Haarfarbe - TYR (Color/ Albino)

Assoziiertes Gen: TYR (*Tyrosinase*)

Chromosom: OCU1

Vererbung: monogen; A > a^{chi} > a^{d} > a^{m} > a^{n} > a

Tabelle 1: Bekannte Varianten des TYR

Symbol	**Variante/ Mutation(en)**		**Funktion/ Mechanismus**	**Phänotyp**	**Rassen**
deutsch (englisch)	**DNA**	**Protein**			
A (*C*)	Wildtyp	Transmembran-Glykoprotein/ Enzym, bestehend aus 530 Aminosäuren[1)]	Schlüsselenzym in der Melanin-Synthese; in den Melanozyten exprimiert, Zielort: Melanosomenmembran	Normale Farbausprägung, dunkle Augen (Iris und Netzhaut normal pigmentiert)	
a^{chi} (c^{chd})*	c.881A>G und c.1073C>T[2)3)]	p.E294G und p.T358I, zentral gelegen zwischen der CuA- und der CuB-Bindungsregion des TYR-Enzyms[4)5)]	Eumelanin unbeeinflusst, Phäomelanin stark reduziert	Chinchillafarbig dunkel, dunkle Augen	Chinchilla (Österreich[6)]/ ANCI, Italien[7)])
a^{d} (c^{chm})*			Eumelanin reduziert, Phäomelanin vollständig reduziert	Chinchillafarbig mittel (sepiafarbig; temperatursensitive Ausprägung), rötlich-schwarze Augen	
a^{m} (c^{chl})*		(R422Q[8)]?)	Eumelanin weiter reduziert	Marderfarbig (chinchillafarbig hell/ sepiafarbig; temperatursensitive Ausprägung), rötliche Augen; Typmarder: am/an oder am/a	
a^{n} (c^{h})	c.881A>G[9)10)11)]	p.E294G, zentral gelegen zwischen der CuA- und der CuB-Bindungsregion des TYR-Enzyms[12)13)]	TYR-Enzym in warmen Körperregionen inaktiv, keine Phäomelanin-Synthese	Russenfarbig, d.h. ausschließliche Pigmentierung der Extremitäten (stark temperatursensitive Ausprägung), rötliche/ rosarote Augen; zur variablen Ausprägung der Russenfarbe können zusätzliche Variation am TYR-Lokus oder epistatische Wechselwirkungen beitragen[14)]	Kalifornier (Österreich[15)]/ ANCI, Italien[16)]/ INRA, Frankreich[17)]); *Yipulu „eight black“* u. *“black ear” wool rabbit strain* mit schwarzen Ohren u. Nase (China[18)])

Symbol	Variante/ Mutation(en)		Funktion/ Mechanismus	Phänotyp	Rassen
deutsch (englisch)	DNA	Protein			
a (*c*)	c.1118C>A[19)20)]	p.T373K, in der CuB-Bindungsregion des TYR-Enzyms[21)22)]	Vollständiger Verlust der katalytischen Aktivität des TYR-Enzyms, keine Melanin-Synthese[23)24)]	Albino, rötliche/ rosarote Augen (Okulokutaner Albinismus, d.h. Haut, Haare und Augen betreffend)	Weiße Neuseeländer (Österreich[25)]/ ANCI, Italien[26)])

*: Bisher wurde nur ein Chinchilla-Allel molekulargenetisch identifiziert, und es ist noch unklar, wie dieses mit den drei Chinchilla-Allelen (c^{chd}, c^{chm}, c^{chl}), die von Robinson, 1958[27)](S. 238) beschrieben wurden, zusammenhängt (siehe auch Chinchillafarben).

Geschichte

Erste Berichte über das Vorkommen weißer Kaninchen stammen aus dem 16. Jahrhundert.[28)](S. 89) Auch das titelgebende Kaninchen in Tiziano Vecellios Gemälde „Madonna mit dem Kaninchen“ aus dem Jahr 1530 hat weißes Fellhaar.

