



WEIßENSTEPHAN • TRIESDORF
University of Applied Sciences

Nachhaltige Nutztierhaltung - ZUCHT

Einführung + Genetische Grundlagen

Dr. Lea Lorenz

Sommersemester 2024



Inhalte der Vorlesung

Tierzucht

- Grundlagen Genetik
- Züchterische Grundlagen
- Angewandte Tierzucht (+ Besonderheiten Ökologische TZ) bei Rind, Schwein, Geflügel
 - Zuchtprogramme (Leistungsprüfung, Zuchtwertschätzung, Selektion und Zuchtfortschritt)
 - Zuchtmethoden
 - Rassen

Einführung

TIERZUCHT

Einführung

Was ist Tierzucht?

Tierzucht ist

1. die gezielte Veränderung der **genetisch bedingten Leistungsveranlagung** und
2. die Optimierung von **Umwelteinflüssen** zur bestmöglichen Ausprägung dieser Merkmale.

Tierzüchtung ist

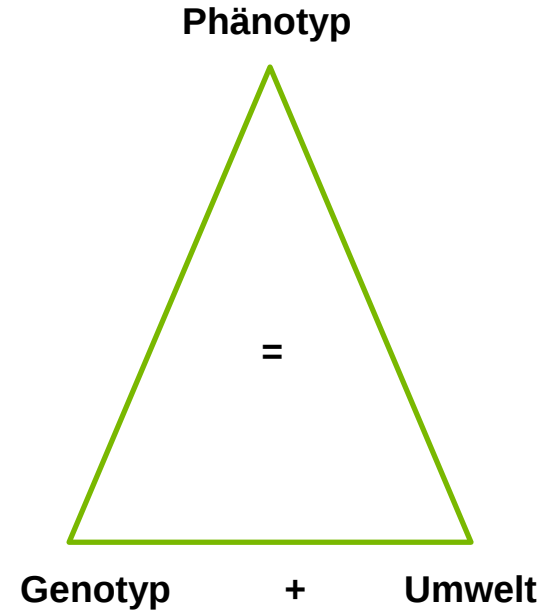
Die erbliche Verbesserung der Nachkommengeneration gegenüber der Elterngeneration.

Einführung

Was ist Tierzucht?

Die Tierzucht beschäftigt sich demnach mit

- **Genotypen:** der vollständige Satz von Genen, den ein Organismus geerbt hat
- **Phänotypen:** das morphologische Aussehen sowie die Physiologie und das Verhalten eines Individuums
- **Umwelten:** alle einwirkenden Umstände (Haltung, Fütterung, Management)



Einführung

Was will Tierzucht?

- Tierzucht will durch eine genetische Anpassung die Ressource Haustiere für die **Nutzungsansprüche des Menschen unter Beachtung der Zumutbarkeit für das Tier** bereitstellen.
- Die dafür erforderlichen Zuchtziele ergeben sich aus den wechselnden menschlichen Bedürfnissen und Wertvorstellungen der jeweiligen Gesellschaft.

→ **Ein Zuchtziel ist immer dynamisch!**

Einführung

Was will Tierzuchtung?

Tiergerechtigkeit



Leistungssicherheit



Ausgleich

Einführung

Was macht Ökologische Tierzucht aus?

Aus der EU-Öko-VO (2018/848):

„Bei der Wahl der Rassen oder Linien bevorzugen die Unternehmer möglichst Rassen oder Linien mit **hoher genetischer Vielfalt**, unter Berücksichtigung ihrer **Anpassungsfähigkeit** an die örtlichen Bedingungen, ihres Zuchtwertes, ihrer **Langlebigkeit**, ihrer **Vitalität** und ihrer **Widerstandsfähigkeit** gegenüber Krankheiten oder Gesundheitsproblemen, ohne dass dadurch ihr Wohlbefinden beeinträchtigt wird. [...]

Einheimischen Rassen und Linien ist der Vorzug zu geben.“

Einführung

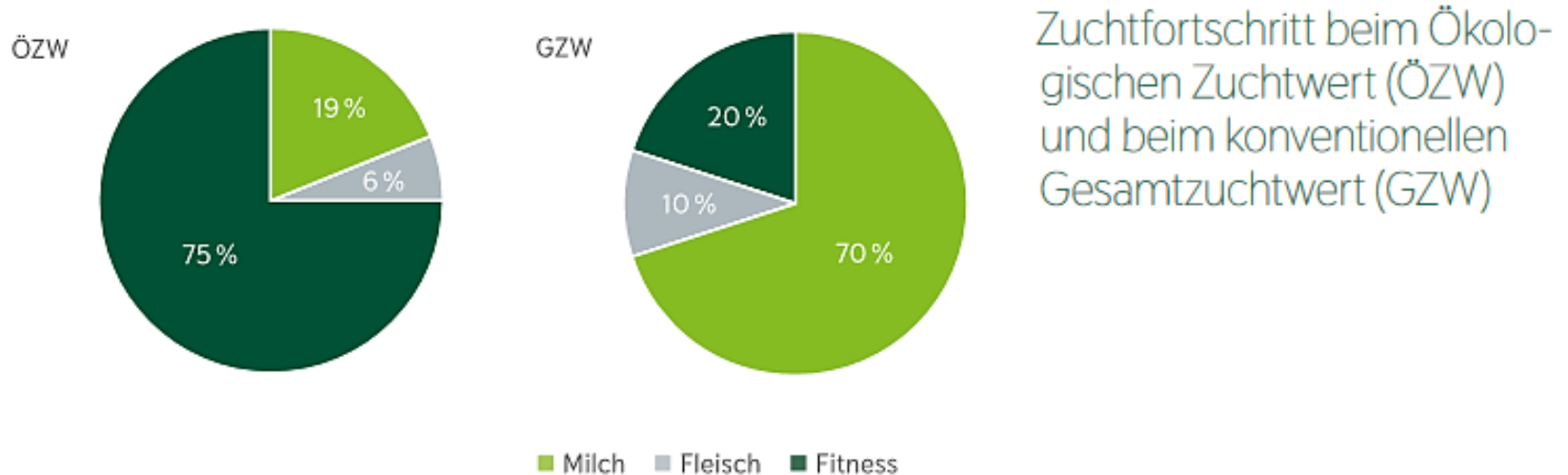
Was macht Ökologische Tierzucht aus?

Aus der EU-Öko-VO (2018/848):

- a) Die Fortpflanzung hat auf natürlichem Wege zu erfolgen. Künstliche Befruchtung ist jedoch zulässig;
- b) Die Fortpflanzung darf außer im Rahmen einer therapeutischen tierärztlichen Behandlung eines einzelnen Tieres nicht durch die Behandlung mit Hormonen oder anderen Stoffen mit ähnlicher Wirkung eingeleitet oder behindert werden;
- c) Andere Formen der künstlichen Fortpflanzung, wie zum Beispiel Klonen und Embryonentransfer, sind untersagt;

Einführung

Was macht Ökologische Tierzucht aus?



Quelle: Öko-Rinderzucht in Bayern – Grundkonzept Nachhaltigkeit, LfL Bayern, Dr. Dieter Krogmeier

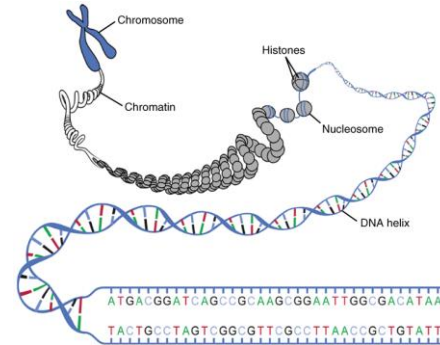
Zusammenfassung

- **Phänotyp = Genotyp + Umwelt**
- **Tierzucht ist**
 1. die gezielte Veränderung der genetisch bedingten Leistungsveranlagung und
 2. die Optimierung von Umwelteinflüssen zur bestmöglichen Ausprägung dieser Merkmale.
- Bei der **Ökologischen Tierzucht** liegt der Fokus auf hoher genetischer Vielfalt, Anpassungsfähigkeit der Tiere an die örtlichen Bedingungen, Langlebigkeit, Vitalität und Widerstandsfähigkeit.

