

Die Vererbung gelber und roter Lipochrome

Text: Norbert Schramm, Dresden

Der Altvater der Farbenkanarienzucht, *Julius Henniger*, hat 1962 ein System der Erbfaktoren erstellt, mit dem die folgenden Züchtergenerationen ein wichtiges Rüstzeug für die Kanarienzucht in die Hände bekamen.

Henniger ging davon aus, dass die Gelbvögel ein Gen für die Gelbausfärbung und die Kapuzenzeisige ein anderes Gen für die Rotausfärbung besitzen. Deshalb hat er für den gelben Phänotyp des Kanarienvogels den Faktor „G“ und für den roten Phänotyp den Faktor „R“ festgelegt. Da Gelbvögel kein Rot besitzen, musste das mit einem „r“ bezeichnet werden. Das fehlende Gelb beim Rotvogel bezeichnete er mit „g“. Der reinerbige Gelbvogel hatte nach *Henniger* die Erbformel „GG rr“ und der reinerbige Rotvogel die Formel „gg RR“.

Kreuzt man Gelbe mit Roten, so sind alle Nachkommen einheitlich (uniform) orangefarben (*Henniger* – ein Feind von Fremdwörtern – bezeichnete diese Farbe als „Kreß“, benannt nach der Farbe der Kapuzinerkresse). Nach dem 1. Mendelschen Gesetz (Uniformitätsgesetz) deutete dieses Ergebnis auf einen intermediären (mittelnden) Erbgang hin, denn alle Nachkommen waren gleich (uniform) in der Farbe. Sie mussten demnach mischerbig sein. *Henniger* nannte diese orangefarbenen Nachkommen „Spaltkreß“ (= Spaltorange). Auch die errechnete Erbformel dieser orangefarbenen Nachkommen mit der Erbformel „Gg Rr“ schienen die Richtigkeit aller bisherigen Annahme zu bestätigen.

Verpaart man die orangefarbenen Nachkommen untereinander, sind deren Nachkommen sehr vielfältig in der Lipochromfärbung, denn es wirkt das 2. Mendelsche Gesetz (Spaltungsgesetz). Von gelb über orangegelb, orange, orangerot bis rot sind alle möglichen Farbnuancen der Lipochrome vorhanden. Alle Ergebnisse der Gelb-Rot-Verpaarungen, die sich aus dem *Henniger*-System ergeben, habe ich in Tabelle 1 zusammengefasst.

Seit vielen Jahrzehnten wird dieses Schema in Kanarienzüchterkreisen angewendet. Das diese Ergebnisse nicht alle den Tatsachen entsprachen, war sicherlich schon damals bekannt, konnte aber nach dem damaligen Wissensstand nicht geklärt werden. Viele Züchter haben festgestellt:

- Es erfordert eine sehr große Zahl an Nachzucht, um die theoretisch fallenden Jungvögel auch tatsächlich zu erhalten. Das gilt vor allem bei einer Verpaarung von Spaltvögeln untereinander – falls diese überhaupt bekannt sind – denn diese können im Phänotyp nicht erkannt werden. Aber auch bei einer großen Nachzucht ist dann eine gezielte Weiterzucht nicht möglich, eben aufgrund der Nichterkennbarkeit der Spaltvögel.
- Die Herauszüchtung des roten Kanarie konnte sich nur am mehr oder weniger roten Phänotyp der Nachzuchten orientieren. Es müssen somit zwangsläufig auch Spaltvögel in der Zucht eingesetzt worden sein.
- Nach *Henniger* können nur aus Verpaarungen zwischen Spaltvögeln vollweiße Kanarien entstehen. Es konnte in all den Jahrzehnten niemals ein vollweißer Kanarie nachgewiesen werden, obwohl aus fünf unterschiedlichen Verpaarungen diese fallen müssten (auch z.B. bei spaltrot x spaltrot bzw. bei spaltgelb x spaltgelb zu je 25 %, was einen sehr hohen Wert darstellt).
- Da keine Vollweißen zu erzielen waren, wurde ein Letalfaktor dafür verantwortlich gemacht. Aber auch dazu fehlt jegliche Untersuchung! Genauso gut kann man dann auch behaupten, dass es keine spalterbigen Vögel gibt, denn auch dann können keine vollweißen Kanarien entstehen.
- Es gibt wesentlich mehr farbliche Abstufungen als die Phänotypen gelb – orangegelb – orange – orangerot – rot. Es gibt z.B. auch gelbe Vögel mit einem leicht rötlichen Ton, ohne dass man diese Farbe als orangegelb einstufen kann. Auch ein Orangerot hat durchaus verschiedene Tönungen bis hin zum (fast) roten Vogel.

