

Über die Genetik der eigen-tümlichen Mosaikzeichnung, wie wir sie bei Japaner- und Rhönka-ninchen sehen, wurde und wird viel geschrieben und spekuliert. Diese interessante Färbung und ihr Erbgang, der nicht wirklich geklärt zu sein scheint, fasziniert mich schon lange.

Normalerweise wird der Mosaikfaktor als ein Gen ( $b^j$ ) der Gelb-Reihe beschrieben, welches rezessiv gegenüber dem Grundfaktor ( $B$ ) und dominant gegenüber dem Gen für Gelb ( $b$ ) ist.

Doch immer wieder hörte oder las ich von wild- oder lohfarbigen Tieren, die eine eindeutige Mosaikzeichnung zeigten (siehe Foto und Literatur). Diese Geisterzeichnung bei wild- und lohfarbigen B-Tieren – ich nenne diese im folgenden japanerwild- bzw. japanerlohfarbig – passt nicht zu dem genannten Erbgang. Ein komplett rezessiver Faktor ( $b^j$ ), der in einem spalterbigem Tier zusammen mit einem dominanteren Faktor ( $B$ ) vorhanden ist, ist normalerweise nicht zu erkennen. Ein schwarzes Kaninchen sieht schwarz aus, egal ob es spalterbig für blau ist oder nicht. Ebenso sollte sich der Mosaikfaktor verhalten. Wildfarbige Tiere sollten einfach nur wildfarbig aussehen, auch wenn sie den Mosaikfaktor spalterbig tragen ( $Bb^j$ ). Das tut aber zumindest ein Teil von ihnen nicht. Diese dunklen Flecken der Japanerwild-, welche häufig als eisengrau beschrieben werden, sind nicht immer bei allen Tieren eines Kreuzungswurfes zu finden (siehe z.B. Majaura, Das Japanerkaninchen).

### Theorie ...

Angesichts dessen erscheint Dr. G. Hochstrassers Theorie „Das selbständige dominante Farbfelderteilungsgen J“ (2001) recht einleuchtend.

Nach dieser Theorie wird die Mosaikzeichnung nicht von einem Allel der Gelb-Reihe  $B$  verursacht, sondern durch die Mutation eines anderen, außerhalb der Grundfarbformel stehendes Genes, welches bei Japanern zusätzlich zum Gelbfaktor  $b$  vorliegt. Diesen dominant wirkenden Faktor kennzeichnet Hochstrasser mit  $J$  (Mosaikfaktor), das normale Allel mit  $j$  (kein Mosaik). Schwarze Japaner hätten somit die Erbformel  $AbCD?J$ . Alle Nichtjapaner/-rhön bekämen ein zusätzliches  $j$  in ihre Erbformel. (Die Frage, ob sie den Faktor  $G$  für wildfarbig oder  $g$  für einfarbig haben können, sollen oder müssen, möchte ich an die-

# Die Vererbung der Japanerzeichnung

## Dominant oder rezessiv? Teil der Gelb-Reihe oder nicht?

ser Stelle unberücksichtigt lassen.)

Wenn ich im folgenden von Mosaikzeichnung oder -faktor spreche meine ich damit nicht dieses hypothetische Mosaik-Gen, sondern verwende diesen Begriff als Synonym für Japaner, da Mosaik das Aussehen besser beschreibt als der Rassenname Japaner. (Die von Hochstrassers vorgeschlagenen Namen für verschiedene Gene/Allele halte ich für unpraktikable, sie sind einfach zu lang.)

### ... und Praxis

Die Diskussion um den Mosaikfaktor wurde vor fast 20 Jahren begonnen. Trotzdem konnte ich keine Berichte über Testverpaarungen zur Überprüfung der J-Theorie finden.

Wenn die Mosaikzeichnung nicht an die Gelb-Reihe gekoppelt ist und Japaner gelb ( $bb$ ) mit zusätzlichem Mosaikfaktor  $J$  sind, müsste sich das relativ einfach nachweisen lassen. Die Paarung von Japaner x Gelb ist dafür allerdings nicht geeignet, da in beiden Fällen nur gelber und japanerfarbiger Nachwuchs zu erwarten wäre. Stattdessen benötigt man die Ergebnisse aus Paarungen von Japanerfarbigen mit nicht-gelben ( $B$ ) Tieren. Ideal sind solche, die weiße oder gelbe Bereiche aufweisen, denn nur dort tritt der spalterbige Japanerfaktor in Erscheinung. Wild-, loh-, chinchilla- oder weißgrannenfarbige Tiere wären gute Testkandidaten. Interessant ist besonders die  $F_2$  aus der Geschwisterverpaarung der  $F_1$ .

