



Universität  
Zürich<sup>UZH</sup>



Institut für Genetik

---

# Farbgenetik beim Kaninchen

Untersuchung zur Vererbung des Merkmals *black and tan* beim Lohkaninchen

Masterthesis

**Beatrice Ammann**

genehmigt auf Antrag von  
Prof. Dr. Tosso Leeb

6. September 2018

ACCREDITED BY EAEVE/FVE

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>2 Summary</b>	<b>5</b>
<b>3 Einleitung</b>	<b>6</b>
3.1 Farbgenetik	6
3.2 Farbgenetik beim Hauskaninchen und Nomenklaturkonventionen der Kaninchenzüchter	7
3.2.1 A: Agouti - Wildfarbigkeit	9
3.2.1.1 <i>black and tan</i>	10
3.2.1.1.1 Entstehung des Lohkaninchens	11
3.3 Agouti und <i>black and tan</i> beim Hund	13
3.4 Agouti und <i>black and tan</i> bei der Maus	14
<b>4 Material und Methoden</b>	<b>15</b>
4.1 Tiere	15
4.2 Blutproben	15
4.3 DNA Analysen	18
4.3.1 Autozygotiekartierung	18
4.3.1.1 Mutation in einem monogen autosomal rezessiven Erbgang	19
4.3.1.2 Hypothese zu Rekombinationsereignissen bei den Vorfahren von Tan (RAB025)	20
4.3.2 Suche nach genetischen Varianten	21
<b>5 Ergebnisse</b>	<b>22</b>
5.1 Stammbaum nach Genotyp	22
5.2 Autozygotiekartierung	24
5.3 Lücken im Referenzgenom	24
5.4 Kandidatenvarianten	25
5.4.1 Vergleich mit vier Kaninchen	25
5.4.2 Vergleich mit fünf Kaninchen	27
5.5 Strukturelle Varianten	29
<b>6 Diskussion</b>	<b>31</b>
6.1 Hypothese: Phänotyp von RAB004 <i>black and tan</i>	31
6.2 Abstammung von RAB014	31
6.3 Vergleich mit Leonberger	31
6.4 Weitere Forschung	32
<b>7 Referenzen</b>	<b>34</b>

7.1 Literaturverzeichnis	34
7.1.1 Publikationen	34
7.1.2 Bücher und Skripte	35
7.1.3 Internetquellen	35
<b>8 Danksagung</b>	<b>36</b>
<b>9 Annex</b>	<b>37</b>
9.1 Vererbung der Fellfarbe	37
9.2 Stammbaum nach Phänotyp	40
9.3 Übersicht über meine Kaninchen	41
9.4 Kaninchenzuchtplan Beer-Ammann 2015 bis 2018	45
9.5 Kandidatengenvarianten bei Tan (RAB025)	47

# 1 Zusammenfassung

*Black and tan* ist eine Mutante der Wildfarbigkeit bei der Fellfarbe von Säugetieren. Kennzeichnend für diesen Phänotyp sind die schwarze Farbe an der dorsalen und die braunrötliche Farbe an der ventralen Körperseite. Beim Kaninchen besitzt die Rasse Loh diese Fellzeichnung.

Das Ziel meiner Arbeit ist es, das verantwortliche Gen oder die verantwortlichen Gene für den *black and tan* Phänotyp beim Kaninchen zu finden oder zumindest die Stelle im Genom einzugrenzen, welche diese Fellfarbvariante kontrolliert. Dazu züchtete ich verschiedene Kaninchen der Rasse Loh und kreuzte sie auch mit anderen Rassen. Den Kaninchen aus meiner Zucht entnahm ich Blut- oder Gewebeproben und archivierte diese im Institut für Genetik an der Universität Bern. Von einem meiner nicht reinrassigen Lohkaninchen Tan (RAB025) wurde die DNA sequenziert und mit acht anderen bereits vorhandenen Kaninchen-DNAs verglichen.

Das Agouti Signalprotein (*ASIP*) ist das funktionelle Kandidatengen für die *black and tan* Farbgebung. Da Tan (RAB025) weit über die Grenze vom *ASIP* Gen hinaus homozygot ist, wurde auf dem Chromosom 4 ein Intervall zwischen den Basenpaaren 5'430'000 und 5'640'000 gesetzt. Dieses umfasst das *ASIP* Gen und weite Strecken davor, da man annimmt, dass das *black and tan* Allel durch eine Promotorvariante verursacht wird, welche eine regulierende Funktion auf das *ASIP* Gen hat und dementsprechend vor diesem zu suchen ist. Dieses Intervall wurde nun mit den entschlüsselten DNAs der anderen Kaninchen verglichen, vor allem mit solchen vom Phänotyp schwarzwildfarben und homozygot für das dominante Wildfarbigkeitsallel (*A/A*) und mit einem schwarzen, homozygot für das rezessive black nonagouti-Allel (*a/a*). Ich fand in dem Intervall bei Tan (RAB025) 29 kürzere Kandidatenvarianten und eine längere strukturelle Variante in Form einer 11-kb langen Deletion (g.5455408\_5466123del), welche für die *black and tan* Fellfarbe verantwortlich sein könnten.

Mit Hilfe einer Fragmentlängenanalyse wurde die 11-kb Deletion in den am Institut verfügbaren Kaninchenproben genotypisiert und die erhaltenen Resultate anschliessend in einer Assoziationsstudie mit den Farbphänotypen der zugehörigen Kaninchen verglichen.

Mit diesen Experimenten konnte bestätigt werden, dass alle lohfarbenen Kaninchen mindestens eine Kopie der Deletion in ihrem Genom haben und alle Kaninchen ohne Deletion nicht lohfarben sind. Das ist ein Hinweis, dass meine Hypothese zutreffen und die 11-kb Deletion tatsächlich für die *black and tan* Variante verantwortlich sein könnte. Um dies zu bestätigen, ist aber noch weitere Forschung in diesem Bereich erforderlich.

## 2 Summary

*Black and tan* is a mutant coat color phenotype in mammals. It is thought to be caused by a variant allele at the *ASIP* gene encoding the agouti signaling protein. *Black and tan* animals are characterized by a yellow or reddish belly (ventral body surface) and a black back (dorsal body surface), which are delineated by a very sharp boundary.

The goal of this master thesis was to find the responsible gene or genes for the *black and tan* phenotype in rabbits, or at least to narrow down the site in the genome that controls this coat color variant. For this, I bred several rabbits of the breed *black and tan* and crossed them also with other breeds. I took blood or tissue samples from the rabbits and archived them at the Institute of Genetics at the University of Bern. The DNA was sequenced from one of my non-pure rabbits Tan (RAB025) and compared to eight other existing rabbit DNA sequences.

The agouti signaling protein (*ASIP*) is the functional candidate gene for the *black and tan* color scheme. Since Tan (RAB025) is homozygous well beyond the boundaries of the *ASIP* gene, an interval between the base pairs 5'430'000 and 5'640'000 was set on chromosome 4. This includes the *ASIP* gene and long stretches of 5'-flanking sequence, as it was previously suspected that the *black and tan* variant is a promoter mutation with a regulatory function on the *ASIP* gene. This interval was compared with the DNA sequences of other rabbits, especially those of the wild-type coat color postulated to be homozygous for the dominant wild-color allele (A/A) and a, homozygote for the recessive black nonagouti allele (a/a). In this interval of Tan (RAB025) I found 29 small candidate variants and one longer structural variant in the form of an 11-kb deletion (g.5455408\_5466123del), which could be responsible for the *black and tan* coat color.

Using a fragment length analysis, the 11 kb deletion was genotyped in the rabbit samples available at the institute, and the results obtained were then compared in an association study with the color phenotypes of the corresponding rabbits.

With these experiments it could be confirmed that all *black and tan* rabbits with the deletion have at least one copy of the deletion in their genome and all rabbits without this deletion are not *black and tan*. This is an indication that my hypothesis might be true and the 11-kb deletion could indeed be responsible for the *black and tan* phenotype. Further research is required to definitively prove this hypothesis.

## 3 Einleitung

### 3.1 Farbgenetik

Die beiden Hauptpigmente, welche für die Fellfarben der Säugetiere verantwortlich sind, heissen Eumelanin und Phäomelanin und werden von den Pigmentzellen in der Epidermis, den Melanozyten, gebildet. Eumelanin ist verantwortlich für dunkle Fellfarben, im Wesentlichen schwarze und braune Pigmente. Phäomelanin hingegen ist rot oder gelb und für die hellen Farbtöne verantwortlich.

Für die Pigmentsynthese braucht es das Enzym Tyrosinase. Es ist bei der Farbproduktion der mengen-beschränkende Faktor und bestimmt, ob und wieviel Pigment gebildet wird.

Welche der beiden Hauptfarben gebildet werden, steuert die Pigment-Typ-Umschaltung (pigment type switching). Sie regelt unter anderem auch die Entstehung farblich unterschiedlicher Abschnitte in den einzelnen Haaren, die sogenannte Bänderung. Die Pigment-Typ-Umschaltung wird von einer Kette verschiedener Reaktionen gesteuert, bei welcher viele Faktoren beteiligt sind. Der ganze Vorgang ist sehr komplex und muss präzise ablaufen, damit die richtige Fellzeichnung entsteht (zur Übersicht: Barsh et al., 2000). Ein wichtiges Element dieses Signalweges und verantwortlich für die Ausprägung der verschiedenen Farben ist der Melanocortin 1 Rezeptor (MC1R; manchmal auch mit E abgekürzt) sowie das Agouti Signalprotein (ASIP; manchmal auch mit A abgekürzt). Der MC1 Rezeptor befindet sich in grösserer Anzahl auf der Oberfläche der Pigmentzellen und leitet das Signal ins Zellinnere der Melanozyten. Zwei Liganden ist es möglich, sich an die gleiche Kontaktstelle dieses Rezeptors zu binden, aber nicht gleichzeitig. Einer der beiden Liganden ist das Peptidhormon Melanocortin 1 (MC1; früher auch als  $\alpha$ -Melanozyten stimulierendes Hormon,  $\alpha$ -MSH, bezeichnet). Es wird in der Hypophyse und in der Haut gebildet. Wenn sich das MC1 an den Rezeptor bindet, erhöht sich die Aktivität vom Enzym Tyrosinase und es wird vermehrt dunkler Farbstoff produziert. Der andere Ligand ist das kleine Protein ASIP, welches der Gegenspieler von MC1 ist. Bindet sich das Agouti-Protein an den Rezeptor, blockiert es diesen, ohne ein Signal auszulösen und die Produktion des Enzyms Tyrosinase wird herunterreguliert. Die Zelle produziert nun vor allem hellen Farbstoff. Fehlt ASIP, ist es defekt, ist der Rezeptor überaktiv oder dauernd besetzt, entsteht dunkles Pigment (Yang et al., 1999).

Die Besetzung der Rezeptoren kann sich im Verlauf des Haarwachstums zeitlich ändern, was die Bänderung der einzelnen Haare ergibt oder sie verändert sich örtlich, was eine unterschiedliche Ausprägung der Haarfarben am Körper (z.B. ventral hell und dorsal dunkel) zur Folge hat. Der ganze Regelkreis ist zudem positiv rückgekoppelt, also führt ein besetzter Rezeptor zur Herstellung weiterer MC1 Rezeptoren. Ist er hingegen deaktiviert, wird die MC1R Produktion heruntergefahren (Barsh et al., 2000).

Zusammengefasst ergibt ein MC1R Funktionsverlust die Fellfarbe Rot, der MC1R Funktionszugewinn schwarz. Hingegen entsteht bei ASIP Funktionsverlust in Gegenwart eines funktionierenden MC1R schwarzes Fell, bei ASIP Funktionszugewinn ergibt sich rot.

### 3.2 Farbgenetik beim Hauskaninchen und Nomenklaturkonventionen der Kaninchenzüchter

Die Genetik des Hauskaninchens im Sinne der Rassekaninchenzucht beschäftigt sich vor allem mit den äusseren rassetypischen Merkmalen wie der Haarlänge, der Haarstruktur, der Körpergrösse und besonders der Fellfarbe. Die Vererbung dieser Merkmale wurde mit Zuchtexperimenten schon vor der Entdeckung der Struktur der DNA in den dreissiger bis fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts untersucht. Die entsprechende Nomenklatur stammt auch noch aus jener Zeit, wird aber von Züchtern immer noch in dieser Form beibehalten, da sie praktisch und gut handhabbar ist. Bedingt durch die Experimente mit Kaninchen von Hans Nachtsheim in Deutschland während der Zeit des zweiten Weltkrieges hat sich die internationale (englische) Nomenklatur in Deutschland nicht durchgesetzt (Scholz, 2007). In der Schweiz werden die deutsche und die internationale Bezeichnung der Erb-faktoren verwendet. Ich habe in meiner Arbeit die internationale Symbolik verwendet, in der Einleitung die deutsche Nomenklatur parallel dazu in Klammern angegeben, in den folgenden Kapiteln aber dann wegen der Übersichtlichkeit weggelassen und nur noch die internationale Schreibweise verwendet.

Die Gene, welche für die Fellfarben der Kaninchen zuständig sind, werden in zwei Gruppen eingeteilt. Zum einen in die fünf Grundfarbengene und zum anderen in die Modifikationsgene. Klassische Beispiele der Modifikationsgene sind unter anderem die Punkt- oder Mantelscheckung oder die Gelbverstärkung, welche beim Gelbex oder beim Loh zum Ausdruck kommen. Auf die Modifikationsgene werde ich nicht weiter eingehen, einige Beispiele dazu sind aber im Anhang unter Kapitel 9.1 zu finden.

ABCDE (ABCDG) sind die Grundfarbengene beim Kaninchen. A (G) ist für die Wildfarbigkeit verantwortlich. Dieser Faktor und ein mutiertes Allel davon ist das Hauptthema meiner Arbeit. E (B) bestimmt die Schwarzausbreitung. Zusammen mit A (G) ist dieser Faktor verantwortlich für die Verteilung von hellem und dunklem Pigment und somit für die Musterung des Fells. Aus den Faktoren braun B (C) und blau D (D) ergeben sich die vier Hauptfarben schwarz, braun, blau und braun. Der Faktor D, Dilut, kommt dadurch zustande, dass der Transport vom Pigmentkörnchen aus dem Melanosom in den Keratozyt gestört ist. Es gibt eine unregelmässige Farbeinlagerung. Die Verklumpung, welche im Haar bereits unter dem Mikroskop mit einer geringeren Vergrösserung sichtbar ist, führt zu einem blaugrauen Farbeindruck, wie zum Beispiel beim Blauloh mit dem Gencode a<sup>h</sup>BCdE (ABCd<sup>g</sup>). C (A) bestimmt das Vorhandensein des Enzyms Tyrosinase und wird die Albino-Reihe genannt. Beim Wildtyp ist die Tyrosinase voll funktionsfähig, es kann sowohl dunkles als auch helles Pigment gebildet werden. Einzelne Mutationen von diesem Gen führten zu einer abnehmenden Pigmentierung des Felles wie zum Beispiel beim Chinchilla- oder Marderfarbigen Kaninchen. Gelangt kein funktionsfähiges Enzym ins Melanosom, entstehen Albino Tiere mit weissem Fell und roten Augen wie der Weisse Neuseeländer oder das Hermelin Rotauge. (Regitz, 2013).

**Tabelle 1**

Die fünf für die Kaninchenzucht wichtigen Grundfarbengene

Merkmal	Gen	Internationales Allelsymbol	Deutsches Allelsymbol
<b>Agouti (Wildfarbigkeitsfaktor)</b> Normale Farbzonenbildung im Haar, Bänderung, oben dunkel Abzeichenhaltung Einfarbig, Zonenbildung des Haares komplett aufgehoben	<i>ASIP</i>	A = agouti a <sup>t</sup> = <i>black and tan</i> a = black nonagouti	G = wildfarbig g <sup>o</sup> = lohfarbig g = nicht wildfarbig/schwarz einfarbig
<b>Schwarze Pigmentierung</b>	<i>TYRP1</i> (Tyrosinase related protein 1)	B = schwarz, normale Ausprägung b = braun	C = schwarz, normale Ausprägung c = braun
<b>Albino-Reihe</b> Ausbildung vom Pigment/ Vorhandensein der Tyrosinase	<i>TYR</i> (Tyrosinase)	C = Wildtyp vollfarbig c = Albino c <sup>ch1</sup> = hellchinchilla/marderfarbig c <sup>ch2</sup> = mittelchinchilla c <sup>ch3</sup> = dunkelchinchilla c <sup>H</sup> = himalayan/russenfarbig	A = Wildtyp vollfarbig a = Albino a <sup>m</sup> = hellchinchilla/marderfarbig a <sup>chi</sup> = mittelchinchilla a <sup>d</sup> = dunkelchinchilla a <sup>n</sup> = himalayan/russenfarbig
<b>Dilute (Verdünnungsfaktor)</b> Max. Dichte vom Farbstoff, fein verteilt (normal) oder verklumpt	<i>MLPH</i> (Melanophilin)	D = normale Pigmentdichte d = verklumpte Einlagerung	D = normale Pigmentdichte d = verklumpte Einlagerung
<b>Ausbreitung von Schwarz</b> Norm. Ausbreitung dunklen Pigments Volle Ausbreitung dunklen Pigments Verstärkte Ausbr. dunklen Pigments Mosaikartige Verteilung der Pigmente Eingeschränkte Ausbreitung des dunklen Pigments	<i>MC1R</i>	E = Wildtyp, normale Ausprägung E <sup>D</sup> = dominantes Schwarz E <sup>S</sup> = steel e <sup>J</sup> = Japaner e = gelb	B = Wildtyp, normale Ausprägung B <sup>ee</sup> = dominantes Schwarz B <sup>e</sup> = eisengrau b <sup>J</sup> = Japaner b = gelb

Zusammengestellt aus „Die biologische Farbfabrik“ von R. Regitz und online unter <http://www.kaninchenwissen/kaninchenfarben.de>  
Eine Tabelle mit den Modifikationsgenen befindet sich im Anhang in der Tabelle A1



### 3.2.1 A: Agouti - Wildfarbigkeit

Die klassische Fellzeichnung der meisten freilebenden Säugetiere ist wildfarbig und wird in der Fachsprache als agouti bezeichnet. Die gebänderten Haare in der natürlichen Erdfarbe verleihen den Tieren einen guten Schutz. Benannt wird diese Fellzeichnung nach dem südamerikanischen Tier Aguti (siehe Abbildung 1), bei welchem man schön die typische Ausprägung der Wildfarbigkeit sieht. Die Art der Bänderung, welche zwar nicht bei allen wildfarbigen Rassen und in allen Körperregionen dieselbe ist, kommt immer im Wechsel mit dem schon



Abbildung 1: Aguti,  
Bildquelle Wikipedia

erwähnten dunklen schwarzbraunen Eumelanin oder helleren, meist gelben Phäomelanin zustande. Beim Hineinblasen in das Kaninchenfell erkennt man drei Farbzonen. Die Unter-, die Zwischen- und die Deckfarbe. Die unterschiedliche Färbung des Hauskaninchens wird dadurch bestimmt, ob diese drei Zonierungen überhaupt ausgeprägt sind und welche Pigmente in den jeweiligen Zonen vorhanden sind. Beim Wildkaninchen, beziehungsweise beim wildfarbigen Hauskaninchen, findet man eine dunkelblaue Unterfarbe, eine gelbbraunliche Zwischenfarbe und in den Haarspitzen eine schwarz-braun-gelbe Deckfarbe. Wegen diesen schwarzen Haarspitzen wird das gewöhnliche Wildkaninchen auch als Schwarzwildkaninchen bezeichnet. Es besitzt an Kopf, Rücken und Flanke diese schwarzbraunen Haare mit einer hellen Bänderung, welche vom Rücken über die Flanken immer breiter wird. Der Bauch des Wildkaninchens erscheint somit sehr hell, hier nimmt die gelbbraunliche Pigmentierung fast die ganze Haarlänge ein.