Tierzüchtung

Setzt folgende Kenntnisse voraus:

- Molekulargenetik
- Populationsgenetik



Grundlagen der Genetik

Grundlagen der Genetik

- Teil I – Aufbau des Genoms
- Teil II – Funktionen des Genoms

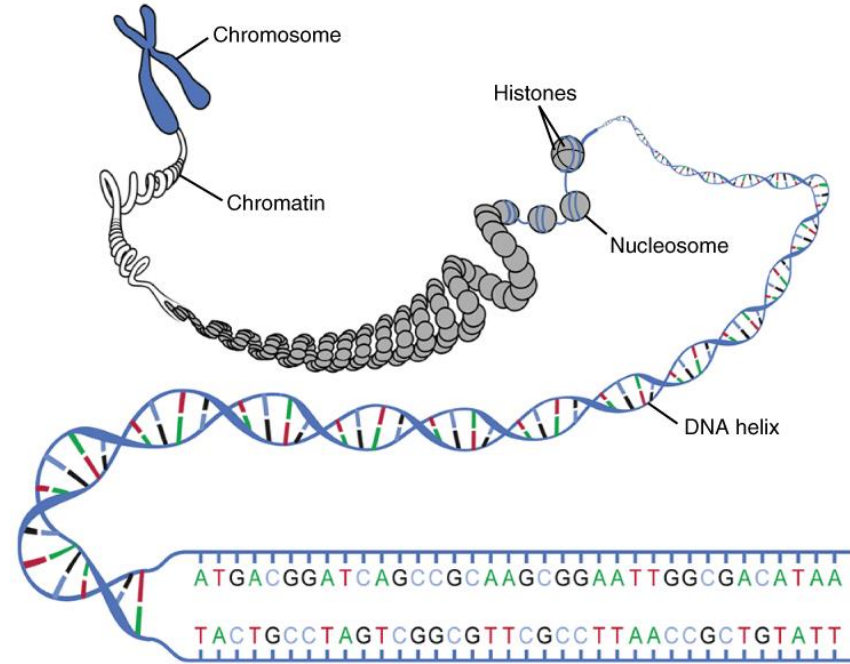
Grundlagen der Genetik

Teil I – Aufbau des Genoms

- Genom und Chromosomen
- Aufbau der DNA
- Gene, Genorte, Allele

Was ist das Genom?

- Das Genom bezeichnet die **Gesamtheit der Erbanlagen** eines Individuums
- Die Informationsträger der Erbanlagen sind die **Chromosomen**
- Die Chromosomen bestehen aus sehr langen Molekülen der **Desoxyribonukleinsäure (DNA)**



„DNA Macrostructure“ von philschatz. Lizenz: CC BY4.0
<https://www.lecturio.de/magazin/dna/>

Chromosomen

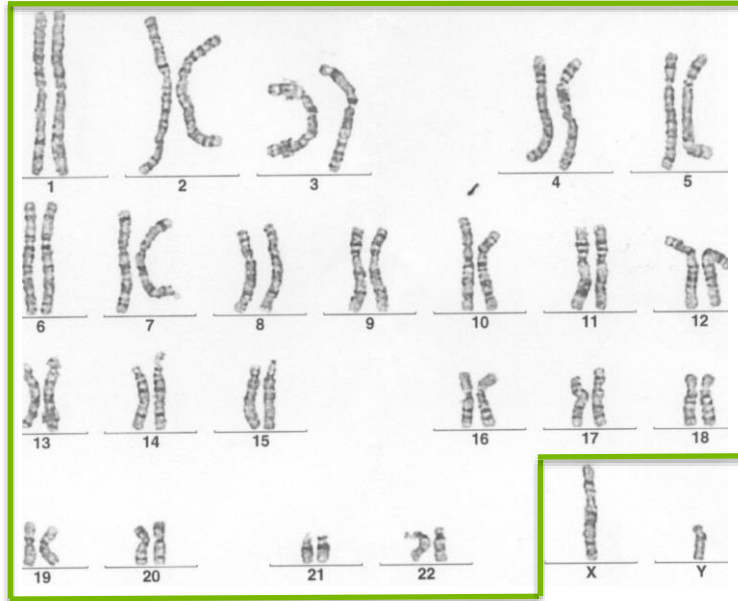
- Die Chromosomen befinden sich im Zellkern aller kernhaltigen Körperzellen
- In jeder Körperzelle liegt also die gesamte genetische Information vor



Autosomen

- Bei Säugetieren liegen die Chromosomen jeweils paarweise vor = **diploider Chromosomensatz**
- Die beiden Chromosomen, die ein Paar bilden sind strukturell identisch = **homologe Chromosomen**
- Dabei stammt je ein Chromosom des homologen Paares von der Mutter und eines vom Vater
- Die paarweise vorliegenden Chromosomen werden auch als **Autosomen** bezeichnet

Autosomen



Autosomen

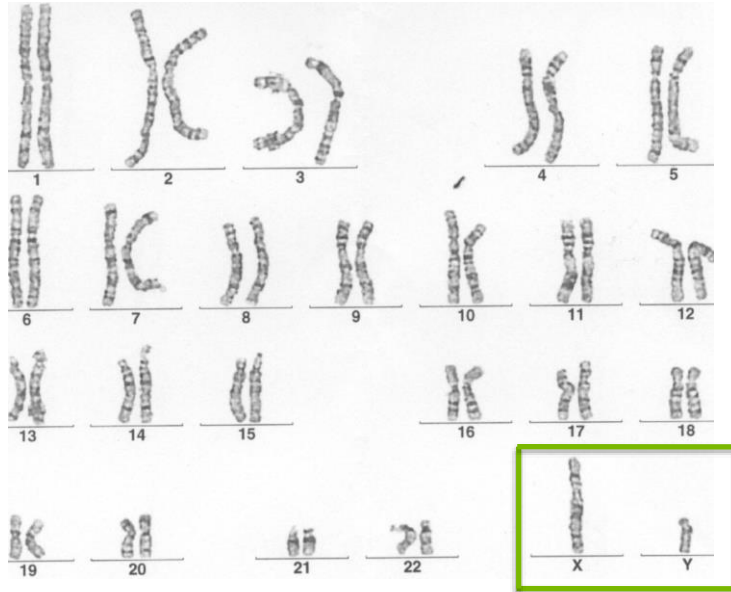
Karyogramm eines Mannes

Quelle: www.doccheck.com/de/detail/photos/4670-genom-scan-karyogramm

Heterosomen

- Bei den Geschlechtschromosomen (Heterosomen) unterscheiden sich die beiden Chromosomen
- Bei Säugetieren unterscheidet man zwischen einem **X-Chromosom** und einem **Y-Chromosom**
- Das Y-Chromosom ist kleiner und enthält weniger Erbinformation
- Männliche Säugetiere sind **heterogametisch**, das heißt sie verfügen über ein X-Chromosom und ein Y-Chromosom
- Weibliche Säugetiere sind **homogametisch**, sie weisen also zwei X-Chromosomen auf

Heterosomen



Heterosomen

Karyogramm eines Mannes

www.doccheck.com/de/detail/photos/4670-genom-scan-karyogramm

Chromosomensätze

- Die Anzahl der Chromosomen ist für eine Art charakteristisch:

Huhn: 78 (39 Paare)