### Japaner = $bb + J$ ...

Die 16 möglichen Gen-Kombinationen einer  $F_2$  aus Japaner x wildfarbig hätten bei Vorliegen eines eigenständigen Mosaikfaktors  $J$  folgende Farben:

9 x japanerwildfbg. ( $BjJ$ )

3 x wildfarbig ( $Bjj$ )

3 x japanerfarbig ( $bbJ$ )

1 x gelb ( $bbjj$ )

Wichtig: ungefähr 1/16 der Nachzucht wird gelb sein.

Es wäre generell möglich,  $BBJJ$ -Tiere zu ziehen, die keinerlei gelben Nachwuchs mehr bringen. In der japanerwild- oder lohfarbigen Variante würde die Mosaikzeichnung nur im Bereich der Zwischen- und Bauchfarbe bzw. der Lohzeichnung auftreten. Einfarbige  $BBggJJ$  Tiere dagegen



Rexkaninchen japanerwildfarbig mit klar erkennbaren Farbfeldern

Foto: Gottschalk

wären von solchen mit  $jj$  optisch nicht zu unterscheiden. Paarte man diese optisch schwarzen Tiere mit gelben, müssten sie 100% Japanerfarbige bringen.

### ... oder Japaner = $bb^j$ ?

Liegt der Mosaikfaktor dagegen, wie bisher angenommen, innerhalb der Gelb-Reihe, wären folgende Farben zu erwarten:

1 x wildfarbig ( $BB$ )

2 x japanerwildfarbig ( $Bb^j$ )

1 x japanerfarbig ( $b^jb^j$ )

0 x gelb ( $bb$ )

Wichtig: es gibt keinen gelben Nachwuchs.

In den verschiedenen Artikeln über Japaner und andere Rassen mit Mosaikfaktor wird zwar des öfteren eine japanerwildfarbige  $F_1$  erwähnt, aber leider gar keine oder nur teilweise Auskunft über eine potenzielle  $F_2$  gegeben. Von den Herauszüchtern japaner-

/rhönfarbiger Rassen war zum Großteil keine weitergehende Auskunft zu erhalten, da einerseits die Aufmerksamkeit auf den gewünschten Farbkombinationen und nicht auf den Fehlverhalten lag und andererseits gemachte Aufzeichnungen zum Teil nicht mehr vorhanden waren.

Da in aktuellen Veröffentlichungen keine weiteren Informationen zu finden waren und ich nicht den Platz für umfangreiche Versuchsreihen habe, zog ich ältere wissenschaftliche Arbeiten aus der Hochzeit der Farbgenetik-Forschung (ab ca. 1905) zu Rate.

### Interessante Funde

An der Einordnung des Mosaikfaktors in die Gelb-Reihe waren die beiden englischsprachigen Autoren Castle und Punnet maßgeblich beteiligt. Sollten gleich 2

	$BJ$	$Bj$	$bJ$	$bj$		$B$	$B^j$
$BJ$	$BBJJ$	$BBjJ$	$BbJJ$	$BbjJ$	$B$	$BB$	$BB^j$
$Bj$	$BBjJ$	$BBjj$	$BbjJ$	$Bbjj$	$bj$	$Bb^j$	$b^jb^j$
$bJ$	$BbJJ$	$BbjJ$	$bbJJ$	$bbjJ$			
$bj$	$BbjJ$	$Bbjj$	$bbjJ$	$bbjj$			

Vererbungsquadrate  
links:  $bb + J$ , rechts:  $b^j$

Wissenschaftler den Mosaikfaktor unberechtigtweise in die Gelb-Reihe eingeordnet haben? Solch ein gravierender Fehler erscheint mir unwahrscheinlich. Bemerkenswert ist zudem, dass Punnett bereits 1924 und Schultz 1925 (Modifikationen und Mutationen der Kaninchenfärbung) vom Auftreten japanerwild- bzw. -lohfarbiger Tiere berichteten. Diese Erscheinung ist also gar nicht so neu – auch wenn wir heute nichts mehr davon wissen – sondern wurde bereits vor 80 Jahren beobachtet und bei der Aufstellung der Allel-Reihen entsprechend berücksichtigt.

