

Farbgenetik Deutscher Spitz

- Grundkurs -

Inhalt

Einführung in die Farbgenetik:

- Grundlagen der Genetik
- Rezessive und dominante Erbgänge
- Pigmente beim Hund
- Phänotypisch und Genotypisch
- Grundtöne der Fellfarben – die drei Hauptlokusse (Zwiebelmodell)
- Einfluss der anderen Farblokusse

Übersicht über die drei Hauptlokusse:

- Grundlagen zum E-Lokus
- Grundlagen zum K-Lokus
- Grundlagen zum A-Lokus

Inhalt

Übersicht über die anderen Farblokuse und wie sie die Hauptlokuse beeinflussen:

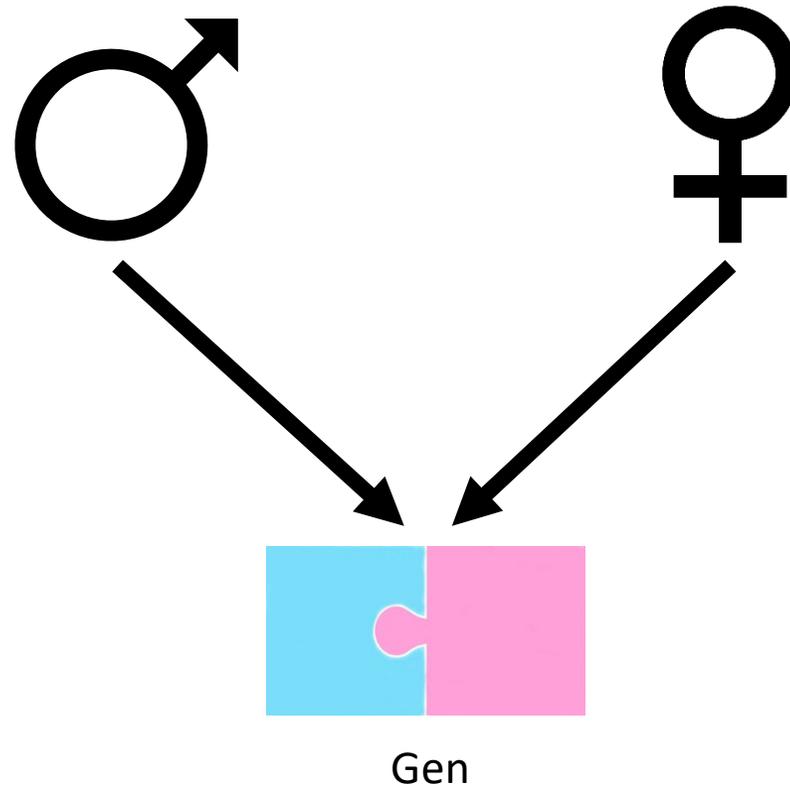
- S-Lokus
- I-Lokus
- B-Lokus
- D-Lokus

Weiterführende Themen für Fortgeschrittene

- Sonderform EM – Maske
- Seal-Effekt bei schwarzen Hunden
- Okulokutaner Albinismus Typ 2 (OCA2)
- Merle

Grundlagen der Genetik

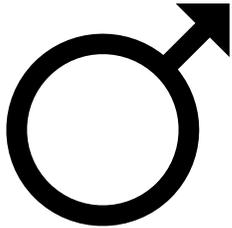
Wie bei allen Lebewesen liegt die **Ausprägung einer Fellfarbe** in den **Erbinformationen der Zellen**. Diese Erbinformationen in einer Zelle werden als **Gene** bezeichnet. Diese Gene kommen in einer Zelle immer in **doppelter Ausführung** vor – ein Gen von der **Mutter** und ein Gen vom **Vater**. Diese beiden Gene stehen in **Beziehung zueinander** und beeinflussen sich gegenseitig. Je nach Kombination und Dominanz beeinflussen diese Gene das gesamte Aussehen eines Hundes.



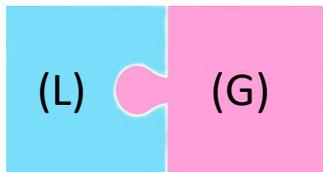
Rezessive und dominante Erbgänge

Dabei gibt es **Gene**, die sich **dominant** weitervererben und andere, die sich **rezessiv** weitervererben. Bei Genen, die sich dominant weitervererben, benötigt es **eine Geninformation** von Mutter oder Vater, damit es zum Tragen kommt. **Rezessive Erbgänge** kommen nur zum Tragen, wenn diese **Geninformation doppelt** vorkommt, also von Vater und Mutter.

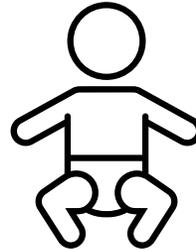
Beispiel:



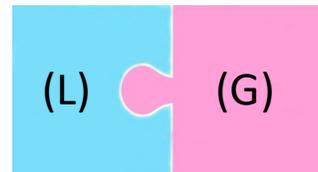
Der Vater trägt auf seinen Genen, die die Struktur der Haare bestimmen ein Gen für lockiges Haar (L) und eins für glattes Haar (G).



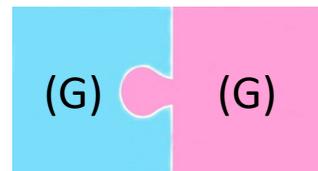
Vater hat lockige Haare.



Das Kind kann folgende Geninformationen von den Eltern erben:



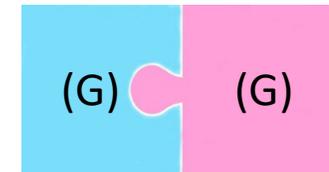
Kind bekommt lockige Haare = **dominater Erbgang**



Kind bekommt glatte Haare = **rezessiver Erbgang**



Die Mutter trägt auf ihren Genen, die die Struktur der Haare bestimmen auf beiden Genen glattes Haar (G)



Mutter hat glatte Haare.

Pigmente beim Hund

Es gibt eine große Vielzahl an Fellfarben beim Hund. Allerdings basiert die Produktion dieser unterschiedlichen Fellfarben auf die Produktion von **zwei Pigmenten**:

- Eumelanin (braunes bis schwarzes Pigment)



- Phäomelanin (helles bis bräunlich rotes Pigment)



Phänotypisch und Genotypisch

Die Gene, die sich **optisch** auf das Aussehen des Hundes auswirken nennt man **phänotypische Farben**. Das sind die Farben, die man **sehen kann**. Ein Hund mit brauner Fellfarbe ist also phänotypisch braun, weil ich die Farbe sehen kann. Ein Hund mit schwarzer Fellfarbe hingegen ist phänotypisch schwarz.

Zusätzlich zu den sichtbaren Fellfarben gibt es aber auch **Gene, die nicht sichtbar sind**, weil sie von den phänotypischen Genen überdeckt werden. Diese Gene nennt man **genotypisch**. Das sind also Gene die der Hund **weitervererbt**, aber bei ihm momentan nicht sichtbar sind. Genotypische Gene können über ein **Farbgenetik-Profil** ermittelt werden.

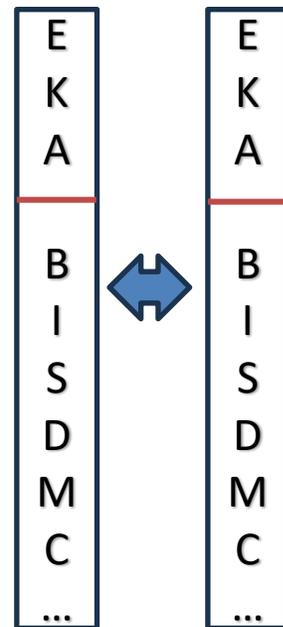
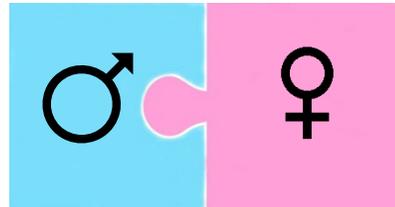


Nehmen wir diesen schwarzen Mittelspitzrüden als Beispiel:
Optisch ist der Rüde reinschwarz. Also Phänotypisch schwarz.

Was jetzt allerdings optisch nicht sichtbar ist, dass dieser Rüde ein Braun- und Blauträger sein kann. Zusätzlich ist er über weitere Gene orange-sable Träger. Diese ganzen Erbinformationen sind in dem Hund enthalten und diese kann er weitervererben, obwohl er optisch rein schwarz ist. Deshalb sind gerade bei Mischverpaarungen die genotypischen Gene sehr entscheidend, um vorab sagen zu können, welche Farben bei einer Paarung fallen können.

