

3 | Voortplanting: hoe gaat het in de vrije natuur

Om de juiste keuzes te kunnen maken voor gerichte selectie en om de voortplanting te kunnen sturen, moet je kennis hebben van het natuurlijk voortplantingsproces. Dat wil zeggen, van het hele traject van bronst tot geboorte. Nieuw leven begint met een paring: de gemeenschap tussen twee geslachten. En als we praten over paringen, dan denken mensen direct aan seks. Een onderwerp dat altijd veel aandacht krijgt, hoewel de gemiddelde man daaraan fysiek maar vijf minuutjes per week besteedt.

Paringen bij dieren in de vrije natuur geschieden vrijwel uitsluitend om nakomelingen te verwekken. Seks om de lust, zoals bij de mens, komt in de dierenwereld nauwelijks voor. Alleen bij mensapen zien we paringen, die niet direct zijn bedoeld voor de voortplanting. Zeer bekend zijn de bonobo's die als multiseksueel gekarakteriseerd worden.

Een experiment met een volwassen ki-stier die nooit contact had gehad met koeien bevestigd dit. In iedere hoek van een manege was een rund vastgebonden. In hoek één een stier, in hoek twee een os, in hoek drie een tochtige koe en in hoek vier een koe met schedeontsteking (een zogeheten witvuiler). De verwachting was dat de stier voorkeur zou hebben of zelfs gefixeerd zou zijn op de tochtige, paringsbereide koe. Maar de stier besprong alle vier de dieren. De conclusie was, dat een stier vooral of misschien uitsluitend geprikkeld wordt door het silhouet dat hij voor zich ziet. Voor mannelijke varkens geldt hetzelfde. Vandaar ook dat het relatief gemakkelijk is een ki-stier te leren op een kunstkoe (een dummy) te springen en een beer op een kunstzeug. Zolang er maar geen afwijkende lucht aan zit (schoonmaakalcohol), springen stier en beer – en ook een hengst – zonder mankeren op een dummy en ejaculeren in een kunstschede. Hieruit kunnen we concluderen, dat mannetjes vrijwel altijd bereid zijn tot paren. Ze zijn daarin ook niet kieskeurig. Iedereen die wel eens een groepje stieren in een weiland heeft zien lopen, heeft ook kunnen zien dat stieren soms op elkaar springen. Bij bisonen is zelfs rectale penetratie waargenomen. Waarschijnlijk is dat een uitzondering en onbedoeld. Of er misschien sprake is van homoseksualiteit moet nog onderzocht worden, maar erg waarschijnlijk is het niet. Ook van reutjes kennen we het gedrag dat ze tegen je heen paringsbewegingen gaan maken.

Of er onder de voorouders van onze landbouwhuisdieren ook verkrachtingen zijn voorgekomen is niet bekend. In de vrije wildbaan passen de manlijke dieren hun paringsgedrag aan het seizoen aan. Alleen in de periode waarin veel vrouwtjes bronstig zijn, komen de mannetjes in actie. Het vrouwtje moet blijven staan, als een mannetje haar bestijgt. En alleen als een vrouwtje echt paringsbereid is blijft ze staan. Zo niet, dan loopt ze onder het mannetje vandaan en komt het niet tot geslachtsgemeenschap.



ALLEEN ALS HET VROUWTJE WIL BLIJVEN STAAN KOMT HET IN DE VRIJE NATUUR TOT PARING TUSSEN VIERVOETERS

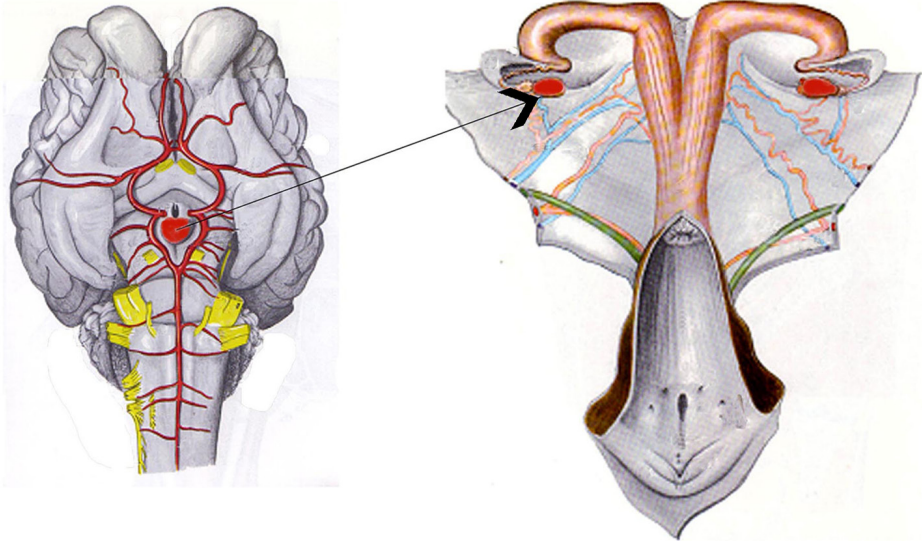
Het mannetje is namelijk niet in staat het vrouwtje te fixeren. Het vrouwtje staat immers met vier poten op de grond en het mannetje alleen met zijn achterpoten, terwijl hij met zijn voorpoten het vrouwtje omklemt. Slechts in bijzondere situaties, bijvoorbeeld als het vrouwtje klem komt te zitten in een hok of vastgebonden staat, kan zonder haar medewerking een paring plaatsvinden. Alleen bij dieren die plat op hun rug kunnen blijven liggen en elkaar bij de paring kunnen aankijken, komt verkrachting voor. Daarom komt dat alleen voor bij mensapen.

Van bronst tot paring

In het dierenrijk zijn paringen seizoensgebonden. Moeder Natuur regelt het zo, dat jonge dieren vrijwel altijd worden geboren in een periode van voedselrijkdom. De periode waarin het vrouwelijke dier bronstig is, dus paringsbereid, is daarop afgestemd. De daglengte, de hoeveelheid licht per dag, is in dit opzicht van doorslaggevende betekenis.

De impuls voor seksuele activiteit gaat uit van de hypothalamus, een hersendeel. Hormonen worden via de bloedbaan naar de geslachtsklieren gestuurd en brengen daar de nodige veranderingen tot stand, die noodzakelijk zijn voor bronst, paring en dracht (zwangerschap).

Voor het aanmaken van de bronsthormonen moet het vrouwelijke dier in goede conditie zijn. Het bronsthormoon – een van de vrouwelijke geslachtshormonen – wordt gevormd uit vetten die in het lichaam zijn opgeslagen.



