



Dr. Julia Segert

- Genetik und Molekularbiologie -

Fellfarben werden durch Farbgene (Lokus) definiert

- **Part 1: Grundfarben**

| | |
|------------------------|----------------------------|
| Fellpigmente | E-Lokus (rezessives Rot) |
| Vererbungslehre | K-Lokus (dominant Schwarz) |
| Grundfarben-Hierarchie | A-Lokus (Agouti) |

- **Part 2: Modifikatoren**

| | |
|--------------------------|--|
| B-Lokus (Braun) | S-Lokus (Weißscheckung) |
| D-Lokus (Farbverdünnung) | M-Lokus (Merle) |
| I-Lokus (Farbintensität) | H-Lokus (Harlekin der Deutschen Dogge) |

- **Part 3: Besonderheiten**

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| K-Lokus Variante (Brindle) | E-Lokus Variante (Maske) |
| As-Lokus (Sattel) | Tr-Lokus (Ticking, Roan) |

Alle Fellfarben beim Hund entstehen aus nur zwei Farbpigmenten!

Schwarzes Pigment
Eumelanin



Rotes Pigment
Phäomelanin



Weiß?
Kein Pigment



Wie entstehen die unterschiedlichen Fellzeichnungen?

- Ca. 30 Positionen im Genom sind beteiligt
- Ein Hund trägt alle Gene in sich (**Genotyp**)
- Ein Hund zeigt nur bestimmte Gene durch seine Fellfärbung (**Phänotyp**)

- Gen-Kombination entscheidet die Farbe
- Übergeordnete Gene steuern untergeordnete Gene → Hierarchie

Welche Fellfarben sind „normal“ und was ist genetisch „besonders“?

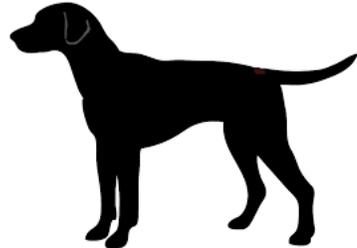
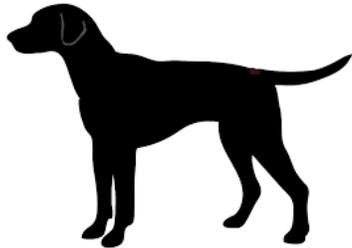
- Ausgehend vom Wolf
- Wildfarben → Agouti (A-Lokus)
- Abweichungen werden durch Mutationen verursacht



Wie vererben sich Gene?

- Jedes Gen ist 2mal vorhanden (zweifacher Chromosomensatz)
- Ein Gen wird vom Vater vererbt, das andere von der Mutter
- Ein Farb-Gen wird als Farb-Lokus bezeichnet
- Beispiel **D**-Lokus (engl. „Dilute“)
Farbverdünnung
- Buchstabe groß „D“ → dominantes Gen volle Farbe

Buchstabe klein „d“ → rezessives Gen verdünnte Farbe

| | | | |
|---|----------------|--|--|
| Phänotyp  Rüde schwarz „D/d“ | | | |
| | Genotyp | D | d |
|  Hündin schwarz „D/d“ | D |  1:4 D/D |  2:4 D/d |
| | d |  2:4 D/d |  1:4 d/d |

| | | | |
|---------|-----|-----|------------|
| Schwarz | D/D | 25% | |
| Schwarz | D/d | 50% | Träger „d“ |
| Silber | d/d | 25% | |

Die Grundfarben-Hierarchie



e/e = rotes Pigment ~~...~~ ~~X~~ ~~.....~~ K-Lokus inaktiv ~~...~~ ~~X~~ ~~.....~~ A-Lokus inaktiv

E/e oder E/E $\xrightarrow{\text{aktiviert K-Lokus}}$ KB/KB oder KB/ky = schwarzes Pigment ~~...~~ ~~X~~ ~~.....~~ A-Lokus inaktiv

ky/ky $\xrightarrow{\text{aktiviert A-Lokus}}$ Ay = Zobel
 aw = wolfsgrau $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$
 at = black and tan
 a = rezessiv Schwarz

$E/E, ky/ky, aw/aw$



E-Lokus (rezessives Rot)

- Ganz oben in der Hierarchie der Grundfarben
- Genotyp **e/e** blockiert den K- und A-Lokus
→ Bildung des roten Pigmentes Phäomelanin
- Unterschiedliche Intensität (I-Lokus)
- Kein schwarzes Pigment im Fell!