Farblokus

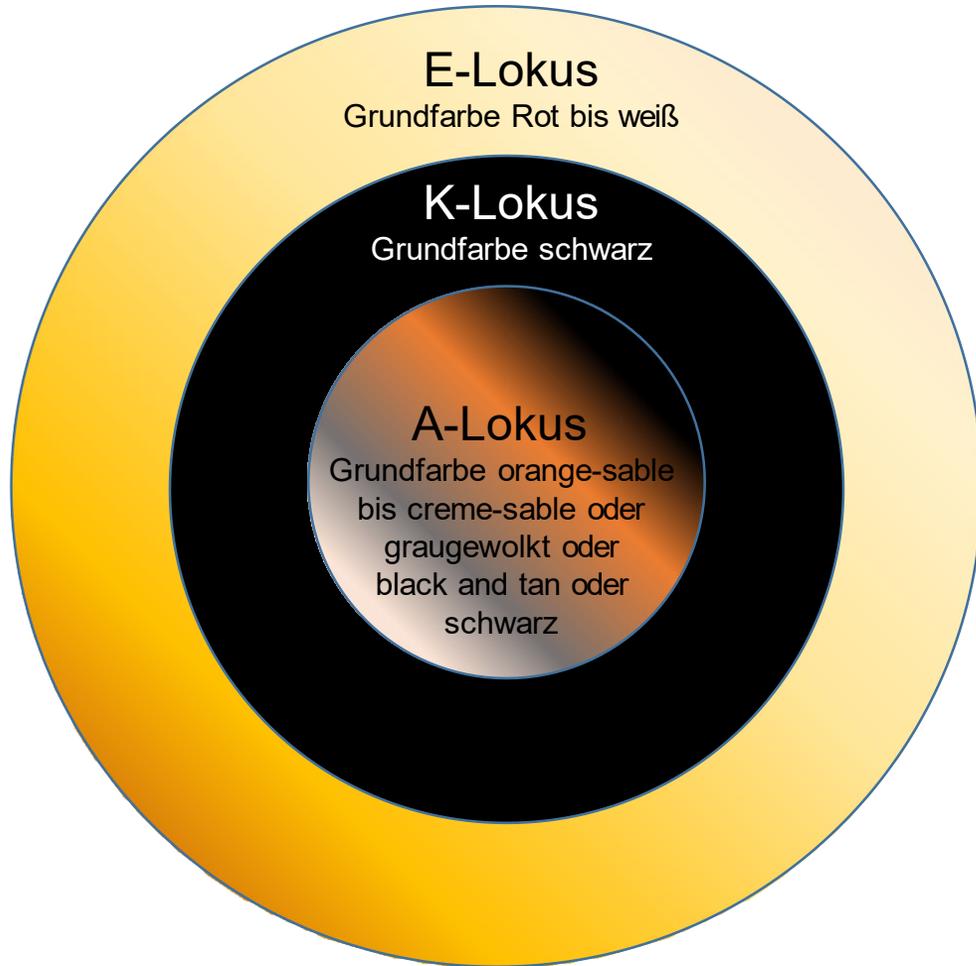
Auf einem **Gen** gibt es verschiedene **Genorte**, auf denen die unterschiedlichen **Fellfarbinformationen** liegen. Diese Genorte nennt man **Lokus**. Jeder dieser unterschiedlichen Farblokuse kann **phäno- oder genotypisch** auftreten, je nachdem in welcher Konstellation die Erbinformationen auf den einzelnen Lokussen vorliegen. Dabei gibt es drei **Hauptlokuse E, K und A**, die den **Grundton der Fellfarbe** bestimmen.



Die Kombination der Farblokuse bestimmt die optische Fellfarbe des Hundes



Grundton der Fellfarbe



Die Fellfarbe vom Hund wird über die drei Hauptloky, den **E-Lokus**, den **K-Lokus** und den **A-Lokus** bestimmt, welche die Synthese zwischen Eumelanin (braunes bis schwarzes Pigment) und Phäomelanin (gelbes bis rotes Pigment) steuern.

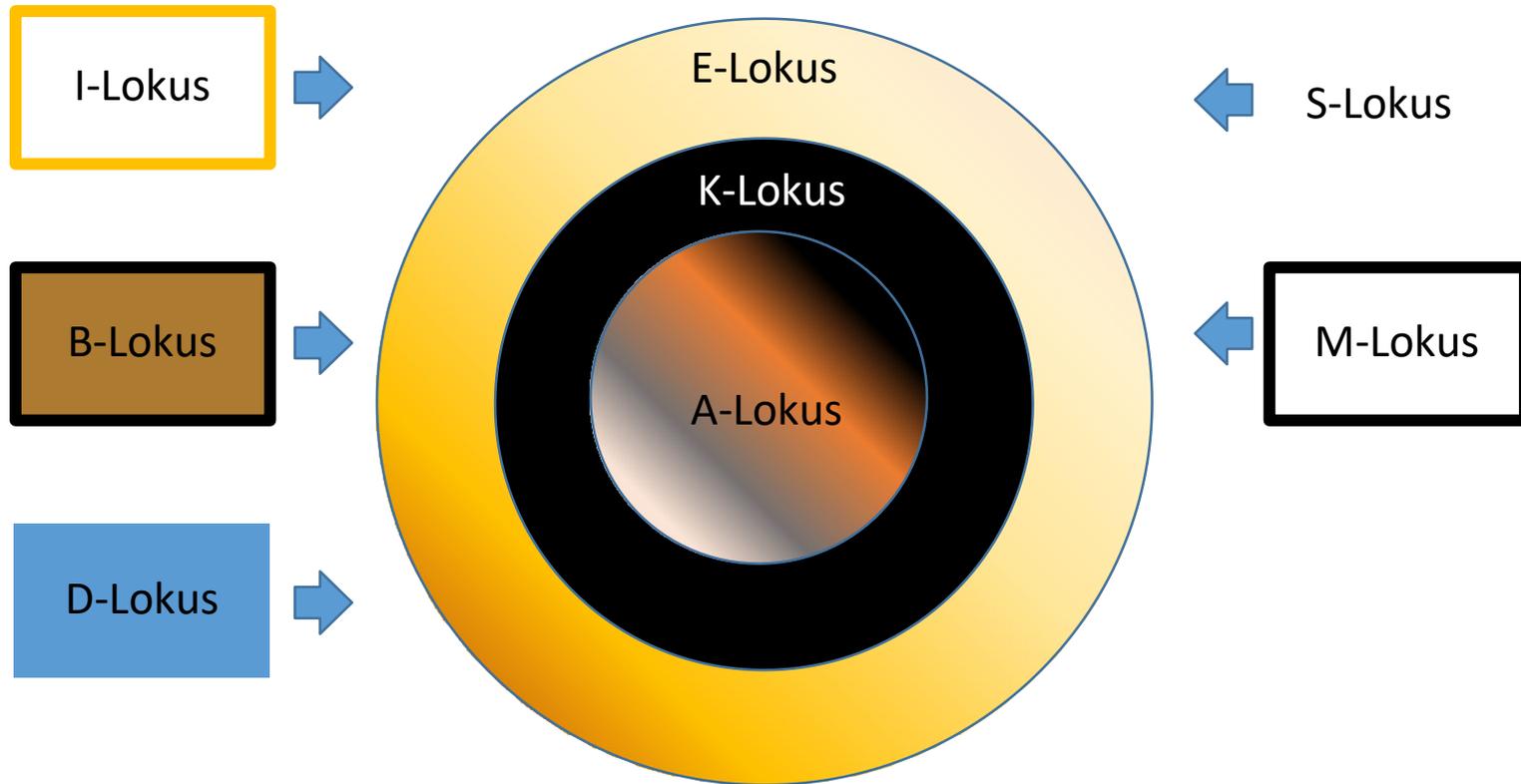
Die drei Hauptloky E, K und A liegen in Ebenen übereinander. Dabei liegt der E-Lokus ganz oben, in der Mitte der K-Lokus und ganz unten der A-Lokus.

Wichtig hierbei ist, dass der oberste sichtbare Hauptloky die Grundfarbe vom Fell bestimmt.

Wie auf der Folie 5 erklärt, treten Gene in zweifacher Ausführung auf. Die Allele auf einem Locus werden mit Buchstaben gekennzeichnet. Das heißt je nachdem welche Allel-Kombination zusammenkommt ist ein Locus sichtbar oder nicht.

Das heißt aber nicht, dass die anderen Lokusse nicht da sind. Je nach Verpaarungspartner, können diese Gene die Farbe der Welpen später beeinflussen.

Einfluss der anderen Lokusse



Zu den Hauptlokussen gibt es andere Lokusse, die Einfluss auf die Farbe nehmen können.

Der **I-Lokus** regelt die Intensität der Grundfarbe in den Bereichen wo gelb-rotes Pigment (Phäomelanin) vorhanden **ist**. Das heißt je nach genetischer Information ist die Grundfarbe heller oder dunkler ausgeprägt. **Der I-Lokus wirkt sich aber nicht aufs Eumelanin aus.**

Der **B-Lokus** regelt die Farbe und Intensität der Grundfarbe in den Bereichen eines Hundes, in denen schwarzes Pigment vorhanden ist. Das heißt er beeinflusst das Eumelanin. Der B-Lokus bestimmt ob sich braunes oder schwarzes Pigment bildet.

Der D-Lokus bewirkt eine Verdünnung der Grundfarben. Je nach Grundfarbe entstehen bestimmte Verdünnungseffekte.

Der **S-Lokus** bestimmt die Pigmentverteilung im Fell und der Haut des Hundes. Wird durch den S-Lokus die ein Pigmentverlust herbeigeführt, führt das beim Hund zu weißen Stellen im Haar und zu rosafarbener Haut, also zu weißen Abzeichen und Scheckung.

Der **M-Lokus** ist für die Merle-Fellmusterung verantwortlich.

E-Lokus



Der E-Lokus bestimmt, ob sich Eumelanin, also schwarzes oder braunes Pigment im Haar einlagern kann.

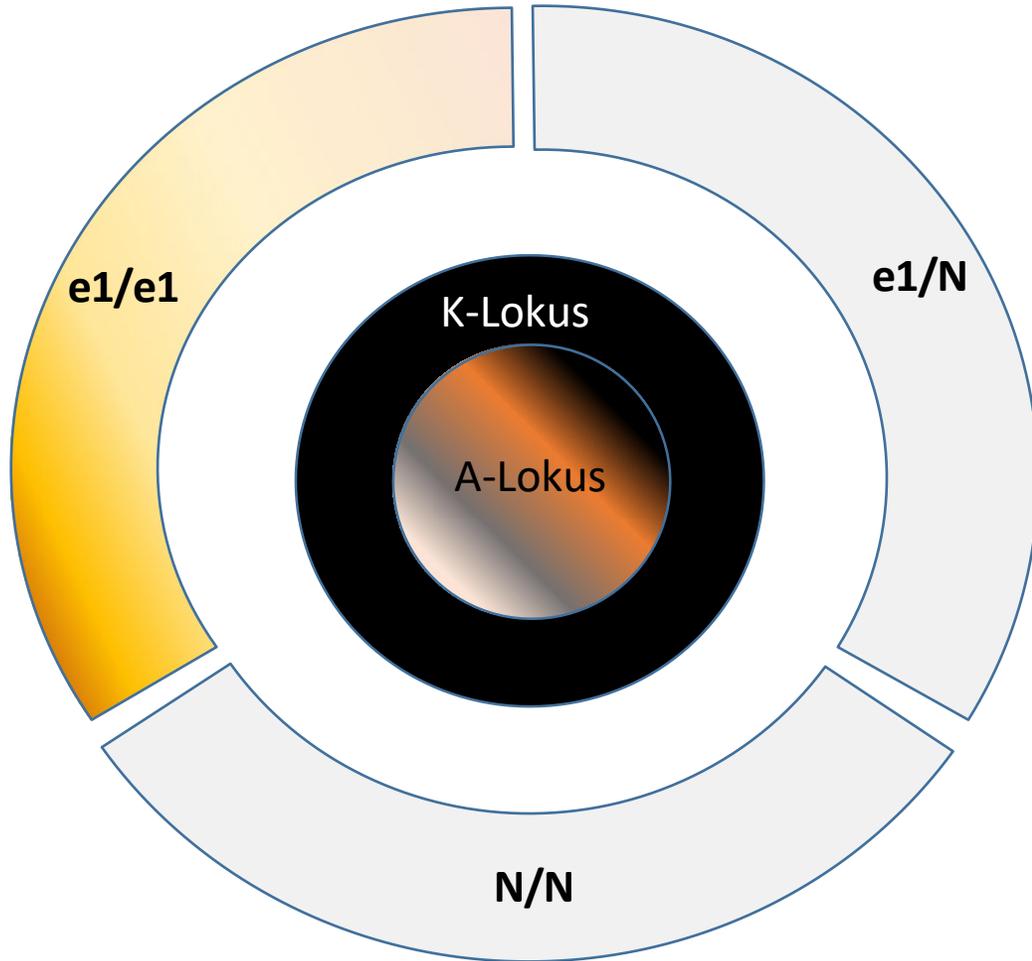
Ein Hund der seine Farbe über den E-Lokus bekommt, kann kein schwarzes/braunes Pigment im Haar produzieren. Die Fellfarbe wird ausschließlich über das Phäomelanin, also rotes Pigment gebildet.