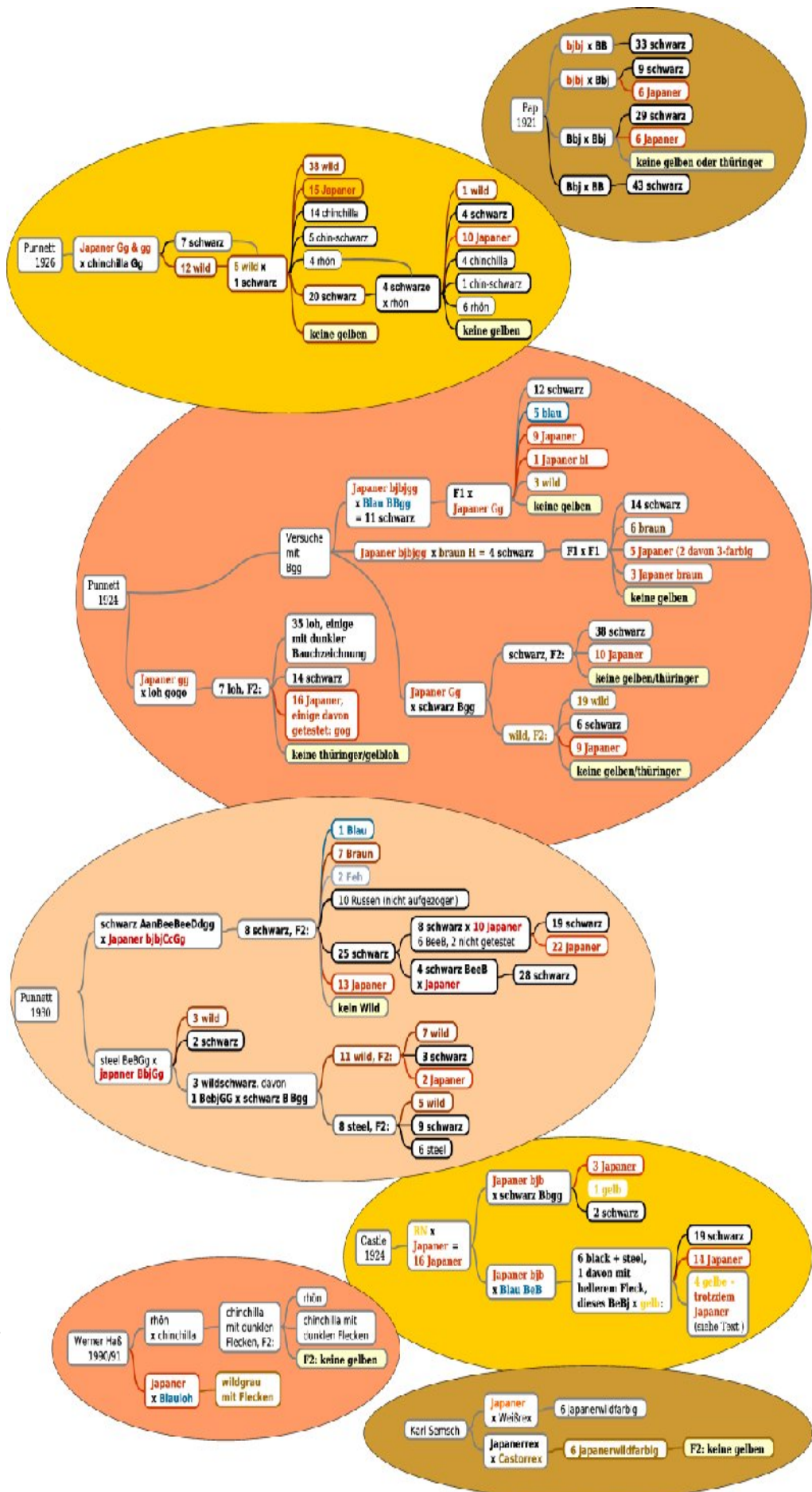
Robinson schreibt 1958 in seinem sehr umfangreichen, zusammenfassenden Werk über Kaninchengenetik „Genetic studies of the rabbit“, dass  $Ee^1$  (nach europäischer Symbolik  $Bb^1$ ) wildfarbig mit Flecken dunkel gefärbten Fells sei. Dies zeige, dass das schwarze Muster unvollständig rezessiv sei.

Leider wird dieser Umstand in späteren Zusammenfassungen nicht mehr erwähnt, weshalb er bei den Züchtern in Vergessenheit geraten ist. In wissenschaftlicher Literatur dagegen kann man auch heute noch lesen, dass die bei manchen Säugetieren auftretende Japanerfleckung das Ergebnis von teilweise rezessiven Allelen der Gelb-Reihe, wie  $e''$  bei Meerschweinchen oder  $e'$  (=  $b^i$ ) bei Kaninchen, ist. (Robbins u. a., 1993)

### Versuche ...

In den verschiedenen Arbeiten fanden sich die Aufzeichnungen einer Reihe von Versuchen:

- $Bb^1$  Tiere untereinander gepaart (Pap, Über Vererbung von Farbe und Zeichnung bei dem Kaninchen, 1921)
- Japaner x schwarz, blau, braun, schwarzloh, gelb und thüringer (Punnett, On the "Japanese" rabbit, 1924)
- Japaner mal Neuseeländer (Castle, Genetics of the Japanese rabbit, 1924)
- Japaner x Chinchilla (Punnett, Note on a chinchilla-Japanese cross in rabbits, 1926)
- Japaner x eisengrau und doppeleisengrau (Punnett, On the series of allelomorphs connected with the production of black pigment in rabbits, 1930).



Die Versuchsreihen und ihre Ergebnisse im Überblick.

