

Grundlagen zur Vererbung von Eigenschaften und Fehlern

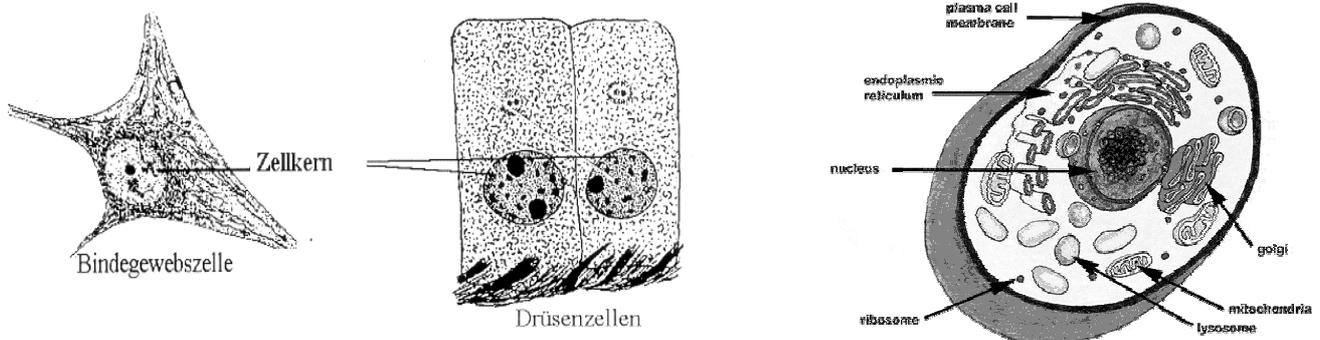
(nach: ‚Genetik und Züchtungslehre‘, von Heinrich Binder, Dr. med. vet., Dozent für Tierzucht am Tierspital ZH)

überarbeitet von Denise Wegmann, Dr. med. vet. (April 2009)

Biologische Grundlagen der Vererbung

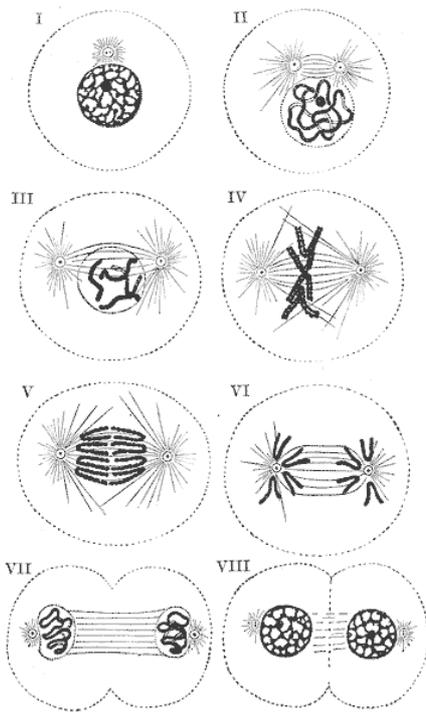
Der tierische (und pflanzliche) Körper besteht aus Zellen. Diese haben je nach Herkunftsorgan andere Form und Aufgaben, allen gemeinsam sind aber einige Bestandteile: die Zellmembran (Zellhaut), das Zytoplasma (Zellflüssigkeit) mit Organellen (erfüllen verschiedene Stoffwechselfunktionen) und der Zellkern (Ausnahme: rote Blutkörperchen).

Die Zelle hat allgemein eine unregelmässige Form mit etwa 25 Tausendstelmmillimeter (25µm) Durchmesser. Sie ist die kleinste selbständig lebensfähige Einheit. Die Nahrungsaufnahme geschieht über die Zellmembran, die Energiegewinnung (‘Verdauung’) und Ausscheidung durch die Organellen. Die komplexe Struktur ist unten schematisch dargestellt.



Ein Kubikzentimeter Hund besteht aus ca. 60 Millionen Zellen. Alle Zellen wachsen und funktionieren nach einem gemeinsamen Plan. Dieser Entwicklungsplan des Tieres, der im Verlauf des Wachstums ausgeführt wird, liegt kodiert auf den **Chromosomen** und ist somit in jeder Zelle vorhanden. Für jede Tierart wird eine unterschiedliche Anzahl Chromosomen gefunden. Beim Hund liegen in jeder Körperzelle 78 Chromosomen. Richtigerweise muss man von 39 Chromosomenpaaren sprechen, denn je 2 sehen exakt gleich aus. Ein Chromosom jedes Paares stammt von der Mutter, aus der Eizelle, das andere wurde vom Vater durch die Samenzelle beige-steuert. Die mütterlichen und väterlichen Chromosomen tragen die Information als **Gene** für die gleichen Merkmale. Die Gene können aber verschiedene "Werte" enthalten. Zum Beispiel kann das eine Gen die Haarfarbe "rot" das andere "schwarz" vorsehen. Der Bauplan ist gewissermassen doppelt vorhanden, wobei die zwei Pläne in den Einzelheiten voneinander abweichen können. Komplizierte biochemische Steuermechanismen sorgen für die koordinierte Ein- und Ausschaltung der im jeweiligen Entwicklungsstadium benötigten Gene.