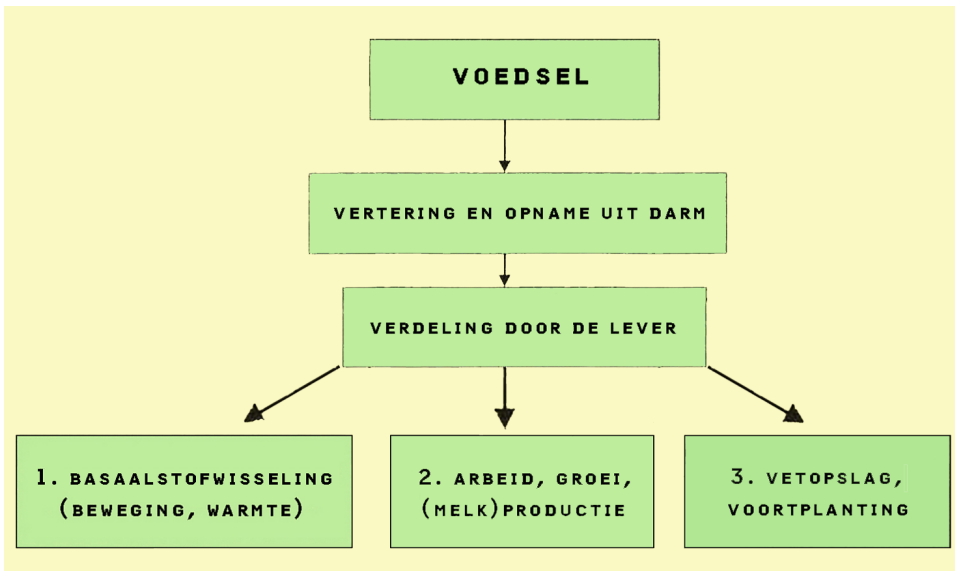
DE GESLACHTSHORMONEN WORDEN GEVORMD IN DE EIERSTOKKEN EN IN DE TESTIKELS ONDER AANSTURING VAN HORMONEN UIT DE HYPOFYSE, EEN AANHANGSEL VAN DE HERSENEN

De leeftijd waarop vrouwtjes voor het eerst bronstig worden is afhankelijk van de voedselvoorziening. In schrale tijden gebeurt dat veel later dan in tijden van overvloedig voedsel. Denk bijvoorbeeld aan de voortplanting bij wilde zwijnen. In het eerste levensjaar is veel energie nodig voor de groei. Die komt op de eerste plaats. Alleen als er voldoende energie – dus voedsel – kan worden opgenomen, komt het hormonale systeem voor de voortplanting op gang. In een goed eikeljaar zijn jonge zeugjes al in het eerste jaar paringsbereid en op een leeftijd van een jaar in staat tot het werpen van jongen. Maar in schrale jaren duurt het tot ze twee jaar oud zijn voordat ze bronstig worden en krijgen ze hun eerste toom pas in het derde levensjaar.

Bij runderen is het zo, dat bij heel ruime voedselvoorziening de vrouwelijke dieren in het tweede levensjaar bronstig worden. Maar gewoonlijk gebeurt dat pas in het derde levensjaar. Hetzelfde geldt voor paarden.

Wilde schapen en geiten brengen meestal als ze een jaar oud zijn hun eerste jongen voort.

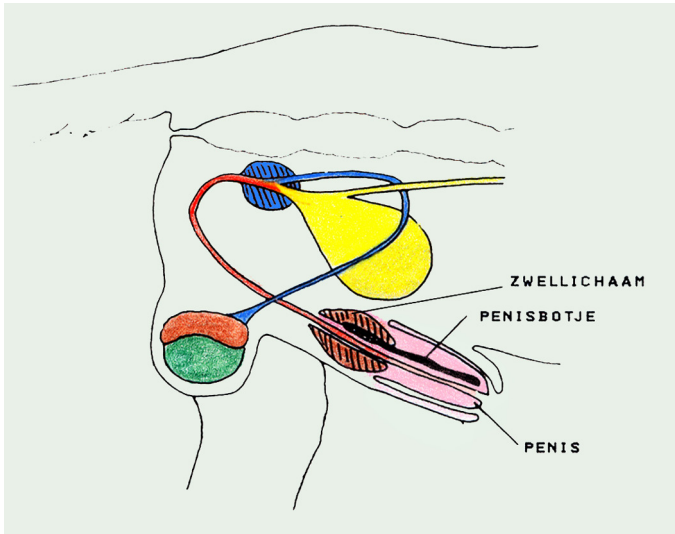
Honden worden bronstig (loops) op een leeftijd tussen zes en twaalf maanden en kunnen dus hun eerste nest krijgen als ze nog geen jaar oud zijn. Voor katten geldt dezelfde leeftijd voor de geslachtsrijpheid en het krijgen van jongen.



NA VERTERING NEEMT DE DARM DE VOEDINGSSTOFFEN OP. HET BLOED TRANSPORTEERT DEZE NAAR DE LEVER. DIE VERDEELT DE VOEDINGSCOMPONENTEN OVER HET LICHAAM, WAAR DE VOEDINGSSTOFFEN WORDEN GEBRUIKT VOOR ENERGIEOPWEKKING EN EIWITAANMAAK.. HET OP PEIL HOUDEN VAN DE LICHAAMSTEMPERATUUR, BEPERKTE VOORTBEWEGING EN VOORAL ENERGIE VOOR DE KAUWSPIEREN ZIJN DE EERSTE ACTIVITEITEN WAARAAN DE ENERGIE UIT HET VOEDSEL WORDT BESTEED. PAS DAARNA WORDT DE OVERMAAT AAN ENERGIE GEBRUIKT VOOR EXTRA ARBEID, EXTRA GROEI, PRODUCTIE VAN MELK EN EVENTUEEL VETOPSLAG. EN ALS ER DAN NOG ENERGIE OVER IS GAAT EEN DIER GESLACHTSHORMONEN VORMEN EN VOORTPLANTINGSACTIVITEITEN ONTPLOOIE

Paringen bij in het wild levende dieren verlopen verschillend per diersoort. Hebben wij mensen een stevige erectie nodig voor de coïtus, bij dieren is dat niet altijd het geval. Bij een aantal vindt de volledige erectie pas plaats nadat de penis in de schede is ingebracht.

In roedels wolven en hondachtigen paren alleen de alfateef, het belangrijkste vrouwtje, en de alfareu, het leidende mannetje. Andere teefjes worden weliswaar ook loops, maar de alfateef verhindert paringen met deze teefjes. Veel van deze teefjes worden vervolgens wel schijnzwanger en assisteren met het zogen van de jongen van de alfateef. En evenzo verhindert de alfareu dat de andere reuen uit de roedel paren.



IN DE PENIS VAN EEN HOND ZIT EEN BOTJE, HET OS PRIAPI. HET ZWELLIKAAM BEVINDT ZICH ACHTER AAN IN DE PENIS

Honden beschikken over een penisbotje, het os priapi. Dit botje dankt zijn naam aan de Romeinse god die wordt afgebeeld met een penis zo lang als zijn arm. De penis van een hond is dus altijd stijf. Als hij wil paren bestijgt de reu de teef en omklemt haar met zijn voorpoten. Zijn penis komt slechts voor een heel klein deel uit de voorhuid. Zodra hij de punt van zijn penis in de schede van de teef kan dringen, duwt de reu zijn penis volledig naar binnen. Dat is zonder erectie mogelijk, omdat er dus een botje in zit. Pas daarna komt de volledige erectie tot stand. Het zwellichaam van de reu zit achteraan in de penis.

