

3

Fokken en veredelen van dieren: je wint wat en je verliest wat

De stier 'Sunny Boy' kreeg meer dan een miljoen nakomelingen.

DE EERSTE dieren die door de mens werden gedomesticeerd vervulden meerdere functies in de vroege nederzettingen. Runderen gaven melk en leverden trekkracht. Aan het eind van hun productieve leven werden ze opgegeten. Kippen ruimden voedselresten en insecten op en produceerden ook nog eieren en vlees. Paarden werden gefokt en getraind om oorlog te kunnen voeren en waren ook in vreedstijd een handig vervoersmiddel. Langzaam maar zeker trad er specialisatie op. In de landbouw van de twintigste eeuw is die specialisatie extreem ver doorgevoerd. Een agrarisch bedrijf produceert nu vaak maar één product, zoals melk, vlees of eieren.

Die specialisatie in het boerenbedrijf was niet mogelijk geweest zonder het gericht fokken met landbouwhuisdieren. Robert Bakewell (1725 – 1795), de eigenaar van een grote boerderij in Schotland, geldt als de eerste 'veefokker'. Tweeënhalve eeuw terug hield hij zijn runderen, paarden en schapen op een zodanige manier dat daaruit de Engelse longhorn koeien, shire paarden en Leicester schapen ontstonden. Tegenwoordig is de fokkerij van melkvee, vleesvarkens en leg- en vleeskippen in handen van een klein aantal, wereldwijd opererende fokbedrijven. Met een strenge selectie



bepalen zij welke dieren de volgende generatie mogen leveren. Die geselecteerde dieren staan vervolgens aan de top van een piramide die de producenten van melk, vlees of eieren aan de basis, op de boerderijen mogen voortbrengen.

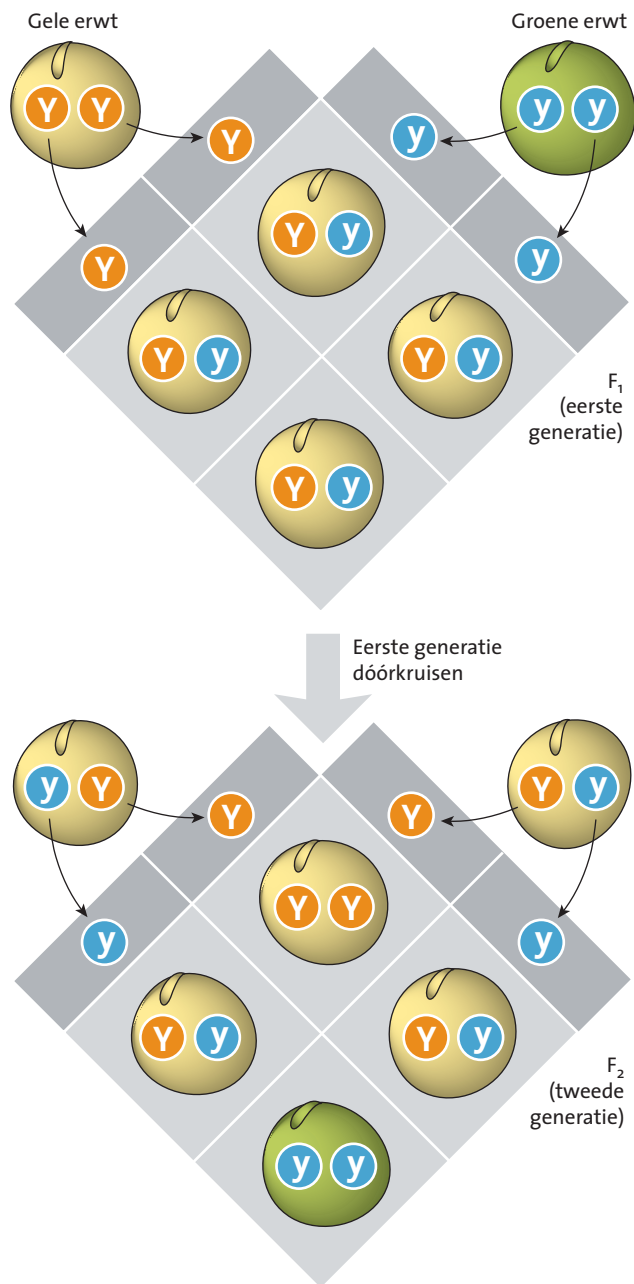
→ De longhorn was een van de eerste gefokte landbouwhuisdierrassen.

