

## 4 | **Bevruchting: ontstaan van een nieuw individu**

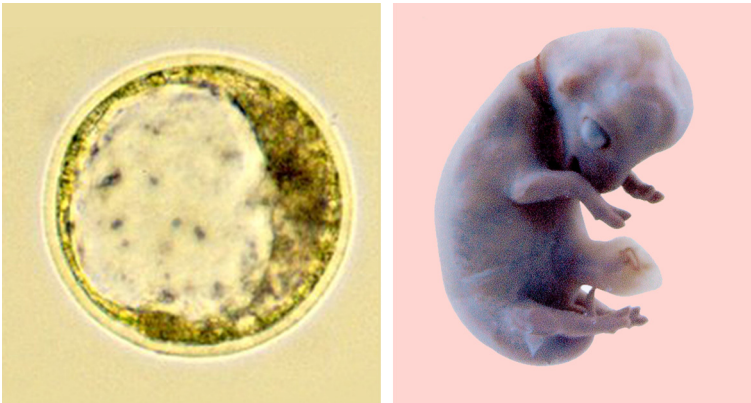
De bevruchting, dat wil zeggen de samensmelting van een eicel en een zaadcel, vindt plaats in de eileider. Dat is een klein buisje tussen eierstok en baarmoeder. Een zaadcel hecht zich daar, na een lange trektocht door de baarmoeder en eileider, aan de buitenzijde van een eicel. Nadat er één zaadcel door de wand van de eicel is gedrongen, ondergaat die wand een verandering: hij wordt ondoordringbaar voor andere zaadcellen. Slechts één zaadcel brengt dus de bevruchting tot stand. De chromosomen van de zaadcel en de eicel versmelten en vormen de basis voor een nieuw individu.

Bij de vorming van voortplantingscellen (zaadcellen en eicellen) krijgen deze de helft van het aantal chromosomen dat in normale lichaamscellen aanwezig is. Voortplantingscellen zijn haploïd. Dit komt door de bijzondere celdeling, de meiose, die alleen in de testikels en in de eierstok optreedt. De bevruchte eicel heeft dus weer precies zoveel chromosomen als de lichaamscellen van de ouders. De helft komt van de moeder, de andere helft van de vader. De bevruchte eicel is dus diploïd. Het aantal chromosomen verschilt per diersoort.

<b>DIERSOORT</b>	<b>AANTAL CHROMOSOMENPAREN</b>
<b>MENS</b>	<b>23</b>
<b>RUND</b>	<b>30</b>
<b>PAARD</b>	<b>32</b>
<b>PRZEWALSKI PAARD</b>	<b>33</b>
<b>EZEL</b>	<b>31</b>
<b>HOND</b>	<b>36</b>
<b>KAT</b>	<b>19</b>
<b>GEIT</b>	<b>30</b>
<b>SCHAAP</b>	<b>27</b>

HET AANTAL CHROMOSOMENPAREN BIJ ENKELE DIERSOORTEN

De eerste celdelingen vinden plaats in de eileider. De delende eicel gaat naar de baarmoeder en hecht zich aan de baarmoederwand. Na een groot aantal celdelingen worden de contouren van het embryo zichtbaar. Het is opmerkelijk hoeveel de embryo's van verschillende diersoorten in het begin op elkaar lijken. Zo ontwikkelen zich in de eerste fase ook bij zoogdieren kieuwen, die echter snel weer verdwijnen. Voor veel biologen is dit een van de bewijzen, dat de evolutie is uitgegaan van één soort, waaruit in de vele miljoenen jaren daarna een enorme variëteit aan diersoorten is ontstaan. Maar gaandeweg de groei van het embryo worden de verschillen duidelijk. Het embryo ondergaat voortdurend veranderingen, doordat sommige delen groeien en delen die al waren aangelegd worden afgebroken.