De teef heeft in de vulva (schedeingang) een sterke kringspier die de penis omsluit, waardoor zwelling van de penis optreedt. Het vastzitten stimuleert de frictiebewegingen. De reu stapt na de zaadlozing over de rug van de teef. Pas 20 tot 30 minuten later neemt de spanning van de kringspier af en verdwijnt de zwelling van de penis. Gedurende deze 20 tot 30 minuten zijn reu en teef aan elkaar vastgeklonken en staan ze met de achterstellen tegen elkaar. Door deze langdurige fixatie gaat geen sperma verloren.



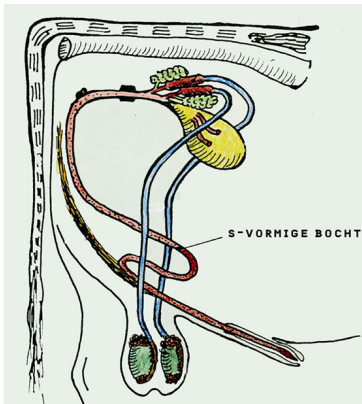
NA DE EJACULATIE BLIJVEN REU EN TEEF VAN ALLE HONDACHTIGEN ONGEVEER TWINTIG MINUTEN AAN ELKAAR GEKLONKEN. DEZE VOSSEN GENIETEN VAN HET NASPEL

Bij de katachtigen leven de geslachten gescheiden van elkaar. Alleen in de periode waarin het vrouwtje krols is vinden mannetje en vrouwtje elkaar door geursporen. Na een wild voorspel volgt de paring. De kater heeft eveneens een klein botje in de penis. Pas na het binnendringen in de schede treedt een erectie op. De penis van de kater heeft op het oppervlak kleine doorntjes, waardoor de schede van de poes sterk wordt geprikkeld. Kennelijk veroorzaakt dat pijngevoelens, want katten krijsen luid tijdens de paring. Toch paren katten vele keren kort na elkaar. Het signaal van de prikkeling van de schede gaat via zenuwbanen naar de hersenen en naar de hypofyse, die daarna hormonen afscheidt die de eisprong tot stand brengen. Bij katten is het opmerkelijk dat de eisprong pas plaats vindt ná de paring. Hierdoor gaan geen eicellen verloren. Ook bij stieren, rammen, geitenbokken en beren treedt pas een volledige erectie op nadat de punt van de penis de schede heeft gevonden.

Runderen leven in koppels: een leiderstier met zijn harem. De stier is uitermate waakzaam in de periode dat koeien tochtig (bronstig) worden. Hij gaat dan ook direct het duel aan met alle stieren die in de buurt van zijn harem komen. Hij wil de vader zijn van alle nakomelingen in de koppel. Maar dat lukt slechts ten dele.

Dna-profielen van de nakomelingen van een koppel runderen in het vrije veld lieten zien dat slechts zo'n 60% van de kalveren de genen had van de leiderstier. De overige kalveren hadden de genen van diverse vaders. Ofwel de koeien bedriegen bewust de stier door zich tijdens hun tochtigheid te onttrekken aan de aandacht van de leiderstier. Ofwel de leider is zo druk geweest dat andere stieren de kans schoon zagen toen er tochtige haremdues in de buurt waren.

Voor de paring loopt de stier voortdurend achter de koe aan die hij wil bespringen. Hij probeert het vele keren, maar pas als de koe blijft staan vindt de paring plaats.



DE PENIS VAN MANNELIJKE HERKAUWERS

De penis van de stier kan niet of nauwelijks zwellen. In rust ligt de penis in een S-vormige bocht. Bij de erectie verstrijkt deze bocht, de penis schacht uit en dringt de schede van de koe binnen. Ejaculatie vindt vrijwel onmiddellijk plaats. De stier maakt daarbij een sprongetje waardoor hij met beide achterpoten van de grond komt. Daarom noemen we de paring een sprong. Direct erna laat de stier zich van de rug van de koe glijden. De werkelijke paring duurt dan ook maar enkele seconden.

Volwassen mannelijke everzwijnen – de evers of keilers – leven solitair. De zeugen – de baggen – leven in groepen. In de paartijd zijn de mannelijke everzwijnen in de buurt van de zeugen om met ze te paren zodra de kans zich voor doet. Er worden dan flinke, bloedige gevechten geleverd om de bronstige (berige) zeugen. Het kunnen ware veldslagen op leven en dood zijn. Ze rammen met de schouders tegen elkaar en bewerken met hun haaktanden de flanken van

hun tegenstander. Everzwijnen hebben op hun flanken een heel stevige verdikte huid, die hen beschermt tegen de aanvallen van de tegenstander. De zwaarste evers winnen in het algemeen het gevecht.

Een mannelijk varken (beer) port net als zijn voorvader de ever voor de paring niet zachtzinnig met zijn snuit in de flanken van de zeug om te testen of ze wil blijven staan. Dat gebeurt soms zo hard dat de achterpoten van de zeug van de grond komen. Als de zeug bereid is tot paren bestijgt de beer haar en zoekt met zijn penis de vulva. Als die is gevonden schacht de penis uit, net zoals bij de stier. De S-vormige bocht in de penis verstrijkt, maar minder snel dan bij de stier. De penis dringt in de schede, waarna de punt van de penis in de baarmoedermond schuift. De penispunt komt min of meer vast te zitten in de baarmoedermond. Logisch dus dat een beer goed test of de zeug wil blijven staan, voordat hij haar bestijgt. Stel je voor dat de zeug wegloopt terwijl de penispunt vastzit in de baarmoedermond. Vervolgens begint de werkelijke paring, die bij varkens tot wel 20 minuten kan duren. Het volume van het ejaculaat is dan ook navenant. De stier levert een veel kleiner volume. Vandaar dat de stier snel klaar is, terwijl het varken daar zijn tijd voor moet nemen.



**OOK VARKENS HEBBEN EEN S-VORMIGE BOCHT IN DE PENIS.
DE PARING DUURT WEL TWINTIG MINUTEN. DE BEER ZIT
SCHUIMBEKKEND OP DE ZEUG**

Hengsten hebben een harem van ongeveer twintig merries. Gedurende de paartijd dekken ze alle merries in de kudde. Echter, net als bij de stieren is maar zo'n 60% van de nakomelingen afkomstig van de leiderhengst. De overige veulens zijn van andere hengsten die rondom de kudde hebben gelopen. De hengst heeft een penis die net als die van de mens bij erectie sterk zwelt. Voordat een hengst de merrie bestijgt heeft hij een forse erectie en zoekt hij de vulva om de schede binnen te dringen. Als de merrie goed hengstig is en blijft staan opent zij de vulva om het binnendringen te vergemakkelijken. Nadat de penis in de schede is gebracht zwelt de punt van de penis. Hij neemt de vorm aan van een paddenstoel, een stevige stam met daarop een soort hoed, de eikel. Pas als de penis een stevige weerstand ontmoet van de baarmoedermond, treedt ejaculatie op. Het volume van het ejaculaat is behoorlijk, reden waarom de hengst er enige minuten (1 tot 3) overdoet om het te lozen.

Schape en geiten leven met hun jongen in groepen van twintig tot vijftig dieren. De rammen en de bokken leven apart in kleinere groepen. Alleen tijdens de paartijd in het late najaar valt de groep rammen en bokken uiteen en gaan de mannetjes individueel op zoek naar paringsbereide wijfjes. De rammen en de bokken leveren heftige gevechten om de vrouwtjes.

