



Fotos: Shutterstock og Colourbox

# JAGTEN PÅ HUNDENS OPRINDELSE

De enorme mængder genetiske, arkæologiske og morfologiske data, som forskere i dag har til rådighed, gør det muligt at komme med det indtil dato mest kvalificerede bud på, hvornår mennesker domesticerede ulven og gjorde den til vores bedste ven – hunden.

Om forfatteren  
Af Kristian Sjøgren,  
videnskabsjournalist.  
ksjoegren@gmail.com



DANMARKS FRIE  
FORSKNINGSFOND  
INDEPENDENT RESEARCH  
FUND DENMARK

Artiklen er sponsoreret af Danmarks Frie Forskningsfond | Natur og Univers.

Danmarks Frie Forskningsfond dækker alle videnskabelige hovedområder og uddeler hvert år godt 1 mia. kr. til forskningsprojekter baseret på forskernes egne ideer. Danmarks Frie Forskningsfond består af 84 anerkendte forskere udpeget på baggrund af deres høje faglige kompetence. Formand for Danmarks Frie Forskningsfond | Natur og Univers er professor ved Københavns Universitet, Henrik Grum Kjærgaard. Læs mere på [www.dff.dk](http://www.dff.dk)

Der kan være mange grunde til, at vi mennesker kalder hunden for vores bedste ven. Måske skyldes det deres ubenægtelige loyalitet, deres intelligens, eller måske skyldes det, at hunden var det første dyr, som vi mennesker domesticerede. Hunden har med andre ord levet blandt os i længere tid end heste, grise, køer og får, som de synger i "Jeg en gård mig bygge vil". Det betyder også, at allerede mens vi levede som jæger-samlere, havde vi måske en trofast ven med logrende hale siddende ved vores fødder, når vi tændte op i aftenbålet for at holde nattens farer på afstand.

Fordi hunden er så vigtig en del af vores samtid og vores fortid, har både lægmand og forskere

i århundreder jagtet svaret på spørgsmålet: hvornår ulven egentlig blev til hund. Skete det for 15.000 år siden, eller var det tættere på 40.000 år siden? Skete det kun én gang, eller er det sket flere gange? Svaret på disse spørgsmål kan ikke alene gøre os klogere på, hvordan et mægtigt og frygtet rovdyr som ulven blev til en lavstammet gravhund, men også gøre os klogere på, hvordan vi mennesker har tæmnet naturen til vores egen gevinst. Vores egen udvikling er uløseligt sammenflettet med hundens, og ved at forstå, hvornår (og måske hvordan) vi gjorde ulven til hund, kan vi også bedre forstå vores egen forhistorie og de skridt, som har bragt os fra fortidens overlevelse til i dag at være verdens herskere. Netop svaret på disse spørgsmål har forskere

fra Danmark kastet sig over.

»Det var et definerende øjeblik i vores forhistorie, da vi domesticerede et af de store rovdyr. Derfor har forskere og lægmand også interesseret sig for emnet i så lang tid, som de har, selvom vi i dag faktisk ikke har opnået konsensus om, præcis hvornår (og hvor) i forhistorien at ulven blev domesticeret. Men med nye teknologier er det indenfor de seneste år blevet muligt at opnå ny viden, som vi nu vil integrere til at komme tættere på et endegyldigt svar,« fortæller lektor Christy Hipsley fra Biologisk Institut ved Københavns Universitet.

Christy Hipsley har modtaget en bevilling på næsten tre millioner kroner fra Det Frie Forskningsråd til

én gang for alle at finde ud af, hvornår ulv blev til hund, og hvordan det skete.

### Hvem gjorde ulve til hunde?

Der er mange måder at gå til opgaven at kortlægge hundens forhistorie. Det kan man gøre arkæologisk ved for eksempel at datere grave, hvori hunde er begravet med mennesker. Den ældste af disse grave er 14.200 år gammel og fra Oberkassel i Tyskland, hvor en mand i fyrrerne og en kvinde i tyverne blev begravet med det, som formentlig var parrets kæledyr. Hunden, der blev begravet i Oberkassel, havde karakteristiske hundetræk med et bredere hoved og en kortere snude end en ulv, hvilket tyder på, at hundens oprindelse skal findes mindst før dette tidspunkt i historien.