Es ist also schon lange überfällig, den tatsächlichen Erbgang zwischen der gelben und der roten Lipochromfarbe zu finden.

Tabelle 1 – Gelb-Rot-Vererbung nach Henniger

	Gelb GG rr	(Spalt)gelb Gg rr	Orangegegelb GG Rr	(Spalt)orange Gg Rr	Orange GG RR	Orangerot Gg RR	(Spalt)rot gg Rr	Rot gg RR
Gelb GG rr	100 % gelb	50 % (spalt)gelb 50 % gelb	50 % gelb 50 % orangegegelb	25 % gelb 25 % (spalt)gelb 25 % orangegegelb 25 % (spalt)orange	100 % orangegelb	50 % orangegegelb 50 % (spalt)orange	50 % (spalt)gelb 50 % (spalt)orange	100 % (spalt)orange
(Spalt)gelb Gg rr	50 % (spalt)gelb 50 % gelb	50 % (spalt)gelb 25 % gelb 25 %-vollweiß	25 % gelb 25 % (spalt)gelb 25 % orangegegelb 25 % (spalt)orange	25 % (spalt)gelb 12,5 % gelb 12,5 % orangegegelb 12,5 % (spalt)rot +12,5 %-vollweiß	50 % orangegegelb 50 % (spalt)orange	50 % (spalt)orange 25 % orangegegelb 25 % (spalt)rot	25 % (spalt)gelb 25 % (spalt)orange 25 % (spalt)rot 25 %-vollweiß	50 % (spalt)orange 50 % (spalt)rot
Orangegegelb GG Rr	50 % gelb 50 % orangegegelb	25 % gelb 25 % (spalt)gelb 25 % orangegegelb 25 % (spalt)orange	50 % orangegegelb 25 % gelb 25 % orange	25 % orangegegelb 25 % (spalt)orange 12,5 % gelb 12,5 % (spalt)gelb 12,5 % orange 12,5 % orangerot	50 % orangegegelb 50 % orange	25 % orangegegelb 25 % orange 25 % (spalt)orange 25 % orangerot	50 % (spalt)orange 25 % (spalt)gelb 25 % orangerot	50 % (spalt)orange 50 % orangerot
(Spalt)orange Gg Rr	25 % gelb 25 % (spalt)gelb 25 % orangegegelb 25 % (spalt)orange	25 % (spalt)gelb 12,5 % gelb 12,5 % orangegegelb 12,5 % (spalt)rot +12,5 %-vollweiß	25 % orangegegelb 25 % (spalt)orange 12,5 % gelb 12,5 % (spalt)gelb 12,5 % orange 12,5 % orangerot	25 % (spalt)orange 12,5 % (spalt)gelb 12,5 % orangegegelb 12,5 % orangerot 12,5 % (spalt)rot 6,25 % gelb 6,25 % orange 6,25 %-vollweiß	25 % orangegegelb 25 % orange 25 % (spalt)orange 25 % orangerot	25 % (spalt)orange 25 % orangerot 12,5 % (spalt)gelb 12,5 % orange 12,5 % orangerot 12,5 % (spalt)rot +12,5 %-vollweiß	25 % (spalt)orange 25 % (spalt)rot 12,5 % (spalt)gelb 12,5 % orangerot 12,5 % rot +12,5 %-vollweiß	25 % (spalt)orange 25 % orangerot 25 % (spalt)rot 25 % rot
Orange GG RR	100 % orangegegelb	50 % orangegegelb 50 % (spalt)orange	50 % orangegegelb 50 % orange	25 % orangegegelb 25 % (spalt)orange 25 % orange 25 % (spalt)orange 25 % orangerot	100 % orange	50 % orange 50 % orangerot	50 % (spalt)orange 50 % orangerot	100 % orangerot
Orangerot Gg RR	50 % orangegegelb 50 % (spalt)orange	50 % (spalt)orange 25 % orangegegelb 25 % (spalt)rot	25 % orangegegelb 25 % orange 25 % (spalt)orange 25 % orangerot	25 % (spalt)orange 25 % orangerot 12,5 % orangegegelb 12,5 % (spalt)rot 12,5 % rot	50 % orangerot 25 % orange 25 % rot	50 % orangerot 25 % orange 25 % rot	25 % (spalt)orange 25 % orangerot 25 % (spalt)rot 25 % rot	50 % orangerot 50 % rot
(Spalt)rot gg Rr	50 % (spalt)gelb 50 % (spalt)orange	25 % (spalt)gelb 25 % (spalt)orange 25 % (spalt)rot 25 %-vollweiß	50 % (spalt)orange 25 % (spalt)gelb 25 % orangerot	25 % (spalt)rot 25 % (spalt)orange 12,5 % (spalt)gelb 12,5 % orangerot 12,5 % rot +12,5 %-vollweiß	50 % (spalt)orange 50 % orangerot	25 % (spalt)orange 25 % orangerot 25 % (spalt)rot 25 % rot	50 % (spalt)rot 25 % rot 25 %-vollweiß	50 % (spalt)rot 50 % rot
Rot gg RR	100% (spalt)orange	50 % (spalt)orange 50 % (spalt)rot	50 % (spalt)orange 50 % orangerot	25 % (spalt)orange 25 % orangerot 25 % (spalt)rot 25 % rot	100 % orangerot	50 % orangerot 50 % rot	50 % (spalt)rot 50 % rot	100 % rot