De paring bij deze diersoorten verloopt net als bij runderen erg snel: in enkele secondes is de echte paring achter de rug. En net als bij runderen en varkens hebben zij een penis die in een S-vormige bocht ligt. Deze bocht verstrijkt en de penis kan de schede van het vrouwtje binnendringen als zij stil staat. Soms ziet een tweede ram in de bronstperiode zijn kans en bevrucht de ooi nogmaals.



DE PARING VAN SCHAPEN DUURT ZEER KORT. DE FOTOGRAAF WAS TE LAAT: DE PARING WAS AL GESCHIED TOEN HIJ KNIPTTE

Hanen draaien met hun zijkant naar de hen waarmee ze willen paren. Imponerend laat de haan de vleugel zakken die naar de hen is gekeerd. De hen laat merken dat ze bereid is en de haan bestijgt haar. Met de vleugels slaand om zijn evenwicht te bewaren drukt de haan zijn geslachtsopening tegen die van de hen. Korte tijd later kan deze hen weer door een andere haan worden bevrucht.

In de vrije natuur is promiscuïteit (omgang met wisselende partners) bij de voorouders en de naaste wilde verwanten van onze huisdieren normaal.

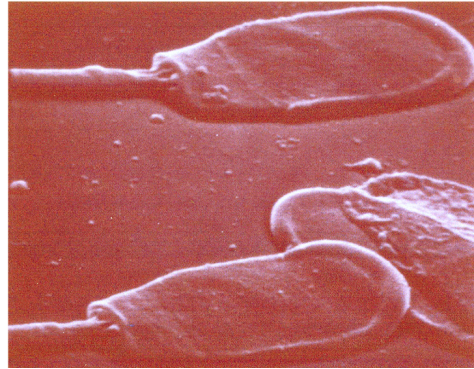
Geslachtscellen

Spermacel

Manlijke geslachtscellen worden in de natuur overvloedig geproduceerd. Onze mannelijke huisdieren produceren als zij geslachtsrijp zijn miljoenen zaadcellen per dag. Ieder ejaculaat bevat dan ook vele miljoenen zaadcellen. Sperma is een basisch mengsel van hoofdzakelijk eiwitten en spermacellen. De spermacellen komen zowel in de schede, als in de baarmoedermond en in de baarmoeder in een vijandig milieu. De schede is zuur en in de baarmoeder moeten de spermacellen afrekenen met de afweer van het vrouwtje. De wand van de spermacellen is echter voorzien van moleculen die ze tegen de afweer van het vrouwtje beschermen. Tevens ondersteunen de toegevoegde eiwitten in het sperma de spermacellen op hun trektocht naar de eicel. En in de periode dat het vrouwtje bronstig is, vermindert de sterkte van de afweer in het vrouwelijk geslachtsorgaan. Uiteraard ten gunste van de spermiën die de eicel moeten bereiken.

De spermacel is een zeer kleine cel met een kop en een staart. Op de overgang tussen kop en staart zit een tussenstuk waarin zich mitochondriën (zie pagina 42) bevinden. In de kop zit de celkern met de chromosomen. De staart zorgt voor de voortbeweging. De mitochondriën leveren de energie waarmee de spermacel zijn doel, de eicel, bereikt. Voordat de spermacel contact maakt met de eicel, ondergaat de celwand van de spermacel enige veranderingen. Daardoor kan de spermacel zich aan de wand van de eicel hechten en daar doorheen dringen.

Onder een microscoop kun je zien dat er onder de spermiën snelle zwemmers en langzamere zwemmers zijn, alsook dat er spermiën zijn die recht vooruit zwemmen en spermiën die in cirkels zwemmen of kronkelige zwemwegen afleggen. Na fixatie op voorwerpglasjes en kleuring van de cellen kun je vele vormen spermiën onderscheiden, waarvan in het laboratorium de structuur als afwijkend wordt beoordeeld. Bij sommige manlijke dieren is het percentage spermiën met afwijkende vormen zeer groot, soms wel 50%. Als we sperma verzamelen voor de kunstmatige inseminatie (ki) bij onze landbouwhuisdieren, dan keuren we de ejaculaten met een hoog percentage afwijkende spermiën af. Het is echter zeer wel mogelijk dat dieren met een hoog percentage afwijkende



DE SPERMACEEL BESTAAT UIT EEN KOP MET HET ERFELIJK MATERIAAL (DE GENEN), EEN TUSSENSTUK MET DE CELORGANELLEN - WAARONDER DE MITOCHONDRIËN - EN EEN STAART VOOR DE VOORTSTUWING

spermiën in geval van natuurlijke dekkingen toch bevruchtingen tot stand brengen. Maar de vraag is of de vrouwtjes dan drachtig worden.

Over deze verschillende soorten spermiën is een intrigerende theorie ontwikkeld. Als een vrouwtje met meerdere mannetjes paart, wil het mannetje dat het eerst met dat vrouwtje paarde zijn nageslacht verwekken. Hij heeft een voorsprong op het tweede mannetje, omdat zijn sperma al op weg is naar de eicel. Maar het tweede mannetje heeft er ook baat bij dat zijn sperma het nageslacht verwekt. En daarover gaat die intrigerende theorie.

DIERSOORT	GEMIDDELD EJACULAAT (EN SPREIDING) IN ML	SPERMIËN PER ML EJACULAAT IN MILJOENEN	AANTAL INSEMINATIEDOSES PER EJACULAAT
PAARD (HENGST)	100 (30 - 500)	300	8 - 15
RUND (STIER)	5 (2 - 12)	1.000	TOT 800
SCHAAP (RAM)	1 (0,7 - 2)	3.000	-
GEIT (BOK)	1 (0,5 - 1)	3.000 - 5.000	-
VARKEN (BEER)	250 (150 - 500)	100	30 - 50
HOND (REU)	7 (2 - 25)	100	1
MENS	- (2 - 5)	> 20	-
HAAN	- (0,7 - 1,5)	3 - 4	10
KALKOENHAAN	- (0,35 - 0,5)	6 - 8	-

