

Was ist Genetik?

Die Genetik versucht, die Eigenschaften der DNA auf allen Ebenen - vom molekularen Aufbau bis zu ihrer Wirkung auf Populationen - zu verstehen.

Von Ulrich Helmich, Juni 2008

Fachbegriffe

Genom. Als Genom bezeichnet man die Gesamtheit der DNA eines Organismus. Zum Genom gehören nicht nur die DNA-Sequenzen, die Proteine codieren, sondern alle DNA-Abschnitte, also auch solche mit regulatorischen Funktionen und auch solche, deren Funktion man noch nicht kennt (Schrott-DNA etc.).

DNA. Desoxyribonukleinsäure (engl. acid = Säure). Die chemische Grundlage der genetischen Information. Über DNA werden Sie auf meinen Seiten noch sehr viel lernen.

Chromosomen. Beim Menschen und vielen anderen Lebewesen liegt das Erbmateriale nicht in Form eines einzelnen langen DNA-Fadens vor, sondern die DNA ist in mehrere Moleküle unterteilt. Beim Menschen gibt es z.B. 46 solcher Moleküle in jeder einzelnen Zelle. Im Lichtmikroskop kann man ein solches Molekül nicht sehen, dazu ist es zu dünn. Durch bestimmte Proteine, die Histone, werden die dünnen DNA-Fäden jedoch stark spiralisiert und mehrfach aufgewunden, so dass recht kompakte Chromosomen entstehen, die man im Lichtmikroskop beobachten kann.

Gene. Die DNA eines jeden Chromosoms enthält bestimmte Abschnitte, die für die

Synthese eines oder mehrerer Proteine verantwortlich sind. Entweder enthalten diese Abschnitte *direkt* die Information zur Bildung eines Proteins, oder sie *Regulieren* die Bildung von Proteinen. Solche Abschnitte, die für Proteine verantwortlich sind, heißen Gene.

Genetik. Die Lehre von den Genen. Welche Mechanismen sorgen dafür, dass aus einem Gen ein Protein wird, wie wird die Herstellung der Proteine gesteuert, wie werden Gene auf die Nachkommen weitergegeben und viele andere Fragen sind Gegenstand der Genetik.

Alle Mitglieder einer Population haben unterschiedliche Gene (außer eineiige Zwillinge, bei denen alle Gene gleich sind). Wären die Gene bei allen Populationsmitgliedern gleich, so gäbe es die Wissenschaft der Genetik nicht. Alle Individuen der Population würden gleich aussehen, auch die Nachkommen würden ihren Eltern gleichen, und man könnte nicht untersuchen, welche Merkmale von den Eltern auf die Kinder vererbt würden. Nur wenn sich ein Gen irgendwie verändert und dadurch von den entsprechenden Genen anderer Individuen unterscheidet, kann die Vererbung dieses Gens und seine Auswirkung auf den Organismus untersucht werden.

Nachdem diese Fachbegriffe erklärt sind,

können wir uns mit der Frage beschäftigen, was ein Genetiker überhaupt macht.

Vererbung / Variabilität

Die Genetik beschäftigt sich mit zwei auf den ersten Blick widersprüchlichen Aspekten. Einerseits ähneln die Nachkommen ihren Eltern (**Vererbung**), andererseits gleichen sie ihnen nicht völlig, auch untereinander variieren die Nachkommen in vielen Aspekten (**Variabilität**).

Genotyp und Phänotyp

Phänotyp. Zum Phänotyp eines Lebewesens gehören nicht nur die äußerlichen Merkmale, sondern auch Lage und Größe der inneren Organe sowie Verhaltensmerkmale und physiologische Werte wie Blutzuckerspiegel.

Genotyp. Unter dem Genotyp versteht man den vollständigen Satz von Genen, den ein Organismus geerbt hat.