En anden måde at gå til opgaven på er ved at studere bevarede skeletdele (især kranier) og ændringer i deres form, størrelse mv. mellem ulve, hunde, protohunde og alt ind i mellem for at finde tegn på den proces, der over tusinder af år har forvandlet ulv til hund. Blandt andet har man fundet kranier med hundelignende morfologi dateret tilbage til for mellem 35.000 og 40.000 år siden, hvilket har givet forskere inden for området grå hår i hovedet, da der er markant forskel på de mennesker, som muligvis domesticerede ulven for 40.000 år siden, og de mennesker, som muligvis domesticerede ulven for 15.000 år siden. For 40.000 år siden var hele Europa dækket af en tyk iskappe under den seneste istid, mens isen var så godt som trukket tilbage for 15.000 år siden. Det satte sig ikke bare spor i geografien, men også i de livsvilkår som vores forfædre levede og skulle overleve under.

Moderne røntgen-CT-skannere har gjort det muligt at lave ekstremt præcise kortlægninger af kranier i høj opløsning, og derfor er det i dag muligt at lave meget præcise kortlægninger af de små forandringer i kraniestrukturen på rejsen fra fortiden til nutiden. Det gør, at forskere i dag har meget bedre muligheder



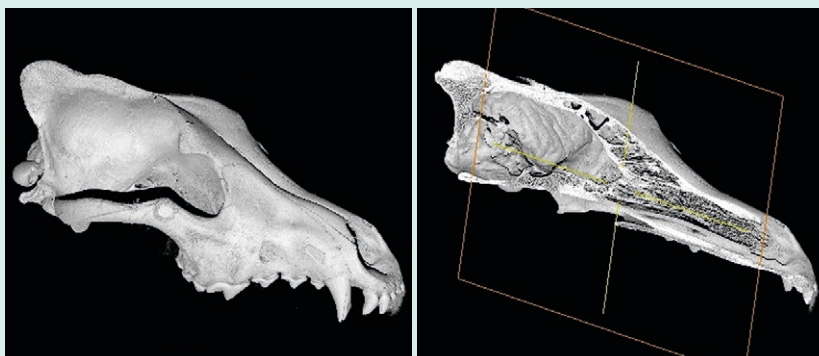
Det indtil nu ældst daterede fund, der beviser menneskets omgang med hunde, stammer fra Oberkassel i Tyskland og er 14.200 år gammelt. Her er en mand i fyrrerne og en kvinde i tyverne er blevet begravet sammen med en hund (skeletresterne øverst til højre), som formentlig har været parrets kæledyr. Foto: Don Hitchcock, donsmaps.com



Foto: AAP Image/Joe Castro

### Om Christy Hipsley

Christy Hipsley er oprindeligt fra USA. Hun tog sin kandidatuddannelse på Lunds Universitet i Sverige, og lavede derefter sin ph.d. på Berlins Naturhistoriske Museum i Tyskland, hvor hun studerede blandt andet fuglesang og krybdyrs evolution. Hun blev interesseret i hundens slægtskab med ulve efter at have arbejdet med den tasmanske pungulv i Australien. Hendes ekspertiseområde er hvirveldyrs evolution, og hun arbejder specifikt med at kvantificere og sammenligne komplekse morfologier i tre dimensioner ved hjælp af røntgen-CT.



Ved hjælp af røntgen-CT (CT står for Computer Tomografi) kan forskere som Christy Hipsley visualisere de interne strukturer i ulve- og hundekranier uden at ødelægge de undersøgte kranier. Den slags "ikke invasive" metoder er af stor værdi i forskningen.



## Hunderacernes oprindelse

I dag er der flere end 400 hunderacer at vælge mellem, når vi skal finde et nyt familiemedlem. Men sådan var det ikke for bare få hundrede år siden, hvor hunde stadig udelukkende blev betragtet som nyttedyr, for eksempel jagthunde eller vagthunde. Først i begyndelsen af 1800-tallet begyndte folk i overklassen systematisk at avle hunde mod bestemte størrelser, farver, hårlængder, udseender og temperamenter. I 1800-tallet opstod også kennelklubber og hundeshows, hvor hunde ikke blev bedømt ud fra, hvad de kunne, men i højere grad ud fra deres udseende.