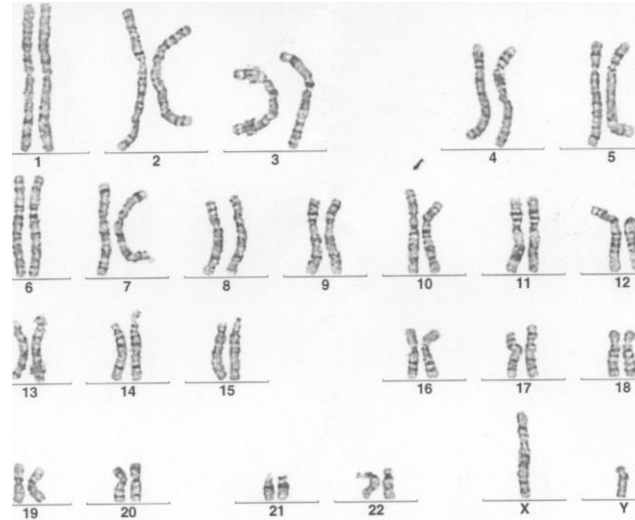
Pferd: 64 (32 Paare)

Rind: 60 (30 Paare)

Schaf: 54 (27 Paare)

Schwein: 38 (19 Paare)

Mensch: 46 (23 Paare)



Aufbau der DNA

- DNS bzw. DNA (**D**esoxyribo**n**ukleinsäure bzw. engl. **d**esoxyribo **n**ucleic **a**cid) ist ein langes, kettenförmiges Molekül aus aneinanderhängenden **Nucleotiden**
- Ein Nucleotid besteht aus einem **Zuckermolekül** (der Desoxyribose), einem **Phosphorsäuremolekül** und einer **organischen stickstoffhaltigen Base**

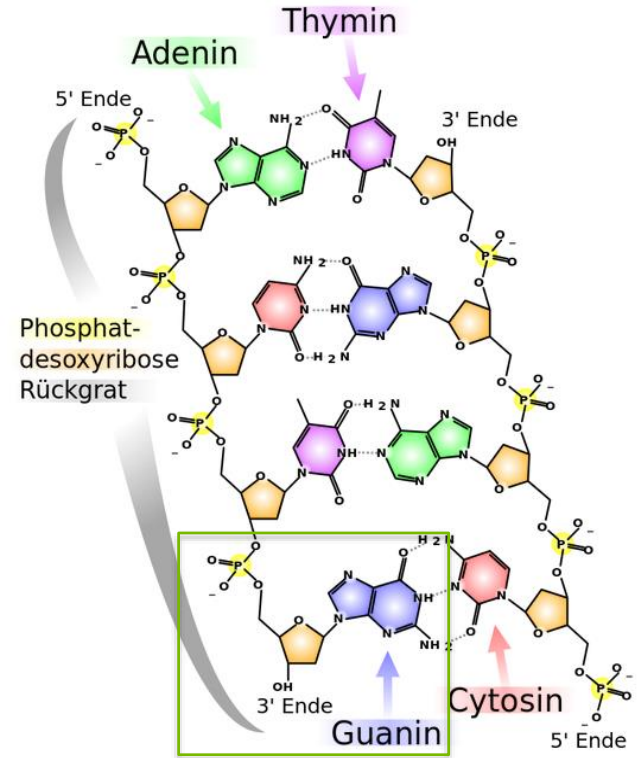


Bild: "Strukturformel eines DNA-Ausschnittes" von Madeleine Price Ball. Lizenz: CC BY-SA 3.0

<https://de.wikipedia.org/wiki/Nukleotide>

Aufbau der DNA

- Die Zuckermoleküle sind über Phosphatbrücken miteinander verbunden und bilden so das Rückgrat der DNA
- Die zwei sich gegenüberliegenden komplementären Basen sind durch **Wasserstoffbrückenbindungen** verbunden. Es können jeweils nur **Adenin und Thymin** bzw. **Cytosin und Guanin** aneinander binden

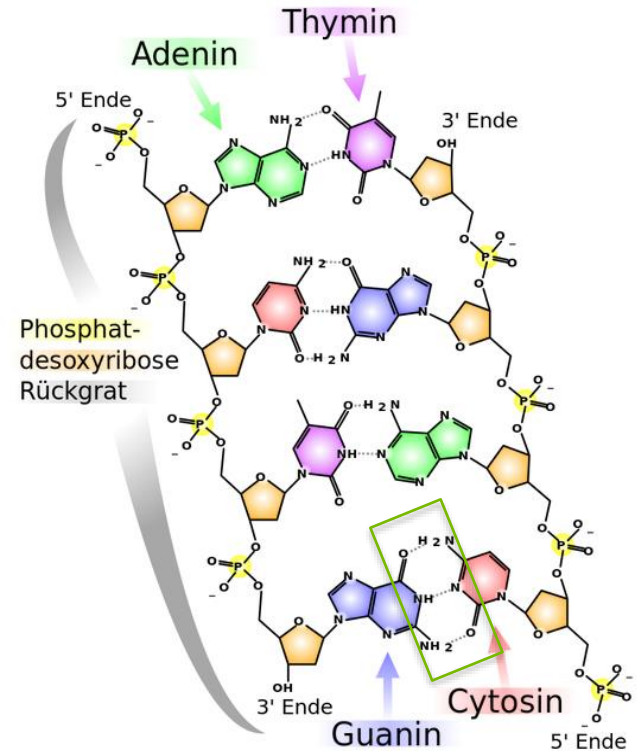
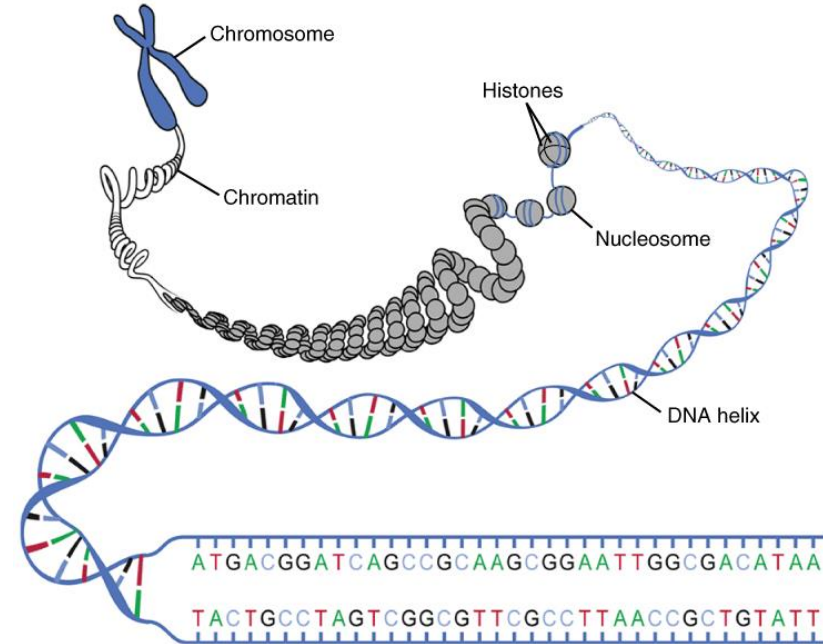


Bild: "Strukturformel eines DNA-Ausschnittes" von Madeleine Price Ball. Lizenz: CC BY-SA 3.0

<https://de.wikipedia.org/wiki/Nukleotide>

Aufbau der DNA

- Die beiden gegenüberliegenden DNA-Ketten bilden eine **Doppelhelix**
- Die DNA-Ketten sind um chromosomale Proteine gewickelt (sog. Histone)
- Die Histone und die DNA-Ketten bilden zusammen das **Chromatin**, aus dem die Chromosomen bestehen

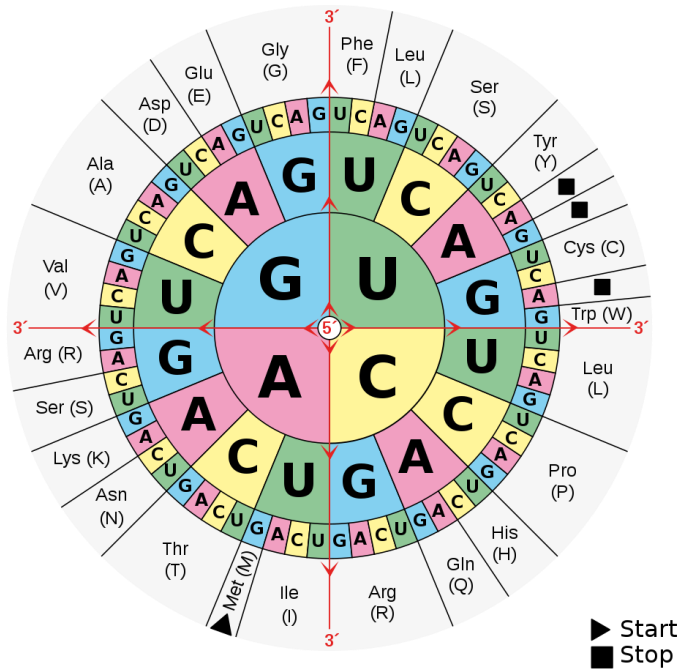


„DNA Macrostructure“ von philschatz. Lizenz: CC BY4.0
<https://www.lecturio.de/magazin/dna/>