Selecteren en fokken 'op z'n Darwins'

In de negentiende eeuw hebben verschillende geleerden de basis gelegd voor wat nu de erfelijkheidsleer heet. Darwin ontdekte dat de natuur zelf selecteerde. Dieren die zich goed thuis voelden in een bepaald gebied of een bepaald klimaat kregen uiteindelijk meer geslachtsrijpe nakomelingen dan dieren die bijvoorbeeld vaak ziek waren omdat ze niet tegen de koude of warmte konden. Op die manier zorgde natuurlijke selectie ervoor dat dieren in een bepaald gebied zich steeds meer aanpasten aan de lokale omstandigheden. Op zijn Londense postduivenclub herkende Darwin ook de invloed van de mens. Wanneer een duiveneigenaar alleen fokte met mannetjes en vrouwtjes die dichterbij een ideaalbeeld kwamen, veranderde de gewone postduif langzaam in een ideale postduif. Naast natuurlijke selectie herkende Darwin dus ook al de kunstmatige selectie.

Moderne erfelijkheidsleer

Het duurde nog enige tijd voor de monnik Mendel, rond 1866 uit proeven met erwten op de binnenplaats van zijn klooster kon afleiden dat een nakomeling de helft van de erfelijke aanleg van de vader krijgt en de andere helft van de moeder. De wetten van Mendel zijn de basiswetten geworden van de erfelijkheidsleer. In de twintigste eeuw is de erfelijkheidsleer een volwassen wetenschap geworden met belangrijke toepassingen bij mens en dier. Bij de dieren wordt kunstmatige selectie toegepast en zo wordt vooraf bepaald welke ouderdieren nakomelingen voor de volgende generatie mogen leveren en welke niet. Wanneer deze potentiële ouderdieren geselecteerd zijn, moeten ze zich nog voortplanten om daadwerkelijk de volgende generatie geboren te laten worden. Daarom is ook de kennis van de voortplanting van belang. Fokkerij is dus meer dan alleen selecteren. Fokken is selecteren én voortplanten.



←

De Oostenrijkse monnik Gregor Mendel (1822-1884) bestudeerde door middel van kweekproeven de overerving van eigenschappen van onder andere erwten. Hij stelde een theorie op over hoe eigenschappen zich gedragen bij overerving en kruising. In een beroemd geworden experiment kruiste hij gele met groene erwten. De eerste generatie (F₁) bestond geheel uit gele erwten. Toen hij deze gele erwten vervolgens dóórkruiste, bestond de tweede generatie (F₂) uit gele én groene erwten in een verhouding 3:1. Hij concludeerde dat de eigenschap 'geel' (Y) dominant (= overheersend) was en de eigenschap 'groen' (y) recessief (= onderdrukt).

Schotse hooglanders worden veel ingezet in het natuurbeheer.

Natuurlijke selectie onder onnatuurlijke omstandigheden

De theorie van Darwin over natuurlijke selectie staat nog als een huis, zelfs voor landbouwhuisdieren. De omgeving en het klimaat hebben hun invloed op de overlevingskansen van landbouwhuisdieren. Neem de Schotse hooglanders, die bruine koeien met een lange vacht en grote hoorns die je tegenwoordig vaak in natuurgebieden ziet lopen. Door hun lange vacht kunnen ze uitstekend tegen de kou in de Schotse hooglanden. Tijden van schaarste zijn ook geen probleem voor deze dieren: ze leggen in de zomer een flinke voorraad lichaamsvet aan. Natuurbeheerders in Nederland zijn onder andere zo gecharmeerd van deze dieren vanwege hun rustige karakter: de grote grazers in openbare natuurgebieden moeten natuurlijk geen bezoekers aanvallen. Maar de zomers in Nederland zijn veel warmer dan in Schotland. Bij ons zoeken deze koeien 's zomers al snel verkoeling en



gaan minder vreten. De Schotse hooglander heeft dus wel de goede eigenschappen voor onze winter, maar niet voor onze zomer. De natuur heeft de Schotse hooglanders als huisdier (mede) gevormd, maar de Nederlandse natuurbeheerders houden daar maar beperkt rekening mee.

Natuurlijke selectie onder landbouwhuisdieren speelt ook op het gebied van ziekteresistentie. Dieren die buiten grazen komen regelmatig in contact met schadelijke parasieten, bacteriën en virussen. Dieren die het beste weerstand bieden aan deze ziekteverwekkers, hebben een hogere overlevingskans en daardoor meer nakomelingen. In de literatuur zijn vooral veel voorbeelden te vinden van tropische runder- en schapenrassen die hier hun voordeel mee doen.

In de huidige intensieve veehouderij bestaat nauwelijks nog natuurlijke selectie. Op jacht naar specialisatie en productieverhoging, creëren boeren optimale omstandigheden voor de dieren, om schadelijke effecten zoveel mogelijk uit te sluiten.

Rassen en lijnen

Na de eerste veefokkerij van de Schot Bakewell, duurde het nog een eeuw voordat in Nederland stamboeken werden opgericht, de organisaties die zich inzetten voor de ontwikkeling van een zuiver ras. De vraag naar raszuivere dieren voor exportdoeleinden was een belangrijke drijfveer. Kopers van Nederlands fokvee wilden zekerheid over de afstamming. De stamboeken boden die zekerheid.

