

Grundlagen der Genetik



Dr. Anja Geretschläger

FERAGEN – Labor für genetische Veterinärmedizin

Salzburg

Übersicht

- 1. Einleitung Genetik**
- 2. Grundlagen der Zellbiologie**
- 3. Chromosomen**
- 4. DNA: Das Material des Lebens**
- 5. Gene: Die Erbanlagen**
- 6. Vom Genotyp zum Phänotyp**
- 7. Den genetischen Code knacken**
- 8. DNA-Sequenzierung**
- 9. Mutationen – Dinge die wir nicht ändern können**
- 10. Zellteilung – Mitose/Meiose**
- 11. Vererbung – Wie Merkmale weitergegeben werden**
- 12. Epigenetik**
- 13. Erbkrankheiten – genetische Defekte**
- 14. Molekulargenetische Diagnostik**
- 15. Populationsgenetik**
- 16. Genetische Diversität**
- 17. DLA-Diversität – Immungene**

Einleitung Genetik

Was ist Genetik?

Wissenschaft der Weitergabe von Merkmalen von einer Generation an die nächste

Die Genetik bestimmt alles eines jeden Lebewesens auf der Erde

Größe



Fellfarbe



Haarlänge



Gene bestimmen das Aussehen, Verhalten und Fortpflanzung

Was ist Genetik?

Genetik - Eine noch junge Wissenschaft

- Prinzipien der Vererbung erstmals vor 150 Jahren beschrieben
- Anfang des 20. Jahrhunderts erneut aufgegriffen
- 1950 folgte die Entdeckung der DNA – Träger der Erbinformation

Teilbereiche der Genetik

- Klassische Genetik
- Molekulargenetik
- Populationsgenetik
- Quantitative Genetik

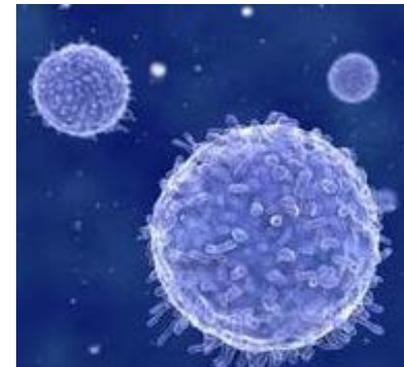
Grundlagen der Zellbiologie

Somatische Zellen

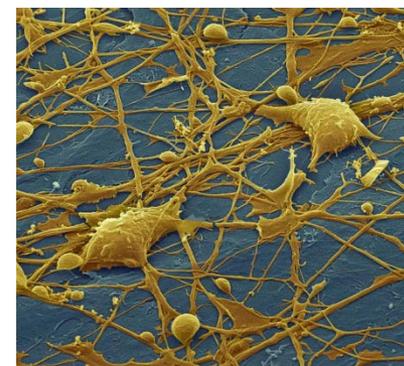
Multizelluläre Lebewesen

Somatische Zellen (Körperzellen):

- hochspezialisiert
- 210 unterschiedliche Zelltypen beim Menschen
- unterschiedlichem Aussehen
- Gleiche Bestandteile
- Zusammenstellung d. Bestandteile zelltypabhängig



*Weiße
Blutzelle*



*Nervenzellen-
geflecht*

Geschlechtszellen

Geschlechtszellen:

- Spezialisiert auf Fortpflanzung
- Kombination des Erbguts
- Genetisches Material ist halbiert



Eizelle



Spermien

DNA: Das Material des Lebens



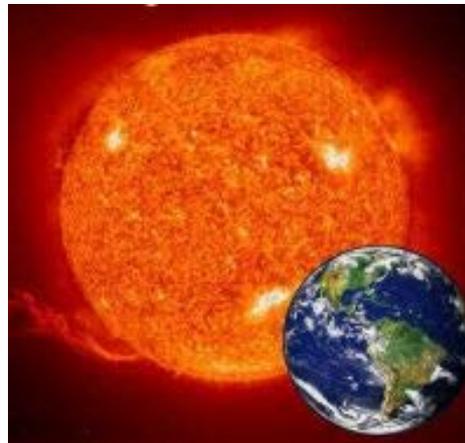
Der Star der Genetik

DNA – Deoxyribonucleic acid - Desoxyribonukleinsäure

- DNA ist der Speicher genetischer Informationen (Gene)
- Sie enthält den Bauplan des Körpers, nein des gesamten Lebens!
- Jede Zelle des Körpers mit Zellkern enthält die gesamte DNA
- DNA speichert eine Unmenge an Informationen (Bedenken Sie wie komplex Ihr Körper ist)

Wie passt das in eine Zelle?

DNA 1 Zelle ist 2 m lang
DNA aller Körperzellen 100 x die Strecke von der Erde
zur Sonne



Ein widerstandsfähiges Molekül

- DNA ist ein äußerst widerstandsfähiges Molekül
- Sie kann tausende von Jahren in Eis gefroren oder in Fossilien überdauern
- Die Ursache für ihre enorme Haltbarkeit liegt in ihrer chemischen Struktur