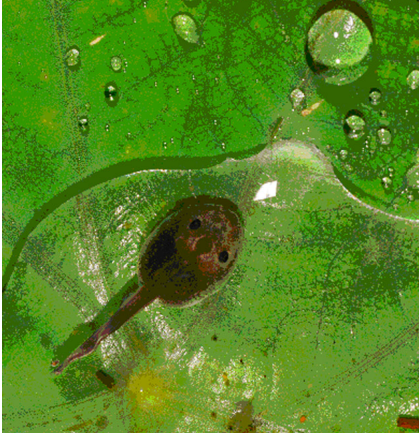


NA DE EERSTE CELDELINGEN LIJKEN ALLE EMBRYO'S VAN ALLE DIERSOORTEN ZEER STERK OP ELKAAR. PAS LATER TIJDENS DE DRACHT ONTSTAAN VERSCHILLEN TUSSEN DE DIERSOORTEN

In beginsel ontwikkelt zich bij ieder individueel embryo, zowel mannelijk als vrouwelijk, op de buikwand een heel pakket melkklieren. Dit pakket reikt vanaf de voorpoten (oksel) tot vlak voor de achterpoten (liezen). Bij varken, hond en kat blijft dat zo. Deze dieren hebben melkklieren over de hele buikzijde tussen de voorpoten en de achterpoten. Bij paard, geit, schaap en rund ontwikkelen zich alleen de pakketten melkklieren bij de achterpoten. Bij de mens blijft alleen aan iedere zijde één pakket over tussen de armen (voorpoten). De overige melkklierpakketten gaan over tot apoptosise en verdwijnen. Dat moet ook om de vereiste structuur van het nieuwe dier te vormen.

## Apoptosis

Iedereen kent kikkervisjes, kleine bolletjes met een staart, ook wel dikkopjes genoemd. Na enkele weken ontwikkelen die dikkopjes achterpoten en daarna voorpoten. Als dat proces is voltooid begint de staart te krimpen. Niet alleen visueel, omdat het diertje groter wordt, maar de staart krimpt echt en verdwijnt ten slotte helemaal. Een volgroeide kikker heeft geen staart.



KIKKERVISJES HEBBEN EEN STAART, POTEN ONTBREKEN. GEDURENDE HUN ONTWIKKELING TOT KIKKER ONDERGAAN ZE EEN VOLLEDIGE VERANDERING: ZE VERLIEZEN HUN STAART EN KRIJGEN POTEN

De cellen die de staart vormden hebben in een bepaalde fase van de ontwikkeling de opdracht gekregen af te sterven. Dit voorgeprogrammeerd mechanisme, waarbij cellen afsterven ten behoeve van de ontwikkeling van het volledige individu noemen we apoptose, celzelfmoord. Continu krijgen bepaalde cellen een signaal: nu is jullie bijdrage genoeg geweest. Daarna treedt het ingebouwde mechanisme in werking, hetgeen tot de dood van de cel leidt.

Apoptose is van vitaal belang voor een gezond leven. Het gebeurt dagelijks bij elk levend wezen, ook bij volwassen individuen. Neem bijvoorbeeld de gespecialiseerde cellen van de huid.

In de diepere lagen van de huid worden de zogenaamde keratinocyten gevormd. Deze verplaatsen zich door de huidcellagen naar de oppervlakte en gaan geprogrammeerd dood. Het lichaam geeft ze een signaal te sterven: apoptose. Vlak voor ze dood gaan, vullen deze cellen zich met een eiwit, keratine. Dit eiwit, opgesloten in de dode cellen, vormt op het oppervlak van de huid een waterafstotende, niet doordringbare beschermende laag. Deze beschermt dieren en ook mensen tegen vocht en velerlei andere invloeden uit de omgeving. Kiemen uit de omgeving kunnen weliswaar de huid koloniseren, maar kunnen niet door de keratinelaag dringen.

De buitenlaag van de huid slijt en de dode cellen vallen af. Ze worden onmiddellijk vervangen door nieuwe keratinocyten die op hun beurt weer keratine vormen en geprogrammeerd dood gingen. Dit geeft eens te meer duidelijk aan, dat een gezonde huid van binnenuit komt.

