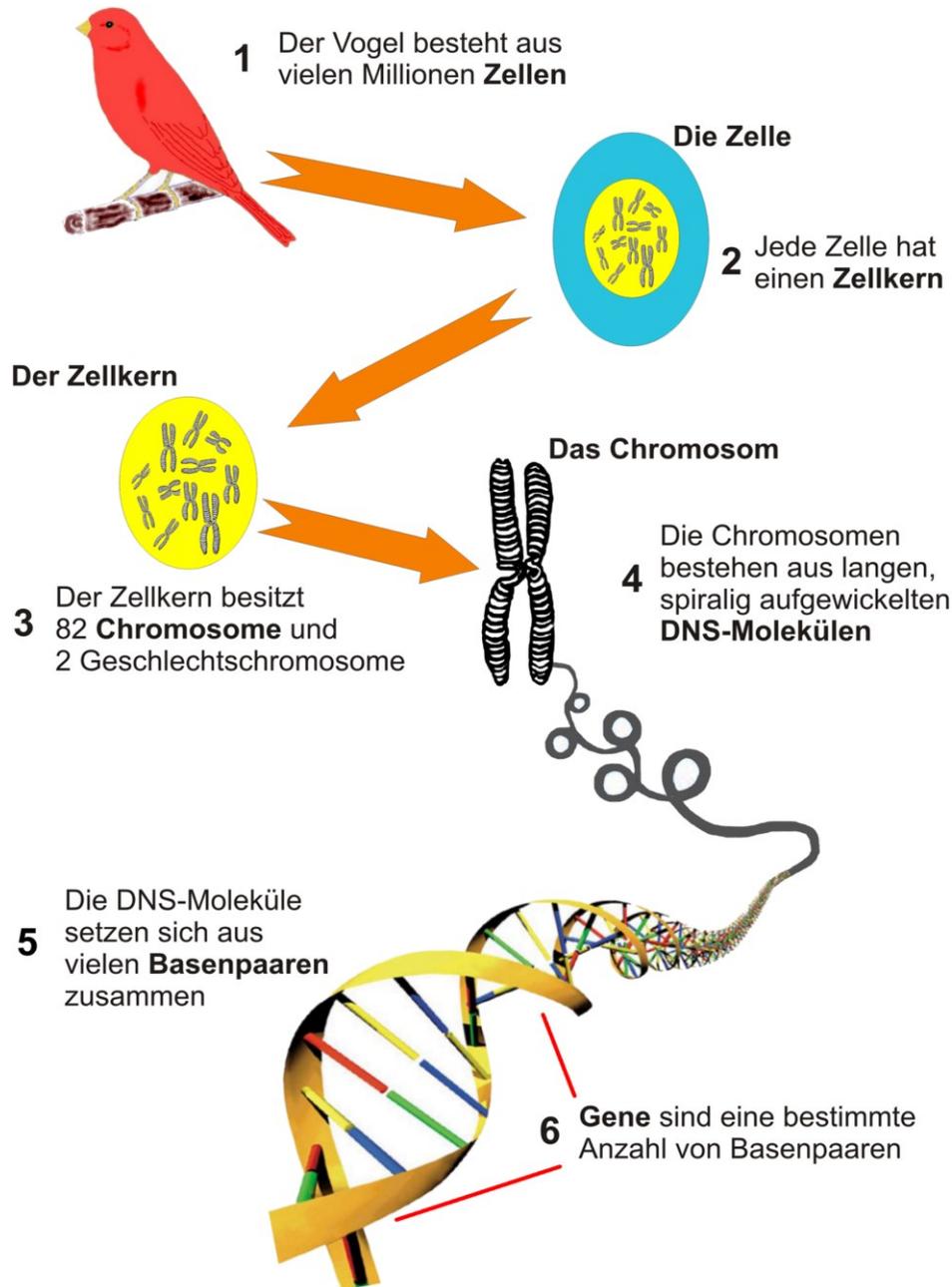


# Die Genetik in der Farbenkanarienzucht

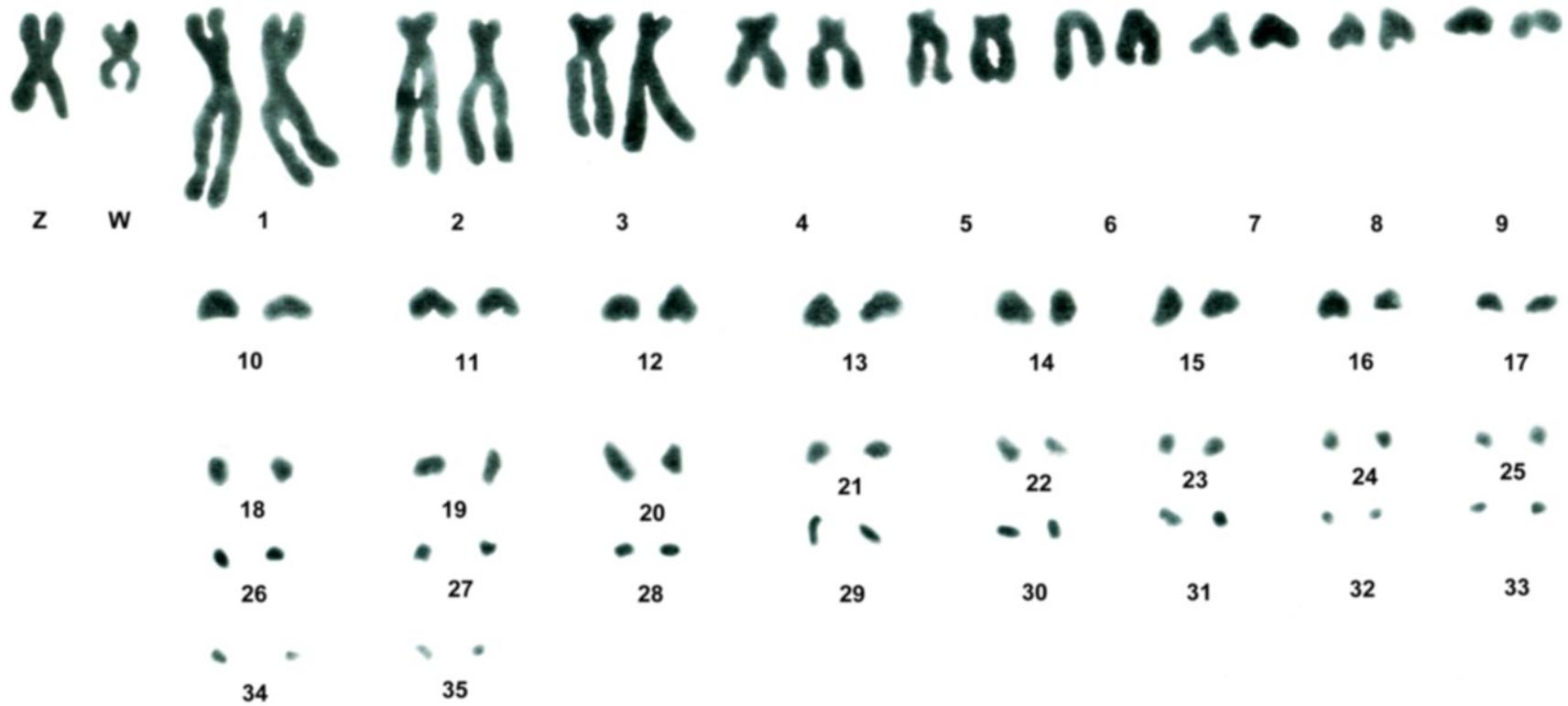
Eine Präsentation  
von  
Norbert Schramm, Dresden

Februar 2025

# Zellen, Chromosome, DNS und Gene

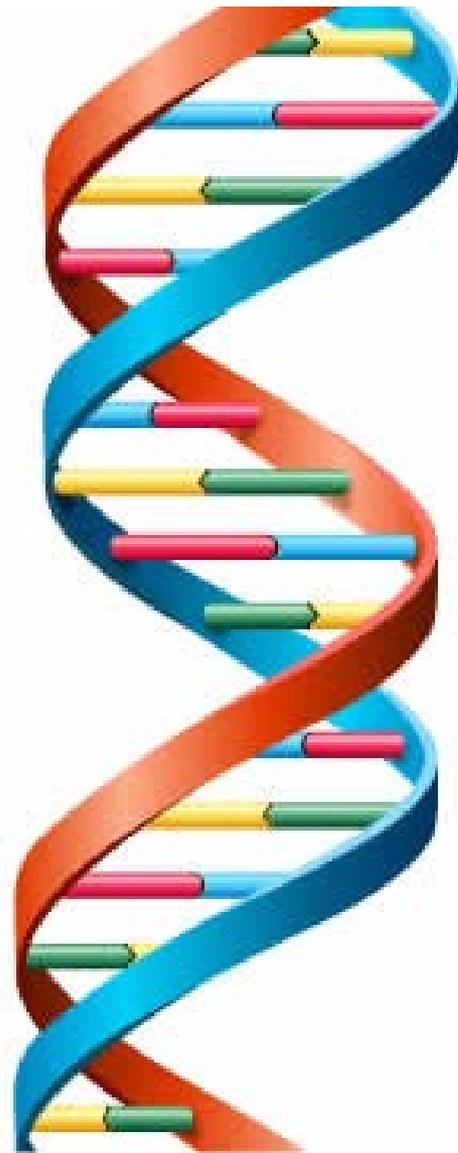


# Chromosome und Bandenmuster



Karyogramm eines Kanarienvogels

# Doppelhelix und Basenpaare



Basen

 **A** denin

 **T** hymin

 **C** ytosin

 **G** uanin

## Triplet-Sequenzen der Basenpaare in der DNA

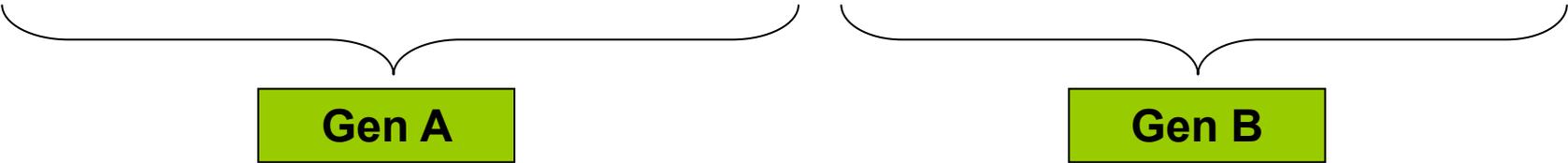
Basenpaare werden immer gebildet durch:

Adenin (A) mit Thymin (T)

Guanin (G) mit Cytosin (C)

Jeweils drei Basenpaare bilden ein **Triplet**

AGT CCA GCA TTC AAG GAT CAT TGA CAG TCT GAA AAA TCT AGA TAT  
TCA GGT CGT AAG TTC CTA GTA ACT GTC AGA CTT TTT AGA TCT ATA

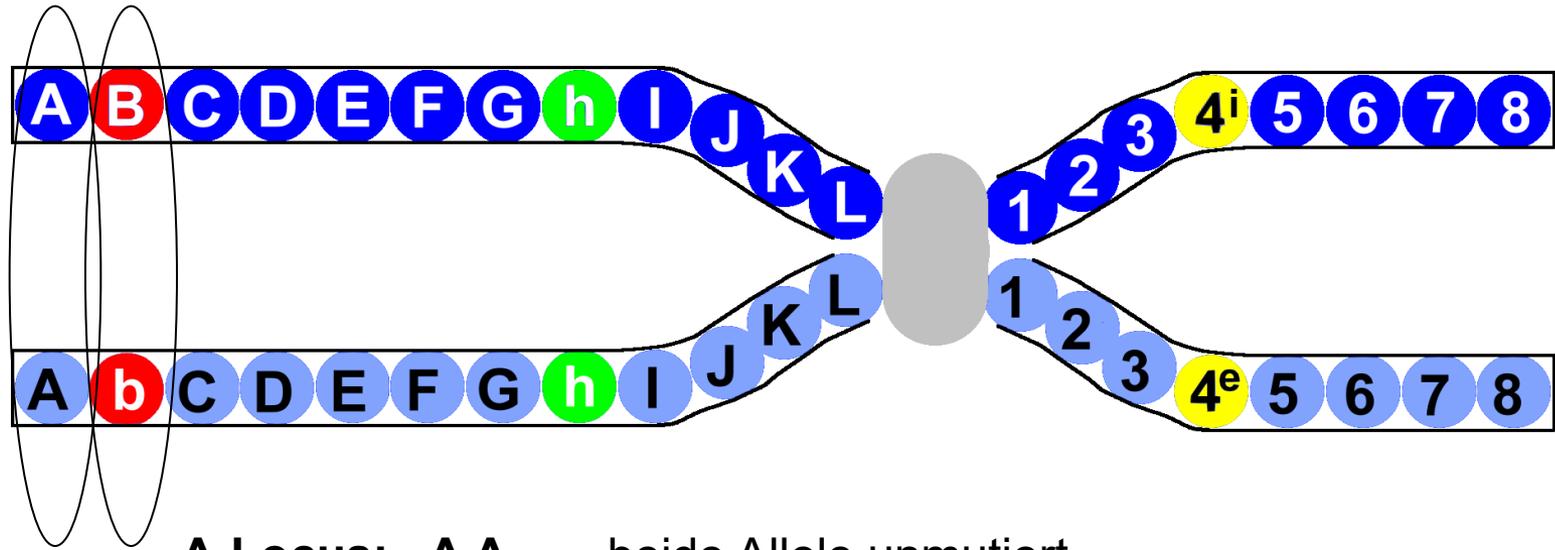


Mehrere Triplets sind ein **Gen**.  
Ein Gen codiert ein **Enzym**

# Chromosom, Loci, Mutationen und Allele

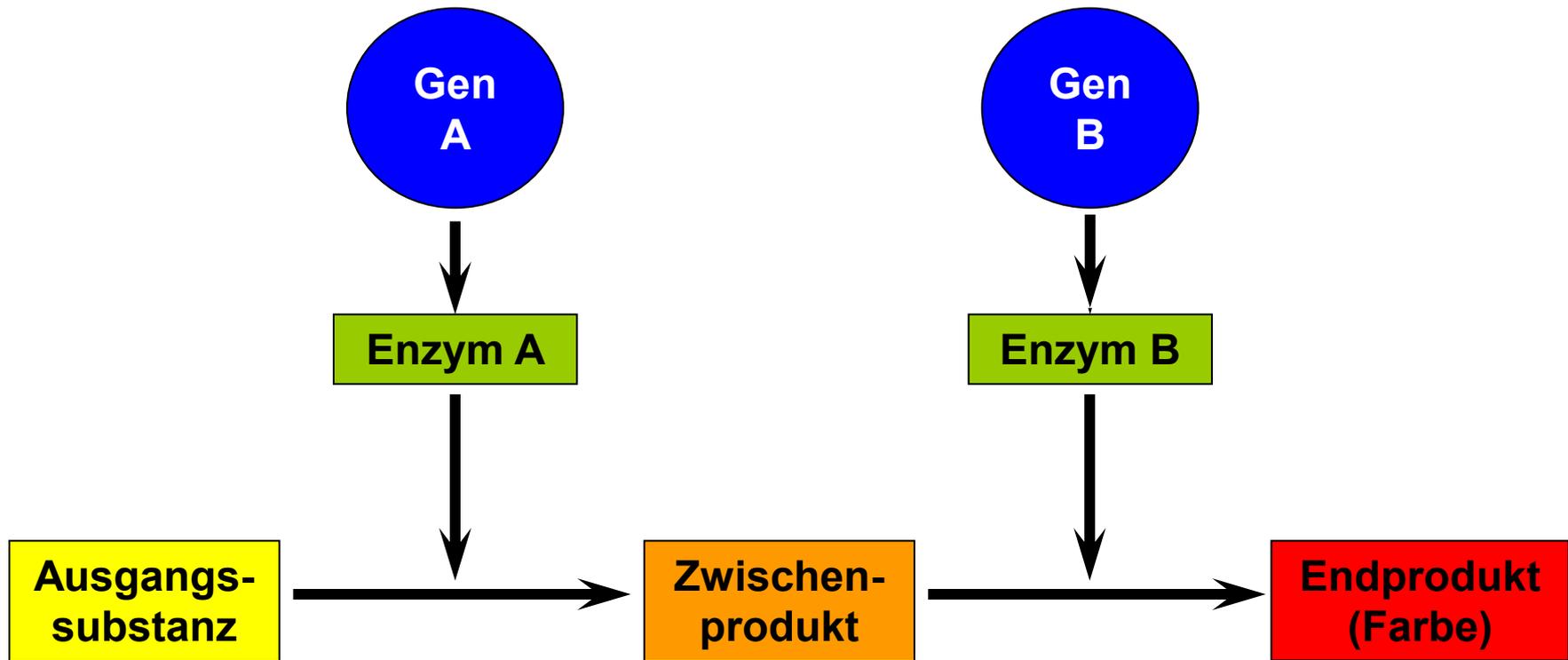
AGT CCA GCA TTC AAG GAT CAT TGA CAG TCT GAA AAA TCT AGA TAT  
TCA GGT CGT AAG TTC CTA GTA ACT GTC AGA CTT TTT AGA TCT ATA

Gen A mit den Allelen A und A  
Gen B mit den Allelen B und b  
...

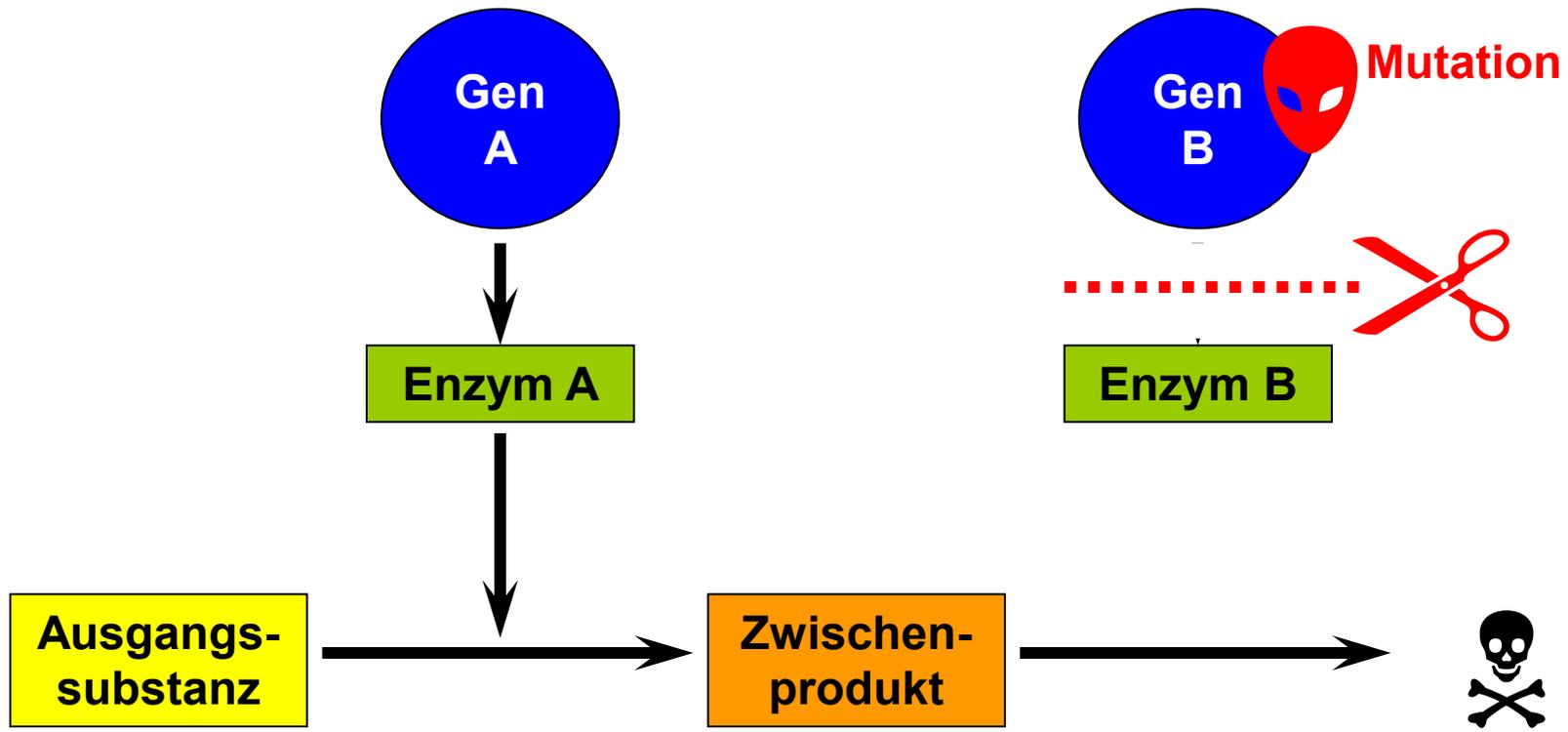


- A-Locus:** A A – beide Allele unmutiert
- B-Locus:** B b – ein Allel unmutiert, ein Allel mutiert
- H-Locus:** h h – beide Allele mit gleicher Mutation
- 4-Locus:** 4i 4e – beide Allele mit unterschiedlicher Mutation

# Ein-Gen-Ein-Enzym-Hypothese und Mutation



# Ein-Gen-Ein-Enzym-Hypothese und Mutation



# Basenänderungen und Mutationen

Ursache: Änderung der Basenpaare in der DNS (Mutation)  
z. B.: CGA ->  
**TGA** (Stop) = Abbruch der Enzymsynthese

Mutation **verändert** das „zuständige“ Enzym.