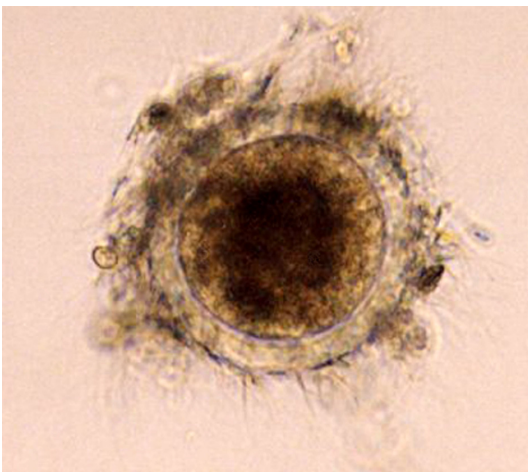
KENMERKEN MANNELIJKE DIEREN

Niet de snelle zwemmers blijken de bevruchting tot stand te brengen. Zij effenen slechts het pad voor de trektocht van de langzamere spermieën en gaan te gronde in het vijandige milieu in de baarmoeder. De langzame zwemmers profiteren en één brengt de bevruchting tot stand. De spermieën met afwijkende bewegingen of afwijkende vormen leveren uiteraard geen bevruchting op. Zij sneuvelen in de baarmoedermond en vormen daar een soort prop, die de baarmoedermond afsluit voor een volgende groep spermieën. En dat is dus het ejaculaat van het tweede mannetje. Maar die heeft er al min of meer op gerekend, dat zijn sperma moet concurreren met het sperma van een voorganger. De snelle zwemmers in zijn ejaculaat zijn de aanvallers die de prop afwijkende spermieën in de baarmoedermond kunnen opruimen en de langzamere zwemmers van zijn voorganger kunnen inhalen en vernietigen. Op die manier wordt de kans op bevruchting door de spermieën van zijn eigen ejaculaat zo groot mogelijk. Een fraaie verklaring voor het feit dat in ieder ejaculaat alle soorten spermieën aanwezig zijn. En ook een verklaring voor de min of meer egoïstische teneur om vooral zelf nakomelingen te willen verwekken.

De wetenschapsfilosoof Dawkins heeft het begrip 'selfish genes' geïntroduceerd. Daarmee bedoelde hij dat de belangrijkste rol voor individuen in de natuur is zijn of haar genen door te geven aan de volgende generatie.

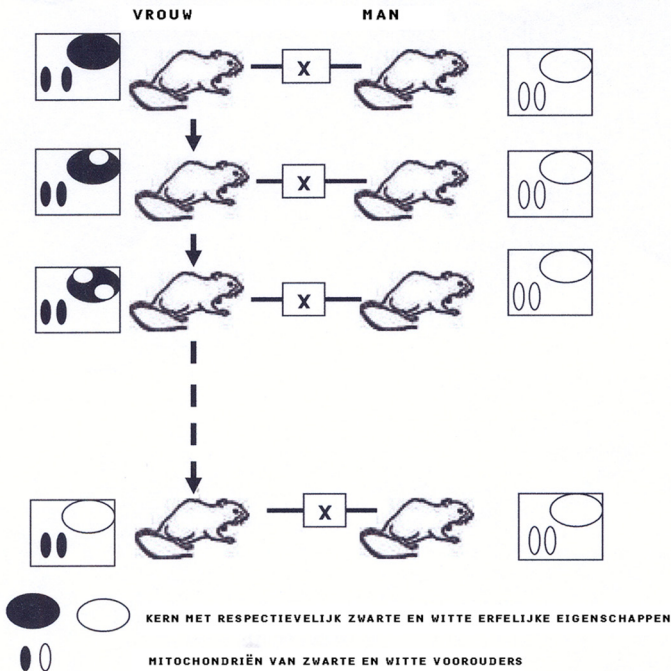
De eicel

De natuur is zuinig met eicellen. Bij zoogdieren blijven eicellen binnen het lichaam van het vrouwtje. Bovendien zijn ze slechts gedurende korte tijd en in kleine aantallen aanwezig. Ieder dier heeft zijn eigen cyclus waarin de eicellen vrijkomen. De eicel bevat alle celonderdelen (organellen) die nodig zijn voor de cel om te kunnen functioneren en zichzelf te delen (zie pagina 42). De eicel is dertig tot vijftig keer zo groot als de spermacel.



DE EICEL

Een experiment met muizen heeft aangetoond, dat vrouwtjes in de vruchtbare periode op zoek gaan naar mannetjes met een tegengesteld afweersysteem (mhc = major histocompatibility complex). Dat maakt de kansen voor hun jongen om infecties te overleven groter dan voor nakomelingen van mannetjes met eenzelfde afweersysteem. Vrouwtjes maken deze keuze op grond van geuren. In de fokkerij heeft de mens de keuze bepaald. En de mens heeft geselecteerd op eigenschappen die hem welgevallig waren. Daardoor zijn juist die eigenschappen bij de door de mens gefokte dieren sterker naar voren gekomen. Maar tevens heeft de mens rekening moeten houden met de kwaliteit van het afweersysteem van zijn dieren. Want als er zwakke dieren uit een combinatie van het door hen gekozen mannetje en vrouwtje werden geboren, dan gingen die dood door infecties en kwamen er geen nakomelingen. Dus zonder specifiek aandacht te schenken aan de kwaliteit van het afweersysteem van zijn huisdieren, heeft de mens dat aspect onbewust wel in de fokkerij meegenomen.



OVERERVING VAN DE MITOCHONDRIËN GAAT UITSLUITEND VIA DE MOEDER. EEN EXPERIMENT MET MUIZEN HEEFT DAT AANGETOOND. MEN KRUISTE WITTE MANLIJKE MUIZEN MET ZWARTE VROUWELIJKE MUIZEN. DE DAARUIT GEBOREN DOCHTERS WERDEN WEER GEPAARD MET WITTE MANNETJES. GEDURENDE DE ACHTEREENVOLGENDE GENERATIES WERDEN NAKOMELINGEN VAN DE OORSPRONKELIJKE ZWARTE MUIZENSTAM GEHEEL WIT VAN KLEUR. MAAR HUN MITOCHONDRIËN HADDEN NOG DEZELFDE OPMAAK ALS DIE VAN HUN VOOROVERGROOTMOEDERS

De zaadcel heeft, als hij de eicel bereikt, al zijn energie verbruikt. De mitochondriën in het verbindingsstuk tussen kop en staart zijn opgebrand en worden door de eicel buitengesloten. Alleen het erfelijke materiaal, het dna, dringt de eicel binnen. Het nieuwe individu moet het dus in het begin doen met de cel'machinerie' in de eicel. Later – tijdens het groeiproces – worden alle organellen van de moeder vervangen door organellen die de kern van de eicel onder invloed van zowel vader als moeder heeft gemaakt. Dit geldt overigens niet voor de mitochondriën.

De mitochondriën in de cellen van ieder individu zijn alleen afkomstig uit de eicel, die uit de zaadcel gaan verloren. Mitochondriën hebben zelf een cirkelvormige streng erfelijk materiaal (dna), waarin het hele programma voor de energieproductie ligt opgeslagen. Alle zoogdieren hebben dus mitochondriën, de energiegeneratoren, van de moeder.

Enkele wetenschappers leggen een verband tussen de kwaliteit van de mitochondriën en veroudering. Mitochondriën produceren de energie voor alle lichaamsfuncties door omzetting van bloedsuiker (of vetten) en zuurstof in water en kooldioxide. Bij dat omzettingsproces kunnen vrije zuurstofmoleculen ontstaan. En die zijn gevaarlijk voor de integriteit van het dna in de cellen. Vrije zuurstofmoleculen kunnen het dna beschadigen en daardoor snellere veroudering veroorzaken. Daarom veronderstellen die wetenschappers, dat de kans om oud te worden sterk beïnvloed wordt door de kwaliteit van de mitochondriën. En die komen alleen van de moeder.

Na de bevruchting gaat de eicel zich delen. Er volgen vele celdelingen voordat een nieuw individu is gevormd en geboren, waarin de erfelijke eigenschappen van vader en moeder aanwezig zijn.



