

VOL VAN HANDBOEK VOOR  
GIDS EN LIEFHEBBER  
**NATUUR**

KRIS STRUYF — NATUURACADEMIE

**Lannoo  
Campus**





# INHOUD

---

<b>VOORWOORD</b> .....	<b>9</b>
<b>EVOLUTIE</b> .....	<b>11</b>
LEVEN: schepping of evolutie? Een lang verhaal	11
Het ontstaan van het leven en de evolutie van de verschillende levensvormen op aarde	33
<b>ZWAMMEN</b> .....	<b>109</b>
Bouw	111
Voortplanting	114
Indeling	117
<b>PLANTEN</b> .....	<b>135</b>
Indeling en voortplanting	145
Sporenplanten	149
Zaadplanten	156
<b>DIEREN</b> .....	<b>199</b>
Inleiding	199
Meercellige ongewervelden	201
Uitgelicht: geleedpotigen	204
Gewervelden	216
Hoe overleven diersoorten?	230
<b>ECOLOGIE</b> .....	<b>307</b>
Ecologie, een studie op verschillende niveaus	308
Auto-ecologie: ecologie van het organisme	309
Populatie-ecologie	316
Synecologie: ecologie van gemeenschappen	322
Ecologie van ecosystemen	333

<b>LANDSCHAP</b> .....	<b>347</b>
Kenmerken van een landschap	347
Van het kijken naar een landschap naar het lezen van een landschap	354
Biotopen en habitats in een landschap	372
<b>NATUURBEHEER</b> .....	<b>411</b>
Met zevenmijlslarzen doorheen de geschiedenis van natuurbescherming	411
Enkele begrippen	417
Inwendig en uitwendig natuurbeheer	421
Biotoopbeheer	424
Soortbeheer	429
Toekomst van natuurbeheer	432
<b>BIODIVERSITEIT EN ECOSYSTEEDIENSTEN</b> ...	<b>445</b>
Biodiversiteit in genen	445
Biodiversiteit in soorten	446
Biodiversiteit in ecosystemen	447
<b>KLIMAAT</b> .....	<b>459</b>
Wat is weer? Wat is klimaat?	460
Het klimaat, een dynamisch gegeven	469
Gevolgen van klimaatverandering	474
Wat als we niets ondernemen?	495
Enkel radicale, krachtige maatregelen bieden een sprankeltje hoop	498
<b>DANKWOORD</b> .....	<b>503</b>
<b>EINDNOTEN</b> .....	<b>504</b>
<b>BRONNENLIJST</b> .....	<b>509</b>









# VOORWOORD

---

Toen Natuuracademie me vroeg om dit handboek *Vol van natuur* voor de cursus Natuurgids te herschrijven, was ik vereerd en tegelijk blij verrast. Ik herinner me namelijk nog goed de tijd waarin ik de natuurgidscursus zelf volgde – in 1975! – en opkeek naar al die geleerde en gedreven lesgevers en cursusbeggeleiders. Velen van hen behoorden tot de pioniers van de vogelaars en natuurbeschermers, kropen als vrienden samen de barricaden op, waren groene fietsers of reden in met bloemen beschilderde minibusjes rond. Toen ik later in het Zwin conservator was, organiseerden we daar samen met het Centrum voor Natuur- en Milieu-educatie (de voorloper van Natuuracademie) ook cursussen Natuurgids.

Dit boek kwam tot stand dankzij de gedrevenheid en de kennis van veel vrijwilligers en medewerkers van de Natuuracademie, mensen die vol zijn van natuur en dit met andere natuurliefhebbers en gidsen willen delen. In het boek komen tal van natuuronderwerpen aan bod, maar het heeft niet de pretentie volledig te zijn. Het is onmogelijk om de natuur te herleiden tot dit vijfhonderd pagina's tellend boek. Het boek is zo vol van natuur dat het ervan overloopt. Het is geschreven om je kennis te laten maken met de vele aspecten van de natuur en met mogelijke manieren om er beter mee in harmonie te leven. *Vol van natuur* wil een handleiding zijn en vooral aanzetten tot de verdere ontdekking van onze natuur.

Ik wens je heel veel plezier bij het lezen van het boek en bij je verdere ontdekkingstocht!

