

### Multi-purpose genoom

Niet overal in het genoom ontstaan mutaties even makkelijk - dat gebeurt vooral op zogenaamde hotspots. Peter Borger betoogt dat kleine genetische elementen (dat kun je *spring-DNA* noemen) ervoor zorgen dat bepaalde genetische programma's al of niet worden aangeschakeld. Ze kunnen ervoor zorgen dat bepaalde verborgen programma's ineens actief worden, waardoor een organisme zich aan kan passen aan een andere omgeving. Dat spring DNA zorgt zo voor *adaptieve radiatie* zonder dat er nieuwe genen worden toegevoegd. Het lijkt meer op herschikken van wat er al is.

Als verborgen programma's en redundante genen niet worden gebruikt, kunnen ze stuk gaan of zelfs verdwijnen: het *use-it-or-lose-it* principe. Dat is degeneratie: er gaat informatie verloren. Zo zullen verwante soorten wel op elkaar lijken, maar in bepaalde opzichten genetisch van elkaar verschillen doordat ze niet dezelfde (al aanwezige) programma's gebruiken en de overbodige systemen (deels) zijn kwijtgeraakt.

### Mutaties

We onderscheiden vier typen mutaties. De eerste twee typen veranderen de genen vaak niet.

- a. *Het aantal chromosomen verandert*. Eentje teveel of te weinig verstoort de balans (zoals bij het Down-syndroom) en werkt alleen negatief. Dat geldt niet als chromosomen in stukken breken of juist samengevoegd worden. Twee dieren van dezelfde soort en verschillend aantal chromosomen brengen geen vruchtbare nakomelingen voort. Deze vorm van isolatie kan leiden tot soortsvorming, zoals bij de Indische en de Chinese Muntjak (figuur 1). Zie verder bij *soortsvorming*.
- b. *Het verplaatsen of omkeren van stukken chromosoom* (figuur 2) verstoort vaak de balans. Soms leidt dat tot onvruchtbaarheid terwijl er met de levensvatbaarheid niets mis is. Duplicatie kan leiden tot het vaker gebruiken van het gen, verplaatsen kan allerlei gevolgen hebben.
- c. *Vervanging van één basenpaar door een ander*. Soms heeft dat geen effect (het gen blijft intact), soms een klein effect (het gen werkt minder goed), soms een groot effect (het gen valt uit).
- d. *Eén basenpaar valt uit of komt er bij*. Dit heeft bijna altijd grote gevolgen, omdat de code opschuift en er dus iets heel anders staat. Hierdoor valt vrijwel altijd het gen uit.



figuur 1: Indische Muntjak

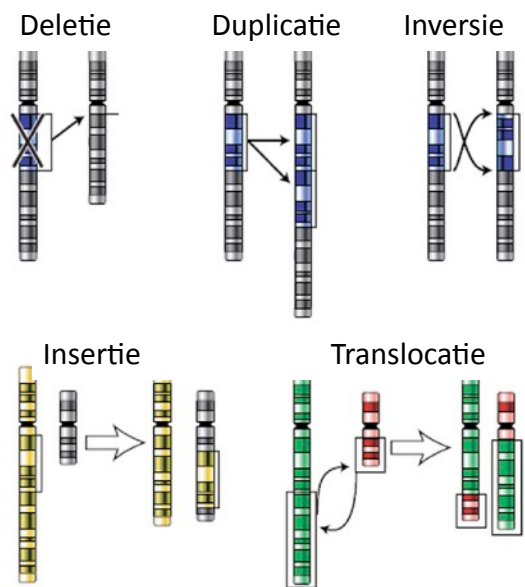
Bij c en d gaat het om overschrijffouten, die veelal worden hersteld. Als een gen uitvalt, merk je dat niet altijd omdat bijna elk gen dubbel aanwezig is. Maar het kan zich door toeval verspreiden in een populatie.

## Soortvorming

Een basistype begint met het DNA van een generalist: het kan nog in veel omstandigheden worden gebruikt. Door *adaptieve radiatie* kunnen meerdere soorten ontstaan, die allemaal een ander deel van het genoom kwijt zullen raken: ze worden meer specialisten. Denk aan spinnen die generaties lang in grotten leven: ze hebben hun ogen niet nodig en raken dat kwijt. Planten in de tropen maken gebruik van het C4-systeem voor de fotosynthese, terwijl in de gematigde streken het C3-systeem wordt gebruikt. Sommige plantensoorten hebben nog steeds beide systemen en sommige gebruiken het ene en hebben het andere nog rudimentair in het genoom.