Die Spaltvögel sind visuell nicht von den nicht spalterbigen (reinerbigen) Vögeln zu unterscheiden. Die angegebenen Verhältnisse stimmen deshalb nicht mit den tatsächlich erzeugten **Phänotypen** überein.

Biochemische Vorgänge der Lipochromentwicklung:

Dazu habe ich bereits in einem vorangegangenen Artikel Ausführungen gemacht. Hier noch einmal eine kurze Zusammenfassung:

- gelbgrundige Kanarien bilden aus dem Xanthophyll „Lutein“ das körpereigene „Kanarien-Xanthophyll“;
- Kapuzenzeisige und rotgrundige Kanarien bilden aus dem Xanthophyll „Lutein“ das körpereigene Xanthophyll „Canthaxanthin“;
- Kapuzenzeisige lagern gelbes „Kanarien-Xanthophyll“ **und** rotes „Canthaxanthin“ gemeinsam in der Feder ab. Die Menge des roten Canthaxanthin ist deutlich größer als die Menge des gelben Kanarien-Xanthophyll. Somit überdeckt das Canthaxanthin phänotypisch das Kanarien-Xanthophyll.

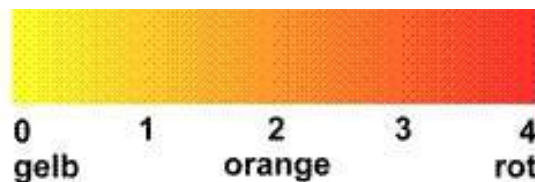
Neue Überlegungen:

Die rote Lipochromfarbe der Cardueliden ist, entwicklungsgeschichtlich betrachtet, eine noch recht junge Gefiederfarbe. Sie muss sich aus Stammformen entwickelt haben, die ursprünglich nur gelbes Lipochrom bilden konnten. Das bedeutet, dass

1. für die Synthese des gelben Gefiederfarbstoffes „**Kanarien-Xanthophyll**“ aus **Lutein** ein entsprechendes Gen (L^+) – und damit ein entsprechendes Enzym – notwendig ist.
2. für die Synthese des roten Gefiederfarbstoffes „**Canthaxanthin**“ aus **Lutein** ein verändertes Enzym – und damit ein verändertes Gen (= Mutation) – vorhanden sein muss.

Nach diesen Überlegungen ist beim Kapuzenzeisig das Enzym für die Gelbausfärbung mutiert (aus L^+ wird L^r) und kann nunmehr rotes Lipochrom erzeugen. Der Genort für die Lipochromsynthese muss also beim Kanarienvogel und beim Kapuzenzeisig gleich sein.

Die Farbskala von Gelb zu Rot stellt sich wie folgt dar:



Innerhalb dieser Skala bewegen sich die Phänotypen der Kreuzungsnachkommen gelb- und rothaltiger Eltern, denn die Nachkommen werden sowohl gelbe als auch rote Lipochrome im bestimmten Verhältnis in der Feder ablagern. Ein Wegfall der Lipochrome ist nicht möglich, es kann sich nur das Verhältnis zwischen roten und gelben Lipochromen ändern. Ein (voll)weißer Vogel kann auf diese Art nicht entstehen.

Neue Theorie:

Völker vermutete bereits 1962, dass die unterschiedlichen Lipochromnuancen auf einen **Dosiseffekt** der Enzyme zurückzuführen sind. Verfolgen wir diese Vermutung mit der heutigen Kenntnis der Genetik.