Kris Struyf





**Evolutie**



**Zwammen**



**Planten**



**Dieren**



**Ecologie**



**Landschap**



**Natuur-  
beheer**



**Biodiversiteit  
en  
ecosysteem-  
diensten**



**Klimaat**





## LEVEN: schepping of evolutie? Een lang verhaal

Het is prachtig om 's ochtends de zon van achter de horizon te zien opkomen. Eerst is er nog die zachte gloed die de hemel kleurt, maar dan schuift de zon aan de einder omhoog, badend in haar eigen felle ochtendlicht om de nieuwe dag met warmte en kleur op te fleuren. Vaak is de zonsondergang minstens even mooi met andere, warmere kleuren. Tot de donkerrode bol aan de horizon wegzakt, de schemering over het landschap neerdaalt en de donkere nacht geleidelijk aanvangt.

Omdat de aarde dag in dag uit rondom haar as draait, ervaren wij de dagen en de nachten die telkens opnieuw geleidelijk in elkaar overgaan. Tegelijk volgt de aarde jaarlijks eenzelfde baan rond de zon. Zo ondergaan we steeds opnieuw de wisseling van de seizoenen: lente, zomer, herfst en winter. Rondom ons zien we planten groeien, bloeien en afsterven, insecten en trekvogels komen en gaan ... Heel het jaar rond zien we een grote diversiteit aan leven. Het lijkt allemaal zo vertrouwd dat de vraag amper opkomt of het altijd zo geweest is en zal blijven.

Maar als je in het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen in Brussel in de Galerij van de Dinosauriërs



Vier seizoenen

tegen zo'n indrukwekkend groot en hoog skelet aankijkt, word je meteen geconfronteerd met de realiteit dat er vroeger andere levende wezens op aarde rondliepen. Vroeger was dus totaal anders dan nu. Tegen die achtergrond bezien, is de kans erg groot dat het leven op aarde nog ingrijpend kan veranderen ...

Lange tijd voor zo'n grote fossielen opgegraven werden, stelden mensen zich al vragen over de oorsprong van planten en dieren. De Oude Grieken geloofden dat het leven uit het water, de lucht, de aarde en het vuur kwam. Theologen, godgeleerden, interpreteerden het scheppingsverhaal uit de Bijbel letterlijk en beweerden dat alle levende wezens op aarde op één bepaalde dag geschapen waren en nadien onveranderlijk waren gebleven. Maar sommige onderzoekers kwamen tot de bevinding dat de aarde een zekere ontwikkeling had gekend. Zo bestudeerde Niels Stensen (1638 -1686) de aardlagen en kwam hij tot de conclusie dat die het resultaat waren van een sedimentatieproces, een geleidelijke opeenstapeling van door wind of water aangevoerde materialen. Zijn eigen wetenschappelijke vaststelling, namelijk dat de aarde het resultaat was van een historische ontwikkeling, bracht hem volledig in de war. Omdat wetenschap en geloof toen nog totaal onvereenigbaar waren, koos hij voor 'geloof' en werd hij bisschop.

Andere onderzoekers vonden talrijke fossielen in aardlagen. Dat waren zichtbare tekens van andere levensvormen van vroeger, zoals beenderen, afdrukken van planten, afgietsels, versteende vormen, kruipsporen, gangen, schelpen, skeletten en stekels van zee-egels, tanden, zaden, stuifmeelkorrels ... Daarmee zorgden die onderzoekers voor veel opschudding en kregen ze veel problemen. Met de fossiele vondsten zetten ze de scheppingsleer immers op de helling en daarvoor was de tijd toen helemaal nog niet rijp ... Het geloof in het scheppingsverhaal was in de zeventiende eeuw zelfs zo sterk, dat een Ierse aartsbisschop, James Ussher (1581-1656), op basis van een letterlijke lezing van het Oude Testament, de scheppingsdag erg nauwkeurig wist te bepalen op 23 oktober 4004 v.C.

Vanaf het einde van de vijftiende eeuw vonden de ontdekkingsreizen plaats. West-Europa maakte zo geleidelijk aan kennis met tot dan toe onbekende werelddelen en mensen. En met een ongekend grote verscheidenheid aan planten en dieren. Carolus Linnaeus – Carl von Linné (1707-1778) – een Zweeds humanist, leefde in die periode. Hij was onder meer een tijdgenoot van de Brit James Cook (1728-1779) die Australië ontdekte. Linnaeus geloofde nog sterk in de schepping. Voor hem waren alle planten en dieren onveranderlijk. Maar hij wilde ze graag rangschikken. Hoe moest hij daaraan beginnen zonder subjectief te zijn? Wat waren duidelijke criteria? Bloemen in een boeket kun je bijvoorbeeld rangschikken volgens kleur of volgens bladvorm. Maar binnen eenzelfde familie van planten heb je verschillende kleuren, dus is kleur





geen duidelijk criterium om op te selecteren. Linnaeus was echter uitzonderlijk scherpzinnig en keek met heel veel aandacht naar details in de natuur. Een beter selectiecriterium bleken bloemdelen te zijn. En daarom rangschikte hij planten op basis van het aantal meeldraden en stampers van hun bloemen. Uiteindelijk deelde hij zowel planten als dieren in op basis van kenmerken van de voortplanting. Voor hem was dat immers een gemeenschappelijke eigenschap: planten en dieren hadden allemaal zaden of eieren.