Die Enzymaktivität kann zwischen 1 % und 99 % liegen.

Das Merkmal, und damit der Phänotyp, wird mehr oder weniger deutlich verändert.

Fachbegriff:  
„**Missens**“-Mutation

Mutation **stoppt** die Enzymentwicklung.

Enzymaktivität 0 %; die Synthesekette wird unterbrochen.

Das Merkmal wird nicht gebildet; der Phänotyp wird drastisch verändert.

Fachbegriff:  
„**Nonsens**“-Mutation

Die Mutation **zerstört** das Enzym.

Mutation hat drastische Auswirkungen auf Lebensfunktionen.

-> oft **letal**

Fachbegriff:  
„**Frameshift**“-Mutation

# Befruchtung, Zellteilung und Informationsaustausch



X



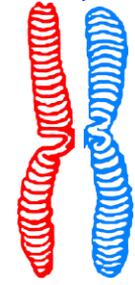
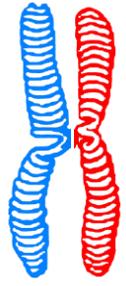
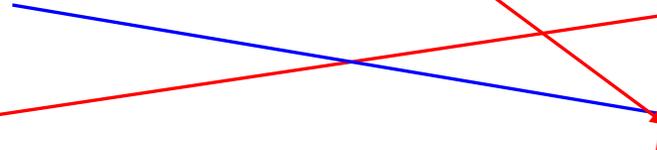
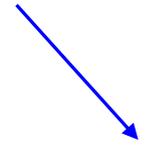
♂



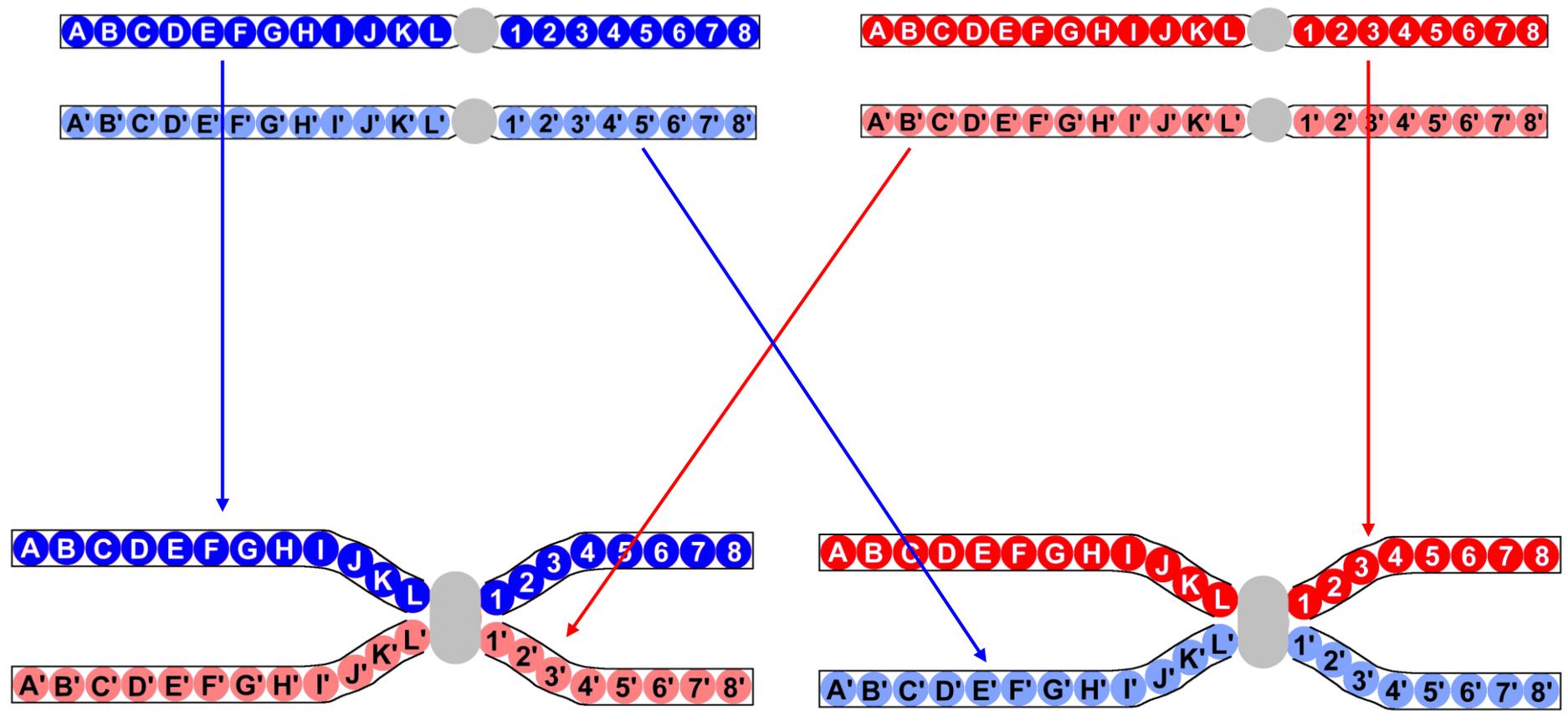
Zellteilung  
durch  
Meiose



♀



# Befruchtung, Zellteilung und Informationsaustausch

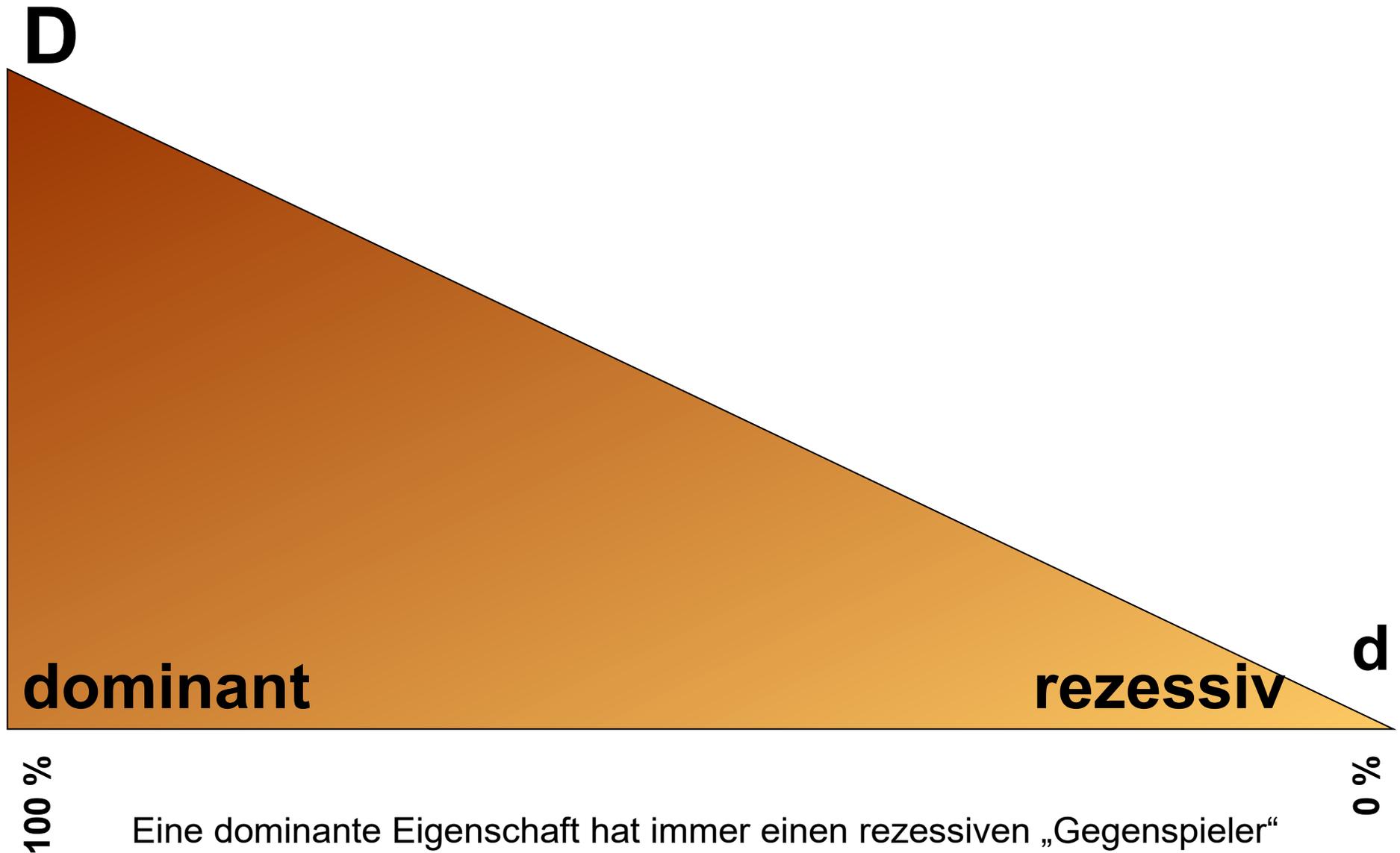


**rezessiv**  
**vs**  
**dominant**

## Die Schreibweise genetischer Symbole ist international festgelegt:

- Die Gen-Loci bekommen zumeist Namen, die von englischen Begriffen abgeleitet sind.
- Gensymbole werden im Text *kursiv* hervorgehoben.
- Unmutierte Gene und deren Allele werden mit einem hochgestellten Plus „<sup>+</sup>“ gekennzeichnet.
- Wenn eine Mutation rezessiv vererbt, wird diese und das dazugehörige, ursprünglich unmutierte, Allel klein geschrieben (z. B. „*o*“)
- Wenn eine Mutation dominant oder intermediär vererbt, wird diese und das dazugehörige, ursprüngliche unmutierte, Allel groß geschrieben (z. B. „*H*“).
- Mehrfach mutierte Gene werden mit hoch gestellten Buchstaben oder Zahlen gekennzeichnet (z. B. *o<sup>op</sup>*; *o<sup>ox</sup>*)
- Die an das Geschlechtschromosom gekoppelten Gene werden in Klammern aufgeführt. Zuvor steht der Buchstabe „Z“ für das Z-Geschlechtschromosom (z. B. *Z(s)* *Z(s<sup>+</sup>)* bzw. *Z(s)* *W*)