Der Wildfarbigkeits- oder Agouti-Faktor A (G) sorgt dafür, dass der Ligand ASIP produziert wird. Im Unterschied zum überall vorhandenen MC1 wird ASIP nur in der Haarpapille gebildet. Dadurch entstehen Muster mit zum Teil recht unterschiedlichen gestreiften Haaren.

Die Wildfarbigkeit Agouti A (G) ist dominant über die Einfarbigkeit black nonagouti a (g). Bei Kaninchen, welche homozygot a/a am *ASIP* Gen sind, ist die Wildfarbigkeit vollständig unterdrückt, die Farbzonen sind aufgelöst und diese Tiere sind einfarbig schwarz (Cleffmann, 1952).

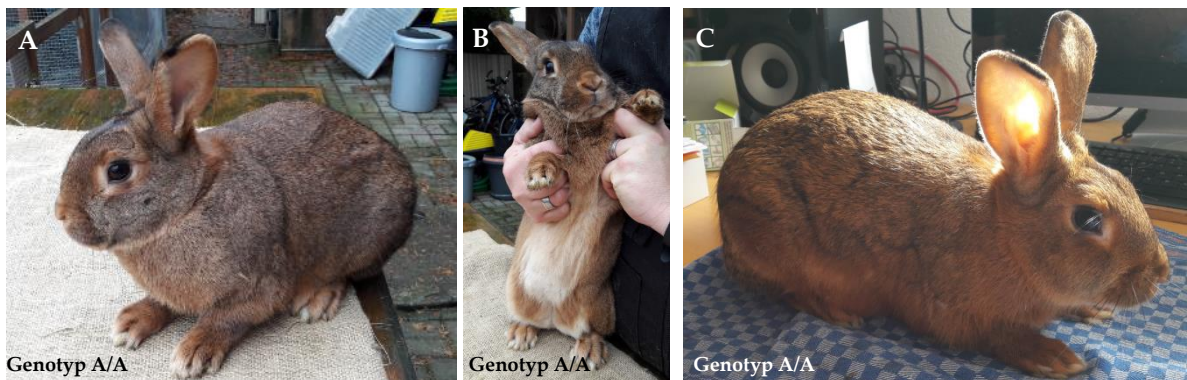


Abbildung 2: (A & B) Beni (RAB027); (C): Karl Dall (RAB054)

Bei diesen beiden schwarzwildfarbenen agouti Kaninchen sind die Bänderung der Deckhaare und die helle ventrale Fellfarbe gut sichtbar.

### 3.2.1.1 *black and tan*

Aus Züchtungsversuchen wurden für das *ASIP* Gen beim Kaninchen drei verschiedene Allele postuliert, welche zusammen die A-Serie bilden. Hierzu gehört neben dem schwarzwildfarbenen und dem black nonagouti Kaninchen eine weitere Rasse mit gebänderten Haaren, welche aus einer Mutation des Wildfarbigkeitsfaktors entstand. Das Lohkaninchen (Lohe = Feuer, Rinde zum Gerben) wird auch als teilwildfarben oder teilagouti bezeichnet und international *black and tan* genannt. Die Besonderheit bei dieser Fellfarbe ist, dass der beim Wildtyp fließende Übergang der Verteilung von Eumelanin und Phäomelanin nun eine räumlich scharf definierte Grenze erhält, welche genetisch gesteuert wird. Es kommt zu einer festgelegten scharf begrenzten Trennung zwischen der Grundfarbe schwarz und der hellen gelbroten Lohfarbe. Die Tiere fallen dementsprechend auf durch ihren einfarbigen schwarzen Rücken und ihre leuchtend rostroten Abzeichen am Bauch, Nacken und an der Unterseite der Blume. Zudem ist die typische Kopfzeichnung ein Merkmal dieser Rasse: Lohfarbige Augenringe, lohfarbige Einfassung der Nasenlöcher, Kinnbackeneinfassung und lohfarbige Ohrumrandung, welche sich im Genickteil fortsetzt. Der in der Schweiz als „Krönli“ bezeichnete lohfarbige Fleck befindet sich zwischen der Ansatzstelle der Ohren. Unregelmässig verteilte gebänderte Haare findet man an den Flanken. Das Allel für Loh wird mit  $a^t$  ( $g^o$ ) bezeichnet und ist dominant über die Einfarbigkeit  $a$  ( $g$ ) und rezessiv gegenüber der Wildfarbigkeit  $A$  ( $G$ ) (Scholz, 2007).

$A > a^t > a$



Abbildung 3: Camper (RAB023)

Kaninchen der Rasse Loh mit der typischen *black and tan* Fellfärbung. Gut ausgeprägt sind bei diesem Exemplar die rostroten Augenringe und der gleichfarbige Genickteil sowie das Krönli.

### 3.2.1.1.1 Entstehung des Lohkaninchens




Die Entstehung der *black and tan* farbigen Kaninchen, ein englisches Kreuzungsprodukt, geht auf die achtziger Jahre des 19. Jahrhunderts zurück. Wie bei vielen anderen Rassen, spielte auch bei den Lohkaninchen der Zufall eine bedeutende Rolle.

Das Lohkaninchen ist eine Rasse britischer Herkunft. Sie wurde zum ersten Mal dokumentiert, als der englische Grundbesitzer Cox aus Brailsford bei Derby eine Behauptung von Charles Darwin überprüfen wollte. In einer Schrift hatte Darwin die Ansicht geäußert, dass alle Pflanzen und Tiere in ihren Ausgangszustand zurückkehren würden, wenn ihre Bedingungen sich der freien Wildbahn näherten. Dementsprechend würde sich das Rassekaninchen wieder in ein Wildkaninchen verwandeln. Cox setzte im Jahr 1883 auf einer seiner Inseln, auf die während des Versuchs keine anderen Tiere Zutritt hatten, drei Kaninchenrassen aus. Schwarzsilber in allen Schattierungen, Holländer in unbekanntenen Farben und blauwildfarbene Kaninchen. Nachdem er die Tiere ihrem Schicksal überliess, kehrte er fünf Jahre später auf seine Insel zurück und fand zwar keine Wildkaninchen, aber ein einzelnes Tier mit dunklem Rücken und cremefarbenen Abzeichen. Es ist zwar möglich, dass es diese Mutation auch schon früher gegeben hatte, ihr aber vor Cox niemand Beachtung geschenkt hatte. Erst mit viel Geduld, züchterischen Aufwand und der Einkreuzung vom belgischen Hauskaninchen entwickelten sich die cremefarbenen Abzeichen zur Lohfarbe tan (= brandrot). Im Jahr 1891 wurden die *black and tan* Kaninchen von der englischen Geflügelzucht Poultry zum ersten Mal vorgestellt und zwei Jahre später auf einer schottischen Ausstellung gezeigt. Dem Siegeszug dieser wunderschönen Rasse in ganz Europa und Übersee stand nichts mehr im Weg (Scholz, 2007). International anerkannte Rassen sind heute der Schwarzloh mit dem Genotyp  $a^+BCDE$  ( $ABCDg^0$ ) – mit ihm befasste ich mich vor allem in meiner Arbeit, ich habe ihn als Loh bezeichnet – der Blauloh mit dem Gencode  $a^+BCdE$  ( $ABCdg^0$ ), der Havanna-Loh mit  $a^+bCDE$  ( $ABcDg^0$ ) und der fehfarbige Loh mit dem Gencode  $a^+bCdE$  ( $ABcdg^0$ ).

In der Schweiz erschien erstmals 1910 ein Einheitsstandard, welcher sechzehn Rassen beinhaltete. Darunter das Lohkaninchen, welches schon damals in drei Farbschlägen aufgeführt war, aber noch mit den englischen Namen *Black-*, *Blue-* und *Havanna and Tan* Kaninchen bezeichnet wurde. Die Standardvorschriften betreffend Farben und Abzeichen haben erstaunlicherweise heute noch, rund hundert Jahre später, ihre Gültigkeit. Einzig beim Blauloh wurde eine neue Zuchtrichtung eingeschlagen, welche die tiefblaue Grundfarbe von damals in ein intensiv leuchtendes Hellblau umwandelte (Lienemann et al., 1996).

**Tabelle 2**

Beispiele aus meiner Zucht: Agouti und *black and tan* Kaninchen mit der Angabe der Eltern und dem Phäno- und Genotyp in internationaler und deutscher Schreibweise.

Name/Nummer	Foto	Mutter	Vater	Internationales Allelsymbol	Deutsches Allelsymbol
<b>Blue:</b> <b>Mischling</b> <b>schwarzwildfarben/</b> <b>agouti</b> (heterozygot)		Naima (Loh)	Ben Brahim (Mischling Loh und Burgunder)	genotype: Aa <sup>a</sup> BBCCDDEE  phenotype: ABCDE	Genotyp: AABBCCDDGg <sup>o</sup>  Phänotyp: ABCDG
<b>Camper (RAB023):</b> <b>Loh/black and tan</b> (homozygot mit Gelbverstärkung <sup>1</sup> )		Loh	Loh	genotype: a <sup>a</sup> a <sup>a</sup> BBCCDDEE  phenotype: a <sup>a</sup> BCDE	Genotyp: AABBCCDDg <sup>o</sup> g <sup>o</sup> YY  Phänotyp: ABCDg <sup>o</sup> Y
<b>Tan (RAB025):</b> <b>Loh/black and tan</b> (heterozygot ohne Gelbverstärkung <sup>2</sup> )		Blue (schwarzwild- farben agouti)	Punktschecke schwarz-weiss	genotype: a <sup>a</sup> a <sup>a</sup> BBCCDDEEn  phenotype: a <sup>a</sup> BCDE	Genotyp: AABBCCDDg <sup>o</sup> g <sup>o</sup> Kk  Phänotyp: ABCDg <sup>o</sup>

<sup>1</sup> Bei Camper (RAB023) ist deutlich die Gelbverstärkung der Lohfarbe zu erkennen, indem seine ventrale Körperseite plus Kopfmarkierungen in einem leuchtend rostroten Farbton pigmentiert sind.

<sup>2</sup> Im Vergleich dazu Tan (RAB025), bei dem die Gelbverstärkung nicht mehr ausgeprägt ist. Sie wird nur in der deutschen Schreibweise mit einem Y angegeben. Weitere Beispiele verschiedener Kreuzungen aus meiner Kaninchenzucht mit dem Genotyp und Phänotyp Code befinden sich im Anhang unter 9.1. Hier wird auch die Symbolik der Modifikationsgene wie zum Beispiel die Scheckung erklärt.

### 3.3 Agouti und *black and tan* beim Hund

Auch bei anderen Tierarten ist die Wildfarbigkeit Agouti und die *black and tan* Färbung bekannt. Beim Hund zum Beispiel wird die ASIP-Serie in mindestens fünf verschiedene Allele unterteilt. Die Wildfarbigkeit Agouti wird mit dem Symbol  $a^w$  bezeichnet und zeigt sich im typischen Wolfsgrau oder bei grau gewolkten Hunderassen wie unter anderen beim Wolfspitz und beim Siberian Husky. Eine zweite Untergruppe, benannt Zobel, Sable oder Fawn mit dem Symbol  $a^y$  verhält sich dominant gegenüber den anderen Allelen und wird demzufolge auch als dominantes Gelb bezeichnet. Wie die wildfarbenen Hunde besitzen auch diese Tiere eine gebänderte Haarfarbe. Sie reicht von gelb über rot mit schwarzen Spitzen. Diese kommen aber erst bei langhaarigen Felltypen zum Vorschein. Bei den kurzhaarigen Rassen sind die schwarzen Haarspitzen meist gar nicht ausgebildet, dieser Felltyp erscheint einheitlicher. Typische Vertreter für diese Farbe sind Collies, Shelties, und Leonberger, der afghanische Windhund und Salukis bei den langhaarigen Rassen und der Mops für die Kurzhaarvariante. Nach einem Mutationereignis der Wildfarbigkeit entstand vermutlich die Sattelzeichnung  $a^s$ . Typische Vertreter für diese Zeichnung sind der gelb-schwarze Deutsche Schäferhund, der Beagle oder der Basset. Die Rasse Rottweiler, Dobermann und Hovawart besitzen den Phänotyp der *black and tan* Färbung  $a^t$ , bei welcher es sich wahrscheinlich um eine Modifikation der Variante der Sattelzeichnung handelt. Je nachdem wird die Zeichnung von gelblichen bis hirschroten Abzeichen an der Schnauze, über den Augen, als Flecken an der Brust, an allen Läufen und unter der Rute als rot-schwarz, schwarz-marken, schwarz mit brand oder auch wie beim Kaninchen schwarz mit Loh bezeichnet. Kommen zusätzlich weisse Abzeichen dazu, wird die Färbung Tricolor genannt. Auch hier handelt es sich um das *black and tan* Allel  $a^t$ . Das rezessive Schwarz  $a$  ist unter den Hunderassen relativ selten. Es ist verantwortlich für ein einheitlich schwarzes Fell wie zum Beispiel bei den seltenen schwarzen Deutschen Schäferhunden.

$a^y > a^w > a^s > a^t > a$

### 3.4 Agouti und *black and tan* bei der Maus

Bei Mäusen sind noch mehr Allele vom *Asip* Gen bekannt. Einige davon, wie zum Beispiel das  $A^Y$  Allel (lethal yellow) oder das  $A^{VY}$  (vaible yellow), sind nicht nur für die Farbe der Haare verantwortlich. Tiere, bei welchen die  $A^Y$  Variante heterozygot im Genom verankert ist, werden nebst ihrer gelbrötlichen Fellfarbe begleitet von einer Zunahme ihres Gewichts und der Körperlänge, Unfruchtbarkeit, vermehrter Anfälligkeit für Leber-, Lungen- und Brusttumore und anderen Defekten. Homozygot wirkt dieses Allel lethal (Barsh et al., 1990).  $A^{VY}$  reduziert partiell unregelmässig die Bildung von schwarzem Pigment. Diese Tiere sind homozygot überlebensfähig, neigen jedoch zur Fettleibigkeit, wobei der Grad der Verfettung mit dem Gelbanteil im Fell korreliert. Zudem ist ihre freie intrazelluläre Kalziumkonzentration im Skelettmuskel erhöht, sie leiden oft an Hyperinsulinämie und Insulinresistenz (Zemel et al., 1995). Bei Mäusen mit dem Agouti Allel  $A$  beschränkt sich wie beim Hund oder Kaninchen die Expression auf die Fellfarbe. Die einzelnen Haare sind auch hier wildfarbig, weisen die typische Bänderung auf und besitzen die Farbe schwarz braun gelb. Bei der Variante  $A^W$  (white-bellied agouti) ist die Pigmentierung wie bei der *black and tan* Variante  $a^t$  nicht regelmässig verteilt, in beiden Fällen ist die ventrale Körperseite deutlich heller als die dorsale, bei  $A^W$  weiss und bei  $a^t$  braunrötlich. In einer Publikation (Bultman et al., 1993) wurde eine Insertion von einem 5,5-kb VL30 Element flankiert von einer 526-bp Repetitionen in Zusammenhang mit dem *black and tan* Allel bei der Maus gebracht. Das ursprüngliche nonagouti Allel  $a$  ist wie bei den Hunden und Kaninchen rezessiv und verleiht auch den Mäusen eine einfarbige schwarze Fellfarbe.

## 4 Material und Methoden

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die DNA verschiedener Kaninchen zu vergleichen und dabei zu versuchen, das Gen zu isolieren oder wenigstens einzugrenzen, welches für die Loh Rasse, also die *black an tan* Zeichnung, verantwortlich ist.

### 4.1 Tiere

Ich besitze schon länger eigene Kaninchen, welche ich aus der Zucht von meinem Schwiegervater erhielt. Im Januar 2015 habe ich selbst angefangen, Kaninchen verschiedener Rassen zu kreuzen. Begonnen habe ich mit Loh Kaninchen, welche die typische schwarz dorsale und braunrot ventrale Färbung *black an tan* aufweisen. Diese habe ich mit anderen Rassen wie zum Beispiel einem schwarzwildfarbenen Burgunder, einem grau-weiss gescheckten englischen Zwergwidder oder auch mit Mischlingen eingekreuzt. Ich war vor allem von den verschiedenen Ergebnissen der Fellfarbzeichnung fasziniert und habe die Zuchtergebnisse schriftlich und fotografisch festgehalten.

### 4.2 Blutproben

Im Jahre 2017 nahm ich Blut- oder Gewebeproben von 35 meiner Kaninchen. Diese überreichte ich dem Blutprobenarchiv vom Genetik Institut an der Universität Bern und füllte die Stammdaten in eine Tabelle, wo schon 20 andere Kaninchen seit dem Jahr 2014 registriert waren. Bei 8 von diesen 20 Kaninchen wurde die DNA schon früher sequenziert. Diese Kaninchen stammen nicht aus meiner Zucht und es sind auch keine Lohrassen darunter.

**Tabelle 3**

Übersicht über die 20 registrierten Kaninchen vom Genetik Institut an der Universität Bern;  
fettgedruckt diejenigen Kaninchen, bei welchen die DNA sequenziert wurde.

Labornummer	Rasse	Farbphänotyp	Vermuteter <i>ASIP</i> Genotyp
RAB001 <sup>3</sup>	Niederländischer Farbenzweg <sup>2</sup>	versch. Farben möglich <b>anhand vom Genotyp black nonagouti</b>	<b>a/a</b>
RAB002 <sup>3</sup>	Niederländischer Farbenzweg <sup>2</sup>	versch. Farben möglich	A/a
RAB003 <sup>3</sup>	Niederländischer Farbenzweg <sup>2</sup>	versch. Farben möglich	a'/a
<b>RAB004</b>	<b>Niederländischer Farbenzweg<sup>2</sup></b>	<b>versch. Farben möglich</b> <b>Hypothese: black and tan</b>	<b>a'/a'</b>
RAB005	Satinangora	braunwildfarben	A/A
<b>RAB006</b>	<b>Mischling Satin Rex</b>	<b>japanfarbig, braun schwarz gebändert</b>	<b>A/A</b>
RAB007	Schweizer Fuchs	grau	A/A
<b>RAB008<sup>3</sup></b>	<b>Schweizer Fuchs</b>	<b>grau</b>	<b>A/a</b>
RAB009 <sup>3</sup>	Bartkaninchen	schwarzwildfarben	A/a
RAB010	Bartkaninchen	schwarzwildfarben	A/A
RAB011	Bartkaninchen (Mischling)	schwarzwildfarben	A/A
RAB012	Bartkaninchen	schwarzwildfarben	A/A
RAB013	Bartkaninchen (Mischling)	schwarzwildfarben	A/A
<b>RAB014<sup>1</sup></b>	<b>Bartkaninchen</b>	<b>schwarzwildfarben</b>	<b>A/A</b>
RAB015	Bartkaninchen (Mischling)	schwarzwildfarben	A/A
RAB016	Bartkaninchen (Mischling)	schwarzwildfarben	A/A
<b>RAB017<sup>1</sup></b>	<b>Satinangora</b>	<b>schwarzwildfarben</b>	<b>A/A</b>
<b>RAB018<sup>1</sup></b>	<b>Satinangora</b>	<b>rot</b>	<b>A/A</b>
RAB019	Satinangora	schwarzwildfarben	A/A
<b>RAB020<sup>3</sup></b>	<b>Zwergkaninchen</b>	<b>schwarz/black nonagouti</b>	<b>a/a</b>

<sup>1</sup> RAB014 war ein schwarzwildfarbenedes Bartkaninchen von Ester Häfliger, RAB017 ein schwarzwildfarbenedes und RAB018 ein rotes Satin-Angorakaninchen von Renate Regitz. Die Information, dass diese drei Kaninchen keine Vorfahren mit einer *black and tan* Abstammung haben, erhielt ich von den Züchterinnen persönlich.