Ook andere organen zijn uitsluitend in staat hun functie te vervullen na geprogrammeerde celdood. Bijvoorbeeld de lens van het oog. De cellen van de ooglenzen hebben zich, voordat ze dood gingen, gevuld met het eiwit kristalline.

Deze dode cellen laten onbelemmerd het licht door, zodat lichtstralen het netvlies aan de binnenkant van het oog kunnen bereiken. Hetzelfde geldt voor het hoornvlies. Ook die cellen sterven en vormen een stevige laag lichtdoorlatende cellen met hetzelfde effect als bij de lens: het licht kan onbelemmerd het netvlies bereiken.

Alle cellen in het dierlijk en menselijk lichaam hebben het signaal apoptosise ingebouwd gekregen. Nadat ze hun taak naar behoren hebben vervuld sterven ze dus af. Witte bloedcellen breken de dode cellen af en transporteren de inhoud naar andere cellen voor hergebruik elders.

In zeer zeldzame gevallen ontbreekt het signaal om tot apoptosise over te gaan. De eiwitten (onder andere p53), die het signaal voor apoptosise moeten geven, ontbreken of werken niet naar behoren. De betreffende cel gaat niet dood, maar blijft zich delen. De nakomelingen van deze cel missen eveneens die eiwitten. Er ontstaat een klomp cellen die zich van de omgeving niets aan trekt. We noemen dit kanker. Kankercellen missen dus de eigenschap zichzelf te gronde te richten en ontaarden in grote gezwellen die levensbedreigend kunnen worden. Ze zijn ontstaan uit lichaamseigen cellen, hebben hetzelfde oppervlak als de cellen waaruit ze zijn ontstaan en worden zeker in de beginfase niet herkend door het afweersysteem. Ze kunnen dus onbeperkt doorgroeien met alle gevolgen van dien.

## Geboorte

Na een periode van dracht, waarvan de lengte voor alle dieren verschillend is, en na veel celdelingen en apoptosise is het jong volgroeid en klaar voor een zelfstandig leven. De geboorte begint als het jong een signaal geeft dat het volgroeid is. Dat gebeurt door de productie van het bijnierschorshormoon cortisol. Dit hormoon zorgt ervoor dat de cellen van de longen worden bekleed met een laagje slijm, dat het tegen elkaar plakken van de longblaasjes voorkomt. Het is van levensbelang dat de longblaasjes opengaan, anders kan de lucht de longen niet in. Op het moment dat de cortisolspiegel in het nog niet geboren jong een zeker niveau heeft bereikt, komt het cortisolhormoon ook in de bloedsomloop van het moederdier. Dit heeft tot gevolg dat er hormonale veranderingen plaatsvinden in de moeder. De productie van het drachtigheidshormoon progesteron stopt en het niveau van andere hormonen (oestrogeen en oxytocine) in het bloed stijgt.

Deze hormonen stimuleren de baarmoeder te gaan samentrekken. Tijdens de geboorte drijven de samentrekkingen van vooral de baarmoeder, ondersteund door het persen van de buikspieren (buikpers) het jong naar buiten. Als de buikspieren de uitdrijving van het jong ondersteunen wordt ook het middenrif aangespannen en wordt de borstkas strak gehouden. Tijdens de buikpers kan het moederdier dus niet ademen.

Voor het ter wereld brengen van het jong of de jongen zoekt het drachtige vrouwtje een rustige plaats. En die geboorte gebeurt bij alle dieren anders. Bij een normale geboorte komt bij een hond, kat en varken eerst de kop van het jong naar buiten. De voorpoten liggen langs het lichaam naar achteren. De moeder blijft gedurende de hele bevalling liggen. Als een jong geboren is buigt de moeder zich er naar toe om het droog te likken.

Bij een paard, schaap, geit en koe komen bij een normale geboorte eerst de voorpoten van het jong naar buiten. De kop – bij een paard het hoofd – ligt op de voorpoten (voorbenen). In de vrije natuur ziet men vaak dat het moederdier als het voorstel van het jong buiten de schede is, gaat staan. Het jong valt door de zwaartekracht op de grond.