# Dominanz der Allele



Eine dominante Eigenschaft hat immer einen rezessiven „Gegenspieler“  
und andersherum!

Auf einem der Chromosomen 1 ... 82 befinden sich bei Kanarien die Loci:

<u>Loci</u>	<u>Name</u>	<u>Mutation vererbt</u>
<i>wr</i> <sup>+</sup>	– <i>wr</i> - Rezessiv-Weiß	- rezessiv
<i>o</i> <sup>+</sup>	– <i>o<sup>op</sup></i> - Opal; <i>o<sup>ox</sup></i> - Onyx	- rezessiv
<i>c</i> <sup>+</sup>	– <i>c<sup>ph</sup></i> – Phaeo; <i>c<sup>tz</sup></i> - Topas (Tyrosinasefaktor)	- rezessiv
<i>e</i> <sup>+</sup>	– <i>e</i> - Eumo (Extensionsfaktor)	- rezessiv
<i>co</i> <sup>+</sup>	– <i>co</i> - Kobalt	- rezessiv
<i>bl</i> <sup>+</sup>	– <i>bl</i> - Blaufaktor (Phaeomelanin-Verdrängungsfaktor)	- rezessiv
<i>lz</i> <sup>+</sup>	– <i>lz</i> - Lizard	- rezessiv

**Da diese Faktoren auf einem Autosom liegen, vererben sich diese Eigenschaften autosomal (frei bzw. ungebunden vom Geschlecht)!**

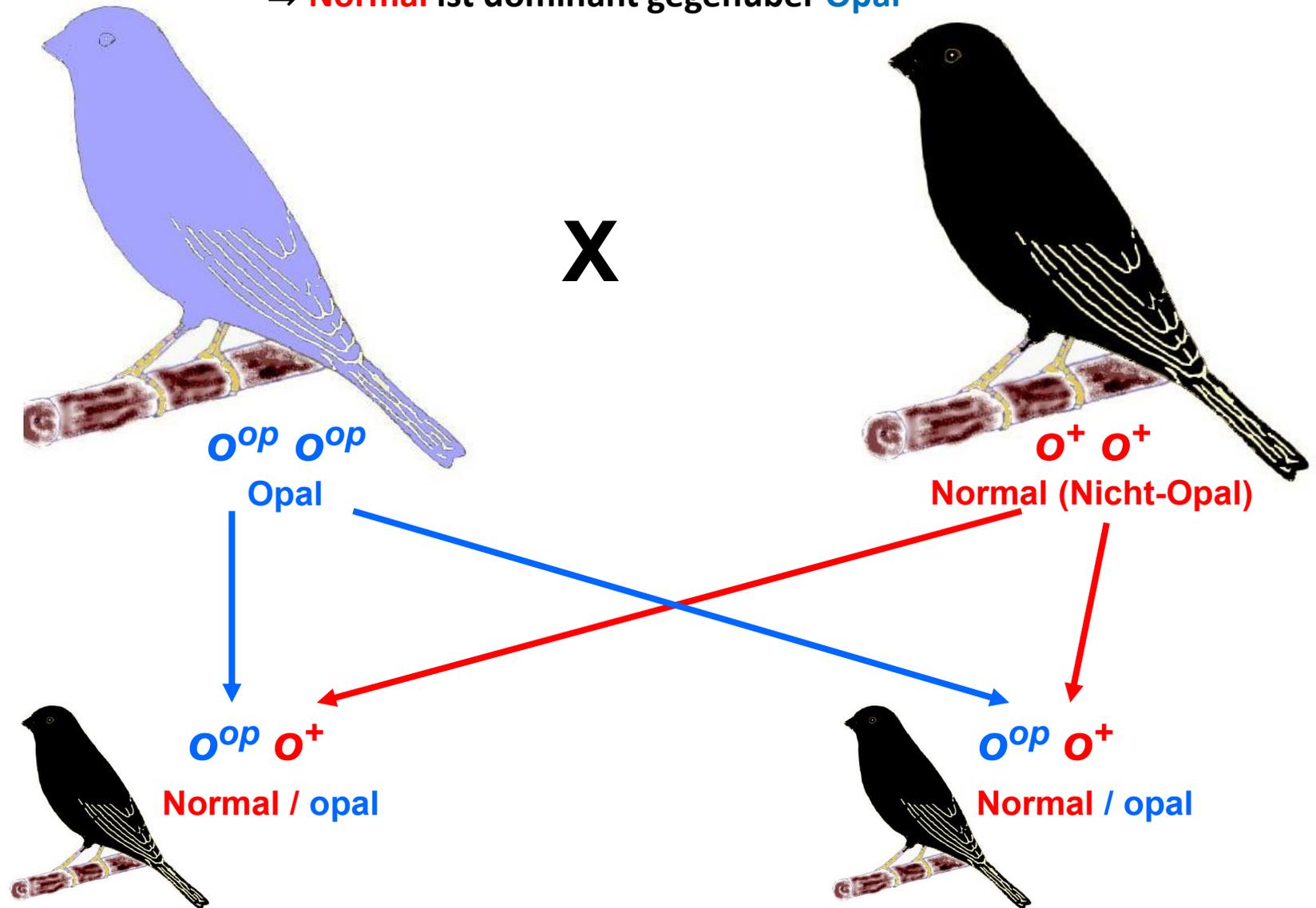
Auf einem Autosom befinden sich bei Sittichen die Loci:

<u>Loci</u>	<u>Name</u>	<u>Mutation vererbt</u>
<b>a<sup>+</sup></b>	– <b>a</b> - NSL-Lutino; <b>a<sup>bz</sup></b> - Bronze-Falbe, <b>a<sup>dec</sup></b> - Dark Eye Clear; <b>a<sup>pa</sup></b> - Pastell)	- rezessiv
<b>bl<sup>+</sup></b>	– <b>b</b> – blue; <b>bl<sup>aq</sup></b> – aqua; <b>bl<sup>tq</sup></b> – türkis	- rezessiv
<b>df<sup>+</sup></b>	– <b>df</b> - dun falbe	- rezessiv
<b>dil<sup>+</sup></b>	– <b>dil</b> - dilute	- rezessiv
<b>fd<sup>+</sup></b>	– <b>fd</b> - fadet	- rezessiv
<b>mb<sup>+</sup></b>	– <b>mb</b> - marbled	- rezessiv
<b>of<sup>+</sup></b>	– <b>of</b> - orange face	- rezessiv
<b>pf<sup>+</sup></b>	– <b>pf</b> - pale falbe	- rezessiv
<b>s<sup>+</sup></b>	– <b>s</b> - gescheckt rezessiv	- rezessiv

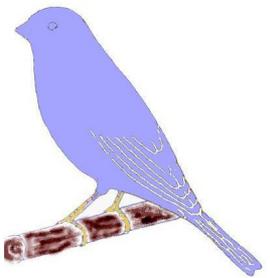
**Da diese Faktoren auf einem Autosom liegen, vererben sich diese Eigenschaften autosomal (frei bzw. ungebunden vom Geschlecht)!**

# Freie rezessive Vererbung - Schema

- ⇒ **Opal** ist rezessiv gegenüber „**Normal**“
- ⇒ **Normal** ist dominant gegenüber **Opal**



# Freie rezessive Vererbung – Punnett-Quadrat



X



$O^{op} O^{op}$   
Opal

$O^{+} O^{+}$   
Normal (Nicht-Opal)

	$O^{+}$	$O^{+}$
$O^{op}$	$O^{+} O^{op}$ Normal / opal 	$O^{+} O^{op}$ Normal / opal 
$O^{op}$	$O^{+} O^{op}$ Normal / opal 	$O^{+} O^{op}$ Normal / opal 

100 % Normal / opal

# Freie rezessive Vererbung – Punnett-Quadrat



$o^{op} o^+$   
Normal / opal

X



$o^{op} o^+$   
Normal / opal

	$o^{op}$	$o^+$
$o^{op}$	$o^{op} o^{op}$ Opal 	$o^+ o^{op}$ Normal / opal 
$o^+$	$o^+ o^{op}$ Normal / opal 	$o^+ o^+$ Normal 

25 % Normal  
 50 % Normal / opal  
 25 % Opal

# Freie rezessive Vererbung – Punnett-Quadrat



$o^+ o^{op}$   
Normal / opal

X



$o^+ o^+$   
Normal

	$o^+$	$o^+$
$o^{op}$	$o^+ o^{op}$ Normal / opal 	$o^+ o^{op}$ Normal / opal 
$o^+$	$o^+ o^+$ Normal 	$o^+ o^+$ Normal 