Neben Silberkaninchen und Albinos wurden um 1850 auch **Russenfarbige** der damaligen Rasse „Pelzkaninchen“ zugeordnet.[29)](S. 106)

Charles Darwin führte die Entstehung der „*Himalaya-Rasse (zuweilen auch Chinesische oder Polnische oder Russische genannt)*“ auf das Jahr 1857 zurück. Demnach sollen Russenfarbige aus hellen Silberfarbigen (die er auch als „*Chinchillas*“ bezeichnete) hervorgegangen sein. (Darwin, 1868 [30)], S. 108-110; mit Verweis auf: Proc. Zool. Soc. Juni 1857, p. 159; Cottage Gardener. 1857, p. 141.; [31)], S. 28, 37)

„Die viel verbreitete und bisher in fast allen Abhandlungen über die Russen wiederkehrende Ansicht, daß diese Rasse aus Silberkaninchen hervorgegangen sei und „die Albinoform des Silberkaninchens“ darstelle, ist durch die Untersuchungen Prof. Nachtsheims, wonach die Silberkaninchen und die Russen genotypisch nichts miteinander zu tun haben, als irrig widerlegt. Damit erübrigen sich alle an die vermeintliche Entstehung und Abstammung der Russen geknüpften Schlußfolgerungen.
Die Rasse ist vielmehr durch Mutation um die Mitte des vorigen Jahrhunderts entstanden und wissenschaftlich 1857 von A. D. Bartlett beschrieben worden. Der Veröffentlichung (Proceedings of the Zoological Society of London, Part. 25, 1857, p. 159 bis 160) ist eine für die damalige Zeit gute farbige Tafel (Lithographie) mit zwei Alttieren und drei noch weißen Jungtieren beigefügt. Es heißt in der Beschreibung des Lepus nigripes oder „Blackfooted rabbit“, wie der Verfasser unseren Russen bezeichnet, daß das Kaninchen kleiner, kürzer und kompakter sei als das gewöhnliche Hauskaninchen und, nach einem Mr. Baker, vom Himalayagebirge stamme. Daher nennen auch heute noch die Engländer unseren Russen Himalayakananichen, obgleich dessen Entstehung und Vorkommen mit dem Himalaya genau so wenig zu tun hat wie mit Rußland. In Deutschland wurden übrigens die Russen ursprünglich „Chinesische Kaninchen“ genannt. Es gibt keine zweite Kaninchenrasse, der in den verschiedenen Ländern so mannigfach verschiedene Namen beigelegt worden sind wie den Russen: Chinesisches-, Afrikanisches-, Ägyptisches-, Sibirisches-, Polnisches-, Windsor-, Himalaya-, Moskau- und Antwerpenkaninchen, das sind alles Namen, die unserem Russen gelten. In der Schweiz, in Frankreich und in Belgien heißen sie wie bei uns.
Nach Deutschland kam die Rasse um 1895. Der Russe ist nur ein Teil Albino, also nur teilweise pigmentlos. Er hat einerseits rot durchleuchtende Augen, das Zeichen des Albinismus, andererseits aber farbige „Gipfel“, und zeigt weiterhin die Merkwürdigkeit, unter Einwirkung von Kälte an farblosen

Kahlstellen Pigment zu entwickeln.“[32](S. 133-134)

„Der Russenfaktor wurde ursprünglich von Baur und Pap (27)[33] *mit N bezeichnet, noch ehe bekannt war, daß er in die Albinoserie hineingehört; deshalb sein jetziges Symbol* a_n*.“*[34](S. 74) (siehe auch Hagedoorn, 1912[35], S. 121-122)

Chinchillafarbige Kaninchen wurden ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bekannt und 1913 in Frankreich erstmals ausgestellt.[36](S. 76)[37](S. 82)

„Als der erste Herauszüchter wird der Pariser Ingenieur Dybowski genannt, der im Jahre 1913 die ersten Tiere dieser Art auf einer Pariser Ausstellung zeigte. Zwar findet sich schon bei Darwin (1809 bis 1882) das Wort „Chinchillakaninchen“, das aber zur Bezeichnung eines hellen Silberkaninchens diente, da dieses nach seiner Angabe schwarz geboren wurde, und daher mit unserer Rasse nichts gemein hat.
[...] 1915 kamen die Chinchillakaninchen nach England, wo Arren aus ihnen einen größeren Schlag, die Groß-Chinchilla, herausbrachte. Bald darauf wurden sie in die Schweiz gebracht, und erst 1920 kamen Chinchilla durch Gustav Arlt-Guben nach Deutschland, dem bald andere Züchter folgten, so daß 1921 auf der Ausstellung in Mühlhausen i.E. bereits 32 Nummern Chinchilla zu sehen waren.“[38](S. 81-82)

