



# Genetische Grundlagen und Methoden der Kreuzungszucht

**Roswitha Baumung**

Department für Nachhaltige Agrarsysteme  
Institut für Nutztierwissenschaften



# Was ist Kreuzungszucht?



- Paarung von Individuen **verschiedener** Linien, **Populationen** oder Rassen  
– Gegenteil der **Reinzucht**
  
- Paarung von Individuen die **weniger eng** miteinander **verwandt** sind als die Paarungspartner im Durchschnitt der Population  
– Gegenteil der **Inzucht**

# Warum Kreuzungszucht?



Kreuzungstiere mit höherer Leistung, Fitness...

Kombination von Merkmalen, die sich in einer Rasse schwer vereinen lassen

-> Was steckt dahinter?



# Genetische Grundlagen



- Erbmaterial-DNS, liegt in Form von Chromosomen vor (Rind 30 Chromosomenpaare)
- DNS-Sequenz, die für ein bestimmtes Protein, Enzym codiert, Funktion hat -> Gen
- Position auf der DNS, wo sich Gen befindet -> Genort, Locus

# Genetische Grundlagen



- pro Locus **2** Gene (von **Vater** und **Mutter**): **AA**
- Gene sind Auswahl aus meist mehreren Varianten in der Population -> **Allele** (**A,a,B,b,C,D...**)

# Genetische Grundlagen

- In Keimzelle (Spermium, Ei): halber Chromosomensatz, nur **ein Allel pro Genort**



- Allele sind an der Ausprägung aller Leistungen beteiligt:  $P = \mathbf{G} + U$
- Zusammenwirkung der Alle unterschiedlich:
  - **Additive** Allelwirkung
  - **Nicht-additive** Allelwirkung (Dominanz, Überdominanz, Epistasie)

# Genetische Grundlagen: additive Allelwirkung

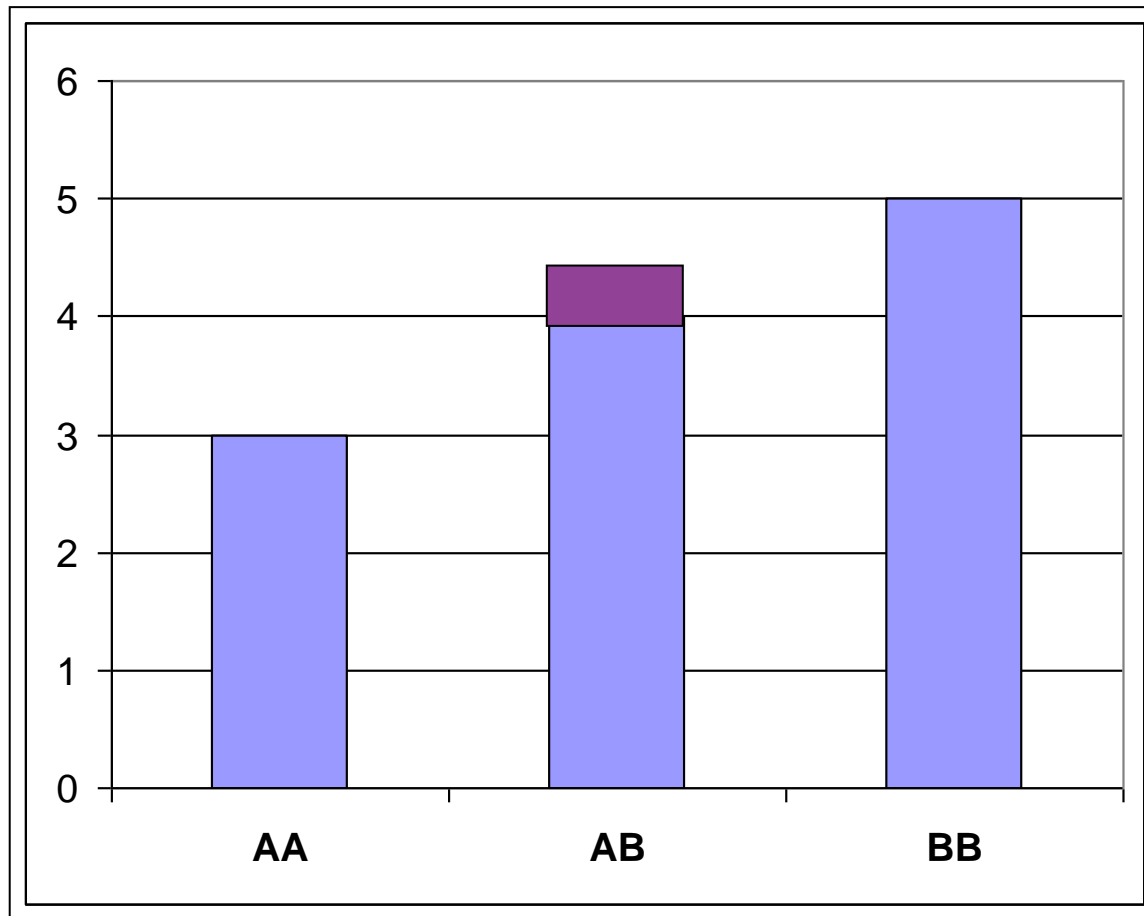
- Allel A: 1,5kg Milch
- Allel B: 2,5kg Milch
  
- AA:  $1,5\text{kg} + 1,5\text{kg} = 3\text{kg}$
- BB:  $2,5\text{kg} + 2,5\text{kg} = 5\text{kg}$
- AB:  $1,5\text{kg} + 2,5\text{kg} = 4\text{kg}$
  