Er zijn veel verschillende definities van een ras. In de kern is een ras een populatie van (verwante) dieren die in uiterlijke kenmerken op elkaar lijken en die deze uiterlijke kenmerken ook doorgeven aan hun nakomelingen. Rassen zijn nu vaak georganiseerd in een stamboek of rasvereniging. Die hebben een aantal voorwaarden gedefinieerd, meestal op het gebied van het uiterlijk, waar een dier aan moet voldoen. Deze voorwaarden noem je de rasstandaard. Verder wordt een dier vaak pas

Hoe maak je een nieuw ras

Tot op de dag van vandaag worden er nieuwe dierenrassen gevormd. Recente voorbeelden komen uit de schapenfokkerij. Nederland kent een drietal 'synthetische rassen', die zijn ontstaan omdat het populaire Texelse schapenras weliswaar een uitste-

kende vleesproducent is, maar weinig lammetjes krijgt. Bovendien zijn er de nodige geboorteproblemen wanneer jonge ooiën dikke (eenling) lammeren ter wereld moeten brengen. Rond 1980 werden rassen gekruist die uitblinken in zowel de vleesproductie

als de vruchtbaarheid. Daaruit werden zogenoemde 'moederdieren' gefokt. Vaak worden deze moederdieren voor de vleesproductie gekruist met een ram die veel vlees heeft, zoals de texelaar. Om ook de vruchtbaarheid van de nieuwe rassen omhoog

te krijgen – een boer wil per slot van rekening veel lammeren – is in Nederland gebruik gemaakt van het Finse landras en het Vlaamse schaap. Daaruit zijn nieuwe rassen ontstaan: de swifter en de flevolander en de noord-hollander.

tot een bepaald ras gerekend wanneer de ouders, de grootouders en de overgrootouders tot ditzelfde ras behoren. Het dier is dan raszuiver.

Stamboek: de burgerlijke stand van de fokkerij

Bij de kunstmatige selectie van landbouwhuisdierrassen is een hoofdrol weggelegd voor de zogenoemde stamboeken. Zij hebben twee belangrijke rollen: ze leggen vast wie de vader en de

moeder zijn van een specifiek dier en welke nakomelingen daar weer uit komen. Op die manier maken ze een stamboom. Daarnaast bepalen de stamboeken de zogenoemde

rasstandaard. Ze stellen een doel voor het betreffende ras aan en geven daarmee ook de criteria aan waar de selectie van ouderdieren op moet worden gebaseerd. De stamboeken bepalen als het ware het recept voor een ras.

Het fokdoel voor een ras wordt in principe sterk bepaald door het doel waarvoor een ras wordt gehouden. Moet een koe veel melk geven, of

juist veel vlees, moet een schaap meer lammeren krijgen of mooiere wol? Toch was het zeker in de begindagen van de stamboeken vooral het uiterlijk van de dieren waarop werd gelet. De fokkers maakten zich een voorstelling van hun ideale dier en op 'showdagen' streden ze om het mooiste dier dat het dichtst bij dat ideaal kwam. Soms werden de beste vrouwelijke dieren tegen hoge prijzen verkocht en ook de mannelijke dieren brachten veel geld op wanneer ze als winnaars veel werden gevraagd door collega-fokkers. Deze vorm van fokken op uiterlijk zie je nu nog steeds bij de soorten en rassen die door hobbyisten gehouden worden, zoals konijnen, kippen, paarden, schapen en geiten.

Bij de dieren die werden gebruikt voor de voedselproductie werden de prestaties van de dieren steeds belangrijker. In de registers van de stamboeken werd niet alleen de identificatie en registratie van de dieren geregeld, maar werden ook de prestaties van de dieren vastgelegd. 'Koe Greta 448, dochter van Sunny Boy en Greta 440, gaf in 2009 10.000 kilogram melk met 4,7 % vet en 3,6 % eiwit.' Dergelijke informatie vormt tegenwoordig de basis voor de selectie van de ouderdieren die de

Natuurlijke voortplanting
is voor veel kalkoenen
niet meer mogelijk



De texelaar is een zwaar gespierd schapenras.

volgende generatie landbouwhuisdieren mogen voortbrengen.