<sup>2</sup> Niederländische Farbenzwege werden in verschiedenen Fellfarben gezüchtet.

Alle Kaninchen wurden nach meinen DNA Analysen von Anna Letko für *ASIP:c5\_6insA* genotypisiert.

<sup>3</sup> Bei diesen Kaninchen wurde der angegebene Genotyp aus dem Phänotyp und dem Genotyp an dieser Variante, welche für das black nonagouti-Allel a verantwortlich ist, abgeleitet.



**Tabelle 4**

Auflistung aller meiner Kaninchen, von welchen ich eine Blutprobe entnommen habe.

Labor-Nummer	Name	Rasse	Farbphänotyp	Vermuteter ASIP Genotyp
RAB021		Mischling Loh / Gelbex	gelbwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB022		Mischling Loh / Gelbex	gelbwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB023	Camper	Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB024	Fiips	Gelbex	gelb	A/A
<b>RAB025<sup>2</sup></b>	<b>Tan</b>	<b>Mischling Loh</b>	<b><i>black and tan</i></b>	<b>a<sup>1</sup>/a<sup>1</sup></b>
RAB026	Nero	Mischling Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a
RAB027	Beni	Mischling agouti	schwarzwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB028 <sup>1</sup>	Schattenkalb	Mischling Punktschecke	schwarzwildfarben - weiss gescheckt	A/a <sup>1</sup>
RAB029	Lii	Gelbex	gelb	A/A
RAB030	Topolino	Mischling Loh/Gelbex	gelbwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB031		Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB032		Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB033		Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB034		Mischling Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB035		Mischling agouti	schwarzwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB036	Cassiopeia	Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB037 <sup>3</sup>	Amira	Loh blau	<i>black and tan dilute</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB038		Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB039		Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB040		Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB041		Mischling agouti	schwarzwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB042		Mischling agouti	schwarzwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB043		Mischling Punktschecke	schwarzwildfarben - weiss gescheckt	A/a <sup>1</sup>
RAB044 <sup>1</sup>		Mischling Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB045 <sup>1</sup>	Kuni	Mischling Punktschecke	<i>black and tan</i> - weiss gescheckt	a <sup>1</sup> /a
RAB046		Mischling agouti	schwarzwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB047		Mischling agouti	schwarzwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB048 <sup>1</sup>		Mischling Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB049 <sup>1</sup>		Mischling Mantelschecke	schwarzwildfarben mit weissen Abzeichen	A/A
RAB050 <sup>1</sup>		Mischling Punktschecke	<i>black and tan</i> - weiss gescheckt	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB051 <sup>1</sup>		Mischling Punktschecke	<i>black and tan</i> - weiss gescheckt	a <sup>1</sup> /a
RAB052		Mischling agouti	schwarzwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB053 <sup>1</sup>		Mischling Loh	<i>black and tan</i>	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB054 <sup>1</sup>	Karl Dall	Mischling agouti	schwarzwildfarben	A/a <sup>1</sup>
RAB055 <sup>1</sup>		Mischling Punktschecke	<i>black and tan</i> - weiss gescheckt	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>

Alle Kaninchen wurden nach meinen DNA Analysen von Anna Letko für ASIP:c.5\_6insA genotypisiert.

<sup>1</sup> Bei diesen Kaninchen wurde der angegebene Genotyp aus dem Phänotyp und dem Genotyp an dieser Variante, welche für das black nonagouti-Allel a verantwortlich ist, abgeleitet.

<sup>2</sup> Bei Tan (RAB025) wurde die DNA sequenziert.

### 4.3 DNA Analysen

Anfang 2018 wurde die DNA von einem nicht reinrassigen Lohkaninchen aus meiner Zucht, Tan (RAB025), sequenziert. Diese verglich ich mit Genomsequenzen von den anderen acht Kaninchen, von welchen die DNA bereits früher sequenziert wurde.

#### 4.3.1 Autozygotiekartierung

Beim Kaninchen befindet sich das *ASIP* Gen auf dem Chromosom 4 zwischen den Basen 5'435'027 und 5'554'164 (OryCun 2.0 assembly, NCBI annotation release 102). Als erstes begann ich an dieser Stelle mit der Autozygotiekartierung und suchte bei meinem Kaninchen die Grenzen zwischen homozygoter und heterozygoter DNA. Tan (RAB025) muss homozygot sein auf dem Faktor, welcher für *black and tan* verantwortlich ist, da dieser Faktor rezessiv gegenüber *agouti* ist und Tan (RAB025) keine *black nonagouti* Mutation (a) in seinem Genom hat (keine c.5\_6insA, Fontanesi et al., 2010). Somit wäre auf allen Abschnitten im Chromosom 4, auf welchen Tan (RAB025) heterozygot ist, die verantwortliche genetische Variante sicher nicht zu suchen.

4.3.1.1 Mutation in einem monogen autosomal rezessiven Erbgang

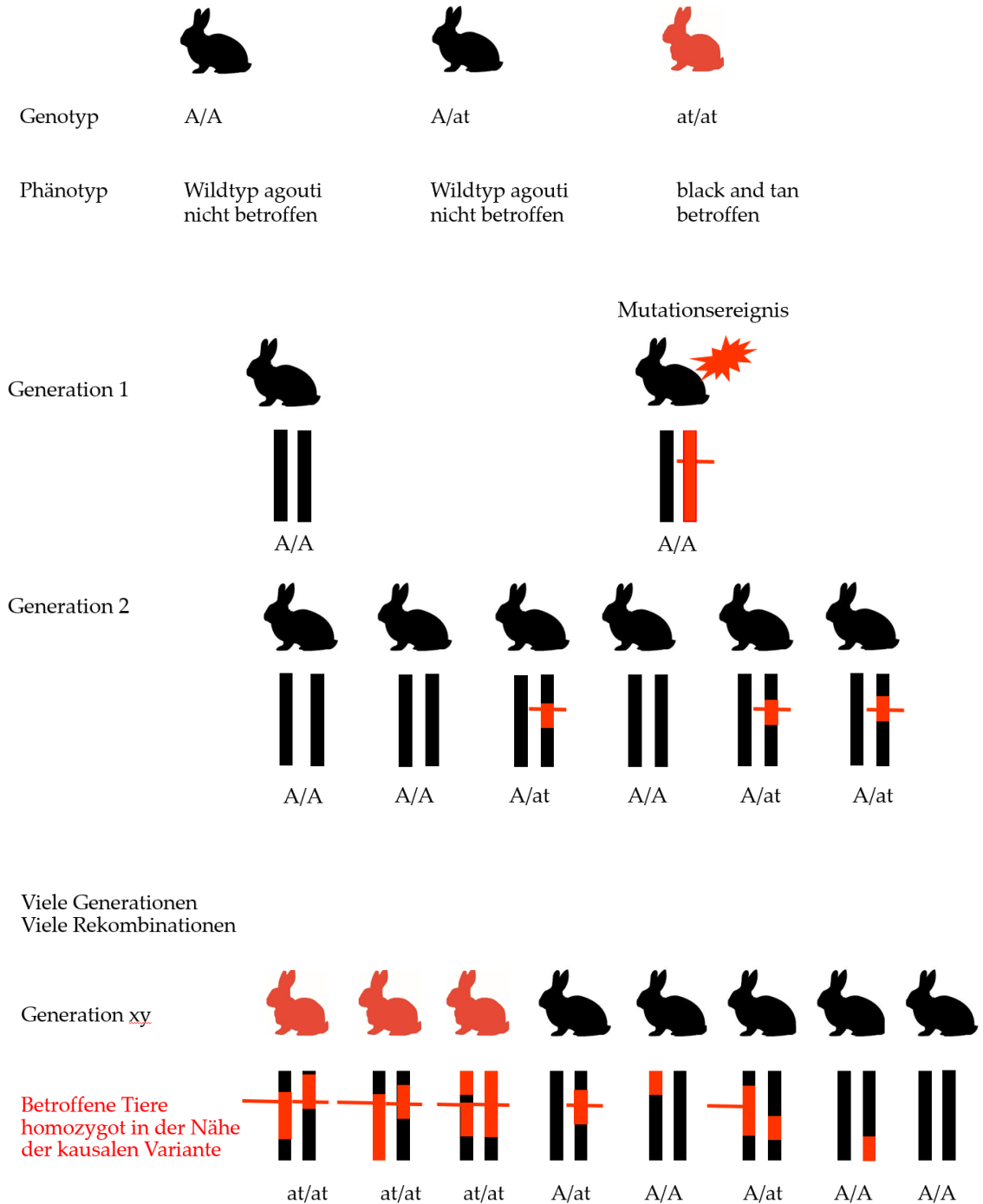


Abbildung 4:  
Vereinfachte schematische Darstellung einer Mutation in einem autosomal rezessiven Erbgang bei einem Kaninchen mit dem Agouti Phänotyp. Phänotypisch betroffene Kaninchen tragen zwei Kopien des mutierten Allels (durch einen roten Querstrich symbolisiert). In der Rassezucht gehen solche Tiere üblicherweise auf ein gemeinsames Gründertier zurück. Durch Inzucht sind sie abstammungsidentisch (IBD) für einen Chromosomenabschnitt im Bereich der kausalen genetischen Variante. Somit kann man über Homozygotie- bzw. Autozygotiekartierung die mögliche Position der kausalen Variante im Genom eingrenzen.

## 4.3.1.2 Hypothese zu Rekombinationsereignissen bei den Vorfahren von Tan (RAB025)

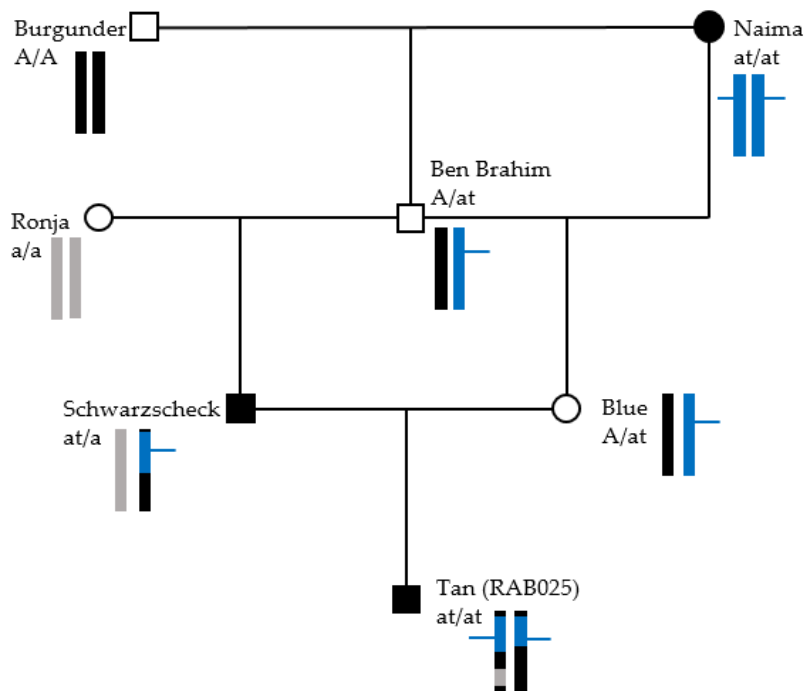


Abbildung 5: Vereinfachte schematische Darstellung einer Hypothese zur Entstehung von Tan (RAB025).

Ein homozygot schwarzwildfarbener Burgunderbock wurde mit Naima, einer homozygoten lohfarbenen Kaninchen gekreuzt. Daraus entstanden heterozygote Jungtiere vom Phänotyp schwarzwildfarben ( $A/a^t$ ). Eines dieser Jungtiere (Ben Brahim) wurde wieder rückgekreuzt mit der betroffenen Mutter Naima. Daraus ergab sich die dritte Generation, auch diese bestand aus schwarzwildfarbenen heterozygoten Jungtieren, keines wies den Phänotyp eines lohfarbenen Kaninchens auf, alle Jungtiere erbten vom Vater das nicht betroffene Allel A. Eines dieser weiblichen Jungtiere, Blue, wurde mit einem *black and tan*-weiss gescheckten Bock gekreuzt. Dieser hatte ein betroffenes lohfarbendes Allel  $a^t$  von seinem Vater (Ben Brahim  $A/a^t$ ) und ein rezessives *black nonagouti* Allel a von seiner Mutter (englisch Zwergwidder vom Phänotyp grau-weiss gescheckt und Genotyp  $a/a$ ). Aus dieser Paarung entstand die vierte Generation, bestehend aus acht Jungtieren. Eines davon war Tan (RAB025). Sein Genotyp ist bekannt, weil seine DNA entschlüsselt wurde. Er ist homozygot betroffen  $a^t/a^t$ .

### 4.3.2 Suche nach genetischen Varianten

Ich suchte im Genom von Tan (RAB025) nach kleinen und strukturellen Varianten im Bereich des funktionellen Kandidatengens *ASIP* im Vergleich zum Referenzgenom. Dazu verglich ich die DNA mit den Daten der anderen acht bereits sequenzierten Kaninchen, um private Varianten zu identifizieren. Das Referenzgenom stammt von einem weissen Neuseeländerkaninchen (Alföldi et al., 2009). Da dieses den Phänotyp eines echten Albinos hatte und die Pigmentbildung durch die funktionsunfähige Tyrosinase unterdrückt wird, sind Genotypen an den anderen Farbgenen nicht abzuleiten. Wir fanden aber heraus, dass dieses Albino Kaninchen homozygot für die *ASIP:c.5\_6insA* Variante ist (Fontanesi et al., 2010) und demzufolge zum einfarbigen black nonagouti Felltyp *a/a* gehört.

Nach meiner Vergleichsarbeit hat Anna Letko vom Institut für Genetik alle 55 Kaninchen für die Variante *ASIP:c.5\_6insA* genotypisiert, um das Vorhandensein des black nonagouti-Allels (*a*) nachzuweisen bzw. auszuschliessen.

# 5 Ergebnisse

## 5.1 Stammbaum nach Genotyp

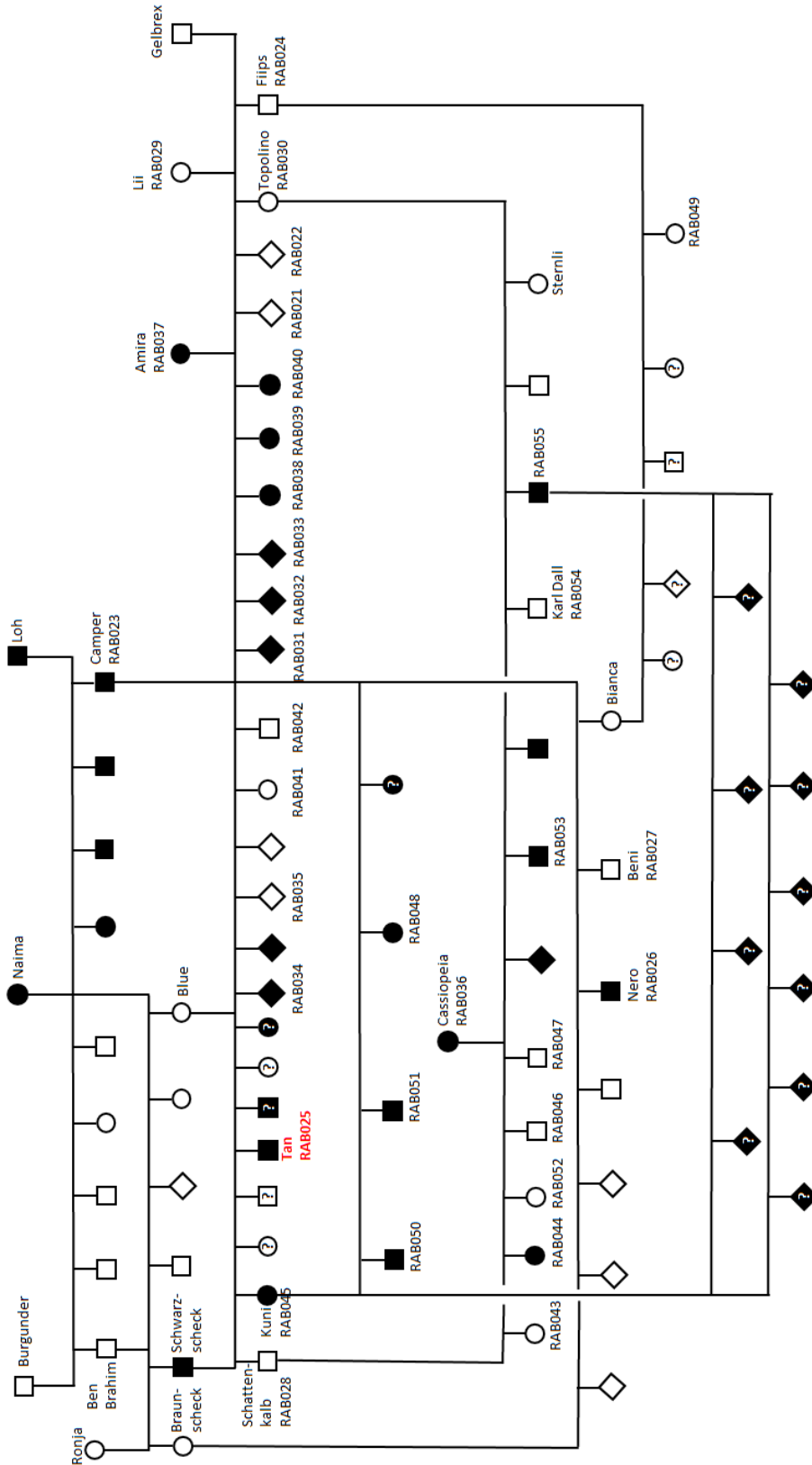


Abbildung 6: Stammbaum nach Genotyp: Kaninchen aus der Zucht Beer-Ammann, Zeichenerklärung dazu auf der folgenden Seite.