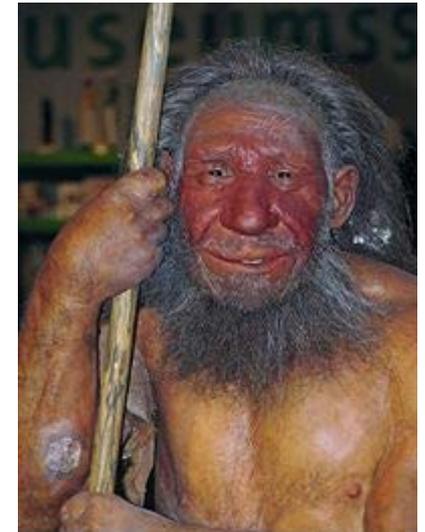


DNA von 14 000 Jahre altem Mamut

Nächste Verwandtschaft mit den heute noch lebenden asiatischen Elefanten

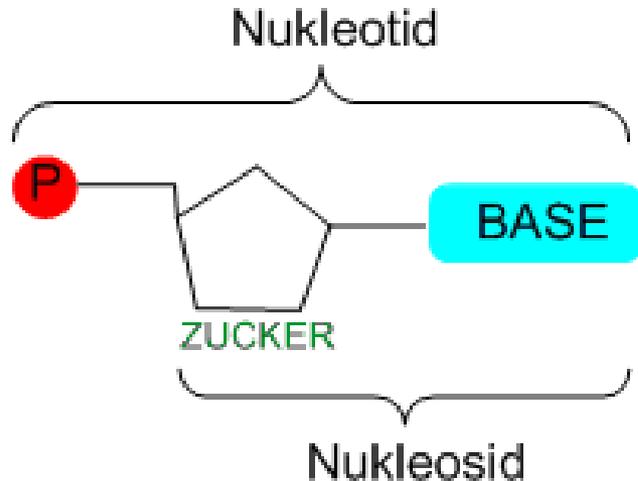
Neandertaler vs. Mensch

DNA-Analysen zeigten, dass beide zur gleichen Zeit lebten. Neandertaler hatten Laktoseintoleranz! Gen zur Spaltung von Laktose fehlte



Chemische Bestandteile

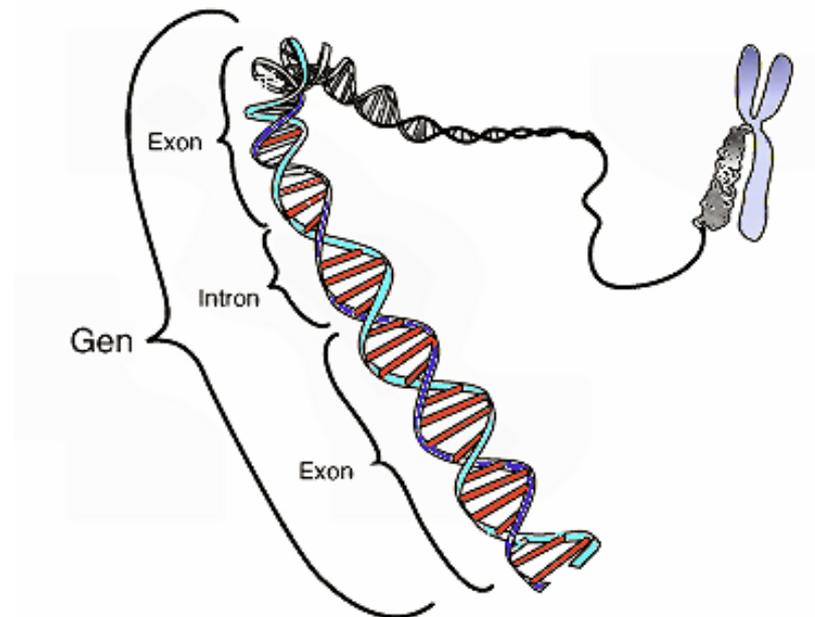
- Desoxyribose-Zuckern
- Phosphatrest
- Stickstoffreichen Basen auch Nukleotide genannt:
Adenin, Guanin, Cytosin und Thymin



Informationsträger sind die
Basen.

Sie können sich aber nicht aneinander binden. Zur Strangbildung wird Zucker und Phosphat benötigt.

Gene: Die Erbanlagen



Wofür sie gut sind

- Gene sind die eigentliche Erbanlage
- Bestimmen über Aussehen, Körperfunktionen, Gesundheit etc....
- Sind bestimmte Abschnitte auf der DNA
- Die Abfolge der Basen bestimmt das Gen
- Gene sind willkürlich verteilt
- Bestimmte Bereiche können viele oder wenige Gene besitzen
- Unterschiedliche Organismen besitzen eine unterschiedliche Anzahl von Genen

So viele Gene haben Organismen

| Organismus | # Chromosomen | # Gene |
|--------------|---------------|----------------------|
| Fruchtfliege | 8 | 13.600 |
| Hefe | 16 | 6.275 |
| Mensch | 46 | ~21.000 |
| Reis | 24 | 46.022 bis 55.615 |
| Hund | 78 | ~25.000 |
| Maus | 40 | ~23.000 |

Erhöhung der Anzahl von Genen durch Entdeckung neuer Gene
Verminderung der Anzahl durch Pseudogene (funktionslose Gene)

Junk DNA – nicht codierende DNA



Nicht die gesamte DNA besteht aus Genen

- 95% DNA trägt keine Gene
- Wurde lange als evolutionären Müll angesehen
- Hat aber regulatorische Funktionen
- Schaltet Gene an und ab
- Sorgt für unterschiedliche Zelltypen im Körper
- Teil der Epigenetik

Mutationen – Dinge die wir nicht ändern können



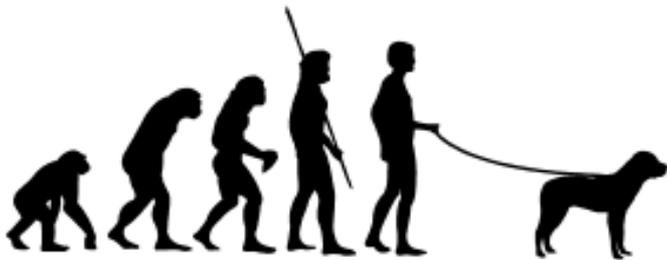
Was sind Mutationen?

