

De geschiedenis in de genen van het huisdier

Elektronenmicroscopische opname van chromosomen die bestaan uit DNA

DANKZIJ DE archeologie en de vele botresten die bij opgravingen tevoorschijn zijn gekomen, weten we waar en ongeveer wanneer de oorspronkelijke domesticatie van onze huisdieren plaatsvond. De meeste huisdieren hebben zich over de hele wereld verspreid en wisten zich overal aan te passen. Pas de laatste paar honderd jaar ontstond een groot aantal gespecialiseerde rassen binnen de verschillende soorten. Iedere huisdiersoort heeft zo zijn eigen verhaal; een verhaal dat steeds vaker door DNA-onderzoek wordt ingekleurd.

→
Vlak voor de celdeling worden de chromosomen in de cel verdeeld in twee helften.

De belangrijkste aspecten van DNA-onderzoek

Planten en dieren bestaan uit cellen. Haast alle cellen hebben een celkern. Daarin zitten de chromosomen, zichtbaar als 'worstjes' onder de microscoop. Die chromosomen bevatten het DNA, de drager van de erfelijke informatie. DNA is opgebouwd uit twee spiraalvormige ketens die om elkaar heen zijn gewonden, een soort wenteltrap. De treden zijn paren van zogenoemde 'basen', aangeduid met de letters A, C, G en T. Tegenover elke A in de ene keten staat een T in de ander en



tegenover elke C staat een G. De volgorde van die basen codeert voor de erfelijke eigenschappen. Bij geslachtelijke voortplanting, zoals de meeste dieren dat doen, zijn de chromosomen voor de ene helft van de vader en voor de andere helft van de moeder afkomstig. Dat verklaart waarom wij zowel op onze vader als op onze moeder lijken.

VRAAG 1

Huisdieren kunnen kruisen met de wilde soort waarvan ze afstammen. Bij welke diersoort is de wilde populatie in Europa vergaand beïnvloed door vermenging met huisdieren?

MtDNA van je moeder

Een klein stukje DNA krijg je alleen van je moeder. Dat DNA zit in de energiefabriekjes van de cel, de mitochondriën, vandaar de afkorting 'mtDNA'. Een bevruchte eicel krijgt het mitochondrion van de moeder, vader levert alleen chromosomaal DNA. In een populatie zijn er veel verschillende varianten van dat mtDNA. Als iemand een bepaalde mtDNA variant met zich meedraagt, is die dus afkomstig van zijn of haar moeder, die het weer van haar moeder heeft gekregen. Die variant zegt dus iets over de afkomst via de 'moederlijke lijn.'

Y-chromosomaal DNA van je vader

Bij zoogdieren heeft de man per cel één X-chromosoom en één Y-chromosoom. Vrouwtjes hebben twee X-chromosomen. (Bij vogels, vlinders en vissen ligt dat overigens anders, daar heeft de vrouw juist twee verschillende geslachtschromosomen!) Het 'mannelijke' Y-chromosoom erft dus over van vader op zoon en geeft dus informatie over de afstamming van de mannelijke dieren. Normaal stammen vrouwelijke en mannelijke dieren af van dezelfde soort, maar er zijn uitzonderingen. Bij veel huisdieren zijn er verschillen tussen Y-chro-

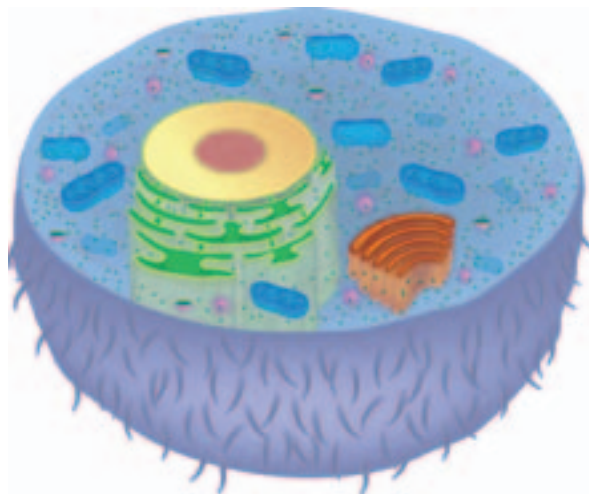
mosomen van verschillende dieren ontdekt. Daardoor kun je achterhalen of een ras is 'ingekruist' (gemengd) met vaders van een ander ras of soort.