K-Lokus (dominantes Schwarz)

- Benötigt die Freigabe des E-Lokus mit „E“
- das **KB**-Gen blockiert den A-Lokus
→ Bildung des schwarzen Pigmentes Eumelanin
- Einheitlich schwarze Pigmentierung
- Kein rotes Pigment im Fell!

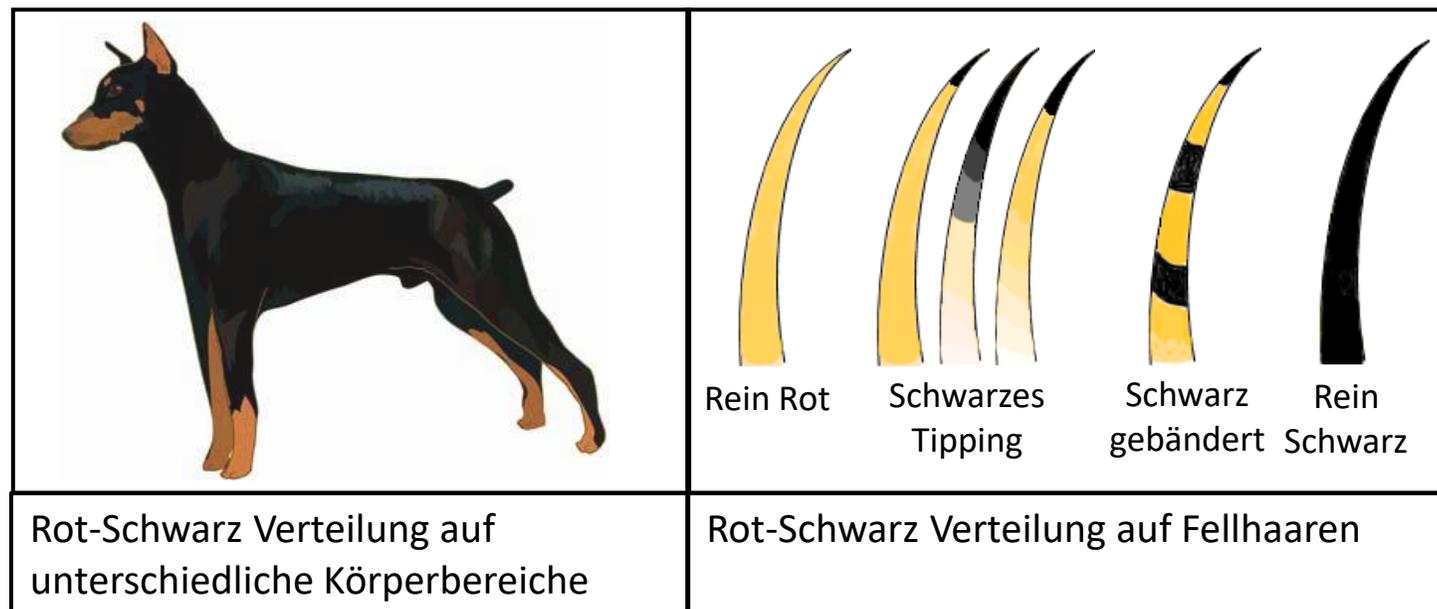
A-Lokus (Agouti)

- Benötigt die Freigabe des E-Lokus mit „E“ und des K-Lokus mit „ky/ky“
 - Bildung des schwarzen Pigmentes **Eumelanin**
 - Bildung des roten Pigmentes **Phäomelanin**