Der Rotton kann von einem tiefen Kupfer bis zu einem Gelb/Gold oder creme variieren, je nach Einfluss von anderen Lokussen.

Einen Hund, der über den E-lokus seine Farbe bekommt kann man an folgenden Merkmalen erkennen:

- Weiße Gesichtsbehaarung, Tasthaare und Vibrissen
- Keine Schwarzeinlagerungen im Fell
- Die Welpen haben eine helle Haut und die Nase wird später erst schwarz nachpigmentiert

Genetische Kombinationen auf dem E-Lokus



Ein Spitz kann auf dem E-Lokus folgende Allele tragen:

- $e1/e1$ (rezessiv orange -> Farbe über den E-Lokus)
- $N/e1$
- N/N

Ein Hund bekommt seine **Farbe über den E-Lokus** nur, wenn er auf dem Gen ein $e1$ Allel vom Vater sowie von der Mutter trägt (= $e1/e1$).

Bei $N/e1$ und N/N kommt der E-Lokus nicht zum tragen und ist **unsichtbar**. Die Grundfarbe wird dann über den K- oder A-Lokus bestimmt.

Da beim E-Lokus zwei gleiche Allele notwendig sind, ist der E-Lokus ein **rezessiver Erbgang**. Deshalb spricht man bei der Fellfarbe von einem Hund der seine Fellfarbe über den E-Lokus bekommt von **rezessiv orange oder creme**.

Phänotypisch ist der Hund orange oder creme.

Für den E-Lokus gibt es noch einer **Sonderform EM**. Da diese aber erst beim A-Lokus zum Tragen kommt, wird diese später erklärt.

K-Lokus



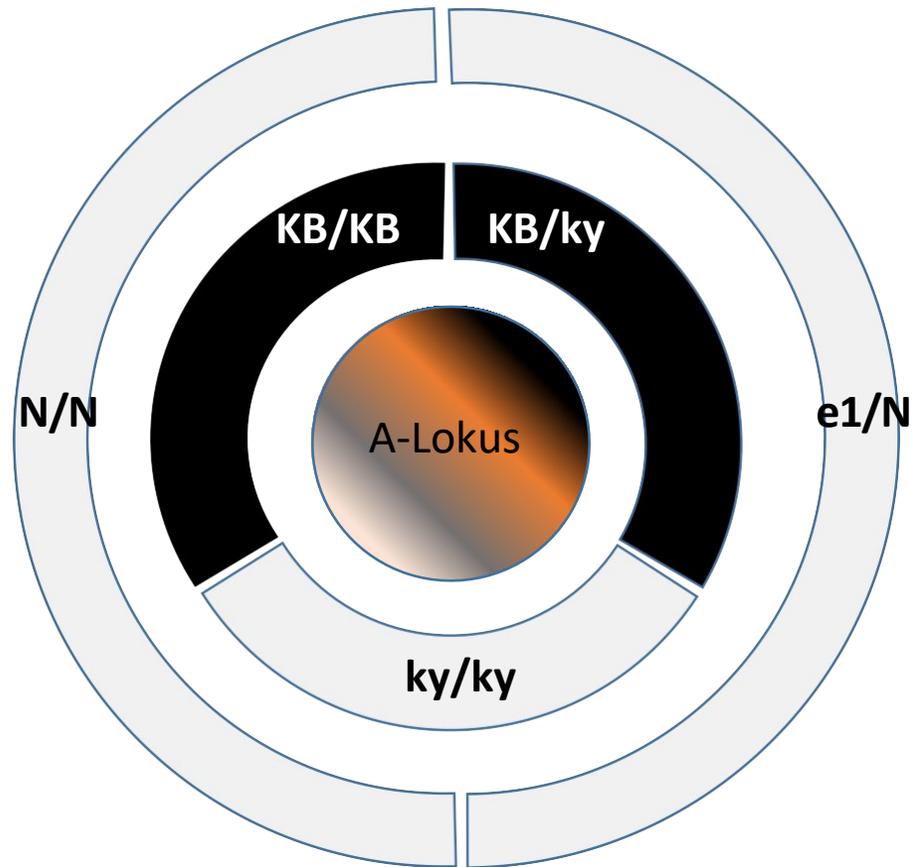
Wenn die phänotypische Farbe vom Hund durch den K-Lokus bestimmt wird, dann überlagert das Eumelanin gleichmäßig alle phäomelaninen Bereiche.

Der Hund hat also keine sichtbaren roten Pigmente und ist optisch komplett schwarz.

Durch die Beeinflussung von weiteren Lokussen, kann sich die schwarze Farbe verändern. Ein Beispiel hierfür ist die Farbe Braun.

Die braune Fellfarbe ist nichts anderes als eine Aufhellung der Farbe Schwarz. Näheres dazu beim B-Lokus, der für die Aufhellung zu braun verantwortlich ist.

Genetische Kombinationen auf dem K-Lokus



Die phänotypische Farbe vom Hund wird nur dann vom K-Lokus bestimmt, wenn der **E-Lokus durchsichtig** ist. Der E-Lokus ist durchsichtig bei der **Allelkombination N/e und N/N**.

Kommt der K-Lokus zum tragen, dann ist der Grundton der Fellfarbe vom Hund schwarz.

Auf dem K-Lokus kann ein Hund folgende Allele tragen:

- **KB/KB**
- **KB/ky**
- **ky/ky**

Anders als auf dem E-Lokus reicht **ein KB-Allel** auf dem K-Lokus aus, damit der Hund eine schwarze Fellfarbe bekommt. Deshalb ist der K-Lokus ein **dominanter Erbgang** und die Hunde dominant schwarz. Trägt der Hund auf dem K-Lokus **ky/ky** ist der K-Lokus wie der E-Lokus **durchsichtig** und der **A-Lokus** bestimmt die phänotypische Fellfarbe des Hundes.

A-Lokus - Fellfarben

Hat ein Hund auf dem E-Lokus N/N oder e1/N und auf dem K-Lokus ky/ky, dann wird der A-Lokus sichtbar und bestimmt den Grundton der Fellfarbe. Auf dem A-Lokus liegen folgende genetische Informationen für die Fellfarbe:



Clear-sable DY (AY)

Der Hund erscheint einfarbig hat aber schwarze Fibrillen. Er hat keine schwarzen Haarspitzen. Alle Schattierungen von Creme bis kräftiges Orange möglich



Shaded-sable SY(AY)

Der Hund hat schwarze Haarspitzen die aber in der Ausbreitung stark variieren können. Alle Schattierungen von Creme bis kräftiges Orange möglich



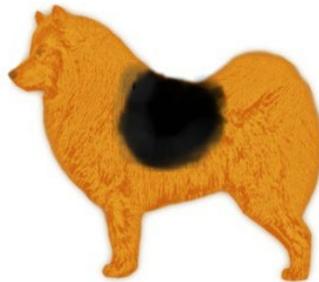
Agouti/ Gewölkt AG (aw)

Alle Schattierungen von Creme/(graugewölkt) bis kräftiges Orange möglich



Black and Tan BB (at)

Tan Abzeichen in allen Schattierungen von Creme/ bis kräftiges Orange möglich



Saddle Tan BS (at)

Der Hund hat einen schwarzen „Sattel“ Kann seit neusten getestet werden. Behandlung wenn gewünscht kurz am Schluss

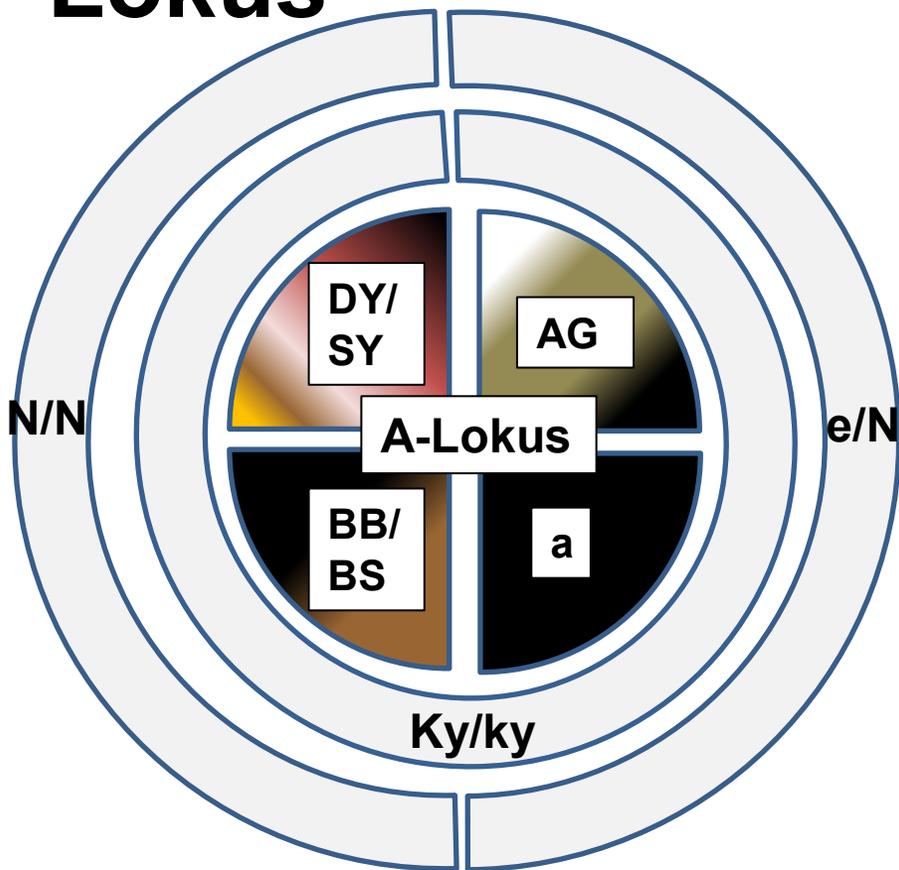


Rezessiv Schwarz a

Der Hund ist schwarz. Die Information zu Schwarz liegt aber an einem anderen Genort als das Dominant schwarz (K Lokus)