„Über die Entstehung der Chinchilla heißt es, daß Dybowsky die neue Rasse aus Blauen Wienern, Russen und Wildkaninchen „herauszüchtete“. Bemerkenswert ist dabei, daß auch hier wiederum Wildkaninchen Verwendung gefunden haben. [...] So halte ich es für wahrscheinlicher, daß auch der Chinchillafaktor – wie der Russenfaktor [S. 75] *– von Wildkaninchen stammt.*[39](S. 76)

„Castle (1921) obtained a pair of chinchillas from England“.[40]

„Yellow is a variation in which no 'black' is produced in the fur. Chinchilla is a variation in which no 'yellow' is produced. Combining the two in a cross we have a variety which includes 'no black', 'no yellow', which amounts to white fur, though the eye retains the grey color of a chinchilla rabbit.“[41]

Marderfarbige Kaninchen wurden ab den 1920er Jahren in verschiedenen Ländern, wie Frankreich, Deutschland, England oder Amerika, unter den Nachkommen von Chinchillafarbigen beobachtet und weitergezüchtet.[42](S. 77-79)[43](S. 174)[44](S. 116)[45]

„Im Februar 1926 beschrieb der Gärtnereibesitzer E. Thomsen in Stellingen bei Hamburg in der Zeitschrift „Der Kaninchenzüchter“ eine von ihm gezüchtete neue Kaninchenrasse, die er Marderkaninchen nannte. Thomson kreuzte alles Mögliche, Blaue Wiener, Hasenkaninchen, Havanna, Angora, Chinchilla, [...] Die Beschreibung der neuen Rasse erweckte mein lebhaftes Interesse, und durch die Freundlichkeit des Herrn Thomsen konnte ich denn auch unmittelbar nach Erscheinen seines Aufsatzes einen Marder-Rammler (♂ 859 in meinen Büchern) von ihm erwerben. [...]
Da ich im April 1926 eine längere Reise nach Amerika antrat, war es mir nicht mehr möglich, die Analyse des Marderkaninchens selbst durchzuführen, und so überließ ich diese Herrn Koßwig, der während meiner Abwesenheit auch meine übrigen Versuche fortführte[46]*. [...] Nach meiner Rückkehr im Sommer 1927 habe ich dann die Versuche wieder übernommen, [...]*
Weitere Marder, die weder mit den Thomsenschen Tieren noch mit den unserigen etwas zu tun hatten, entdeckte ich dann im Winter 1926/27 im Rockefeller Institute in New York. [...]“[47](S. 77-79)

„The former I believe to be identical with Castle´s (1926) „pale“ and the German „Marder“. A direct comparison with the latter has been made possible by the use of a Marder buck, placed at my disposal by Dr. Castle. It was generously sent to him at his request by Dr. Nachtsheim, and was brought to this country by Dr. Walter Landauer in September 1930.“[48](S. 20)

Siehe auch: Kaninchenrassen.

Zur Vererbung

In seinem Brief an C. Wren vom 16. Juli 1683 zeigte A. van Leeuwenhoek, dass er sich der Dominanz der Wildfarbigkeit (A/_, G/_) gegenüber Albinismus (a/a) sowie Nicht-Wildfarbigkeit (g/g) durchaus schon bewusst war: *„In order to cause these white rabbits to have grey young, [...] they mate a grey buck with the white does. This grey buck [...] is mated not only with white, but also with piebald, bleu and black does, and all the young issuing from this, take their father's grey colour; and, indeed, it has never been seen that any such young rabbit had a single white hair or any other hair than grey.“*.[49)](S. 69-71)
Aber erst nach der Wiederentdeckung der Mendelschen Vererbungsregeln um 1900 wurde dieses Wissen zielgerichtet genutzt. So berichtete der Genetiker W. E. Castle (1903)[50)] im Rahmen von ersten, klassischen Zuchtexperimenten über einen rezessiven Vererbungsmodus des Albinismus: *„During the last few months I have been able to demonstrate experimentally that albinism is a recessive character in rabbits.“*.