Diversiteit in het kern-DNA

Het meeste DNA zit in de celkern en is afkomstig van beide ouders. De diversiteit van het kern-DNA wordt onderzocht met behulp van zogenoemde genetische merkers, of *polymorfismen*: stukjes DNA die in de populatie variabel zijn. Op basis van die merkers kun je voor ieder individu een DNA-profiel opstellen. Tegenwoordig kun je zonder al te veel moeite de eigenschappen van 50.000 of zelfs nog meer merkers bepalen. En het gaat nog verder, want via *personal genomics* is het al mogelijk om het complete genoom van een individu op een betaalbare manier te *sequencen*.

Op welke manier je ook naar DNA kijkt, verwante dieren zullen meer op elkaar lijken dan minder verwante dieren. Door naar het DNA te kijken kun je ook een goede indruk krijgen van de mate van inteelt binnen een ras. Je ziet welke rassen aan elkaar verwant zijn en uit welke voorouderpopulaties ze zijn ontstaan. Door dit te combineren met mtDNA en Y-chromosomaal DNA kan de geschiedenis van de huisdieren steeds beter worden gereconstrueerd.

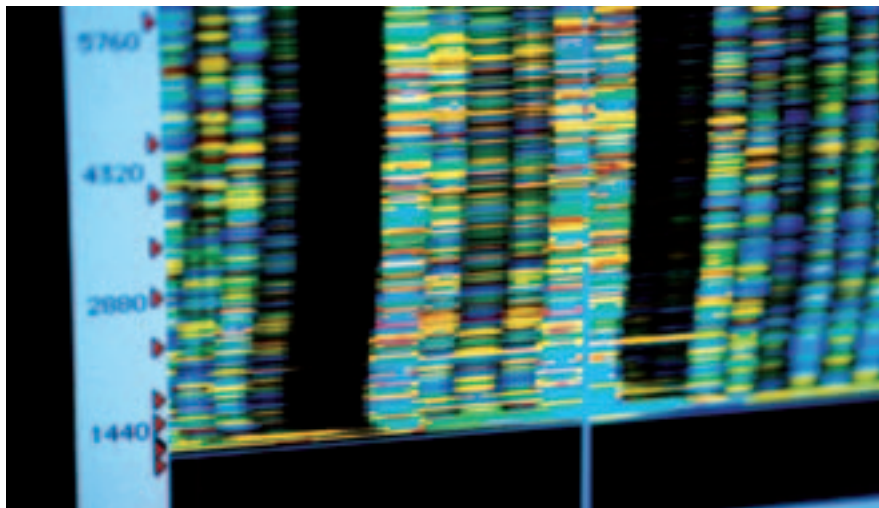
De meeste genetische informatie (van vader en moeder) zit in de kern (geel), maar ook in de mitochondriën (blauw) zit genetisch materiaal (alleen van de moeder).



Wat zegt het DNA van de verschillende huisdieren

De hond was de eerste

Honden waren 16.000 tot 9.000 jaar geleden onze eerste huisdieren. Hun mtDNA leert dat de hond niet van de jakhals afstamt, zoals vroeger wel eens werd verondersteld, maar van de wolf. Volgens de jongste inzichten is Zuidoost-Azië de bakermat van onze huishonden en werd er vervolgens gekruist met wolven uit andere streken. Wolven uit het Midden-Oosten speelden daarbij de hoofd-



Een DNA-profiel opmaken is tegenwoordig een fluitje van een cent



Portret van een Zweedse wolf. Wolven komen tegenwoordig ook weer dicht bij de grens, in Duitsland voor.

rol, maar hun Europese collega's lieten zich ook niet onbetuigd.