Die Fellfarben beim A Lokus haben viele Spielarten, können manchmal kaum ohne Gentest sicher zugeordnet werden. Ebenso sind manche neugeborene Welpen optisch schwarz und entwickeln zum Beispiel ihre Tan Abzeichen erst später. Aber mehr dazu in weiterführende Themen

Genetische Kombinationen auf dem A-Lokus



Dominanzfolge

$$DY > SY > AG > \begin{matrix} BB \\ BS \end{matrix} > a$$

Der A Locus ist der mit der größten „Farbenvielfalt“.

Welche Farbe phänotypisch auftritt folgt einer Dominanzfolge. Das heißt desto weiter vorne, um so dominanter. Eine Besonderheit ist das BB und BS ko-dominant sind, das heißt gleichwertig.

Die Dominanzfolge entspricht :

$$DY > SY > AG > \begin{matrix} BB \\ BS \end{matrix} > a$$

Merke: Welches getestete Allel auf dem A Locus höher in der Dominanzfolge liegt tritt phänotypisch auf. Als zweites Allel kann nochmal das gleiche (reinerbig) oder alle darunter liegenden „Farben“ mit vererbt werden. Gepaart mit diesem Partner können alle Farben die gleich oder höher in der Dominanzfolge liegen fallen.

Beispiel: Der Hund trägt AG/BB. AG ist in der Dominanzfolge höher, daher ist der Hund gewölkt, trägt aber genetisch auch black and tan. Das heißt je nachdem was der Partner trägt können Sable, gewölkte und black and tan Hunde fallen.

Das ergibt folgende genetische Vererbung der Fellfarbe:

Orange sable/creme-sable Hund können noch verdeckt gewölkt, black and tan oder rezessiv schwarz auf dem A Locus tragen

clear	= DY/DY, DY/SY, DY/ AG, DY / BB, Dy/a	(Ay/Ay, Ay/aw, Ay/at, Dy/a)
shaded	= SY/SY, SY/ AG, SY / BB , SY/a	

gewölkt Hund können noch verdeckt black and tan oder rezessiv schwarz auf dem A Locus tragen
= AG/AG, AG/BB, AG/a (aw/aw, aw/at, aw/a)

Black and tan Hund können noch verdeckt rezessiv schwarz auf dem A Locus tragen
= BB/BB , BB/a (at/at, at/a)

Rezessiv schwarz = a/a

Noch der Vollständigkeitshalber erwähnt werden müssen:

Saddle tan = BS/BS, BS/a (at/at, at/a)

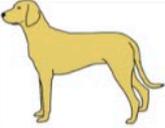
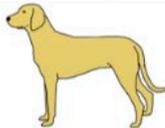
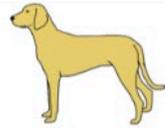
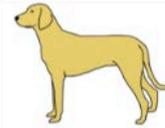
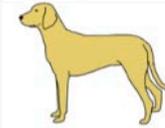
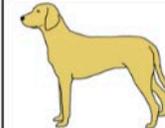
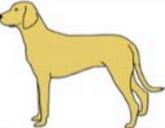
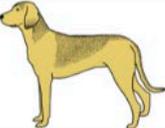
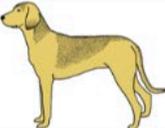
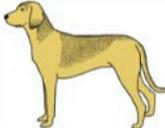
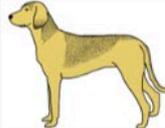
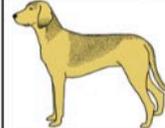
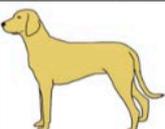
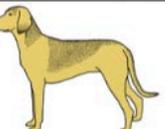
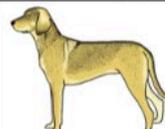
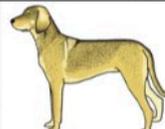
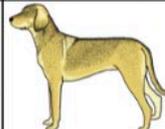
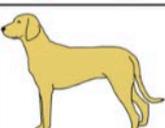
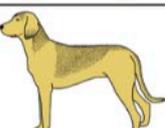
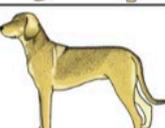
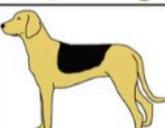
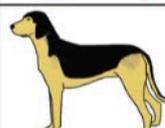
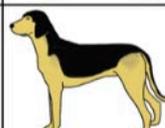
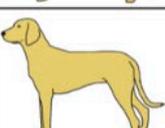
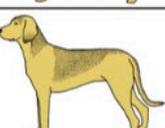
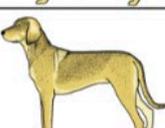
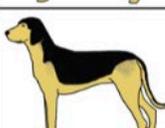
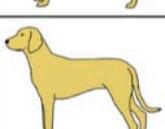
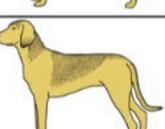
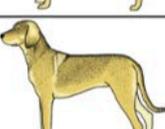
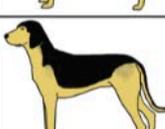
Mischform (Creeping Tan) = BB/BS (at/at)

Gedankenstütze

DY clear sable
SY shaded sable
AG gewölkt
BB black and tan
BS saddle tan
a rezessiv schwarz

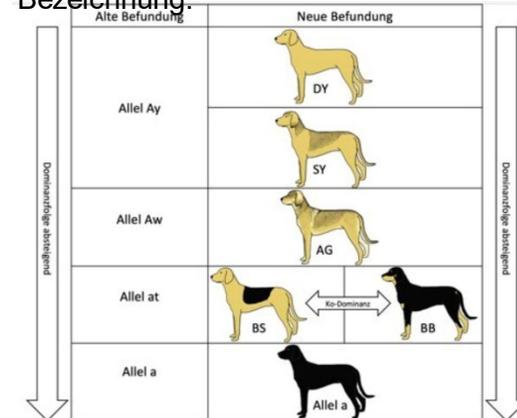
Auswertung Laboklin A-Lokus

Aktuelle Auswertung:

Haplotypen-Allel	DY	SY	AG	BS	BB1-3	a
DY						
SY						
AG						
BS						
BB1-3						
a						

Quelle <https://shop.labogen.com/gentest-bestellung/hund/all/2658/a-lokus-agouti-asip-analyse>

Gegenüberstellung Alte zu Neue Bezeichnung:



Quelle <https://shop.labogen.com/gentest-bestellung/hund/all/2658/a-lokus-agouti-asip-analyse>

Übergangs Auswertung nicht mehr aktuell:

Haplotype Allele	VP1/HCP1 DY	VP2/HCP1 SY	VP2/HCP2 AG	VP1/HCP3 BS	VP1/HCP4 BS	VP2/HCP3 BB	VP2/HCP4 BB	VP2/HCP5 BB
VP1/HCP1 DY								
VP2/HCP1 SY								
VP2/HCP2 AG								
VP1/HCP3 BS								
VP1/HCP4 BS								
VP2/HCP3 BB								
VP2/HCP4 BB								
VP2/HCP5 BB								

Quelle <https://www.laboklin.co.uk/laboklin/showGeneticTest.jsp?testID=8144>
 Ist zusätzlich noch N/a getestet. Entscheidet nur einer der Haplotypen des ASIP über den Phänotyp

S-Lokus



Der S-Lokus **steuert** die **Pigmentverteilung** im Fell und der Haut des Hundes.

Wenn ein Hund das S-Allel trägt, dann **unterbricht** der S-Lokus die **Pigmentproduktion in bestimmten Bereichen** des Hundes.

Diese nicht pigmentierten Bereiche führen beim Hund zu **weißen Stellen im Haar** und zu **rosafarbener Haut**.

Wie **ausgedehnt** die Scheckung ist, hängt davon ab, ob das **S-Allel einfach oder doppelt** vererbt wurde. Das heißt nur von einem Elternteil oder von beiden.