- AB genau in der Mitte zwischen AB



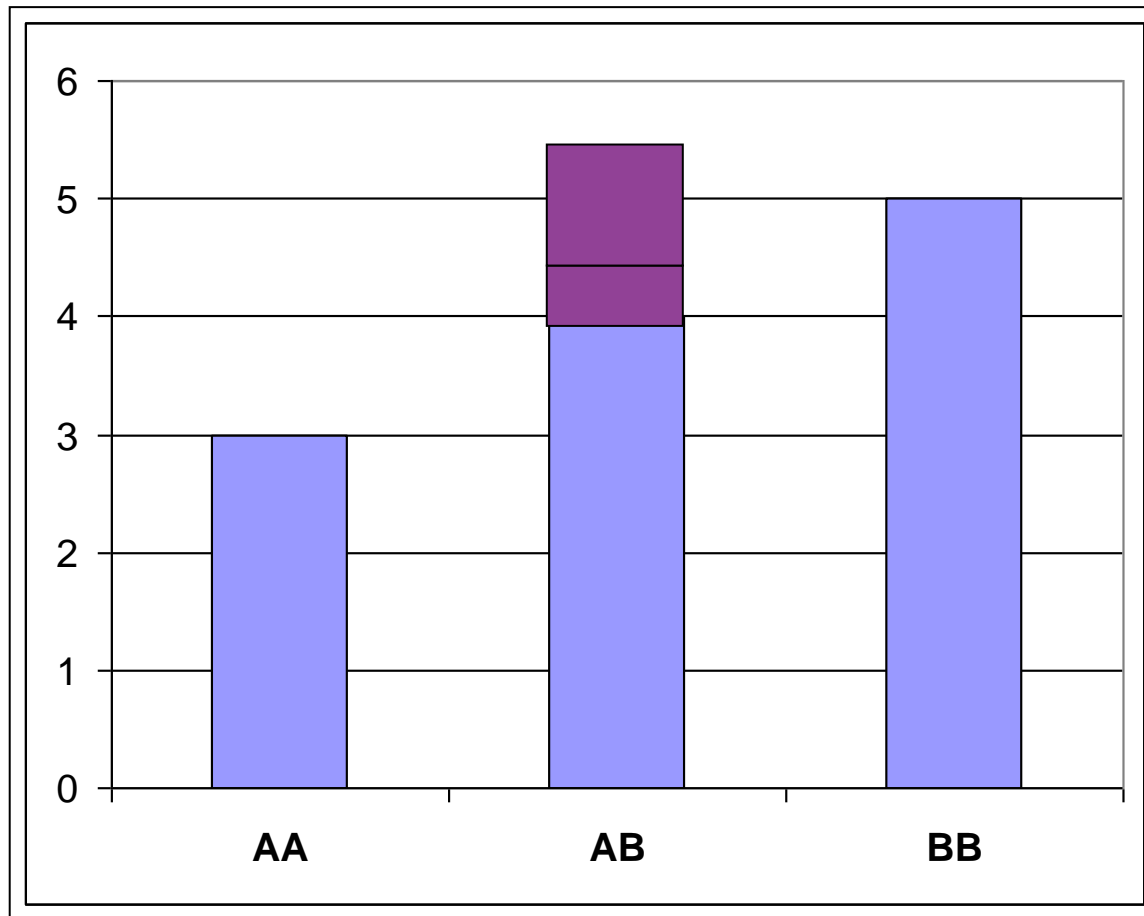
# Genetische Grundlagen: additive Allelwirkung



# Genetische Grundlagen: Dominanz



# Genetische Grundlagen: Überdominanz



# Genetische Grundlagen:

- **Nicht-additive Allelwirkung** (Dominanz, Überdominanz) tritt **an heterozygoten Genorten** auf
- Kreuzungszucht erhöht den Anteil heterozygoter Genorte – (Inzucht erhöht Anteil homozygoter Genorte!)
- Kreuzungszucht nutzt additive und nicht-additive Allelwirkungen!!!

# Genetische Grundlagen:

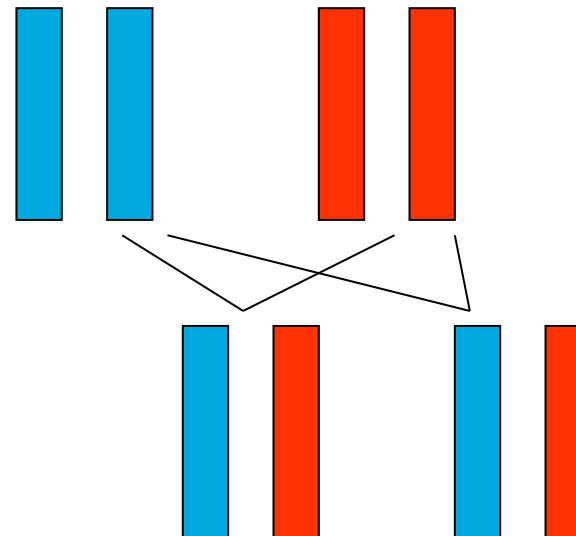
- **Heterosis** = durchschnittliche Leistung der Kreuzungsnachkommen weicht vom Mittel der Elternpopulationen ab:

- $(AA+BB)/2 \neq AB$

- Heterosis: Gegenteil der Inzuchtdepression

# Genetische Grundlagen: Homo- und Heterozygotie auf Chromosomenebene

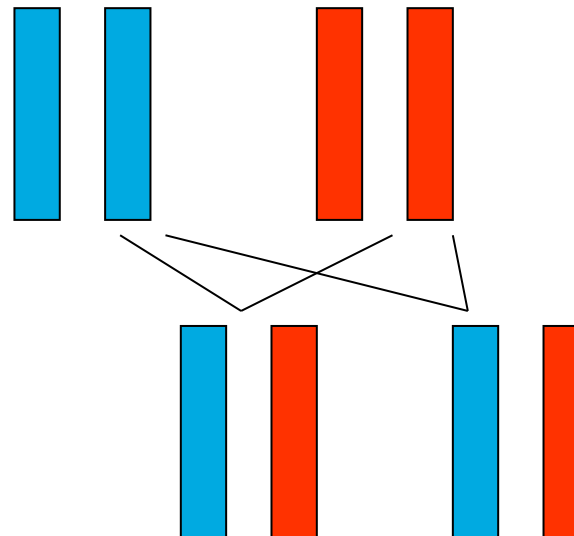
homozygote  
Eltern



heterozygote  
Nachkommen F1

# Genetische Grundlagen: Homo- und Heterozygotie auf Chromosomenebene

homozygote  
Eltern



heterozygote  
Nachkommen F1

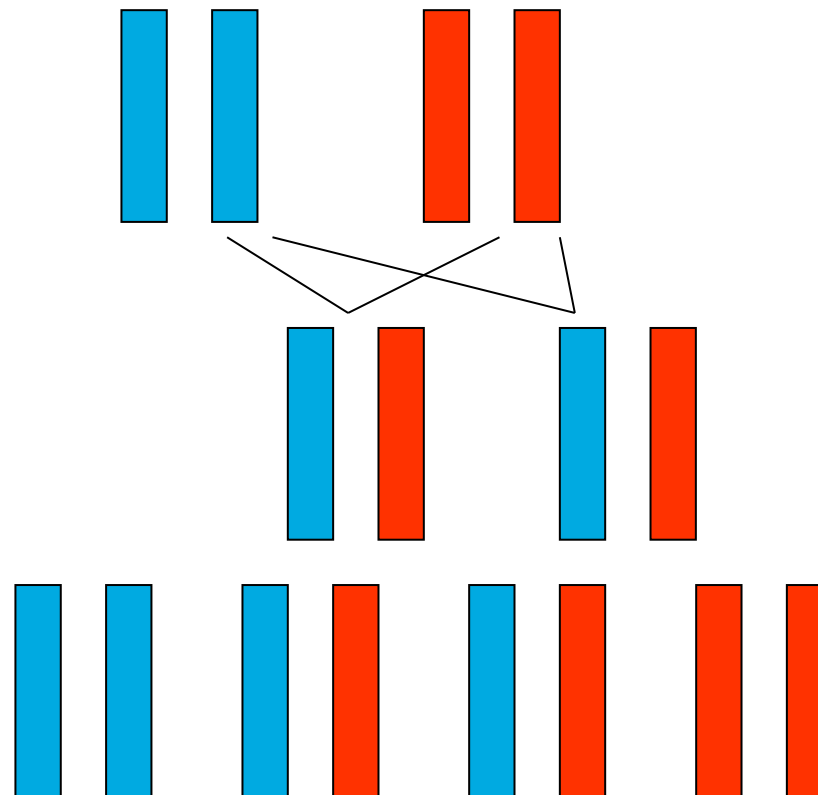
**F1: 100%  
Nutzung  
der  
Heterosis**