Genetischer Code

- Das Genom von Säugetieren besteht aus ca. **3 Milliarden Basenpaaren**
- Der genetische Code funktioniert wie ein Alphabet mit den vier Buchstaben A,T,C,G
- Die Information wird hierbei über die **Reihenfolge der 4 Basen** codiert
- Ein „Wort“ besteht immer aus 3 Buchstaben = Basen, dem sogenannten **Triplett** (auch als **Codon** bezeichnet), sodass sich pro „Wort“ $4^3 = 64$ Möglichkeiten ergeben
- Jedem dieser Triplets ist eindeutig eine **Aminosäure** zugeordnet, für die es codiert
- Aminosäuren sind die Grundbausteine von **Proteinen**

Genetischer Code – „Code-Sonne“



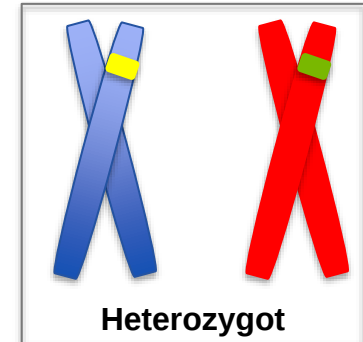
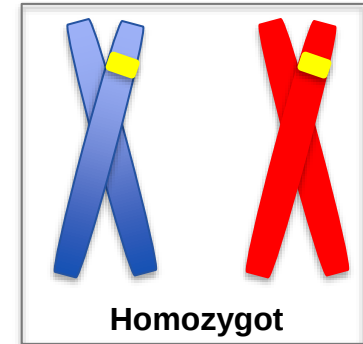
Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Code-Sonne#/media/Datei:Aminoacids_table.svg

Was ist ein Gen?

- **Gen = zusammenhängende Teilsequenz der DNA eines Chromosoms, die den Bauplan für ein biologisch aktives Protein enthält**
- Die Position des Gens auf dem Chromosom wird als **Genort bzw. Locus** bezeichnet
- Gene können aus bis zu mehreren hunderttausend Basenpaaren bestehen
- **Verschiedene Ausprägungen eines Gens bezeichnet man als Allele**
- Das Säugetiergenom umfasst etwa 23.000 Gene → nur 10% der gesamten DANN (= codierende DNA)

Was ist ein Genotyp?

- Jedes Gen liegt in zweifacher Ausführung vor (eine Kopie von der Mutter und eine vom Vater)
- Die Kombination dieser beiden Genvarianten bezeichnet man als Genotyp
- **Homozygotie:** an einem Genort liegen zwei Kopien des gleichen Allels vor
- **Heterozygotie:** an einem Genort liegt je eine Kopie von zwei verschiedenen Allelen des gleichen Gens vor



Zusammenfassung

- Das **Genom** bezeichnet die Gesamtheit der Erbanlagen eines Individuums.
- Die Informationsträger der Erbanlagen sind die **Chromosomen**, die aus langen DNA-Ketten bestehen.
- Säugetiere sind **diploid**, das heißt jedes ihrer Chromosomen liegt in zweifacher Ausführung vor.
- Ein **Gen** ist ein Abschnitt der DNA, der für ein aktives Protein codiert. Den jeweiligen Ort auf dem Chromosom, wo ein Gen lokalisiert ist, bezeichnet man als **Genort** bzw. Genlocus.
- Unterschiedliche Ausprägungen eines Gens bezeichnet man als **Allele**.
- Die Basenfolgen der DNA codieren für bestimmte Aminosäuren, aus denen Proteine synthetisiert werden (**genetischer Code**).

Wiederholungsfragen

- Phänotyp = ? + ?
- Was ist das Genom?
- Wie ist die DNA aufgebaut? Wo in der Zelle befindet sich die DNA?
- Bei Chromosomen unterscheidet man zwischen Autosomen und Heterosomen - was ist der Unterschied?
- Was ist ein Gen? Was versteht man unter Allelen? Ordnen Sie die Begriffe Heterozygotie und Homozygotie in den Kontext ein.
- Erklären Sie das Prinzip des genetischen Codes. Was bedeutet in diesem Zusammenhang der Begriff Codon/Triplett?

Grundlagen der Genetik

- Teil I – Aufbau des Genoms
- **Teil II – Funktionen des Genoms**

Funktionen der DNA

1. Genexpression (DNA → Protein)
2. Identische Weitergabe der genetischen Information an die Tochterzellen
3. Weitergabe eines haploiden Chromosomensatzes an die Nachkommen

Funktionen der DNA

1. **Genexpression**
2. Identische Weitergabe der genetischen Information an die Tochterzellen
3. Weitergabe eines haploiden Chromosomensatzes an die Nachkommen

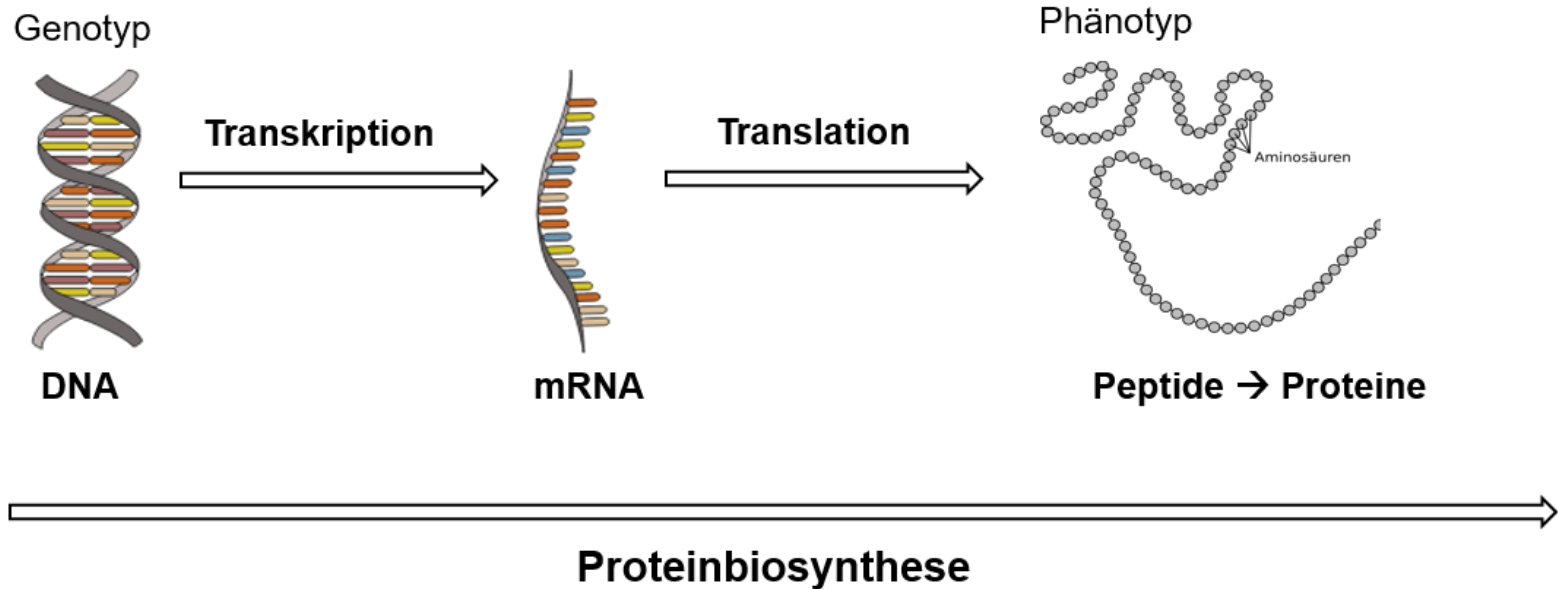
Funktionen der DNA

1. Genexpression

- In jeder Zelle liegt die vollständige genetische Information vor
- Nicht jedes Gen wird in jeder Zelle in ein aktives Protein umgesetzt
- Damit ein Gen aktiviert wird (Genexpression), muss die Basensequenz der DNA in eine Aminosäuresequenz eines Proteins übersetzt werden = **Proteinbiosynthese**