A-Lokus-Gene

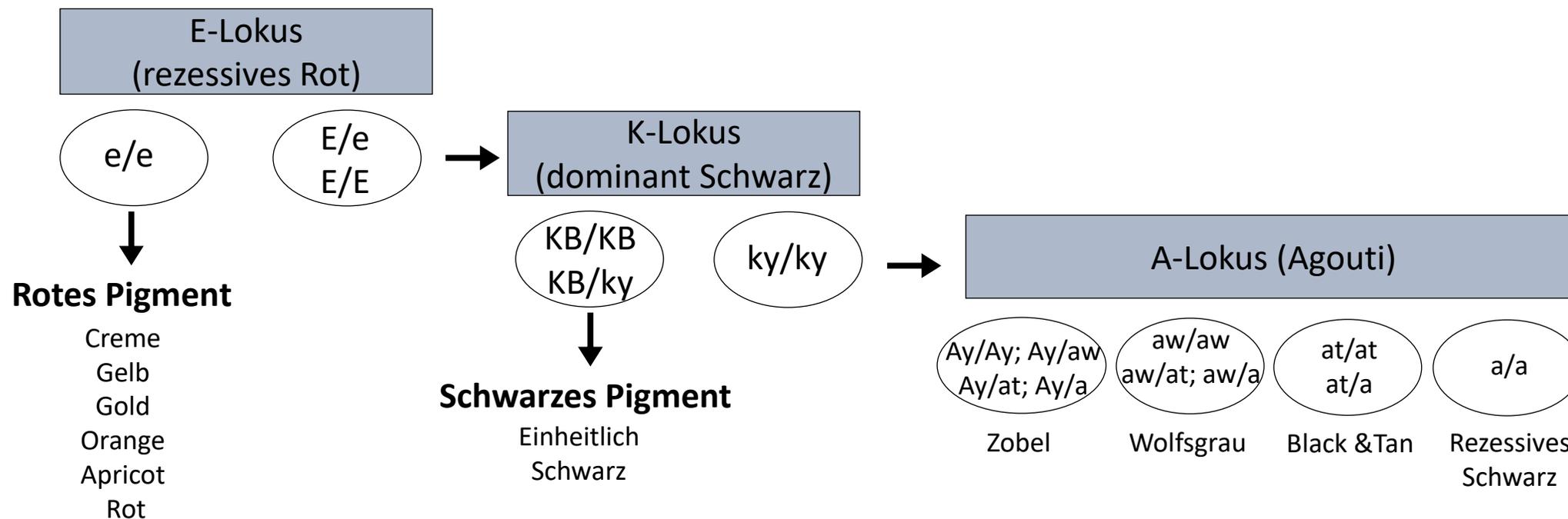
- Ay Zobel
- aw wildtypisch Agouti
- at Black and Tan
- a rezessives Schwarz

Mögliche Pigmentverteilung im A-Lokus:



Zusammenfassung Part 1 Grundfarben

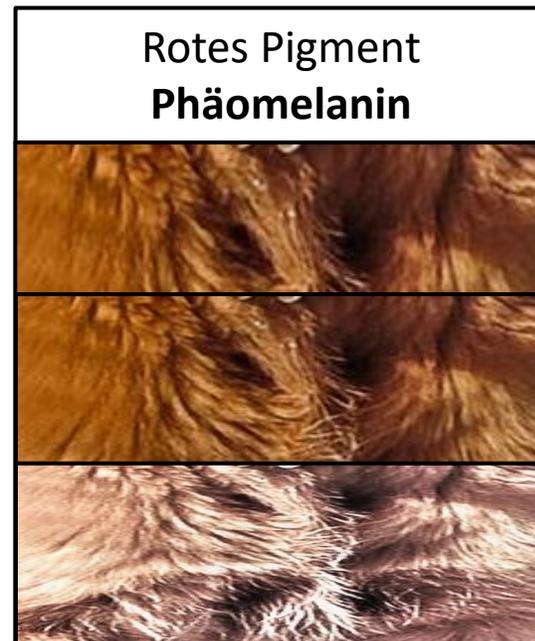
- 3 Gene steuern die Grundfarben



Part 2: Modifikatoren

Alle Fellfarben beim Hund entstehen aus nur zwei Farbpigmenten!

Alle Fellfarben beim Hund entstehen aus nur zwei Farbpigmenten!



| Modifikatoren |
|------------------|
| Grundfarbe |
| B-Lokus (Braun) |
| D-Lokus (Dilute) |

B-Lokus (Braun)

- Modifikation des schwarzen Pigments (Eumelanin)
→ Wirkung auf Fell und Haut
- rezessiv: b/b → braun, chocolate, liver
- 6 unterschiedliche Mutationen für „b“ bekannt (TYRP1-Gen)

bc } weit verbreitet
bd }
bs }
ba Australian Shepherd
be Lancashire Heeler
bh Husky

| B-Lokus TyrP1- Gen | bc | bs | bd | Vorliegende Mutationen | Genotyp | Phänotyp |
|-----------------------|----|----|----|------------------------|---------|---|
| Allel 1 | X | | | bc | bc/bc |  |
| Allel 2 | X | | | bc | | |
| Allel 1 | X | | | bc | bc/bd |  |
| Allel 2 | | | X | bd | | |
| Allel 1 | X | | X | bc – bd gekoppelt | B/bc-bd |  |
| Allel 2 | | | | „B“ unverändert | | |