## Orde brengen in de chaos: de geboorte van de taxonomie

Via de ontdekkingsreizen kwamen steeds meer nieuwe soorten planten en dieren in West-Europa terecht. Het was ook de tijd dat verzamelen in was en dat rijke mensen rariteitenkabinetten, kasten vol bijzondere spullen uit exotische en tropische oorden, als een soort statussymbool samenstelden. Door zijn werk verwierf Linnaeus geleidelijk aan grote internationale bekendheid. Daarom zonden veel mensen en instellingen vreemde planten- en diersoorten naar hem toe om ze te laten beschrijven. Om een gigantische chaos te voorkomen, wilde Linnaeus dat volgens een bepaald systeem doen. Het *Systema Naturae* dat hij bedacht was gedurende zijn hele leven een 'work in progress'. Hij bleef kritisch over zijn eigen werk en bleef aanpassingen aanbrengen. Oorspronkelijk telde zijn classificatiesysteem tien bladzijden. De tiende en meteen ook de laatste editie was echter al 2000 pagina's dik, voornamelijk door het toevoegen van soortenlijsten. En hoewel het *Systema Naturae* niet helemaal klopt, ligt Linnaeus' grote verdienste vooral in het bedenken van een consequente naamgeving en een manier van classificatie, waarvan de basis een hiërarchisch systeem is. Verschillende soorten met gemeenschappelijke kenmerken deelde hij in een geslacht in; meerdere geslachten in een orde; meerdere ordes in klassen en meerdere klassen vormden samen een rijk. Zo plaatste hij de mens, *Homo sapiens*, in het geslacht *Homo*, in de orde van de primaten, in de klasse van de viervoetigen, later de zoogdieren genoemd. Samen met enkele andere klassen vormden die het rijk Animalia. De mens beschouwen als een deel van het dierenrijk was in die tijd erg controversieel. Linnaeus deed dat tegen zijn geloof in omdat het volgens hem 'wetenschappelijk gezien niet anders kon'. Hij veroorzaakte op die manier erg veel commotie.

### ——— **Ordenen en rangschikken is erg subjectief**

Vraag aan tien mensen om de inhoud van een doosje met een reeks verschillende schroeven en spijkers te ordenen en ze zullen het op tien verschillende manieren doen. Elke persoon past een systeem toe dat voor hem het meest

logisch en praktisch is. En iedereen heeft zo zijn eigen logica ... De een zal vertrekken vanuit het verschil tussen een schroef en een spijker, een ander vanuit het verschil in materiaal zoals koper of staal en nog weer een ander zal eerst selecteren op lengte of kleur. De manier waarop je dingen of levende wezens kunt ordenen is dus erg subjectief. In eenvoudige zoekkaarten voor het op naam brengen van een beperkt aantal dieren of planten gebruiken we vaak een zelfbedacht systeem met eenvoudige criteria. Zo rangschikken we de vogels op de zoekkaart 'Top 50 tuinvogels' volgens kleuren en baseren we ons bij de 'Sleutel voor de ongewervelde dieren in bodem en bladafval' op het sterk vereenvoudigd onderscheid tussen 'dieren zonder poten' (ronde wormen, gelede wormen en slakken), 'dieren met zes poten', 'dieren met acht poten' (spinachtigen) en 'dieren met meer dan acht poten' (duizendpoten, miljoenpoten, pissebedden). Als het gaat om een beperkt aantal soorten, kan een ordening volgens zo'n eenvoudige regels al voldoende zijn om ze van elkaar te onderscheiden, *maar onthoud dat een systeem van ordenen niet absoluut is, maar slechts één van de vele mogelijkheden.*

De grote lijnen van de indeling volgens Linnaeus worden nog steeds gebruikt, maar tussentijds werden nog enkele classificatieniveaus toegevoegd. Wat ook nog steeds van toepassing is en door Linnaeus werd bedacht, is het systeem van dubbele naamgeving, met een geslachtsnaam en soortnaam, zoals in *Homo sapiens*. Omdat Linnaeus de eerste was die de wetenschap losliet op de natuur en een classificatie maakte, wordt hij beschouwd als de vader van de taxonomie, de wetenschap die zich bezighoudt met de rangschikking van planten en dieren.