# Genetische Grundlagen: Homo- und Heterozygotie auf Chromosomenebene

homozygote  
Eltern

heterozygote  
Nachkommen F1

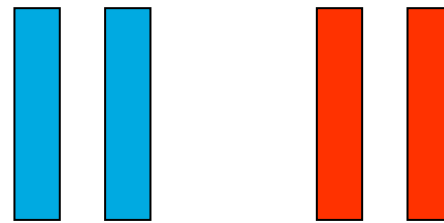
50% heterozygote  
und 50%  
homozygote in F2



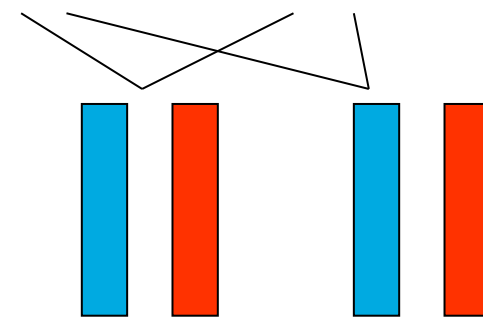


# Genetische Grundlagen: Homo- und Heterozygotie auf Chromosomenebene

homozygote  
Eltern

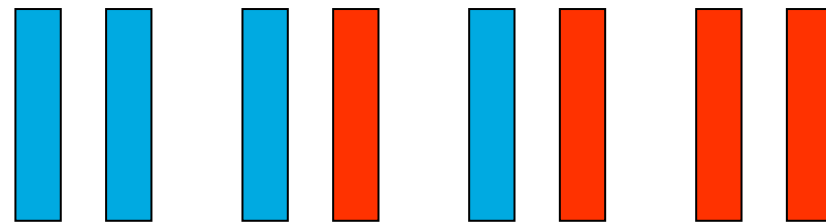


heterozygote  
Nachkommen F1



F2: 50%  
Nutzung der  
Heterosis

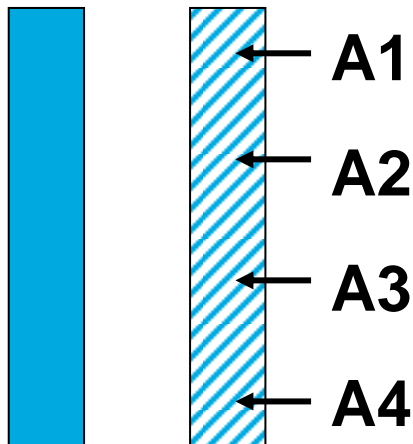
50% heterozygote  
und 50%  
homozygote in F2



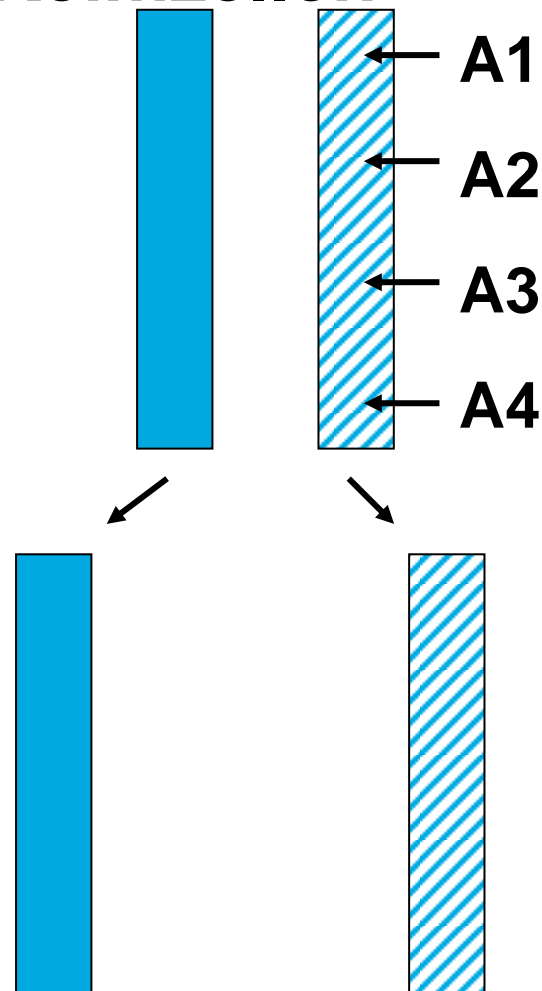
# Genetische Grundlagen:

## Epistasie

- Zusammenwirkung von Allelen verschiedener Genorte: im Laufe der Evolution, Selektion bauen sich positive Epistasieeffekte auf (bestimmte **günstige Allelkombinationen**)



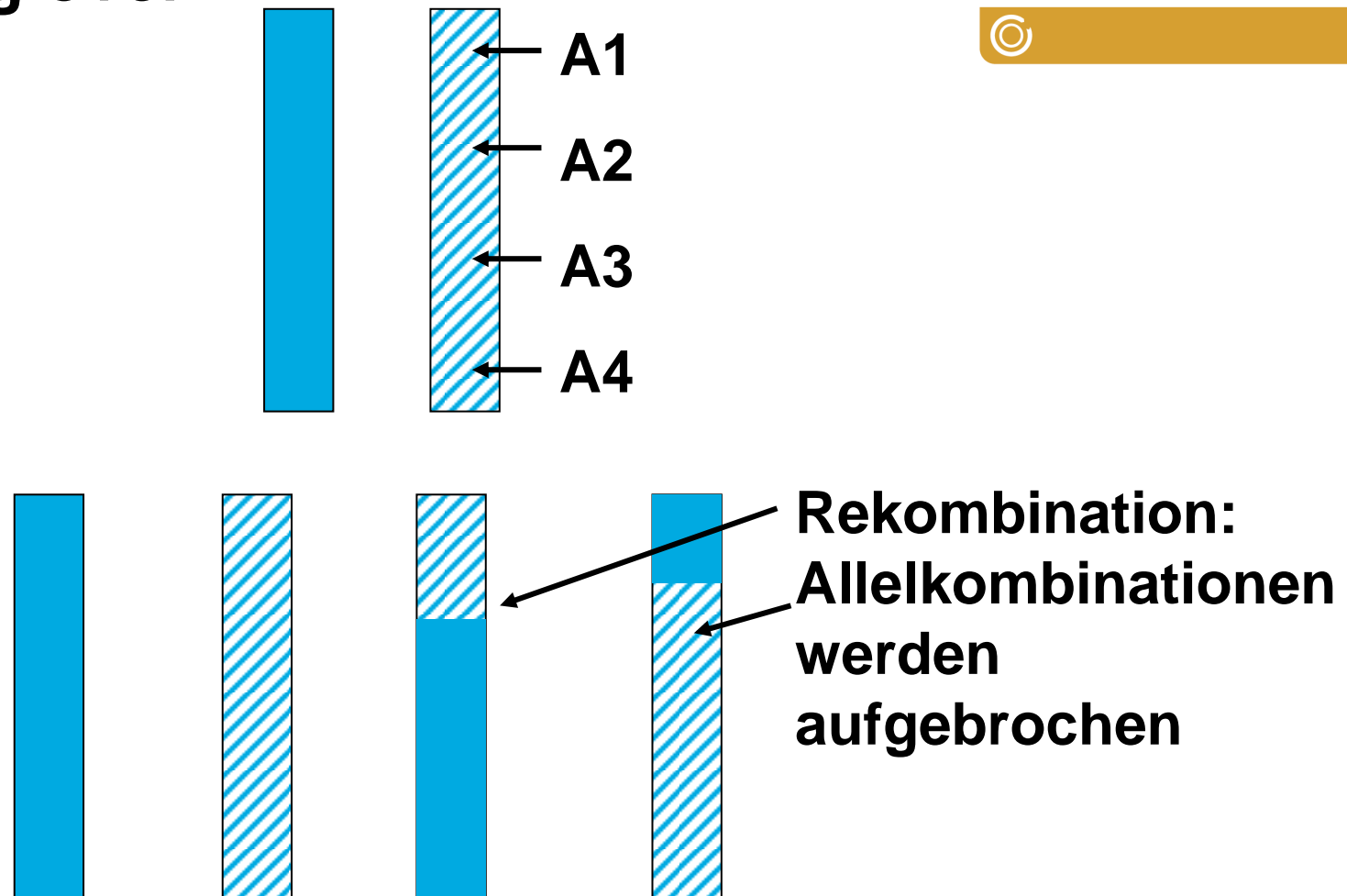
# Genetische Grundlagen: Bildung der Keimzellen