Funktionen der DNA

1. Genexpression



Funktionen der DNA

Genotyp - Phänotyp

- Genotyp: RR (homozygot rot) - RW (heterozygot) - WW (homozygot weiß)
- Phänotyp: rot - roan (stichelhaarig bzw. rot-weiß-meliert) - weiß



CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=515739>weiß
bzw. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=515734>



<https://www.fleischrinderzucht.de/rassen/whitebred-shorthorn.html>

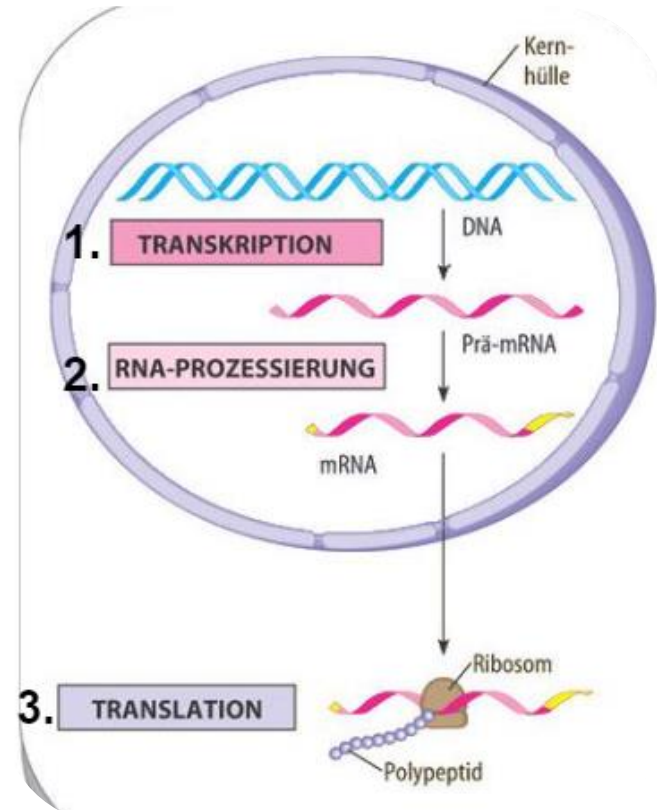
Funktionen der DNA

- **Genotyp:** Kombination der Allele an einem oder einigen wenigen Genorten
- **Phänotyp:** Sicht- oder messbare Ausprägung eines Merkmals eines Tieres (äußeres Erscheinungsbild)

Funktionen der DNA

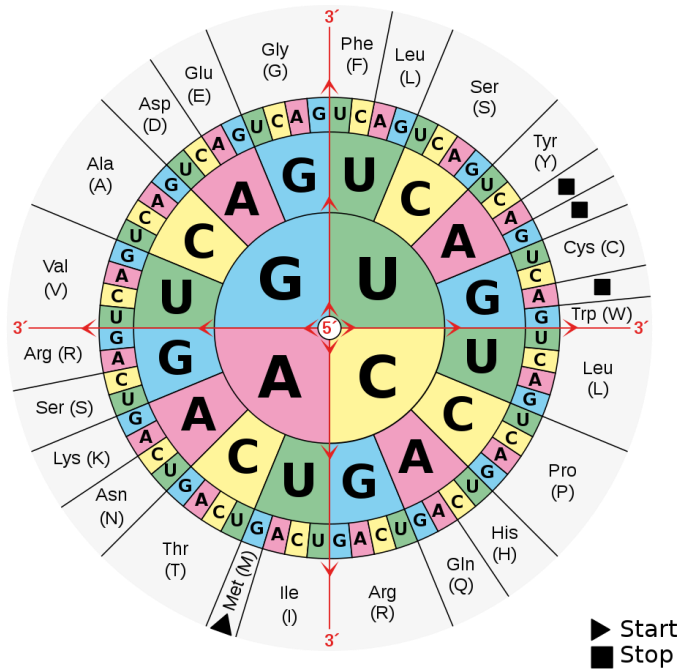
Proteinbiosynthese

- Besteht aus der Transkription und der Translation
- **Transkription:** Umschreiben von DNA in mRNA (im Zellkern)
- **Translation:** Erstellung einer Aminosäurekette anhand des mRNA-Stranges (im Zytoplasma)
- Die Aminosäurekette (Polypeptid) wird anschließend zum Protein gefaltet



Campbell/Reece, Biologie, 6. Auflage, Pearson Verlag

Genetischer Code – „Code-Sonne“



Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Code-Sonne#/media/Datei:Aminoacids_table.svg

Funktionen der DNA

1. Genexpression
2. **Identische Weitergabe der genetischen Information an die Tochterzellen**
3. Weitergabe eines haploiden Chromosomensatzes an die Nachkommen