Een andere optie is herschikking van het chromosoom-materiaal (zoals in figuur 2). Hierdoor kan ook het aantal chromosomen veranderen. Dat zorgt voor wat we noemen 'reproductieve isolatie', waarna de nieuw ontstane soorten verder uit elkaar kunnen groeien.

Een goed voorbeeld wordt gevormd door de Chinese Muntjak (46 kleine chromosomen) en de Indische Muntjak (6 grote chromosomen). Deze kleine hertensoorten (figuur 1) lijken heel veel op elkaar - het verschillende aantal chromosomen zorgt bij hen voor reproductieve isolatie.



figuur 1: chromosoom-mutaties

### ENKELE TERMEN UITGELEGD

**Adaptieve radiatie** is aanpassen aan de omgeving waardoor er binnen een soort of basistype grotere verschillen ontstaan

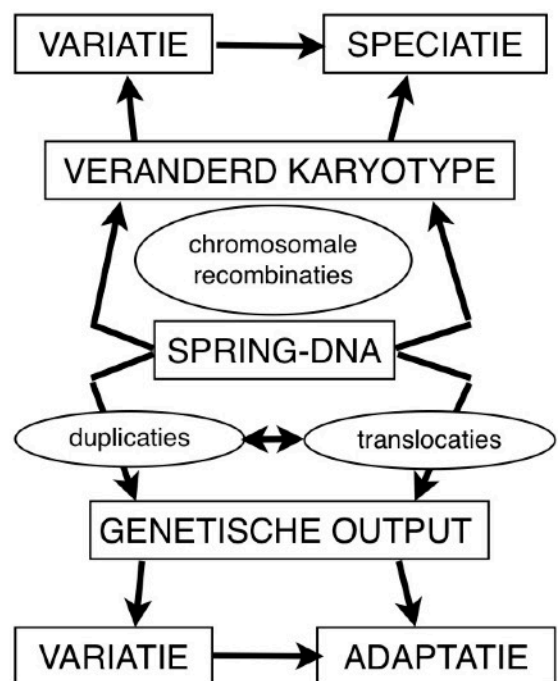
**Redundante** genen hebben functies die andere genen ook kunnen uitvoeren - ze kunnen dus worden gemist

**Karyotype** is zoals chromosomen in een celkern onder de microscoop eruitzien

**Recombinatie** is het vormen van nieuwe combinaties van genen

figuur 3: Het spring-DNA als een soort spin in het web bij het ontstaan van nieuwe soorten en bij het aanpassen van bestaande soorten aan nieuwe omstandigheden

Bewerkt naar Peter Borger



## Verandering van type

Voor het evolutiemodel is variatie niet voldoende: er zijn grotere stappen nodig om van type te veranderen (zoals van vis naar reptiel of naar vogel). Maar er is geen overeenstemming over de vraag hoe verandering van type plaats zou moeten vinden. Kleine stapjes bij elkaar optellen lijkt niet goed te werken.

Bijna alle suggesties hoe het dan wel moet, laten niet zien hoe de veranderingen op DNA-niveau zouden hebben plaatsgevonden.

## Homeobox en Hox genen

Van dit type genen wordt wel gedacht dat ze grote veranderingen ineens tot stand kunnen brengen. Het gaat om regulerende genen, die een hele groep structurele genen aansturen. Ze zijn vooral goed bestudeerd in fruitvliegjes, waar ze bijvoorbeeld de aanleg van poten, monddelen en vleugels aansturen (figuur 4).

Als het gen voor oog-aanleg in het borststuk wordt aangeschakeld, ontwikkelt zich daar een oog. Als dit gen wordt vervangen door het muizengen *Pax6*, dan ontwikkelt zich nog steeds hetzelfde fruitvliegog. Dat zulke genen voor typeverandering kunnen zorgen, is echter minder logisch dan het lijkt. Ze kunnen namelijk alleen *aansturen*, bijvoorbeeld door genen aan of uit te zetten. Ze moeten gebruik maken van de hele set genen van de oog-module (of welke module dan ook): die set genen moet er wel eerst zijn. Hiermee zijn we terug bij af: zonder nieuwe genen geen nieuwe eigenschappen.

figuur 4.12: Homeobox-genen bij een fruitvlieg  
By PhiLiP (self-made), via  
Wikimedia Commons