„Castle showed in 1905 that the pure white type of albino rabbit is allelomorphic to the Himalayan type with pigmented extremities, and Sturtevant (1913)[51)] used this case as an argument in favor of the view that a unit character can have more than two allelomorphic forms (dominant and recessive), since full color, complete albinism and Himalayan albinism form a series of triple allelomorphs.“[52)]; siehe auch Castle *et al*., 1909[53)] (Vollpigmentiert, russenfarbig, albino).

„Den Nachweis, daß das Chinchilla in die Albinoserie hineingehört, erbrachte als erster Castle (5) [1921]. *Ihm gelang dann weiterhin die Feststellung, daß in dem Chinchilla der Züchter zwei verschiedene Faktoren vorkommen, die Allele sind. [...]*
Mancherlei scheint mir allerdings darauf hinzudeuten, daß der Chinchillafaktor einen labileren Zustand des Gens darstellt als die Faktoren A, a und a_n, daß er mit anderen Worten öfter mutiert.“[54)](S. 76-77)

„Tyrosinase dagegen hat bisher im unpigmentierten Fell nicht gefunden werden können.“[55)](S. 103) (siehe auch Onslow, 1915[56)])

Reversion des Chinchilla-Allels

„Marchlewski (1934)[57)] has observed what appear to be two cases of reverse mutation from one of the chinchilla genes (probably c^{ch2}) to full color. The first, a castorrex, arose from purebred chinchilla rex parents. Crossed with chinchilla or albino females it gave a 1:1 ratio of full color agoutis and chinchillas, demonstrating its constitution to be Cc^{ch2}. In another closely related line, the F_2 progeny from a cross of chinchilla rex by white (cc) angora contained two full yellows. Mating one of these with normal-haired pure chinchillas or to triple recessive chinchilla males also gave a 1:1 ratio of full colored and chinchillas. Because reverse mutations are usually rare, the fact that (as Marchlewski points out) both of these cases occurred from related animals, and in a population of less than 500, suggests that these observations may be of further significance. Since the C gene in the rabbit has mutated at least 5 times, this observation may indicate that, at least under certain circumstances, it is a relatively unstable locus.“[58)](S. 185) (Nomenklatur)

Dominanzverhalten und Pigment-Ausprägung

Tabelle 2: Dominanzverhalten zwischen Allelen des A-Lokus und Pigment-Ausprägung für die verschiedenen Kombinationen – nach Robinson, 1958[59](S. 239; ausgehend von Sawin 1932a[60], b[61], siehe auch Koßwig 1927[62] und Nachtsheim 1929[63], Abbildung 1); angepasst gemäß Fontanesi, 2021[64](S. 90)

Genotyp	Eumelanin-Level	Phäomelanin-Level	Farbe Pupille	Farbe Iris	Fellhaarfarbe
A/_	++++	+++	Sehr dunkel/ schwarz	Braun	Vollpigmentiert
a^{chi}/a^{chi}, a^{chi}/a^{n}, a^{chi}/a	++++	+ (Rückenlinie)	Sehr dunkel/ schwarz	Blau durchwachsen	Chinchillafarbig
a^{chi}/a^{d}, a^{chi}/a^{m}	++++	+ (Rückenlinie)	Sehr dunkel/ schwarz	Braun	Chinchillafarbig
a^{d}/a^{d}, a^{d}/a^{m}	+++ (Leicht sepia)	Nicht vorhanden	Rötlich-schwarz	Braun	(Dunkel-marderfarbig?)
a^{d}/a^{n}, a^{d}/a, a^{m}/a^{m}	++ (Sepia)	Nicht vorhanden	Rot	Braun	Dunkel-marderfarbig
a^{m}/a^{n}, a^{m}/a	++ (Blass sepia)	Nicht vorhanden	Rot	Braun	Typ-marderfarbig
a^{n}/a^{n}, a^{n}/a	++ (Extremitäten)	Nicht vorhanden	Pink	Weiß	Russenfarbig
a/a	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Pink	Weiß	Weiß