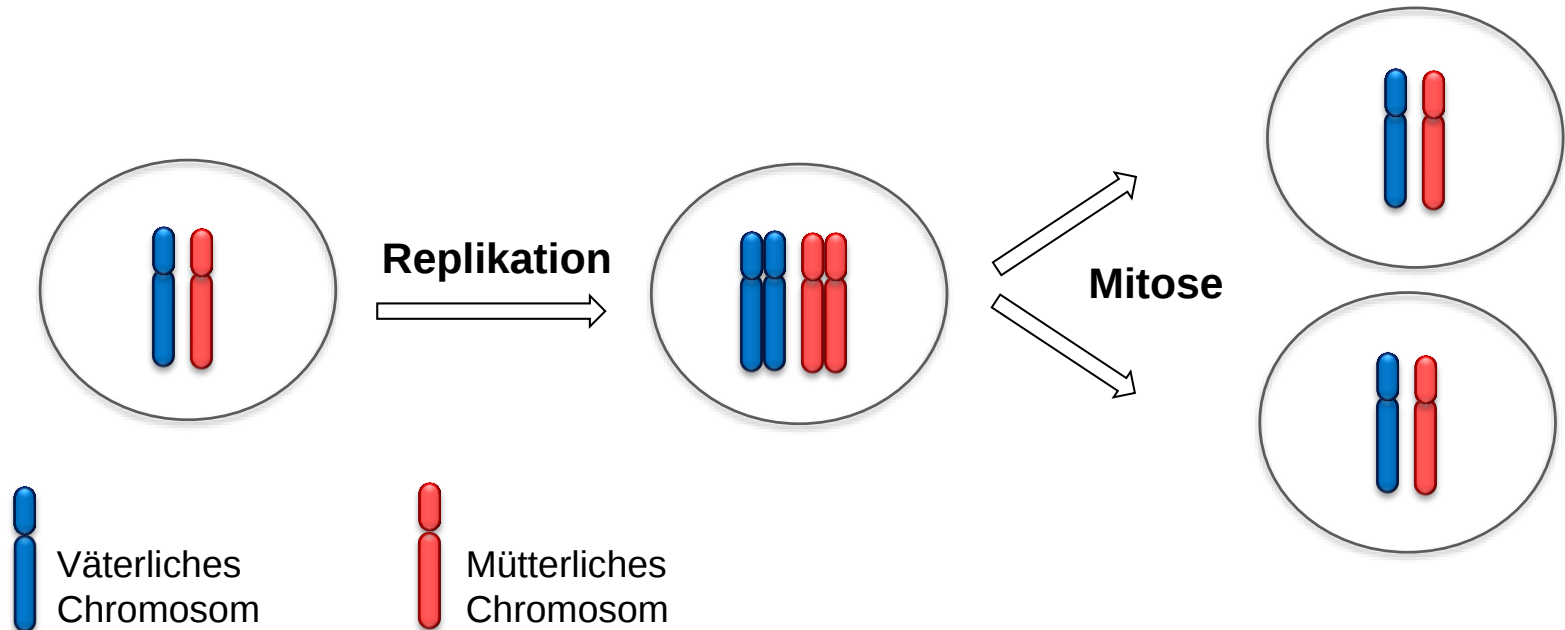
Funktionen der DNA

2. Identische Weitergabe der genetischen Information

- Alle Zellen des Körpers gehen durch mitotische Zellteilungen aus der Zygote (der befruchteten Eizelle) hervor
- Auch bei ausgewachsenen Tieren müssen neue Zellen gebildet werden, um z.B. alte oder abgestorbene Zellen zu ersetzen
- In beiden Fällen muss dabei das Erbgut identisch an die Tochterzellen weitergegeben werden
- Dies erfolgt durch die **Replikation der DNA** und die anschließende **Mitose**

Funktionen der DNA

Replikation und Mitose



Funktionen der DNA

1. Genexpression
2. Identische Weitergabe der genetischen Information an die Tochterzellen
3. **Weitergabe eines haploiden Chromosomensatzes an die Nachkommen**

Funktionen der DNA

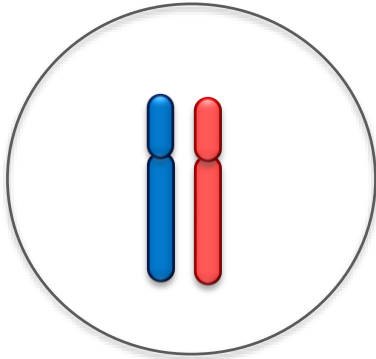
3. Weitergabe eines haploiden Chromosomensatzes an die Nachkommen

- Eine besondere Art der Zellteilung liegt bei den **männlichen und weiblichen Keimzellen** (Spermien bzw. Eizellen) vor
- Damit bei der Verschmelzung der männlichen und weiblichen Keimzelle wieder eine diploide Zelle entsteht, müssen die **Keimzellen haploid** sein (also einen einfachen Chromosomensatz enthalten anstelle eines doppelten)

Funktionen der DNA

3. Weitergabe eines haploiden Chromosomensatzes an die Nachkommen

Diploide Zelle

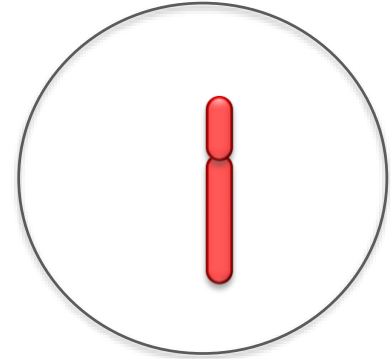
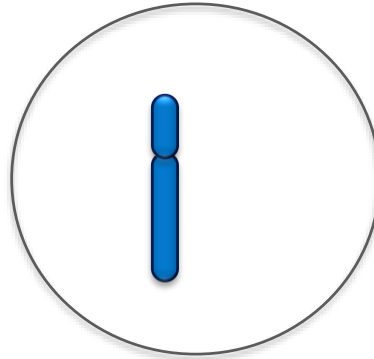