Cocoa

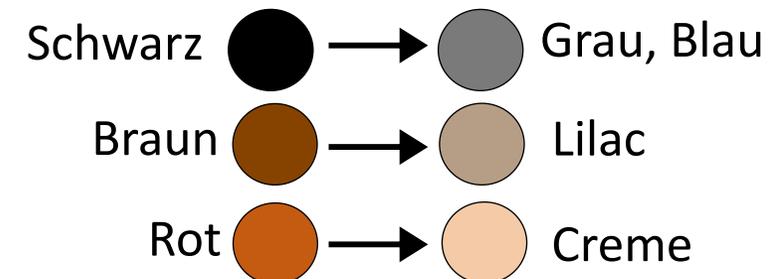
- Modifikation des schwarzen Pigments (Eumelanin)
→ Wirkung auf Fell und Haut
- Speziell bei Französischen Bulldoggen
- Mutation liegt auf einem anderen Gen als die B-Lokus Varianten
- rezessiv: $b/b \rightarrow cocoa$

D-Lokus (engl. Dilute)

- Modifikation des schwarzen Pigments (Eumelanin)
Modifikation des roten Pigments (Phäomelanin)
→ Wirkung auf Fell und Haut
- Drei rezessive Varianten bekannt
 - d1 weit verbreitet
 - d2 speziell Thai Ridgeback, Chow-Chow, Sloughi
 - d3 spezielle Rassen, z.B. Chihuahua, Pekingnese, Windspiel



Mit dem D-Lokus steht die CDA Color Dilution Alopezie („Blue Dobermann Syndrom“) in Verbindung



I-Lokus (Phäomelanin Intensität)

- Modifikation des roten Pigments (Phäomelanin)
→ Wirkung auf rotes Fell
- rezessiv: i/i → Farbaufhellung
- eine Variante bekannt (es gibt noch Weitere)

S-Lokus (Weiße Scheckung)

- Pigmentbildung wird unterdrückt
→ Wirkung auf Fell und Haut
- Irish Spotting „si“-Allel
- Piebald „sp“-Allel
- Extrem Weiß „sw“-Allel
- Split Face
- Panda Scheckung (KIT-Gen)

Gesundheitsrisiken



- Pigmentunterdrückung in der Haut
→ Sonnenunverträglichkeit (Sonnenbrand, Hautkrebs)
- Pigmentunterdrückung in Melanin-Bildenden Sinnes-Zellen
→ Taubheit, Blindheit



Irish Spotting



Piebald

M-Lokus (Merle)

- Modifikation des schwarzen Pigments (Eumelanin)
→ Wirkung auf Fell und Haut
- Zufällige Ausdünnung des schwarzen Pigments
- Dominant: „M“-Merle, „m“-nicht Merle
- Genetische Insertion: Zusätzliche eingefügte DNA Sequenz



Je länger die Insertion ist, um
so stärker ist der Effekt der
Aufhellung !!

M-Lokus (Merle)

- Zufällige Pigmentaufhellung
→ Störung der Pigmentbildung
- Verstärkter Effekt bei **Doppel Merle** Hunden

Genetisch: **M/M**

Mc/Mc

Ma/Mc

Mc/M

Ma/M

Gesundheitsrisiken



- Pigmentunterdrückung in der Haut
→ Sonnenunverträglichkeit (Sonnenbrand, Hautkrebs)
- Pigmentunterdrückung in Melanin-Bildenden Sinnes-Zellen
→ Taubheit, Blindheit

M-Lokus (Merle)

- Merle-Einkreuzungen für mehr Farbe
→ Merle-Pudel, Merle-Labrador....



Nicht nur die Farbe vererbt sich sondern auch die rassespezifischen Erbkrankheiten

! MDR1 Erkrankung mittlerweile im Pudel !

H-Lokus (Harlekin)

- Modifikation des von Merle
→ Farbverdünnte Bereiche werden zu Weiß aufgehellt
- Dominant „H“-Allel

Doppel-Harlekin?