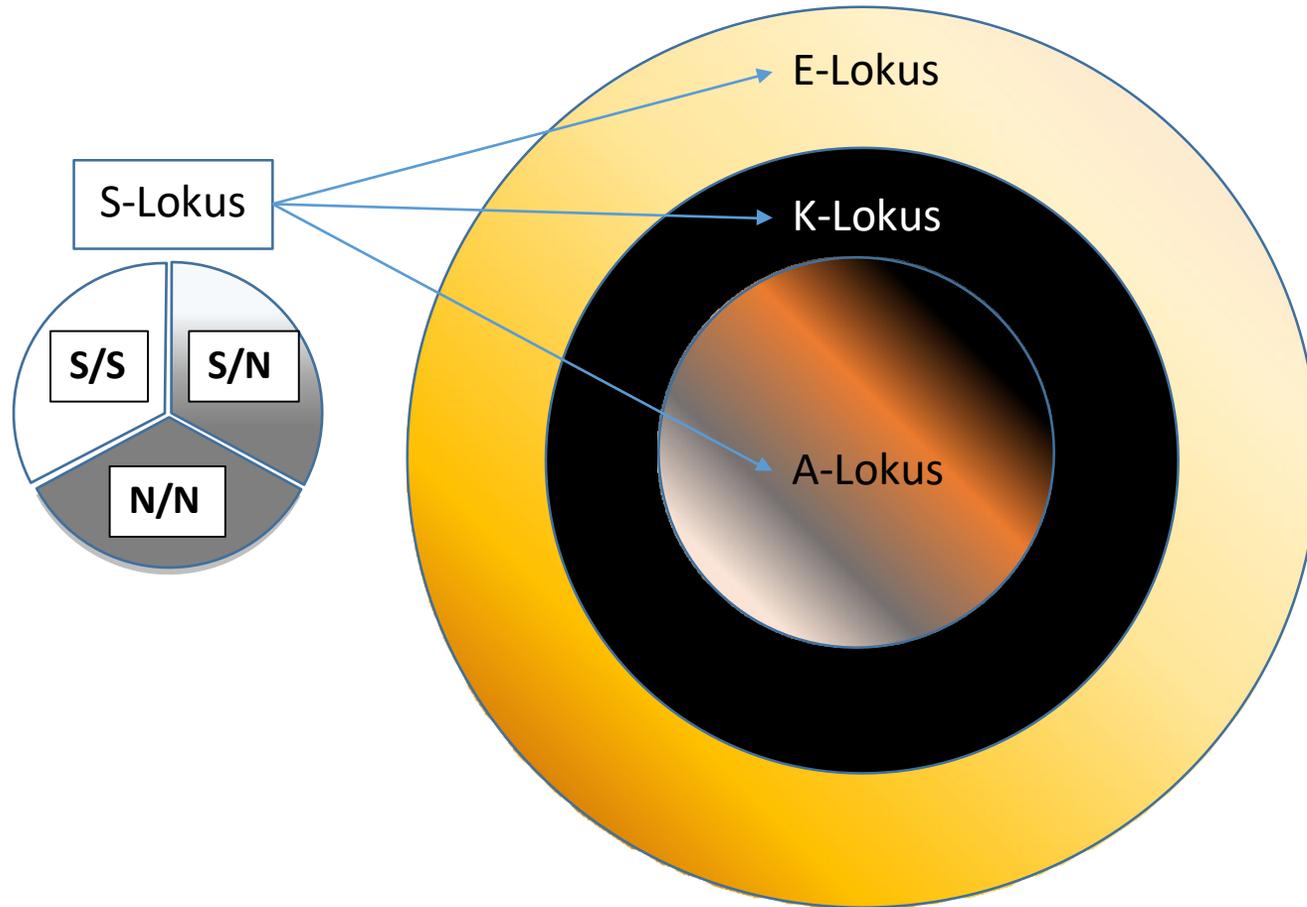
Tritt das **S-Allel einfach** auf, hat der Hund nur eine **begrenzte Fleckenbildung** im Bereich der Pfoten, Schwanzspitze, Brust und Bauch. In einigen Fällen können die Flecken sich sogar **komplett verwachsen** und sind phänotypisch nicht mehr sichtbar.

Tritt das **S-Allel doppelt** auf, hat der Hund **größere weiße Areale**.

Der S-Lokus kann sich auf alle anderen Loci auswirken. So gibt es e/e Hunde mit weißen Fellbereichen, schwarze KB/-Hunde sowie A-Lokus Hunde mit weißen Fellbereichen.

Die **Grundfarbe** von einem gescheckten Hund ist **nicht weiß**, sondern die entsprechende andere Farbe. Beispielsweise bei schwarz-weiß ist die Grundfarbe schwarz.

S-Lokus



Auf dem S-Lokus kann ein Hund folgende Allelkombinationen für die Fellfarbe tragen:

- **N/N (Kein Schecke)**
- **S/N (Scheckenträger oder leichte Scheckung)**
- **S/S (Schecke)**

Der S-Lokus steuert die Pigmentverteilung im Fell und der Haut des Hundes. Trägt ein Hund auf dem S-Lokus S/S oder S/N, dann unterbricht der S-Lokus die Pigmentproduktion in bestimmten Bereichen des Hundes. Diese nicht pigmentierten Bereiche führen beim Hund zu weißen Stellen im Haar und zu rosafarbener Haut.

Hunde mit S/S auf dem S-Lokus haben rasseabhängig eine eher ausgedehnte weiße Musterungen im Fell, eine sogenannte Scheckung.

Hunde mit einem S auf dem S-Lokus N/S haben eine begrenzte Fleckenbildung im Fell, also eher kleine weiße Abzeichen in den Bereichen Pfoten, Schwanzspitze, Brust und Bauch.

Hunde mit N/N auf dem S-Lokus sind normal pigmentiert.

I-Lokus



Der I-Lokus regelt die **Intensität** der Farbe in den Bereichen eines Hundes, in denen **kein schwarzes Pigment** vorhanden ist. Das bedeutet der I-Lokus beeinflusst ausschließlich das **Phäomelanin**. Auf das **Eumelanin** hat der I-Lokus also erst einmal optisch **keinen Einfluss**.

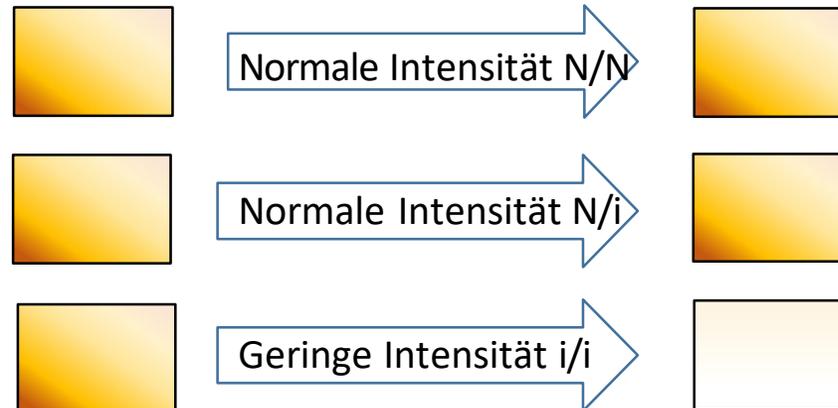
Auf dem I-Lokus kann ein Hund folgende Allelkombinationen für die Fellfarbe tragen:

- **N/N (Normale Intensität)**
- **N/i (Normale Intensität)**
- **i/i (Niedrige Intensität)**

Da der I-Lokus ein **rezessiver Erbgang** ist, hat dieser Locus nur einen Einfluss auf das Phäomelanin, wenn zweimal **i/i** auf beiden Allelen von beiden Eltern vorliegen.

Hat der Hund eine **normale Intensität** also auf beiden Allelen **N/N** oder **N/i**, so hat der Hund eine Fellfarbe von **rot bis creme**.

Hat der Hund eine **geringe Intensität** durch die Allele **i/i**, so wird das Phäomelanin der Fellfarbe ein **sehr helles creme oder weiß**.



Einfluss des I-Lokus auf den E-Lokus

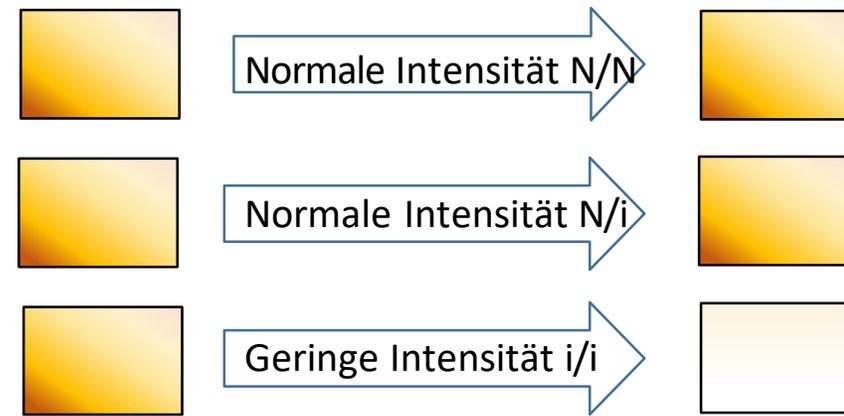
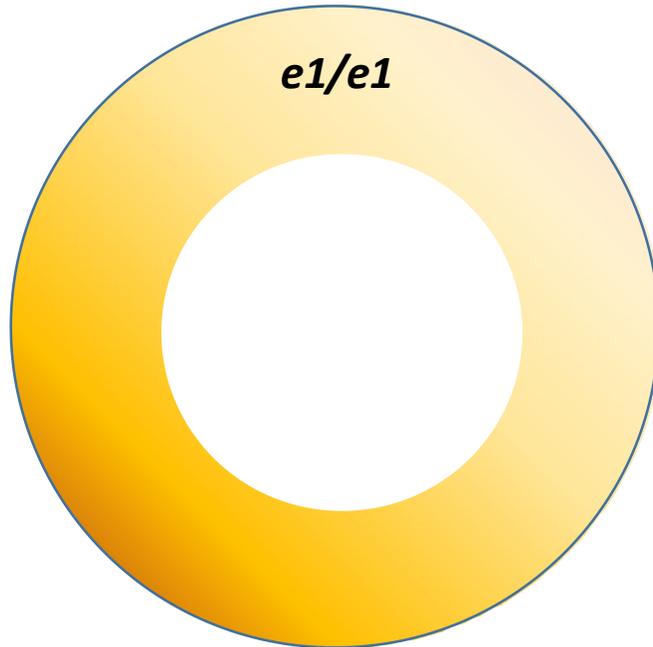
Der E-Lokus bestimmt, ob sich **Eumelanin**, also schwarzes oder braunes Pigment im Haar **einlagern kann**.

Ein Hund der seine Farbe über den E-Lokus bekommt, kann **kein schwarzes/braunes Pigment im Haar** produzieren. Die Fellfarbe wird **ausschließlich** über das **Phäomelanin**, also rotes Pigment gebildet.

Da der I-Lokus das Phäomelanin beeinflusst, hat die Intensität des I-Lokus auf die gesamte Fellfarbe vom rezessiv orangenen oder cremefarbenen Hund Einfluss.

Hat der Hund eine **normale Intensität** also auf beiden Allelen **N/N** oder **N/i**, so hat der Hund eine Fellfarbe von **rot bis creme**.