Väterliches
Chromosom



Mütterliches
Chromosom

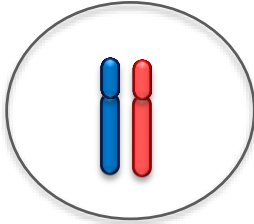
Haploide Zellen



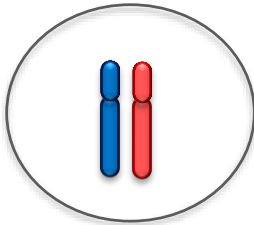
Funktionen der DNA

3. Weitergabe eines haploiden Chromosomensatzes an die Nachkommen

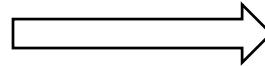
Diploide Vorläuferzelle der Eizelle



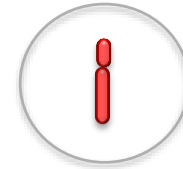
Diploide Vorläuferzelle der Samenzelle



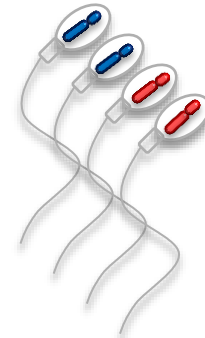
Meiose



1 haploide Eizelle

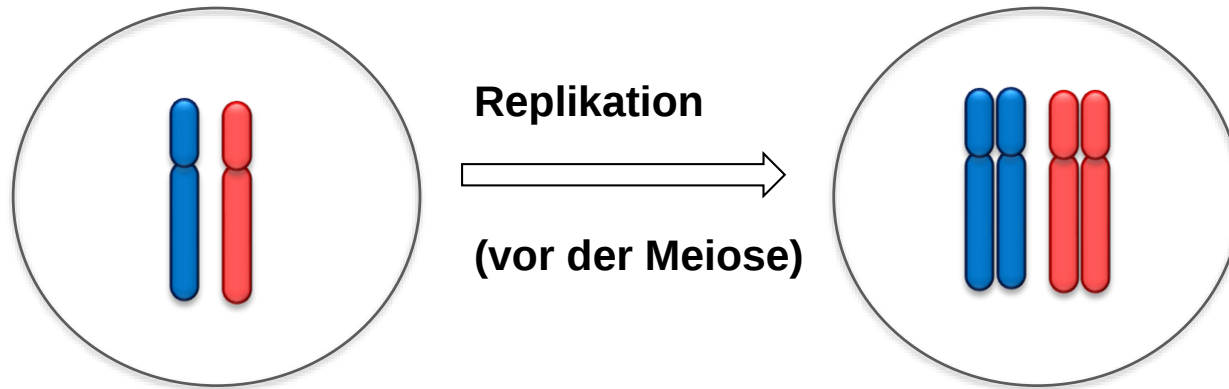


4 haploide Spermien



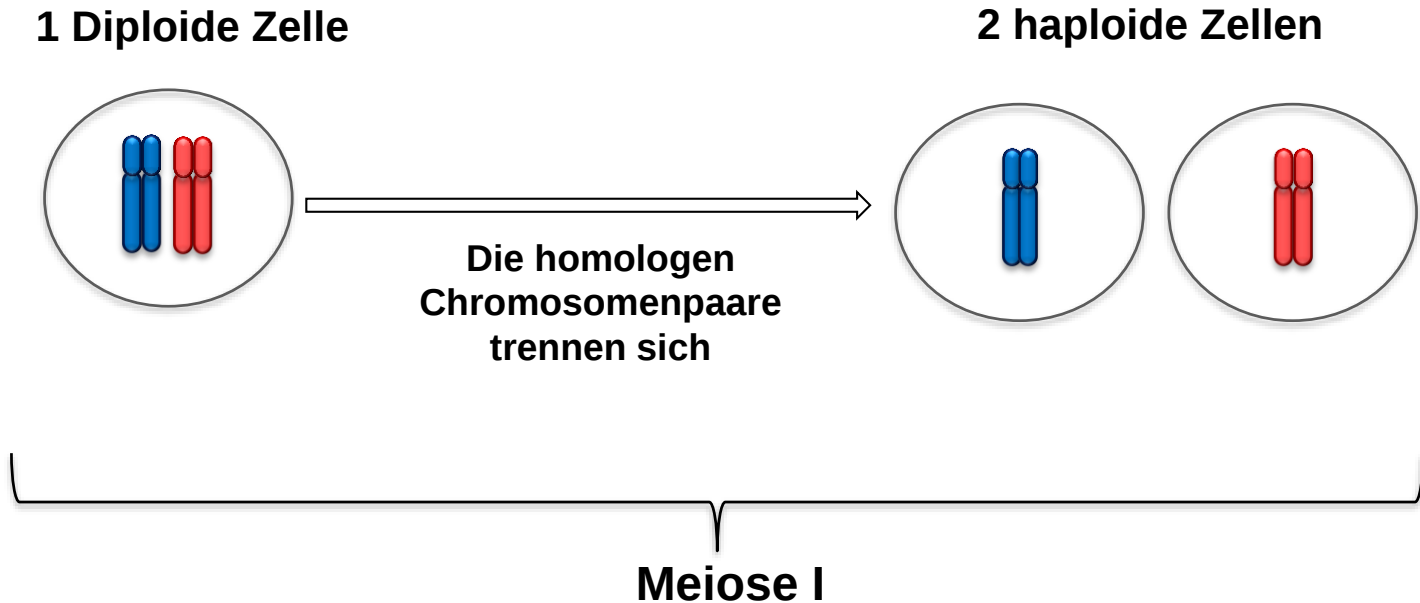
Funktionen der DNA

Meiose



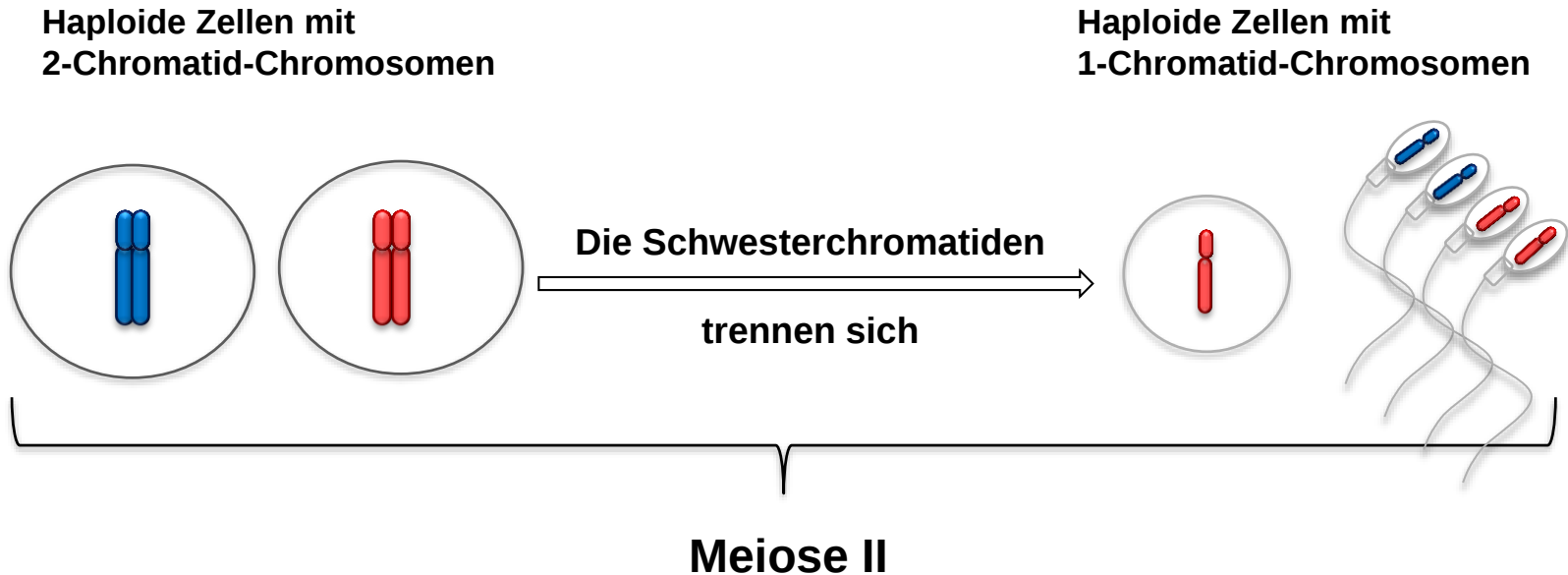
Funktionen der DNA

Meiose

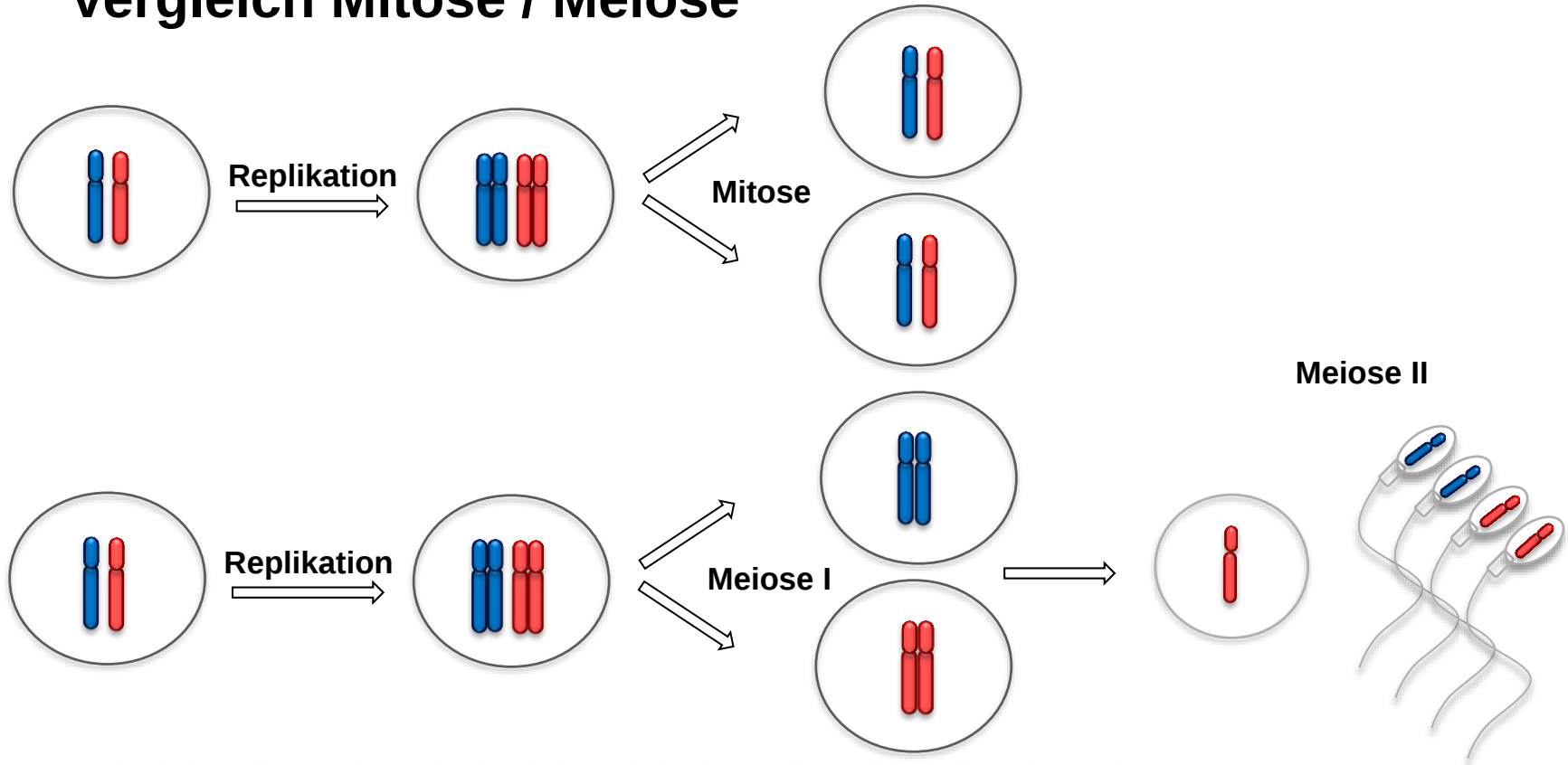


Funktionen der DNA

Meiose



Vergleich Mitose / Meiose



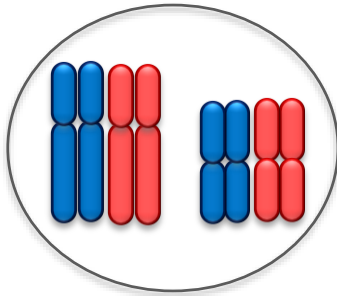
Funktionen der DNA

Meiose

- Im Rahmen der Meiose kommt es zu einer **zufälligen Auswahl der Erbanlagen**, die von den Eltern weitergegeben werden (Mendelian sampling)
- Dies ist die **Grundlage der genetischen Vielfalt!**