Voortplanten op commando

Niet alle huisdieren planten zich even snel voort. De verschillen zitten hem in de leeftijd waarop de puberteit intreedt of de leeftijd van de ouders waarop het eerste jong geboren wordt, maar ook in het aantal jongen dat per keer wordt geboren, de zogenoemde worpgrootte. Bij een paard wordt het eerste veulen pas geboren als de ouders minstens drie jaar oud zijn. Er wordt dan vrijwel altijd één veulen geboren. Bij kippen kan het eerste kuiken al uit het ei komen wanneer de ouders een half jaar oud zijn. Een hen kan bij de moderne, hoog

productieve rassen wel elke dag een ei leggen. Bij paarden kun je dus veel minder snel selecteren dan bij kippen. Bovendien is de keus bij kippen veel ruimer: als je meer kuikens hebt, kun je ook scherper selecteren op die nakomelingen die net dat beetje meer hebben dat jij zoekt. Daarom is er bij diersoorten met een kleine worpgrootte of een lang generatie-interval veel onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van kunstmatige voortplantingsmethoden.

Kunstmatige voortplanting

Vooral bij runderen is voortplanting een kunstmatige bezigheid geworden. Dat komt onder andere door de relatief hoge waarde van een pasgeboren kalf voor de melk- en vleesproductie. Kunstmatige Inseminatie, kortweg KI (het inbrengen van zaad

VRAAG 1

Kunstmatige voortplantingsmethoden worden gebruikt om goede moederdieren meer nakomelingen te geven. Naast de voordelen is er ook een nadeel denkbaar voor de populatie waartoe de moederdieren behoren. Welk nadeel is dat?

KI: met behulp van een dun rietje wordt sperma ingebracht bij een 'tochtige' koe.



door een mens met behulp van een plastic rietje, in plaats van door een mannelijke soortgenoot) wordt ook toegepast bij varkens, bij paarden en op kleine schaal bij schapen en geiten. Zelfs bij pluimvee kan KI worden toegepast. Dat is bijvoorbeeld het geval bij kalkoenen die voor hun vlees worden gehouden. Door de selectie op vleesproductie zijn vooral de hanen enorm groot geworden. Natuurlijke voortplanting is meestal niet eens meer mogelijk.

Schonere voortplanting bedreigt de variatie

Na de Tweede Wereldoorlog heeft de kunstmatige inseminatie bij rundvee een grote vlucht genomen. Aanvankelijk was het een goed middel om dekinfecties ('geslachtsziekten') te voorkomen die verspreid werden door natuurlijk dekkende stieren. KI-stieren worden getraind om op een kunstkoe te dekken. Het verzamelde sperma wordt verdund en de inseminatiedoses worden in rietjes ingevroren en bewaard in vloeibare stikstof.

Op deze manier krijgen de allerbeste topstieren extreem veel nakomelingen over de hele wereld.

De techniek van KI bij runderen is ongekend efficiënt. De spermaproductie is zo hoog dat in principe met slechts 10 stieren voldoende rietjes kunnen worden geproduceerd om alle koeien in Nederland drachtig te maken. Tegenover die winst staat ook verlies. De beroemde holstein friesiankoeien bijvoorbeeld, komen nu al in 128 landen voor en in al deze landen wordt hetzelfde beperkte clubje stieren gebruikt. De – wie weet ooit nog eens waardevolle – genetische informatie van veel andere stieren die de strenge selectie niet haalden is daarmee meestal verdwenen.

Spermascheiding

Een melkveehouder heeft het meeste belang bij vrouwelijke kalveren; die kunnen immers in de toekomst melk gaan geven. Tenzij de boer uit is op een nieuwe potentiële fokstier natuurlijk, maar daarvan zijn er niet zo veel nodig. Vandaar dat

KI-bedrijven sinds kort spermascheiding toepassen. Dit houdt in dat in het laboratorium het zaad van stieren wordt gescheiden. Zaadcellen hebben of een klein en licht mannelijk Y-chromosoom, waar zonen uit worden geboren, of een groter en zwaarder vrouwelijk X-chromosoom dat een dochter produceert. Door scheiding kan de gebruikelijke 50-50 verdeling worden scheefgetrokken. Een deel van het zaad bevat dan bijvoorbeeld 90% Y en 10% X. Bij de andere fractie ligt dat precies andersom. Koeien die met '90 % X' worden geïnsemineerd zullen dus negen dochters krijgen op slechts één zoon.

Embryotransplantatie

Niet alleen het aantal nakomelingen per stier is kunstmatig opgekrikt. Ook van een topkoe kan meer dan het gebruikelijke ene kalf per jaar worden verkregen. Daarvoor is de embryotransplantatie ontwikkeld. Door een behandeling met hormonen laat een topkoe bij de zogenoemde eisprong niet één, maar een hele serie eitjes springen. Na zo'n superovulatie kunnen dus ook meerdere embryo's ontstaan. Voor die zich kunnen nestelen in de baarmoeder, worden ze 'uitgespoeld'. Die

embryo's kunnen vervolgens worden ingebracht bij een 'draagmoeder', of ze worden ingevroren voor later gebruik.