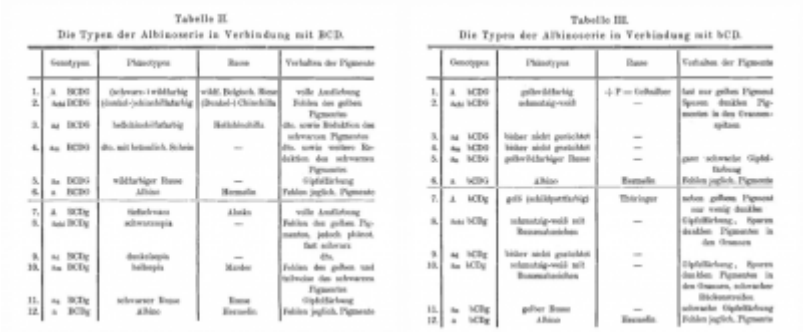


Abb. 1: Die Typen der Albinoserie in Verbindung mit BCD (Tabelle II.) und bCD (Tabelle III.); aus Nachtsheim, 1929

Weitere Formen des Albinismus

Okulärer Albinismus

- Magnussen (1952[65]], 1954[66]]) berichtete über eine Mutation („ra“; engl. *red-eye, re*), die bei Homozygotie zu einer stark verringerten und verzögerten Pigmentbildung im Auge (rote Pupillen, milchig-blaue Iris bei adulten Tieren), sowie aufgehelltem Nackenhaar führte, und die unabhängig von Albino-, Agouti- und Vienna-White-Loki vererbt wurde.[67](S. 252-253)[68](S. 14)

> *„Ein erblicher isolierter Augenalbinismus beim Kaninchen wurde zum ersten Mal 1949 bei einem Bremer Chinchillastamm beobachtet*[69)]*. Die im Fell voll pigmentierten Tiere haben in den ersten Monaten alle rein rot wirkende Augen, in denen sich langsam etwas Pigment entwickeln kann, so daß die Iris bei manchen älteren Tieren bläulich oder schwach hellbräunlich wirken kann, und zwar besonders bei den am stärksten pigmentierten Rassen. Die Pupille bleibt bei allen Tieren rot. Wie histologische Untersuchungen zeigten*[70)71)]*, ist besonders das ektodermale (retinale) Pigment betroffen, während sich mesodermales in geringem Maße entwickeln kann, vor allem in der vorderen Grenzschicht der Iris und in seitlichen Bezirken der Chorioides am Bulbus (besonders in Celodalpräparaten gut zu beobachten).*
> *[…]*
> *Das Gen „ra“ (rotäugig) beim Kaninchen liegt dagegen nicht im x-Chromosom. Das Merkmal vererbt sich einfach recessiv (autosomal*[72)]*). Es ist unabhängig von der Anlage für totalen Albinismus, denn Kreuzungen reinerbiger ra-Tiere mit Albinos (Gen a) ergaben pigmentierte braunäugige Nachkommen. Durch Kombination des Gens ra, das das ektodermale Pigment unterdrückt, mit dem Gen x, das das mesodermale Pigment vollständig hemmt (Weiße Wiener mit blauen Augen: Irisstroma, Chorioides und Fell pigmentfrei) entstehen Tiere, die im Auge und im Fell pigmentlos sind und daher wie echte Albinos aussehen, obgleich sie kein Albino-Gen (a oder a^n) besitzen, sondern nur 2 Gene x und 2 Gene ra. Auch diese „Albinos“ geben, mit echten Albinos bzw. Russenkaninchen gekreuzt, pigmentierte Nachkommen mit teils blauen, teils braunen Augen*[73)]*.“*[74)](S. 502-503)

- Lutino (gehemmte Eumelanin-Synthese; beobachtet und weitergezüchtet in Dänemark, 1985)

Gesundheitliche Bedeutung des Albinismus

Okulokutaner Albinismus resultiert bei Säugetieren neben einer gestörten Pigmentierung von Haut, Haaren und Augen in einer veränderten Organisation des visuellen Systems. Bei verschiedenen Albino-Tiermodellen sind eine verringerte Stäbchenzahl (Mäuse, Frettchen), eine unterentwickelte zentrale Netzhaut (Mäuse, Frettchen, Kaninchen) oder fehlgeleitete Sehnervenfasern (Mäuse, Katzen) bekannt.[75)]

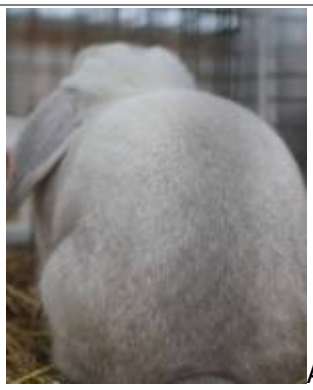
Nervenfasern, die Sehinformation aus der Netzhaut an bestimmte Areale des Gehirns vermitteln, werden als Sehbahn bezeichnet. Sanderson, 1975[76)] stellte auch bei Kaninchen mit fehlendem Netzhaut-Melanin (5x russenfarbig, 2x Albino) Abnormalitäten der Sehbahn fest. Zum Vergleich wurden wild- (5x) und chinchillafarbige (4x) Tiere – mit normal ausgeprägter Sehbahn – herangezogen.

