generation weitervererbt werden, so sollte diese nächste Generation schon ein wenig besser an die Umwelt angepasst sein. Natürlich herrscht auch in dieser Generation wieder ein Überschuss an Nachkommen, so dass erneut eine Selektion einsetzt. Die am besten an die Umwelt angepassten Individuen werden abermals mehr Nachkommen haben als die weniger gut angepassten, und die Eigenschaften, die hierfür verantwortlich sind, werden in der nächsten Generation wieder überdurchschnittlich stark vertreten sein. So findet ein **Optimierungsprozess** statt, der langfristig zu einer **stabilisierenden Evolution** der Population führt; zu einer **immer besseren Anpassung** an die gegebene Umwelt.

Konvergierende Evolution

Wenn sich eines Tages die Umweltverhältnisse ändern, wenn bei unserer Antilopenpopulation zum Beispiel die Dürreperiode aufhört und es statt dessen für ein paar Jahre oder sogar Jahrzehnte kälter wird, so sind die bisher gut angepassten Tiere plötzlich nicht mehr so gut an die Umwelt angepasst. Bei einem Kälteeinbruch sind die Individuen, die schon immer eher kalte Verhältnisse geliebt haben, im Vorteil gegenüber ihren Artgenossen.

Langfristig sorgt jetzt die natürliche Auslese dafür, dass sich die **genetische Zusammensetzung der Population** ändert, so dass mehr Tiere an die Kälte angepasst sind. Das Gesamterscheinungsbild der Tiere ändert sich langfristig. Vielleicht sieht das so aus, dass immer mehr Individuen mit längeren Haaren oder dichterem Fell in der Population vertreten sind. Vielleicht werden auch die Beine, Ohren und Schwänze kürzer (ALLENSche Regel), weil Tiere, die besser mit der Wärme haushalten können, mehr Energie in die Fortpflanzung investieren können als Individuen, die nur mit Zittern beschäftigt sind.

Divergierende Evolution

Konstruieren wir zunächst einmal ein Modellbeispiel, dann kann man die folgenden Ausführungen besser verstehen. Gegeben sei wieder eine Antilopenpopulation, die in einer Gegend lebt, in der es hauptsächlich zwei Nahrungsquellen gibt: Bäume mit saftigen Blättern, die in einer Höhe von ca. 1,70 m Höhe wachsen, sowie schönes grünes Gras. Neben diesen Nahrungsquellen gibt es aber auch viele Büsche mit saftigen Blättern, die in verschiedenen Höhen wachsen.

Die Tiere unterscheiden sich in vielen Merkmalen; wir wollen uns hier aber auf die Beinlänge und die Halslänge konzentrieren. Von den möglichen Phänotypen picken wir uns die vier Extremtypen heraus:

Phänotyp 1: kurze Beine, kurzer Hals

Phänotyp 2: kurze Beine, langer Hals

Phänotyp 3: lange Beine, kurzer Hals

Phänotyp 4: lange Beine, langer Hals

Zum Fressen von Blättern ist ein langer Hals von Vorteil, ebenso wie lange Beine (Phänotyp 4). Zum Grasfressen dagegen sind kurze Beine von Vorteil, die mit einem kurzen Hals kombiniert sind (Phänotyp 1). Die Phänotypen 2 und 3 bevorzugen Büsche, deren Blätter im mittleren Bereich wachsen.

Angenommen, durch irgendwelche Umweltveränderungen werden jetzt die Bäume immer höher, und die Büsche gehen ganz zurück. Wie kann die Antilopenpopulation darauf reagieren?

Die Tiere, die schon immer Gras bevorzugt haben, sind durch das Wachstum der Bäume und den Wegfall der Büsche nicht benachteiligt. Sie kommen mit ihren kurzen Beinen und kurzen Hälsen gut zurecht.

Die Tiere mit langen Beinen und langen Hälsen bekommen jetzt zwar nicht mehr so viel Nahrung ab wie zuvor, sind aber nicht direkt gefährdet. Allerdings können viele der Individuen nicht mehr so viel fressen wie früher, und daher haben sie auch weniger Nachkommen. Ihre Fitness sinkt. Einige wenige Individuen haben jedoch besonders lange Hälsen (oder besonders lange Beine) und können ohne Mühe die Blätter der höher gewordenen Bäume fressen. Sie haben im Durchschnitt mehr Nachkommen als ihre normalen Konkurrenten, und daher werden sich ihre Gene (besser gesagt: Ihre Allele) in der nächsten Generation überproportional häufig wiederfinden. Es setzt langfristig eine konvergierende Evolution ein, die für immer längere Beine und Hälsen sorgt.

Die Tiere mit langen Beinen und kurzen Hälsen sowie kurzen Beinen und langen Hälsen haben immer noch Probleme, an das Gras heranzukommen. Aber jetzt sind die Büsche weg, von deren Blättern sie sich immer ernährt hatten. Aber einige dieser Individuen haben vielleicht besonders kurze Beine oder Hälsen, die doch gar nicht so lang sind und spezialisieren sich auf das Fressen von Gras. Die anderen Tiere müssen gravierende Nachteile in Kauf nehmen: Ihre Fortpflanzungsrate sinkt auf einen erschreckend niedrigen Wert, falls sie überhaupt überleben und nicht verhungern.

Im Endeffekt werden also zwei Phänotypen (und die ihnen zugrunde liegenden Genotypen) die natürliche Auslese überleben: die Baumblatt-

fresser mit langen Beinen und langen Hälsen, und die Grasfresser mit kurzen Beinen und kurzen Hälsen. Die Mischtypen werden nach einigen Generationen ausgestorben sein. Man spricht hier auch von einem **Heterozygoten-Nachteil**.

Wir haben nun also das Phänomen vorliegen, dass aus einer ursprünglich einheitlichen Population zwei unterschiedliche Teilpopulationen geworden sind. Solche Evolutionsvorgänge bezeichnet man als **divergierende Evolution** (spaltende oder aufspaltende Evolution).

Zusammenfassung

Evolution ist ein Zwei-Schritte-Vorgang: Im ersten Schritt erzeugen Rekombinationen und Mutationen genetische Variationen in einer Population, im zweiten Schritt verleihen die Umweltfaktoren mit Hilfe der natürlichen Auslese der Evolution ihre Richtung. Dabei unterscheidet man zwischen stabilisierender, konvergierender und divergierender Evolution.