**... Erwartungen ...**

Nun kann man die in den Vererbungsquadraten dargestellten statistisch zu erwartenden Ergebnisse mit denen der bereits erfolgten Versuche vergleichen. Da auch Paarungen mit einfarbigen gg-Tieren enthalten sind, bei denen die Mosaikzeichnung nicht zu erkennen ist, müssen die Gruppen BJ? und Bjj bzw. BB und Bb<sup>j</sup> zusammengefasst werden. Die Mosaikzeichnung wird deshalb bei diesen nicht-gelben nicht gesondert aufgelistet.

Bei „Japaner = bb + J“ macht das bei 16 F<sub>2</sub>-Nachkommen:

- 12 x nichtgelb (BJ? o. Bjj )
- 3 x japanerfarbig (bbJ?)
- 1 x gelb oder thüringerfarbig (bbjj)

Bei „Japaner = b<sup>j</sup>b<sup>j</sup>“ macht das bei 4 F<sub>2</sub>-Nachkommen:

- 3 x nichtgelb (B?)
- 1 x japanerfarbig (b<sup>j</sup>b)

**... und Ergebnisse**

Alle F<sub>2</sub>-Paarungen von Japanern mit nichtgelben BB-Tieren zusammengefasst führen zu folgendem Ergebnis:

- 293 x nichtgelb (B)
- 122 x japanerfarbig (b<sup>j</sup>b<sup>j</sup>)
- 0 x thüringer/gelb (bb)

Diese Zahlen sprechen eine klare Sprache. Fast 300 Nichtjapaner:reichlich 100 Japanern und kein einziges Tier mit einer gelbbasierten Farbe entsprechen recht gut dem erwarteten Verhältnis von 3:1. Daran lässt sich eindeutig erkennen, dass der Mosaikfaktor nach wie vor in der Gelb-Reihe einzuordnen ist. (Das gleiche gilt übrigens auch für die Eisengraufaktoren, die aus diesem Grund nicht Teil einer Eumelaninkontrollreihe sein können.) Im gegenteiligen Fall hätten in der F<sub>2</sub> statistisch gesehen ca. 25 gelbbasierte (bb) Tiere vorhanden sein müssen. Für das zufällige Fehlen von gelben Tieren scheint mir die Anzahl der F<sub>2</sub>-Tiere zu groß.



- austauschen und nachlesen -  
**www.Kaninchenwissen.de**

**Aber wieso ...**

... können dann in der F<sub>1</sub> aus Japaner x Nichtjapaner wildfarbige Tiere ohne Mosaikzeichnung auftreten? Das lässt sich leicht erklären. Zum einen kann es schwierig sein, die Mosaikzeichnung aus eisengrauen Haaren im wildfarbigen Fell zu erkennen, vor allem wenn sie nicht in großen Feldern auftritt, sondern nur aus kleinen geblühten Flecken besteht. Zum anderen berichte bereits Castle (Genetics of the Japanese rabbit, 1924) von augenscheinlich gelben Tieren, an denen bei gründlicher Untersuchung nur wenige schwarze Haare gefunden wurden. In einem Fall fand sich gar keines – doch auch dieses Tier erwies sich bei Anpaarung an ein gelbes Tier als spalterbig im Mosaikfaktor (b<sup>j</sup>b).

**Schreibweise der Gensymbole**

Bei dem Wirrwarr um den Japanerfaktor fällt die unterschiedliche Großschreibung der hochgestellten Buchstaben auf. Castle bezeichnete den Japanerfaktor, nachdem er seine Zugehörigkeit zur Gelb-Reihe festgestellt hatte, mit e<sup>j</sup>, also mit einem großen J (in der internationaler Symbolik trägt die Gelb-Reihe das Symbol E für extension = Ausbreitung des dunklen Pigments). Nach de Haan (Die Symbolisierung der Gene II, 1933) bezeichnete Cast-

le das Japaner-Allel 1925 vorübergehend mit e<sup>j</sup>, danach wieder mit e<sup>1</sup>. Nachtsheim nannte dasselbe Gen b<sub>j</sub>.

Robinson übernahm 1958 die Schreibweise e<sup>j</sup>, während er die hochgestellten Buchstaben in anderen Allel-Reihen klein schrieb. In der deutschsprachigen Literatur setzte sich im Folgenden die Kleinschreibung durch, während in der englischsprachigen gemischte Verhältnisse zu herrschen scheinen: Lukefahr und Robinson, 1988: e<sup>j</sup>; Fox (Manning u. a., 1994): e<sup>j</sup>; unter Züchtern ist die Kleinschreibung gebräuchlich.

Ein ähnliches Durcheinander herrscht bei den dominantesten Faktoren dieser Reihe, dem Doppeleisengrau und dem Eisengrau. Lediglich der Doppeleisengraufaktor E<sup>D</sup> wird heute manchmal groß geschrieben, während ursprünglich sowohl E<sup>D</sup> als auch E<sup>S</sup> mit Großbuchstaben bezeichnet wurden. Nachtsheim verwendete für alle Allele Kleinbuchstaben (B<sup>ee</sup>, B<sup>e</sup>).