Partielle Phänotypen und Genotypen. In der Praxis bezieht man die Begriffe "Phänotyp" und "Genotyp" immer auf *Teilaspekte* des Organismus. Wollte ein Genetikbuch den Phänotyp eines Rindes beschreiben, so müsste es mehrere Hundert Seiten stark sein. Es würde ja nicht reichen, nur die Farbe des Fells, die Form der Nase und die Dicke der Beine anzugeben, sondern jedes einzelne Organ, jede einzelne Zelle, sogar jedes einzelne Protein des Tiere müsste exakt beschrieben werden. Außerdem müssten alle Verhaltensweisen und physiologischen Merkmale genau definiert werden.

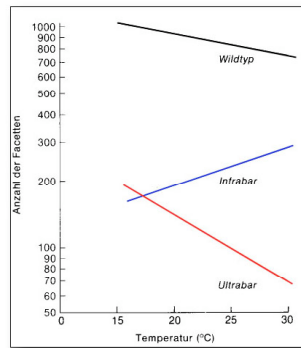
In Schulbüchern oder Genetikbüchern be-

schränkt man sich bei Rindern aber meistens auf die Farbe des Fells (braun / schwarz / weiß) und auf die Verteilung der Farbe (einfarbig / gescheckt). Man greift also nur zwei Merkmale von tausend möglichen heraus und bezeichnet diese dann als "Phänotyp" des Tieres. Richtiger wäre aber der Begriff "partieller Phänotyp".

Das gleiche gilt übrigens auch für den Genotyp. In Stammbäumen, Kreuzungsschemata etc. verwenden wir nur partielle Genotypen. Für den vollständigen Genotyp müsste man die gesamte DNA-Sequenz des Genoms angeben.

Reaktionsnorm

Die Reaktionsnorm beschreibt das Verhältnis zwischen Genotyp, Phänotyp und Umwelt. Als wir im Unterricht in das Thema "Ökologie" eingestiegen sind, haben Sie verschiedene Toleranzkurven kennengelernt. Die Lage von Minimum, Maximum und Optimum charakterisieren eine solche Toleranzkurve, man bezeichnet diese Punkte auch als "Kardinalpunkte" der Toleranzkurve. Ob ein Individuum nun aber eine Vorzugstemperatur von 17°C oder eine von 25°C hat, hängt wieder von der genetischen Ausstattung des Tiers ab - von seinem Genotyp, und eventuell auch von Umweltfaktoren, die auf das Individuum längere Zeit eingewirkt haben.



Betrachten wir dazu die obige Graphik. Dargestellt wird die Anzahl der Facetten in den Komplexaugen von *Drosophila*-Individuen in Abhängigkeit von der Temperatur. Nicht mutierte Fliegen (Wildtyp) haben bei einer Temperatur von 15°C ca. 1000 Facetten, bei einer Temperatur von 30°C aber nur 750 bis 800 Facetten. Je wärmer es also ist, aus desto weniger Einzelaugen bestehen die Komplexaugen der Insekten. Hier sieht man direkt den Einfluss eines isolierten Umweltfaktors auf ein isoliertes physiologische Merkmal der Tiere.

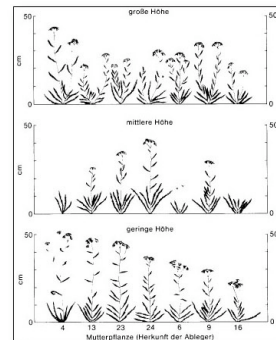
Die Graphik besteht aber nicht nur aus einer Kurve, sondern aus dreien. Es sind nämlich auch die Toleranzkurven für zwei Mutanten dargestellt, die als "Infrabar" und "Ultrabar" bezeichnet werden. Infrabar-Tiere haben grundsätzlich weniger Facetten als Wildtyp-Tiere, und bei ihnen nimmt die Zahl der Facetten mit steigender Temperatur zu. Auch Ultrabar-Tiere haben weniger Facetten als Wildtyp-Tiere, und bei steigender Temperatur nimmt die Zahl der Facetten noch ab.