Hat der Hund eine **geringe Intensität** durch die Allele **i/i**, so wird das Phäomelanin der Fellfarbe ein **sehr helles creme oder weiß**.

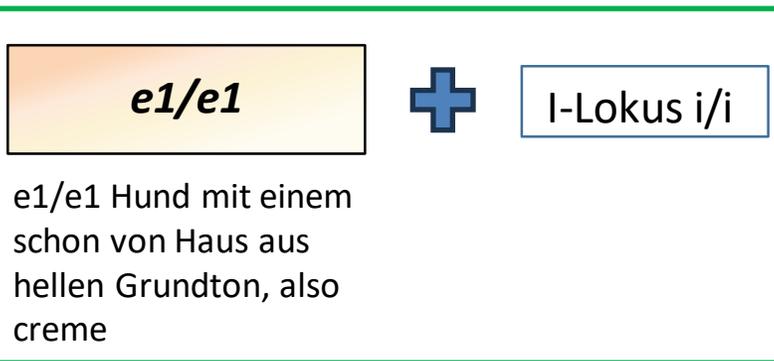


Rein **genetisch betrachtet** ist ein Hund mit dem E-Lokus **e1/e1** und dem I-Lokus **i/i** **weiß**. Je nach der vorherigen Intensität des Rottones kann es aber passieren, dass das rot im gesamten Fell durchscheint oder an vereinzelten Stellen.

Wie bekomme ich einen reinweißen Hund?



2 Möglichkeiten für reinweiß:



Rein **genetisch betrachtet** ist ein Hund mit dem E-Lokus $e1/e1$ und dem I-Lokus i/i **weiß**. Je nach der vorherigen Intensität des Rottones kann es aber passieren, dass das rot im gesamten Fell durchscheint oder an vereinzelt Stellen.

Um einen reinweißen Hund zu bekommen habe ich also zwei Möglichkeiten:

1. Variante über den S-Lokus

Wenn ich einen $e1/e1$ Hund mit i/i und S/S habe, verhindere ich großflächig die Pigmentierung in bestimmten Körperbereichen. Dadurch kann ich auch die rötlichen Bereiche im Fell verringern.

Vorsicht: Bei weißen Hunden mit S/S kann ich das Schecken-Gen schlechter kontrollieren. Das heißt ich könnte taube Welpen bekommen, wenn die Hunde durch das Schecken-Gen keine Pigmentierung an den Ohren haben. Bei einer halbseitigen Scheckung des Kopfes, bekomme ich dann gar nicht mit, dass der Hund auf der einen Seite taub ist!

2. Variante über einen $e1/e1$ Hund mit hellem Grundton:

Wir wissen, dass der I-Lokus das Phäomelanin beeinflusst. Jedoch lässt sich immer noch nicht klären wie ich die Intensität der roten Farbe genetisch beeinflussen kann. Es gibt Hunde mit $e1/e1$ und auf dem I-Lokus N/N oder N/i , die eine dunkelrote Fellfarbe haben und andere, die einen helleren Rot- oder Gelbton haben oder sogar Cremefarben sind.

Wenn ich also einen $e1/e1$ Hund mit einem **hellen Grundton** habe, so kann der I-Lokus i/i die Farbe besser decken und die Wahrscheinlichkeit für **reinweiß** steigt.

Einfluss des I-Lokus auf den A-Lokus

N/N; N/ i

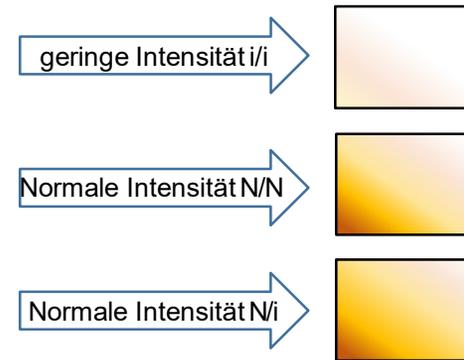


i/i



Der I-Lokus regelt die Intensität der Farbe in den Bereichen eines Hundes, in denen **kein schwarzes Pigment** vorhanden ist. Das heißt er wirkt sich auf alle Farbbereiche des Phäomelanin (helles bis gelbes rotes Pigment) aus auf dem A-Lokus. Dabei bleiben die Eumelanin-Anteile (braunes bis schwarzes Pigment) unberührt.

Da es sich nur auswirkt wenn der Hund sowohl von der Mutter und vom Vater die Info zur Abschwächung bekommt ist es mit N (keine Auswirkung) und i (Abschwächung) bezeichnet.



Orange-sable /Creme-sable mit Einfluss i/i	Der I-Lokus lässt die Phäomelanin-Anteile ganz hell creme bis weiß werden.
Graugewolkt mit Einfluss i/i	Der I-Lokus i/i lässt die Phäomelanin-Anteile creme bis fast weiß werden. Beim Wolfspitz ist der I-Lokus i/i und er hat schwarze, graue und weiße Fellanteile.
Black and Tan mit Einfluss i/i	Der I-Lokus i/i lässt die Phäomelanin-Anteile (Tan- Abzeichen) creme bis weiß werden. Die Eumelanin- Anteile sind nicht betroffen.
Rezessiv schwarz mit Einfluss i/i	Der I-Lokus i/i hat keine optischen Auswirkungen auf die Fellfarbe. Die Eumelanin-Anteile (dunkles Pigment) sind nicht betroffen.

Einfluss des I-Lokus auf den A-Lokus

Wenn das mit der Intensität so einfach wäre....

Als Beispiel hier Mutter (Mitte) mit ihren zwei Töchtern von verschiedenen Vätern:

Die linke Tochter und die Mutter haben vollkommen identische Farbgenetik auf allen Loci, beide tragen zwei N (N/N) aber trotzdem ist die Tochter um einiges dunkler.

Die Tochter rechts trägt N/i und ist eher creme als orange

Im zweiten Bild ist der Vater der rechten Tochter er trägt N/i und ist dunkler als die Mutter mit N/N

Alle Hunde tragen kein i/i das für Aufhellung verantwortlich wäre und sind aber trotzdem unterschiedlich in der Intensität des Orangetons.



Klar ist, dass die Intensität vom Phäomelanin vom I-Lokus dahingehend beeinflusst wird, dass bei i/i es zu einer Aufhellung kommt, aber sie ist nicht der einzige Faktor. Man geht zur Zeit davon aus, dass es noch einen Genort gibt der mitwirkt, die Farbintensität zu erhöhen.

Klar ist, dass weiße Spitze und Wolfspitze ziemlich sicher i/i tragen.

Aber um jetzt farbintensive orange Pigmente zu erhalten, sollte man sich die Eltern und Vorfahren anschauen.

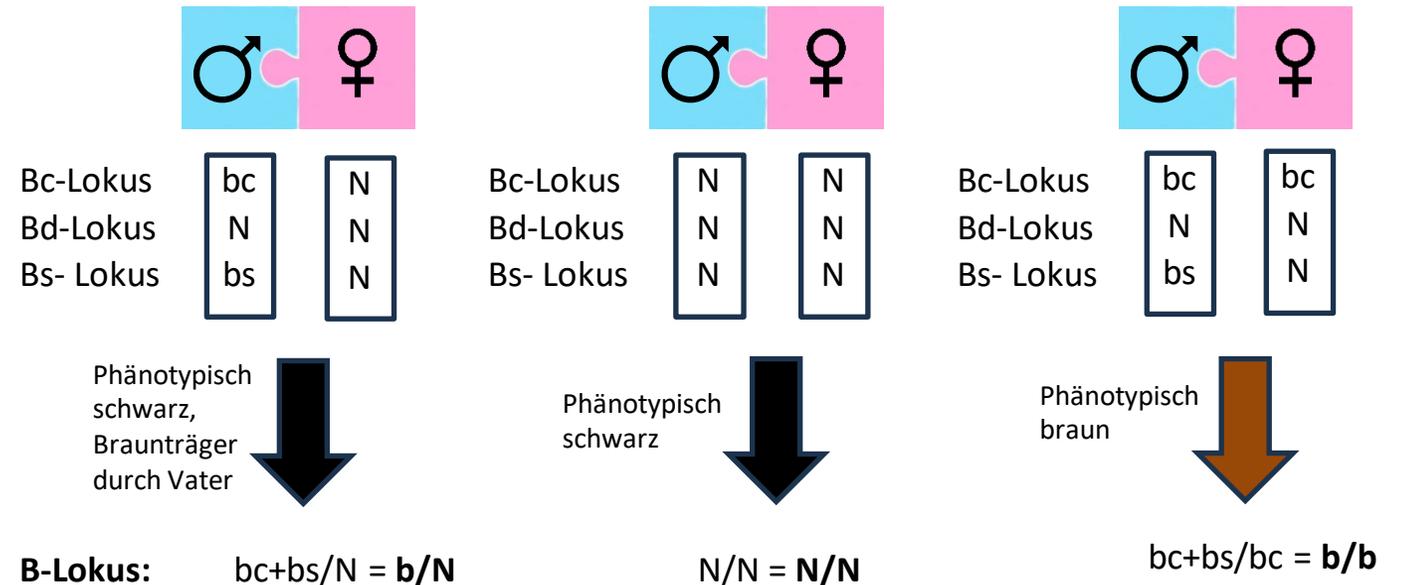
B-Lokus



Der B-Lokus **regelt die Intensität der Farbe** in den Bereichen eines Hundes, in denen **schwarzes Pigment (Eumelanin)** vorhanden ist.

Das bedeutet der B-Lokus beeinflusst ausschließlich das Eumelanin. Auf das **Phäomelanin** hat der B-Lokus also erst einmal **optisch keinen Einfluss**.

Im Gegensatz zu anderen Farb-Lokussen, gibt es beim B-Lokus **drei bekannte Genorte (Bc, Bd, Bs)** beim Spitz und bei anderen Rassen sogar noch mehr.



Der B-Lokus ist wie viele andere Lokusse, die die Intensität der Haupt-Lokusse bestimmen, ein **rezessiver Erbgang**.

Damit der Hund phänotypisch die Farbe Braun bekommt, muss er von **jedem Elternteil** mindestens **ein braunes Allel** erben. Hat der Hund nur von **einem Elternteil** drei Braun-Allele oder weniger und vom anderen keins, ist der Hund nur **Brausträger**, aber bleibt **Phänotypisch im Eumelanin schwarz**.