In ongeveer 10% van de geboortes komen eerst de achterpoten naar buiten. Er is sprake van een stuitligging en dat is gevaarlijk. Het jong begint te ademen op het moment dat de bloedvaten in de navelstreng worden afgeklemd. Bij een normale geboorte met de kop naar voren is de kop dan al buiten de vulva in de buitenlucht. Bij een stuitgeboorte echter niet. Daardoor ontstaat het risico dat het jong begint te ademen en bij zijn de eerste ademtocht vruchtwater in zijn longen krijgt, met alle nadelige gevolgen van dien.



BIJ DE GEBORTE VAN  
RUNDEREN EN PAARDEN  
KOMEN EERST DE VOORPOTEN  
EN DE KOP BUITEN HET  
MOEDERLICHAAM

Runderen leven van nature in half bebost terrein waarin ze zich kunnen schuil houden. Een hoogdrachtige koe zondert zich vlak voor de geboorte af van de kudde, waarbij de koe er voor zorgt dat het contact niet geheel verloren gaat. Op een stille plek brengt de koe haar kalf ter wereld.

Het kalf gaat binnen een uur na de geboorte staan, nadat het helemaal is droog gelikt door de koe. Direct na de geboorte zijn de natte haren tegen de huid geplakt en geven ze nauwelijks bescherming tegen weersinvloeden. Het vruchtwater dat in de haren van het kalf zit wordt door het likken verwijderd en de droge haren krijgen de beschermende functie tegen kou. Drooglikken van de jongen doen trouwens alle moederdieren.

Het zorgvuldig drooglikken door de moederkoe direct na de geboorte is niet alleen essentieel voor een goede bescherming tegen weersomstandigheden, het stimuleert tevens de bloedsomloop van het kalf.

Reeds na enige uren staat het kalf stevig op zijn poten. Na één of twee dagen voegt de moederkoe zich met haar kalf weer bij de kudde.

Paarden zijn van origine vlaktedieren en overleven dankzij hun vermogen om snel te vluchten. Er bestaat een groot verschil tussen veulens aan de ene kant en kalveren en lammeren (van schaap en geit) aan de andere kant. En dat is het verschil in pootlengte. Lijken kalf en lam wat betreft de verhoudingen van hun lichaamsvormen een kleine uitgave van hun moeder, een veulen heeft extreem lange benen in verhouding tot zijn lichaam.



OM ZIJN MOEDER TE KUNNEN BIJHOUDEN BIJ EEN SNELLE  
VLUCHT BESCHIKT HET VEULEN OVER BENEN DIE BIJNA NET  
ZO LANG ZIJN ALS DIE VAN ZIJN MOEDER

Even terzijde: dat we bij een paard van hoofd en benen spreken komt voort uit een oude militaire traditie: eerbied voor paard en ruiter (officier) en minder voor het voetvolk. Soldaten, die hadden koppen en poten.

De benen van een veulen zijn bijna net zo lang als de benen van de merrie. Het lijf is erg klein. Maar door die lange benen is het veulen al vanaf de eerste dag van zijn leven in staat zijn moeder te volgen, zelfs in volle galop. Veulens die niet in staat zijn hun moeder binnen één dag in volle galop te volgen, vallen ten prooi aan roofdieren en zullen zich dus ook niet voortplanten. Dat is een vorm van natuurlijke selectie.

Honden, katten en varkens (in het wild) maken een nest waarin de jongen gedurende de eerste levensweken een veilig onderkomen vinden. Deze jongen zijn nestblijvers. Ze zijn erg onbeholpen.

Een zeug zondert zich af van de rotte (groep) en graaft een ondiepe kuil onder struikgewas of laaghangende takken. Ook brengt ze wat plantaardig materiaal in die kuil als bekleding en zachte ondergrond voor de biggetjes. Die kunnen kort na de geboorte wel trillend lopen, maar absoluut niet snel. In het nest verblijven de jonge biggetjes, bedekt met plantenmateriaal, veilig en dicht tegen het warme lichaam van moeder.