Was will diese Graphik uns zeigen?

Es ist gar nicht so einfach, aus dem Phänotyp eines Individuums auf den Genotyp zu schließen. Welchen Genotyp hat denn ein Tier mit 190 Facetten pro Auge? Wurde es bei 15°C gezüchtet, handelt es sich wahrscheinlich um den Infrabar-Genotyp. Wurde es bei 20°C gezüchtet, dagegen um den Ultrabar-Genotyp. Zwei Individuen mit dem gleichen Phänotyp können also einen unterschiedlichen Genotyp haben. Umgekehrt können zwei Tiere mit dem gleichen Genotyp völlig unterschiedliche Phänotypen haben.

Die Sache wird noch komplizierter: die Art und Weise, wie der Phänotyp von der Umwelt abhängt, kann wiederum genotypisch verankert sein. Bei den Infrabar-Fliegen steigt die Facettenzahl mit zunehmender Zuchttemperatur, bei den Ultrabar-Fliegen dagegen sinkt sie.

Betrachten wir ein zweites Beispiel, diesmal aus der Pflanzenwelt.



Hier hat man von verschiedenen Pflanzen der gleichen Art jeweils drei Ableger genommen und daraus drei genetisch identische Tochterpflanzen herangezogen. Die drei Ableger hat man dann unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt. Den jeweils ersten Ableger hat man in einer großen Höhe wachsen lassen (vielleicht in den Alpen), den zweiten Ableger in einer mittleren Höhe (vielleicht im Harz), und den dritten Ableger in geringer Höhe (vielleicht an der Ostsee).

Nehmen wir als Beispiel die Pflanze mit der Nummer 4 ganz links in der Graphik. In einer Höhe von 50 m über dem Meeresboden entwickelt sie sich prächtig. Bei 1400 m Höhe muss man schon genau hinschauen, um sie überhaupt noch zu bemerken, und bei großer Höhe (über 2000 m) gedeiht sie wieder sehr gut.

Bei der Pflanze 13 - vermutlich ein völlig anderer Genotyp - sieht die Sache schon ganz anders aus. Der Ableger, der in geringer Höhe wächst, zeigt ein gutes Wachstum. Die Ableger, die bei mittlerer und großer Höhe wachsen, zeigen dagegen nur ein eingeschränktes Wachstum.

Diese Abbildung zeigt uns den Einfluss von zwei wichtigen Faktoren auf die Entwicklung eines Individuums: Genotyp und Umwelt.

Ist Genetik einfach?

So einfach, wie es in Schulbüchern immer dargestellt wird (weiße Pflanzen und rote Pflanzen ergeben rote Pflanzen, also haben wir **Dominanz**, oder es entstehen rosa Pflanzen, dann haben wir einen **intermediären** Erbgang etc.) ist die Genetik in Wirklichkeit nicht. Es ist schon sehr schwer, von einem gegebenen Phänotyp auf einen möglichen Genotyp zu schließen, umgekehrt kann man aus einem gegebenen Genotypen in der Regel nicht auf den Phänotypen schließen, weil dieser auch stark von Umweltfaktoren und Entwicklungsschwankungen abhängt. Unter **Entwicklungsschwankungen** versteht man die stets auftretenden, nicht von der Umwelt abhängigen, zufälligen Ereignisse in der Entwicklung eines Organismus, die seinen Phänotypen ebenfalls beeinflussen.

Denn es ist doch wohl klar, um noch einmal auf das *Drosophila*-Beispiel zurückzukommen, dass bei 20°C Zuchttemperatur nicht alle Infrabar-Tiere genau 180 Facetten pro Auge besitzen. Manche Tiere haben vielleicht 160 Facetten, andere dafür 200 Facetten. Diese Unterschiede sind auf zufällige Ereignisse während der Entwicklung zurückzuführen.

Aus verschiedenen Quellen zusammengestellt und überarbeitet von Ulrich Helmich im Juni 2008.