In der genetischen Literatur (Brandsch, H.) wird der Dosiseffekt wie folgt beschrieben:

„Die Merkmalsausbildung zeigt quantitative Abstufungen in Abhängigkeit von der Anzahl wirksamer und unwirksamer bzw. weniger wirksamer Allele, deren Einzeleffekte sich vollständig summieren (= summatives Verhalten). Die wirkungsgleichen Gene zeigen jeweils ein intermediäres Verhalten. Unterschiedliche quantitative Effekte der betreffenden Gene führen zu entsprechend mehr Phänotypklassen der F2.“

Stellen wir uns vor, dass das Enzym mit seinem Gen L^+ mehrmals in die Umbauvorgänge zum körpereigenen Kanarien-Xanthophyll eingreift. Dann würden die Teilprozesse als $L1^+$, $L2^+$ bezeichnet werden können. Beschränken wir uns vorerst auf zwei Teilprozesse und geben jedem die Wertigkeit von 0 (= gelb).

Die Erbformel für den gelben Kanarie lautet dann „ $L1^+ L1^+ L2^+ L2^+$ “ mit einer Wertigkeit von $0 + 0 + 0 + 0 = 0$ (gelb in der obigen Farbskala).

Stellen wir uns weiterhin vor, dass das mutierte Gen (L^+ wird L^r) mehrmals die Umbauvorgänge zum Canthaxanthin beeinflusst. Auch hier benennen wir Teilschritte mit $L1^r$ bzw. $L2^r$, geben ihnen eine höhere Wertigkeit als bei gelb, z.B. 1.

Die Erbformel für den Kapuzenzeisig (roter Kanarie) lautet dann „ $L1^r L1^r L2^r L2^r$ “ mit einer Wertigkeit von $1 + 1 + 1 + 1 = 4$ (rot in der obigen Farbskala).

Elterngeneration: rot $L1^r L1^r L2^r L2^r$ x gelb $L1^+ L1^+ L2^+ L2^+$

Tabelle 2		
	$L1^r L2^r$	$L1^r L2^r$
$L1^+ L2^+$	$L1^+ L1^r L2^+ L2^r$ $0 + 1 + 0 + 1 = 2$ = orange	$L1^+ L1^r L2^+ L2^r$ $0 + 1 + 0 + 1 = 2$ = orange
$L1^+ L2^+$	$L1^+ L1^r L2^+ L2^r$ $0 + 1 + 0 + 1 = 2$ = orange	$L1^+ L1^r L2^+ L2^r$ $0 + 1 + 0 + 1 = 2$ = orange

1. Tochtergeneration: orange $L1^+ L1^r L2^+ L2^r$ x orange $L1^+ L1^r L2^+ L2^r$

Tabelle 3				
	$L1^+ L2^r$	$L1^+ L2^+$	$L1^r L2^r$	$L1^r L2^+$
$L1^+ L2^r$	$L1^+ L1^+ L2^r L2^r$ $0 + 0 + 1 + 1 = 2$ = orange	$L1^+ L1^+ L2^r L2^+$ $0 + 0 + 1 + 0 = 1$ = orangegelb	$L1^+ L1^r L2^r L2^r$ $0 + 1 + 1 + 1 = 3$ = orangerot	$L1^+ L1^r L2^r L2^+$ $0 + 1 + 1 + 0 = 2$ = orange
$L1^+ L2^+$	$L1^+ L1^+ L2^+ L2^r$ $0 + 0 + 0 + 1 = 1$ = orangegelb	$L1^+ L1^+ L2^+ L2^+$ $0 + 0 + 0 + 0 = 0$ = gelb	$L1^+ L1^r L2^+ L2^r$ $0 + 1 + 0 + 1 = 2$ = orange	$L1^+ L1^r L2^+ L2^+$ $0 + 1 + 0 + 0 = 1$ = orangegelb
$L1^r L2^r$	$L1^r L1^+ L2^r L2^r$ $1 + 0 + 1 + 1 = 3$ = orangerot	$L1^r L1^+ L2^r L2^+$ $1 + 0 + 1 + 0 = 2$ = orange	$L1^r L1^r L2^r L2^r$ $1 + 1 + 1 + 1 = 4$ = rot	$L1^r L1^r L2^r L2^+$ $1 + 1 + 1 + 0 = 3$ = orangerot
$L1^r L2^+$	$L1^r L1^+ L2^+ L2^r$ $1 + 0 + 0 + 1 = 2$ = orange	$L1^r L1^+ L2^+ L2^+$ $1 + 0 + 0 + 0 = 1$ = orangegelb	$L1^r L1^r L2^+ L2^r$ $1 + 1 + 0 + 1 = 3$ = orangerot	$L1^r L1^r L2^+ L2^+$ $1 + 1 + 0 + 0 = 2$ = orange

Die Ergebnisse lauten zusammengefasst: 1 x gelb; 4 x orangegelb; 6 x orange; 4 x orangerot; 1 x rot.
Damit bestätigt sich die gleichsinnige Wirkung duplizierter Gene, deren charakteristisches Merkmal das Verhältnis von 1:4:6:4:1 ist !!