Aan een herdershond, een waakhond, een jachthond of een troeteldier worden heel verschillende eisen gesteld. Dat heeft gezorgd voor een grote verscheidenheid in uiterlijk, van teckel tot Duitse staander. De verschillende rassen worden sinds de laatste paar honderd jaar volledig van elkaar gescheiden gefokt. DNA-onderzoek heeft aangetoond dat een aantal heel oude rassen, zoals Afgaanse honden en Siberische husky's nog het dichtst bij de wolf staan.

Bij de domesticatie van de hond is niet alles even goed gegaan. Er zijn rassen ontstaan met kenmerken die niet bepaald bevorderlijk zijn voor de gezondheid en het welzijn van de dieren. De grote oogkassen van de pekinese zijn daar een schrijnend voorbeeld van. Bij al te heftige opwinding of een woedeaanval kunnen de ogen van die honden letterlijk uit de oogkassen vallen. Om het nog erger te maken komt er ook veel inteelt voor. Door te fokken met dieren die te nauw aan elkaar verwant zijn, steken – normaal gesproken zeldzame – ziekten de kop op. Heupdysplasie is een bekend voorbeeld. De hond is onze beste vriend, maar zijn wij nog wel de beste vriend van de hond?

Kat: rattenvanger uit Azië

Katten werden ongeveer 12.000 jaar geleden gedomesticeerd in het Midden-Oosten, niet lang na de uitvinding van de landbouw. Ze maakten zich nuttig door de knaagdieren te vangen die zich tegoed deden aan de graanoogst. Wilde katten leven solitair en ook als huisdier zijn ze nog steeds heel erg 'op zichzelf'. Ze zijn door domesticatie veel minder veranderd dan de hond. Ze kunnen zich, net als gedomesticeerde geiten en paarden, nog prima in het wild redden. De vele 'verwilderde' katten in de natuur zijn het bewijs daarvan.

Volgens het mtDNA stammen haast alle huiskatten af van Zuidwest-Aziatische voor-

VRAAG 2

Na de ontdekking van Amerika werden, na het Europees vee (*Bos taurus*), vanaf de tweede helft van de negentiende eeuw ook grote aantallen zeboes (*Bos indicus*) geïmporteerd uit India. De meeste Amerikaanse zeboes hebben mitochondriaal DNA dat afkomstig is van *B. taurus*. Wat zegt dit over de oorsprong van de Amerikaanse zeboe?

ouders. Er is slechts een kleine bijdrage van de Europese boskat. Omgekeerd draagt een groot deel van de boskatten (20 tot 100%, afhankelijk van de populatie) het Aziatische mtDNA type, door vermenging met verwilderde huiskatten. Net als bij honden zijn er gezondheidsproblemen onder verschillende kattenrassen, zij het in veel mindere mate.

Schaap en geit: primeur op de boerderij

Schapen en geiten waren de eerste boerderijdieren. Als herkauwers kunnen ze cellulose verteren, een bron van energie waar de mens niet van kan leven. De geit stamt af van de bezoargeit uit West-Azië en het schaap van de Aziatische moeflon. Net als katten, runderen en varkens hebben ze zich vanuit Zuidwest-Azië over de hele wereld verspreid. Omdat hun wilde voorouders in Europa niet voorkwamen, is er geen enkele twijfel over hun Oosterse herkomst. Bij beide soorten zien we

de grootste genetische diversiteit in Zuidwest-Azië en steeds minder in Europa, van het zuidoosten naar het noordwesten, wat iets zegt over de afkomst.

Geiten zijn vooral geschikt voor kleinschalige veeteelt in zogenoemde marginale landbouwgebieden. Onderzoek aan de genetische diversiteit laat zien dat rassen die bij elkaar in de buurt leven ook genetisch relatief sterk verwant zijn. De Zwitserse Saanen melkgeit is veel geëxporteerd naar andere landen, maar de meeste geitenrassen zijn nog echte landrassen: 'streekproducten' met een oude oorsprong en vaak goed aangepast aan hun omgeving.

Schapen zijn economisch gezien altijd veel belangrijker geweest dan geiten, voornamelijk vanwege de wol. Volgens een recente theorie heeft de invoering van schapen in Europa twee keer plaatsgevonden. Eerst kwamen de primitieve haarschapen en pas later de wolschapen. Van de

Saanengeiten zijn de traditionele dieren op de meeste geitenmelkerijen.