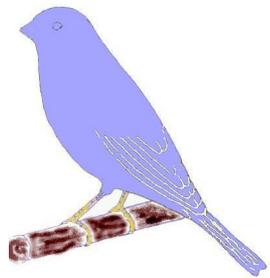
50 % Normal / opal  
50 % Normal

# Freie rezessive Vererbung – Punnett-Quadrat



$o^{op} o^{+}$   
Normal / opal

X



$o^{op} o^{op}$   
Opal

	$o^{op}$	$o^{op}$
$o^{op}$	$o^{op} o^{op}$ Opal 	$o^{op} o^{op}$ Opal 
$o^{+}$	$o^{+} o^{op}$ Normal / opal 	$o^{+} o^{op}$ Normal / opal 

50 % Normal / opal  
50 % Opal

# Freie rezessive Vererbung – Zusammenfassung

	<b>Normal</b>	<b>Mutation</b>	<b>Normal/Mutation</b>
<b>Normal</b>	100% Normal	100% Normal/Mutation	50% Normal 50% Normal/Mutation
<b>Mutation</b>	100% Normal/Mutation	100% Mutation	50% Mutation 50% Normal/Mutation
<b>Normal/Mutation</b>	50% Normal 50% Normal/Mutation	50% Mutation 50% Normal/Mutation	25% Normal 50% Normal/Mutation 25% Mutation

**Das Geschlecht  
bestimmt die  
Eigenschaft**

# Geschlechtsgebundene Vererbung

Bei Säugern haben:

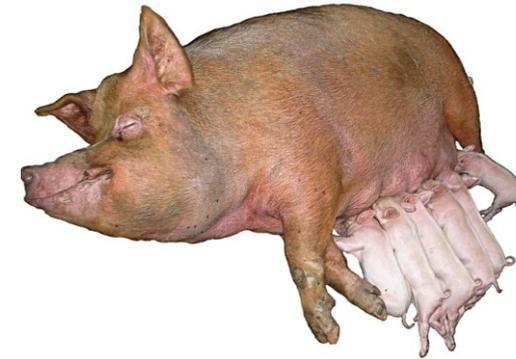
die Männchen



ein X-Chromosom und  
ein Y-Chromosom

**X Y**

die Weibchen



zwei X-Chromosome

**X X**

# Geschlechtsgebundene Vererbung

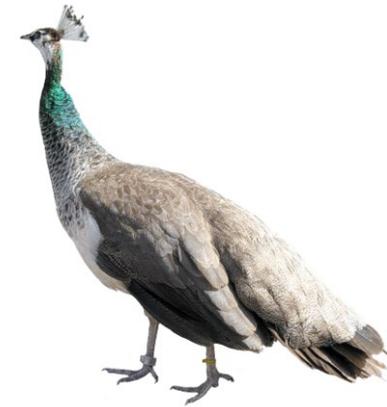
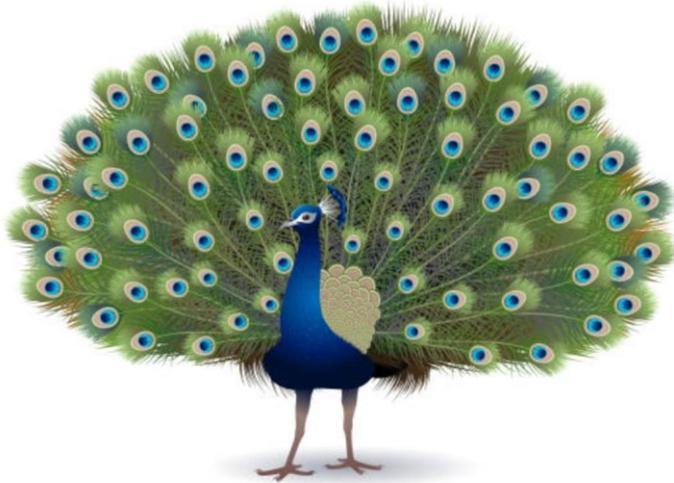


Bei Kriechtieren und Vögeln  
(*Sauropsida*) haben:



die Männchen

die Weibchen



zwei Z-Chromosome

ein Z-Chromosom und  
ein W-Chromosom

**Z Z**

**Z W**

Auf dem Z-Chromosom (Geschlechts-Chromosom) befinden sich bei Kanarien die Loci:

<u>Loci</u>	<u>Name</u>	<u>Mutation vererbt</u>
$s^+$	– $s^+$ - Schwarz; $s$ - Braun	- rezessiv
$d^+$	– $d^r$ - verdünnt (Achat, Isabell); $d^{sa}$ - Satinet	- rezessiv
$p^+$	– $p$ - Pastell (Melanin-Pastell	- rezessiv
$iv^+$	– $iv$ - Ivoor (Lipochrom-Pastell)	- rezessiv
$dm^+$	– $dm$ - Mosaik (Geschlechtsunterschied)	- rezessiv

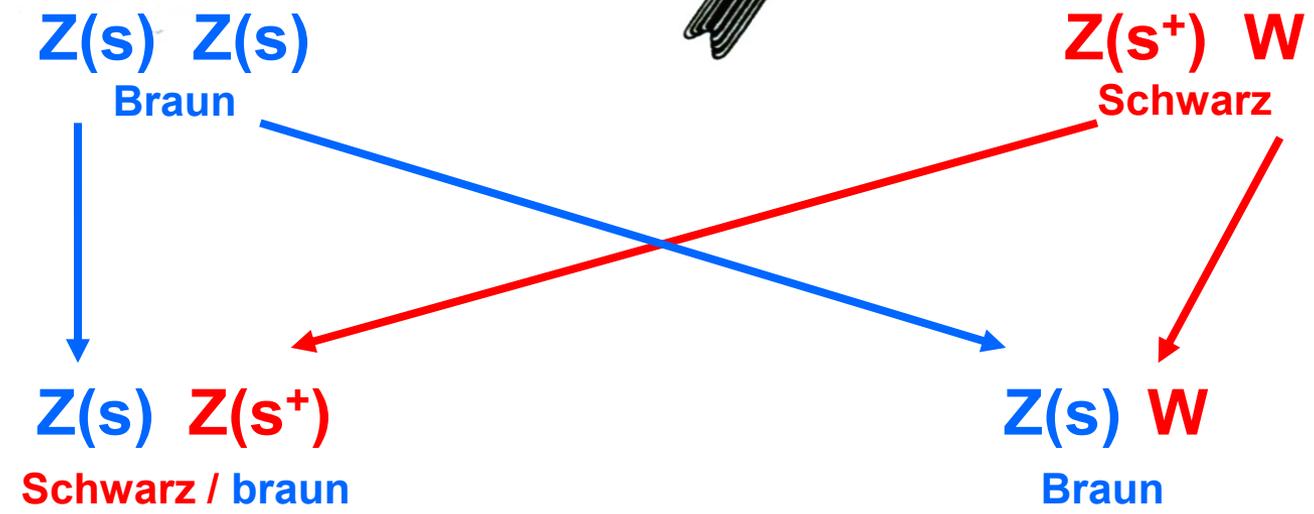
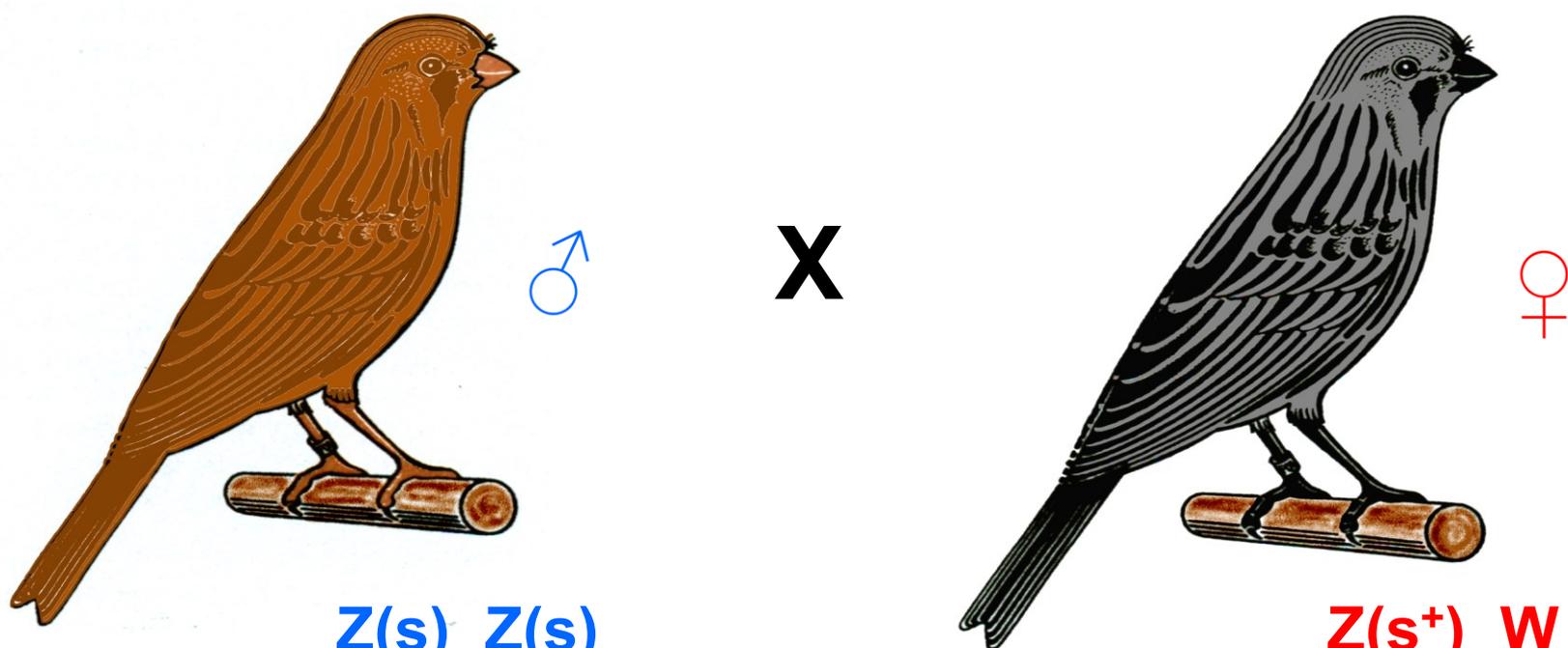
**Diese Faktoren vererben gonosomal (geschlechtsgebunden) und rezessiv!**