**Tabelle 5**  
 Zeichenerklärung zum Stammbaum nach Genotyp

Phänotyp	Genotyp	Männlich	Weiblich	Sex unbekannt
Betroffen: Loh: <i>black and tan</i> oder <i>black and tan</i> - weiss gescheckt <i>Genotyp bekannt</i>	at/at at/a	■	●	◆
Betroffen: Loh: <i>black and tan</i> oder <i>black and tan</i> - weiss gescheckt <i>Genotyp unbekannt</i>	at/at oder at/a	■?	●?	◆?
Nicht betroffen: Schwarzwildfarben oder schwarzwildfarben- weiss gescheckt <i>Genotyp bekannt</i>	A/at A/a a/a	□	○	◇
Nicht betroffen: Schwarzwildfarben oder schwarzwildfarben- weiss gescheckt <i>Genotyp unbekannt</i>	A/A oder A/at oder A/a	□?	○?	◇?

## 5.2 Autozygotiekartierung

Tan (RAB025) hat alle Merkmale, die zu seinem *black and tan* Phänotyp führen, von seiner Gross- und gleichzeitig auch Urgrossmutter Naima, einem homozygoten reinrassigen Lohkaninchen (siehe Stammbaum) geerbt. Leider ist sein Inzuchtfaktor dementsprechend hoch und er ist auf dem ganzen *ASIP* Gen und auch auf weiten Strecken vom gesamten Chromosom 4 homozygot. Die beiden Grenzen, wo die Homozygotie zur Heterozygotie wechselt, befinden sich bei den Basen 4:459'471 und 4:10'991'275. Tan (RAB025) ist also über eine Strecke von mehr als zehn Megabasen homozygot. Um die Suche nach der *black and tan* Variante einzugrenzen, setzte ich mir ein Intervall auf dem Chromosom 4 zwischen den Basen 5'430'001 und 5'640'000. Dieses Intervall umfasste das *ASIP* Gen plus etwa 5'000 Basenpaare nach und etwa 100'000 Basenpaare vor dem Gen, da man annimmt, dass das *black and tan* Allel durch eine Promotorvariante verursacht wird, welche eine regulierende Funktion auf das *ASIP* Gen hat und dementsprechend vor diesem zu suchen ist (Fontanesi et al., 2010).

## 5.3 Lücken im Referenzgenom

Im Referenzgenom, welches von einem weissen Neuseeländerkaninchen stammt, gibt es leider mehrere Lücken. Solche befinden sich auch im Intervall, welches ich auf Sequenzvarianten untersuchte. Falls die ursächliche Variante für *black and tan* in einer Lücke des Referenzgenoms liegt, ist es mir nicht möglich, diese zu finden. In der folgenden Tabelle sind die Lücken, welche sich in meinem Intervall befinden, nummeriert und aufgelistet.

**Tabelle 6**

Lücken im Referenzgenom

Nummer	Anfang	Ende	Länge Basenpaare
1	5'432'689	5'432'789	100
2	5'455'073	5'455'362	289
3	5'463'634	5'463'734	100 <sup>1</sup>
4	5'496'822	5'497'608	786
5	5'513'860	5'514'064	204
6	5'527'567	5'528'101	534
7	5'535'544	5'535'650	106
8	5'612'466	5'612'774	308
9	5'630'677	5'631'116	439
10	5'634'284	5'634'394	110

<sup>1</sup> Wird die Länge einer Lücke mit exakt 100 Basenpaaren angegeben, ist die wahre Grösse der Lücke unbekannt. Beträgt die Länge mehr als diese 100 Basenpaare, so liegt zumindest eine ungefähre Grössenschätzung für die Lücke vor.



## 5.4 Kandidatenvarianten

Zuerst suchte ich homozygote kleine Varianten von Tan (RAB025) im Vergleich zum Referenzgenom und fand 567 Kandidatengenvarianten, welche für *black and tan* verantwortlich sein könnten.

Unter den kleinen Kandidatenvarianten gibt es 230, bei denen RAB014, ein schwarzwildfarbendes Bartkaninchen, identische Haplotypen wie RAB004 und Tan (RAB025) aufweist. Dieser Bereich reicht vom Basenpaar 5'430'144 bis 5'468'810 und kann nicht für die *black and tan* Variante verantwortlich sein, wenn die Angabe von Esther Häfliger korrekt ist und RAB014 keine lohfarbenen Vorfahren hatte.

### 5.4.1 Vergleich mit vier Kaninchen

In einem zweiten Schritt wurde diese 567 kleinen Kandidatenvarianten vom *black and tan* farbigen Tan (RAB025) mit den Agouti Kaninchen RAB014, RAB017 und RAB018 und dem black nonagouti Tier RAB020 verglichen. Ich ging von der Annahme aus, dass die vier Kontrollkaninchen an der ursächlichen Variante für *black and tan* homozygot das Referenzallel tragen müssen. Dementsprechend wurden diese 4 Kaninchen nach „0/0“ oder „./.“ aussortiert und ich erhielt die auf der nächsten Seite dargestellten 46 Kandidatenvarianten.

**Tabelle 7**

Filter für die Kandidatenvarianten:

RAB025	RAB014, RAB017 und RAB018: Agouti AA	RAB020: black nonagouti aa	Anzahl Kandidatengenvarianten
1/1	0/0 oder ./.	0/0 oder ./.	46

**Tabelle 8:**

Zeichenerklärung für die Tabellen 9 und 11 mit den Kandidatenvarianten

0/0	Gleiche Variante wie im Referenzgenom.
1/1	An dieser Stelle gibt es eine homozygote Variante im Vergleich zum Referenzgenom.
./.	Lücke im sequenzierten Genom, diese Stelle ist nicht beurteilbar beim jeweiligen Kaninchen.
0/1	An dieser Stelle gibt es eine heterozygote Variante im Vergleich zum Referenzgenom.
2/2, 3/3...	Mikrosatellit mit weiteren Allelen.

Tabelle 9

## 46 Kandidatenvarianten

POS <sup>1</sup>	REF <sup>2</sup>	ALT <sup>3</sup>	RAB014 <sup>4</sup>	RAB017 <sup>4</sup>	RAB018 <sup>4</sup>	RAB020 <sup>4</sup>	RAB025 <sup>5</sup>	ASIP Variante (cDNA)
5433126	C	T	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.*2094G>A
5436926	C	A	./.	0/0	0/0	0/0	1/1	c.222+1375G>T
5445407	C	T	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.-14-5594G>A
5450422	G	A	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.-15+10036C>T
5450428	GA	G	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.-15+10029delT
5454442	T	C	0/0	0/0	./.	0/0	1/1	c.-15+6016A>G
5454443	G	A	0/0	0/0	./.	0/0	1/1	c.-15+6015C>T
5454484	CT	C	0/0	./.	./.	0/0	1/1	c.-15+5973delA
5478399	C	A	0/0	0/0	./.	0/0	1/1	n.5478399C>A
5479635	GTCTC	G	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5479635_5479639delTCTC
5481407	T	TA	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5481407_5481408insA
5484003	G	T	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5484003G>T
5492184	T	C	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5492184T>C
5504058	T	TAAA	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5504058_5504059insAAA
5504116	TG	T	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5504117delG
5505045	CA	C	./.	./.	./.	0/0	1/1	n.5505046delA
5505057	A	T	./.	0/0	./.	0/0	1/1	n.5505057A>T
5510409	G	A	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5510409G>A
5511282	A	AG	0/0	./.	0/0	0/0	1/1	n.5511282_5511283insG
5514134	G	T	0/0	0/0	./.	./.	1/1	n.5514134G>T
5517026	A	AT	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5517026_5517027insT
5535686	A	AC	./.	./.	./.	./.	1/1	n.5535686_5535687insC
5535696	C	CG	./.	./.	./.	./.	1/1	n.5535696_5535697insG
5535711	A	AG	./.	./.	./.	./.	1/1	n.5535711_5535712insG
5553786	G	A	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5553786G>A
5554952	G	GTC	./.	./.	./.	0/0	1/1	n.5554952_5554953insTC
5560221	CTT	C	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5560222_5560223delTT
5578524	C	T	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5578524C>T
5581783	T	C	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5581783T>C
5581913	A	ATAGG	0/0	./.	0/0	0/0	1/1	n.5581913_5581914insTAGG
5583954	C	T	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5583954C>T
5585538	A	G	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5585538A>G
5586115	C	G	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5586115C>G
5590974	C	CTT	0/0	./.	./.	./.	1/1	n.5590974_5590975insTT
5598036	C	T	0/0	0/0	./.	0/0	1/1	n.5598036C>T
5606564	T	C	0/0	./.	0/0	0/0	1/1	n.5606564T>C
5608087	ACTGT	A	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5608088_5608091delCTGT
5615689	T	G	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5615689T>G
5630360	C	A	./.	./.	./.	0/0	1/1	c.-1511C>A
5630362	C	A	./.	./.	./.	0/0	1/1	c.-1509C>A
5630407	A	C	./.	./.	./.	./.	1/1	c.-1464A>C
5630413	G	C	./.	./.	./.	./.	1/1	c.-1458G>C
5630420	G	C	./.	./.	./.	./.	1/1	c.-1451G>C
5632377	G	A	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.15+492G>A
5637182	A	T	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.16-1168A>T
5639928	C	T	./.	0/0	0/0	0/0	1/1	c.194-861C>T

<sup>1</sup> Alle Kandidatengenvarianten befinden sich auf dem Chromosom 4. Die erste Spalte gibt die Position der Variante an, die zweite die Sequenz vom Referenzgenom<sup>2</sup> und in der dritten Spalte befindet sich die alternative DNA<sup>3</sup>.

<sup>4</sup> Braun markiert die Kaninchen, welche den Phänotyp agouti (RAB014, RAB017, RAB018) oder black nonagouti (RAB020) und den Genotyp A/A oder a/a aufweisen, <sup>5</sup>bläulich RAB025 mit dem Phänotyp *black and tan* und dem Genotyp a/a<sup>4</sup>.

### 5.4.2 Vergleich mit fünf Kaninchen

RAB004, ein niederländischer Farbenzweig, war im Intervall zwischen den Basen 5'430'001 und 5'640'000 vollständig homozygot und wies den gleichen Haplotyp wie Tan (RAB025) auf. Daraus folgerte ich, dass RAB004 ebenfalls ein *black and tan* farbenes Kaninchen mit dem  $a^t/a^t$  Genotyp gewesen sein muss. In einem dritten Schritt verglich ich Tan (RAB025) zusätzlich mit RAB004. Dabei fand ich von den 46 Varianten 17, an denen RAB004 entweder einen anderen Genotyp hatte ( $n = 1$ ; Position 5'445'407) bzw. Varianten mit sehr niedriger Verlässlichkeit, weil sie z.B. im Bereich von Mikrosatelliten oder anderen repetitiven Sequenzmotiven lagen ( $n=16$ ). Somit verblieben 29 Möglichkeiten, bei denen RAB004 und Tan (RAB025) identische und zuverlässige Genotypen aufwiesen:

**Tabelle 10**

Filter für die Kandidatengenvarianten:

RAB025 und RAB004: <i>black and tan</i> $a^t/a^t$	RAB014, RAB017 und RAB018: Agouti AA	RAB020: <i>black nonagouti</i> aa	Anzahl Kandidatengenvarianten
1/1	0/0 oder ./.	0/0 oder ./.	29

**Tabelle 11**  
29 Kandidatengenvarianten

POS <sup>1</sup>	REF <sup>2</sup>	ALT <sup>3</sup>	RAB 004 <sup>5</sup>	RAB 014 <sup>4</sup>	RAB 017 <sup>4</sup>	RAB 018 <sup>4</sup>	RAB 020 <sup>4</sup>	RAB 025 <sup>5</sup>	ASIP Variante (cDNA)
5433126	C	T	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.*2094G>A
5450422	G	A	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.-15+10036C>T
5450428	GA	G	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.-15+10029delT
5478399	C	A	1/1	0/0	0/0	./.	0/0	1/1	n.5478399C>A
5479635	GTCTC	G	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5479636_5479639delTCTC
5481407	T	TA	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5481407_5481408insA
5492184	T	C	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5492184T>C
5504058	T	TAAA	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5504058_5504059insAAA
5504116	TG	T	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5504117delG
5505045	CA	C	1/1	./.	./.	./.	0/0	1/1	n.5505046delA
5510409	G	A	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5510409G>A
5511282	A	AG	1/1	0/0	./.	0/0	0/0	1/1	n.5511282_5511283insG
5535686	A	AC	1/1	./.	./.	./.	./.	1/1	n.5535686_5535687insC
5535696	C	CG	1/1	./.	./.	./.	./.	1/1	n.5535696_5535697insG
5535711	A	AG	1/1	./.	./.	./.	./.	1/1	n.5535711_5535712insG
5560221	CTT	C	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5560222_5560223delTT
5578524	C	T	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5578524C>T
5581783	T	C	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5581783T>C
5581913	A	ATAGG	1/1	0/0	./.	0/0	0/0	1/1	n.5581913_5581914insTAGG
5583954	C	T	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5583954C>T
5586115	C	G	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5586115C>G
5590974	C	CTT	1/1	0/0	./.	./.	./.	1/1	n.5590974_5590975insTT
5598036	C	T	1/1	0/0	0/0	./.	0/0	1/1	n.5598036C>T
5606564	T	C	1/1	0/0	./.	0/0	0/0	1/1	n.5606564T>C
5608087	ACTGT	A	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5608088_5608091delCTGT
5615689	T	G	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	n.5615689T>G
5632377	G	A	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.15+492G>A
5637182	A	T	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	c.16-1168A>T
5639928	C	T	1/1	./.	0/0	0/0	0/0	1/1	c.194-861C>T

<sup>1</sup> Alle Kandidatengenvarianten befinden sich auf dem Chromosom 4. Die erste Spalte gibt die Position der Variante an, die zweite die Sequenz vom Referenzgenom<sup>2</sup> und in der dritten Spalte befindet sich die alternative DNA<sup>3</sup>.

<sup>4</sup> Braun markiert die Kaninchen, welche den Phänotyp Agouti (RAB014, RAB017, RAB018) oder black nonagouti (RAB020) und den Genotyp A/A oder a/a aufweisen, <sup>5</sup>bläulich RAB004 und RAB025 mit dem Phänotyp *black and tan* und dem Genotyp a<sup>1</sup>/a<sup>1</sup> (bei RAB004 ist es nur eine Vermutung).

## 5.5 Strukturelle Varianten

Im gleichen Intervall auf Chromosom 4 zwischen den Basen 5'430'001 und 5'640'000 suchte ich strukturelle Varianten bei Tan (RAB025), welche RAB017, RAB018 und RAB020 nicht haben. Solche Varianten befinden sich an sechs Stellen. Bei zwei davon (Variante eins und vier in der Tabelle 12 unten) handelt es sich um eine Insertion einer repetitiven Gensequenz, eine (Variante drei) ist ein Einschub eines Poly-A-Schwanzes, zwei sind nicht genau erklärbar (Variante zwei und fünf) und eine ist besonders auffällig mit einer Deletion von ca. 11 kb. Da die fünf erstgenannten Varianten auch beim schwarzwildfarbenen Bartkaninchen RAB014 vorkommen, welches keine lohfarbenen Vorfahren hat, konnten sie für die ursprüngliche *black and tan* Variante ausgeschlossen werden.

Variante sechs, die 11-kb Deletion, beginnt vor der Lücke 2 im Referenzgenom beim Basenpaar 5'454'500, umschliesst Gap 2 und endet beim Basenpaar 5'466'124. Allerdings haben alle anderen sequenzierten Kaninchen am Anfang die gleiche Lücke, nach dieser aber sind bei den nicht *black and tan* farbigen Kaninchen wieder Sequenzen dargestellt (siehe Abbildung 7). Diese Variante beginnt demzufolge erst beim Basenpaar 5'455'408 und ist nur im Vergleich mit den anderen Tieren genau einzugrenzen. (g.5455408\_5466123del).

**Tabelle 12**  
Vorkommen der strukturellen Varianten bei den anderen sequenzierten Kaninchen.

Strukturelle Variante	Position auf Chromosom 4	RAB025	RAB001	RAB004	RAB006	RAB008	RAB014	RAB017	RAB018	RAB020
1	Ca. 5'430'042	0/1	-	1/1	-	-	0/1	-	-	-
2	Ca. 5'435'660	1/1	-	1/1	0/1	0/1	1/1	-	-	-
3	Ca. 5'443'516	0/1	-	0/1	0/1	0/1	0/1	-	-	-
4	Ca. 5'444'402	0/1	-	0/1	-	-	0/1	-	-	-
5	Ca. 5'451'600	0/1	-	0/1	-	-	0/1	-	-	-
<b>6: 11-kb-Deletion</b>	<b>5'455'408 – 5'466'123</b>	<b>1/1</b>	<b>-</b>	<b>1/1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

### Screenshot 11-kb Deletion

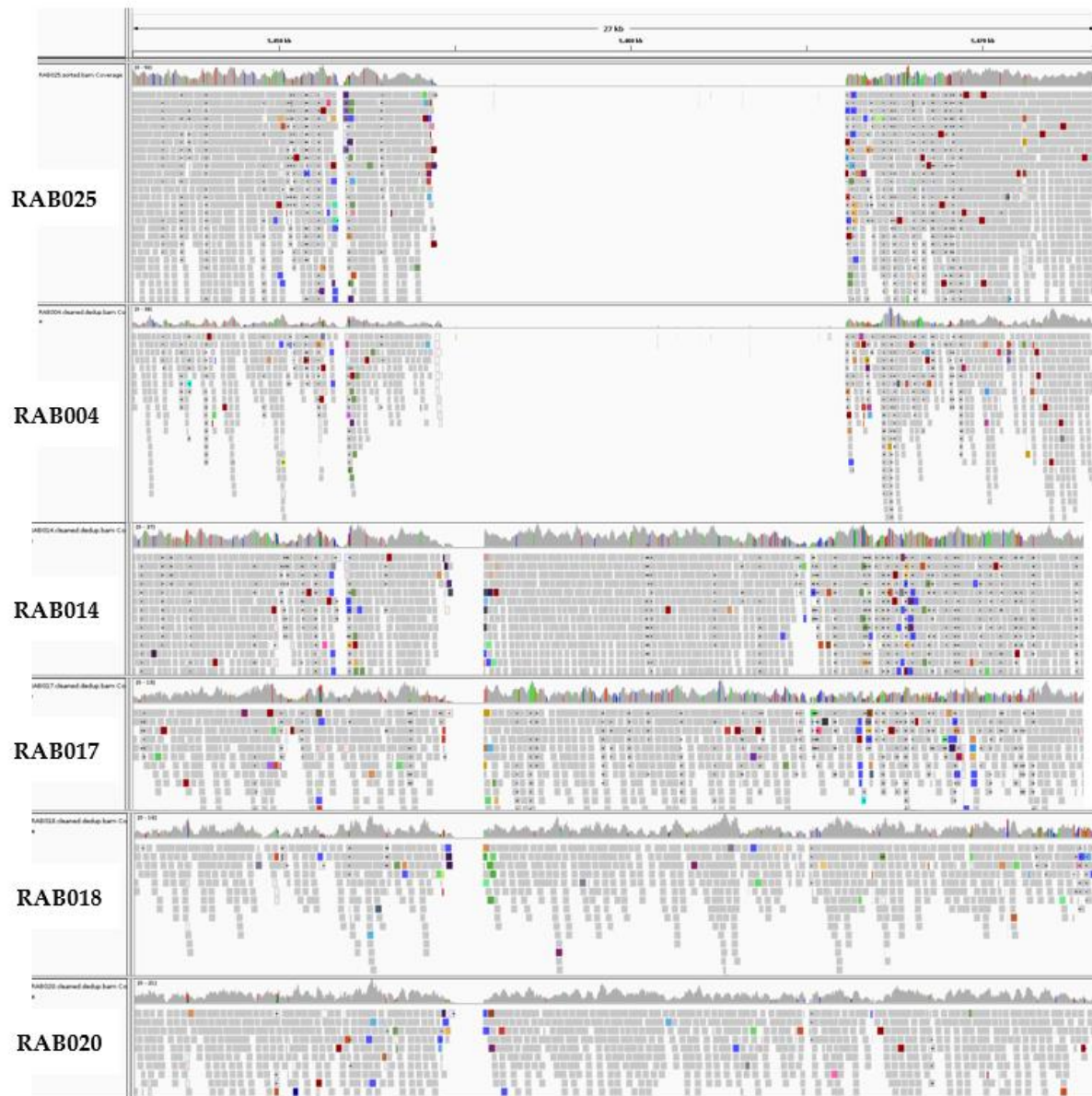


Abbildung 7: Screenshot der 11-kb-Deletion aus dem IGV (Integrative Genome Viewer) vom Linux Server des Instituts für Genetik in Bern. Vergleich Tan (RAB025) mit RAB004, RAB014, RAB017, RAB018 und RAB020. Gut erkennbar ist, dass bei Tan (RAB025) und RAB004 beide Deletionen an den gleichen Positionen beginnen und enden. Die anderen nicht *black and tan* farbigen Kaninchen haben zwar auch eine kurze Deletion, aber nur an der Stelle, wo im Referenzgenom eine Lücke ist. Erst in diesem Vergleich wird jetzt der Anfang von der 11-kb Deletion bei Tan (RAB025) und RAB004 an der Stelle 5'455'408 ersichtlich.