**Halber  
Chromo-  
somensatz in  
Keimzellen**

**Eventuell günstige  
Allelkombinationen  
bleiben erhalten**

# Genetische Grundlagen: Crossing over

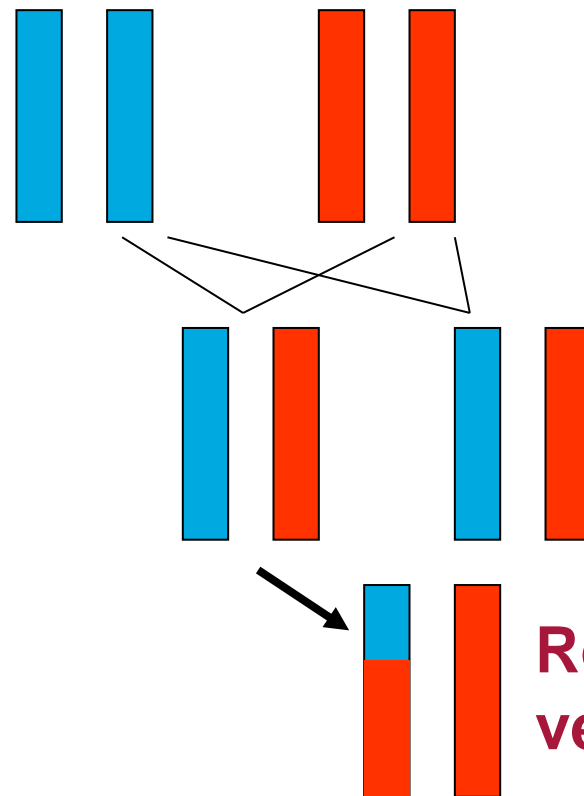


# Genetische Grundlagen: Homo- und Heterozygotie auf Chromosomenebene

homozygote  
Eltern

heterozygote  
Nachkommen F1

Neukombination  
der Allele der  
Ausgangsrassen



**Rekombinations-  
verlust möglich**

# Warum Kreuzungszucht:



- Nutzung **nicht-additiver Genwirkungen**:  
**Heterosis**: vor allem bei Merkmalen mit geringer Heritabilität (Fruchtbarkeit, Krankheitsresistenz...)
- Nutzung **additiver Genwirkungen**:  
**Kombinations- oder Stellungseffekte**: Wahl der Mutter- bzw. Vatterrasse wichtig (Bsp. Schwein)

# Methoden der Kreuzungszucht:



- Kreuzung= Paarung von Individuen verschiedener Linien, Populationen oder Rassen
- Linie, Rasse nicht eindeutig definiert
- Einteilung der Zuchtmethoden in Reinzucht bzw. Kreuzung nicht immer eindeutig

# Methoden der Kreuzungszucht:

- Prinzipiell Ausgangspopulationen stammen aus Reinzucht -> **ohne Reinzucht keine Kreuzungszucht**
- Einteilung in **diskontinuierliche** und **kontinuierliche** Kreuzungszucht-Methoden



# Methoden der Kreuzungszucht:

## Diskontinuierlich

- Einfach-Kreuzung
- Mehrfach-Kreuzung
  - 3-Rassen-Kreuzung
  - Rückkreuzung
  - 4-Rassen-Kreuzung

# Methoden der Kreuzungszucht:



## Diskontinuierlich

- Einfach-Kreuzung
- Mehrfachkreuzung
  - 3-Rassen-Kreuzung
  - Rückkreuzung
  - 4-Rassen-Kreuzung

## Kontinuierlich

- Rotationskreuzung
  - Wechselkreuzung
  - 3-Rassen-Rotation

# Methoden der Kreuzungszucht:



## Diskontinuierlich

- Einfach-Kreuzung
- Mehrfachkreuzung
  - 3-Rassen-Kreuzung
  - Rückkreuzung
  - 4-Rassen-Kreuzung