Embryo's kunnen ook worden gekweekt door rijpe eitjes uit hun zogenoemde 'follikels' op de eierstokken te zuigen. Dat gebeurt met behulp van een dunne naald, uiteraard onder verdoving. De eicellen uit deze follikels worden in het laboratorium opgekweekt, bevrucht en na 7 dagen als embryo geïmplant in een 'draagkoe' die ook kunstmatig in de juiste hormonale staat is gebracht. De technieken zijn kostbaar en worden alleen gebruikt bij topkoeien waarvan de nakomelingen veel waard zijn voor de fokkerij of voor de handel. Dankzij al die moeite kunnen er per jaar wel 250 topkalveren van een topkoe worden geboren.

Klonen

Met name bij paarden en rundvee is een methode ontwikkeld waarmee dieren 'gekopieerd' kunnen worden: het klonen of kloneren. Het gaat als volgt in zijn werk. In het laboratorium verwijder je de celkern uit de eicel van een merrie of een

VRAAG 2

In veel populaties van landbouwhuisdieren is het aantal mannelijke fokdieren bepalend voor de diversiteit in de populatie. Toch worden er veel minder mannelijke dan vrouwelijke fokdieren gehouden. Waarom?



Selectie van embryo's

Klonen is niet zo makkelijk als het lijkt.

koe. De celkern bevat al het erfelijk materiaal van de donor van deze eicel. Van het dier waarvan je een kopie wilt maken, haal je de kern uit een gewone lichaamscel. Die plaats je in de eicel waar geen kern meer inzit. Uit deze eicel groeit dan een embryo dat in een draagmoeder geplaatst kan worden. De kern die getransplanteerd wordt bevat het complete DNA van het dier dat je wilde kopiëren. Bevruchting is dus theoretisch overbodig geworden! In de praktijk is klonen nog vrij inefficiënt en getuige het aantal spontane abortussen of aangeboren afwijkingen ook niet zonder risico's.

Topdieren uit de kopieermachine

In de paardenhouderij zijn individuele dieren soms extreem veel geld waard. Het kan dan gaan om dieren die uitzonderlijk goed presteren in de sport of dieren die om andere redenen erg gewild zijn in de fokkerij. Fokkers willen dan liefst een

exacte kopie van zo'n succesvol dier. Dankzij de techniek van het klonen is dat tegenwoordig dus mogelijk. Een kloon is letterlijk een genetisch exacte kopie van een dier. Deze methode is in Frankrijk voor het eerst succesvol toegepast met een gecasteerde hengst: een zogenoemde ruin. Het dier presteerde uitzonderlijk goed in de sport. Maar met een gecasteerde hengst is het slecht fokken. De fokkers slaagden erin om een kloon te maken van dit dier.

Selecteren op basis van het DNA

De waarde van bijvoorbeeld een goede fokstier kan pas worden bepaald op het moment dat zijn dochters melk gaan geven. Dan ben je dus al gauw weer een paar jaar verder. Voor dat probleem biedt de moleculaire genetica een oplossing. Er zijn steeds meer genetische 'merktekens' bekend waarvan men weet dat ze samenhangen met bepaalde goede eigenschappen. Op die manier kun je een mannelijk kalf dus al testen op letterlijk tienduizenden verschillende genetische merktekens, (SNP's) ruim vóór hij geslachtsrijp is. Ook in de varkens- en pluimveefokkerij zijn verschillende bedrijven



Prometea (links) was het eerste gekloonde paard ter wereld. Haar moeder (rechts) leverde niet alleen al het genetisch materiaal, ze bracht haar eigen kloon ook ter wereld.

Klonen voor de apotheek

Ook van runderen worden klonen gemaakt. Het beroemdste – volgens sommigen beruchtste – voorbeeld zijn de koeien Holly en Belle. Samen met de genetisch gemanipuleerde stier Herman waren ze onderdeel van een onderzoek naar de productie van medicijnen in de melk van koeien. Het farmaceutisch bedrijf Pharming had een aantal embryo's het gen voor het menselijk eiwit lactoferrine gegeven, in de hoop dat daaruit koeien zouden groeien die dit menselijke eiwit zouden produceren in hun melk. Een goede koe zou vervolgens alleen nog

maar gekloond hoeven worden, om een 'dierlijke apotheek' te maken. Helaas voor Pharming was het enige dier waarbij dit experiment slaagde een stier: Herman. Zijn dochters bleken geen of slechts minimale hoeveelheden lactoferrine te produceren. Mede door de grote maatschappelijke weerstand is deze inzet van koeien als natuurlijke apotheek nog niet echt van de grond gekomen.

Na zijn dood is de genetisch gemodificeerde stier Herman bijgezet in het Leidse museum Naturalis.



overgegaan op dit soort *genomic selection*. Het testen van de dochters van een koe op hun goede eigenschappen duurt lang en is kostbaar. Het bepalen van de zogenoemde fokwaarde van een stier op de traditionele manier kost al gauw € 25.000,-. Een genetisch onderzoek is inmiddels bijna net zo betrouwbaar en kost slechts € 250,-.