Sind dauerhafte Veränderungen im Erbgut

Organismen mit Mutationen werden als Mutanten bezeichnet

Mutationen sind Teil der Evolution

Mutationen entstehen jederzeit, spontan und meist zufällig



Mutationen haben positive und negative Effekte

Positive Effekte von Mutationen

- Verantwortlich für genetische Variationen und Artenvielfalt
 - Vielfalt von Blütenfarben
 - Geschmacksrichtungen von Äpfeln
 - Unterschiede zwischen Hunderassen
- Ermöglichen eine Anpassung an die Umwelt oder sich verändernde Bedingungen
- Bewirken eine natürliche Selektion

Negative Effekte von Mutationen

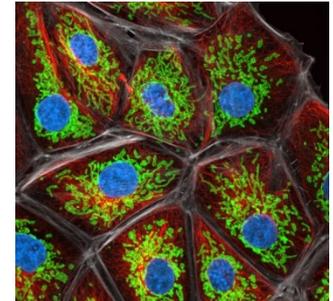
Die Kehrseite der Medaille

- Mutationen können die Funktionen von Genen ausschalten
- Sie können genetische Erkrankungen hervorrufen
- Mutationen können Krebs verursachen

Unterscheidung nach Erbllichkeit

Somatische Mutationen

- Mutationen in Körperzellen
- nicht vererbbar
- Betreffen die Person, bei der die Mutation auftritt



Keimbahnmutationen

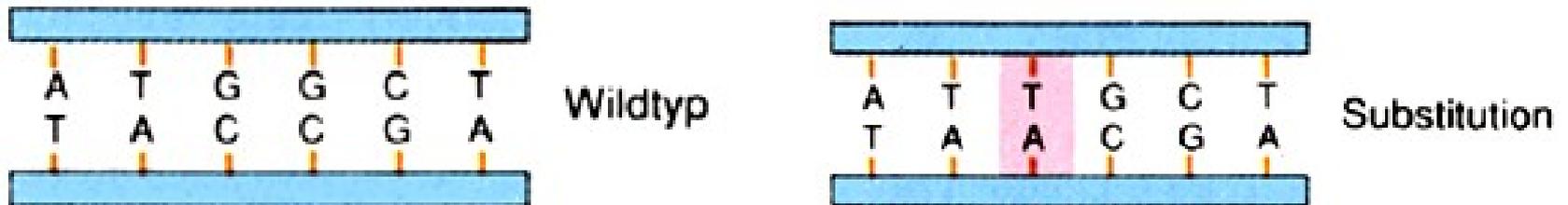
- Mutationen in Keimzellen
- Vererbung an die Nachkommen
- Eltern sind nicht betroffen
- Nachkommen können betroffen sein
- Mutation wird zukünftig weitervererbt



Punktmutationen

Austausch einer Base gegen eine andere

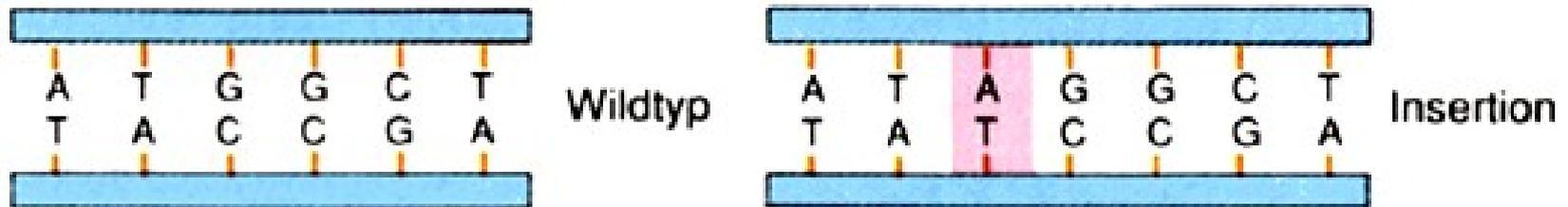
- Punktmutationen sind Genmutationen
- Punktmutation oder Substitution bezeichnet
- Base in der Originalsequenz wird durch eine andere Base ausgetauscht



Insertion

Insertion (Einfügung) einer oder mehrerer Basen

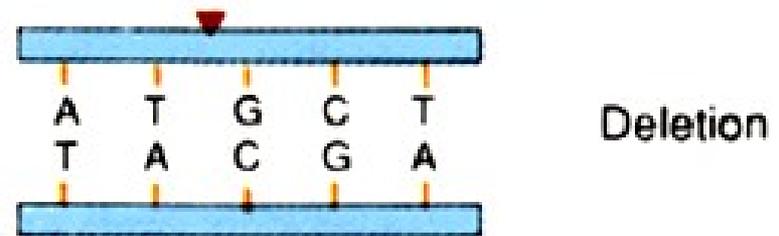
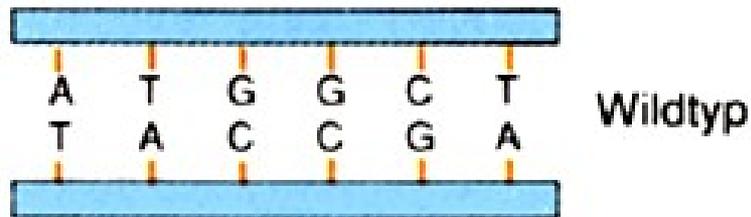
- Insertionen sind Genmutationen
- Addition zusätzlicher Basen in bestehenden DNA-Strang
- Insertionen umfassen einzelne Basen bis hin zu mehreren Tausenden



Deletion

Deletion (Löschung) einer oder mehrerer Basen

- Deletionen sind Genmutationen
- Entfernen von Basen aus einem bestehenden DNA-Strang
- Deletionen umfassen einzelne Basen bis hin zu mehreren Tausenden



Ursachen für Mutationen - Spontan

Spontane Mutationen:

- zufällig und ohne äußerliche Einwirkung
- Normale und natürliche Ereignisse
- Die meisten Mutationen werden gar nicht wahrgenommen, da sie außerhalb von Genen stattfinden
- Mutationen können Genfunktion stören oder vollständig zerstören
- Mutationen können auch einen Aktivitätsgewinn bringen
- Spontane Mutation entstehen meist beim Kopieren der DNA (Replikation) vor der Zellteilung

Ursachen für Mutationen - Induziert

Einfluss äußerer Faktoren wie chemische Stoffe oder verschiedene Formen von Strahlung

Dazu zählen beispielsweise:

- Chemikalien im Zigarettenrauch
- UV-Strahlung des Sonnenlichtes
- Röntgenstrahlung
- Radioaktive Strahlung