Med den systematiske avl opstod hunderacer med træk, der er meget forskellige fra deres ulveforfader. En ulv kan som eksempel veje op til 80 kilo, mens en chihuahua ikke vejer mere end tre. En ungarsk fårehund (komondor) ligner mere en gulvmoppe end en ulv, men den enorme og abnorme pels hjælper den med at klare selv de mest barske klimaer. En shar-pei er fremavlet til at have "for meget hud", som hænger i folder i ansigtet og over hele kroppen. Engelske mastiffer kan veje et godt stykke over 100 kilo med eksempler på nogle hunde med en vægt på op imod 150 kilo. Flere hunderacer er avlet til at være ekstremt aggressive og benyttes i hundeslagsmål.

Det er ikke utænkeligt, at mennesker tilbage for tusinder af år siden også ubevidst påvirkede udseende på de hunde, som levede blandt os dengang. Man kan for eksempel forestille sig, at hundens bredere hoved og kortere snude sammenlignet med ulvens er resultatet af selektiv avl, hvor mennesker ud af kuld af hundehvalpe har udvalgt sig dem, som havde netop disse træk og derved adskilte sig en smule fra ulvene. Mennesker har formentlig også udvalgt sig hunde med træk, der var mere forenelige med et liv blandt mennesker, for eksempel mindre aggressiv adfærd og større loyalitet.

Den voldsomme indavl for at skabe moderne hunderacer har dog ikke været uden omkostninger. Blandt andet er det tydeligt, at den genetiske diversitet i moderne hunderacer er mindre end hos hunde for tusinder af år siden. Denne lavere genetiske diversitet og udprægede indavl har ledt til, at nogle hunderacer har voldsomme indavlsproblemer, der går ud over deres livskvalitet. Det er som eksempel ikke sjældent, at schæferhunde har hoftedysplasi, og pekingesere har problemer med at trække vejret. Cavalier king Charles spanieler har ofte cyster i rygmarven, hvilket kan lede til problemer med både det sympatiske og parasympatiske nervesystem.

Et interessante aspekt er også, at alt den diversitet, som vi i dag finder i de mange hunderacer, har eksisteret i ulvene. Ellers kunne det slet ikke fremavles. Spørgsmålet er så, om denne enorme diversitet er unik for ulve, eller om den også findes i andre af de dyr, man kunne have forestillet sig, at mennesker kunne have gjort til vores bedste ven. Hvis mennesker havde valgt at gøre ræve til en del af vores familie, ville vi så i dag have over 400 ræveracer som kæledyr, eller indeholder rævene slet ikke den diversitet, som har gjort det muligt?



Chihuahua

Tjekkoslavisk ulvehund  
Flere hunderacer ligner ulve rigtig meget, og det giver ofte anledning til forvekslinger.



Komondor

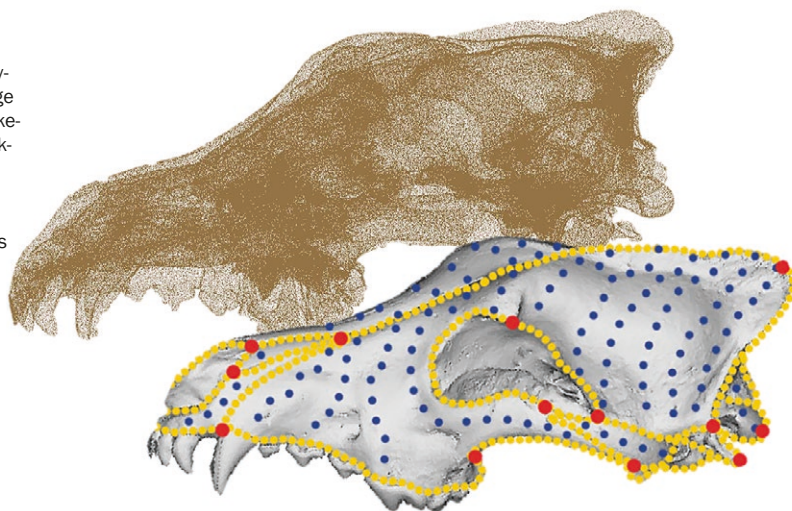


Shar-pei



Mastif

Digitale 3D-modeller af ulvekranier kan analyseres og sammenlignes ved brug af forskellige metoder. På det forreste kranium er der markeret "landemærker" i form af anatomiske punkter (rød), knogle-suturer (gul) og knogle-overflader (blå). I baggrunden er kranie-modellen konverteret til en sky af punkter, der består af millioner af punkter med samme indbyrdes afstand repræsenterende den overordnede form af kraniet.



for at afgøre, om et kranium har tilhørt en hund eller ulv, og hvor det passer ind i den kranie-morfologiske udvikling.

