

# Farvegenetik hos katte

## Kattegenetik baseret på farver og mønstre

Tekst og foto: Ole Amstrup

### Den oprindelige genetik

Jeg vil tage udgangspunkt i den "oprindelige genetik" hos *Felis Silvestris Lybica* og ud fra det starte med at forklare nogle grundlæggende forhold omkring dannelse af farver og mønstre hos den oprindelige kat.

*Felis Sylvestria Lybic* er en sortpletet/makrel tabby kat helt uden ændringer i genetikken.

Hvis vi med udgangspunkt i fig. 1 (se sidste nummer) prøver at opstille en

genetisk kode for den oprindelige kat, ville den se sådan ud:

*AA BB CC DD EE GIGI ii LL McMc ss tata ww xy/xx* (her er ikke medtaget *rex* og *hårløse gener*)

### Farvedannelsen i de enkelte hår

Det der giver farven/mønstret på katten er bestemt af to forskellige farvepigmenter, og af et tabbymønster der fremstår på en agouti baggrund (et område bestående af ens tickede hår).

Eumelanin er det ene farvepigment, og det giver den sorte farve og phaomelanin er det andet, som giver de gule / røde nuancer.

Disse melaniner (farvepigmenter) bliver placeret i de enkelte hår i takt med, at de enkelte hår vokser. Pigmentet dannes i melanocyterne, der er i hver enkelt hårsæk, og som er "programmeret" til, hvornår og hvor meget der skal produceres af de forskellige typer melanin. Denne variation styres af opbyggelse af et protein i melanocyterne, som kan "slukke"/nedsætte for produktionen af eumelanin, hvorved phaomelaninet bliver mere synligt, og dermed danne bånd på håret.

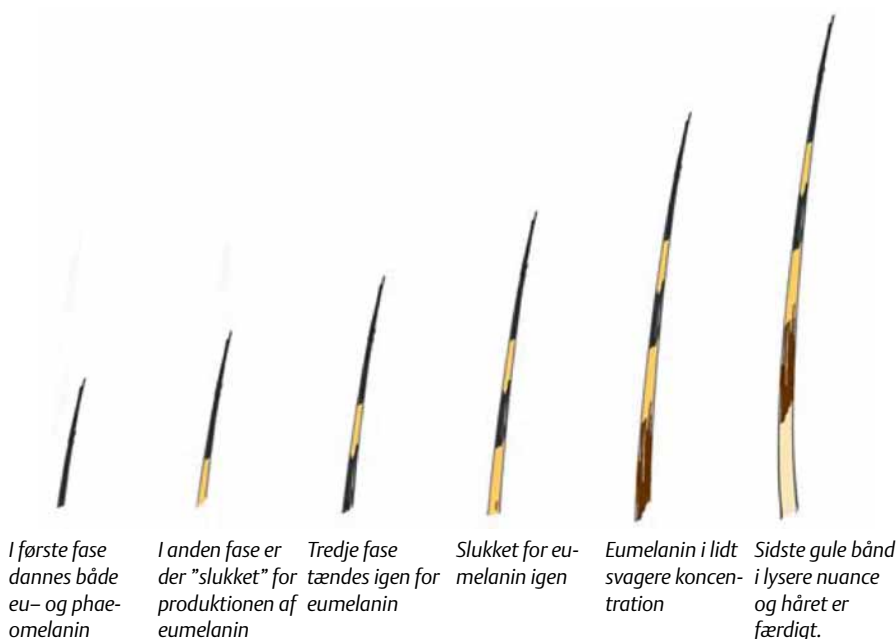


Fig. 2 En forenklet skitse af et normalt hårs tilvækst og dannelse af farve

Det vil sige, når håret begynder at vokse, dannes der både eu – og phaeomelanin. Når håret er vokset et stykke tid, er der opbygget så meget af et blokerende stof, at produktionen af eumelanin (det sorte pigment) standser, og produktionen af farvepigmenter nedsættes – eumelaninen nedsættes til ingenting, og en reduceret mængde phaeomelanin produceres. Det gør, at der dannes et lysere og gulligt/rødt bånd på håret, hvor kun phaeomelaninet kan ses. Efter at håret er vokset endnu et stykke, tændes der igen for eumelanin processen, og der dannes endnu et sort bånd på håret. (se skitse på fig. 2)

Det er en almindeligt forekommende evne hos pattedyr at producere agouti hår, og navnet agouti stammer da også fra et lille Sydamerikansk dyr.