WICHTIGE BEGRIFFE IN DIESEM ZUSAMMENHANG:

Karzinogene sind Substanzen, die Krebs verursachen

Mutagene sind alle Faktoren, die Mutationsraten erhöhen

Folgen von Mutationen – Gain of Function

FUNKTIONSVERÄNDERNDE MUTATIONEN:

- Gain of Function (Funktionsgewinn):
 - ✓ Entsteht ein neues Merkmal/Phänotyp z.B. eine neue Augenfarbe
 - ✓ Von Vorteil bei Anpassung an neue Umweltbedingungen (Erregerresistenz)
 - ✓ Kann aber auch von Nachteil sein z.B. verstärktes Zellwachstum (Krebs)



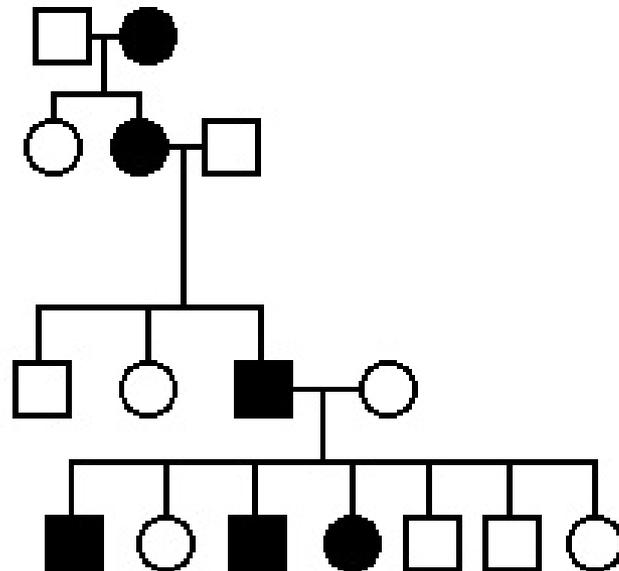
Sichelzellenanämie und Malaria

Folgen von Mutationen – Loss of Function

FUNKTIONSVERÄNDERNDE MUTATIONEN :

- Loss of Function (Funktionsverlust):
 - ✓ Die Funktion des Gens ist stark beeinträchtigt oder vollständig verloren
 - ✓ Alle Arten von Mutationen können zu Funktionsverlusten führen
 - ✓ Ist nur eine Genvariante (Allel) mutiert, kann es vom gesunden Gen kompensiert werden
 - ✓ Diese Mutationen bleiben meist lange im Verborgenen

Vererbung – Wie Merkmale weitergegeben werden



Vererbung von Merkmalen

Vererbung = Übertragung der Eigenschaften von Lebewesen auf ihre Nachkommen.

Die Übertragung von Fähigkeiten und Kenntnissen durch Lehren und Lernen wird nicht als Vererbung bezeichnet!

- Alle physikalischen Merkmale eines Lebewesens lassen sich auf die Gene zurückverfolgen
- Merkmalsbestimmende Gene werden von Eltern an die Nachkommen weitergegeben
- Diese Weitergabe folgt den Regeln der Vererbung von Gregor Mendel
- Sie haben heute noch Gültigkeit



Lernen Sie die Sprache der Vererbung

GEN: vererbter Faktor, der ein Merkmal bestimmt

ALLELE: verschieden Versionen von ein und dem gleichen Gen

PHÄNOTYP: ist das optische Erscheinungsbild

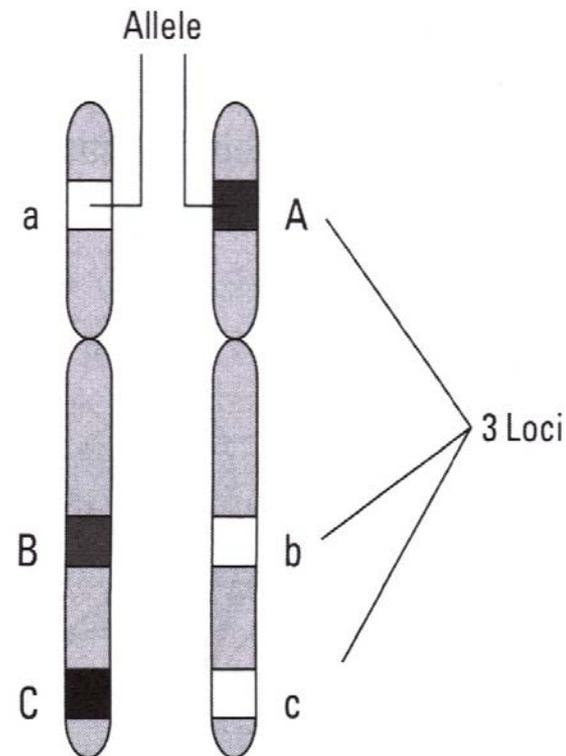
GENOTYP: Kombination von allen Allelen aller Gene

LOCUS: ist der Ort eines Gens auf einem Chromosom

LOCI: Mehrzahl von Locus

HOMOZYGOT – REINERBIG: 2 Allele eines Gens sind identisch

HETEROZYGOT – MISCHERBIG: 2 Allele eines Gens sind unterschiedlich



Dominanz

- Ein Allel unterdrückt ein anderes
- Sie werden als dominante Gene bezeichnet
- Dominante Allele werden in Großbuchstaben geschrieben (BB)
- Dominante Allele können heterozygot oder homozygot vorliegen
- Ein dominantes Allel reicht für die Phänotypische Ausprägung



Beispiel:

Schwarze Haarfarbe ist dominant über die blonde Haarfarbe.
Trägt ein Individuum ein Gen für die Farbe schwarz und ein Gen für die Farbe blond wird die Farbe schwarz vorliegen.

Rezessivität

- Gene die sich unterdrücken lassen, setzen sich im Erscheinungsbild nicht durch
- Als rezessive Gene bezeichnet
- Rezessive Gene werden in Kleinbuchstaben geschrieben (bb)
- Rezessive Gene brauchen immer ein zweites gleiches rezessiv Gen, damit sie in Erscheinung treten.