De biggen verlaten het nest de eerste weken niet en gaan daarna altijd samen met hun moeder op zoek naar de rotte waartoe de moeder behoort. Tegen die tijd kunnen de biggen vlot lopen, maar nog lang niet zo snel als hun moeder. Ze blijven voor bescherming aangewezen op hun moeder. Een zeug met jonge biggen beschermt ze fanatiek. In deze periode vallen zeugen bedreigers dan ook aan. De meest gevaarlijke dieren zijn altijd moeders met jongen.



JONGE KATJES ZIJN DE EERSTE ACHT DAGEN VAN HUN LEVEN  
BLIND EN GEHEEL EN AL AFHANKELIJK VAN HUN MOEDER

Jonge honden en vooral jonge katten zijn erg hulpbehoevend. Ook zij worden fanatiek beschermd door hun moeder. De jongen worden geboren in een door de moeder zorgvuldig uitgekozen hol in de grond, dat is aangekleed met wat plantenmateriaal. Jonge katjes zijn gedurende de eerste negen dagen blind. Hun oogleden zijn nog vergroeid, waardoor ze hun ogen niet kunnen openen. Ze zijn niet in staat te lopen. Jonge honden zijn eveneens slechtziend en leven voornamelijk op de tast in het nest. Hun bewegingen zijn ook erg onbeholpen.

De moeder likt enige keren per dag de buikjes van de jongen, die door die stimulatie beginnen te urineren of ontlasting produceren. De moeder likt alles zorgvuldig weg om bevuilen van het nest te voorkomen. Pas enkele weken na de geboorte komen de jongen voorzichtig buiten het hol, maar blijven wel in de onmiddellijke nabijheid. Gaandeweg worden ze brutaler en ondernemender en gaan ze grotere tochtjes in de buurt van hun nest maken, maar altijd onder het toezien oog van hun moeder.

In geval van onraad vluchten ze direct het hol in. Vindt de moeder het hol niet langer veilig, bijvoorbeeld omdat andere dieren zich te dicht bij het hol bevinden, dan zoekt ze een nieuw hol en verplaatst de jongen daarheen. Ze pakt de jongen daartoe een voor een in hun nekvel en draagt ze in haar bek naar hun nieuwe verblijfplaats..

Als jonge katjes of hondjes in hun nekvel worden gepakt, dan trekken ze hun poten in en rollen zich min of meer op. Dat is een reflex die lang in het leven van een kat behouden blijft, maar bij honden verdwijnt. Bij andere huisdieren komt die reflex niet voor.

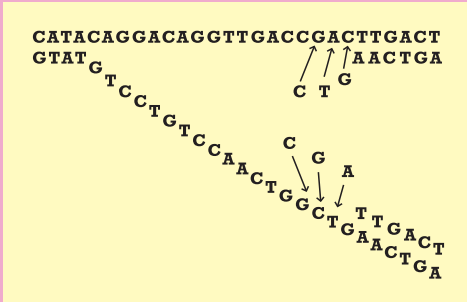
Kippen broeden in drie weken hun eieren uit op een door de kip zorgvuldig gekozen plaats. Gedurende de broedperiode verlaat de kip het nest bijna nooit, maar blijft nagenoeg continue op haar eieren zitten. De kuikens blijven de eerste dag onder de broedse, warme kip om op te drogen. Eten hoeven ze de eerste levensdag niet, want daarvoor is nog een deel van de eidooier (het voedsel tijdens de groei in het ei) aanwezig. Als de kuikens droog zijn verlaat de kip haar nest en gaat met de kuikens scharrelen om voedsel voor zichzelf en de kuikens te zoeken. Omdat kuikens vanaf het moment dat ze uit het ei zijn gekropen vlot en snel kunnen lopen, moeten ze vanaf het moment dat de kip het nest verlaat zelf hun kostje bijeen scharrelen. De kloek haalt geen voedsel voor de kuikens, maar toont hen wel waar wat te eten is. Dagelijks slapen de kuikens onder het warme lijf van moeder. Een haan trekt zich van zijn nakomelingen niets aan.