## 6 Diskussion

### 6.1 Hypothese: Phänotyp von RAB004 *black and tan*

RAB004 ist ein niederländischer Farbenzwerger. Diese Rasse wird in verschiedenen Fellfarben gezüchtet, auch in der Farbvariante *black and tan*. Leider wurde seine DNA schon vor einiger Zeit sequenziert und es ist unmöglich mit Sicherheit festzustellen, ob sein Phänotyp oder derjenige einer seiner Vorfahren lohfarben war. Allerdings bestätigte mir Prof. Dr. Miguel Carneiro, welcher die Gewebeprobe im Dezember 2014 ans Institut für Genetik in Bern eingesendet hatte, dass es unter den niederländischen Farbenzwergeren von Javier Lopes La Fraga, dem Besitzer von RAB004 und RAB001, auch Kaninchen mit einer *black and tan* Fellfarbe gab. Die Hypothese, dass es sich bei RAB004 tatsächlich um ein *black and tan* farbenes Kaninchen handelte, kann leider nicht definitiv bestätigt werden, aber sie könnte durchaus zutreffend sein. Somit kommt auch die 11-kb Deletion weiterhin als mögliche ursächliche Variante für *black and tan* in Frage.

### 6.2 Abstammung von RAB014

RAB014 war ein schwarzwildfarbenes Bartkaninchen. Seine DNA wurde bereits im Jahr 2015 sequenziert und weist im Vergleich mit Tan (RAB025) und RAB004 viele Ähnlichkeiten in den Kandidatengenvarianten auf. Vor allem im vorderen Bereich von meinem Intervall, auf dem Chromosom 4 zwischen den Basen 5'430'133 und 5'452'421, also im Bereich vom *ASIP* Gen, hat dieses Bartkaninchen homozygot den gleichen Haplotyp wie RAB004 und Tan (RAB025). Dieser umfasst auch die ersten fünf strukturellen Varianten, aber nicht die 11-kb Deletion. (Tabelle 12). RAB014 hat aber nach Angaben der Besitzerin Ester Häfliger keine Vorfahren, welche eine *black and tan* farbenen Phänotyp aufwiesen. Da das Bartkaninchen in den neunziger Jahren stark vom Aussterben bedroht war, musste man andere Kaninchenrassen einkreuzen, um die Erhaltung der Art zu sichern und weitere Inzucht zu vermeiden. Dazu nahm man möglichst neutrale Rassen ohne rezessive Erbfaktoren, welche in Körperbau und Körpergrösse dem Bartkaninchen ähnlich sind wie der blaue Wiener oder das Burgunderkaninchen (Alföldi et al., 2009). Möglicherweise stammt das gemeinsame Haplotyp-segment von diesen Vorfahren ab, da auch Tan (RAB025) als Urgrossvater einen Burgunder hatte.

### 6.3 Vergleich mit Leonberger

Anna Letko vom Institut für Genetik in Bern forscht in ihrer Arbeit über die Fellfarben der Hunderasse Leonberger. Sie hat diverse Varianten im *ASIP* Gen gefunden, welche den *black and tan* Phänotyp bei Leonbergern verursachen könnten. Eine Insertion auf Chromosom 24 (Line Insertion g.23373275\_23373276ins3.5kb) liegt beim Hund im homologen Bereich zu der von mir detektierten 11-kb Deletion bei den Kaninchen.

## 6.4 Weitere Forschung

Nach Abschluss meiner experimentellen Arbeiten versuchte Anna Letko zusätzliche unterstützende Belege für meine Hypothese zu finden, dass die 11-kb Deletion für *black and tan* verantwortlich ist. Sie führte dazu eine Assoziationsstudie durch, bei der sie die Genotypen für die 11-kb Deletion für 7 am Institut für Genetik verfügbaren Kaninchenproben genotypisierte (RAB020 bis RAB026). Ich konnte die Genotypen für weitere 6 bzw. 4 Kaninchen aus deren Genomsequenzen (Whole Genome Sequencing, WGS) bzw. Abstammung ermitteln (blau bzw. grün markiert in der Tabelle 13 auf der nächsten Seite). Weiterhin hat Anna Letko alle 55 am Institut für Genetik verfügbaren Kaninchenproben für das *black nonagouti* Allel *a* genotypisiert (ASIP:c.5\_6insA oder chr4:5'439'800delT; Fontanesi et al., 2010). Mit diesen Resultaten konnte ich noch bei 2 weiteren Kaninchen den Genotyp auf dem Agouti Allel bestimmen. Ich hatte also die Genotypen von insgesamt 19 Kaninchen für die 11-kb Deletion. Diese Ergebnisse sind in der Tabelle 13 dargestellt.

Zusammengefasst konnte mit diesen Experimenten bestätigt werden, dass von diesen 19 Kaninchen alle mit dem Phänotyp *black and tan* mindestens eine Kopie der 11-kb Deletion in ihrem Genom haben. Zudem sind all jene Kaninchen, bei welchen die Deletion nicht nachgewiesen werden konnte, nicht lohfarben. Das ist ein Hinweis, dass meine Hypothese zutreffen und die 11-kb Deletion tatsächlich für die *black and tan* Variante verantwortlich sein könnte. Um dies zu bestätigen, sollte die Assoziation dieser Deletion mit dem *black and tan* Phänotyp an weiteren Kaninchen mit gesicherten Farbphänotypen genotypisiert werden. Für einen endgültigen Beweis reicht allerdings eine Assoziationsstudie nicht aus. Hierfür wäre zusätzlich der Nachweis nötig, dass diese 11-kb Deletion tatsächlich zu einer räumlich veränderten Expression des ASIP Proteins führt.



Tabelle 13

Labor Nr.	Rasse	Name	Farbe	ASIP: chr4 11kb Deletion (5'454'500-5'466'123) WGS bzw. LR-PCR bzw. Abstammung	c.5_6insA (5'439'798) black nonagouti a	Vermuteter ASIP Genotyp gemäss A-Serie
RAB001	Netherland Dwarf			wt/? <sup>1</sup>	ins/ins	a/a
RAB002	Netherland Dwarf			wt/? <sup>1</sup>	wt/ins	a/?
RAB003	Netherland Dwarf				wt/ins	a/?
RAB004	Netherland Dwarf		<i>black and tan?</i>	del/del	wt/wt	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB005	Satinangora		braunwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB006	Mischling (Satin, Rex)		japanerfarbig	wt/wt	wt/wt	A/A
RAB007	Schweizer Fuchs			wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/A
RAB008	Schweizer Fuchs			wt/wt	wt/ins	A/a
RAB009	Bartkaninchen		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/ins	a/?
RAB010	Bartkaninchen		schwarzwildfarben		wt/wt	
RAB011	Bartkaninchen		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB012	Bartkaninchen		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB013	Bartkaninchen		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB014	Bartkaninchen		schwarzwildfarben	wt/wt	wt/wt	A/A
RAB015	Bartkaninchen		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB016	Bartkaninchen		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB017	Satinangora		schwarzwildfarben	wt/wt	wt/wt	A/A
RAB018	Satinangora		rot	wt/wt	wt/wt	A/A
RAB019	Satinangora		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB020	Zwergkaninchen		schwarz	wt/wt	ins/ins	a/a
RAB021	Mischling Loh x Gelbex		gelbwildfarben	wt/del	wt/wt	A/a <sup>1</sup>
RAB022	Mischling Loh x Gelbex		gelbwildfarben	wt/del	wt/wt	A/a <sup>1</sup>
RAB023	Loh	Camper	<i>black and tan</i>	del/del	wt/wt	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB024	Gelbex	Fiips	gelb	wt/wt	wt/wt	A/A
RAB025	Mischling Loh	Tan	<i>black and tan</i>	del/del	wt/wt	a <sup>1</sup> /a <sup>1</sup>
RAB026	Mischling Loh	Nero	<i>black and tan</i>	wt/del	wt/ins	a <sup>1</sup> /a
RAB027	Mischling agouti	Beni	schwarzwildfarben	wt/del	wt/wt	A/a <sup>1</sup>
RAB028	Mischling Punktschecke	Schattenkalb	schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB029	Gelbex	Lii	gelb	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB030	Mischling Loh x Gelbex	Topolino	schwarzwildfarben	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB031	Loh		<i>black and tan</i>	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB032	Loh		<i>black and tan</i>	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB033	Loh		<i>black and tan</i>	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB034	Mischling Loh		<i>black and tan</i>	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB035	Mischling agouti		schwarzwildfarben	wt/del	wt/wt	A/a <sup>1</sup>
RAB036	Loh	Cassiopeia	<i>black and tan</i>		wt/wt	
RAB037	Blauloh	Amira	<i>black and tan dilute</i>		wt/wt	
RAB038	Loh		<i>black and tan</i>	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB039	Loh		<i>black and tan</i>	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB040	Loh		<i>black and tan</i>	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB041	Mischling agouti		schwarzwildfarben	wt/del	wt/wt	A/a <sup>1</sup>
RAB042	Mischling agouti		schwarzwildfarben	wt/del	wt/wt	A/a <sup>1</sup>
RAB043	Mischling Punktschecke		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB044	Mischling Loh		<i>black and tan</i>		wt/wt	
RAB045	Mischling Punktschecke	Kuni	<i>black and tan</i>	wt/? <sup>1</sup>	wt/ins	a/?
RAB046	Mischling agouti		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB047	Mischling agouti		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB048	Mischling Loh		<i>black and tan</i>	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB049	Mischling Mantelschecke		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB050	Mischling Punktschecke		<i>black and tan</i>	del/?	wt/wt	a <sup>1</sup> /?
RAB051	Mischling Punktschecke		<i>black and tan</i>	del/?	wt/ins	a <sup>1</sup> /a
RAB052	Mischling agouti		schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB053	Mischling Loh		<i>black and tan</i>		wt/wt	
RAB054	Mischling agouti	Karl Dall	schwarzwildfarben	wt/? <sup>1</sup>	wt/wt	A/?
RAB055	Mischling Punktschecke		<i>black and tan</i>		wt/wt	

<sup>1</sup> Hier wurde das Wildtyp-Allel nachgewiesen, aber es wurde nicht untersucht, ob die 11-kb Deletion vorlag. Darum sind die Genotypen wt/wt oder wt/del möglich.

## 7 Referenzen

### 7.1 Literaturverzeichnis

#### 7.1.1 Publikationen

- Barsh G, Gunn T, He L, Schlossman S, Duke-Cohan J, 2000: Biochemical and genetic studies of pigment-type switching. *Pigment Cell Research* 13, Supplement 8: 48-53
- Barsh GS, Lovett M, Epstein CJ, 1990: Effects of the lethal yellow (Ay) mutation in mouse aggregation chimeras. *Development* 109: 683-690
- Bultman SJ, Klebig ML, Michaud EJ, Sweet HO, Davisson MT, Woychik RP, 1994: Molecular analysis of reverse mutations from nonagouti (a) to black-and-tan (a(t)) and white-bellied agouti (Aw) reveals alternative forms of agouti transcripts. *Genes & Development* 8: 481-490
- Bultman SJ, Russell LB, Gutierrez-Espeleta GA, Woychik RP, 1991: Molecular characterization of a region of DNA associated with mutations at the agouti locus in the mouse. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 88: 8062-8066
- Chen SJ, Liu T, Liu YJ, Dong B, Huang YT, Gu ZL, 2011: Identification of single nucleotide polymorphisms in the CCNA2 gene and its association with wool density in Rex rabbits. *Genetics and Molecular Research* 10: 3365-3370
- Cleffmann G, 1952: Studies on the coat markings of wild rabbits; a contribution to the mechanism of the agouti factor. *Indukt. Abstamm. Vererbungslehre* 85: 137-162
- Diribarne M, Mata X, Chantry-Darmon C, Vaiman A, Auvinet G, Bouet S, Deretz S, Cribiu EP, de Rochambeau H, Allain D, Guérin G, 2011: A deletion in exon 9 of the LIPH gene is responsible for the rex hair coat phenotype in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *PLOS One* 28: e19281
- Dreger DL, Schmutz SM, 2010: A new mutation in MC1R explains a coat color phenotype in 2 "old" breeds: Saluki and Afghan hound. *Journal of Heredity* 101: 644-649
- Drögemüller C, Giese A, Martins-Wess F, Wiedemann S, Andersson L, Brenig B, Fries R, Leeb T, 2006: The mutation causing the black and tan pigmentation phenotype of Mangalitza pigs maps to the porcine ASIP locus but does not affect its coding sequence. *Mammalian Genome* 17: 58-66
- Fontanesi L, Tazzoli M, Beretti F, Russo V. 2006: Mutations in the melanocortin 1 receptor (MC1R) gene are associated with coat colours in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Animal Genetics* 37: 489-493
- Fontanesi L, Forestier L, Allain D, Scotti E, Beretti F, Deretz-Picoulet S, Pecchioli E, Vernesi C, Robinson TJ, Malaney JL, Russo V, Oulmouden A, 2010: Characterization of the rabbit agouti signaling protein (ASIP) gene: transcripts and phylogenetic analyses and identification of the causative mutation of the nonagouti black coat colour. *Genomics* 95: 166-175
- Fontanesi L, Scotti E, Colombo M, Beretti F, Forestier L, Dall'Olio S, Deretz S, Russo V, Allain D, Oulmouden A, 2010: A composite six bp in-frame deletion in the melanocortin 1 receptor (MC1R) gene is associated with the Japanese brindling coat colour in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *BMC Genetics* 11:59
- Yang Y, Thompson DA, Dickinson CJ, Wilken J, Barsh GS, Kent SBH, Gantz I, 1999: Characterization of Agouti-Related Protein Binding to Melanocortin Receptors. *Molecular Endocrinology* 13: 148-155

- Zemel MB, Kim JH, Woychik RP, Michaud EJ, Kadwell SH, Patel IR, Wilkison WO, 1995:  
Agouti regulation of intracellular calcium: role in the insulin resistance of viable yellow mice.  
Proceedings of the National Academy of Sciences 92: 4733-7737

### 7.1.2 Bücher und Skripte

- Alföldi J, Palma FD, Lindblad-Toh T, 2009: The European Rabbit Genome, Rabbit biotechnology,  
Springer Science, ISBN 9789048122264
- Books LLC Memphis USA, 2011: Kaninchenzucht, Genetik des Hauskaninchens. ISBN  
9781159081423
- Lienemann H, Gross GP, 1996, Das Lohkaninchen, Verlag Schweizer Rassenkaninchenzucht  
Verband
- Scholz HP, 2007: Expertenwissen Rassenkaninchenzucht, Lohkaninchen. ISBN 9783886277377

### 7.1.3 Internetquellen

- Regitz R, 2013: Die biologische Farbfabrik, wie kommt die Farbe ins Kaninchenhaar  
Kaninchenwissen und Kaninchenfarben, Bilder und Genformeln  
Online unter: <http://www.kaninchenwissen.de> und <http://www.kaninchenfarben.de>
- Karl Weißenberger: Fortpflanzung, Vererbung und Zuchtverfahren in der Kaninchenzucht  
Online unter: <http://www.Widder-ag.de>
- NCBI (National Center for Biotechnology Information)  
Online unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>
- Renate Regitz: Kaninchenfarben und Genetik  
Online unter: <http://www.satinangora.de>
- Vererbung der Hundefellfarben, agouti-Serie  
Online unter: <https://www.hundeseite.de>
- Genetik der Farbmäuse, Akasha's Tribe  
Online unter: <http://www.farbmaus-rassezucht.de>

## 8 Danksagung

Einen grossen Dank gilt Prof. Dr. Tosso Leeb für die Überlassung dieses Themas und die Mithilfe und Unterstützung während des Anfertigens meiner Arbeit.

Ganz herzlich möchte ich mich auch bei all den anderen Personen bedanken, welche zur Verwirklichung und zum Gelingen meiner Masterarbeit beigetragen haben:

Hansjörg Suter, Präsident vom Lohclub Schweiz, für die Auskunft über die Herkunft der Loh Rasse, Prof. Dr. Miguel Carneiro, Renate Regitz, und Esther Häfliger, die mir meine Fragen betreffend der Kaninchen Abstammung beantwortet haben, Arthur Beer für die Hilfe bei der Kaninchenzucht, Margret Siegenthaler, Jürg Beer und Nathalie Hirter, welche mir bei den Blutentnahmen der Kaninchen geholfen haben, Anna Letko für die spannende Zusammenarbeit im Labor, Eveline und Urs Ammann für die Hilfe bei der Korrektur und meinem Ehemann Jürg Beer für seine grosse Unterstützung bei der Computerarbeit.