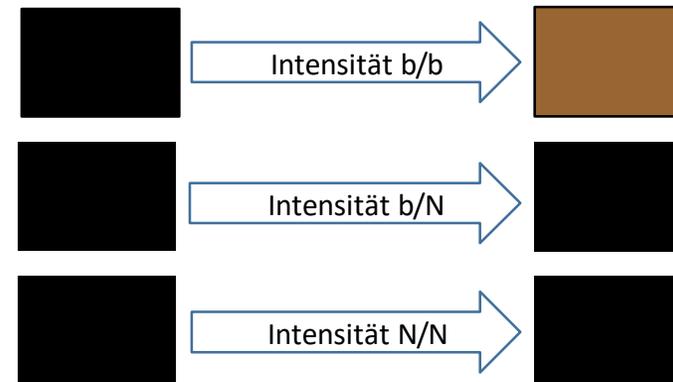
Einfluss des B-Lokus auf den E-Lokus



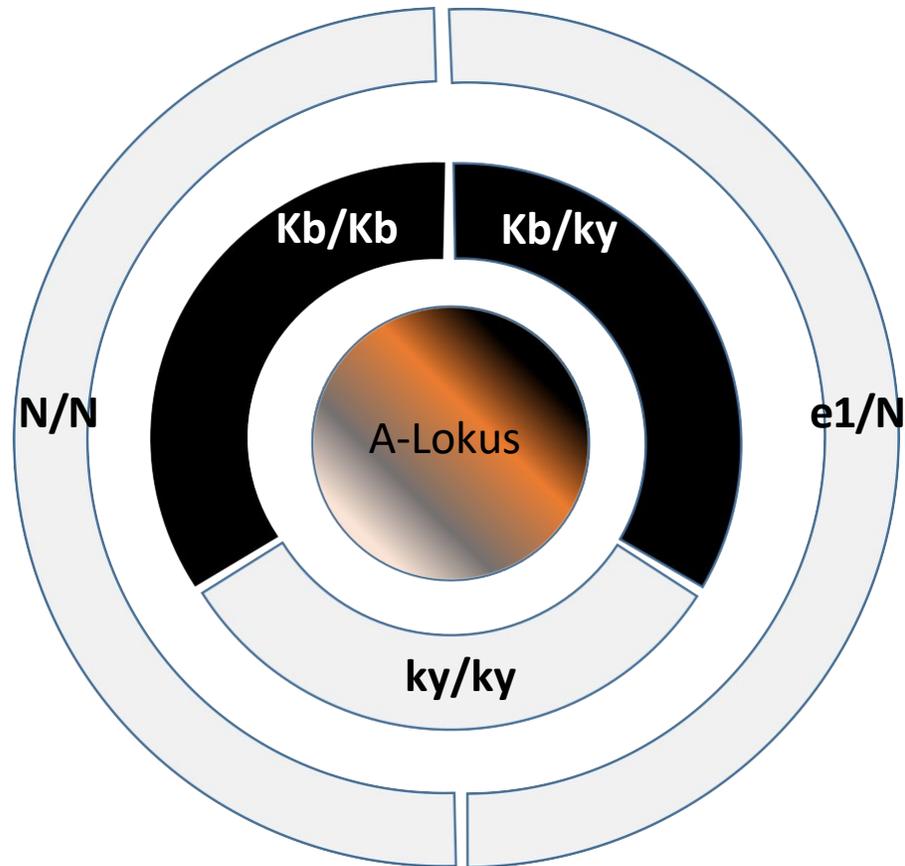
Wie bereits auf der vorherigen Folie erwähnt, regelt der **B-Lokus** die **Intensität** der Grundfarbe in den Bereichen eines Hundes, in denen **schwarzes Pigment** vorhanden ist. Das heißt er beeinflusst die schwarzen Fellhaare und die schwarzen Hautareale.

Ein Hund mit der Erbinformation **e1/e1** kann **kein schwarzes oder braunes Pigment** im Haar produzieren. Die Fellfarbe wird nur durch rotes Pigment (Phäomelanin) bestimmt. Dies wirkt sich allerdings nur auf die Haare aus, **nicht auf die Haut**, daher sind auch beim e1/e1 Hund die **Nase, Mund- und Augenwinkel** und **Pfotenballen** schwarz. Auf diese Bereiche kann sich der B-Lokus dann ausprägen.

Hat ein e1/e1 Hund auf dem B-Lokus die Erbinformation b/b, dann werden alle schwarzen Anteile wie Augentränder, Nase und Mundwinkel braun.

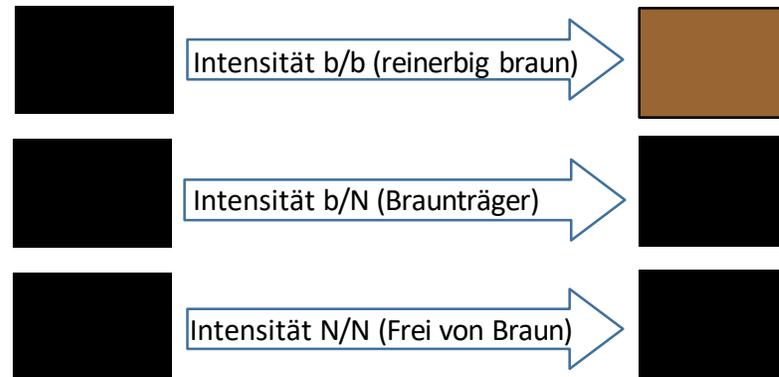


Einfluss des B-Lokus auf den K-Lokus



Der B-Lokus regelt die **Intensität** der Farbe in den Bereichen eines Hundes, in denen **schwarzes Pigment (Eumelanin)** vorhanden ist. Sprich beim Kb/Kb oder Kb/ky Hund auf die gesamte schwarze Fellfarbe.

Wird die Eumelaninbildung durch b/b beeinflusst, wird aus dem schwarz eine **braune Fellfarbe**.



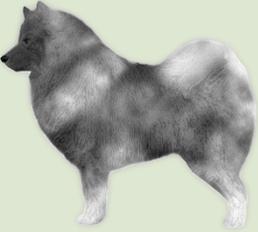
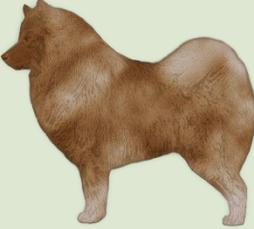
Hat also ein Hund mit dem Erbgang Kb/Kb oder Kb/ky auf dem B-Lokus b/b, ist der Hund braun.

Hat der Hund mit dem Erbgang Kb/Kb oder Kb/ky auf dem B-Lokus N/N, ist der Hund schwarz.

Hat ein Hund auf dem B-Lokus N/b ist er genetisch ein Braunträger, aber das eine kleine b hat keine Auswirkung auf seine Fellfarbe. Der Hund ist schwarz.

Einfluss des B-Lokus auf den A-Lokus

Es handelt sich um einen rezessiven Erbgang. Und nur wenn Vater und Mutter Braunträger sind kommt es zu einer

Orange-sable 	Braun-sable Der schwarze Anteil der Haaren wird zu braun. Desto mehr schwarze Haarspitzen, Um so besser erkennt man es Brauner Nasenspiegel, Lefzen und Liedränder Oft sind die Augen etwas heller 
Graugewolkt 	Creme-Biever Der schwarze Anteil der gebänderten Haare wird braun Brauner Nasenspiegel, Lefzen und Liedränder  
Black and Tan 	Brown and Tan Alle Schwarzen Haare werden Braun. Die Tan bleiben gleich. Brauner Nasenspiegel, Lefzen und Liedränder   
Rezessiv schwarz 	rezessiv braun Alle schwarzen Haare werden Braun. Brauner Nasenspiegel, Lefzen und Liedränder 

D-Lokus und seine Auswirkungen



Hund mit der genetischen Information d/d bei Kb/Kb, Kb/ky oder a/a.



Photoshop: Ay/Ay mit d/d

Das rezessive d1 Allel auf dem D-Lokus bewirkt eine Verdünnung der Grundfarben. Je nach Grundfarbe entstehen bestimmte Verdünnungseffekte. Hierbei handelt es sich um **Störungen der Pigmentierung von Haut und Haaren**.

Auf dem D-Lokus kann ein Spitz aktuell folgende Allel-Kombinationen tragen:

- **N/N (Dilute frei)**
- **N/d1 (Diluteträger)**
- **d1/d1 (Dilute Fellfarbe)**

Da der D-Lokus ein **rezessiver Erbgang** ist, hat dieser Locus nur einen Einfluss, wenn **d1** auf **beiden Allelen** vorliegt.

Die dilute Fellfarbe ist beim Spitz keine anerkannte Farbe.

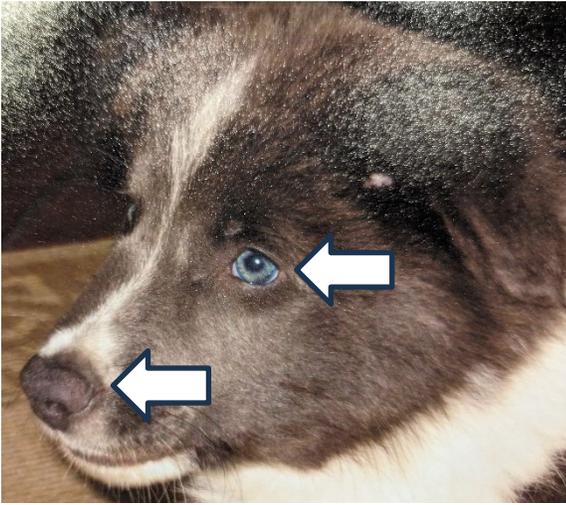
Ebenso erkranken nur Hunde mit einer diluten Fellfarbe an Color Dilution Alopecia (**CDA**).

Warum manche Hunde mit diluter Fellfarbe an CDA erkranken und andere nicht, ist bis jetzt genetisch nicht geklärt.

Erkrankte Hunde leiden an **irreversiblen Haarausfall**. Die Haut dieser Hunde neigt außerdem zu **Hautirritationen** und **Entzündungen**.

Wie weit das beim Spitz zutrifft ist nicht geklärt. Es gibt Rassen wie den Weimaraner die ja nur dilute Fellfarbe haben, die keine Probleme mit CDA haben.