# Mutatie

Chromosomen bestaan uit twee spiraalsgewijs om elkaar gewonden strengen dna. Het dna bestaat uit een lange serie aan elkaar gekoppelde moleculen, de nucleotiden. Er bestaan vier verschillende nucleotiden: cytosine (C), guanine (G), tyrosine (T) en adenosine (A). De menselijke cel bevat 3,3 miljard nucleotiden. Van onze huisdieren zijn dergelijke gegevens nog niet nauwkeurig in kaart gebracht.

Delen van de chromosomen bevatten de informatie voor de groei en het functioneren van een individu: de genen. Een gen bestaat uit enige honderden tot duizenden nucleotiden. De informatie in de genen wordt vanuit de celkern door boodschappermoleculen (rna), die ook zijn opgebouwd uit nucleotiden, overgedragen naar de ribosomen in de cel. Daar worden de gegevens in de rna-moleculen 'vertaald' in de vorming van eiwitten. Drie nucleotiden vormen een opdracht.



Bij de celdeling splitsen de twee strengen dna die een chromosoom vormen. Op ieder van de strengen wordt een nieuwe streng gevormd. Tegenover cytosine (C) komt een guanine (G), tegenover een tyrosine (T) komt een adenosine (A). Bij enkele diersoorten is van een beperkt aantal individuen het hele genoom vastgelegd. Dit betekent, dat van die individuen de hele volgorde van de nucleotiden (dna-moleculen) op alle chromosomen bekend is. Dat wil nog niet zeggen, dat dan ook alle genen bekend zijn. In het dna van ieder individu is naast het dna dat de genen vormt ook een grote hoeveelheid dna (90% of meer van de dna-strengen) aanwezig, waarvan we de functie niet kennen. We noemen dat junk-dna (rommel-dna). Het is dan ook moeilijk exact te bepalen welke stukken dna van belang zijn voor de aansturing van de cellen en dus van het hele individu, en welke stukken dna misschien als ballast kunnen worden beschouwd. Verder zijn in de gespecialiseerde cellen niet alle genen actief (aangeschakeld). Een uiercel bijvoorbeeld heeft een andere functie dan een levercel. Daarom zijn dan ook hele stukken van de genetische informatie uitgeschakeld. Alleen de informatie voor de specifieke taak van de betreffende cel is aangeschakeld. Iedere cel gebruikt dus maar een klein deel van de in de kern opgeslagen genetische informatie. Deze specialisatie in de cellen is onomkeerbaar.

Soms maakt de natuur fouten bij het vermenigvuldigingsproces van een chromosoom en wordt een verkeerd nucleotide ingevoegd. Het kan ook gebeuren dat er een wordt weggelaten of extra ingevoegd. Dit heeft gevolgen voor de genetische informatie die in het chromosoom is vastgelegd. In enkele gevallen worden grote stukken van verschillende nucleotiden ingevoegd. Het invoegen van een verkeerd nucleotide, bijvoorbeeld een adenosine (A) in plaats van een tyrosine (T), en het wegvallen of extra invoegen daarvan noemen we puntmutaties, single nucleotide polymorphism (snp). Als er een grotere lengte nucleotiden wordt ingevoegd spreken we van simple sequence length polymorphisms (sslp's)



Ook bij de vorming van voortplantingscellen (ei- en zaadcellen) kunnen foutjes worden gemaakt. Daarnaast kunnen de dna-strengen van de vader en de moeder vóór de splitsing onderling stukken van de streng uitwisselen. Zo kunnen geheel nieuwe volgordes van de dna-strengen ontstaan.

Een nieuw individu met een gewijzigde dna-structuur kan anders zijn dan zijn ouders. Is de verandering bezwaarlijk voor een levensvatbare functie, dan sterft dat individu en de nieuwe dna-volgorde verdwijnt. Soms echter brengt de nieuwe dna-volgorde een individu met andere kenmerken dan in die soort aanwezig waren. We noemen dat een mutatie. Zo is de witte huidskleur van varkens en waarschijnlijk ook van paarden ontstaan.