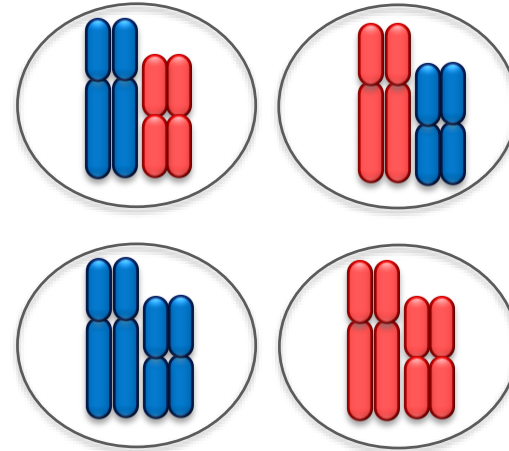
Funktionen der DNA

Meiose



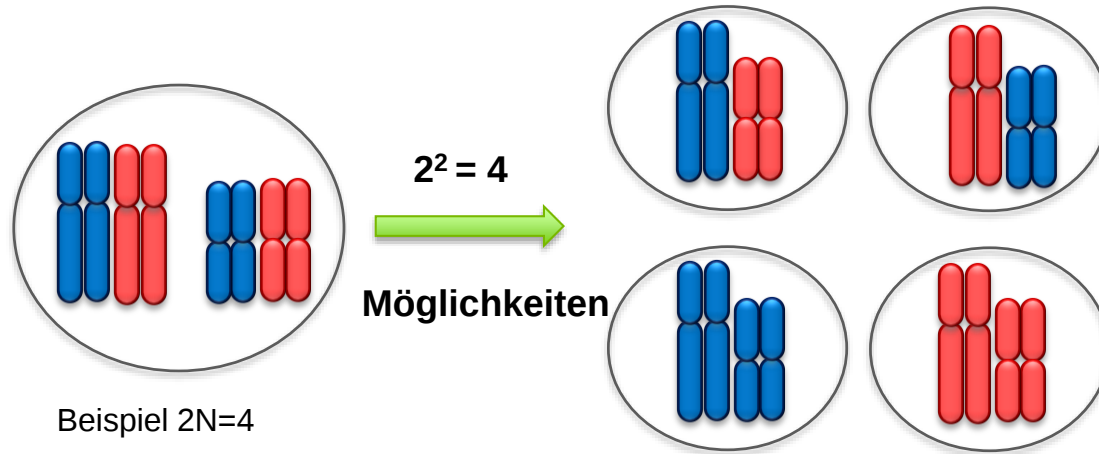
Beispiel $2N=4$

wieviele
→
Möglichkeiten?



Funktionen der DNA

Meiose



Je mehr Chromosomenpaare eine Art hat, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass in einer Tochterzellen nur mütterliche oder nur väterliche Chromosomen enthalten sind

Schwein: 19 Chromosomenpaare $\rightarrow 2^{19} = 524.288$ Möglichkeiten

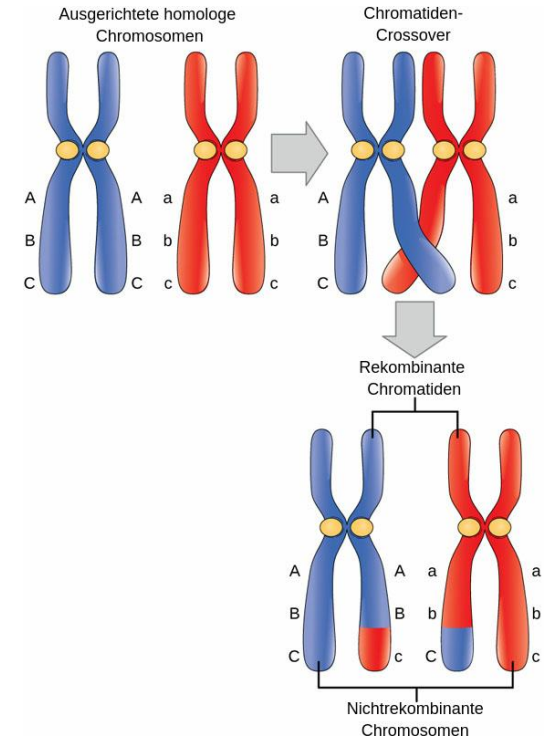
Rind: 30 Chromosomenpaare $\rightarrow 2^{30} = > 1$ Mrd. Möglichkeiten

Funktionen der DNA

Meiose

- Während der Meiose findet das **Crossing-Over** statt
- Dabei werden Teilstücke der homologen Chromosomen ausgetauscht, sodass es zur **Rekombination** kommt (z.B. väterliches Chromosom enthält dann ein Teilstück des mütterlichen Chromosoms)
- Dieser **rekombinierte Haplotyp** kann als Gamete an die Nachkommen weitergegeben werden

→ **Erhöhung der genetischen Vielfalt**



<https://theory.labster.com/meiosis-i/synapsis-and-cross-over-de/>

Funktionen der DNA

Mitose

- Dient der Entwicklung vielzelliger Organismen aus einer diploiden Zygote sowie der Produktion von Zellen für Wachstum und Reparatur
- 2 diploide, genetisch identische Tochterzellen
- 1 Teilung
- Kein Crossing-Over

Meiose

- Dient der Produktion von haploiden Keimzellen
- Basis der genetischen Vielfalt
- 4 haploide Tochterzellen, die sich genetisch untereinander und von der Ursprungszelle unterscheiden
- 2 Teilungen
- Crossing-Over während Prophase I

Zusammenfassung

- Die **Proteinbiosynthese** ist die Umsetzung des genetischen Codes in eine Abfolge von Aminosäuren. Sie besteht aus den Schritten Transkription und Translation.
- Der Genotyp umfasst die genetischen Anlagen eines Tieres, wohingegen der Phänotyp als die sichtbare Ausprägung eines Merkmals definiert ist.
- Bei der **DNA-Replikation** wird die vollständige DNA identisch verdoppelt. Anschließend wird im Rahmen der **Mitose** der doppelte Chromosomensatz einer Zelle auf zwei genetisch identische diploide Tochterzellen verteilt.
- Im Gegensatz dazu dient die **Meiose** der Bildung **haploider Keimzellen** (Spermazelle bzw. Eizelle) und ist die Basis der **genetischen Vielfalt** (durch Mendelian Sampling und Crossing-Over).
- Durch die Verschmelzung von Eizelle und Spermazelle entsteht eine **diploide Zygote**.
- Aus der Zygote entwickelt sich durch mitotische Teilungen das erwachsene Tier.

Wiederholungsfragen

- Nennen Sie 3 Funktionen der DNA.
- Welchem Zweck dient die Proteinbiosynthese? Aus welchen beiden Teilen besteht sie?
- Welchem Zweck dient die Mitose?
- Welchem Zweck dient die Meiose?
- Worin unterscheiden sich Mitose und Meiose voneinander?
- Wodurch sind Keimzellen im Gegensatz zu somatischen Zellen gekennzeichnet?
Warum ist das so?
- Was versteht man unter der „Zygote“?
- Wodurch ist die Meiose die Basis der genetischen Vielfalt?



DANKE
für die Aufmerksamkeit!

Dr. Lea Lorenz

Sommersemester 2024