Het soayschaap is een ras met een lange geschiedenis.

Onze gedomesticeerde katten kunnen zich nog prima redden in het wild

haarschapen zijn alleen nog restpopulaties over, zoals de soayschapen op het gelijknamige Schotse eiland, de verwilderde Europese moeflons en voor een deel misschien ook de heideschapen. Vanwege de economische belangen wordt er in Europa al heel lang gericht gefokt met schapen. Vaak worden daarbij rammen uit andere landen ingezet. Vooral Spaanse merinorammen met hun fijne wol en Engelse rammen zijn heel populair. 'Onze' Texelaar is één van de beste vleesrassen ter wereld. Toch is dit ras grotendeels van Engelse oorsprong. Gelukkig zijn er ondanks al die genetische vermenging nog veel originele landrassen overgebleven, zoals bij ons het Friese melkschaap en het Drentse heideschaap.

Het rund kwam van twee kanten

Het rund is niet het meest aabare, maar inmiddels wel het belangrijkste huisdier. Net als schapen en geiten verteren ze het voor mensen onverteerbare cellulose uit planten. In ruil leveren ze melk en vlees, en soms ook nog trekkracht. Van oudsher werden ze ook gebruikt voor vechtsporten.

De wilde voorouder van het rund is de nu uitgestorven oeros (*aurochs*). Die werd twee keer gedomesticeerd. Het zogenoemde *taurien* huisvee (*Bos taurus*) ontstond ongeveer 9.000 jaar geleden in het Midden-Oosten, net als schapen en geiten. Het wordt nu overal gehouden in streken met een gematigd klimaat. Zijn Indische neef, de zebu (*Bos indicus*) werd later gedomesticeerd in de vallei van de rivier de Indus, in het huidige Pakistan. Het vond overal ter wereld zijn weg naar de tropische landbouwgebieden.

Net als bij andere huisdieren begon het moleculaire onderzoek aan gedomesticeerde runderen met het mtDNA. Dat bracht in 1992 aan het licht dat alle Afrikaanse zeboes via de moederlijke lijn afstammen van *Bos taurus*. De zeboe is erin gefokt door stieren die werden ingevoerd na de islamitische invasie in de achtste eeuw. Omdat zeboes hitte en droogte goed verdragen, werd de veeteelt ook in tropische gebieden mogelijk. Deze geschiedenis is achteraf goed te verklaren. Het transport van een paar fokstieren is natuurlijk veel makkelijker dan het invoeren van een hele kudde koeien. Maar deze loop van de geschiedenis werd pas ontrafeld door onderzoek aan het mtDNA.

Huiskoeien waren in de jonge steentijd kleiner dan hun wilde voorouders. Middeleeuwse runderen waren nog kleiner, waarschijnlijk door een combinatie van voeding en selectie. Na de Middeleeuwen werd de veeteelt beter georganiseerd en werden de runderen weer groter.

De oeros kwam nog tot de Middeleeuwen in Europa voor. Je kunt je dan ook afvragen of de Europese oeros heeft bijgedragen aan het DNA





Meishan of 'hangbuikzwijn', meer bekend om de hoge vruchtbaarheid dan om het knappe voorkomen.

←
Enkele Europese bedreigde runderrassen naar herkomst

Aziatische varkens zijn vervangen door zwijnen uit het bos

van ons huisvee. Het mtDNA laat zien dat onze moderne koeien via de moederlijke lijn afkomstig zijn uit Zuidwest-Azië, maar volgens de nieuwste gegevens lieten Italiaanse wilde koeien zich ook domesticeren. Ten noorden van de Alpen was het kennelijk niet de moeite waard om de wilde koeien te temmen.

Maar hoe zit het met de 'oerstieren'? In het stenen tijdperk hadden mensen immers nog geen prikkelraad. Het is dan ook helemaal niet uitgesloten dat de huisstier concurrentie had te duchten van

zijn wilde collega, die zijn genen mogelijk heeft verspreid onder het van oorsprong Aziatische huisvee.