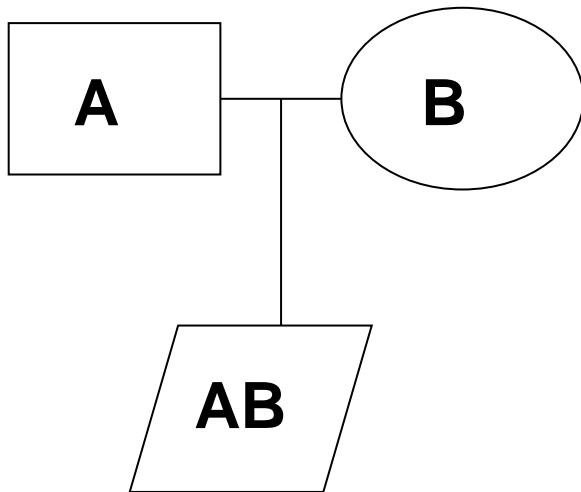
## Kontinuierlich

- Rotationskreuzung
  - Wechselkreuzung
  - 3-Rassen-Rotation
- Terminalrotation

# Diskontinuierliche Kreuzungszucht

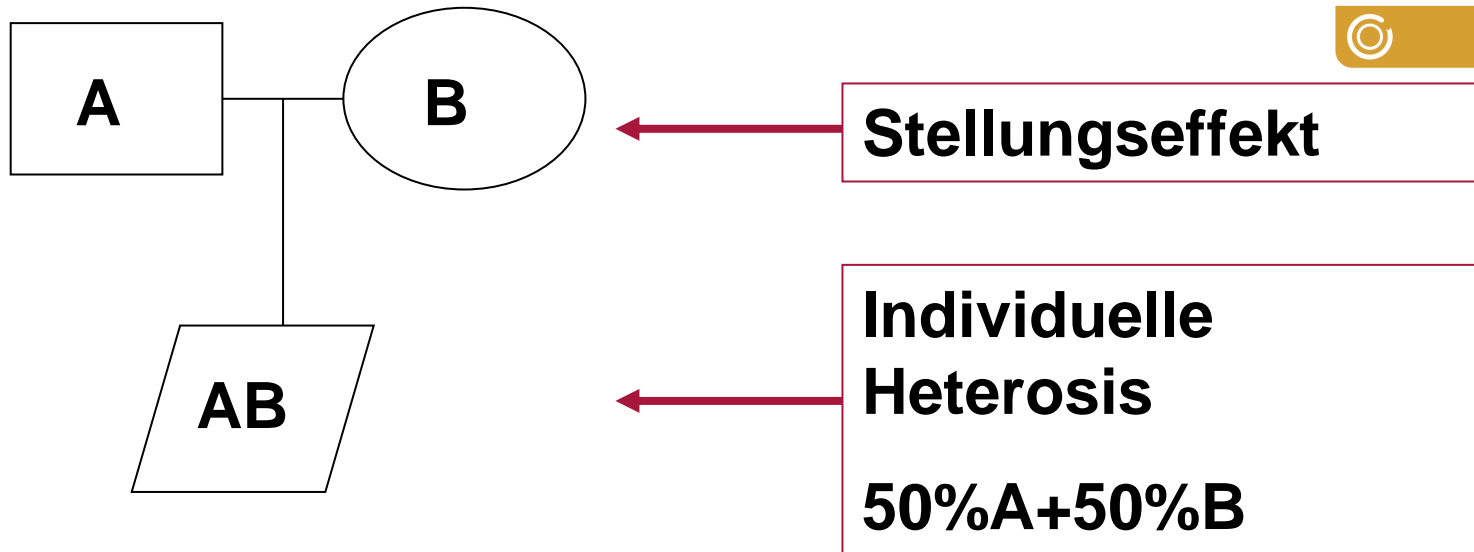
- „Endprodukt“ , reines Nutztier = Kreuzungstier mit klar definierten Genanteilen der Ausgangspopulationen (z.B.: 50%A + 50%B)
- Methode = Gebrauchs- oder Terminalkreuzung

# Diskontinuierliche Kreuzungszucht



**Einfach-Kreuzung**

# Diskontinuierliche Kreuzungszucht



**Einfach-Kreuzung**

# Einfach-Kreuzung

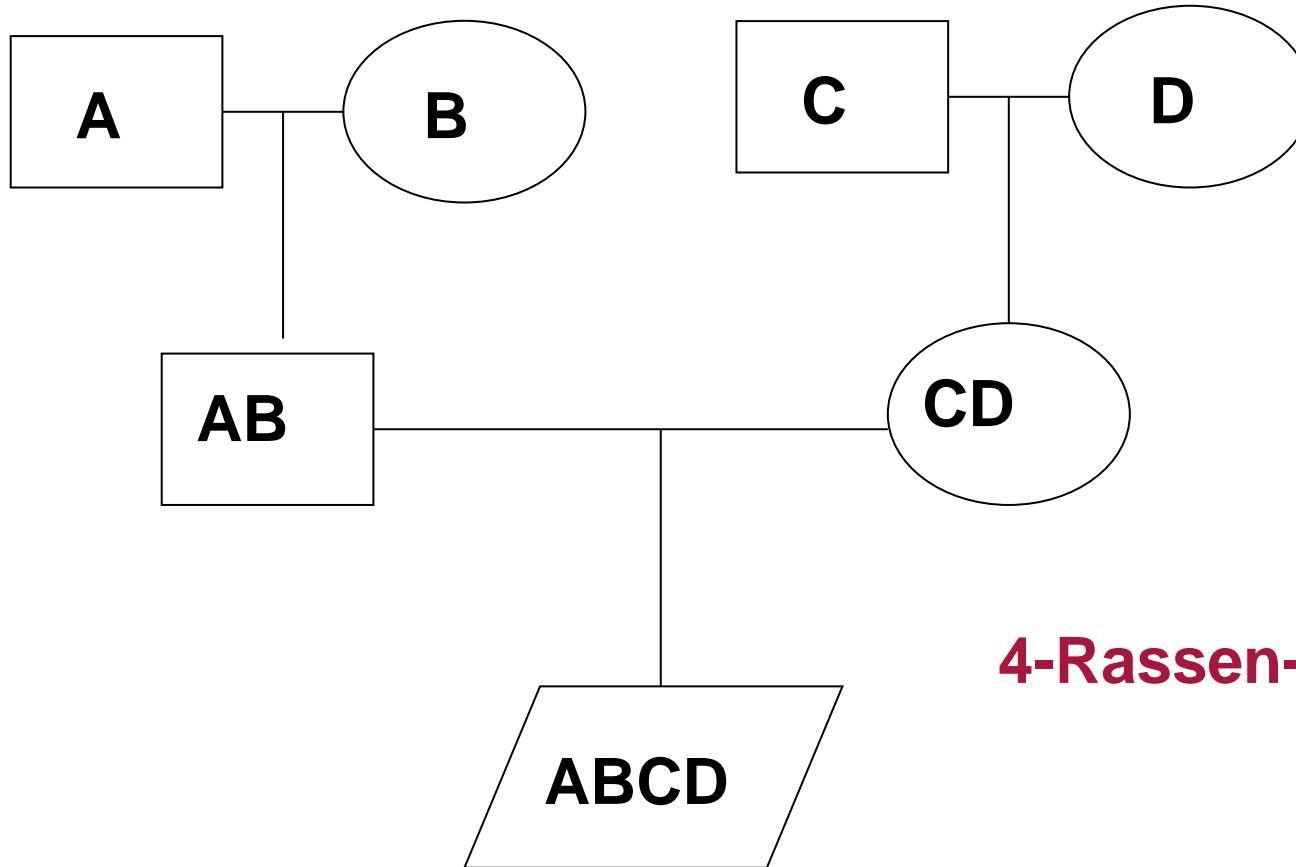
- Organisatorisch relativ einfach, Kreuzung zweier komplementärer Rassen, Linien
- Kreuzungstiere gehen nicht in die Zucht – keine Rekombinationsverluste
- Stellungseffekt + individuelle Heterosis
- Bsp. Rinderzucht: „Beef from Dairy“ – Belegung von Milchkühen mit Fleischrassen