Warum so einen Aufstand um die Schreibweise machen, fragen Sie sich nun vielleicht. Doch die Bezeichnung eines Allels ist keine Geschmackssache, sondern sagt etwas über sein Dominanzverhalten aus. Deshalb wurden die Faktoren (Doppel-)Eisengrau und Japaner, welche ja über die Wildfarbe dominieren, ursprünglich mit großen hochgestellten Buchstaben gekennzeichnet: Ich denke, dass der Verlust der Großschreibung nicht ganz unschuldig am Verlust der Informationen über das teildominante Verhalten des Mosaikfaktors war. Deshalb werde ich, Robinson folgend, von hier ab das hochgestellte J wie auch das hochgestellte E der Eisengraufaktoren generell groß schreiben.

**Dominanz in der Gelb-Reihe**

Nachdem die Position des Japanerfaktors in der Gelb-Reihe geklärt ist, bleibt die Frage nach seinem seltsamen Verhalten. Wie kann ein Faktor mal dominant (zu gelb), mal teildominant (zu wild) und

mal rezessiv (zu schwarz) sein? Schauen wir uns dazu einmal die komplette Gelb-Reihe an. Bei Robinson (Genetic studies of the rabbit, 1958) fand ich eine tabellarische Zusammenfassung aller ihrer Kombinationen in Verbindung mit Wildfarbigkeit (hier „übersetzt“ in die uns bekannte, europäische Symbolik):

B <sup>EE</sup> B <sup>EE</sup>	= schwarz
B <sup>EE</sup> B <sup>E</sup>	= schwarz
B <sup>EE</sup> B	= wild-schwarz
B <sup>EE</sup> b <sup>j</sup>	= schwarz
B <sup>E</sup> b	= schwarz
B <sup>F</sup> B <sup>E</sup>	= wild-schwarz
B <sup>F</sup> B	= eisengrau
B <sup>F</sup> b <sup>j</sup>	= wild-schwarz
B <sup>F</sup> b	= wild-schwarz
BB	= wildfarbig
Bb <sup>j</sup>	= Mosaik wild-/eisengrau
Bb	= wildfarbig
b <sup>j</sup> b <sup>j</sup>	= japanerfarbig
b <sup>j</sup> b	= japanerfarbig
bb	= gelb

Wie wir sehen, ergeben Genkombinationen mit Doppeleisengrau (bei keiner Rasse verlangt, aber bei einigen vorhanden) und Eisengrau fast immer Schwarz oder Schwarz mit wenigen wildfarbigen Haaren (= wild-schwarz). Die einzige andersfarbige Kombination ist B<sup>F</sup>B, welche zusammen mit dem Wildfaktor G Eisengrau ergibt. Kombiniert mit dem Lohfaktor g<sup>o</sup> erhalten wir Lohfarbig mit eisengrauen Lohabzeichen.

Die beiden Eisengraufaktoren entsprechen einem (teil-)dominanten Schwarz, welches auch bei anderen Tierarten auftritt. Dabei ist Schwarz im Sinne von dunklem Pigment (Eumelanin) gemeint, welches natürlich auch blau, braun oder fehlfarbig sein kann. (Doppel-)Eisengrau ist nicht nur dominant innerhalb der Gelb-Reihe, sondern auch epistatisch über die Wildfarbigkeit (G). Das heißt, die Wirkung von G wird durch B<sup>EE</sup>/B<sup>E</sup> ganz oder teilweise unterdrückt.

Die Aussage, dass der Japanerfaktor sich verhält wie eine Kombination von gelb und Eisengrau, stimmt mit diesen Informationen völlig überein. Für die dunklen Felder der Japanerfarbigen ergibt sich bei Rein- und Spalterbigkeit:

- b<sup>j</sup>b<sup>j</sup> = schwarz (wie bei B<sup>F</sup>B<sup>E</sup>)
- b<sup>j</sup>b = schwarz (wie bei B<sup>E</sup>b)
- Bb<sup>j</sup> = eisengrau (wie bei B<sup>F</sup>B)

Das heißt, wenn ein schwarzer Japaner spalterbig auf Gelb (b<sup>b</sup>) ist, verhalten sich die dunklen Felder wie B<sup>F</sup>b = schwarz, die hellen Felder wie bb = gelb. Ist dagegen ein schwarz-wildfarbiges Tier spalterbig auf Japaner, verhalten sich die dunklen Felder wie B<sup>F</sup>B = eisengrau, die hellen Felder wie Bb = wildfarbig.