Disse agouti hår danner tilsammen den agouti baggrund på katten, hvorpå tabbymønstret bliver vist.

Hos kattene er der dog en egenskab, der er speciel. I modsætning til andre pattedyr med agouti pelsfarve har kattene et tabbymønster, der producerer mørkere striber og pletter på den agouti baggrund.

I tabbymønstret på katten er melanocytterne specielle, og agoutiproteinet mister/eller får nedsat sin evne til at nedsætte produktionen af eumelanin. Det betyder, at der produceres mere eumelanin i de enkelte hår i tabbymønstret, så de fremstår i en mørkere nuance agouti end baggrunden, eller måske ligefrem med helt ensfarvede hår.

Det der giver variationen i tabbymønstret er, at der er "tændt" længere tid for produktionen af det sorte pigment i tabbymønstret, og endda i nogle områder er der "tændt" i hele hårets vokseperiode, og håret bliver så helt sort. (se Fig. 3)

Det der styrer tiden, hvor der produceres sort pigment (eumelanin), kan påvirkes ved udvælgelse (under indflydelse af polygener). Det har naturen ordnet sådan, at der kan ske variationer og tilpasninger af tabbymønstret.

**Kattene har et tabbymønster, der producerer mørkere striber og pletter på den agouti baggrund**

Men også intensiteten eller mængden af phaeomelanin kan ændres ved selektion og resultere i, at der kan være rigtig meget variation i farven på den normalt sorttabby kat.

Hvis vi bevæger os over i farveintensiteten, eller hvor varm eller kold farven

på kattene er, er det også styret af flere forskellige gener (polygener), og det er ikke muligt at vælge et bestemt gen ud, der giver de varme farver i tabbymønstrede katte.

Vi kan se dette i den variation, der er mellem en vildtfarvet abyssinier og en normalt sortpletet orientaler helt uden den varme glød. Det er ikke noget, der er bestemt af abyssinierens mønster, men et sæt af polygener der giver denne variation (se fig. 4. og eksempel i afsnittet om polygener).

Denne opbygning af de enkelte hår er grundstrukturen på katten. Forskellige mutationer med forskellige påvirkninger har så gennem tiden ændret på farve og mønster på Felis Catus, og i næste afsnit vil jeg komme ind på, hvilke mutationer der er sket og, hvordan de



Billed 3 – Agouti (*Dasyprocta leporina*) – kan ses i Randers regnskov.



Fig. 3 På denne skitse kan man forestille sig, at de tidsperioder, hvor der produceres sort farvepigment (eumelanin) varierer i længde. I håret længst til venstre er der "tændt" i hele hårets voksetid, mens håret i midten kun er "tændt" i lidt længere tid end i det normale agouti hår.



Bellamis' Funky Frida, OSH n 24 Foto Dorte Kaae



Difference's Bella Dona, ABY n. Foto: Jette Kongensgaard.



Fig. 4. Denne skitse prøver at illustrere, hvordan intensiteten eller mængden af phaeomelanin kan variere. Denne variation skyldes polygener og kan påvirkes gennem selektion/udvælgelse.

Eksemplet længst til venstre kunne være en koldtfarvet orientaler, og eksemplet til højre en varmt farvet vildtfarvet abyssinier.

påvirker produktionen af farvepigmenter (melaniner).

### Phaeomelanin

Phaeomelanin er én type pigmentkorn. Der er indtil nu ikke konstateret en mutation, der ved påvirkning af et enkelt gen ændrer på dette!

Dette melanin består af farvekorn, der kan variere utroligt meget i udtrykket – lige fra at være lys gullig til at være mørk orange. Se fig. 4

Der er ikke nogen enkel forklaring på denne variation, men som jeg har beskrevet ovenfor, så er det sådan, at når noget kan ændres ved selektion, så er det bestemt af polygenetiske faktorer. (se senere afsnit)

Mængden eller intensiteten af phaeomelaninet kan påvirkes gennem selektion, så den variation der opstår i de varme farver (lige fra vildtfarvet abyssinier til en kold sortpletlet orientaler) kan påvirkes.