Auf dem Z-Chromosom (Geschlechts-Chromosom) befinden sich bei Sittichen die Loci:

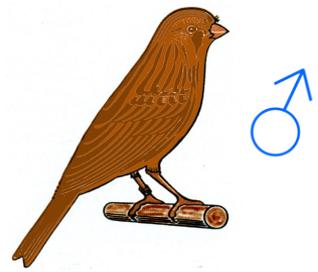
<u>Loci</u>	<u>Name</u>	<u>Mutation vererbt</u>
<i>cin</i> <sup>+</sup>	– <i>cin</i> - cinnamon (Zimt)	- rezessiv
<i>ino</i> <sup>+</sup>	– <i>ino</i> - Lutino; <i>ino</i> <sup>pd</sup> - pallid	- rezessiv
<i>pe</i> <sup>+</sup>	– <i>pe</i> - pale	- rezessiv
<i>Gw</i> <sup>+</sup>	– <i>GW</i> - graywing	- dominant

**Diese Faktoren vererben gonosomal (geschlechtsgebunden)!**

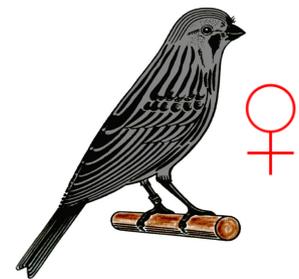
# Geschlechtsgebunden rezessive Vererbung - Schema



# Freie rezessive Vererbung – Punnett-Quadrat



X



Z(s) Z(s)  
Braun

Z(s<sup>+</sup>) W  
Schwarz

		Z(s <sup>+</sup> )	W
Z(s)		Z(s) Z(s <sup>+</sup> ) 1,0 Schwarz / braun	Z(s) W 0,1 Braun
Z(s)		Z(s) Z(s <sup>+</sup> ) 1,0 Schwarz / braun	Z(s) W 0,1 Braun

50 % 1,0 Schwarz / braun  
50 % 0,1 Braun

# Geschlechtsgebunden rezessive Vererbung – Punnett-Quadrat



**Z(s<sup>+</sup>) Z(s<sup>+</sup>)**  
Schwarz

**X**

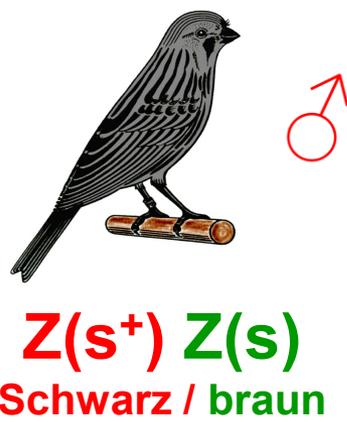


**Z(s) W**  
Braun

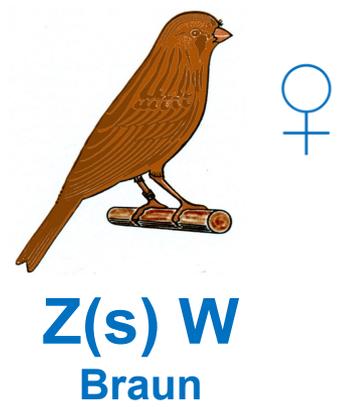
	Z (s)	W
Z(s <sup>+</sup> )	<b>Z(s<sup>+</sup>) Z(s)</b> 1,0 schwarz / braun 	<b>Z(s<sup>+</sup>) W</b> 0,1 schwarz 
Z (s <sup>+</sup> )	<b>Z(s<sup>+</sup>) Z(s)</b> 1,0 schwarz / braun 	<b>Z(s<sup>+</sup>) W</b> 0,1 schwarz 

50 % 1,0 Schwarz / braun  
 50 % 0,1 Schwarz

# Geschlechtsgebunden rezessive Vererbung – Punett-Quadrat



**X**



	Z(s)	W
<b>Z(s<sup>+</sup>)</b>	<p style="color: red; font-size: 1.2em;"><b>Z(s<sup>+</sup>) Z(s)</b></p> <p>1,0 Schwarz / braun</p>	<p style="color: red; font-size: 1.2em;"><b>Z(s<sup>+</sup>) W</b></p> <p>0,1 Schwarz</p>
<b>Z(s)</b>	<p style="color: green; font-size: 1.2em;"><b>Z(s) Z(s)</b></p> <p>1,0 Braun</p>	<p style="color: green; font-size: 1.2em;"><b>Z(s) W</b></p> <p>0,1 Braun</p>

- 25 % 1,0 Schwarz / braun
- 25 % 1,0 Braun
- 25% 0,1 Schwarz
- 25% 0,1 Braun

# Geschlechtsgebunden rezessive Vererbung – Punett-Quadrat



**Z(s<sup>+</sup>) Z(s)**  
Schwarz / braun

**X**



**Z(s<sup>+</sup>) W**  
Schwarz

	<b>Z(s<sup>+</sup>)</b>	<b>W</b>
<b>Z(s<sup>+</sup>)</b>	<b>Z(s<sup>+</sup>) Z(s<sup>+</sup>)</b> 1,0 Schwarz 	<b>Z(s<sup>+</sup>) W</b> 0,1 Schwarz 
<b>Z(s)</b>	<b>Z(s) Z(s<sup>+</sup>)</b> 1,0 Schwarz / braun 	<b>Z(s) W</b> 0,1 Braun 

- 25 % 1,0 Schwarz
- 25 % 1,0 Schwarz / braun
- 25% 0,1 Schwarz
- 25% 0,1 Braun

# Geschlechtsgebundene Vererbung – Zusammenfassung

	<b>0,1 Normal</b>	<b>0,1 Mutation</b>
<b>1,0 Normal</b>	50% 1,0 Normal 50% 0,1 Normal	50% 1,0 Normal/Mutation 50% 0,1 Normal
<b>1,0 Normal/Mutation</b>	25% 1,0 Normal 25% 1,0 Normal/Mutation 25% 0,1 Normal 25% 0,1 Mutation	25% 1,0 Normal/Mutation 25% 1,0 Mutation 25% 0,1 Normal 25% 0,1 Mutation
<b>1,0 Mutation</b>	50% 1,0 Normal/Mutation 50% 0,1 Mutation	50% 1,0 Mutation 50% 0,1 Mutation

# Dominanz und Letalfaktor

Auf Autosomen befinden sich bei Kanarien die Loci:

<u>Loci</u>	<u>Name</u>	<u>Mutation vererbt</u>
<i>Wd</i> <sup>+</sup>	– <i>Wd</i> - Dominant-Weiß (Letalfaktor)	- dominant
<i>So</i> <sup>+</sup>	– <i>So</i> - Superoxydation	- dominant
<i>Jp</i> <sup>+</sup>	– <i>Jp</i> - Jaspe	- dominant
<i>H</i> <sup>+</sup>	– <i>H</i> – Haube (Letalfaktor)	- dominant

und bei Sittichen die Loci:

<i>G</i> <sup>+</sup>	– <i>G</i> - Grau	- dominant
<i>Pi</i> <sup>+</sup>	– <i>Pi</i> - Pibald	- dominant
<i>Slt</i> <sup>+</sup>	– <i>Slt</i> - Slaty	- dominant

**Diese Faktoren vererben autosomal (frei vom Geschlecht) und dominant!**

# Freie dominante Vererbung – Punnett-Quadrat



**H<sup>+</sup> H**

Haube einfaktorig

**X**



**H H**

Glattkopf

	<b>H</b>	<b>H</b>
<b>H<sup>+</sup></b>	<b>H<sup>+</sup> H</b> Haube einfaktorig 	<b>H<sup>+</sup> H</b> Haube einfaktorig 
<b>H</b>	<b>H H</b> Glattkopf 	<b>H H</b> Glattkopf 

50 % Haube einfaktorig  
50 % Glattkopf

# Freie dominante Vererbung – Punnett-Quadrat



**H<sup>+</sup> H**

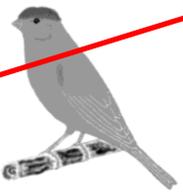
Haube einfaktorig

**X**



**H<sup>+</sup> H**

Haube einfaktorig

	<b>H<sup>+</sup></b>	<b>H</b>
<b>H<sup>+</sup></b>	<p><b>H<sup>+</sup> H<sup>+</sup></b></p> <p>Haube zweifaktorig</p> 	<p><b>H<sup>+</sup> H</b></p> <p>Haube einfaktorig</p> 
<b>H</b>	<p><b>H H<sup>+</sup></b></p> <p>Haube einfaktorig</p> 	<p><b>H H</b></p> <p>Glattkopf</p> 

- 50 % Haube einfaktorig
- 25 % Glattkopf
- ~~25 % Haube zweifaktorig – **letal**~~

## Freie dominante Vererbung und Letalfaktor

Es gibt auch dominant vererbende Mutationen, die keinem Letalfaktor unterworfen sind. Dann kann es ein- und zweifaktorige Nachkommen geben.