Dass die Kreuzung blaue Wiener x Japaner dunkelgrau ergibt (Majaura, Das Japanerkaninchen, 2009), hat nichts mit dem Japanerfaktor zu tun. Wahrscheinlicher ist, dass das Eisen- oder Dunkelgrau von dem einfarbigen Tier kommt, welches unsichtbar Eisengrau oder Dunkelungsmodifizierer tragen kann. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass es sich bei dem Dunkelgrau um sehr ausgebreitete dunkle Flecken handelt (das Gegenstück zu einem fast schwarzen Japaner). Das halte ich aber für eher unwahrscheinlich, da öfters erwähnt wird, dass spalterbige Japaner durchschnittlich einen höheren Anteil heller Bereiche zeigen als reinerbige.

### Entstehung des Mosaiks

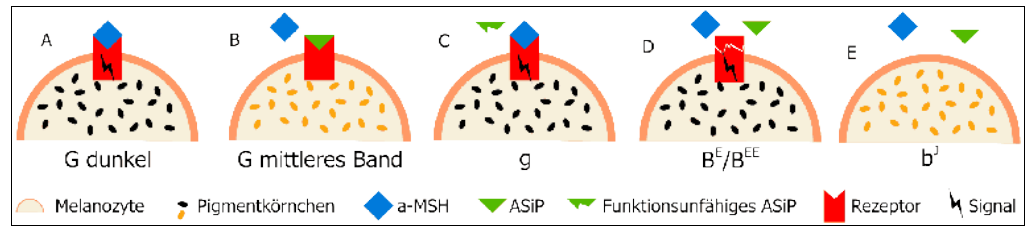
Nun ist, wie Hochstrasser richtig bemerkt, „...eine Kombination unterschiedlicher Allele der gleichen Serie nur in spalterbiger Form möglich. Da Japanerkaninchen aber reinerbig sind, sind sie auch keine Träger einer kombinierten Mutation zweier Allele der B-Reihe“ (Das selbständige dominante Farbfelderteilungsgen J, 2001). Majaura hält „... immer wieder stattfindende Mutationen und Rückmutationen in die eine oder andere Richtung“ für die Verursacher der Mosaikzeichnung. (Das Japanerkaninchen, 2009).

Ich möchte eine etwas andere Theorie darlegen, wie Bereiche mit dem Erscheinungsbild von Eisengrau und Gelb nebeneinander entstehen könnten:

### Farben und Schalter

Um die Wirkungsweise des Japanerfaktors verstehen zu können, muss man wissen, wie die Bildung der gelben und dunklen Pigmentarten (Phäomelanin und Eumelanin) in den farbbildenden Zellen (Melanozyten) geregelt wird.

Zu diesem Zweck hat jede Farbzone an ihrer Oberfläche viele winzige Rezeptoren, die man sich wie Schalter vorstellen kann. Mittels dieser Schalter kann zwischen der Produktion von gelbem und dunklem Pigment ge-



Die Wirkung von α-MSH und ASiP an den Rezeptoren der farbbildenden Zellen.

wechselt werden. Das geschieht durch das Andocken verschiedener Stoffe an die Rezeptoren. Die beiden wichtigsten „Schalt-“ Stoffe sind das α-MSH (= Melanozyten stimulierendes Hormon), welches zur Bildung von dunklem Pigment führt und sein Gegenspieler, das ASiP (= Agouti Signal Protein), welches das α-MSH vom Schalter wegdängt und so zur Bildung gelber Farbe führt.

Das ASiP, welches bei wildfarbigen Tieren die Bildung der Zwischenfarbe verursacht, wird von den Allelen der Wildfarbigkeits-Reihe G „codiert“, das heißt, dort ist der Bauplan für das Protein hinterlegt. Die Gelb-Reihe dagegen enthält die Anweisungen für den Bau der Schalters selbst.

Da beide Gene an ein und dem selben Regelmechanismus beteiligt sind, können ihre Mutationen ähnliche Erscheinungen verursachen. Dabei ähneln die dominanten Mutationen des einen Faktors den rezessiven Mutationen des anderen.

Normalerweise ist die Kontaktstelle des Schalters vom α-MSH besetzt. Daraufhin gibt dieser das Signal zur Bildung von dunklem Pigment. Wird während des Haarwachstums vorübergehend ASiP gebildet, verdrängt dieses das α-MSH von der Kontaktstelle – das Signal fällt weg und die Zelle bildet gelbes Pigment.

Ist das ASiP teilweise oder vollständig funktionsunfähig, haben wir Tiere, die zwar Lohabzeichen, aber keine Haarbänderung am Rücken zeigen oder einfarbig sind = rezessives Schwarz.

(Doppel-)Eisengrau führt dazu, dass der Schalter mehr oder weniger dauerhaft das Signal zur Bildung dunklen Pigments gibt und nicht oder nur schwer auf die Anwesenheit des ASiP reagiert = dominantes Schwarz (oder wild-schwarz). Das ist auch der Grund dafür, dass Doppeleisengrau (B<sup>F</sup>) die Wildfarbigkeit überlagern kann. ASiP ist zwar vorhanden, aber

nicht in der Lage, den kaputten Schalter auszuknippen.