Men groft sagt kan vi sige, at phaeome-

laninet giver grundfarven på det enkelte hår – altså de varme farver, men at variationen i fremtoningen er utrolig variabel!

Variationerne i produktionen af phaeomelanin skyldes ikke et enkelt gen! Den eneste mutation der påvirker produktionen af phaeomelanin specielt, er silver der helt slukker for produktionen af den røde farve. (se senere afsnit).

### Mutationerne

Når man ser på de mutationer, der er sket i farve og mønsterdannelsen hos katten, kan de deles op i forskellige sektioner.

Vi kan dele disse mutationer op i forskellige grupper:

- ændringer der har med produktionen af melanin/pigmentkorn at gøre.
- ændringer af tabbymønstret
- undertrykkelse af dannelsen af pigmenter (hvidt)
- reduktion i dannelsen af pigmenter (albinoserien)
- ændringer i pelslængde og struktur

<b>Melaniner / pigmentkorn</b>		
Betegnelse	Mutation	Ændring af produktionen af eumelanin og phaeomelanin
A / a	[ a a ]	Forårsager en overproduktion af eumelanin. Katten fremtræder ensfarvet / non-agouti
B / b / bl	[ b b ] [ b b <sub>l</sub> ]	Ændrer formen på eumelaninets pigmentkorn, så katten ændrer farve fra sort til chokolade – pigmentkornene ændrer form fra runde til ovale.
	[ b <sub>l</sub> b <sub>l</sub> ]	Ændrer formen på eumelaninet, så katten ændrer farve til cinnamon – pigmentkornenes bliver stavformede.
D / d	[ d d ]	Ændrer fordelingen af pigmentkorn – katten fremtræder blå / lilla / fawn / creme
E / e	[ e e ]	Amber – forårsager gradvis udskiftning af eumelanin med phaomelanin
I / i	[ I I ] [ I i ]	Undertrykker/fjerner produktionen af phaomelanin – giver silver / smoke
Wb / wb	[ Wb Wb ] [ Wb wb ]	Øger dannelsen af ”agouti proteinet”, som reducerer dannelsen af eumelanin til den yderste del af håret og efterlader resten som et bredt bånd. (dette gen er ikke endeligt bekræftet)
x / xo	[ x <sub>o</sub> x <sub>o</sub> ] [ x <sub>o</sub> y ]	Undertrykker produktionen af eumelanin og efterlader kun phaeomelanin synlig

blev deponeret phaeomelanin, bliver der nu deponeret eumelanin (sorte pigmentkorn). Det vil sige, at hele katten vil fremstå som ensfarvet sort – men der er stadig en variation i de enkelte hår – strukturen i håret er der stadig!! – og i mange tilfælde kan man stadig se det ”bagvedliggende” tabbymønster som et ”spøgelsesmønster” også kaldet ghost markings.

Denne mutation er også velkendt fra andre kattedyr, og jaguaren, leoparden osv. har tilsvarende mutationer, som har klaret sig i den vilde tilstand. Hos disse katte kaldes denne variant ofte, at katten er melanistisk. (eks. Panter).

Populær sagt kan man sige at denne mutation i homozygot tilstand [ a a ], slukker for tabbymønsteret på katten, så den blive ensfarvet. Hvis der er et gen af den oprindelige type tilbage, vil tabbymønsteret kunne ses. Den oprindelige genetik dominerer altså over mutationen.



I de efterfølgende afsnit vil jeg prøve at komme nærmere ind på hver enkelt gruppe, og også kæde dem lidt sammen.

Desuden vil jeg kort komme ind på de mutationer, der kan komme på tale vedrørende racer, der er anerkendt i andre organisationer, og som også står på FIFes liste over ”Ikke godkendte racer med foreløbige forkortelser (EMS koder)”. Det er specielt vedrørende hårstrukturen – rex pels og wirehair.

**Dannelsen af eumelanin og mutationer der påvirker dette.**

### **[ A ]/[ a ] Agouti / non-agouti**

Den første mutation der formodentlig er opstået, er mutation i genet, som kaldes A (agouti).

A er den oprindelige (dominante) variation af dette gen, og gør, at det er den normale produktion af eumelanin.

Altså at pigmentet dannes i håret som bånd, hvor eumelaninen skiftevis dannes og ikke dannes, og hvor grundfarven er phaeomelaninet som beskrevet tidligere.