Schwarz-Jaspe einfaktorig



Schwarz-Jaspe zweifaktorig

# Freie dominante Vererbung – Zusammenfassung

	Normal	Mutation einfaktorig	Mutation <b>zweifaktorig</b>
Normal	100% Normal	50% Mutation EF 50% Normal	100% Mutation EF
Mutation einfaktorig	50% Mutation EF 50% Normal	25% Normal 50% Mutation EF 25% Mutation <b>DF</b>	50% Mutation EF 50% Mutation <b>DF</b>
Mutation <b>zweifaktorig</b>	100% Mutation EF	50% Mutation EF 50% Mutation <b>DF</b>	100% Mutation <b>DF</b>

Wenn die dominanten Merkmale:

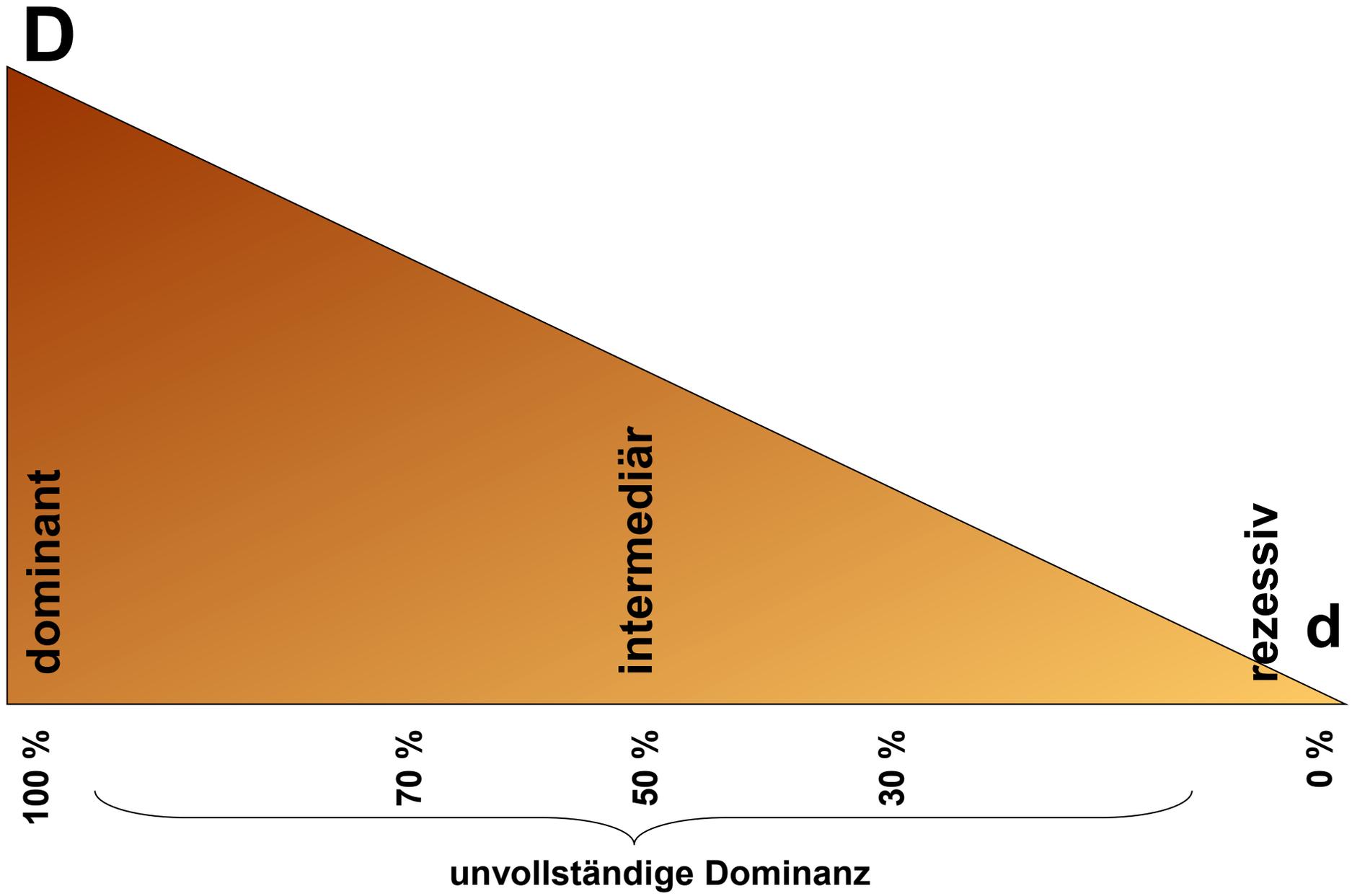
- Haube (Kanarien, Zebrafinken, Mövchen, Wellensittiche)
- Rosette (Mövchen)
- Dominantweiß (Kanarien)

zweifach in einem Nachkommen vorkommen (Doppelfaktorig - DF), sind diese Individuen nicht lebensfähig (**letal**)!

# unvollständige Dominanz und intermediär

**co-dominant**  
**intermediär**

- Eigenschaften nebeneinander (Schwarz + Weiß = gestreift)
- Eigenschaften verschmelzen (Schwarz + Weiß = Grau)



Fließende Übergänge sind immer ein Zeichen einer  
**intermediären Vererbung**

= Sonderfall der unvollständigen Dominanz

**Ohne unvollständige Dominanz - keine Selektion hin zu einem Merkmal !**

Merkmale können sein:

- Körpergröße
- Gefiedertextur
- Zeichnungsbreite
- Elterneigenschaften

...

Auf Autosomen befinden sich bei Kanarien die Loci:

<u>Loci</u>	<u>Name</u>	<u>Mutation vererbt</u>
$L^+$	– $L^+$ - Gelb $L^R$ - Rot	- intermediär
$I^+$	– $I^A$ - intensiv $I^B$ - nichtintensiv	- intermediär
$Ci^+$	– $Ci$ - Zitron	- intermediär

**Diese Faktoren vererben autosomal (frei vom Geschlecht) und intermediär!**

Auf Autosomen befinden sich bei Sittichen die Loci:

<u>Loci</u>	<u>Name</u>	<u>Mutation vererbt</u>
<i>Ph</i> <sup>+</sup>	– <i>Ph</i> - Palehead	- intermediär
<i>V</i> <sup>+</sup>	– <i>V</i> - Violett	- intermediär
<i>D</i> <sup>+</sup>	– <i>D</i> - Dark	- intermediär
<i>Ed</i> <sup>+</sup>	– <i>Ed</i> - Edged	- intermediär
<i>Ew</i> <sup>+</sup>	– <i>Ew</i> - Euwing	- intermediär
<i>Mt</i> <sup>+</sup>	– <i>Mt</i> - Misty	- intermediär

Diese Faktoren vererben autosomal (frei vom Geschlecht) und intermediär!

# Intermediäre Vererbung

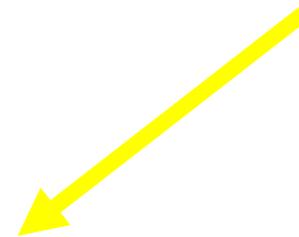
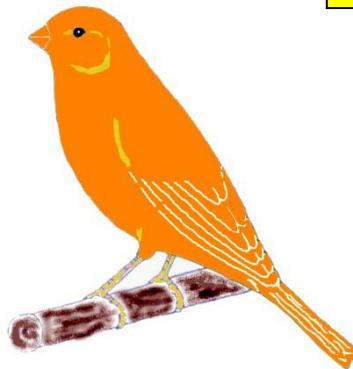
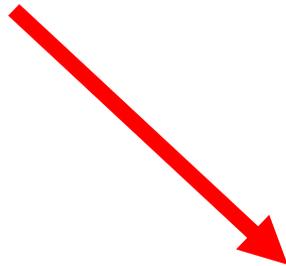


**100 % Rot**

**X**



**100 % Gelb**

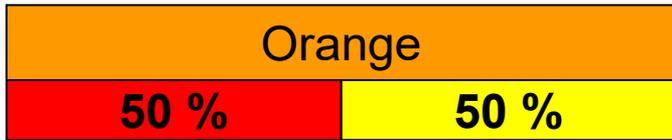


**Orange**

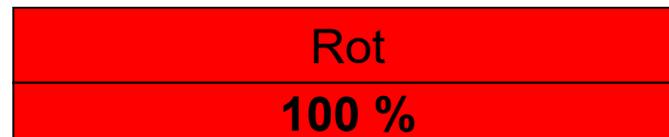
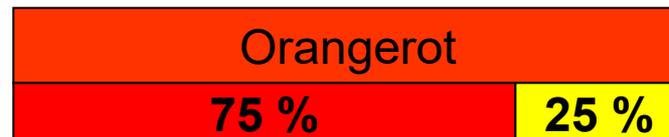
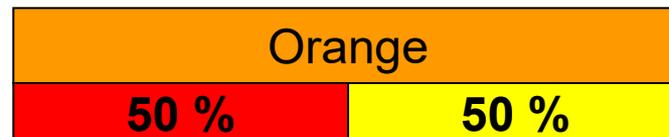
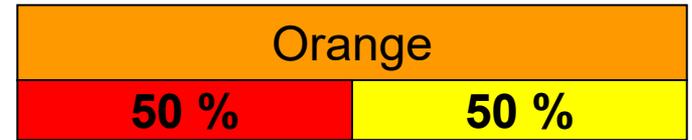
**50 % Rot**