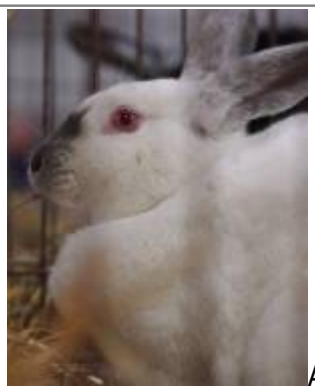
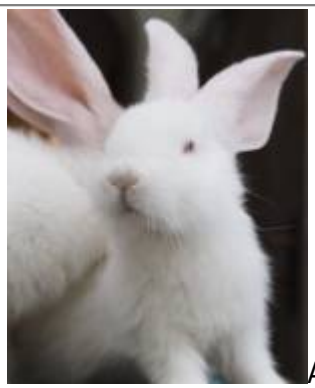
Collewijn *et al*., 1978[77)] beschrieben eine Störung des okulomotorischen, d.h. die Augenbewegung betreffenden, Systems, bzw. einen horizontalen Nystagmus bei Albinos (5x *New Zealand White*, 4x *„Polish“ albino*), deren Gesichtsfeld künstlich eingeschränkt oder zusätzlich visuellen Bewegungssignalen ausgesetzt wurde. Diese Auffälligkeit sei möglicherweise erklärbar durch Veränderungen der Sehbahn. Abschließend wurde angemerkt, dass die Auswirkungen einer veränderten Sehbahn auf die okulomotorische Kontrolle bei anderen Arten, wie Katzen oder Menschen, weitreichender sein könnten.

Jeffery *et al*., 1997[78)] beobachteten bei albinotischen Kaninchen (ZIKA, 3x), in Übereinstimmung mit früheren Studien, eine deutlich reduzierte Ganglienzelldichte im Bereich des horizontalen retinalen Sehstreifens, während bei transgenen (funktionelles Maus-Tyrosinase-Gen), pigmentierten ZIKA-Kaninchen (3x) eine Korrektur, d.h. eine normale Zelldichte nachgewiesen wurde.

Donatien *et al*., 2002[79)] konnten keinen einfachen Zusammenhang zwischen dem Grad der Pigmentierung und der Ganglienzelldichte im Bereich des retinalen Sehstreifens feststellen (verwendet wurden: Holländer, 3x – vollpigmentiert; Champagne Argenté, 4x – leicht reduzierte Pigmentierung der Augen; Deutsche Riesen, chinchillafarbig (?), 4x, und Weiße Wiener, 2x – deutlich reduzierte Pigmentierung der Augen; Zika, 2x, und Weiße Neuseeländer, 2x).

Phänotypen (Beispiele)

<table>
<tr><td>Chinchillafarbig</td><td>Abb. 1: Zwergwidder chinchillafarbig-weiß (achi_Kk) ©KH</td></tr>
<tr><td>Schwarzgrannenfarbig</td><td>Abb. 3: Zwergwidder schwarzgrannenfarbig (achi_bb) ©KH</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Marder-/ Siamesenfarbig</td><td>Abb. 4: Zwergwidder siamesenfarbig gelb (amanbbgg) ©KH</td></tr>
<tr><td>Abb. 5: Siamesen blau (amanbbddgg) ©KH</td></tr>
</table>

Russenfarbig	 Abb. 6: Russen schwarz-weiß (an_gg) ©KH
	 Abb. 7: Kalifornier blau-weiß (an_ddgg) ©KH
Albino/ weiß Rotauge (RA)	 Abb. 8: Riesen weiß RA (aa), Jungtiere ©KH