Beispiel:

Für die blonde Haarfarbe müssen 2 rezessive Gene vorliegen. Ein Individuum darf kein dominantes Gen für die Farbe schwarz tragen.

1. Mendel'sche Regel - Uniformitätsregel

Ein Elternteil reinerbig dominant – ein Elternteil reinerbig rezessiv

PHÄNOTYP
 P-Generation
 (Eltern)



GENOTYP



PHÄNOTYP
 F1-Generation
 (Kinder)



GENOTYP



Reinerbig schwarzer Rüden (**BB**) mit einer **reinerbig heller** Hündin (**bb**).

Jedes **Allel B** des Vaters verschmilzt mit jedem **Allel b** mit der Mutter zu einem neuen Allelpaar **Bb**.

ANDERE KOMBINATIONEN SIND NICHT MÖGLICH!

Alle Nachkommen erhalten das gleiche Allelpaar und sind phänotypisch/genotypisch gleich.

1. Mendel'sche Regel – Uniformitätsregel (II)

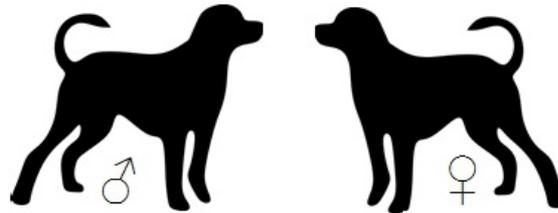
Bei der Verpaarung von 2 Individuen, die beide reinerbig (BB oder bb) sind, aber verschiedene Merkmale tragen (schwarz oder blond), sind alle Nachkommen gleich (Bb) oder uniform für diese Merkmal. Dies betrifft sowohl den Phänotyp wie auch den Genotyp.

- Jedes Gen besitzt 2 Allele, ein Allel von der Mutter und ein Allel vom Vater
- Eine Mischung beider Merkmale ist nur dann möglich, wenn mütterliche u. väterliche Gene gleichberechtigt sind
- Die Vermischung wird intermediäre Vererbung bezeichnet
- Meistens liegt aber ein dominantes und ein rezessiver Allel vor

2. Mendel'sche Regel - Spaltungsregel

Beide Elternteil mischerbig

PHÄNOTYP
 P-Generation
 (Eltern)



GENOTYP



PHÄNOTYP
 F1-Generation
 (Kinder)



GENOTYP



Mischerbig schwarzer Rüden (Bb) mit mischerbig schwarzer Hündin (Bb).

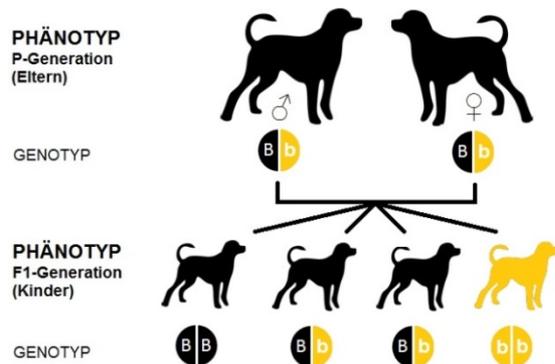
Dominantes Schwarz setzt sich durch.

Rezessive helle Farbe geht nicht verloren. Ist im Genotyp versteckt.

Keimzellen tragen nur die Hälfte des Erbguts einer Zelle. 50% der Eizellen u. Keimzellen besitzen entweder das Allel für Schwarz B oder für helle Farbe b

2. Mendel'sche Regel – Spaltungsregel (III)

Bei der Verpaarung von 2 Individuen, die beide mischerbig (heterozygot) sind, spalten sich die Genotypen und die Phänotypen nach einem bestimmten Zahlenverhältnis auf.



25% aller Nachkommen sind **reinerbig schwarz**

50% aller Nachkommen sind **mischerbig schwarz**

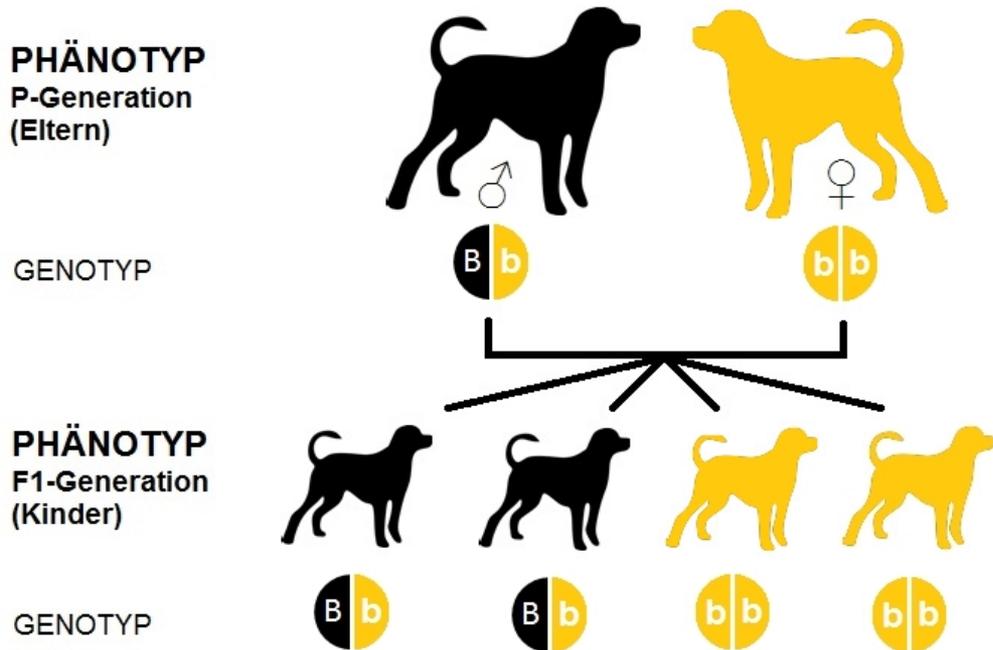
25% aller Nachkommen sind **reinerbig hell**