Om deze vraag te beantwoorden kun je niet naar het mtDNA

kijken. Dat wordt immers alleen door de moeders doorgegeven. Hier moeten in de toekomst speciale 'merkers' op het mannelijke Y-chromosoom duidelijkheid brengen.

Noordelijke en zuidelijke koeien

In Europa komen diverse rundveerassen voor. In de figuur op de linkerpagina staat een aantal voorbeelden van lokale rassen in negen Europese landen:

- 1 Brandrood rund – Nederland
- 2 Groninger blaarkop – Nederland
- 3 Maas-Rijn-IJsselrund – Nederland
- 4 Ferrandaise – Frankrijk
- 5 Villard de Lans – Frankrijk
- 6 Reggiana – Italië
- 7 Modenese – Italië
- 8 Lānsisuomenkarja – Finland
- 9 Itäsuomenkarja, kyyttö – Finland
- 10 La pie rouge de type mixte – België
- 11 Blanc bleu mixte – België
- 12 Alistana sanabresa – Spanje
- 13 Avileña-negra Ibérica – Spanje
- 14 Polska czerwona – Polen
- 15 Kerryrund – Ierland
- 16 Estonian Native – Estland

Onder Europese runderen bestaat tegenwoordig een duidelijke verdeling tussen het noorden en het zuiden. Die verdeling is ook in het DNA terug te vinden. De grens tussen noord en zuid loopt dwars door Frankrijk en Duitsland. In het zuiden vind je het zeer diverse Spaanse vee met zijn mooie hoorns, het grijze steppevee in Italië en de Balkan, het Zuid-Franse vleesvee en twee Zwitserse types: het bruine bergvee en het gevlekte vee. Die laatste zijn zogenoemde dubbeldoelrassen; koeien die zowel voor de melk als voor het vlees worden gehouden.

In het noorden, waar het landschap zich beter leent voor grootschalige veeteelt, worden de zwartbonte, roodbonte en rode melkrassen gehouden, net als de daaraan verwante Engelse, Scandinavische en Finse runderen. Een mogelijke verklaring voor die noord-zuid verdeling komt uit de archeologie. Overblijfselen van boerderijen suggereren

Friese paarden worden traditioneel gebruikt in de mensport.



VRAAG 3

Sommige huisdieren hebben nogal te lijden van de manier waarop ermee wordt gefokt. Hoe verhoudt dit zich tot bijvoorbeeld de protesten tegen proefdiergebruik en bio-industrie?

dat de invoering van de landbouw in Europa, die 8.000 jaar geleden begon, twee routes volgde: één langs de Middellandse Zee en een andere langs de Donau. De noordelijke rassen zouden de Donau-route hebben gevolgd. Waarschijnlijk werden de meest productieve types gebruikt in de dichtst bevolkte gebieden. Dat zien we bijvoorbeeld aan de recente verspreiding van de bekende zwart-bonte koeien, de holstein friesians. Die worden inmiddels overal op de wereld gehouden. Dit gaat vaak ten koste van de lokale rassen en dit zou op den duur kunnen leiden tot 'genetische erosie'. In hoeverre dat ook echt zo is en hoe je dit aan de hand van DNA gegevens kunt bijsturen, wordt nu intensief onderzocht.

Plaatselijke wilde zwijnen maakten de varkens

Varkens stellen weinig eisen aan hun voedsel en zijn daarom handige vleesdieren. Het mtDNA laat zien dat Europese en Aziatische huisvarkens verwant zijn aan wilde zwijnen uit dezelfde streek. Dat betekent dat het varken op verschillende plaatsen is gedomesticeerd. DNA uit fossiele botresten die op verschillende plaatsen in Europa zijn gevonden onthulde nog een verrassing. Het

'moederlijke' mtDNA uit de meeste botten was van het Europese type, maar botten uit het begin van de nieuwe steentijd (ongeveer 6.500 jaar geleden) waren van Oosterse oorsprong. Het lijkt er dan ook op dat de eerste Europese huisvarkens samen met de andere boerderijdieren uit Zuidwest-Azië kwamen en dat de varkens later werden vervangen door lokale zwijnen uit het bos. Toch zit er ook nu nog een Oosters smaakje aan de Europese karbonade. In de achttiende en negentiende eeuw hebben varkensfokkers op grote schaal de extreem vruchtbare meishanzeugen gebruikt uit de gelijknamige streek in China.