Så er der i dag selvfølgelig også den mulighed, at man kan bruge avancerede genetiske metoder til at kortlægge de genetiske ændringer i ulvens/hundens arvemateriale over tid. Helgenomsekventering har gjort det muligt at kortlægge alle de individuelle byggesten i arvematerialet, hvorved det i dag er muligt at se, hvad der genetisk er forandret i arvematerialet fra ulv til hund og under alle de små skridt ind imellem. Det kræver dog, at man har adgang til genetisk materiale at lave sine analyser på, og det har man ikke altid, når vi snakker om fortidshunde/-ulve, som levede for tusinder af år siden.

Hver metode giver hvert sit svar på, hvor og hvornår hunden så dagens lys, men i Christy Hipsleys forskningsprojekt kombinerer hun data fra alle kilderne for på den måde at komme med det mest kvalificerede bud til dato. Hun har selv lavet CT-skanninger af hundredvis af kranier, ligesom nogle af hendes kollegaer på universitetet har lavet genetiske kortlægninger af flere tusinde moderne hunde, hunde fra fortiden og ulve fra både nutid og fortid.

»Det er ikke sådan, at hunden den ene dag var en ulv og dagen efter var en hund. Ændringerne skete over lang tid, og ved at integrere data fra alle kilderne kan vi identificere signaturen i processen

hen over hele hundens historie og forhistorie. Kigger man kun på data fra én af kilderne, ser man måske ikke hele billedet. Man kan have haft ulve, som opførte sig som hunde, og hunde, som opførte sig som ulve. Små forandringer over tid har gjort hunden til det, som den er i dag, og det er disse små forandringer, som vi kun kan finde ved at kigge i et bredt datamateriale,« forklarer Christy Hipsley.

### Genetiske ændringer gjorde ulve til hunde

Faktisk består hovedparten af det forskningsarbejde, som Christy Hipsley står i spidsen for, ikke af at grave efter protohundeknogler i gamle grave på tværs af Europa eller tunge DNA-analyser i laboratoriet, men derimod af avanceret bioinformatik, der er nutidens guldgraver indenfor avanceret forskning. Bioinformatikere er nutidens guldgravere, som ud fra enorme datasæt og med komplekse computermodeller trækker information, som ellers er gemt for øjet, ud af data. Blandt andet kan forskere på den måde identificere gener, der er unikke for hunde og dermed tydelige tegn på, at knogler fra tilbage i tiden stammer fra en hund og ikke en ulv.

Der findes blandt andet et gen for at kunne fordøje komplekse kulhydrater. Ulve har to kopier af genet for det stivelsesspaltende enzym amylase, men ved den mutations-type der hedder genduplikation har hunde fået 30 udgaver af det gen, hvilket medfører en kraftigt øget evne til at fordøje stivelse.

Årsagen er meget simpelt den, at ulve næsten udelukkende spiser kød, mens hunde kva deres tætte omgang med mennesker har haft fordel af at kunne leve af en mere varieret kost. Hunde kan på den måde fordøje en stivelsesrig kost. Et interessant faktum er, at grønlandske slædehunde faktisk ikke udviklede evnen til at fordøje komplekse kulhydrater, fordi deres kost udelukkende består af kød og fedt svarende til kostvanerne hos de mennesker, som de sameksisterer med. For hunde har livet sammen med mennesker altså betydet tilpasninger, der kan aflæses direkte i deres gener.

»Nogle evolutionære ændringer bliver så vigtige, at det ikke længere bliver muligt at avle hunde med ulve, og det baner vejen for adskillelsen af de to arter. De to arter kan godt få afkom sammen, men de såkaldte hybrider er ikke stærke. I gensekventeringerne har vi da heller ikke set nye bidrag fra ulv hos den grønlandske slædehund.« siger Christy Hipsley.

Kombinerer man de genetiske fund med morfologiske kendetegn, for eksempel den kortere snude og det bredere ansigt, får man et mere klart billede af, hvor et givent fund passer ind i forhistorien, og hvor meget ulv, protohund eller hund dyret var. Så er spørgsmålet blot at sætte alder på fundet.