EEN KRUISING TUSSEN EEN EZEL EN EEN PAARD LEVERT EEN MULDIER (LINKS) ALS DE MOEDER EEN PAARD IS EN EEN MUILEZEL (RECHTS) ALS DE MOEDER EEN EZELIN IS. ER BESTAAT EEN DUIDELIJK VERSCHIL IN GROOTTE TUSSEN DEZE BEIDE NAKOMELINGEN: MOGELIJK DE INVLOED VAN DE MOEDER

DIERSOORT	CYCLUSDUUR IN DAGEN	EICELLEN PER OVULATIE	BRONST- DUUR	LENGTE DRACHT
PAARD (MERRIE)	19 - 23	1 (2)	5 -7 DGN	11 MND (340 DGN)
RUND (KOE)	21	1 (2)	24 UUR	9 MND (280 DGN)
SCHAAAP (OOI)	16 - 18	2 (3)	24 -48 UUR	5 MND (147 DGN)
GEIT (SIK)	18 - 24	2 (3)	12 - 48 UUR	5 MND (148 - 152 DGN)
VARKEN (ZEUG)	21	12 (15)	2-3 DGN	3 MND+3 WKN+3 DGN (114 DGN)
HOND (TEEF)	6 -8 MND	4 - 8	21 DGN (CA.10 DGN VOORBRONST)	9 WKN (63 DGN)
KAT (POES)	EISPRONG NA COPULATIE	4 - 8	-	61 DGN
KONIJN (VOEDSTER)	EISPRONG NA COPULATIE	5 - 8	-	30 DGN
CHIMPANSEE	24	1 (2)	-	8 MND
MENS	28	1 (2)	-	9 MND (270 DGN)
KIP (HEN)	BROEDTIJD 21 DAGEN			
KALGOEN (HEN)	BROEDTIJD 26 - 28 DAGEN			

KENMERKEN VROUWELIJKE DIEREN

Maar er bestaat een verschil in de inbreng van vader en moeder. Een voorbeeld. Een vaderpaard (hengst) en een moederezel (ezelin) brengen na paring een muilezel voort, een dier dat net zo groot is als een ezel of misschien iets groter. De paring van een vaderezel (ezelhengst) en een moederpaard (merrie) brengt een muildier voort, een dier dat bijna net zo groot is als een paard. Zowel de muilezel als het muildier hebben dezelfde genetische eigenschappen in de celkern: half paard, half ezel. Toch bestaat er een duidelijk verschil in grootte. Mogelijk heeft dit iets te maken met de invloed van de cel'machinerie' in de eicel, die uitsluitend afkomstig is van de moeder. En ook met de invloed van de omgeving, de baarmoeder.

Bij celdelingen maakt de natuur soms fouten. Dat gebeurt ook bij de vermenigvuldiging van het dna in de chromosomenketen. Hoewel er een solide herstellingsmechanisme bestaat, is een dergelijke verandering soms toch blijvend. En dat gebeurt bij een op de miljoen moleculen (nucleotiden) die worden ingebouwd in een nieuwe streng dna. In enkele gevallen worden zelfs hele stukken nucleotiden ingevoegd. Dit laatste kan doordat delen van chromosomen bij de vermeerdering onderling uitgewisseld worden. Maar wetenschappers hebben ook vastgesteld, dat virussen – met name retrovirussen – stukken dna kunnen invoegen in het dna van hun gastheer. En tevens, dat bepaalde gifstoffen het dna kunnen veranderen. Die veranderingen kunnen leiden tot een andere programmering van de genetische informatie en dus tot een verandering van de functie. De betreffende cel gaat vrijwel altijd te gronde, maar kan ook ontaarden en zich niets meer van zijn omgeving, de omliggende cellen, aantrekken.

Als er een verandering plaatsvindt in een gen van de zaadcel of de eicel, dan verandert het bouwprogramma in het embryo. Als een dergelijke wijziging een vitaal, cruciaal element betreft, dan zal die leiden tot een individu zonder levenskansen. Dit zal sterven tijdens de dracht of kort na de geboorte. Indien de verandering niet levensbedreigend is, heeft het nieuwe individu een iets ander voorkomen dan zijn ouders. Dat is een mutant. Er wordt een individu met nieuwe eigenschappen geboren en die mutatie blijft voortbestaan. Als één van de genen die de huidskleur bepalen verandert, komt een individu ter wereld met een andere huidskleur dan zijn ouders. Het ontstaan van de witte kleur bij dieren is daarvan een voorbeeld.

De mens heeft kennelijk een voorkeur voor wit. De witroze kleur die wij kennen van ons huidige varken, ontstaat door de doorbloeding van de witte huid. Zweedse onderzoekers hebben vastgesteld dat het gen voor de huidskleur bij het huidige varken op twee essentiële plaatsen afwijkt van het gen voor de huidskleur bij wilde zwijnen. Zij veronderstellen dat deze twee mutaties vele generaties na elkaar zijn ontstaan.

Waarschijnlijk is deze kleurverandering opgetreden bij een beperkt aantal dieren, waarmee vervolgens verder is gefokt. Veel later is het huidskleur-gen nogmaals gemuteerd bij de gedomesticeerde varkens en is de huid geheel wit geworden. Ook bij witte paarden is een soortgelijke verandering gevonden in het gen dat de huidskleur bepaalt.

Een dergelijke verandering zal ook wel eens optreden bij in het wild levende dieren. Dat is een nadeel, want witte individuen vallen meer op en zijn daarom een makkelijker doelwit voor roofdieren dan de van oorsprong donkere dieren. Maar voor de mens was de witte kleur een groot voordeel, want hij kon zijn gedomesticeerde dier veel makkelijker terugvinden. Misschien ligt daarin wel een verklaring voor het feit dat veel van onze landbouwhuisdieren in de regel veel lichter van kleur zijn dan hun wilde voorouders.

Een kleurmutatie doet zich namelijk niet zo heel vaak voor. Dus mogelijk heeft de mens in het verre verleden verwante dieren met witte vlekken gepaard om meer nakomelingen met witte aftekeningen te krijgen. En dat geldt niet alleen voor varkens, maar ook voor kippen en enkele paardenrassen. Ook de meeste moderne runderrassen in de westerse wereld hebben witte aftekeningen. De mens heeft eigenlijk – zonder het zelf te weten – de door Darwin geopperde selectiewijze ‘survival of the fittest’ ingezet om dieren te fokken die aan zijn eisen voldeden.