# Mehrfachkreuzung-Kreuzung

- Drei-Rassen-Kreuzung
- Vier-Rassen-Kreuzung
- Rückkreuzung

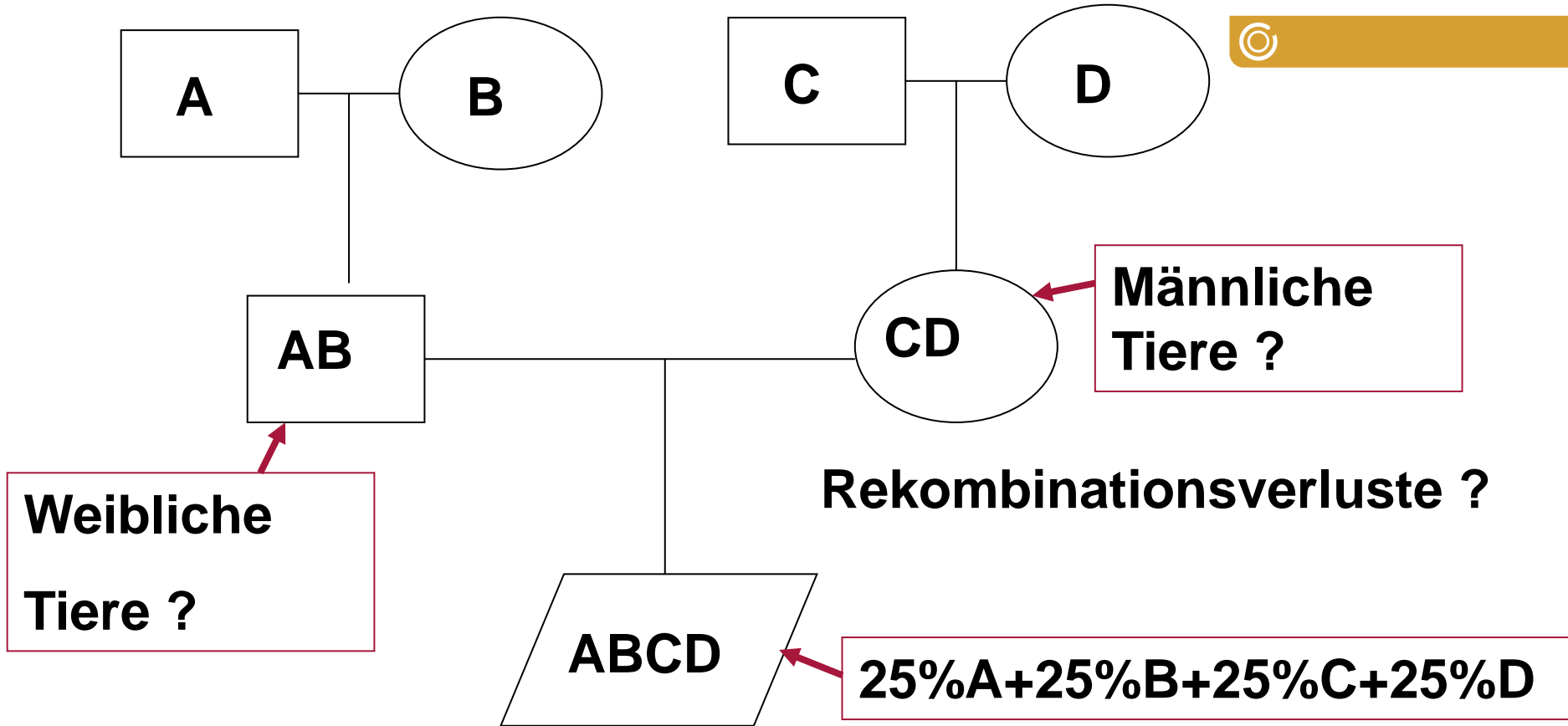


# Diskontinuierliche Kreuzungszucht



**4-Rassen-Kreuzung**

# Diskontinuierliche Kreuzungszucht



# Mehrfachkreuzung-Kreuzung

- 4-Rassenkreuzung: F1 Muttertiere und F1 Vätertiere
  - 4 Ausgangsrassen
  - Maternale und paternale Heterosis (Fruchtbarkeit, Vitalität)
  - Stellungseffekt und individuelle Heterosis aber Rekombinationsverluste
  - Bsp: Geflügel, Schwein

# Diskontinuierliche Kreuzungszucht

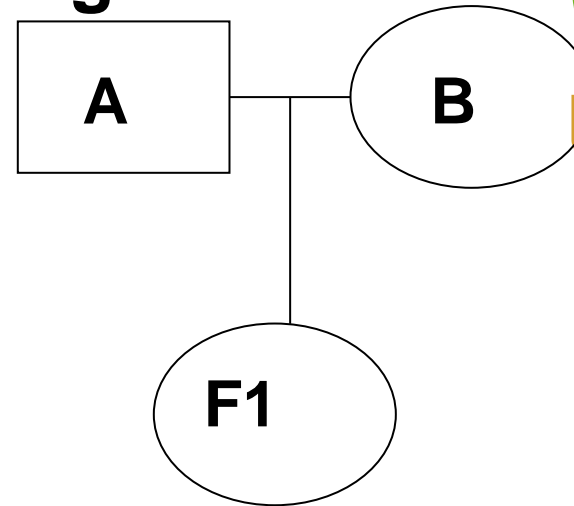


- Vorteile:
  - Vater- bzw. Mutterrasse klar definiert – Nutzung des Stellungseffektes
  - Gute Nutzung des Heterosiseffektes
  - Einheitliche „Endprodukte“
- Nachteile bei Mehrfach-Kreuzung:
  - Anfall von „Nebenprodukten“
  - zuchtorganisatorischer Aufwand!!!

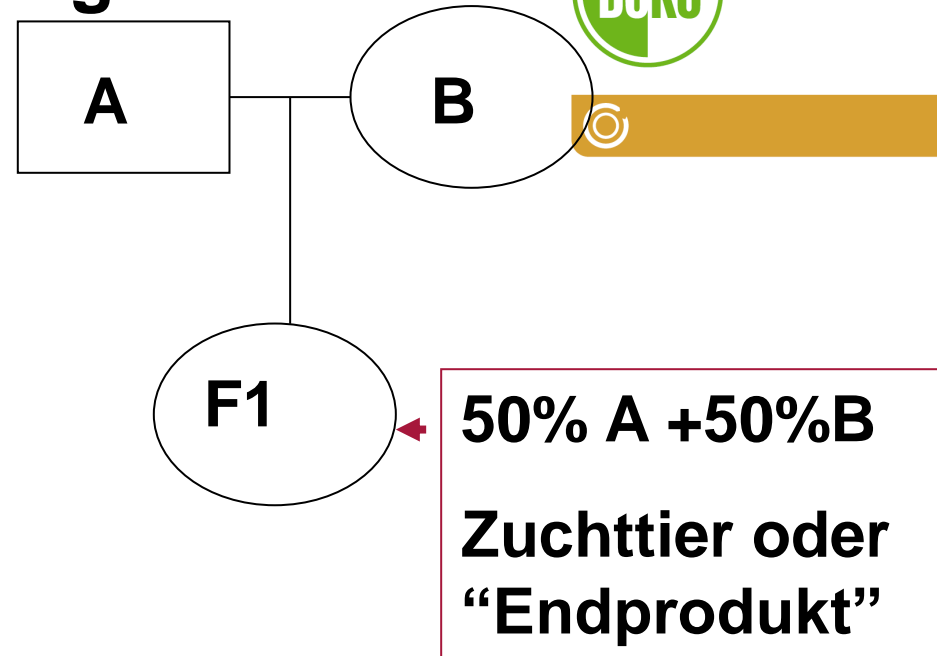
# Kontinuierliche Kreuzungszucht

- Kontinuierliche Kreuzung – kein Endprodukt mit definiertem Genanteil
- Weibliche Zuchttiere: Kreuzung
- Männliche Zuchttiere: Reinzucht
- „Endprodukt“: überzählige weibliche Tiere +männliche Kreuzungstiere