### Ulve domesticerede sig selv?

Men hvorfor og hvordan gik det egentlig til, at vores forfædre gjorde store kødædende rovdyr til en del af

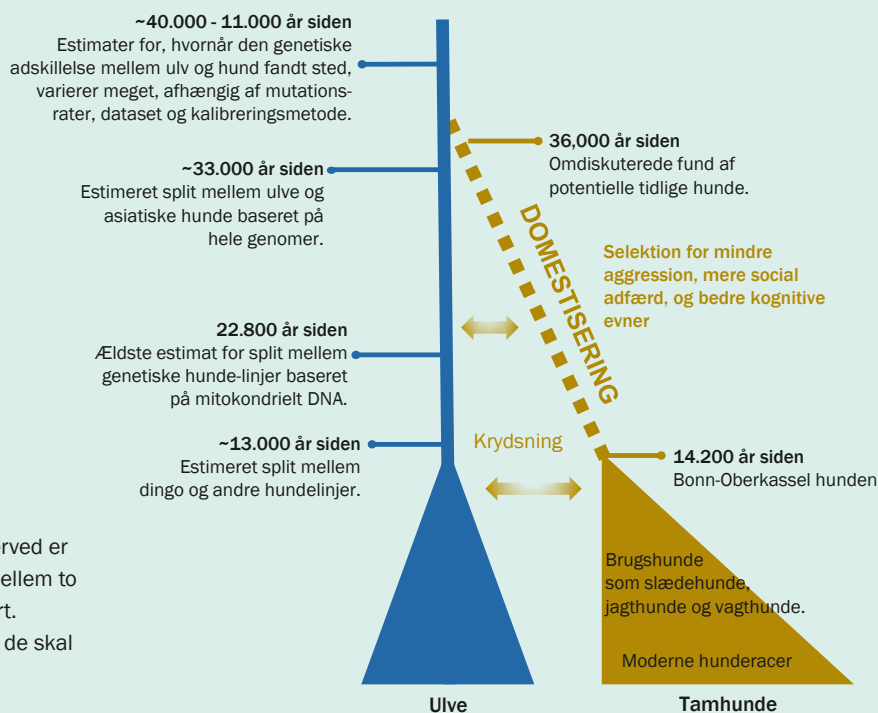
## Sådan kan forskere gå tilbage i genernes fortid

Når forskere skal blive klogere på udviklingen af en given art, benytter de ofte det såkaldte molekylære ur til at finde ud af, hvornår to arter havde en fælles forfader. Det kan være en fælles forfader mellem en hund og en ulv, mellem et menneske og en chimpanse eller for den sags skyld mellem et menneske og en ulv.

Tilgangen er baseret på molekylær genetik og udnytter mutationer i gener over tid til at estimere slægtskabsforhold mellem arter og beregne tidspunkterne for deres opsplitning i evolutionær historie. Det molekylære ur bygger på den grundlæggende antagelse, at mutationer skaber ændringer i organismers gener, og at disse ændringer sker med nogenlunde konstant hastighed. Derved er det muligt at tælle de opståede mutationer mellem to arter og bestemme, hvornår de sidst var én art. Forskere benytter ofte mitokondrielt DNA, når de skal bestemme slægtskabet mellem arter.

For at benytte det molekylære ur, skal det dog først kalibreres, og til det formål skal forskere have DNA fra dyr, som er tidsbestemt med relativ stor nøjagtighed. Ved at koble antallet af mutationer til disse kendte tidspunkter kan forskerne skabe en tidsskala for evolutionære begivenheder.

Når det molekylære ur er kalibreret, kan forskerne analysere DNA-sekvenserne i forskellige organismer og beregne, hvornår de delte en fælles forfader. Jo flere mutationer der er akkumuleret i to arter, desto længere tid er der gået, siden deres sidste fælles forfader levede. Brugen af det molekylære ur har dog nogle udfor-



dringer, herunder variabilitet i mutationsrater og kompleksiteten i organismers evolutionære historie.