Zellteilung (Mitose)

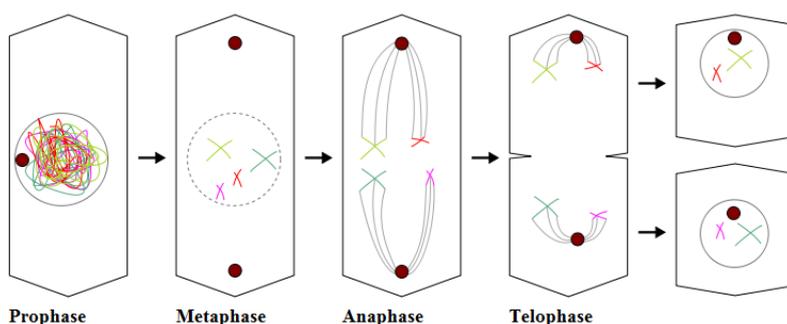


Der Zellkern enthält die Erbsubstanz, häufig als **DNS**

(**D**esoxyribo**N**uklein**S**äure) oder **DNA** (engl. Acid = Säure) bezeichnet. Während der Zellteilung formiert sich die Erbsubstanz als Chromosomen, fadenförmige Doppelstrang-Gebilde, in der Mittelebene der Zelle (V). Diese Chromosomen teilen sich der Länge nach. Jede Hälfte wird anschliessend wieder zu einem Doppelstrang ergänzt, womit zwei identische Chromosomen entstehen. Danach werden die beiden Kopien voneinander getrennt zu den zwei Zellpolen gezogen (VI), die Zellmembran schnürt sich ein (VII) bis sich die beiden Tochterzellen voneinander lösen können (VIII).

Auf diese Art entwickelt sich die Eizelle nach der Befruchtung zum Embryo. Wir sehen im Verlauf der Entwicklung das Resultat der millionenfachen Zellteilung als Wachstum. Bald beginnen sich die Organe zu formieren und nach einem exakten Plan zu organisieren. Alle Merkmale, die wir am entwickelten Organismus sehen, und züchterisch verändern, sind mehr oder weniger stark von diesem erblich vorgegebenen Plan bestimmt.

Geschlechtszellenbildung (Meiose)



Bei der Befruchtung wird das Erbmaterial der Ei- und Samenzelle verschmolzen. Wären die Geschlechtszellen mit gleich vielen Chromosomen ausgerüstet wie die Körperzellen, würde mit jeder Generation die Chromosomenzahl verdoppelt. Um das zu vermeiden, wird bei der Bildung der Geschlechtszellen im Eierstock oder im Hoden ein anderer Mechanismus aktiv, der dazu führt, dass vor der Zellteilung keine Verdoppelung der Chromosomen stattfindet und nach der Zellteilung nur je ein Chromosom in der reifen Geschlechtszelle vorhanden ist.

Dabei wird die Herkunft (Mutter- oder Vaterseite) nicht beachtet, was zu einer zufälligen Mischung väterlicher und mütterlicher Chromosomen in jeder Tochterzelle führt. Die Geschlechtszellen haben damit nur die Hälfte des Erbmaterials von Körperzellen. In stetem Wechsel von Halbierung und Befruchtung

bleiben die Chromosomenzahlen über die Generationen konstant.

Die mütterlichen und väterlichen 'Halbgene' werden **Allel** genannt. Jede Körperzelle trägt demnach pro Gen zwei Allele. Eine Genstelle wird als **heterozygot** bezeichnet, wenn die beiden Allele verschieden sind. Liegen zwei gleichwertige Allele vor, ist die Genstelle **homozygot**. Jedes Individuum kann nur zwei Allele pro Genstelle tragen, doch bei mehreren Individuen können für ein Gen mehr als zwei verschiedene Allele gefunden werden, was zu multipler Allelie in einer Population führt.