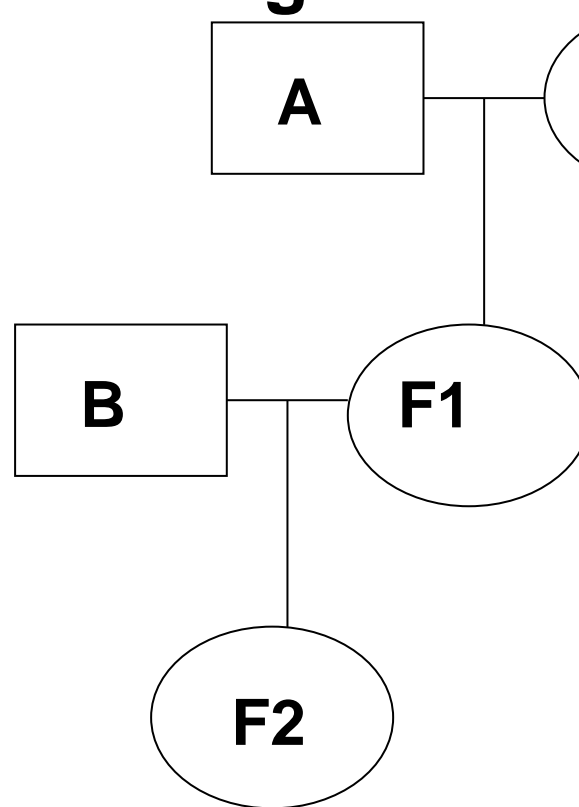
# Kontinuierliche Kreuzungszucht



# Kontinuierliche Kreuzungszucht

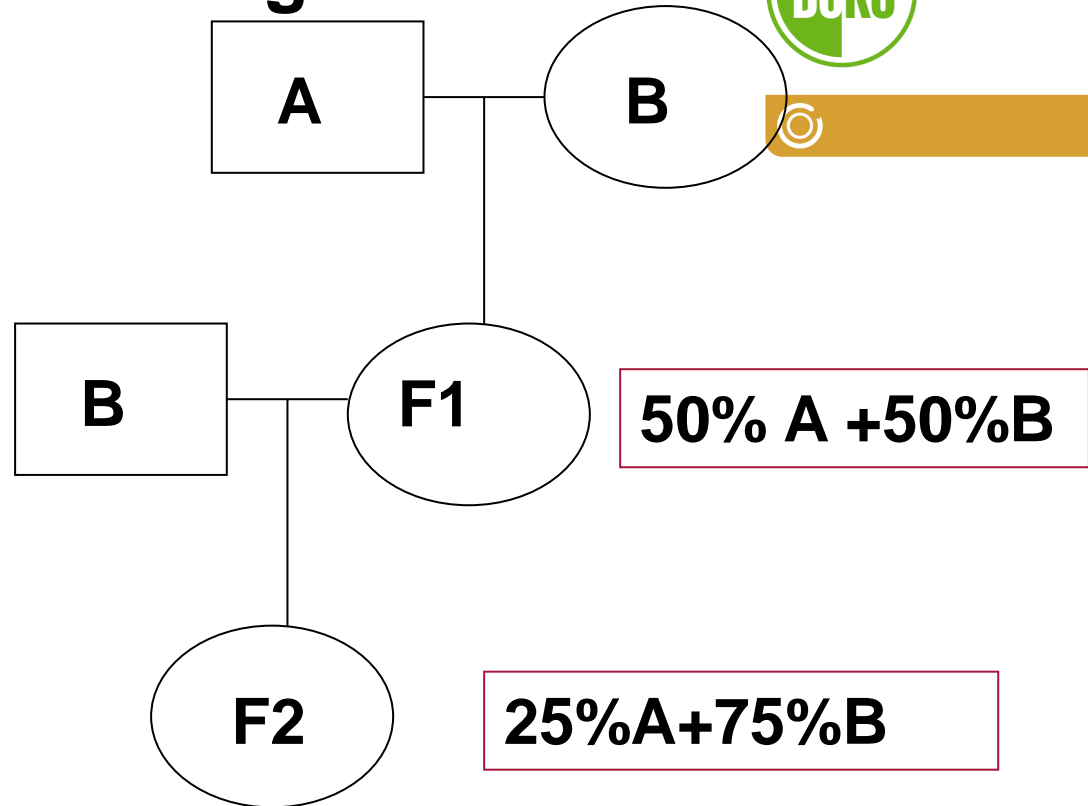


# Kontinuierliche Kreuzungszucht



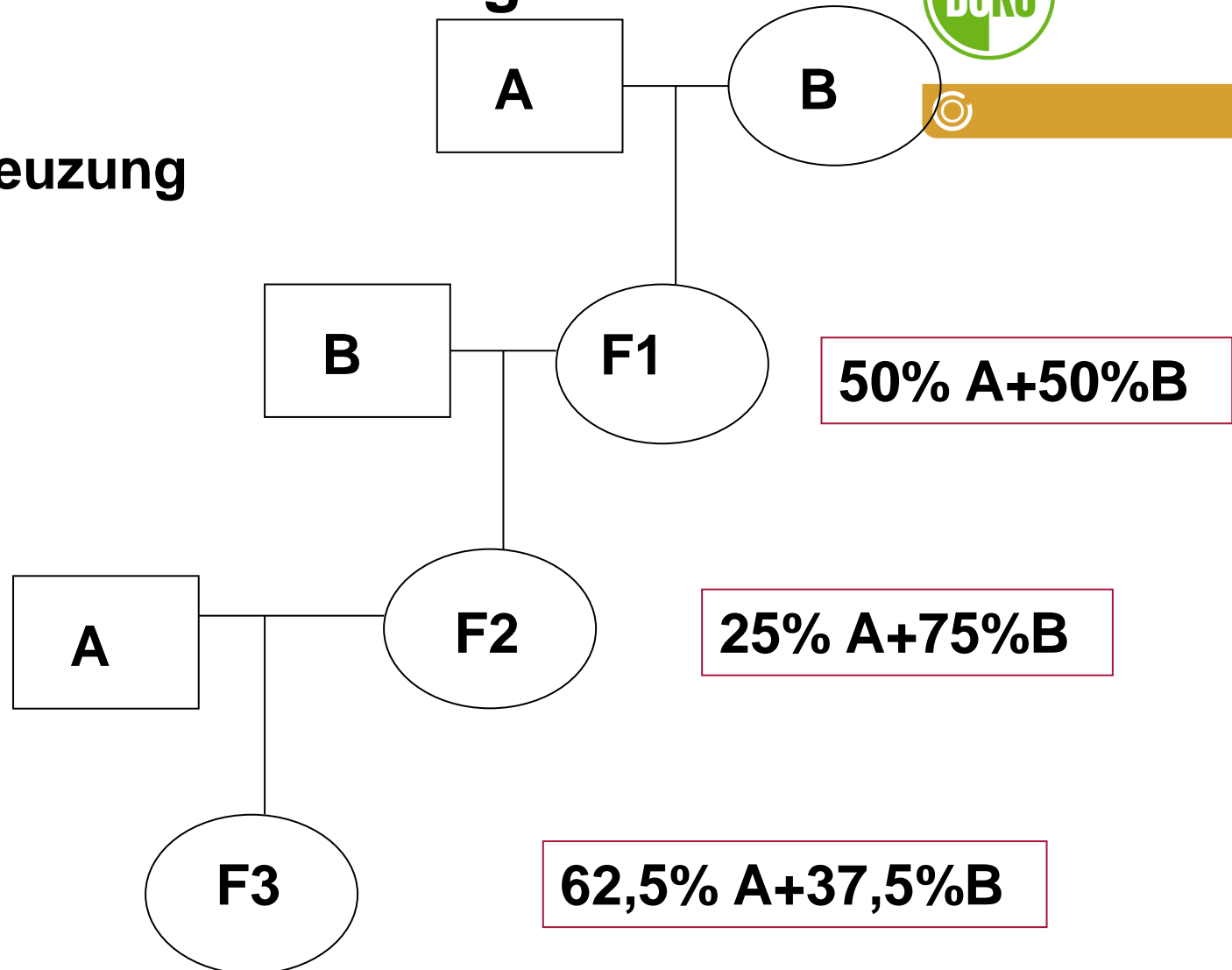


# Kontinuierliche Kreuzungszucht

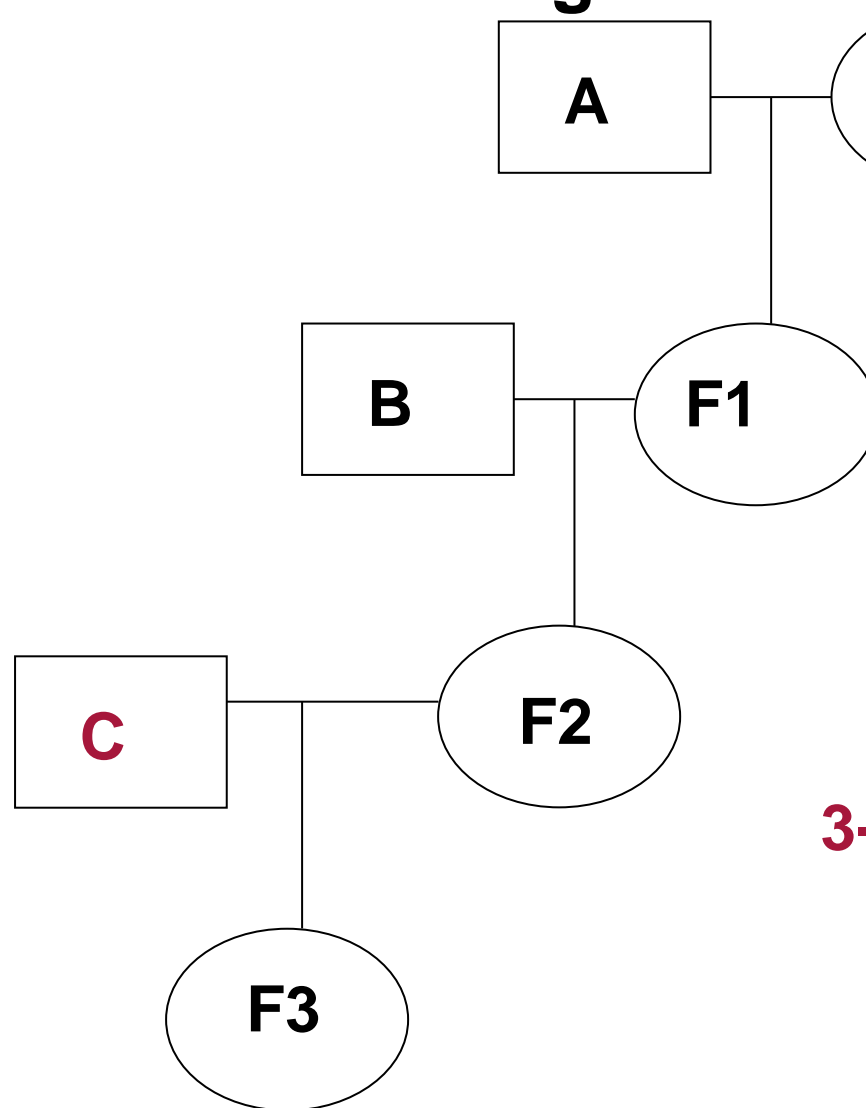


# Kontinuierliche Kreuzungszucht

## Wechselkreuzung



# Kontinuierliche Kreuzungszucht



**3-Rassen-Rotation**

# Kontinuierliche Kreuzungszucht

- Vorteile:

- Remontierung am eigenen Betrieb
- Zukauf Zuchtfortschritt über männliche Reinzuchttiere
- Relativ kostengünstig – extensive Produktionssysteme
- Keine „Nebenprodukte“

# Kontinuierliche Kreuzungszucht

- Nachteile:
  - Uneinheitliche Endprodukte
  - Populationen mit ähnlichem Phänotyp – geringer Heterosiseffekt und Stellungseffekt

# Kontinuierliche Kreuzungszucht

•Beispiele in der Rinderzucht:

Rotationskreuzung:

- Holstein x Jersey in Neuseeland
- Lebensleistungszucht

# Reinzucht

- **Veredelungszucht** : Einkreuzungen zur Verbesserung einer Ausgangsrasse (RHF in FV, PI)