Gleicht weder Mutter noch Vater

Nachkomme zeigt Genotyp u. Phänotyp der Großmutter (Abb. Uniformitätsregel)

Weitere Möglichkeiten

Ein Elternteil mischerbig – ein Elternteil reinerbig rezessiv



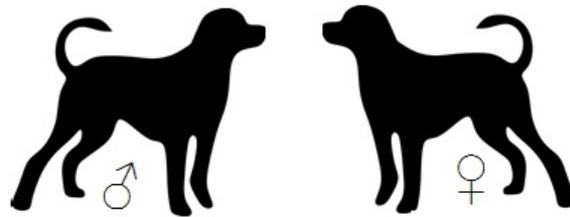
50% aller Nachkommen sind **mischerbig schwarz**

50% aller Nachkommen sind **reinerbig hell**

Weitere Möglichkeiten

Ein Elternteil reinerbig dominant – ein Elternteil mischerbig

PHÄNOTYP
P-Generation
(Eltern)



GENOTYP



PHÄNOTYP
F1-Generation
(Kinder)



GENOTYP



50% aller Nachkommen sind **reinerbig schwarz**

50% aller Nachkommen sind **mischerbig schwarz**

Erbkrankheiten – genetische Defekte

Erbkrankheiten beim Hund

Derzeit:

Bekannte Merkmale/Erkrankungen: 912

Merkmale/Erkrankungen mit bekannten Mutationen: 354

Der Hund, ein beliebtes Studienobjekt für humane genetische Erkrankungen

Gründe dafür:

- 60% Übereinstimmungen v. genetischen Erkrankungen
- Rassen sind Inzuchtpopulationen
- Große Anzahl erkrankter Hunde vs. wenige erkrankte Menschen
- Großteils gleiche Lebensbedingungen wie der Mensch



Was sind Erbkrankheiten?

Erbkrankheiten werden durch Veränderungen in Genen oder regulierenden Bereichen von Genen hervorgerufen und von einer Generation an die Nächste weitergegeben. Erbkrankheiten folgen bestimmten Vererbungsmustern.

Genetische Erkrankungen werden verursacht durch:

- ein verändertes Gen – monogener Defekt
- mehrere veränderte Gene – polygener Defekt
- Mehrere Gene und Umweltfaktoren – multifaktorieller Defekt

Häufigkeit von genetischen Erkrankungen

- Abhängig von der Rasse gibt es mehr oder weniger erbliche Defekte
- Einzelne Defekte kommen beispielsweise mit sehr hoher Häufigkeit vor
 - Beispielsweise MDR1 Defekt in Collie-Rassen
- Reduziert die Lebenserwartung bei vielen Rassen

Praktische Probleme:

- Limitierung der Zuchtpopulation
- Gewährleistung und Produkthaftung auch für Hundezüchter
- Ethische Aspekte

Absolute Erbfehler vs. Genetische Disposition

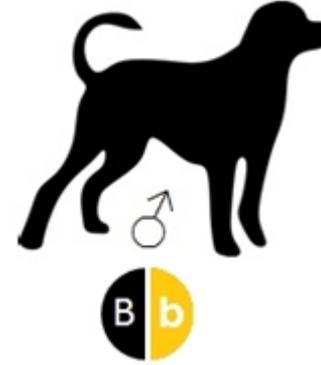
ABSOLUTE ERBFEHLER:

- Tiere die die genetische Erkrankung in entsprechender Form tragen und den Defekt zeigen werden
- Ausbruch ist unabhängig von belastenden Umwelteinflüssen

GENETISCHE DISPOSITIONEN:

- Der genetische Defekt alleine führt zu keiner Erkrankung
- Braucht die Kombination aus genetischer Disposition und belastenden Umwelteinflüssen

Rezessiv oder Dominant



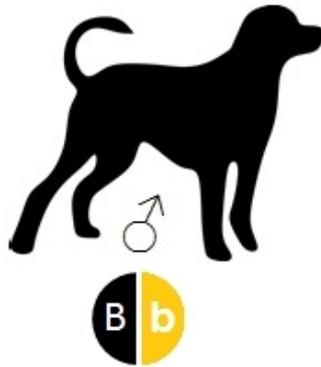
REZESSIVE DEFEKTGENE

- *Krankheit nur im homozygoten Zustand*
- *Trägt der Hund das Defektgen nur einmal, ist er gesund*

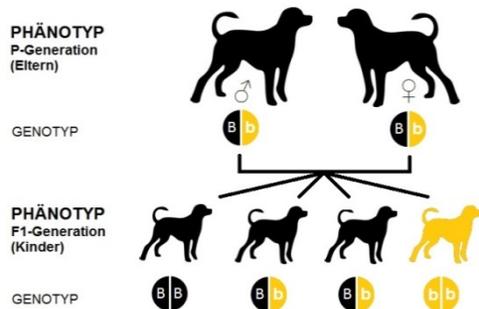
DOMINANTE DEFEKTGENE

- *Krankheit bereits im heterozygoten Zustand*
- *Es ist ausreichend, wenn der Hund das Defektgen nur einmal trägt*

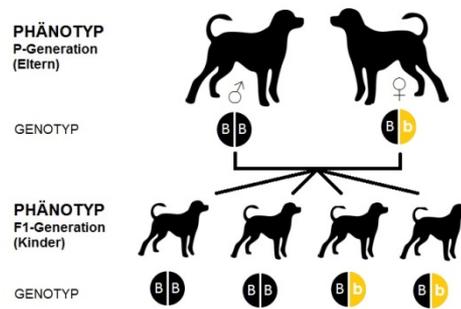
Anlageträger für autosomal rezessiven Defekt (b)



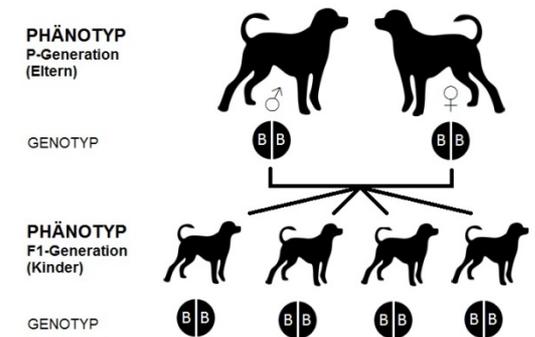
- Heterozygot für einen rezessiven genetischen Defekt (b)
- Tragen den Defekt versteckt in sich
- Anlageträger sind selbst nicht krank u. vererben den Defekt weiter



Verpaarung darf nicht stattfinden!