## 9 Annex

### 9.1 Vererbung der Fellfarbe

**Tabelle A1: Gundfarbengene plus Modifikationsgene in der Kaninchenzucht**

Merkmal	Gen	Internationales Allelsymbol	Deutsches Allelsymbol
<b>Wildfarbigkeitsfaktor (Agouti)<sup>1</sup></b> Normale Farbzonenaufbau im Haar, Bänderung, oben dunkel Abzeichenhaltung Einfarbig, Zonenaufbau des Haares komplett aufgehoben	<i>ASIP</i>	A = agouti a <sup>t</sup> = black and tan a = black nonagouti	G = wildfarbig g <sup>o</sup> = lohfarbig g = nicht wildfarbig/schwarz einfarbig
<b>Schwarze Pigmentierung<sup>1</sup></b>	<i>TYRP1</i>	B = schwarz, normale Ausprägung b = braun	C = schwarz, normale Ausprägung c = braun
<b>Albino-Reihe<sup>1</sup></b> Ausbildung vom Pigment/ Vorhandensein der Tyrosinase	<i>TYR</i>	C = Wildtyp vollfarbig c = Albino c <sup>ch1</sup> = hellchinchilla/marderfarbig c <sup>ch2</sup> = mittelchinchilla c <sup>ch3</sup> = dunkelchinchilla c <sup>h</sup> = himalayan/russenfarbig	A = Wildtyp vollfarbig a = Albino a <sup>m</sup> = hellchinchilla/marderfarbig a <sup>chi</sup> = mittelchinchilla a <sup>d</sup> = dunkelchinchilla a <sup>n</sup> = himalayan/russenfarbig
<b>Verdünnungsfaktor<sup>1</sup></b> Max. Dichte vom Farbstoff, fein verteilt (normal) oder verklumpt	<i>MLPH</i>	D = normale Pigmentdichte d = verklumpte Einlagerung	D = normale Pigmentdichte d = verklumpte Einlagerung
<b>Ausbreitung von Schwarz<sup>1</sup></b> Norm. Ausbreitung dunklen Pigments Volle Ausbreitung dunklen Pigments Verstärkte Ausbr. dunklen Pigments Mosaikartige Verteilung der Pigmente Eingeschränkte Ausbreitung des dunklen Pigments	<i>MC1R</i>	E = Wildtyp, normale Ausprägung E <sup>D</sup> = dominantes Schwarz E <sup>S</sup> = steel e <sup>J</sup> = Japaner e = gelb	B = Wildtyp, normale Ausprägung B <sup>o</sup> = dominantes Schwarz B <sup>e</sup> = eisengrau b <sup>J</sup> = Japaner b = gelb
<b>Scheckung<sup>2</sup></b>	<i>EDNRB</i>	<u>Punktscheckung:</u> En = englische Fleckenscheckung en = Wildtyp, ungescheckt <u>Plattenscheckung:</u> Du = Wildtyp, ungescheckt du = Gürtelscheckung/Holländer	<u>Punktscheckung:</u> K = englische Fleckenscheckung k = Wildtyp, ungescheckt <u>Plattenscheckung:</u> S = Wildtyp, ungescheckt s = Gürtelscheckung/Holländer
<b>Rex Faktor<sup>2</sup></b> Besonders feines und kurzes Haar, Grannen überlagern die Unterwolle nicht	<i>CCNA2</i> <i>LIPH</i>	Kein Symbol vorhanden	Rex = normales Haar rex = Rex
<b>Gelbverstärker<sup>2</sup></b>		Kein Symbol vorhanden	Y = Gelb verstärkt y = normales Gelb
<b>Pigmentierung<sup>2</sup></b>	<i>EDNRB</i> <i>Pax3</i>	V = volle Pigmentierung v = Leuzismus (weiss mit blauen Augen)	X = volle Pigmentierung x = Leuzismus (weiss mit blauen Augen)

<sup>1</sup>Die fünf für die Kaninchenzucht wichtigen Gundfarbengene plus einige Modifikationsgene<sup>2</sup> mit ihren Varianten in internationaler und deutscher Schreibweise im Vergleich, zusammengestellt aus „Die biologische Farbfabrik“ von R. Regitz und online unter <http://www.kaninchenfarben/kaninchenwissen.de>.

**Tabelle A2:** Beispiele aus meiner Zucht

Name/Nummer	Foto	Mutter	Vater	Internationales Allelsymbol	Deutsches Allelsymbol
<b>Blue:</b> schwarzwildfarben/ agouti (heterozygot)		Naima (Loh)	Ben brahim (Mischling Loh und Burgunder)	genotype: Aa <sup>a</sup> BBCCDDEE  phenotype: ABCDE	Genotyp: AABBCCDDG <sup>g</sup> °  Phänotyp: ABCDG
<b>Camper (RAB023):</b> Loh/black and tan (homozygot)		Loh	Loh	genotype: a <sup>a</sup> a <sup>a</sup> BBCCDDEE  phenotype: a <sup>a</sup> BCDE	Genotyp: AABBCCDDg <sup>g</sup> °YY  Phänotyp: ABCDg <sup>g</sup> °Y
<b>Amira (RAB037):</b> Blauloh/tan dilute (homozygot)		Blauloh	Blauloh	genotype: a <sup>a</sup> a <sup>a</sup> BBCCddEE  phenotype: a <sup>a</sup> BCdE	Genotyp: AABBCCddg <sup>g</sup> °YY  Phänotyp: ABCDg <sup>g</sup> °Y
<b>Topolino (RAB030):</b> gelbwildfarben/ agouti (heterozygot)		Lii (RAB029 Gelbex)	Camper (RAB023 Loh)	genotype: Aa <sup>a</sup> BBCCDDEe  phenotype: ABCDE	Genotyp: AABbCCDDG <sup>g</sup> °YY  Phänotyp: ABCDGY
<b>Tan (RAB025):</b> Mischling Loh/ black and tan (heterozygot)		Blue (agouti)	Schwarzscheck (black and tan – weiss gescheckt)	genotype: a <sup>a</sup> a <sup>a</sup> BBCCDDEE <sup>en</sup>  phenotype: a <sup>a</sup> BCDE <sup>en</sup>	Genotyp: AABBCCDDg <sup>g</sup> °g <sup>g</sup> °Kk kk  Phänotyp: ABCDg <sup>g</sup> °kk
<b>RAB040: Loh/</b> black and tan (heterozygot)		Amira (RAB037 blau- Loh)	Camper (RAB023 Loh)	genotype: a <sup>a</sup> a <sup>a</sup> BBCCdDEE  phenotype: a <sup>a</sup> BCDE	Genotyp: AABBCCDDg <sup>g</sup> °g <sup>g</sup> °YY  Phänotyp: ABCDg <sup>g</sup> °Y
<b>RAB053:</b> Mischling Loh/ black and tan (heterozygot)		Topolino (RAB033, gelb- wildfarben)	Schattenkalb (RAB028, schwarzwild- farben–weiss gescheckt)	genotype: a <sup>a</sup> a <sup>a</sup> BBCCDDEEE <sup>en</sup> en oder a <sup>a</sup> a <sup>a</sup> BBCCDDEEE <sup>en</sup> en  phenotype: a <sup>a</sup> BCDE <sup>en</sup>	Genotyp: AABBCCDDg <sup>g</sup> °g <sup>g</sup> °Y Kkkk oder AABBCCDDg <sup>g</sup> °g <sup>g</sup> °YKk kk  Phänotyp: ABCDg <sup>g</sup> °kk

Name/Nummer	Foto	Mutter	Vater	Internationales	Deutsches
-------------	------	--------	-------	-----------------	-----------

				Allelsymbol	Allelsymbol
<b>Fiips (RAB024): Gelbrex</b> (homozygot)		Lii (RAB029) Gelbrex	Gelbrex	genotype: AA <b>bb</b> CCDDee  phenotype: AbCDe	Genotyp: AA <b>bb</b> ccDDGGYY rexrex  Phänotyp: AbcDGYrex
<b>Kuni (RAB045): Mischling Punktschecke/ black and tan- weiss gescheckt</b> (heterozygot)		Blue (agouti)	Schwarzscheck (black and tan- weiss gescheckt)	genotype: a'a'BBCCDDEEEnen oder a'aBBCCDDEEEnen  phenotype: a'BCDEEn	Genotyp: AABBCCDDg°g° Kkkk oder AABBCCDDg°g Kkkk Phänotyp: ABCDg°Kk
<b>Bianca: Mischling Punktschecke agouti</b> (heterozygot)		Braunschecke (schwarzwild- farben-weiss gescheckt)	Camper (RAB023 Loh)	genotype: Aa'BBCCDDEEEnen  phenotype: ABCDEEn	Genotyp: AABBCCDDGg°Kkkk  Phänotyp: ABCDGKk
<b>Bella: Englisch Zwergwidder</b> (homozygot)		Englisch Zwergwidder	Englisch Zwergwidder	genotype: aabbCCDDEEEnEn  phenotype: abCDEEn	Genotyp: AABBccDDggKkKk  Phänotyp: ABcDgKk
<b>Chlopper: Englisch Zwergwidder</b> (homozygot)		Englisch Zwergwidder	Englisch Zwergwidder	genotype: aaBBCCDDE°E°EnEn  phenotype: aBCDE°En	Genotyp: AAB°B°CCDDgg KkKk Phänotyp: AB°CDgKk
<b>Kari: Japan Holländer</b> (homozygot)		Japan Holländer	Japan Holländer	genotype: aaBBCCDDe°e°dudu  phenotype: aBCDe°du	Genotyp: AA <b>b</b> 'b'CCDDggss  Phänotyp: Ab'CDgs

9.2 Stammbaum nach Phänotyp

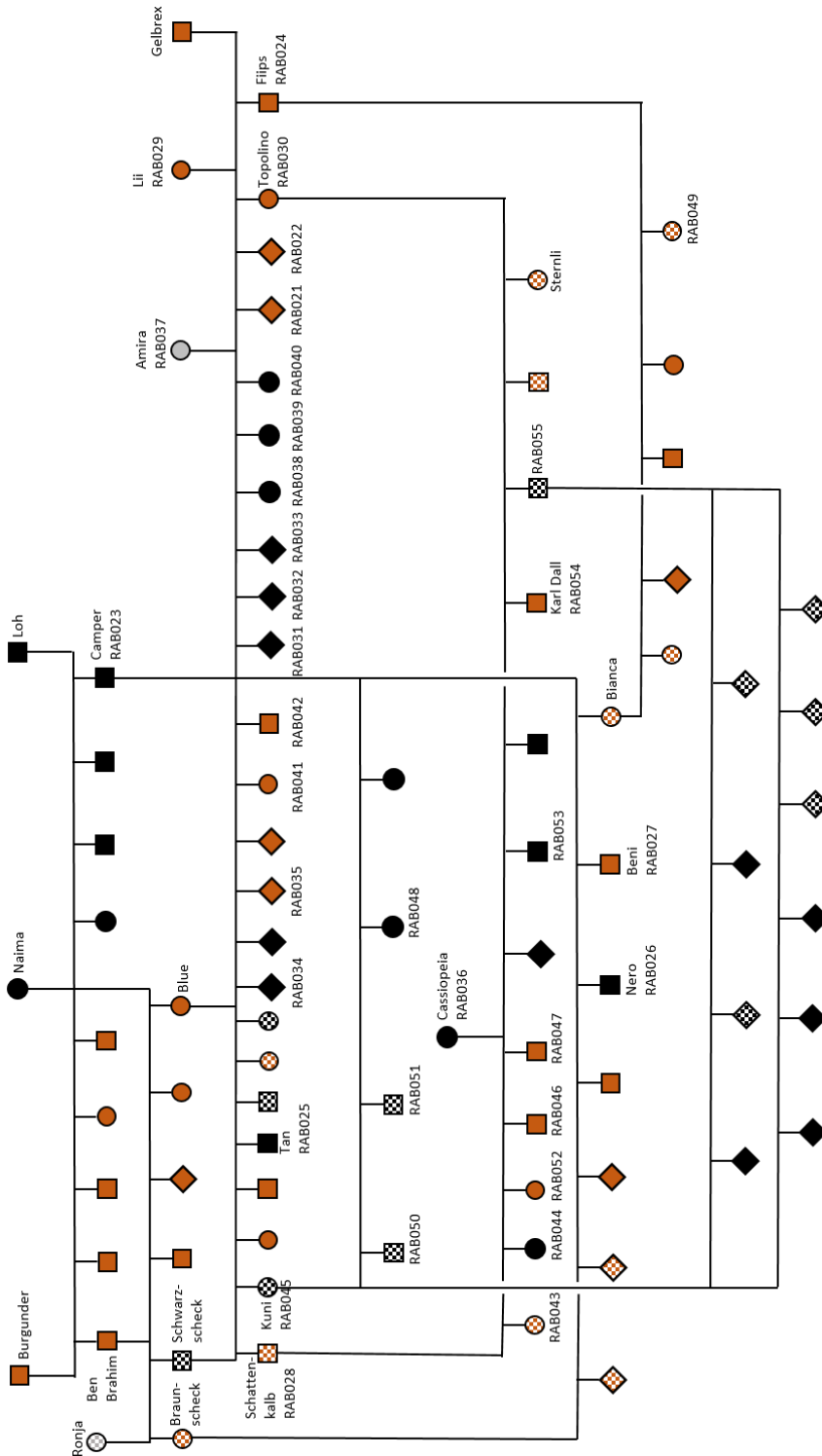


Abbildung A1: Stammbaum nach Phänotyp der Kaninchen aus der Zucht Beer-Ammann





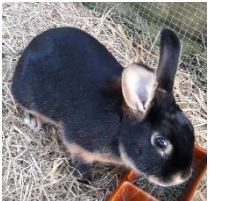



Tabelle A5: Zeichenerklärung zum Stammbaum nach Phänotyp.

Rasse	Phänotyp	Männlich	Weiblich	Sex unbekannt
Loh: <i>black and tan</i>	atBCDE	■	●	◆
Blauloh: tan dilute	aBCdE	□	●	◇
Englisch Zwergwilder: grau-weiss gecheckt	aBCDEEn	□	○	◇
Mischung Agouti: schwarzwildfarben	ABCDE	■	●	◆
Mischung Punktschecke: schwarzwildfarben-weiss gecheckt	ABCDE En	■	●	◆
Mischung Punktschecke: <i>black and tan</i> -weiss gecheckt	atBCDE En	■	●	◆







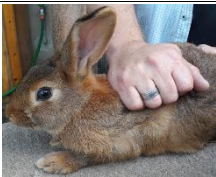



### 9.3 Übersicht über meine Kaninchen

**Tabelle A6:** Alle Kaninchen inkl. Foto aus meiner Zucht, von welchen ich für meine Masterarbeit Blut- oder Gewebeproben entnommen habe.

Labor-nummer	Name	Rasse	Farbphänotyp	Farbcode intern.	Farbcode deutsch	Geburt	Tod ° = geschlachtet	Foto
RAB021	-	Mischling Loh x Gelbrex	gelbwildfarben	ABCDE	ABCDY	26.10.16	02.12.16	
RAB022	-	Mischling Loh x Gelbrex	gelbwildfarben	ABCDE	ABCDGY	26.10.16	09.12.16	
RAB023	Camper	Loh m	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°Y	18.04.15		
RAB024	Fiips	Gelbrex m	gelb	AbCDe	AbcDGYrex	02.06.16		
RAB025	Tan	Mischling Loh m	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°	16.08.16	Mai 17°	
RAB026	Nero	Mischling Loh m	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°	16.02.16	31.05.17	
RAB027	Beni	Mischling agouti m	schwarzwildfarben	ABCDE	ABCDG	16.02.16		
RAB028	Schattenkalb	Mischling Punkt-schecke m	schwarzwildfarben-weiss gescheckt	ABCDEEn	ABCDGKk	16.08.16	Okt 17°	

Labor-nummer	Name	Rasse	Farbphänotyp	Farbcode intern.	Farbcode deutsch	Geburt	Tod ° = ge-schlachtet	Foto
RAB029	Lii	Gelbrex w	gelb	AbCDe	AbcDGyrex	Mai 15		
RAB030	Topolino	Mischling Loh x Gelbrex w	gelbwildfarben	ABCDE	ABCDGY	26.10.16		
RAB031	-	Loh	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°Y	17.02.17	14.03.17	
RAB032	-	Loh	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°Y	17.02.17	14.03.17	
RAB033	-	Loh	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°Y	17.02.17	14.03.17	
RAB034	-	Loh	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°	07.03.17	18.05.17	
RAB035	-	Mischling agouti	schwarzwildfarben	ABCDE	ABCDG	07.03.17	27.05.17	
RAB036	Cassiopeia	Loh w	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°Y	Mai 16	Juli 17°	
RAB037	Amira	Blauloh w	tan dilute	a'BCdE	ABCdg°Y	Mai 16	Okt 17°	
RAB038	-	Loh w	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°Y	17.02.17	Dez 17°	
RAB039	-	Loh w	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°Y	17.02.17	Dez 17°	

Labor-nummer	Name	Rasse	Farbphänotyp	Farbcode intern.	Farbcode deutsch	Geburt	Tod ° = ge-schlachtet	Foto
RAB040	-	Loh w	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°Y	17.02.17	Dez 17°	
RAB041	-	Mischling agouti w	schwarzwild-farben	ABCDE	ABCDG	07.03.17	Dez 17°	
RAB042	-	Mischling agouti m	schwarzwild-farben	ABCDE	ABCDG	07.03.17	Dez 17°	
RAB043	-	Mischling Punkt-schecke w	schwarzwild-farben-weiss gescheckt	ABCDEEn	ABCDGKk	06.04.17	Dez 17°	
RAB044	-	Mischling Loh w	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°	06.04.17	Dez 17°	
RAB045	Kuni	Mischling Punkt-schecke w	<i>black and tan</i> -weiss gescheckt	a'BCDEEn	ABCDg°Kk	16.08.16	März 18°	
RAB046	-	Mischling agouti m	schwarzwild-farben	ABCDE	ABCDG	06.04.17	Dez 17°	
RAB047	-	Mischling agouti m	schwarzwild-farben	ABCDE	ABCDG	06.04.17	Dez 17°	

Labornummer	Name	Rasse	Farbphänotyp	Farbcode intern.	Farbcode deutsch	Geburt	Tod ° = geschlachtet	Foto
RAB048	-	Mischling Loh w	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°	11.05.17	Dez 17°	
RAB049	-	Mischling Mantelschecke w	schwarzwildfarben mit weissen Abzeichen	ABCDEEn	ABCDGKk	14.04.17	Dez 17°	
RAB050	-	Mischling Punkt-schecke m	<i>black and tan</i> -weiss gescheckt	a'BCDEEn	ABCDg°Kk	11.05.17	Dez 17°	
RAB051	-	Mischling Punkt-schecke m	<i>black and tan</i> -weiss gescheckt	a'BCDEEn	ABCDg°Kk	11.05.17	Dez 17°	
RAB052	-	Mischling agouti w	schwarzwildfarben	ABCDE	ABCDG	06.04.17	Okt 17°	
RAB053	-	Mischling Loh m	<i>black and tan</i>	a'BCDE	ABCDg°	08.07.17	Feb 18°	
RAB054	-	Mischling agouti m	schwarzwildfarben	ABCDE	ABCDG	08.07.17	Feb 18°	
RAB055	-	Mischling Punkt-schecke m	<i>black and tan</i> -weiss gescheckt	a'BCDEEn	ABCDg°Kk	08.07.17	Feb 18°	