Vererbung

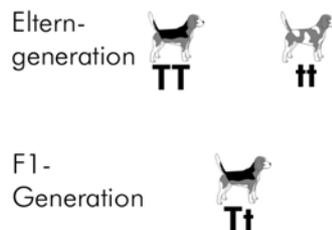
Die Mendelschen Gesetze

Es gibt grundsätzlich zwei Arten der Übersetzung von Erbinformation aus den Genen auf den Körper. In einem Fall wird die Mischung aus den Informationen der beiden von Vater und Mutter geerbten Pläne erfolgen: die Nachkommen eines Dackels und eines Schäferhundes werden längere Beine haben als Dackel, aber nicht so gross werden wie Schäferhunde. Im anderen Fall wird nur die Information des einen Gens ausgebildet, es ist **dominant**, das andere tritt nicht in Erscheinung, verhält sich **rezessiv**. Bei der Paarung zwischen einem reinerbig schwarzen und einem braunen Hund werden bei vielen Rassen nur schwarze Welpen fallen, die alle ein Gen "braun" und ein Gen "schwarz" tragen. Um als brauner Hund geboren zu werden, muss der Welpe von beiden Eltern das Gen "braun" geerbt haben, er muss reinerbig (**homozygot**) sein. Schwarze Labradors können reinerbig "schwarz" oder gemischterbig (**heterozygot**) "braun/schwarz" sein. Werden zwei gemischterbige Tiere verpaart, wird ein Viertel der Nachkommen braun, da sie zufällig von beiden Eltern das Gen "braun" mitbekommen haben. Als erster hat die Gesetzmässigkeiten der Vererbung 1865 GREGOR MENDEL erkannt und in drei Merksätzen formuliert, die als **Mendelsche Gesetze** die Grundlage der modernen Genetik und Tierzucht bilden:

- Die Uniformitätsregel,
- die Spaltungsregel und
- die Unabhängigkeitsregel.

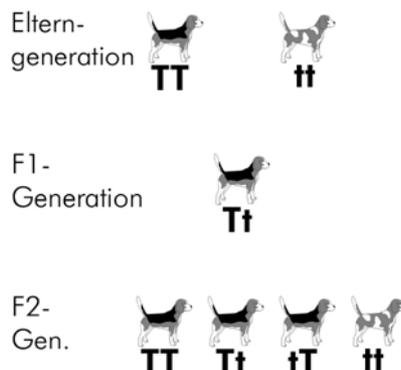
1. Uniformitätsregel

Nach Kreuzung von zwei homozygoten Individuen (Linien), die sich in einem Allel unterscheiden, sind alle F1-Nachkommen (I. Filialgeneration) einheitlich im betreffenden Merkmal.



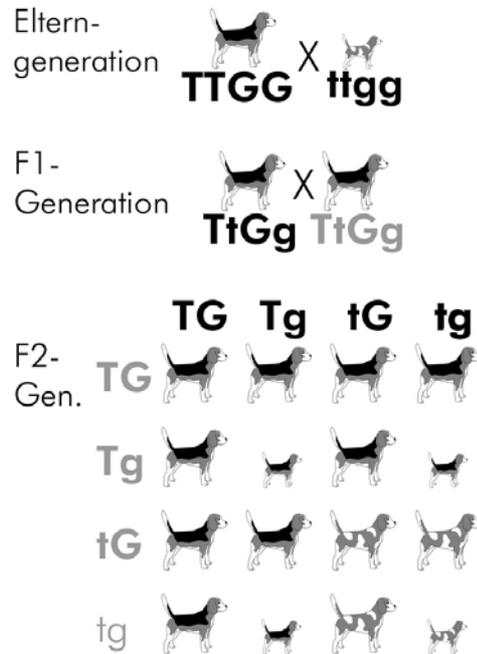
2. Spaltungsregel

Aus der Paarung von zwei identischen F1-Individuen hervorgehende F2-Nachkommen spalten auf in Merkmalsklassen. Bei dominanter Genwirkung beträgt das Spaltungsverhältnis 3 : 1 (dominant:rezessiv); bei intermediärer Genwirkung 1:2:1 (dominant:intermediär:rezessiv).



3. Unabhängigkeitsregel

Die Erbfaktoren (Allele) verschiedener Genorte werden in den Gameten zufällig kombiniert und die Gameten vereinigen sich nach dem Zufallsprinzip zu Zygoten. Bei 2 Merkmalen mit je 2 Allelen werden in der F2-Generation 9 verschiedene Genotypen gezählt.



Bedeutung für die Zucht

Die Mendelschen Gesetze bedeuten für den Tierzüchter dass :

- Eltern jeweils nur eine **Stichprobe** (= zufällig ausgewählt) von 50% ihres Genbestandes in haploider Form an einen Nachkommen weitergeben.
- **Abweichungen vom Elternphänotyp** im individuellen Erscheinungsbild der Nachkommen häufig und normal sind.
- Die **genetische Übereinstimmung** zwischen Eltern (P) und Nachkommen (Nk) **im Durchschnitt 50%** beträgt, was der Wahrscheinlichkeit entspricht, dass ein zufällig ausgewähltes Allel auf einer bestimmten Genstelle beim Nachkommen einem zufällig ausgewählten Allel eines Elternteils entspricht, d.h. **identisch** ist.