Winst en verlies

De moderne fokkerij heeft veel opgeleverd, daarover kan geen twijfel bestaan. Melkkoeien geven meer dan twee keer zoveel melk als vijftig jaar geleden, varkens groeien meer dan tweemaal zo

snel, legkippen leggen vrijwel dagelijks een ei en vleeskippen hebben nog maar de helft van de tijd nodig om in het koelvak van de slager te belanden. Naar verwachting zal de snelheid waarmee kenmerken veranderd kunnen worden nog verdubbelen bij de toepassing van *genomic selection*.

Nog los van de ethische problemen die aan de steeds intensievere manier van veehouderij kleven, heeft de jacht op meer productie ook erfelijke verliezen gegeven. Bij melkkoeien is de hogere melkproductie samengegaan met een verlies van vruchtbaarheid. De varkens geven meer vlees van mindere kwaliteit. Deze verliezen hadden voorkó-

Bij het doorfokken op 'hoge melkproductie' is de vruchtbaarheid van melkkoeien achteruit gegaan.



VRAAG 3

Embryotransplantatie wordt veel meer toegepast bij paarden en runderen dan bij schapen en geiten. Waarom is dat zo?

men kunnen worden als niet alleen de hoeveelheid melk, maar ook de vruchtbaarheid nadrukkelijker in het fokprogramma van de koeien was betrokken, of wanneer de varkens meer waren geselecteerd op vleeskwiteit naast de kwantiteit. Naast de kwaliteitskenmerken die langzaam achteruit zijn gegaan, zijn er ook genetische eigenschappen uit de populatie verdwenen. Voor een deel zijn dat eigenschappen die we niet eens kenden!

Toeval helpt de teloorgang een handje

Uit een populatie (huis)dieren kunnen ook door toeval genetische eigenschappen verdwijnen. Dit

risico wordt groter naarmate de populatie kleiner is. Elk gen heeft twee 'versies', de zogenoemde allelen, één afkomstig van de vader, de ander van de moeder. Er wordt maar één aan elke nakomeling doorgegeven. Als een ouderdier met een zeldzaam allel maar één nakomeling krijgt, is er een kans van vijftig procent dat het zeldzame allel niet wordt doorgegeven en dus uitsterft. Dit verschijnsel noem je 'random drift'. Als er sprake is van inteelt (een sterke verwantschap tussen de ouders van een nakomeling, zie kader), dan wordt de kans groot dat niet alle allelen worden doorgegeven naar de volgende generatie. Verwante

Inteelcoëfficiënt

Paring van ouders	Verwantschap tussen ouders	Inteelcoëfficiënt nakomeling
Vader * dochter	0,50	0,25
Grootvader * kleindochter	0,25	0,125
Volle broer * volle zus	0,50	0,25
Volle neef * volle nicht	0,25	0,125

Effectieve populatiegrootte (Ne)

Aantal mannelijke dieren	Aantal vrouwelijke dieren	Totaal	Ne
25	25	50	50
15	85	100	51
10	1000	1010	40

Verschillende combinaties van aantallen vaders en moeders en de bijbehorende effectieve populatiegrootte (symbool: Ne)

ouders hebben namelijk een aantal allelen gelijk en dus is de kans groter dat alleen die worden doorgegeven.

Wanneer een populatie klein is, is het moeilijk de genetische diversiteit vast te houden. Het wordt immers steeds moeilijker om ouderdieren met elkaar te combineren die niet sterk verwant zijn. Om de kans op het verdwijnen van genetische informatie te verkleinen is een zogenoemde 'effectieve populatiegrootte' van ten minste 50 dieren nodig, bijvoorbeeld 25 vaders en 25 moeders.

Effectieve populatiegrootte

Om het verlies aan genetische diversiteit in een populatie minimaal te houden, moet de effectieve populatiegrootte minimaal 50 zijn. De effectieve populatiegrootte 'Ne' is te berekenen als $4 \cdot \text{aantal mannetjes} \cdot \text{aantal vrouwtjes}$ gedeeld door de som van het aantal mannetjes en vrouwtjes. Verschillende combinaties van mannelijke en vrouwelijke dieren geven bij paring volgens toeval de volgende effectieve populatiegrootte (zie figuur).