### 9.4 Kaninchenzuchtplan Beer-Ammann 2015 bis 2018

**Tabelle A7**

2015		
Naima (w, Loh, Mai 14)	X	<b>Burgunder</b> (m, aus Eriswil von Jonas)
2. Februar: 5 schwarzwildfarbene Junge		-> 1 w: Stella -> 4 m: Max und Ben Brahim
Ronja (w, Widder, ca. 2,5j.)	X	<b>Holländer</b> (m, aus Eriswil von Thuri)
10. April: 2 Mischlinge		-> m: schwarz-weiss gescheckt -> m: schwarzwildfarben-weiss gescheckt + Hängeohren
Naima (w, Loh, Mai 14)	X	<b>Loh</b> (m, aus Eriswil von Jonas)
18. April: 4 Loh		-> 1 w -> 3 m: Camper <u>RAB023</u>
Ronja (w, engl. Widder, ca. 2,5j.)	X	<b>Ben Brahim</b> (m, Februar 14)
7. August: 2 Mischlinge		-> w: Braunscheck (schwarzwildfarben-weiss gescheckt) -> m: Schwarzscheck ( <i>black and tan</i> -weiss gescheckt)
Naima (w, Loh, Mai 14)	X	<b>Ben Brahim</b> (m, Februar 14)
10. August: 4 schwarzwildfarbene Junge		-> 1 früh gestorben -> 1 m -> 2 w: 1 Blue
2016		
Braunscheck (w, August 15)	X	<b>Camper</b> (m, Loh, April '15)
16. Februar: 7 Mischlinge		-> 3 schwarzwildfarben: Beni (m) <u>RAB027</u> -> 3 schwarzwildfarben-weiss gescheckt: Bianca (w) -> 1 Loh: Nero (m) <u>RAB026</u>
Blue (w, August '15)	X	<b>Schwarzscheck</b> (m, August '15)
28. März: 7 Mischlinge		-> 2 schwarzwildfarben -> 2 <i>black and tan</i> -weiss gescheckt -> 2 schwarzwildfarben-weiss gescheckt -> 1 Loh
Lii (w, Gelbex, ca. August '15) <u>RAB029</u>	X	<b>Gelbex</b> (m, aus Eriswil)
2. Juni: 1 Gelbex		-> Fiips (m) <u>RAB024</u>
Blue (w, August '15)	X	<b>Schwarzscheck</b> (m, August '15)
16. August: 8 Mischlinge		-> 4 <i>black and tan</i> -weiss gescheckt: Kunigunde (w) <u>RAB045</u> -> 3 schwarzwildfarben-weiss gescheckt: Schattenkalb (m) <u>RAB028</u> -> 1 Loh: Tan (m) <u>RAB025</u>
Li (w, Gelbex, ca. August '15)	X	<b>Camper</b> (m, Loh, April '15)
26. Oktober: 3 schwarzwildfarbene Jungen		-> Topolino (w) <u>RAB030</u> -> <u>RAB021</u> : gestorben am 2.12. -> <u>RAB022</u> : gestorben am 9.12.
2017		
Amira <u>RAB037</u> (w, Blauloh, Mai '16)	X	<b>Camper</b> (m, Loh, April '15)
17. Februar: 6 Schwarzloh		-> (3w) <u>RAB038, RAB039, RAB040</u> -> <u>RAB031, RAB032, RAB033</u> gestorben am 14.3.
Blue (w, August '15)	X	<b>Camper</b> (m, Loh, April '15)
7. März: 6 Mischlinge		-> 4 schwarzwildfarben <u>RAB035, RAB041, RAB042</u> -> 2 Loh <u>RAB034</u>
Cassiopeia (w, Loh, Mai '16) <u>RAB036</u>	X	<b>Schattenkalb</b> (m, August '16)
6. April: 5 Mischlinge		-> 3 schwarzwildfarben (2m, 1w) <u>RAB046, RAB047, RAB052</u> -> 1 Loh (w) <u>RAB044</u> -> 1 schwarzwildfarben-weiss gescheckt (w) <u>RAB043</u>
Bianca (w, Februar '15)	X	<b>Fiips</b> (m, Juni '16)
14. April: 5 Mischlinge		-> 3 schwarzwildfarben -> 2 schwarzwildfarben mit weissen Abzeichen, (w) <u>RAB049</u>
Kunigunde (w, August '16)	X	<b>Camper</b> (m, Loh, April '15)
11. Mai: 4 Mischlinge		-> 2 <i>black and tan</i> -weiss gescheckt (m) <u>RAB050, RAB051</u> -> 2 Loh (w) <u>RAB048</u>

<b>Topolino</b> (w, Gelbex, Oktober '16)	X	<b>Schattenkalb</b> (m, August '16)
8. Juli: 7 Mischlinge		-> 3 Loh: (m) <u>RAB053</u> -> 1 schwarzwildfarben: Karl Dall (m) <u>RAB054</u> -> 1 schwarzwildfarben-weiss gescheckt (1w Sternli) -> 2 <i>black and tan</i> -weiss gescheckt: <u>RAB055</u> (m)
<b>2018</b>		
<b>Kunigunde</b> (w, August '16)	X	<u>RAB055</u> (m, 8. Juli 2017)
28. Januar: 4 Mischlinge		-> 2 Loh und 2 <i>black and tan</i> -weiss gescheckt (gestorben bei/nach der Geburt)
<b>Kunigunde</b> (w, August '16)	X	<u>RAB055</u> (m, 8. Juli 2017)
3. März: 6 Mischlinge		-> 3 Loh und 3 <i>black and tan</i> -weiss gescheckt (gestorben bei/nach der Geburt)

9.5 Kandidatengenvarianten bei Tan (RAB025)

Tabelle A8

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5430 144	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*7553A>G
5430 147	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*7556A>G
5430 156	G	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*7565G>T
5430 212	C	T	01	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*7621C>T
5430 233	T	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*7642T>A
5430 359	G	A	00	01	01	01	01	01	00	00	01	c.*7768G>A
5430 445	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*7854G>A
5430 745	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*4475G>A
5431 199	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*4021A>G
5431 318	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3902A>G
5431 344	T	TG	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3875_**3876msC
5431 375	TTCCTCTCTC	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3885_**3844deIGAGAGAGAGA
5431 414	CA	C	00	01	01	00	01	00	00	00	01	c.*3805deIT
5431 493	T	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3727A>T
5431 528	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3692T>C
5431 542	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3678G>A
5431 551	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3669C>T
5431 673	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3547C>T
5431 699	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3521T>C
5431 891	C	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3329G>T
5431 948	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3272G>A
5431 962	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3258G>A
5432 037	ATCCAT	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3178_**3182deIATGGA
5432 148	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3072T>C
5432 153	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3067G>A
5432 163	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*3057T>C
5432 221	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*2999A>G
5432 224	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*2996C>T
5432 249	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*2971A>G
5432 414	AAGAGAGAGAG		00	01	2.2	0.2	0.1	2.2	0.0	0.0	0.1	c.*2794_**2805deICTCTCTCTCTCT
5432 668	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*2552C>T
5432 824	CTGAA	C	00	01	01	01	01	01	00	00	01	c.*2392_**2395deITTCA
5432 902	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*2383C>T
5432 906	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*2344A>G
5433 E6	C	T	00	01	00	00	00	00	00	00	01	c.*2094G>A
5433 362	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*1858T>C

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 433 628	GGA	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*1590_#1591deITC
5 433 716	GTAGATCTAATTCTGCCTTTTGAATAAATAAGT	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*1471_#1503deIACITTTATTTTCAAAAAGCAGAAATTAGATCTA
5 433 766	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*1454G>A
5 433 962	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*1258G>A
5 434 154	T	C	00	01	01	01	01	01	00	00	01	c.*1066A>G
5 434 380	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*840A>G
5 434 417	G	A	00	.1	00	00	01	00	00	00	01	c.*803C>T
5 434 594	T	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*626A>T
5 434 650	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*570G>A
5 434 805	G	A	00	.1	00	00	01	00	00	00	01	c.*415C>T
5 434 904	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*316C>T
5 434 961	G	GGACTTTGC	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*258_#259msGCCAAAGTC
5 435 102	T	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*118A>C
5 435 179	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*41C>T
5 435 197	C	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*23G>C
5 435 206	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.*14A>G
5 435 356	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.263T>C
5 435 370	C	T	00	.1	00	00	01	00	00	00	01	c.249G>A
5 435 392	T	C	00	.1	00	00	01	00	00	00	01	c.227A>G
5 435 459	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-63G>A
5 435 471	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-75A>G
5 435 488	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-92G>A
5 435 539	G	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-143C>G
5 435 620	G	C	00	01	01	01	01	.1	01	00	01	c.223-224C>G
5 435 638	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-242G>A
5 435 903	T	C	00	.1	00	01	01	00	00	00	01	c.223-507A>G
5 435 904	C	G	00	.1	00	00	01	00	00	00	01	c.223-508G>C
5 435 942	A	G	00	01	00	01	01	00	00	00	01	c.223-546T>C
5 435 949	G	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-553C>G
5 435 955	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-559G>A
5 436 071	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-675C>T
5 436 182	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-786G>A
5 436 194	T	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-798A>C
5 436 338	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-942G>A
5 436 343	G	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-947C>A
5 436 361	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223-965G>A



POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5-436 431	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1035C>T
5-436 499	T	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1103A>T
5-436 568	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1172G>A
5-436 680	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1284G>A
5-436 684	A	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1288T>A
5-436 706	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1310T>C
5-436 707	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>131C>T
5-436 716	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1320A>G
5-436 717	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1321C>T
5-436 736	C	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1340G>C
5-436 757	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1361A>G
5-436 760	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1364G>A
5-436 769	A	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1373T>A
5-436 771	G	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1375C>A
5-436 772	C	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1376G>T
5-436 777	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1381A>G
5-436 791	A	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1395T>G
5-436 792	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1396C>T
5-436 819	C	G	01	01	00	00	01	00	00	00	01	c.223>1423G>C
5-436 853	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>1448T>C
5-436 874	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>1427T>C
5-436 926	C	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>1375G>T
5-436 977	C	A	00	01	00	01	01	00	00	00	01	c.222>1324G>T
5-436 995	A	AAAT	01	01	00	01	01	01	01	01	01	c.222>1305_222>1306insATT
5-437 022	C	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>1279G>C
5-437 048	A	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>1253T>A
5-437 022	T	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>1179A>T
5-437 542	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>759G>A
5-437 593	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>708C>T
5-437 614	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>687G>A
5-437 651	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>650A>G
5-437 709	C	T	00	01	00	00	01	01	00	00	01	c.222>592G>A
5-437 872	CA	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>428deIT
5-437 995	C	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>306G>T
5-438 019	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>282T>C
5-438 050	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222>215T>C

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5-438 068	T	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222+233A>T
5-438 296	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.222+5A>G
5-438 435	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.158-70C>T
5-438 557	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.158-192G>A
5-438 588	A	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.158-223T>A
5-438 594	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.158-229T>C
5-438 726	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.158-361C>T
5-438 886	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.158-521G>A
5-439 031	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.157+612C>T
5-439 045	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.157+598T>C
5-439 408	CT	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.157+234de1A
5-439 656	C	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.144G>A
5-439 797	AT	A	00	01	01	01	01	01	01	00	01	c.2de1A
5-439 844	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-31C>T
5-439 847	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-34C>T
5-439 923	C	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-106G>C
5-439 996	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-183T>C
5-440 161	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-348A>G
5-440 326	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-513C>T
5-440 329	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-516C>T
5-440 333	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-520A>G
5-440 338	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-525T>C
5-440 427	A	ATGTTTGGTTTG	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-615_-14-614HisCAAACAACAAACA
5-440 435	T	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-622A>C
5-440 439	T	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-626A>C
5-440 609	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-796C>T
5-440 728	A	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-915T>A
5-440 783	T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-970A>G
5-440 871	T	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-1058A>C
5-441 077	TG	T	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-1265de1C
5-441 106	T	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-1293A>T
5-441 170	T	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-1357A>C
5-441 222	G	A	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-1409C>T
5-441 236	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-1423T>C
5-441 280	A	G	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-1467T>C
5-441 311	C/T	C	00	01	00	00	01	00	00	00	01	c.-14-1500_-14-1499de1AA

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5.441.377	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-1564G>A
5.441.422	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-1609T>C
5.441.463	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-1650C>T
5.441.862	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-2049G>A
5.441.982	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-2169G>A
5.442.046	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-2233A>G
5.442.073	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-2260T>C
5.442.112	T	TAA	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-2300_14-2299insTT
5.442.881	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-3038T>C
5.443.052	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-3239A>G
5.443.215	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-3402G>A
5.443.218	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-3405A>G
5.443.317	C	CT	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-3505_14-3504insA
5.443.507	A	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-3694T>A
5.443.575	CG	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-3763deIC
5.443.609	TC	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-3797deIG
5.443.867	C	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-4054G>T
5.443.872	T	TG	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-4060_14-4059insC
5.444.120	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-4307T>C
5.444.173	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-4360C>T
5.444.222	G	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-4409C>A
5.444.274	A	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-4461T>A
5.444.349	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-4536G>A
5.444.911	A	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5098T>G
5.445.006	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5193A>G
5.445.038	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5225A>G
5.445.101	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5288G>A
5.445.245	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5432A>G
5.445.407	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5594G>A
5.445.538	T	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5725A>C
5.445.571	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5758G>A
5.445.782	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5969C>T
5.445.804	C	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-5991G>T
5.445.989	C	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-6176G>C
5.446.036	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-6221T>C
5.446.168	G	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c-14-6355C>A

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5446412	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-6599A>G
5446464	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-6651A>G
5446628	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-6815A>G
5446690	GTTTTGTT	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-6884_14-6878deAACAAAA
5446691	TTTTG	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-6882_14-6879deCAAA
5446781	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-6968T>C
5446795	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-6982C>T
5447010	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7197A>G
5447062	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7249T>C
5447233	A	AGAG	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7421_14-7420insCTC
5447359	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7546C>T
5447381	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7568T>C
5447448	G	GTTTTGTTTTGTTT	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7636_14-7635insAACAAAAACAAAAA
5447458	A	ACTAT	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7646_14-7645insATAG
5447520	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7707T>C
5447599	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7786G>A
5447679	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-7866T>C
5447860	A	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-8047T>A
5447937	TA	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-8125deIT
5447967	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-8154T>C
5448188	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-8375T>C
5448221	G	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-8408C>A
5448463	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-8650G>A
5448724	G	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-891C>A
5449026	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-921BA>G
5449281	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-9468A>G
5449282	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-9469T>C
5449624	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-981C>T
5449737	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-9924T>C
5449824	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-10011T>C
5449902	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-10089C>T
5449926	C	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..14-10113G>T
5450178	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..15+10280T>C
5450251	G	GC	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..15+10206_15+10207insG
5450261	C	CCT	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..15+10196_15+10197insAG
5450334	A	AAAT	00	00	00	00	00	00	00	00	00	c..15+10123_15+10124insATT

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 450 380	G	T	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+10078C>A
5 450 385	G	T	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+10073C>A
5 450 422	G	A	00	/I	00	00	00	00	00	00	/I	c.-IS+10036C>T
5 450 428	GA	G	00	/I	00	00	00	00	00	00	/I	c.-IS+10029deIT
5 450 502	C	T	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9956G>A
5 450 648	T	C	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9810A>G
5 450 652	T	G	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9806A>C
5 450 653	T	C	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9805A>G
5 450 654	T	C	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9804A>G
5 450 694	A	G	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9764T>C
5 450 775	A	ATATATG	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9682_-15+9683insCATATA
5 450 800	ATATATG	A	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9650_-15+9657deICATATA
5 450 941	T	C	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9517A>G
5 450 983	A	G	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9475T>C
5 451 135	AT	A	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9322deIA
5 451 261	G	A	00	0/I	00	00	/I	00	/.	00	/I	c.-IS+9197C>T
5 451 382	G	T	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9076C>A
5 451 444	G	T	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+9014C>A
5 451 618	T	C	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+8840A>G
5 451 620	A	C	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+8838T>G
5 451 677	T	TA	00	00	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+8780_-15+8781insT
5 451 685	T	C	00	00	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+8773A>G
5 451 707	A	G	00	/.	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+8751T>C
5 451 994	A	AAAAAT	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+8463_-15+8464insATTT
5 452 007	T	C	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+8451A>G
5 452 421	G	T	00	/I	00	00	/I	00	00	00	/I	c.-IS+8037C>A
5 452 789	G	T	00	/I	/I	0/I	/I	/I	00	00	/I	c.-IS+7669C>A
5 452 934	AT	A	/.	0/I	0/I	/.	/I	/I	0/I	00	/I	c.-IS+7523deIA
5 452 946	T	TCTAGA	/.	/I	/I	/.	/.	/I	/I	/I	/I	c.-IS+7511_-15+7512insTCTAG
5 453 805	G	A	00	/I	/I	/I	0/I	/I	00	00	/I	c.-IS+6653C>T
5 454 360	T	C	00	/I	/I	/I	0/I	/I	00	00	/I	c.-IS+6098A>G
5 454 442	T	C	00	/.	00	00	00	00	/.	00	/I	c.-IS+6016A>G
5 454 443	G	A	00	/.	00	00	00	00	/.	00	/I	c.-IS+6015C>T
5 454 484	CT	C	00	/.	/I	00	00	/.	/.	00	/I	c.-IS+5973deIA
5 466 156	G	A	00	/I	/I	0/I	/I	/I	00	00	/I	n.5466156G>A
5 466 169	G	GAA	00	/I	/I	0/I	/I	/I	00	00	/I	n.5466169_5466170insAA

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 466 176	A	G	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466176A>G
5 466 310	A	G	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466310A>G
5 466 331	AC	A	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466331deIC
5 466 473	T	G	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466473T>G
5 466 486	A	G	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466486A>G
5 466 589	G	A	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466589G>A
5 466 616	A	T	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466616A>T
5 466 666	G	A	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466666G>A
5 466 670	C	A	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466670C>A
5 466 686	C	G	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466686C>G
5 466 702	C	T	0/0	/1	0/0	0/0	/1	0/0	0/0	0/0	/1	n.5466702C>T
5 466 751	T	TTCTTCTTTC	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466751_5466752ins.TCTTCTTTC
5 466 778	A	T	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466778A>T
5 466 823	A	T	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466823A>T
5 466 921	A	T	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466921A>T
5 466 928	T	G	0/0	/1	0/0	0/0	/1	0/0	0/0	0/0	/1	n.5466928T>G
5 466 963	T	C	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466963T>C
5 466 991	C	A	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466991C>A
5 466 992	C	T	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466992C>T
5 466 996	A	G	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5466996A>G
5 467 002	A	G	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467002A>G
5 467 047	T	C	0/0	/1	/1	0/0	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467047T>C
5 467 050	G	A	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467050G>A
5 467 062	G	T	0/0	/1	0/0	0/0	/1	0/0	0/0	0/0	/1	n.5467062G>T
5 467 106	T	A	0/0	/1	/1	/1	/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467106T>A
5 467 129	A	G	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467129A>G
5 467 157	T	A	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467157T>A
5 467 160	T	C	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467160T>C
5 467 192	TA	T	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467192deIA
5 467 407	A	C	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467407A>C
5 467 423	C	CA	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467423_5467424ins.A
5 467 487	A	G	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467487A>G
5 467 490	C	T	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467490C>T
5 467 505	AAAGAAAC	A	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467506_546751BdeIAAGAAAC
5 467 625	T	C	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467625T>C
5 467 628	A	C	0/0	/1	/1	/1	0/1	/1	0/0	0/0	/1	n.5467628A>C