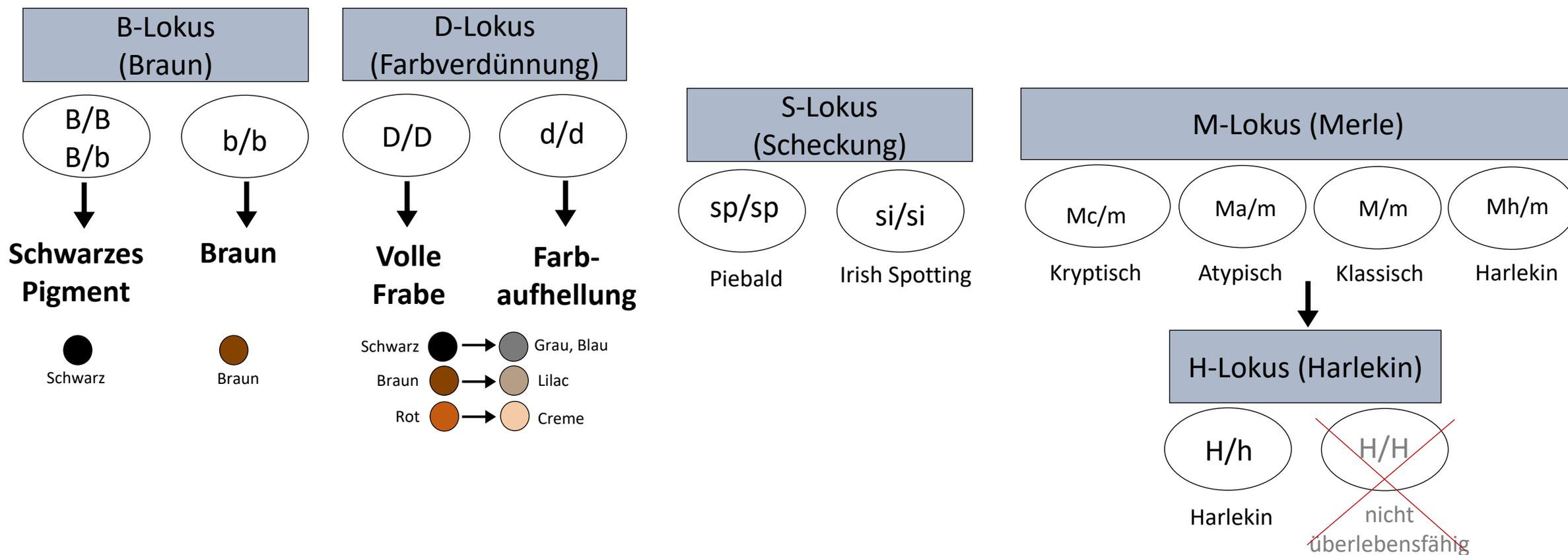


- Ein gesundes Harlekin-Gen PSMB7 ist lebensnotwendig
- H/H ist nicht überlebensfähig → embryonal letal (tödlich)
- Folge: kleinerer Wurf



Zusammenfassung

- Modifikatoren der Grundfarben



Part 3: Besonderheiten

Alle Fellfarben beim Hund entstehen aus nur zwei Farbpigmenten!

Em-Lokus (melanistische Maske)

- dunkle Maske am Fang aus schwarzem Pigment (Eumelanin)
- dominant:

| | |
|-------|------------------|
| Em/Em | } schwarze Maske |
| Em/E | |
| Em/e | |
- Bei Zobel-Weißchecken: „Watermarkings“ möglich (z.B. Silken Windsprit)



As-Lokus (Sattel)

- dunkler Rücken aus schwarzem Pigment (Eumelanin)
→ Modifikator von A-Lokus at/at (Black and Tan)

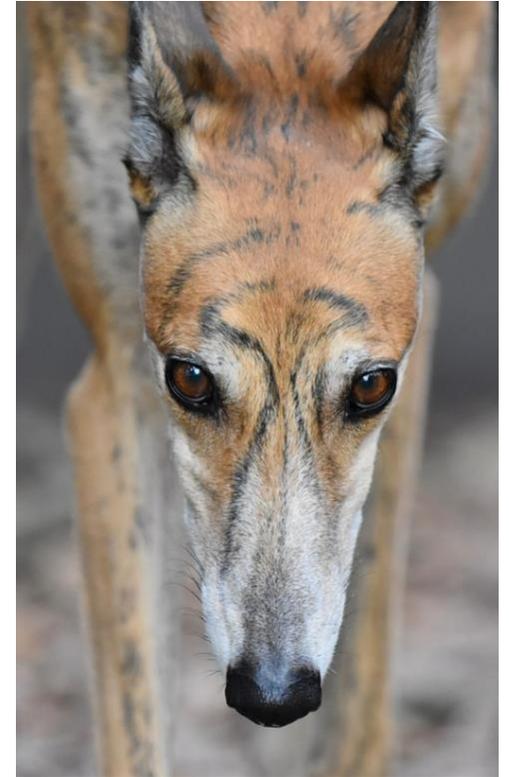
„creeping tan“: der Schwarzanteil vom black and tan wird im Laufe des Alters kleiner, bis nur noch ein Sattel sichtbar ist