- **Verdrängungszucht**: Verdrängung einer Rasse durch eine andere (HF in SB, BS in BV)
- **Kombinationszucht**: Schaffung einer neuen Rasse  
(SB, J, HF->SMR, Deutsch Angus)

# Zusammenfassung: Kreuzungszucht allgemein

- Kreuzungszucht nutzt Stellungseffekt und Heterosis
- Heterosis am größten bei Fitnessmerkmale
- bei Geflügel und Schwein etabliert, Spezialisierung (Zucht, Vermehrung, Produktion)





# Zusammenfassung

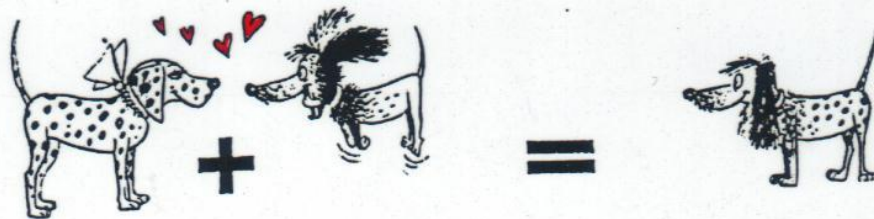
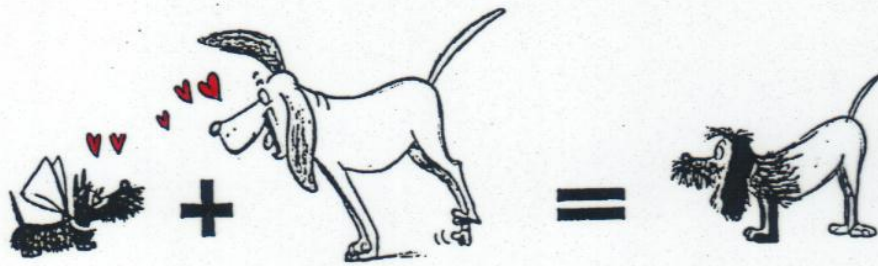
## Kreuzungszucht beim Rind

- Eher einfache Kreuzungsmethoden beim Rind
- Komplexere Methoden??
  - Organisatorischer Aufwand
  - Spezialisierung von Betrieben
  - Vermarktung von „Nebenprodukten“

# Zusammenfassung

## Kreuzungszucht beim Rind

- Nur einfache Methoden?
  - Veredelung -> Verdrängung
- Einfach-Kreuzung:
  - Betriebsebene: wirtschaftlich interessant
  - Populationsebene: geringere Selektionsintensität? -> Auswirkung auf Reinzucht
- Ohne Reinzucht keine Kreuzungszucht!



DANKE