18 7 2770

1) , 2) , 4) , 6) , 9) , 12) , 15) , 19) , 21) , 25)
Aigner, B., Besenfelder, U., Müller, M., & Brem, G. 2000. Tyrosinase gene variants in different rabbit strains. Mammalian Genome, 11(8).
3) , 5) , 7) , 11) , 13) , 16) , 20) , 22) , 26)
Utzeri, V. J., Ribani, A., Schiavo, G., & Fontanesi, L. 2021. Describing variability in the tyrosinase (TYR) gene, the albino coat colour locus, in domestic and wild European rabbits. Italian Journal of Animal Science, 20(1), 181-187.
8) , 45)
Peist, I., & Migdał, Ł. 2023. Sable rabbits - phenotypic characteristics and history of breeds development. Rocz. Nauk. Zoot., Vol. 50, no. 1.
10) , 18)
Jiang, Y. L., Fan, X. Z., Lu, Z. X., Tang, H., Xu, J. Q., & Du, L. X. 2002. Detection of 881A→ 881G mutation in tyrosinase gene and associations with the Black ear Coat Color in rabbits. Asian-australasian journal of animal sciences, 15(10), 1395-1397.
14) , 17)
Demars, J., Labrune, Y., Iannuccelli, N., Deshayes, A., Leroux, S., Gilbert, H., ... & Riquet, J. 2022. A genome-wide epistatic network underlies the molecular architecture of continuous color variation of

body extremities. Genomics, 114(3), 110361.
23)

Song, Y., Zhang, Y., Chen, M., Deng, J., Sui, T., Lai, L., & Li, Z. 2018. Functional validation of the albinism-associated tyrosinase T373K SNP by CRISPR/Cas9-mediated homology-directed repair (HDR) in rabbits. EBioMedicine, 36, 517-525.
24)

Ibrahim, N., & Eldesoky, S. M. (2026). Sequential Development of Albino Rabbit Iris During Fetal and Postnatal Life: Histological, Ultrastructural, and Immunohistochemical Investigations. Microscopy and Microanalysis, 32(2), ozag015.
27) , 59) , 67)

Robinson, R. 1958. Genetic studies of the rabbit. Bibl. Genet. 1958, 17, 229–558.
28) , 29) , 44)

Nachtsheim, H., & Stengel, H. 1977. Vom Wildtier zum Haustier. 3. Auflage. Berlin, Hamburg: Paul Parey. ISBN 3-489- 60636-1.
30)

Darwin, C. 1868. The Variation of Animals and Plants under Domestication. Vol.1. London: John Murray, Albemarle Street.
31)

Möbes, W. K. G. 1946. Bibliographie des Kaninchens nebst Anhang. I. Das Frettchen. II. Das Meerschweinchen. Bd. 1. Akademischer Verlag Halle.
32) , 38)

Poppe, J., & Wischer, M. (1949). Starke, Praktische Kaninchenzucht. Ausführliches Lehrbuch der Haltung, Zucht und Nutzung des Hauskaninchens für Studierende und Züchter. Dreizehnte Auflage. Leipzig: Dr. F. Poppe. Radebeul und Berlin: Neumann-Verlag.
33)

Pap, E. 1921. Über Vererbung von Farbe und Zeichnung bei dem Kaninchen. Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre, 26(3), 185-270.
34) , 36) , 39) , 42) , 47) , 54) , 63)

Nachtsheim, H. (1929). Die Entstehung der Kaninchenrassen im Lichte ihrer Genetik. Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie einschließlich Tierernährung, 14(1), 53-109.
35)

Hagedoorn, A. L. (1912). The Genetic Factors in the Development of the Housemouse, which Influence the Coat Colour, with Notes on such Genetic Factors in the Development of the other Rodents. Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre 6, 97-137.
37) , 43)

Joppich, F. 1969. Das Kaninchen. Vierte, ergänzte Auflage. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
40) , 48) , 61)

Sawin, P.B. (1932). Albino allelomorphs of the rabbit with special reference to blue-eyed chinchilla and its variations. In: Contributions to the genetics of the domestic rabbit. Carn. Inst. Wash. 427. Online, https://www.biodiversitylibrary.org/item/320584
41)

Castle, W. E. (1924). Some varieties of white rabbits. Journal of Heredity, 15(5), 211-219.
46) , 62)