Ein vollweißer Kanarie und „Spalt“-Vögel können mit dieser Erbformel nicht auftreten und bestätigen somit die praktischen Zuchtergebnisse. Die erzielten Zwischenformen entsprechen eher den praktischen Erfahrungen. Besonders deutlich wird dies, wenn Zwischenformen miteinander verpaart werden.

In der Praxis treten weitere – hier nicht dargestellte - Farbnuancen auf. Sie lassen sich durch Hinzufügen eines 3. oder 4. Teilschrittes ($L3^+$, $L4^+$ bzw. $L3^r$, $L4^r$) durchaus darstellen. Das exakte Ansprechen jeder Farbstufe wird so aber immer schwieriger. Außerdem kann die Nuancierung auch durch die unterschiedliche Aufnahme und Verwertung des Futters hervorgerufen werden.

Beschränken wir uns auf die drei Zwischenformen orangegelb, orange und orangerot, kann das Schema wesentlich vereinfacht werden. In Tabelle 4 sind die Zusammenhänge in einfacher Form dargestellt und dürften für die züchterische Praxis ausreichen.

Tabelle 4 – Gelb-Rot-Vererbung nach N. Schramm

	Gelb L ⁺ L ⁺ L ⁺ L ⁺	Orangegelb L ⁺ L ⁺ L ⁺ L ^r	Orange L ⁺ L ^r L ⁺ L ^r L ⁺ L ⁺ L ^r L ^r	Orangerot L ⁺ L ^r L ^r L ^r	Rot L ^r L ^r L ^r L ^r
Gelb L ⁺ L ⁺ L ⁺ L ⁺	100 % gelb	50 % gelb 50 % orangegelb	25 % gelb 50 % orangegelb 25 % orange	50 % orangegelb 50 % orange	100 % orange
Orangegelb L ⁺ L ⁺ L ⁺ L ^r	50 % gelb 50 % orangegelb	25 % gelb 50 % orangegelb 25 % orange	12,5 % gelb 37,5 % orangegelb 37,5 % orange 12,5 % orangerot	25 % orangegelb 50 % orange 25 % orangerot	50 % orange 50 % orangerot
Orange L ⁺ L ^r L ⁺ L ^r L ⁺ L ⁺ L ^r L ^r	25 % gelb 50 % orangegelb 25 % orange	12,5 % gelb 37,5 % orangegelb 37,5 % orange 12,5 % orangerot	6,25 % gelb 25 % orangegelb 37,5 % orange 25 % orangerot 6,25 % rot	12,5 % orangegelb 37,5 % orange 37,5 % orangerot 12,5 % rot	25 % orange 50 % orangerot 25 % rot
Orangerot L ⁺ L ^r L ^r L ^r	50 % orangegelb 50 % orange	25 % orangegelb 50 % orange 25 % orangerot	12,5 % orangegelb 37,5 % orange 37,5 % orangerot 12,5 % rot	25 % orange 50 % orangerot 25 % rot	50 % orangerot 50 % rot
Rot L ^r L ^r L ^r L ^r	100 % orange	50 % orange 50 % orangerot	25 % orange 50 % orangerot 25 % rot	50 % orangerot 50 % rot	100 % rot

Ich hoffe, dass meine Ausführungen verständlich genug sind und ich den interessierten Lesern ein kleines Werkzeug für die praktische Zucht in die Hand geben konnte. Vor allem den Züchtern, die sich das Ziel gestellt haben, rote Gesangskanarienvogel zu züchten, werden mit dieser Tabelle arbeiten müssen. Ich wünsche ihnen viel Erfolg auf diesem schwierigen Weg.

Literatur:

- Brandsch, H.:** Genetische Grundlagen der Tierzucht. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1983.
Hagemann, R.: Allgemeine Genetik. VEB G. Fischer Verlag, Jena 1984.
Henniger, J.: Farbenkanarienvogel. Ein Lehrbuch für Farbenkanarienzüchter insbesondere über Farbenvererbung. Maximiliansau 1962.
Seyffert, W.: Lehrbuch der Genetik. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg-Berlin 2003.
Völker, O.: Die Abhängigkeit der Lipochrombildung bei Vögeln von pflanzlichen Carotinoiden. J.Orn. 1934.
Völker, O.: Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Entstehung roter Lipochrome in Vogelfedern; Farbfütterungsversuche am Roten Kanarienvogel. J.Orn. 1962.