- dominant: As = Sattel, abhängig vom A-Lokus



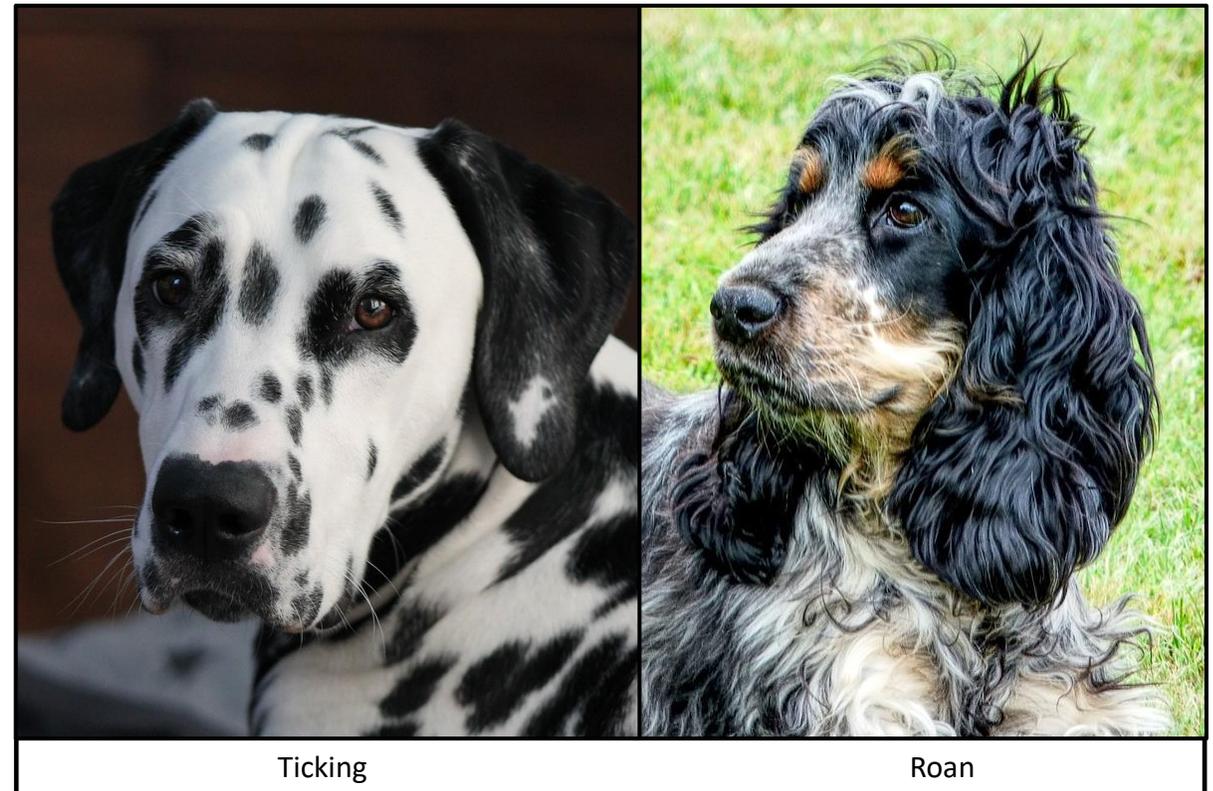
K-Lokus Kbr (Brindle)

- Dunkle Stromung aus schwarzem Pigment (Eumelanin)
→ nur auf roter Basis des A-Lokus möglich
- Hierarchie: KB (dominant Schwarz) > kbr (brindle) > ky (A-Lokus Expression erlaubt)