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 467 753	C	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5467753C>A
5 467 775	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5467775C>T
5 467 794	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5467794G>A
5 467 853	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5467853A>G
5 468 045	CACAGAGAG	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468045_5468053deACAGAGAG
5 468 052	AGAGAGAGC	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468052_5468060deACAGAGAGC
5 468 076	A	AACGC	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468076_5468077insACGC
5 468 165	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468165T>C
5 468 196	C	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468196C>A
5 468 205	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468205G>A
5 468 207	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468207T>C
5 468 259	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468259G>A
5 468 285	C	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468285C>A
5 468 321	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468321G>A
5 468 329	CAG	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468329_5468330_5468331deCAG
5 468 582	AT	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468582deAT
5 468 583	TA	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468583deTA
5 468 649	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468649T>C
5 468 755	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468755G>A
5 468 810	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468810G>A
5 468 965	T	TTGTG	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468965_5468966insTTGTG
5 468 966	TCACTC	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468966_5468971deTCACTC
5 468 994	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5468994G>A
5 469 000	A	G	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469000A>G
5 469 023	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469023C>T
5 469 055	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469055C>T
5 469 088	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469088T>C
5 469 102	A	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469102A>T
5 469 107	A	ATT	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469107_5469108insATT
5 469 115	A	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469115A>T
5 469 175	TC	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469175deTC
5 469 413	C	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469413C>T
5 469 414	AT	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5469414deAT
5 470 520	TG	T	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5470520deTG
5 475 169	T	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5475169T>C
5 475 665	CAGAT	C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n_5475665_5475669deCAGAT

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 475 684	A	ATCTCTC	/I	/I	/I	/I	0/0	/I	/I	/I	/I	n..5475684_5475685msTCTCTC
5 476 126	A	AT	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5476126_5476127insT
5 478 328	ATC	ATCTCTC.A	0/0	/I	0/0	0/1	2/2	0/0	/I	0/0	/I	n..5478329_5478330deTC
5 478 328	ATC	ATCTCTC.A	0/0	/I	0/0	0/1	2/2	0/0	/I	0/0	/I	n..5478330_5478333insTCTTC
5 478 399	C	A	0/0	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	0/0	/I	n..5478399C>A
5 479 120	GC	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5479120deC
5 479 635	GTCTC	G	0/0	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	n..5479635_5479639deTCCTC
5 479 709	AG	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5479700deG
5 479 733	T	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5479733T>A
5 479 739	AG	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5479740deG
5 479 788	G	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5479788G>A
5 479 789	T	TA	/I	2/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5479789_5479790msA
5 479 793	GT	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5479794deTT
5 479 803	T	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5479803T>A
5 481 407	T	TA	0/0	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	n..5481407_5481408insA
5 484 003	G	T	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	n..5484003G>T
5 485 441	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5485441T>C
5 485 517	CA	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5485518deIA
5 488 359	CT	CTT.C	0/0	/I	0/0	0/0	2/2	0/0	2/2	0/0	/I	n..5488360deTT
5 488 359	CT	CTT.C	0/0	/I	0/0	0/0	2/2	0/0	2/2	0/0	/I	n..5488360_5488363msT
5 492 184	T	C	0/0	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	n..5492184T>C
5 492 409	A	G	0/0	/I	/I	/I	/I	/I	/I	0/0	/I	n..5492409A>G
5 493 685	A	ATT	0/0	/I	/I	/I	/I	/I	/I	0/0	/I	n..5493685_5493686msTT
5 497 626	G	GA	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5497626_5497627msA
5 497 637	TC	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5497638deIC
5 501 962	T	TAA	0/0	/I	/I	0/0	0/0	/I	/I	0/0	/I	n..5501962_5501963insAA
5 502 087	G	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5502087G>A
5 502 241	AC	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5502242deC
5 502 261	AT	A	/I	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	/I	/I	n..5502262deTT
5 502 263	T	A	/I	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	/I	/I	n..5502263T>A
5 502 300	C	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5502300C>A
5 503 631	C	T	0/1	/I	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	/I	/I	n..5503631C>T
5 504 058	T	TAAA	0/0	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	n..5504058_5504059msAAA
5 504 116	TG	T	0/0	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	n..5504117deIG
5 505 045	CA	C	0/1	/I	0/0	0/0	/I	/I	/I	0/0	/I	n..5505046deIA
5 505 057	A	T	0/0	0/1	0/0	0/0	/I	0/0	/I	0/0	/I	n..5505057A>T



POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 508 800	A	T	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5508800A>T
5 508 879	AAGTG	A	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5508880_5508883deIAGTG
5 508 880	AGTG	A	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..550888L_5508883deIGTG
5 508 881	GT	G	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5508882deIT
5 508 886	AGC	A	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5508887_5508888deIGC
5 508 900	GT	G	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..550890IdeIT
5 510 409	G	A	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n..5510409G>A
5 510 980	CG	C	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..551098IdeIG
5 510 987	CG	C	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5510988deIG
5 511 282	A	AG	00	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5511282_5511283msG
5 513 823	A	AT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5513823_5513824msT
5 513 835	G	GT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5513835_5513836msT
5 513 842	C	CCA	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5513842_5513843msCA
5 513 847	A	AT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5513847_5513848msT
5 514 087	T	TA	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5514087_5514088msA
5 514 098	A	AT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5514098_5514099msT
5 514 118	T	TA	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5514118_5514119msA
5 514 134	G	T	00	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5514134G>T
5 514 143	C	T	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5514143C>T
5 517 026	A	AT	00	00	00	00	00	00	00	00	00	n..5517026_5517027msT
5 523 624	T	G	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523624T>G
5 523 627	G	A	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523627G>A
5 523 630	T	A	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523630T>A
5 523 633	C	A	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523633C>A
5 523 648	C	A	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523648C>A
5 523 650	C	T	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523650C>T
5 523 721	G	C	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523721G>C
5 523 733	CCG	C	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523733_5523734deIGC
5 523 736	T	A,G	/	/	/	/	22	/	/	/	/	n..5523736T>A
5 523 736	T	A,G	/	/	/	/	22	/	/	/	/	n..5523736T>G
5 523 760	C	T	0A	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523760C>T
5 523 799	A	G	0A	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5523799A>G
5 527 488	T	TG	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5527488_5527489msG
5 527 531	T	TG	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5527531_5527532msG
5 528 210	GC	G	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n..5528210deIC
5 531 372	CA	C	/	/	/	/	00	/	/	/	/	n..5531372deIA

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 532 557	C	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5532557C>T
5 532 878	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5532878T>C
5 534 277	AT	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5534277AT>A
5 534 285	TTA	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5534285TTA>T
5 535 686	A	AC	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5535686A>AC
5 535 696	C	CG	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5535696C>CG
5 535 711	A	AG	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5535711A>AG
5 537 564	C	CT	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5537564C>CT
5 540 062	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5540062T>C
5 554 952	G	GTC	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.554952G>GTC
5 557 123	C	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.557123C>A
5 557 579	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.557579T>C
5 560 221	CTT	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5560221CTT>C
5 564 227	ATT	ATA	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5564227ATT>ATA
5 564 227	ATT	ATA	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5564227ATT>ATA
5 577 152	CAGAG	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5577152CAGAG>C
5 578 524	C	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5578524C>T
5 581 783	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5581783T>C
5 581 913	A	ATAGG	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5581913A>ATAGG
5 583 299	T	TTCC	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5583299T>TTCC
5 583 305	ACC	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5583305ACC>A
5 583 738	TA	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5583738TA>T
5 583 954	C	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5583954C>T
5 583 963	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5583963T>C
5 585 463	TGAAA	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5585463TGAAA>T
5 585 538	A	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5585538A>G
5 586 115	C	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5586115C>G
5 587 294	A	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5587294A>G
5 589 455	CT	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5589455CT>C
5 589 528	C	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5589528C>A
5 590 276	TAA	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5590276TAA>T
5 590 974	C	CTT	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5590974C>CTT
5 593 638	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5593638T>C
5 598 036	C	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5598036C>T
5 600 871	AC	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5600871AC>A
5 602 007	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n.5602007T>C

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 603 098	C	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5603098C>A
5 603 102	TGAAGAAAAAAG	T	00	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5603103_5603114deIAGAAAGAAAAAAG
5 604 083	ACT	ACTCT>A	00	/I	2/2	0/2	2/2	2/2	2/2	0/0	/I	n..5604084_5604085deICT
5 604 083	ACT	ACTCT>A	00	/I	2/2	0/2	2/2	2/2	2/2	0/0	/I	n..5604085_5604086msCT
5 605 652	AAGAGAGAAAG	A	00	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	0/0	/I	n..5605653_5605662deIAGAGAGAAAG
5 606 564	T	C	00	/I	/I	0/0	0/0	/I	0/0	0/0	/I	n..5606564T>C
5 606 569	T	C	00	/I	/I	0/0	0/0	/I	0/0	/I	/I	n..5606569T>C
5 608 087	ACTGT	A	00	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	n..5608088_5608091deICTGT
5 608 759	TAAA	TAA>T	00	/I	2/2	0/2	2/2	2/2	2/2	0/1	/I	n..5608760_5608762deIAAA
5 608 759	TAAA	TAA>T	00	/I	2/2	0/2	2/2	2/2	2/2	0/1	/I	n..5608762deIA
5 612 369	T>A	TAA>T	0/1	/I	0/1	0/2	2/2	/I	/I	0/0	/I	n..5612370deIA
5 612 369	T>A	TAA>T	0/1	/I	0/1	0/2	2/2	/I	/I	0/0	/I	n..5612370_5612377hnsA
5 613 425	ATTTTTT	AT>A>ATTTTT	/I	/I	2/2	2/3	2/2	0/2	3/3	0/3	/I	n..5613426_5613432deITTTTTT
5 613 425	ATTTTTT	AT>A>ATTTTT	/I	/I	2/2	2/3	2/2	0/2	3/3	0/3	/I	n..5613427_5613432deITTTTTT
5 613 425	ATTTTTT	AT>A>ATTTTT	/I	/I	2/2	2/3	2/2	0/2	3/3	0/3	/I	n..5613431_5613432deITTT
5 614 825	G	A	0/1	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	0/0	/I	n..5614825G>A
5 615 689	T	G	0/1	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	n..5615689T>G
5 616 003	T	C	0/1	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	n..5616003T>C
5 616 334	CAATAAAT>AAATAAATAAATA	CAATAAAT>AAATAAATA>A>C	0/1	/I	2/2	0/1	/I	2/2	/I	0/0	/I	n..5616335_5616355deIAAATAAATAAATAAATAAATA
5 616 334	CAATAAAT>AAATAAATAAATA	CAATAAAT>AAATAAATA>A>C	0/1	/I	2/2	0/1	/I	2/2	/I	0/0	/I	n..5616352_5616355deIAAATA
5 616 365	AAGAGAGAGAGAGAG	AAGAGAGAGAGAGAG>A	0/1	0/1	2/2	0/2	2/2	2/2	/I	0/0	/I	n..5616366_5616377deIAGAGAGAGAGAGAG
5 616 365	AAGAGAGAGAGAGAG	AAGAGAGAGAGAGAG>A	0/1	0/1	2/2	0/2	2/2	2/2	/I	0/0	/I	n..5616377_5616378hnsAGAG
5 616 508	A	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5616508A>T
5 616 527	C	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5616527C>T
5 618 618	CT	C	0/1	/I	0/0	0/0	/I	0/0	/I	0/0	/I	n..5618619deIT
5 619 842	G	A	0/1	/I	0/0	0/0	0/0	0/0	/I	0/0	/I	n..5619842G>A
5 620 265	A	G	0/1	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	0/0	/I	n..5620265A>G
5 620 849	T	TG	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	n..5620849_5620850hnsG
5 628 110	A	T	/I	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	/I	/I	e..-3761A>T
5 628 110	A	T	/I	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	/I	/I	n..5628110A>T
5 628 112	A	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	e..-3759A>C
5 628 134	C	T	/I	/I	/I	0/1	0/0	0/0	/I	/I	/I	e..-3737C>T
5 628 137	C	T	/I	/I	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	/I	e..-3734C>T
5 628 143	TTATA	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	e..-3727_3724deITATA
5 628 443	A	G	0/1	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	0/0	/I	e..-3428A>G
5 628 718	C	CTTCT	0/1	/I	/I	0/1	/I	/I	/I	0/0	/I	e..-3153_3152hnsTTCT

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 630 040	T	C	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	1/1	0/0	1/1	c.-183TT>C
5 630 373	A	C	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-498A>C
5 630 378	A	T	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-493A>T
5 630 400	A	T	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-471A>T
5 630 405	A	G	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-466A>G
5 630 407	A	C	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-464A>C
5 630 413	G	C	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-458G>C
5 630 420	G	C	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-451G>C
5 631 127	C	G	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	1/1	0/0	1/1	c.-744C>G
5 631 134	C	CG	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-737_-736insG
5 631 148	A	G	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	1/1	0/0	1/1	c.-723A>G
5 631 160	C	CG	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-71L_-70insG
5 631 167	G	GGA	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-704_-703insGA
5 631 169	CA	C	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-701delA
5 631 178	T	TC	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-693_-692insC
5 631 186	C	CCG	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-685_-684insCG
5 631 188	G	C	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-683G>C
5 631 207	T	TC	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-664_-663insC
5 631 213	A	G	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-688A>G
5 631 222	T	TTG	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-649_-648insTG
5 631 233	T	C	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-638T>C
5 631 281	T	TC	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-589dupC
5 631 292	CG	C	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-577delG
5 631 329	A	AC	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-541dupC
5 631 338	T	C	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-533T>C
5 631 344	G	C	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-527G>C
5 631 363	T	TC	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-505dupC
5 631 368	C	A	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-503C>A
5 631 385	C	T	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/0	0/0	1/1	c.-486C>T
5 631 391	AC	A	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-476delC
5 631 405	AG	A	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-463delG
5 631 413	GC	G	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-453delC
5 631 451	T	C	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-420T>C
5 631 485	A	G	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-386A>G
5 631 515	C	CT	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-355dupT
5 631 602	TC	T	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	c.-265delC

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 631 900	A	G	/.	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+15A>G
5 632 032	G	GACTC	/.	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+147_15+148insACTC
5 632 099	T	TC	/.	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+214_15+215insC
5 632 377	G	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+492G>A
5 632 593	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+708T>C
5 632 840	GA	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+956delA
5 633 107	A	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+1222A>G
5 633 119	AGGTAGACGGTCTTGCTTGGAGATCCT	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+1235_15+1266delGGTAGACGGTCTTGCTTGGAGATCCT
5 633 214	A	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+1329A>G
5 633 440	GCAAAAAAAAA	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+1556_15+1565delCAAAAAAAAA
5 633 441	CAA	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+1557_15+1558delAAA
5 633 445	AAAAAAAAAAAAAAAAAACAAC	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+1561_15+1578delAAAAAAAAAAAAAAAAAACAAC
5 633 474	AAAAAAAAAC	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+1590_15+1597delAAAAAAAAAC
5 633 545	C	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+1660C>A
5 633 601	C	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+1716C>T
5 634 046	A	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+2161A>G
5 634 072	C	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+2187C>T
5 634 212	GA	G	/.	/I	/I	/I	/I	/I	/.	/I	/I	c.15+2328delA
5 634 221	G	A	/.	/I	/I	/I	/I	/I	/.	/I	/I	c.15+2336G>A
5 634 429	CT	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/.	/I	/I	c.15+2545delTT
5 634 489	GC	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/.	/I	/I	c.15+2605delC
5 634 519	C	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/.	/I	/I	c.15+2634C>G
5 634 523	GC	G	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/.	/I	/I	c.15+2639delC
5 634 974	G	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+3089G>A
5 635 070	TA	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+3186delA
5 635 081	A	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.15+3196A>T
5 635 387	G	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+2963G>C
5 635 424	C	T	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+2926C>T
5 635 488	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+2862T>C
5 635 608	G	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+2742G>A
5 635 668	T	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+2682T>A
5 635 709	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+2641T>C
5 636 370	T	TG	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+1980_16+1979insG
5 636 374	T	TG	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+1976_16+1975insG
5 636 441	G	A	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+1909G>A
5 636 543	T	C	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	/I	c.16+1807T>C

POS	REF	ALT	RAB 001	RAB 004	RAB 006	RAB 008	RAB 014	RAB 017	RAB 018	RAB 020	RAB 025	CODON
5 636 618	A	G	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-1732A>G
5 637 150	G	C	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-E200G>C
5 637 178	C	T	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	c.16-1172C>T
5 637 182	A	T	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	c.16-1168A>T
5 637 351	AG	A	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-9984e1G
5 637 353	G	T	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-997G>T
5 637 505	T	TG	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-845_16-844insG
5 637 588	G	A	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-762G>A
5 637 595	A	G	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-755A>G
5 637 790	C	T	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1	c.16-560C>T
5 637 806	A	G	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-544A>G
5 637 811	C	G	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-539C>G
5 638 093	A	G	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-257A>G
5 638 172	T	C	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-178T>C
5 638 188	A	G	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-162A>G
5 638 223	C	T	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-127C>T
5 638 233	T	C	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-117T>C
5 638 321	G	C	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	c.16-299C>C
5 639 063	ACCACAGTGTCCGGCGCCGAAGGTGGAGGATTAG	A	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.193+557_193+5704e1KCCAGTGTCCGGCGCCGAAGGTGGAGGATTAG
5 639 111	GGC	G	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.193+585_193+586del16C
5 639 160	G	A	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.193+633G>A
5 639 239	T	G	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1	c.193+712T>G
5 639 609	A	G	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1	c.193+1082A>G
5 639 625	C	T	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	c.193+1098C>T
5 639 904	G	A	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1	c.194-885G>A
5 639 928	C	T	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	c.194-861C>T
5 639 934	G	A	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	c.194-855G>A

567 Kandidatengenvarianten, welche für die *black and tan* Variante ursächlich sein könnten. Die Spalten mit den *black and tan* farbenen Kaninchen sind hellblau markiert. (Bei RAB004 ist der Phänotyp nicht dokumentiert; anhand der *AS1P* Haplotypen habe ich angenommen, dass dieses Tier lohfarben ist.) Diejenigen Spalten mit dem schwarzwildfarbenen oder black nonagouti Phänotyp sind braunrötlich. Die Varianten, welche mit besonderer Wahrscheinlichkeit als ursächlich für *black and tan* in Frage kommen, sind in dieser Tabelle hellgrün gefärbt. Dort sind nur die *black and tan* farbenen Kaninchen RAB004 und Tan (RAB025) homozygot für das abgeleitete Allel, die nicht lohfarbenen Kaninchen dürfen an den gleichen Stellen nicht 1/1 aufweisen. In Bereichen, in denen RAB004, Tan (RAB025) und RAB014, ein schwarzwildfarbenedes Bartkaninchen, identische Haplotypen haben, sind Zeilen gelb markiert. Dieser Bereich ist am Anfang meines Intervalls und reicht vom Basenpaar 5'430'144 bis 5'468'810. Die Tabelle enthält nur die kleinsten Sequenzvarianten. Die strukturellen Sequenzvarianten sind nicht enthalten.