Bei Tieren mit der Mutation für Gelb (b) ist der Schalter nahezu funktionsunfähig, das Signal zur Herstellung dunklen Pigments bleibt aus und es wird Gelb gebildet.

Interessant daran ist, dass für die Bildung dunklen Pigments immer ein Schaltersignal erforderlich ist. Es wird also auch dann gelbes Pigment gebildet, wenn es gar keinen Schalter gibt. Das heißt, dass für die gelben Flecken nicht unbedingt ein mutiertes Gen nötig ist. Es reicht, wenn das vorhandene Gen an der Arbeit gehindert, also „stumm“ geschaltet wird.

### Bei den Katzen

Machen wir einen kleinen Ausflug zu den Katzen, und zwar zu den orange-schwarz gefleckten, die ja in ihrem Erscheinungsbild den Japanern recht ähnlich sind. Diese sind immer spalterbig Orange/ Nicht-Orange. Das Gen für Orange liegt auf dem X-Chromosom. Durch einen X-Inaktivations genannten Vorgang werden in allen Zellen, die mehr als ein X-Chromosom enthalten, alle bis auf eines deaktiviert. Nach erfolgter Inaktivierung eines Chromosoms ist es nicht mehr möglich, die auf diesem liegenden Gene abzulesen. Dieser Vorgang passiert relativ zeitig in der Embryonalentwicklung und wird an alle



Tochterzellen weitergegeben. So kommt es, dass bei einer spalterbig orange/schwarzen Katze in einigen Zellen nur die Anlagen zur Bildung gelben Pigmentes aktiv sind, in anderen dagegen nur die für die Herstellung des schwarzen Pigments.

Dieses Beispiel zeigt, dass es nicht nur wichtig ist, welche Gene ein Lebewesen hat, sondern auch ob, wie und wann die darin gespeicherten Informationen gelesen und verarbeitet werden können. Da die X-Inaktivations für die Gene der Gelb-Reihe beim Kaninchen nicht in Frage kommt, brauchen wir eine andere Methode, die das Gen ausschaltet und zwar auf eine dauerhafte Weise, die die Weitergabe des jeweiligen Zustandes bei der Zellteilung erlaubt. Das führt uns zur Epigenetik.

### Epigenetik

Dieser relativ neue Bereich der Genetik untersucht nicht die Gene selbst, sondern wann, wie und warum sie ein- oder ausgeschaltet werden. Kleine chemische Schalter (Methylgruppen) können einzelne Gene oder ganze Gengruppen so verändern, dass sie nicht mehr lesbar sind. Ebenso ist eine Veränderung in Richtung besonders gute Lesbarkeit möglich (Lehnen-Beyel, Epigenetik: Vererbung ist mehr als die Summe der Gene, 2003).

Diese Veränderungen können bei der Zellteilung weitergegeben werden, sogar solche, die durch äußere Einflüsse bewirkt wurden.

### Ein interessantes Beispiel

Mäuse mit einer dominanten Agouti-Mutation sind nicht nur gelb, sondern auch übergewichtig und krankheitsanfällig. In einem Versuch wurden solche gelbe, trüchtige Mäuse mit Nahrung gefüttert, die besonders viele Methylgruppen enthielt. Die meisten Nachkommen dieser Mäuse waren nicht groß, dick und gelb, sondern eher klein, schlank und braun. Sie wurden offensichtlich mit einem stumm geschalteten Agouti-Gen geboren und sahen deshalb anders aus als ihre Eltern.



**Japanerrezept**

Aus welchen Zutaten lässt sich nun ein schwarz-gelb gemustertes Kaninchen zusammenbauen?

Zuerst brauchen wir ein Gen, dass Schalter produziert, die den Farbzellen unabhängig von der Wildfarbigkeit das Signal für Schwarz geben. Dann muss dieses Gen in einigen Zellen an der Schalterproduktion gehindert werden, damit Gelb gebildet werden kann.

Wenn die genannte Inaktivierung in der frühen Embryonalentwicklung erfolgt und mittels epigenetischer Mechanismen an die Tochterzellen weitergegeben wird, haben wir den selben Zustand wie bei den Katzen – mit dem selben Erscheinungsbild.

Deshalb könnte es sich meiner Meinung nach bei dem Mosaikfaktor  $b^j$  um ein Allel ähnlich dem Eisengrau handeln, dass durch eine kleine Veränderung besonders empfänglich für die wie Schalter wirkenden Methylgruppen ist, welche es stumm schalten können. In diesem Fall würden die dunklen Flecken von den Zellen mit aktivem  $b^j$ -Gen erzeugt, die hellen von den Zellen mit inaktivem  $b^j$ -Gen.