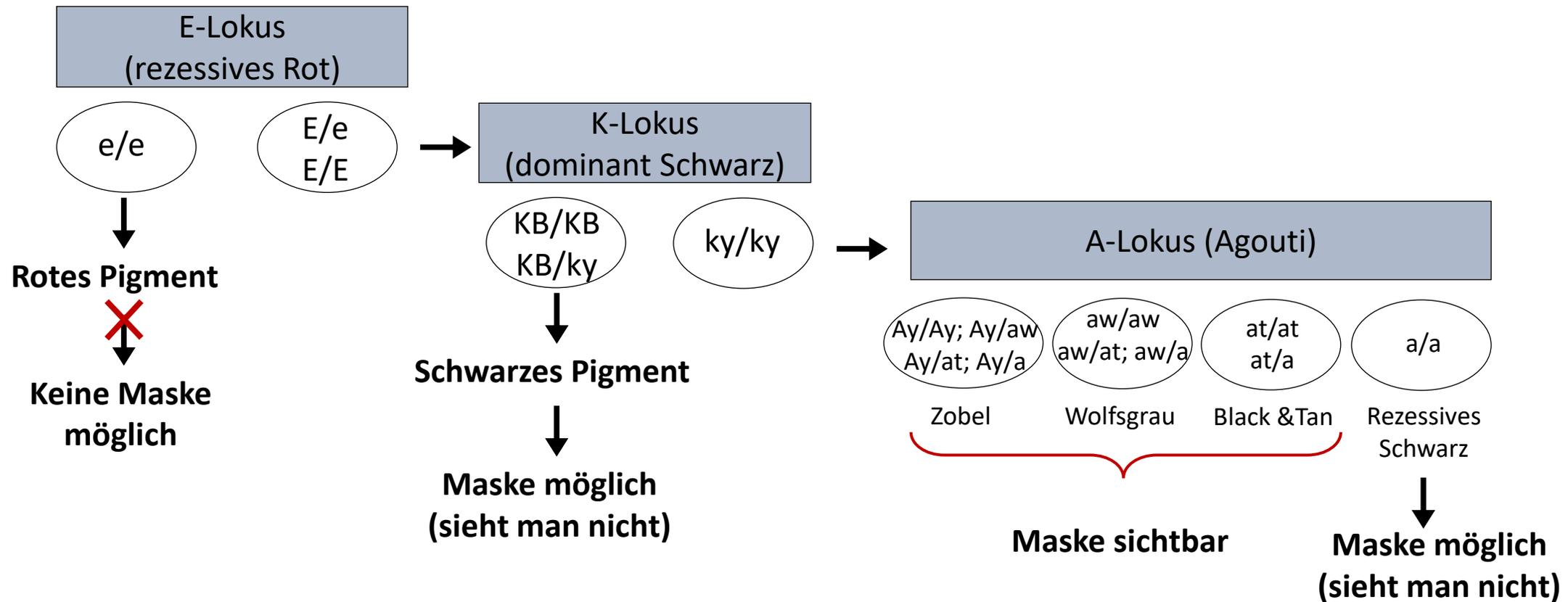
Tr-Lokus (Ticking/Roan)

- Pigmentbildung in weißen, unpigmentierten Bereichen
 - Tüpfel, Punkte entwickeln sich ab der 2. Lebenswoche
 - Fellfarbe richtet sich nach der Grundfarbe
- dominant:
 - Tr = Roan
 - Ti = Ticking
 - t = rein weiß