**50 % Gelb**

# Intermediäre Vererbung

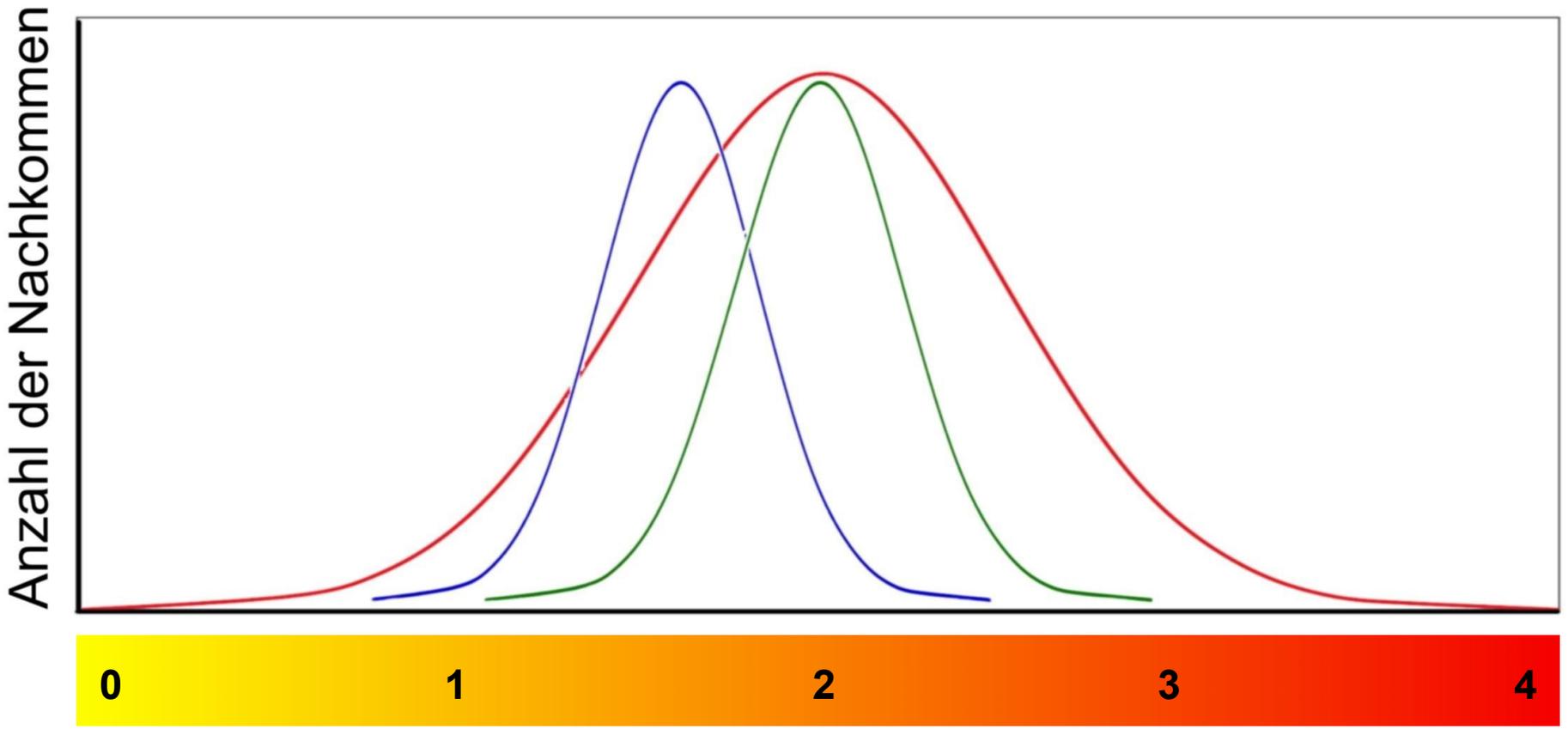


X

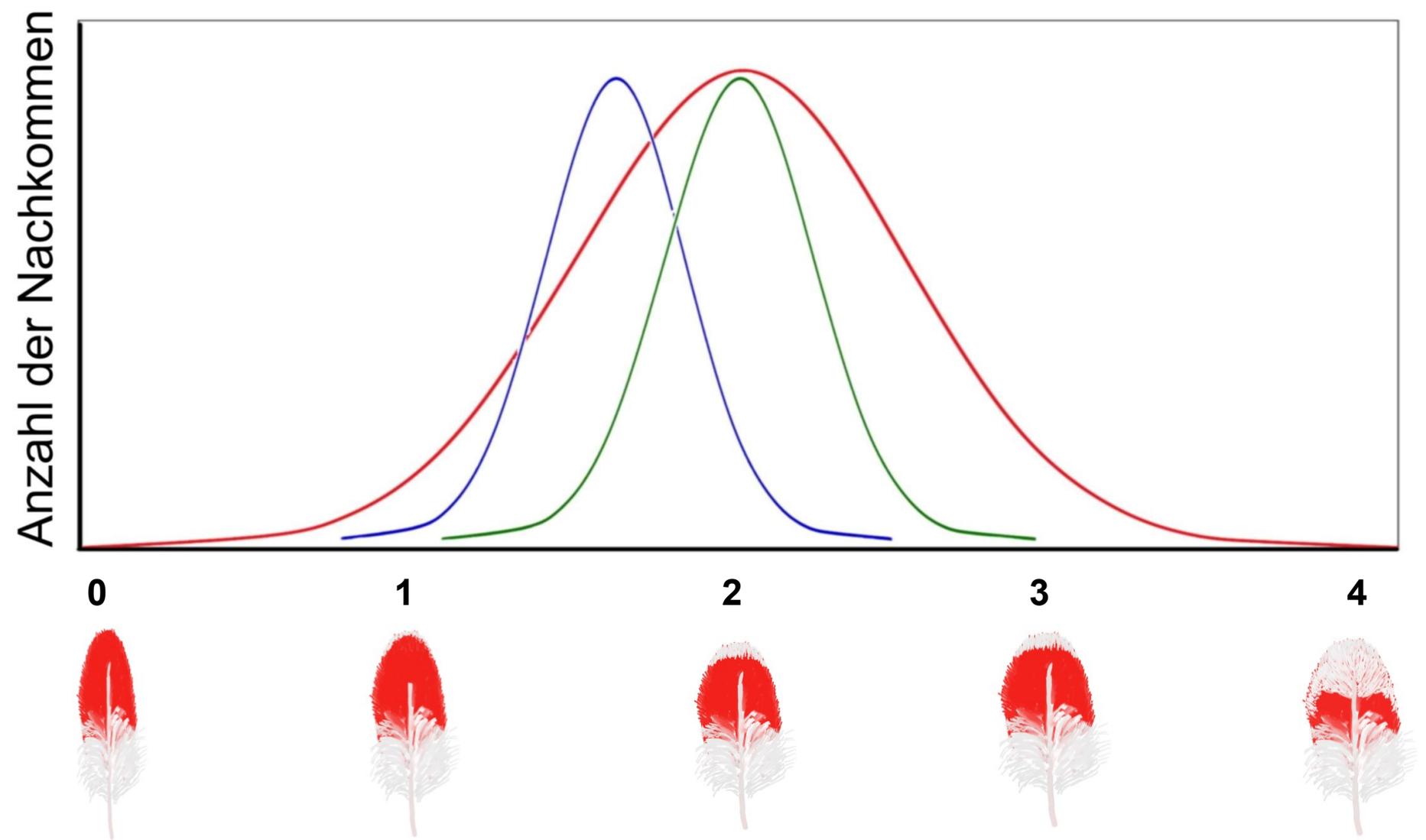


Kein „Voll“Weiß

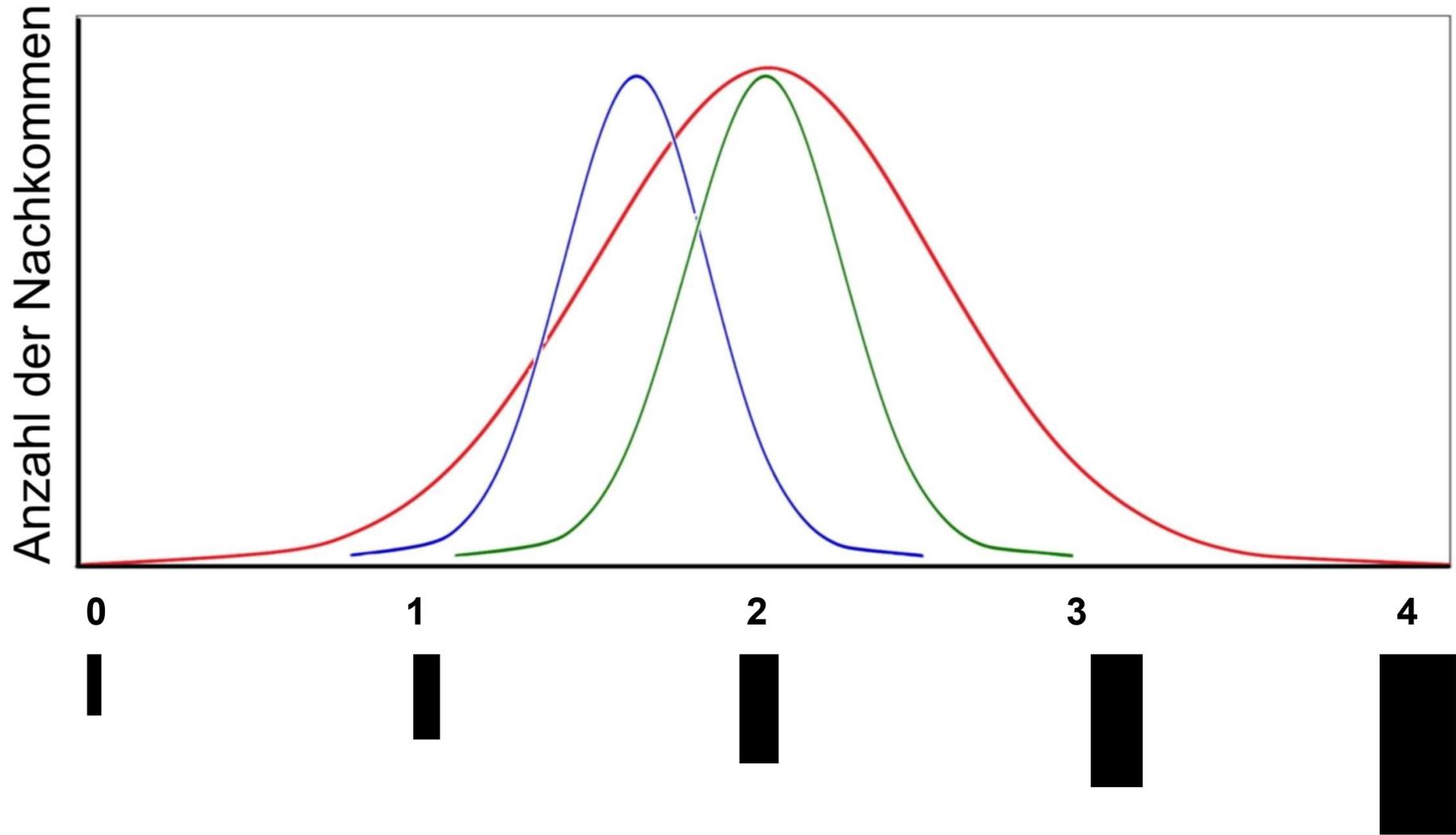
# Intermediäre Vererbung – unvollständige Dominanz



# Intermediäre Vererbung – unvollständige Dominanz



# Intermediäre Vererbung – unvollständige Dominanz



Einige bisher gelehrt Regeln in der Kanariengenetik entsprechen nicht dem neuesten wissenschaftlichen Stand.

- Gene sind nicht immer Schalter - Ein/Aus; vorhanden/nicht vorhanden
- > Gene können auch „gedimmt“ werden

Quantitative Merkmale unterliegen meist der „Unvollständigen Dominanz“

- Grundfarbe
- Intensität
- Zeichnung
- Größe
- ...

Die Vererbungstabellen geben nur sehr pauschal den Phänotyp der Nachkommen wieder.

Standardzucht bedeutet eine immer währende Selektion der Elterntiere auf bestimmte Merkmale.

# *Besten Dank für die Aufmerksamkeit*

**Sie können mich jederzeit auf meiner Homepage besuchen**

**<https://kanarien-schramm.info>**