Varkens- en pluimveefokbedrijven doen er alles aan om de basis van hun fokpopulaties groter te houden dan 50 dieren. Dat kan omdat zij alle fokdieren doorgaans in eigendom hebben. Toch hebben Wageningse onderzoekers met behulp van 2551 karakteristieke stukjes DNA-code aangetoond dat in commerciële populaties kippen door selectie en inteelt maar liefst 50 % van de genetische diversiteit is verdwenen! Kruising van

In een kleine populatie is diversiteit moeilijk te bewaren

Inteelt

Als de vader én de moeder van een dier een gemeenschappelijke voorouder hebben, treedt inteelt op. Daarom is het belangrijk de afstamming van een dier goed te registreren. Een beetje inteelt is niet te voorkomen, en is ook niet erg. Ieder dier heeft 2 ouders,

4 grootouders, 8 overgrootouders, ... Bij zeven generaties terug zijn er al 128 voorouders. Ga je nog verder terug, dan wordt het theoretische aantal voorouders groter dan het aantal dieren dat toen aanwezig was. Dan heb je dus per definitie inteelt.

Sterke inteelt is ongewenst. Immers: hoe groter de verwantschap tussen ouders, hoe groter de kans dat zeldzame ongunstige eigenschappen een kans krijgen. In de praktijk zie je bij inteelt dan ook meer sterfte rond de geboorte, verminderde vruchtbaar-

heid en een slechtere gezondheid. Ook komen meer erfelijke gebreken naar voren. Om inteeltproblemen te voorkomen en om te voorkomen dat eigenschappen door toeval uit de populatie verdwijnen, wordt een effectieve populatiegrootte van

minimaal 50 dieren aangeraden. Om inteelt effectief te voorkomen, moeten fokkers regelmatig een vaderdier uit een andere populatie inzetten.

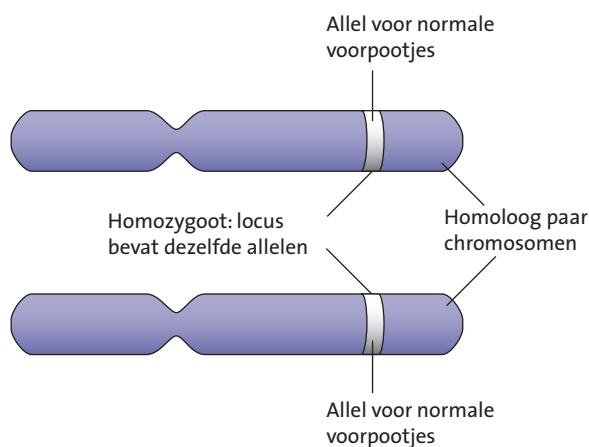
de verschillende lijnen van de diverse fokbedrijven zou de diversiteit die er nog over is kunnen redden. Maar wat inmiddels weg is, is ook echt weg.

Bij het fokken van rundvee en paarden is er nog veel minder grip op de effectieve grootte van een populatie fokdieren. Door de kunstmatige voortplantingstechnieken kan iedereen, waar ook ter wereld over de beste stier of de beste hengst beschikken. De holstein friesianpopulatie bijvoorbeeld, telt wereldwijd miljoenen zwartbonte

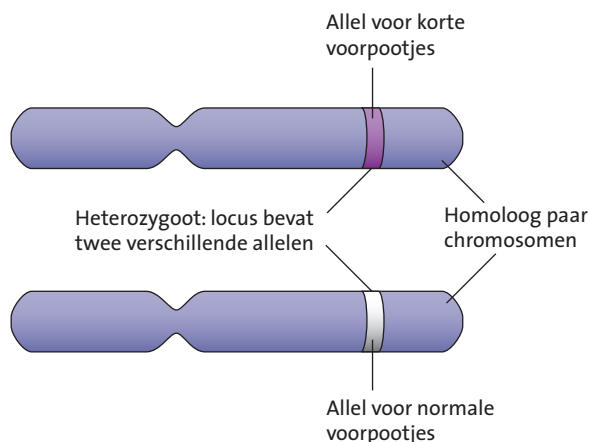
koeien en stieren. Toch ligt de effectieve grootte van de populatie fokdieren gevaarlijk dicht bij het minimum van 50 dieren. Ook in verschillende paardenpopulaties zorgen populaire hengsten voor een steeds sterkere verwantschap tussen dieren. Er moeten dan ook regelmatig hengsten van andere rassen worden ingezet om inteelt te beperken.

Een periode waarin het aantal ouderdieren dat de volgende generatie voortbracht in een populatie bijzonder klein was wordt een *bottleneck* genoemd. In een dergelijke periode is de zogenoemde *random drift* van allelen hoog door een sterke reductie in de effectieve populatiegrootte. Dit leidt tot het verlies van eigenschappen en tot grote verwantschap en inteelt in latere generaties.

Homozygoot: beide chromosomen dragen dezelfde genetische eigenschap.



Heterozygoot: de chromosomen hebben verschillende versies.