Koßwig C. (1927). Über die Vererbung und Bildung von Pigment bei Kaninchenrassen. Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre, 45(1), 368–401.
49)

Leeuwenhoek, A. van 1663. Alle de brieven. Deel 4: 1683-1684. N.V. Swets & Zeitlinger, Amsterdam 1952. Digitale Bibliotheek voor de Nederlandse Letteren.
50)

Castle, W. E. 1903. Note on Mr. Farabee's observations. Science, 17(419), 75-76.
51)

Sturtevant, A. H. (1913). The Himalayan rabbit case, with some considerations on multiple

allelomorphs. The American Naturalist , 47 (556), 234-239.
52)

Sawin, P.B. (1932). Albino allelomorphs of the rabbit with special reference to blue-eyed chinchilla and its variations. In: Contributions to the genetics of the domestic rabbit. Carn. lnst. Wash. 427. Online, https://www.biodiversitylibrary.org/item/320584
53)

Castle, W. E., Walter, H. E., Mullenix, R. C., & Cobb, S. 1909. Studies of inheritance in rabbits. Carnegie Institution of Washington. Publication no. 114.
55)

Koßwig, C. (1926). Die Vererbung von Farbe und Zeichnung bei Nagetieren. Zeitschr. f. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie, 5, 101-129.
56)

Onslow, H. (1915). A contribution to our knowledge of the chemistry of coat-colour in animals and of dominant and recessive whiteness. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character, 89(609), 36-58.
57)

Marchlewski, T. (1934). Reverse mutations in color factors in the rabbit. J. Genet. 29, 153-157.
58)

Sawin, P. B. (1955). Recent genetics of the domestic rabbit. Advances in Genetics, 7, 183-226.
60)

Sawin, P. B. (1932). Hereditary variation of the chinchilla rabbit: In coat and eye color. Journal of Heredity, 23(1), 39-46.
64)

Fontanesi, L. 2021. Genetics and molecular genetics of coat colour in the European rabbit. In: The genetics and genomics of the rabbit (pp. 84-103). Wallingford UK: CABI. ISBN: 9 781 78064 3342.
65), 69), 70), 72)

Magnussen, K. (1952). Beitrag zur Genetik und Histologie eines isolierten Augenalbinismus beim Kaninchen I. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie 44, 127-135.
66), 73)

Magnussen, K. (1954). Beitrag zur Genetik und Histologie eines isolierten Augenalbinismus beim Kaninchen II. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie 46, 24-29.
68)

Fox, R. R. 1994. Taxonomy and Genetics. In: Manning, P. J.; Ringler, D. H. & Newcomer, C. E. (Eds): The Biology of the Laboratory Rabbit. 2nd. Ed. San Diego : Academic Press. ISBN: 0124692354. S. 1-26.
71)

Magnussen, K. (1959). Beitrag zur Genetik und Histologie eines isolierten Augenalbinismus beim Kaninchen IV. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie 50, 103-120.
74)

Magnussen, K. (1960). Erblicher isolierter Augenalbinismus mit Nystagmus und Kopfpendeln beim Kaninchen im Vergleich mit den entsprechenden Anomalien beim Menschen. Albrecht von Graefes Archiv für Ophthalmologie, 161(5), 502-518.
75), 78)

Jeffery, G., Brem, G., & Montoliu, L. 1997. Correction of retinal abnormalities found in albinism by introduction of a functional tyrosinase gene in transgenic mice and rabbits. Developmental brain research, 99(1), 95-102.
76)

Sanderson, K. J. 1975. Retinogeniculate projections in the rabbits of the albino allelomorphic series. Journal of Comparative Neurology, 159(1), 15-27.
77)

Collewijn, H., Winterson, B. J., & Dubois, M. F. 1978. Optokinetic eye movements in albino rabbits: inversion in anterior visual field. Science, 199(4335), 1351-1353.
79)

Donatien, P., Aigner, B., & Jeffery, G. 2002. Variations in cell density in the ganglion cell layer of the

retina as a function of ocular pigmentation. European Journal of Neuroscience, 15(10), 1597-1602.

From:
https://wikikanin.de/ - **Wikikanin**

Permanent link:
https://wikikanin.de/doku.php?id=genetik:haarfarbe_tyr&rev=1792155779

Last update: **2026/10/16 15:02**