Sollte die Japanerfleckung auf diese oder eine ähnliche Weise entstehen, müssten die Haare der hellen Fellbereiche bei reinerbigen  $b^j b^j$  Tieren immer frei von dunklem Pigment sein. Dunkle Haarspitzen, wie sie bei gelben und roten Tieren häufig zu finden sind, dürften nicht auftreten. Bei den wenigen Tieren mit Japanermosaik, bei welchen ich persönlich danach suchen konnte (vor allem im Ohr-/ Nasenbereich), konnte ich keine hellen Haare mit dunkler Spitze entdecken. Vielleicht können Züchter solcher Rassen einmal danach schauen und mich über das Ergebnis informieren.

Ich hoffe, ich konnte mit diesen Informationen einige Unklarheiten betreffs des Japanerfaktors und seines Verhaltens beseitigen und zur Beendigung der

Diskussion um die genetischen Grundlagen des Japanerfaktors beitragen.

Renate Regitz

Eschenweg 8  
09627 Bobritzsch  
www.kaninchenwissen.de

**Literaturhinweise**

Castle, W. 1924. Genetics of the Japanese rabbit. Journal of Genetics 14, Nr. 2.  
Fontanesi, L. u. 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, Nr. 3.  
Graf, B. 1990. Der Japanerfaktor - eigenständige Erbanlage? DKZ 1990, Nr. 17.  
de Haan, H. 1933. Die Symbolisierung der Gene II. Genetica 15, Nr. 3: 219-224.  
Hochstrasser, G. 2001. Das selbständige dominante Farbfelderteilungsgen J. Kaninchenzeitung 2001, Nr. 9.  
Lehnen-Beyel, I. 2003. Epigenetik: Vererbung ist mehr als

die Summe der Gene. <http://www.wissenschaft.de/wissenschaft/hintergrund/228254.html>.  
Lufekfahr, S.D., und Roy, R. 1988. Coat color genetics and breeding plans for commercial rex breed. Journal of Applied Rabbit Research 1988, Nr. 11/2.  
Majaura, H. 2009. Das Japanerkaninchen. Kaninchenzeitung 2009, Nr. 21.  
Manning u. a. 1994. The biology of the laboratory rabbit.  
Pap, E. 1921. Über Vererbung von Farbe und Zeichnung bei dem Kaninchen. Molecular and General Genetics 26, Nr. 3.  
Punnett, R. 1924. On the "Japanese" rabbit. Journal of Genetics 14, Nr. 2.  
———. 1926. Note on a chinchilla-Japanese cross in rabbits. Journal of Genetics 17, Nr. 2.  
———. 1930. On the series of allomorphs connected with the production of black pigment in rabbits. Journal of Genetics 23, Nr. 2.  
Robbins, u. a. 1993. Pigmentati-

on phenotypes of variant extension locus alleles result from point mutations that alter MSH receptor function 1993. Cell 72, Nr. 6.  
Robinson, R. 1958. Genetic studies of the rabbit. Bibliographia genetica; 17,3.  
Schlager, E. 2009. Epigenetik – Mehr als nur die Gene. <http://www.g-o.de/dossier-detail-437-5.html>.  
Schultz, Wr. 1925. Modifikationen und Mutationen der Kaninchenfärbung. Development Genes and Evolution 104, Nr. 1.  
Siebel, K. 2002. Analyse genetischer Varianten von Loci für die Fellfarbe und ihre Beziehungen zum Farbphänotyp und zu quantitativen Leistungsmerkmalen beim Schwein.  
Online Mendelian Inheritance in Animals. <http://omia.angis.org.au/retrieve.shtml?pid=2902>  
Grafiken und Fotos: Regitz.

- Bilder und Genformeln -  
**www.Kaninchenfarben.de**

**Genetische Farbgruppen**

**Übergeordnete Gruppen**

Alle Einträge  Einträge: 619	japaner/rhön $b^j$  Einträge: 107
------------------------------------	--

[Text anklicken >>> untergeordnete Farbgruppen](#) :: [Bilder anklicken >>> Einträge](#)

**Gruppen der nächsten Ebene**

- Wildfarbigkeit
- Grundfarbe (schwarz, braun, blau, feh)
- Farbausbildung (Albino-Serie)

vollfarbig $A^j$  Einträge: 81	chinchilla $a^{chij}$  Einträge: 19	chinchilla mittel $a^{dij}$  Einträge: 0	marder/siam (alle) $a^{mj}$  Einträge: 6	dunkelmarder/siam $a^{m^j}$  Einträge: 2
typmarder/siam mit russe $a^{m^j a^j}$  Einträge: 1	typmarder/siam mit albino $a^{m^j ab^j}$  Einträge: 1	russenfarbig $a^{nj}$  Einträge: 1	albino $ab^j$  Einträge: 0	Farbausbildung unbekannt $?^j$  Einträge: 0

- Scheckung (Flecken-, Plattenscheckung)
- Haarstruktur (Angora, Rex, Satin, Mähne)
- weiß Blauauge (Leuzismus)