Verpaarung darf stattfinden!

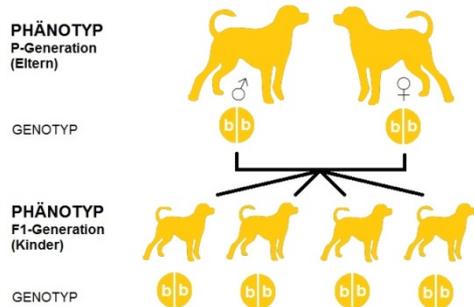


Verpaarung optimal!

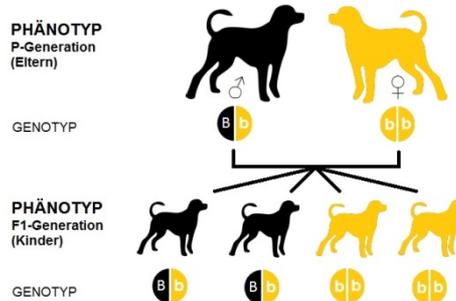
Merkmalsträger für autosomal rezessiven Defekt (b)



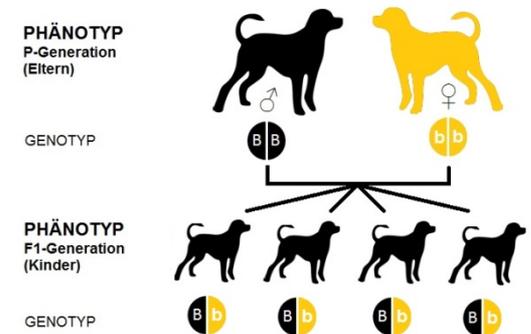
- Homozygot für einen rezessiven genetischen Defekt (b)
- Tragen den Defekt und prägen diesen phänotypisch aus
- Merkmalsträger sind selbst erkrankt u. vererben den Defekt weiter



Verpaarung darf nicht stattfinden!



Verpaarung darf nicht stattfinden!



Verpaarung kann u.U. stattfinden!
Sollte dennoch vermieden werden!

X-chromosomal rezessive Erkrankungen

Betrifft das Geschlechtschromosom X

- Männliche Individuen besitzen die Geschlechtschromosomen XY
- Nur ein X-Chromosom liegt vor
- Defekte auf dem X-Chromosom können nicht kompensiert werden
- X-chromosomal rezessive Erkrankungen verhalten sich dominant

FAKTEN:

- ✓ Nicht betroffene heterozygote Mütter haben betroffene männliche Nachkommen
- ✓ Mehr männliche als weibliche Individuen sind betroffen
- ✓ Erkrankung/Merkmal wird nie vom Vater an den männlichen Nachkommen weitergegeben

X-chromosomal dominante Erkrankungen

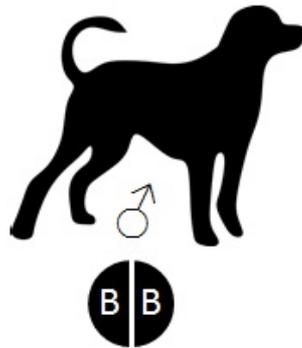
Betrifft das Geschlechtschromosom X

- Jede Person mit dem mutierten Allel erkrankt
- Besteht kein Unterschied zwischen den Geschlechtern

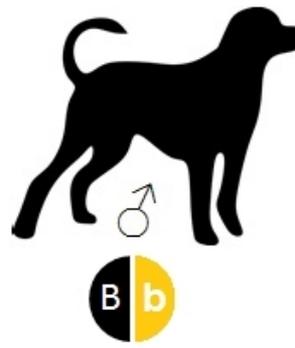
FAKTEN:

- ✓ Betroffen Mütter haben betroffene männliche u. weibliche Nachkommen
- ✓ Beide Geschlechter sind betroffen
- ✓ Töchter von betroffenen Vätern sind auch betroffen

Was wären Gesetze ohne Ausnahmen?



gesund



Anlageträger



Merkmalsträger

UNVOLLSTÄNDIGE PENETRANZ

Nicht alle Merkmalsträger erkranken tatsächlich!
Beispiel: Degenerative Myelopathie

Angeborener Defekt ≠ Genetischer Defekt

Angeborener Defekt:

Kann genetisch bedingt oder umweltinduziert sein

Genetisch bedingter Defekt

Defekt mit genetischer Grundlage und mit unterschiedlichem Manifestationsalter



Phänokopien

Defekte, die Erbfehlern gleichen, aber durch teratogene Umwelteinflüsse in der Trächtigkeit ausgelöst werden; Phänokopien werden nicht weitervererbt

Teratogene Einflüsse

Allgemeine Einflüsse

- *Strahlung*
- *Chemikalien*
- *Medikamente*
- *Schimmelttoxine*
- *Virusinfektionen*
- *Stress*

Medikamente

- *Aspirin (Salizylsäure)*
- *Alkohol*
- *Cortison*
- *Hydroxyurea (Zytostatikum)*
- *Oxytetracyclin*
- *Vitamin A*

Teratogene Substanzen und ihre Effekte

| Faktor | Missbildung |
|---------------------------------------|--|
| Aspirin | Gaumenspalten Mikrognathie (zu kurzer Oberkiefer) Anasarka (nicht-entzündliche Hautödeme) Herzmissbildungen Schwanzmissbildungen |
| Cortison (Cortisonacetate) | Nabelbruch Ventrikelseptumsdefekte (Herzfehler) |
| Vitamin A (tägliche Überdosierung) | Gaumenspalten Ohrdeformationen Knickruten |

Ist es erblich?