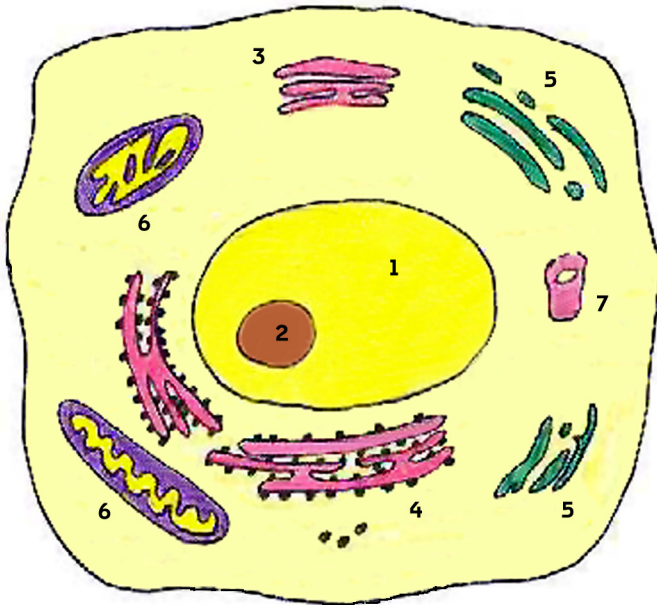
Bouw van lichaamscellen

Het lichaam van mensen en dieren is opgebouwd uit een groot aantal cellen, die in onderlinge samenhang de vorm van het lichaam bepalen en de verschillende functies uitvoeren. Zo is het menselijk lichaam opgebouwd uit ongeveer 10^{14} cellen. De cellen van mens en dier zijn van ongeveer gelijke grootte. Bij dieren is het aantal lichaamscellen niet zo nauwkeurig bepaald, maar naar rato van hun lichaamsgewicht hebben dieren een groter of kleiner aantal cellen.

Het verband en de samenwerking tussen alle lichaamscellen maakt dat dieren en mensen hun uiterlijk hebben en kunnen functioneren. De cellen in de verschillende organen verschillen sterk van elkaar, maar beschikken over dezelfde celcomponenten voor het uitvoeren van hun taken. Bovendien hebben alle verschillende celtypes verschillende taken. Een spiercel kan samentrekken, een bindweefselcel heeft tot taak alle gespecialiseerde orgaancellen bijeen te houden, etc.

Lichaamscellen zijn ingewikkelde structuren, die veel componenten bevatten. Ze hebben verschillende programma's van de genen aangeschakeld (in actie) en produceren dus verschillende soorten eiwitten en verrichten verschillende werkzaamheden

Elke lichaamscel is omgeven door een membraan, de celwand, waarin vloeistof (cytoplasma) en alle organellen zijn opgesloten. De cellen zijn door middel van gespecialiseerde eiwitten in de celwand aan elkaar bevestigd. Deze oppervlakte-eiwitten zijn specifiek voor de organen. Als bijvoorbeeld een losgeraakte uiercel in de lever terecht komt, dan kan de uiercel met de eiwitten in haar celmembraan geen aansluiting vinden bij de levercellen. De losgeraakte uiercel gaat dan ook te gronde, omdat een cel voor haar voeding en zuurstofvoorziening afhankelijk is van contact met naburige cellen. Alleen witte en rode bloedcellen hebben andere oppervlakte-eiwitten, waardoor ze in staat zijn vrijelijk door het lichaam te circuleren: rode alleen in het vaatstelsel, witte bloedcellen zwerven door het hele lichaam.



CELCOMPONENTEN = CELORGANELLEN	EIGENSCHAPPEN / KENMERKEN	FUNCTIE
KERN (1)	BOLVORMIGE STRUCTUUR, WAAR BINNEN DE NUCLEOLUS (2) DE CHROMOSOMEN EN DE ERFELIJKE EIGENSCHAPPEN (DNA) ZIJN GELEGEN	INSTRUCTIES VAN DNA OVERSCHRIJVEN OP RNA, DAT VANUIT DE KERN NAAR DE CEL GAAT
GLAD ENDOPLASMATISCH RETICULUM (GER) (3)	NETWERK VAN MEMBRANEN	TRANSPORT EIWITTEN NAAR GOLGI-APPARAAT PRODUCTIE VETTEN (LIPIDEN) EN FOSFOLIPIDEN
RUW ENDOPLASMATISCH RETICULUM (RER) (4)	NETWERK VAN MEMBRANEN, WAAROP RIBOSOMEN (COMPLEX VAN EIWITTEN EN RNA) ZIJN GELEGEN	ALS VORIGE; RIBOSOMEN ZORGEN VOOR AANMAAK VAN ALLE EIWITTEN, ENZYMEN ETC. DIE VOOR HET FUNCTIONEREN VAN DE CEL EN HET LICHAAM NODIG ZIJN
GOLGI-APPARAAT (5)	MEMBRAAMSISTEEM	OPSLAG EN OMBDOUW VAN EIWITTEN EN ANDERE STOFFEN GEPRODUCEERD DOOR HET ENDOPLASMATISCH RETICULUM
MITOCHONDRIËN (6)	KLEINE ZELFSTANDIGE EENHEDEN BINNEN DE CEL OMGEVEN DOOR EEN MEMBRAAM ; BEVATTEN EIGEN DNA EN EIGEN RIBOSOMEN	OMZETTEN VAN VOEDINGSCOMPONENTEN IN ENERGIE ONDER VORMING VAN WATER EN KOOLZUUR
LYSOSOOM (7)	BLAASJE OMGEVEN DOOR EEN MEMBRAAM	AFBRAAK VAN EIWITTEN (EN ANDERE STOFFEN); AMINOZUREN GEREED MAKEN VOOR HERGEBRUIK; AFVALSTOFFEN BEWERKEN VOOR UITSCHIEDING
CYTOSKELET	EIWITDRADEN	GEVEN STEVIGHEID AAN CELLEN
CENTRIOOL	MEMBRAAMLOZE CILINDERVORMIGE STRUCTUREN	ROL BIJ HET VERDELEN VAN DE CHROMOSOMEN BIJ DE CELDELING; ROL BIJ AFBRAAK TRILHAREN

In de cellen zijn diverse structuren te onderscheiden, die alle een bepaalde functie uitvoeren. Deze structuren noemen we organellen, een verkleinwoord voor organen. Zoals het lichaam is opgebouwd uit verschillende organen met verschillende functies, zijn er binnen de cellen verschillende structuren die elk een of meer specifieke functies hebben (zie tabel). En aangezien de verschillende lichaamscellen verschillende taken hebben, hebben ook alle cellen bepaalde specifieke taken. Enkele uiercellen zijn bijvoorbeeld gespecialiseerd in de productie en afgifte van melkeiwit. Levercellen daarentegen hebben een veelheid aan taken bij de verwerking van voedingsstoffen, die na vertering vanuit de darm door het bloed naar de lever zijn getransporteerd. Bovendien zijn deze functies niet uitwisselbaar tussen de verschillende celsoorten onderling.

Cellen zijn zelfstandige eenheden, die in sterke onderlinge samenhang alle lichaamsfuncties uitvoeren. Uit het langsstromende bloed nemen alle cellen zuurstof op en verder bloedsuiker of vluchtige vetzuren voor de energievoorziening, aminozuren voor de opbouw van eiwitten en zelfs complete eiwitten afkomstig uit andere lichaamscellen (bijvoorbeeld hormonen). Al deze stoffen komen de cel binnen door een actief opnameproces.

Alle cellen bevatten het volledige pakket aan celorganellen. In de verschillende soorten cellen zijn verschillende delen van het repertoire van het dna (desoxyribonucleïnezuur, de chemische drager van de erfelijke informatie) in de kern aangeschakeld. Op de aangeschakelde stukken dna wordt rna (ribonucleïnezuur) gevormd, dat vanuit de celkern als boodschapper naar het cytoplasma gaat en de diverse organellen van de cel opdrachten geeft.