Populatiegenetica in de praktijk

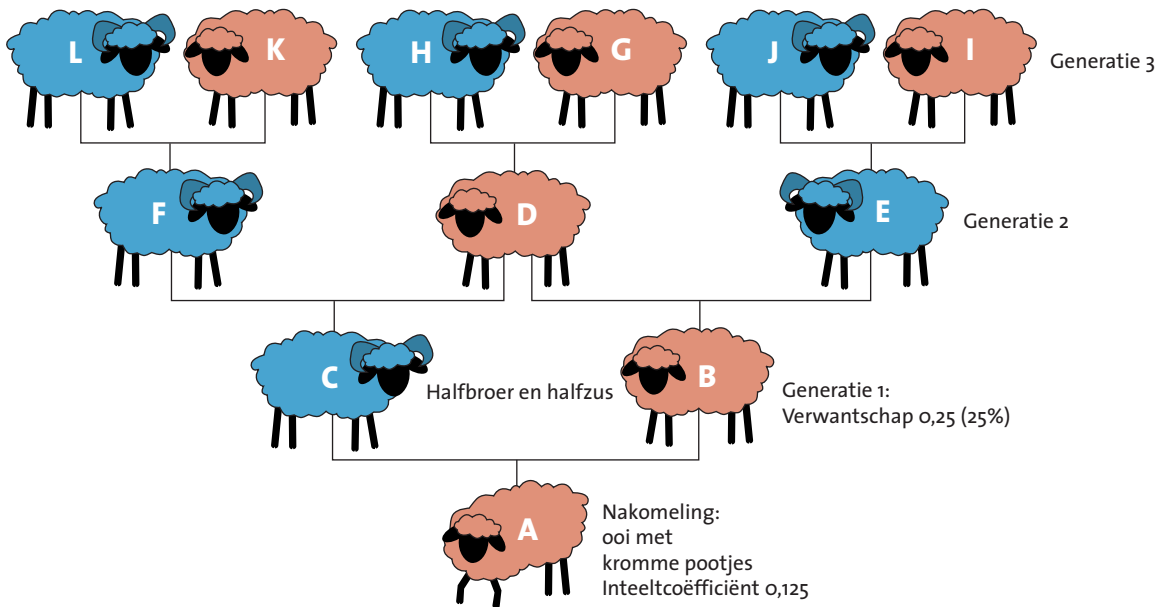
Om te kunnen werken met fokkerijbegrippen als inteelt, zijn nog enkele basisbegrippen uit de populatiegenetica belangrijk.

Allel

De volgorde van DNA nucleotiden op een bepaalde plek – een locus – op een chromosoom wordt een allel genoemd. Deze volgorde is niet bij alle individuen gelijk. Deze variatie in allelen is de bron van de genetische variatie. Verschillende allelen, kunnen zorgen voor de productie van verschillende eiwitten, die verschillende effecten in het dier veroorzaken. Als de allelen identiek zijn, spreken we van homozygoot. Zijn ze verschillend dan heet dat heterozygoot.

Dominant of recessief

Wanneer er twee verschillende allelen op één locus aanwezig zijn (één van de vader en één van de moeder), en het ene allel overschaduwde de effecten van de ander, dan heet de eerste dominant



De ouders van schaap 'A' hebben dezelfde moeder 'D'. Dit zorgt voor een verhoogde kans op (recessieve) afwijkingen.

en de tweede recessief. Een volstrekt hypothetisch voorbeeld: de eigenschap 'flaporen' bij varkens wordt veroorzaakt door het dominante allel 'F'. Een varken dat één of twee van die allelen heeft (FF, Ff, of ff) krijgt dus flaporen. Alleen wanneer het twee recessieve allelen heeft gekregen (ff) zal dit hypothetische varken kleine oren krijgen.

Heterosis of inteeltdepressie

In de fokkerij is één plus één soms meer dan twee. Wanneer een nakomeling op een bepaalde eigenschap hoger scoort dan het gemiddelde van de ouders, spreek je van heterosis. Dit effect wordt veroorzaakt omdat er één of meerdere genen voor dat kenmerk dominantie vertonen. Figuurlijk gesproken zou je kunnen zeggen dat één en één soms ook minder wordt dan twee: wanneer de ouders te nauw aan elkaar verwant zijn. Dan kan sprake zijn van zogenoemde inteeltdepressie.

Inteelt in de praktijk

In een stamboom (zie figuur) zijn de ouders, grootouders en overgrootouders van een lam weergegeven.

Moeder B en Vader C zijn beide afkomstig van moeder D, maar hebben een verschillende vader. Het zijn dus halfbroer en halfzus van elkaar. Ze hebben een verwantschap van 25 procent. A heeft daarmee een zogenoemde inteeltcoëfficiënt van 0,125 (de helft van de verwantschap van de ouders)

Wanneer moeder D heterozygoot is voor een recessieve afwijking, zoals kromme voorpoten, heeft A een kans van 0,125 dat de allelen op de locus voor kromme pootjes beide afkomstig zijn van moeder D. Dat kan zowel het dominante als recessieve allel zijn. De kans dat A kromme pootjes heeft, is dus 0,0625: een kans van 1 op 16.