Paarden in oorlog en vrede

Paarden hebben nooit een grote rol gespeeld als bron van voedsel. Ze moeten werken voor de kost, voornamelijk als middel van vervoer. Als militair vervoersmiddel hebben ze tot in de vorige eeuw een grote rol gespeeld. En laten we eerlijk zijn, geen huisdier is zo belangrijk voor de status van de eigenaar. Paarden zijn afkomstig van de Centraal-Aziatische steppe, waar ze ongeveer 5.500 jaar geleden voor het eerst werden getemd. Het mtDNA brengt een heel andere boodschap

dan bij de andere huisdieren. Er is namelijk een aantal verschillende mtDNA varianten bij de meeste rassen gevonden. Dat betekent dat de wilde voorouders al een heel diverse oorsprong hadden. Een mogelijke verklaring is dat het huispaard zich niet alleen verspreidde door te fokken met gedomesticeerde dieren, maar ook door overdracht van informatie: volken leerden van elkaar hoe een wild paard kon worden getemd. Paarden werden pas in Europa ingevoerd toen de landbouw hier al lang bestond. Er zijn aanwijzingen dat de invoering van het paard samenviel met de verspreiding van de Indo-Europese taal en met andere culturele veranderingen.

Er is niet veel bekend over moleculaire verwantschap van paardenrassen. Wel is duidelijk dat een aantal rassen behoorlijk heeft te lijden van inteelt. Eén van de meest ingeteelde paardenrassen is het Friese paard, dat beroemd is vanwege zijn elegantie. Om de 'genetische zuiverheid' – wat dat ook is – te handhaven, wordt het stamboek strikt gesloten gehouden, maar daardoor steken regelmatig genetische problemen de kop op.

Uit DNA-onderzoek aan fossielen van paarden blijkt dat de wilde voorouders waarschijnlijk egaal

bruin waren. Zwarte paarden kwamen ook voor. Bij huispaarden zijn er door mutaties allerlei bonte patronen ontstaan. Hierop werd binnen bepaalde populaties geselecteerd. Want net als bij de meeste andere huisdieren: het oog wil ook wat!

De kip was een nakomertje

Pas in de vijfde eeuw voor Christus werden de eerste kippen in Europa gesignaleerd, en wel in Griekenland. Lang daarvoor, misschien wel 8.000 jaar geleden, liepen er al huiskippen in Zuidoost-Azië rond. De huidige kip stamt voor het grootste deel af van het bankivahoen. Er is ook een belangrijke invloed van hoendersoorten uit India: het ceylonhoen en het sonnerahoen. Het blijkt bijvoorbeeld dat een wijd verspreide genvariant die zorgt voor een gele huidskleur afkomstig is van het sonnerahoen. De genetische diversiteit is het hoogst in Oost-Azië. Net als bij alle andere huisdieren is die diversiteit het laagst in rassen waarmee wordt gefokt volgens strenge standaarden en waarbij het stamboek gesloten blijft.

Groeierende rol voor genetica

Door DNA-onderzoek zullen we steeds meer te weten komen over de geschiedenis van het huisdier. Het is duidelijk dat de meeste huisdieren afkomstig zijn uit Azië, maar verder onderzoek zal de precieze bijdrage van andere continenten verder in kaart kunnen brengen. Ook het DNA uit archeologische monsters kan ons nauwkeurig vertellen wanneer bepaalde veranderingen zijn opgetreden. Al die kennis is heel belangrijk voor het genetisch management van onze huisdieren. Hoe beter we de genetische variatie in kaart brengen, hoe beter we ook kunnen voorkómen dat waardevolle variatie verloren gaat. Daarbij moeten we er ook op letten dat gezondheid en welzijn van het dier niet in het gedrang komen, want vooral in de hobbyfokkerij worden die aspecten nog wel eens uit het oog verloren.

Bankivahaan en -hen, de 'oerhoenders'