Bijvoorbeeld het aanmaken van eiwitten uit aminozuren in de ribosomen voor gebruik in de cel zelf of voor export naar andere delen van het lichaam.

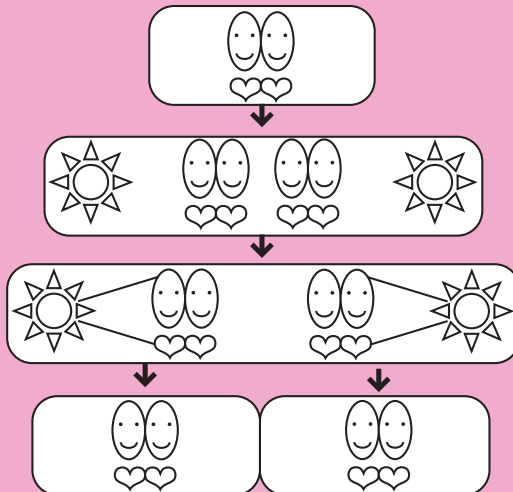
In de longen neemt een dier zuurstof op die vervolgens via de bloedbaan naar alle delen van het lichaam wordt getransporteerd. Vanuit de darm neemt het bloedsuiker of vluchtige vetzuren (alleen herkauwers) op, die via de bloedbaan eveneens naar alle delen van het lichaam worden getransporteerd. Bloedsuiker wordt in de mitochondriën met zuurstof omgezet in energie met als restproducten kooldioxide en water. Deze stoffen verlaten de cel en worden via de bloedbaan naar respectievelijk de longen en de nieren getransporteerd en daar afgevoerd. De energie voor de cellen en dus voor het hele lichaam wordt uitsluitend in de mitochondriën gegenereerd.

Iedere celkern beschikt over een dubbel aantal chromosomen: één chromosoom van het paar komt van de moeder, de ander van de vader. Delen van de chromosomen bevatten de code voor het verrichten van alle taken die in het lichaam moeten worden uitgevoerd: dat zijn de genen. In de cellen van de diverse organen zijn verschillende genen actief (aangeschakeld), hoewel iedere cel in het dna wel beschikt over het volledig genetisch repertoire. Alléén die genen, die voor de functie van de cel noodzakelijk zijn, zijn actief en maken rna,

het boodschappermolecuul dat vanuit de kern naar andere celorganellen gaat voor het overbrengen van opdrachten voor het uitvoeren van bepaalde taken.

Bij het voorbereiden van een celdeling verdubbelt de cel alle chromosomen. Na de verdubbeling trekken de centriolen de chromosomen uiteen naar beide uiteinden van de cel, zodat zich aan iedere kant van de cel hetzelfde aantal en soort chromosomen bevindt. Daarna gaat de cel zich splitsen in twee identieke dochtercellen, die dan weer over hetzelfde aantal chromosomen beschikken als de oorspronkelijke cel. De celorganellen worden verdeeld over beide dochtercellen. Deze celdeling wordt mitose genoemd. Na de splitsing gaan de dochtercellen groeien en worden even groot als de oorspronkelijke cel. Tijdens deze groei vermeerdert iedere dochtercel haar celorganellen, zodat ook deze weer even talrijk zijn als in de oorspronkelijke cel.

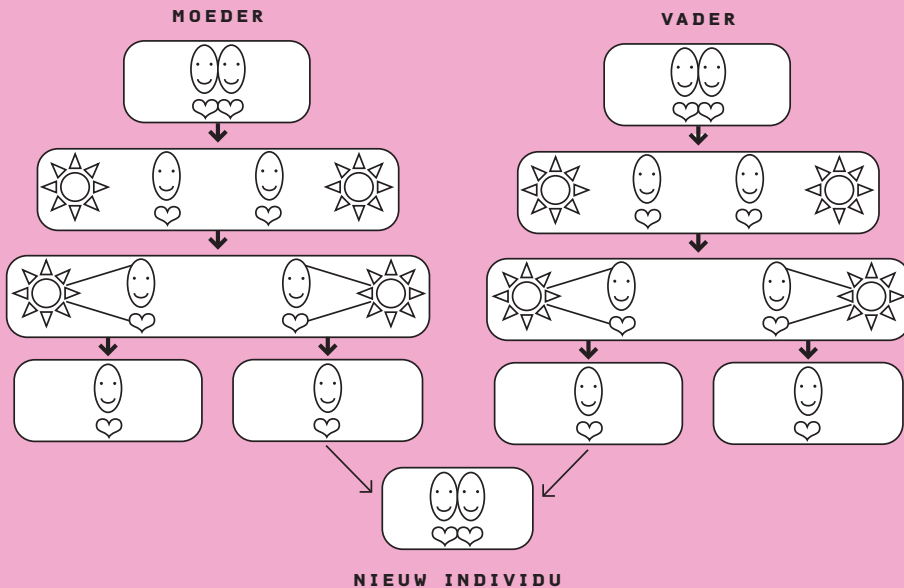
In de navolgende voorbeelden is het aantal chromosomenparen voor de overzichtelijkheid beperkt tot twee.



Bij een normale celdeling (mitose) blijft het aantal chromosomen in de dochtercellen gelijk. Bij de vorming van eicellen en zaadcellen krijgen deze voortplantingscellen slechts de helft van de chromosomen. Bij de verdeling van de chromosomenparen kan ook uitwisseling van delen van de chromosomen plaatsvinden, dus ook van genen of delen van genen. Ieder chromosoom krijgt op die wijze een strikt individuele samenstelling, een methode van de natuur om de genetische variatie zo groot mogelijk te maken. Bij de bevruchting voegen de chromosomen van eicel en zaadcel zich samen in de kern. De bevruchte eicel beschikt dus weer over een dubbel stel ($2n$) vrijwel identieke chromosomen: één van de vader en één van de moeder. Van beide ouders heeft een individu dus de helft van zijn eigenschappen. Alle dieren hebben een verschillend aantal chromosomen (zie de tabel op pagina 46).

Bij de vorming van de voortplantingscellen (meiose) verdubbelt de cel niet eerst de chromosomen. De chromosomenparen worden daarentegen uiteengetrokken en verdeeld over beide dochtercellen. De geslachtscellen beschikken dus over een enkel stel chromosomen.

Vervolgens versmelten de geslachtscellen van vader (zaadcel) en moeder (eicel) en ontstaat er een cel, waarin weer het oorspronkelijke aantal chromosomen aanwezig is. Eén chromosoom van elk paar komt van de moeder, één van de vader.



In de bevruchte eicel is hetzelfde aantal chromosomen aanwezig als in de cellen van het moederdier en het vaderdier. In die chromosomen zijn alle genen aanwezig en ook aangeschakeld voor het vormen van een nieuw individu. Naarmate de groei van de eicel vordert, treedt specialisatie van de cellen op en worden genen, die voor de uitvoering van de taak van die celsoort niet nodig zijn, uitgeschakeld. Alleen in de vroegembryonale fase zijn alle genen aangeschakeld. Na specialisatie van de cellen blijven niet noodzakelijke genen definitief uitgeschakeld. Een uiercel kan dan ook nooit meer een spiercel worden.