Det molekylære ur har alligevel bidraget til vores forståelse af arternes oprindelse, udbredelse og diversitet. Tilgangen bruges også til at studere migrationsmønstre, biogeografi og evolutionære tilpasninger i forskellige økosystemer. Sammenfattende giver det molekylære ur forskere værdifuld indsigt i evolutionære processer og sammenhængen mellem forskellige arter gennem tid. Denne tilgang har revolutioneret forståelsen af biodiversitetens udvikling og givet et dybere indblik i vores planets biologiske historie.

vores familie? En af de fremherskende teorier er, at vi faktisk slet ikke domesticerede ulvene, men at de domesticerede sig selv. Det kan ifølge nogle forskere være sket, i takt med at vi mennesker blev mere fastboende. Måske begyndte de mere "venlige" eller "tamme" ulve at hænge ud i nærheden af mennesker, fordi der ofte var rester, som de kunne spise. Med tiden kan det have ledt til et tættere og tættere forhold, indtil ulvene flyttede helt ind i vores hjem og blev til hunde og en del af vores familie.

Det er selvfølgelig også en mulighed, at vores forfædre har fundet/

taget ulveunger fra deres moder og opfostret dem selv med det formål at have dem til beskyttelse eller jagt – eller begge dele. Et stort rovdyr i midten af en bosættelse har med garanti været effektivt til at holde andre dyr og måske også mennesker væk eller i hvert fald advare om, at de kommer. Måske har vi i den sammenhæng udvalgt ulve/hunde med mere runde ører, kortere snuder, større øjne og bredere hoveder – fordi de ser mere nyttede ud og ikke i samme grad ligner den frygtede ulv. Forskere kalder da også disse træk for pædomorfe træk, altså "barnlige" træk.

Forskere fra Københavns Universitet har også fremlagt den teori, at deling af tarmbakterier kan have spillet en stor rolle i domesticeringen af ulven. Tanken er den, at i takt med at ulvene spiste den samme mad som os, ændrede det deres tarmmikrobiom, hvilket kan have ledt til ændringer i adfærd og fremmet domesticeringsprocessen.

»Hvad der skete dengang for mange tusinder af år siden, er et stort åbent spørgsmål, som vi ikke har kunnet svare på endnu. Men det er klart, at når vi får et bedre overblik over tidspunktet i historien, kan vi



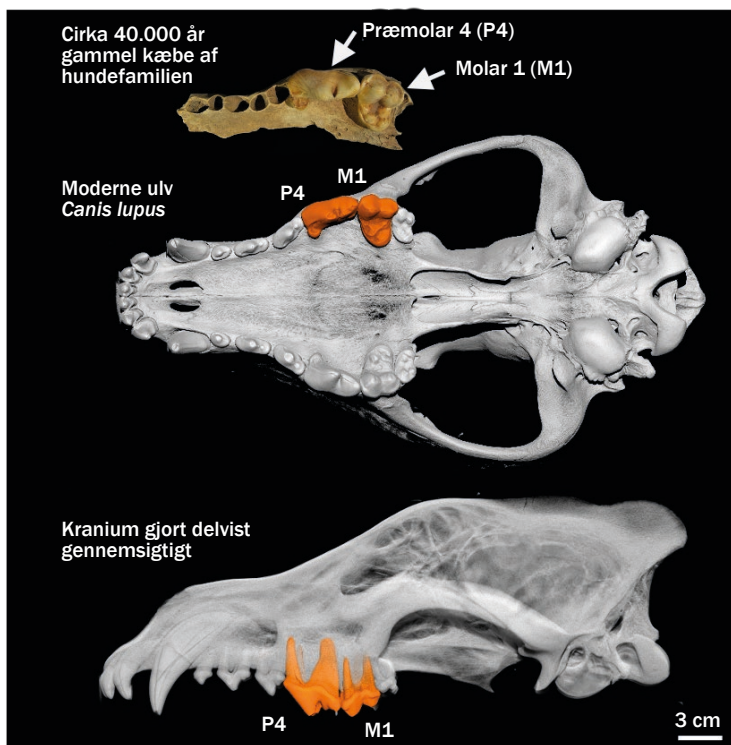
komme nærmere et svar. Viser det sig, at ulven blev domesticeret for 40.000 år siden, er scenariet et andet, end hvis ulven blev domesticeret for 15.000 år siden. For 15.000 år siden var de første permanente bopladser grundlagt, mens vi for 40.000 år siden stadig levede som jæger-samlere,« forklarer Christy Hipsley.