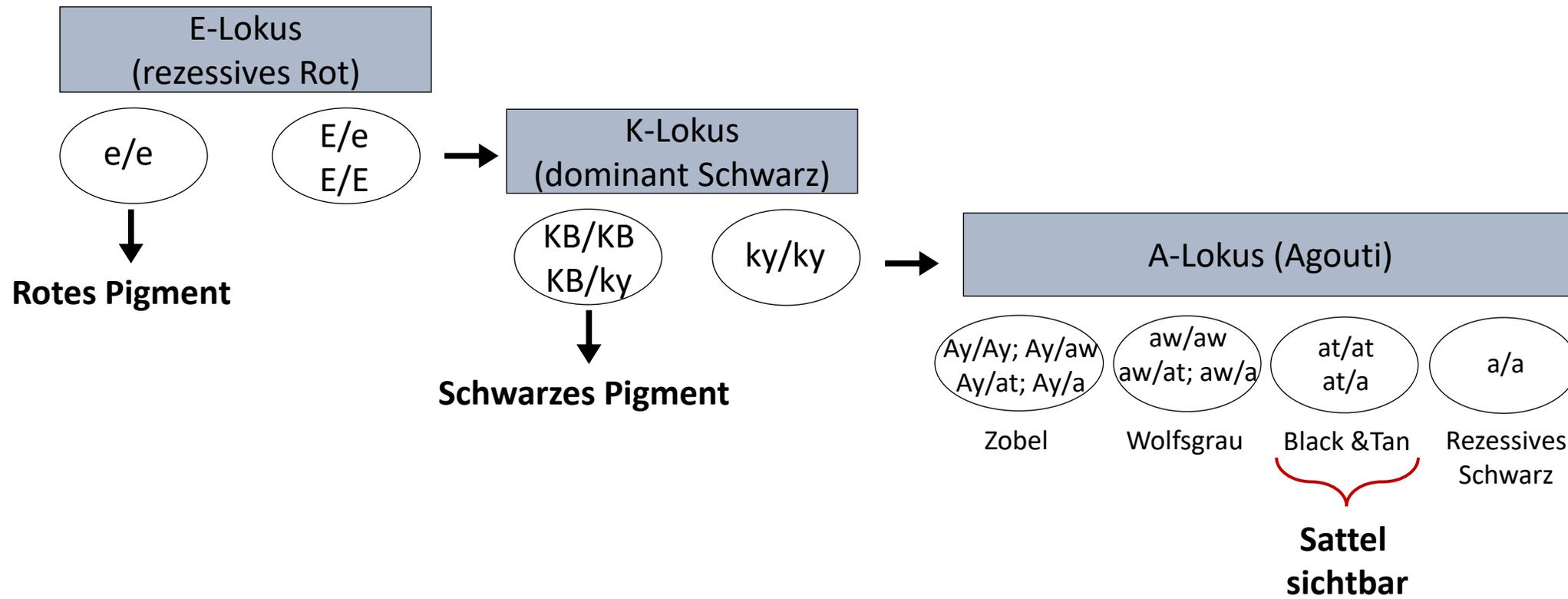
Zusammenfassung

- Besonderheiten Em (Maske)



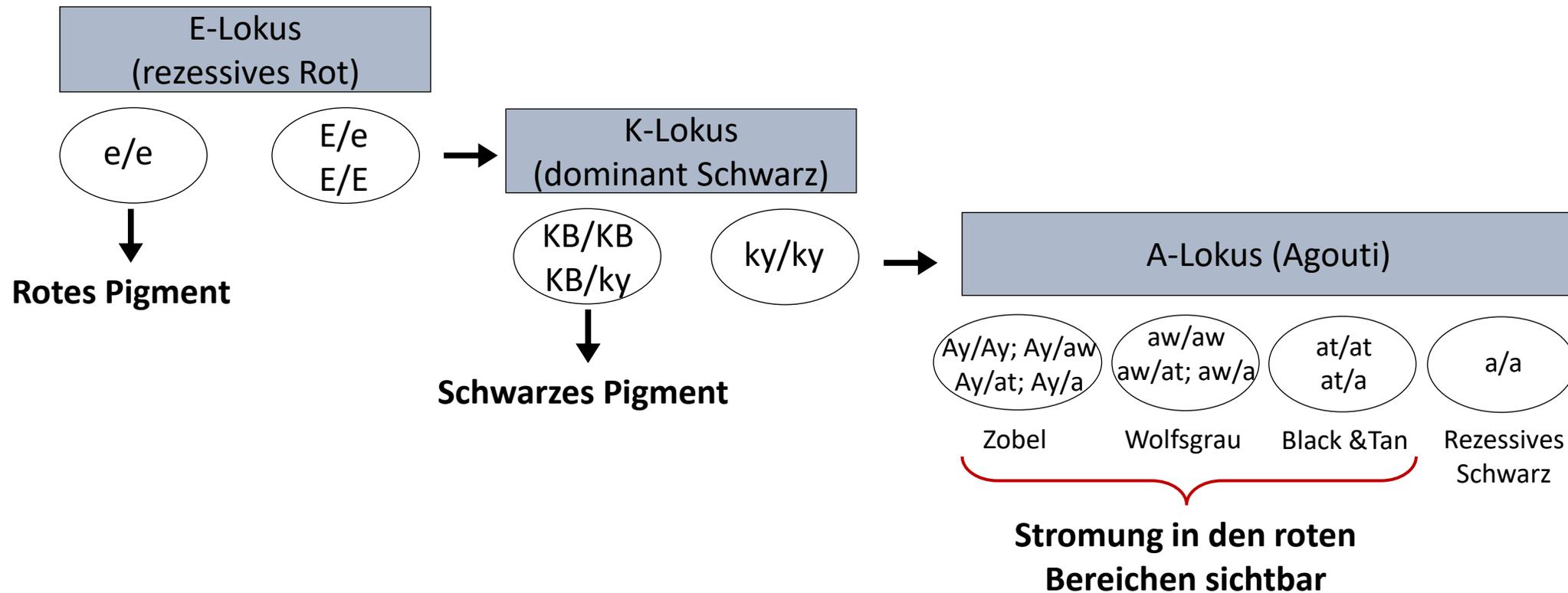
Zusammenfassung

- Besonderheiten As-Lokus (Sattel)



Zusammenfassung

- Besonderheiten Kbr-Lokus (Brindle)



Danke !!



Dr. Julia Segert
- Genetik und Molekularbiologie -