D-Lokus und seine Auswirkungen

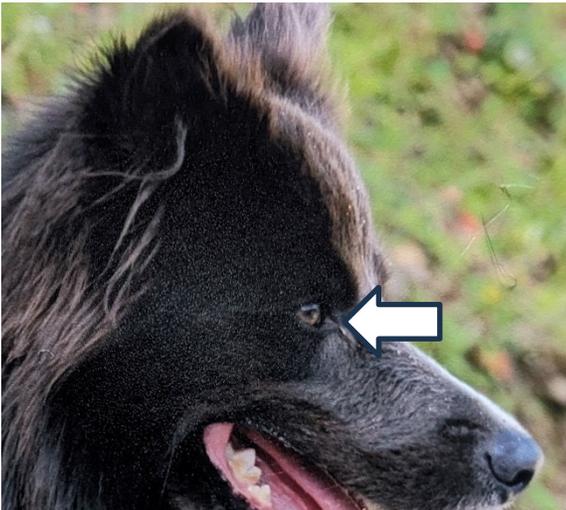


Wie bereits auf der vorherigen Folie erwähnt, verdünnt die Allelkombination $d1/d1$ die Grundfarbe von Haut und Haaren. Es beeinflusst neben der Fellfarbe auch die Farbe der Nase, Lippen, Augenlider und Ballen sowie die Augenfarbe.

So werden die schwarze Nase, Lippen, Augenlider und Ballen schiefergrau, die braunen lilac. Auch die schwarzen Bereiche des Fells werden schiefergrau, die braunen lilac und die orangenen werden heller. Die Augen von deluten ($d1/d1$) Hunden sind als Welpen oft bläulich und als erwachsener oft Bernsteinfarben. Der Effekt auf schwarzes und Braunes Fell ist deutlich ausgeprägter, bei hellem (orangenen) Fell ist die Farbverdünnung nicht leicht zu erkennen. Ein Anhaltspunkt kann aber die Farbe der Augen, Lidränder, Ballen und Nase sein.

Träger ($N/d1$) haben keine Auswirkungen auf Fell- und Hautfarbe, können aber mit einem Träger delute Welpen bekommen.

Da wir in der Spitzpopulation aber nicht nur bei den Großspitzen $d1$ Träger haben, wo ja der Test Vorschrift ist, ist ein Test vielleicht auch für die anderen Varietäten sinnvoll um ungeplant delute Welpen zu bekommen.



Einfluss der Sonderform EM - Maske



Die Informationen zur Maske liegen auf dem E Locus.

Der E-Locus besitzt verschiedene Allele über die bestimmt wird wo und ob dunkler Farbstoff gebildet werden kann. Em wird dominant vererbt und ist für die Schwarz Maske zuständig. Die Dominanzfolge ist **Em > E > e** , das heißt es reicht ein Em und der Hund hat eine Maske



Es gibt verschiedene Ausdehnungen der Maske. Mal ist nur das Kinn unten Dunkel, mal zieht sich die Maske bis über die Augen und die Brust runter.

Bei neufarbenen Hunden ist die Maske sofort ersichtlic. Bei Schwarz und braun Hunden ist diese nicht sichtbar, aber Genetisch vielleicht vorhanden.

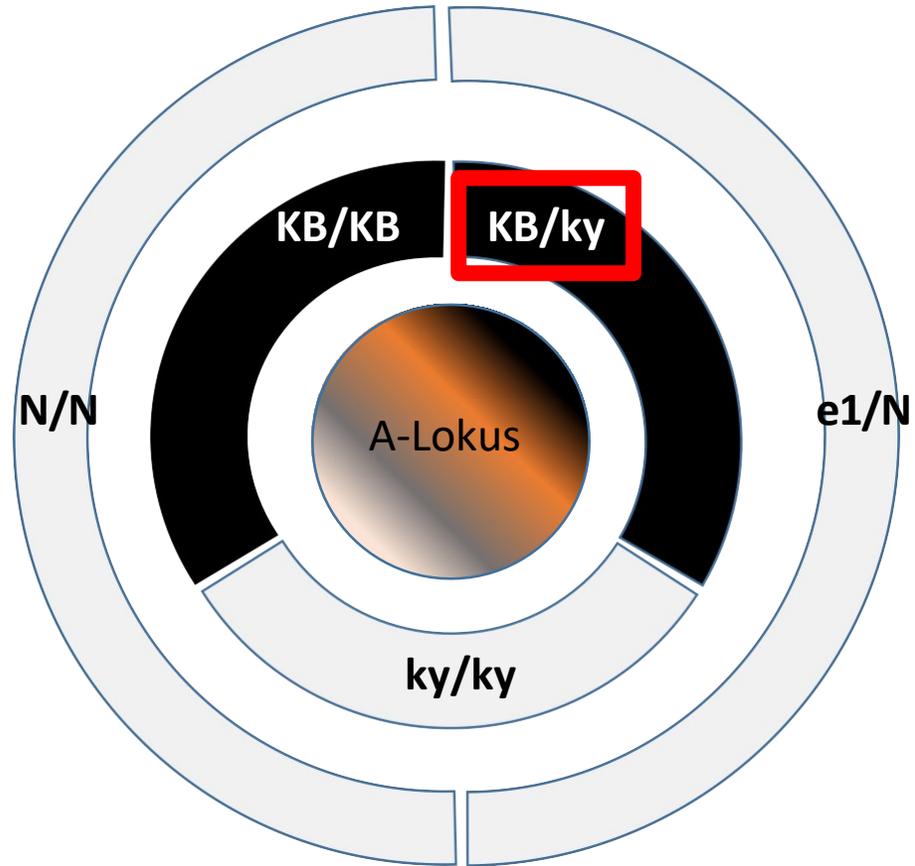
Oft bildet sich die Maske in den ersten Wochen und manchmal Monaten noch leicht zurück. Wie an den Bildern an der Seite zu sehen.

Eine große Rolle spielt die Maske auch bei den Wölfen, diese tragen immer Em.

Bei Black and Tan gibt es durch die Maske viele Spielarten. Von gar keinen Abzeichnung am Kopf bis hin zu klaren Wildfarben Abzeichnung . Abhängig davon ob der Hund eine Maske trägt und von deren Ausdehnung. Auffallend ist, dass das Durchsetzen der Abzeichen der Läufe mit schwarzen Haare (Ruß) vor allem bei Hunden mit Maske zu beobachten ist. Black and Tan Hunde mit Maske werden oft schwarz geboren und die Tan-Abzeichen werden es im Laufe der ersten Woche sichtbar. Wer eher wissen will ob der Hund schwarz oder black and tan ist, sollte sich die Unterwolle an der Stellen der Tan -Marken und Füße ansehen. Die Unterwolle an den Stellen die später orange werden ist hell.



Seal-Effekt bei schwarzen Hunden über KB



Der K-Lokus ist ein dominanter Erbgang, bei dem ein KB-Allel reicht, damit das Eumelanin das Phäomelanin umhüllt und der Hund reinschwarz phänotypisch aussieht.

Bei der Allel-Kombination KB/ky, wenn nur ein dominantes Allel vorhanden ist, kann es in Kombination mit anderen Lokussen dazu kommen, dass der Hund einen so genannten Seal-Effekt bekommt.



Aktuell ist noch nicht ganz bekannt, welche farbgenetische Kombination vorliegen muss, damit der Seal-Effekt zum Tragen kommt.

Beim Seal-Effekt kann das einzelne KB-Allel auf dem Gen, das Phäomelanin nicht ganz abdecken, so dass die Grundfarbe auf dem A-Lokus des Hundes „durchscheint“ und zu Aufhellungen im Haar führt.

Die Aufhellungen können sich über das gesamte Fell ausbreiten oder nur im Schwanz oder Kragen vorkommen.

Auf jeden Fall zeigen Beobachtungen, dass Hunde mit sehr viel Unterwolle oft einen stärkeren Seal-Effekt aufweisen.

Okulokutaner Albinismus Typ 2 (OCA2)



Der **Oculokutaner Albinismus (OCA)** ist eine Form des **Albinismus**, bei dem die **Synthese** der **Farbpigmente** Eumelanin und Phäomelanin **gestört** sind. Dadurch kommt es zu einer **Aufhellung von Haut, Haaren und Augen**.

Beim **Oculokutaner Albinismus Typ 2 (OCA2)** ist hauptsächlich das **Eumelanin betroffen**. Der Hund links wäre eigentlich von der Grundfarbe schwarz. Durch die vorhandene OCA2-Mutation, hat der Hund statt schwarz eine **helle braune Fellfarbe, schwach pigmentierte Lippen und Nase**, sowie eine **blaue Augenfarbe**.

Umso älter ein Hund mit OCA2 wird, desto mehr kann das **Pigment** etwas **nachdunkeln**.

Durch die mangelnde Pigmentierung der Augen, können die betroffenen Hunden eine **Lichtempfindlichkeit** entwickeln.

Die betroffenen OCA2-Hunde, bei denen diese Mutation zum ersten Mal aufgetreten ist, werden regelmäßig untersucht. Bis jetzt waren die Untersuchungsergebnisse unauffällig und die Hunde haben keine gesundheitlichen Einschränkungen. Allerdings kann man bei so einer kleinen Anzahl von Hunden noch keine Rückschlüsse ziehen, ob OCA2 ein gesundheitliches Problem darstellen kann oder nicht.

Deshalb ist es nicht empfehlenswert solche Farbmutationen zu züchten. Da OCA2 ein **rezessiver Erbgang** ist, wirkt sich die Mutation erst aus, wenn die Hunde von Vater sowie Mutter diese Mutation erben. Ist nur **ein OCA2-Allel** vorhanden, dann ist der Hund ein **Träger** und könnte es mit dem entsprechenden Partner weitervererben. Deshalb dürfen **Träger nur mit Nicht-Trägern verpaart** werden.



Merle (M-Lokus)

Den M-Lokus beschreibt Frau Dr. Anna Laukner sehr detailliert in einem kostenlosen Blogartikel auf Ihrer Webseite:

<https://annalaukner.com/blog/typisch-merle/>

In dem Blogartikel geht sie auch sehr schön darauf ein, was Merle so gefährlich macht in der Zucht.

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!