### Hjernen sladrer om adfærd

I forskningsarbejdet har Christy Hipsley indhentet hundredvis af CT-skanninger af bevarede kranier fra hunde, protohunde og ulve i høj opløsning. Kranier er heldigvis nemme at arbejde med, fordi de ofte er meget robuste og derved ikke går i stykker, men bevarer formen over tusinder af år. Mange af de kranier, som Christy Hipsley allerede har skannet, indeholder endda også DNA, så det i tillæg har været muligt at lave den genetiske kortlægning og koble genetik til morfologi på individuelt plan. Ydermere er det veldokumenteret, hvor de forskellige kranier er fundet.

Alt sammen betyder, at forskerne kan se, hvordan genetiske ændringer bliver afspejlet i morfologien, og sammenholde det med findestedet og den historiske kontekst. Skanningerne af kranierne kan forskerne også bruge til at bestemme størrelsen og formen på hjernen og blandt andet se, om nogle områder af hjernen med særlig rolle for eksempelvis lugtesansen har ændret sig over tid.

»Vi kender allerede rigtig meget hundes adfærd og dens udspring i hjernen. For eksempel lyser bestemte områder af hjernen op på en skanning, når man viser en hund et billede af sin ejer eller et blodigt stykke kød. Vi kan ved at CT-skane kranierne se, hvilke områder af hjernen der har ændret sig i forhold til specifik adfærd. Vi kan i generne også se, om de hunde, som levede for tusinder af år siden, har haft eller manglet gener for specifik adfærd, som vi kender fra hunde eller ulve i dag,« siger Christy Hipsley.



Øverst ses en cirka 40.000 år gammel kæbestump fra et eksemplar af hundefamilien. Med en digital tilgang kan individuelle elementer som de to bevarede kindtænder i kæbestumpen virtuelt udtrækkes fra et CT-scan af hele kranier af moderne ulve og analyseres separat. Det kan hjælpe med at afgøre, hvor nøjagtigt netop disse elementer afspejler slægtskabet.

### Vil lave ét stort stamtræ over alle hunde

Selvom hovedformålet med forskningsarbejdet er at blive klogere på hundens oprindelse, kan projektet kaste meget mere af sig, fortæller Christy Hipsley. Som eksempel har ulve igen fundet vej til Danmark og har bosat sig her i landet for første gang i mere end 200 år. Et af de nærliggende spørgsmål er derfor, om ulvene rent faktisk tilhører de samme ulve, som levede i Danmark, inden vi jagede dem til udryddelse, eller om de stammer fra et helt andet sted. Svaret på dette spørgsmål kan spille ind i debatten om, hvorvidt ulvene hører til her eller skal betragtes som en invasiv art. Faktisk viser forskning fra Københavns Universitet, at de ulve, som i dag lever i dele af Jylland, ikke har meget til fælles med de ulve, som blev udryddet i Danmark for mere end 200 år siden. De ulve, som er kommet til landet i dag, er beslægtet med ulve, der lever i Polen.

Noget andet, som Christy Hipsley gerne vil have ud af forskningsarbejdet, er en interaktiv database, hvori folk kan blive klogere på deres hunds stamtræ. Tanken er den, at det skal være muligt med databasen at se, hvordan de enkelte racer er forbundet i stamtræet, og hvordan de har udviklet sig gennem menneskets historie. Det er også tanken, at folk selv skal kunne få gensekventeret deres hunds DNA og derved bidrage til databasen med genetisk information.

»Hvis vi kobler det til for eksempel adfærdsundersøgelser, kan vi komme tættere på at forstå, hvordan hundes morfologi og genetik er relateret til deres adfærd. Derved vil det også blive muligt at få en dybere indsigt i, hvordan hunde opførte sig for tusinder af år siden. Det vil gøre os klogere på, hvilken funktion de tjente i samfundet, og som menneskets bedste ven,« siger Christy Hipsley.

**Videre læsning:**  
Pontus Skoglund, Erik Ersmark, Eleftheria Palkopoulou & Love Dalén: *Ancient Wolf Genome Reveals an Early Divergence of Domestic Dog Ancestors and Admixture into High-Latitude Breeds*. Current Biology: Volume 25, Issue 11, 1 June 2015, Pages 1515-1519.  
Open access:  
[www.cell.com/fulltext/S0960-9822\(15\)00432-7](http://www.cell.com/fulltext/S0960-9822(15)00432-7).