Mutationen/ændringen af dette gen er recessivt og betegnes med [ a ]. Det betyder, at dette gen skal være til stede fra både faren og moren, og altså kun kan ses, når katten er homozygot – d.v.s. bærer to af dette gen.

Denne variation påvirker produktionen i melanocytterne, sådan at der ikke sker en afbrydelse i dannelsen af eumelanin, og derfor vil den sorte farve (eller chokolade eller cinnamon) være fordelt ens i hele håret. Dannelsen af phaeomelanin følger den normale procedure og varierer som i det normale hår.

Variationen kaldes non-agouti, da det medfører, at de agouti hår blive ensfarvede, og de områder, hvor der ellers kun



## Eumelanin pigmentkornenes form og betydning for farven




[BB]		
[Bb]	Sort	
[B b <sub>1</sub> ]		
[ b b ]	Chokolade	
[ b b <sub>1</sub> ]		
[ b <sub>1</sub> b <sub>1</sub> ]	Cinnamon	

Fig. 5. Det er faconen, der ændrer udtrykket af farven – lyset brydes på en anden måde i chokolade og cinnamon pigmenterede hår, end det gør i hår med pigmentet i den oprindelige form.

### [ B ]/[ b ]/[ b<sub>1</sub> ] Sort med mutationerne til chokolade og cinnamon

#### [ B ] – sort

Sort er den oprindelige form for eumelanin. Farven fremkommer, når formen af eumelaninets pigmentkorn er rundt eller kugleformet. Fig. 5

Man har valgt at betegne dette gen med et stort B, som indikerer, at dette er den dominante variation af dette gen. Dominansen af den sorte er fuldstændig. Det vil sige, at der ikke er nogen forskel på en homozygot sort [ B B ] og en heterozygot sort [ B b ].

Alle de oprindelige katte er sorte – eller rettere sorttabby, men mest tydeligt er det nok, når dette gen kombineres med non agouti.

Hos den agouti kat – som jo er den oprindelige form – kan den sorte farve ses, hvor tabbymønstret er helt gennemfarvet – halespidsen er som regel total sort

#### [ b ] – chokolade

Mutationerne der har ændret dette, har påvirket faconen på pigmentkornene, så det fra at være rundt bliver ovalt i fac-

nen (ligesom en amerikansk fodbold), og det vil få håret til at fremstå som chokoladefarvet (brunt) – denne mutation betegner man som [ b ], og den er recessiv overfor den oprindelige facon, og den kræver, som andre recessive gener, to gener for at kunne ses – [ b b ].

Denne variation af B genet er formodentlig kommet til verden i Thailand/ Østasien – eller det område, hvor f.eks. Siameseren, Burmeseren og Koraten oprindeligt stammer fra, og er bragt til Europa sammen med de første siamesere/burmesere. Men selve det at formen på eumelaniet ændrer sig og giver brune nuancer i stedet for sorte, er kendt fra rigtigt mange andre dyr, og det har sågar været muligt på baggrund af formen på de enkelte eumelanin farve korn at kunne bestemme farven på dinosaurs fjer!

Denne variation dominerer igen fuldstændigt over cinnamon og kan bære cinnamon skjult. At en chokolade kat bærer på et skjult cinnamon gen, påvirker ikke på nogen måde farvenuancen af chokolade – farvepigmentets form er stadig ovalt.

#### [ b<sub>1</sub> ] – cinnamon

En anden mutation der påvirker faconen af eumelanin pigmentkornene er cinnamon eller sorrel, som ændrer faconen af pigmentkornene til at være stavformet. Det betyder at farven vil fremstå som cinnamon.

Denne mutation betegnes som [ b<sub>1</sub> ] – ”b light”. Hos Abyssinieren, hvor denne mutation først optræder, ser farven, sammen med Abyssinierens meget varme farve nærmest rød ud, men den har intet at gøre med det, man i katteverdenen, betegner som rød.

Denne variation af B genet er højst sandsynligt opstået inden for Abyssinierne, og har derfra spredt sig til de øvrige racer, der nu findes i denne farve.

Det vil sige, at vi på dette locus har bestemmelsen af de tre grundfarver – sort, chokolade og cinnamon:

Eumelanin pigmentkornenes form og betydning for farven

*Læs mere i tredje udgave af genetikserien i næste nummer af Kattemagasinet.*