Hinweise auf eine genetische Grundlage eines Defektes:

- *Symptomatik*
- *Manifestationsalter*
- *Rassehäufigkeit*
- *Familienhäufigkeit*
 - *Pedigree Analyse (Suche nach gemeinsamen Ahnen)*
 - *Erbgangsanalyse (Dominante oder rezessive Vererbung)*
 - *Heritabilitätsschätzung (Anteil des Genotyps an der Ausprägung eines Merkmals)*

Erbkrankheiten - Ein umfangreiches Sortiment

Formen von genetischen Erkrankungen:

- *Bluterkrankungen*
- *Augenerkrankungen*
- *Immunologische Erkrankungen*
- *Nierenerkrankungen*
- *Metabolische Erkrankungen*
- *Muskelerkrankungen*
- *Neurologische Erkrankungen*
- *Hauterkrankungen*
- *Skeletale Erkrankungen*

JME - Juvenile Myoklonische Epilepsie

ATGCCTGAGCAGAGCAACGACTACCGAGTGGTG
GTGTTCTGGGGCGGGCGGCGTGGGCAAGAGCTC
GCTGGTGCTGCGCTTCGTGAAGGGCACGTTCCG
GGACACCTACATCCCCACCATCGAGGACACCTAC
CGGCAGGTGATCAGCTGTGACAAGAGCGTGTG
CACGCTGCAGATCACCGACACCACGGGCAGCCA
CCAGTTCCCGGCCATGCAGCGGCTGTCCATCTCC
AAGGGCCACGCCTTCATCCTGGTCTACTCCATCA
CCAGCAAGCAGTCGCTGGAGGAGCTCGGGCCC
ATCTACAAGCTCATCGTGCAGATCAAGGGCAGC
GTAGAGGACATCCCCGTCATGCTGGTGGGCAAC
AAGTGCACGAGACGCAGCGGGAGGTGGACA
CCCGCAGGGCCCAGGCCGTGGCCCAGGAGTGG
AAGTGCACCTTCATGGAGACGTCGGCCAAGATG
AACTACAATGTCAAGGAGCTCTTCCAGGAGCTG
CTCACGCTGGAGACACGCCGGAACATGAGCCTC
AACATCGATGGCAAGCGCGCCAGCAAACAGAA
GAGGAC**AGAC**CGCGTCAAGGGCAAATGCGTCC
TCATGTGA

Entfernen von AGAC

SDCA1- Spongiöse Degeneration mit cerebellärer Ataxie

ATGACGTCTGTCGCCAAGGTGTACTACAGCCAGACCACTCAGACGGAGA
 GCCGGCCCCTCGTGGGCCAGGGGTCCGGCGGGCCGGGTCCTGACCAA
 GGACGGCCGCAGCAACGTGAGGATGGAGCACATCGCCGACAAGCGCTT
 CCTCTACCTCAAGGACCTGTGGACCACCTTCATCGACATGCAGTGGCGCT
 ACAAGCTGCTGCTTCTCGGCGACCTTGCAGGCACCTGGTTCTCTTCG
 GCGTGGTGTGGTATCTGGTGGCTGTGGCCACGGGGACCTGCTGGAGCT
 CGGCCCCCGGCCAACCACACCCCCTGCGTGGTACAGTGCACACGCTCA
 CGGGGGCCTTCTCTTCTCCCTCGAATCGCAGACCACCATCGGCTACGGC
 TTCCGCTACATCAGTGAGGAGTGCCCGCTGGCCATCGTGCTTCTGATTGC
 CCAGCTGGTGTCTACCACCATCCTGGAATCTTCATCACGGGGACCTTCT
 GGCAAAGATCGCCCCGCCAAGAAGCGGGCGGAGACCATCCGGTTCAG
 CCAGCACGCGGTCTGCGGGCCACAACGGGAAGCCCTGCCTCATGATC
 CGAGTCGCCAACATGCGGAAGAGCCTCCTCATCGGCTGCCAGGTGACGG
 GCAAGCTGCTCAGACCCACCAGACCAAAGAGGGCGAGAACATCCGGCT
 CAACCAGGTCAACGTGACTTTCCAGGTGACACGGCCTCGGACAGCCCCT
 TCCTCATTCTGCCCTGACCTTCTACCACGTGGTAGATGAGACCAGTCCCT
 TGAAAGACCTCCCCCTGCGCAGTGGCGAGGGTGA CTTCGAGCTGGTGCT
 GATCCTCAGTGGGACGGTGGAGTCCACCAGTGCCACCTGCCAGGTGCGC
 ACGTCCTACCTGCCGGAGGAGATCCTCTGGGGCTACGAGTTCACCCCGGC
 CATCTCGCTGTCCGCCAGCGGCAAATACATCGCTGACTTCAGCCTTTTTGA
 CCAGGTGGTCAAAGTGGCCTCCCCTGGCGGCCTCCGCGACAGCGCTGTC
 CGCTACGGAGACCCTGAGAAGCTCAAGTTGGAGGAGTCGTTAAGGGAAC
 AAGCGGAGAAGGAGGGCAGCGCCTGAGCGTGCGCATCAGCAACGTCT
 GA

Basenaustausch T > C

Narkolepsie

Labrador Retriever
Dobermann
Dackel

Gleiches Gen
unterschiedliche Mutationen



Degenerative Myelopathie



Hyperurikosurie



Primäre Linsenluxation



Hüftdysplasie



**Reinerbiger Träger
Merle-Faktor**



Schwimmer Syndrom

Kontaktinfos:
FERAGEN GmbH
Strubergasse 22
5020 Salzburg

support@feragen.at

0662 43 93 83