## Van het scheppingsverhaal naar het evolutieverhaal

De grote verscheidenheid van levensvormen die overal ter wereld werd aangetroffen, bracht mensen tot nadenken. Maar het zou nog tot een eind in de achttiende eeuw duren vooraleer westerse wetenschappers theorieën begonnen te ontwikkelen over mogelijke veranderingen van planten en dieren in de loop der tijden. Zo verwierp de Franse natuuronderzoeker Buffon (1707-1788) Linnaeus' opvatting over de onveranderlijkheid van soorten. Hij ontwikkelde vergaande theorieën over evolutie. Hij beschouwde het ontstaan van levende organismen als een chemisch proces waarbij moleculen zich combineerden tot planten en dieren. Hoger ontwikkelde dieren en de mens waren ontstaan uit meer ingewikkelde verbindingen. Zoals vele onderzoekers in die periode, waarin men nog sterk geloofde in het scheppingsverhaal, had ook Buffon een





grote angst voor de gevolgen van zijn theorieën, zoals vervolging door de Kerk, en hij verwierp ze ten slotte zelf als een soort hersenspinsel.

De Franse natuuronderzoeker Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829) maakte als eerste een sterk onderscheid tussen gewervelde en ongewervelde dieren en gebruikte ook als eerste het woord 'biologie'. Opmerkelijk voor zijn tijd, stelde hij al dat al het leven niet op spirituele wijze haar kracht had gekregen en dat in onveranderlijke vorm vasthield, maar dat het leven op aarde via evolutie tot stand was gekomen. In zijn evolutietheorie ging hij ervan uit dat elk organisme zelf wil veranderen en dat het daartoe de nodige creativiteit en inventiviteit in zich heeft. De evolutie van de giraf zag hij als volgt. Giraffen hadden oorspronkelijk de grootte van een hert. Ze leefden van gras en bladeren van struiken en lage bomen. De giraffen ondervonden echter dat ze, hoe verder ze zich konden rekken, gemakkelijker hogerop bij de malsere boomblaadjes konden komen. Door zich flink uit te rekken, kregen de dieren niet enkel een iets langere nek dan hun ouders, maar ook iets langere poten, tong en lippen. Hun nakomelingen erfden deze eigenschappen en deden op hun beurt weer veel moeite om zich naar hogere blaadjes te strekken. Na een heleboel generaties was een dier tot ontwikkeling gekomen dat totaal verschillend was van de oorspronkelijke hertachtige soort. De Lamarck verklaarde dat alle levensvormen op aarde door aanpassing uit eigen wil tot stand waren gekomen, zowel dieren als planten. Het zwakste punt in zijn theorie was echter dat dergelijke, tijdens het leven opgetreden kleine veranderingen, niet erfelijk zijn en dus niet overgedragen kunnen worden naar volgende generaties.

Hoewel de Brit Charles Darwin (1809-1882) in Cambridge een graad in de godgeleerdheid had behaald, hielden de raadselen rond de schepping en de enorme variatie van planten en dieren hem erg bezig. Hij werd een selfmade geoloog en bioloog en werd daarbij geïnspireerd door de classificatie van Linnaeus. Darwin maakte van 1831 tot 1836 een reis met het zeilschip de Beagle. Die liep langs de kusten van Zuid-Amerika, via de Galápagoseilanden naar Australië en langs Kaapstad terug naar Engeland. Tot aan zijn vertrek had Darwin geen enkele reden om aan de onveranderlijkheid der soorten te twijfelen, maar de waarnemingen op de Galápagoseilanden brachten daar verandering in. Hij merkte dat elk eiland zijn eigen kenmerkende planten, schildpadden en vinken had. Hij concludeerde dat dat geen afzonderlijke scheppingen waren, maar varianten van soorten van het Zuid-Amerikaanse vasteland, die qua stamvorm met hen overeenkwamen. Vanaf toen hield hij zich niet alleen bezig met het beschrijven en rangschikken van alle tot dan toe onbekende levende wezens die hij op zijn reis ontmoette, maar ook met de vraag hoe en wanneer die waren ontstaan. Als hij de fauna van de Galápagoseilanden vergeleek met die van de Kaapverdische eilanden, voor de kust van Senegal, was die sterk verschillend, ondanks de vergelijkbare milieuomstandigheden. Dieren en planten van de Kaapverdische eilanden vertoonden wél

veel overeenkomsten met soorten op het nabijgelegen Afrikaanse continent. In combinatie met vele andere waarnemingen dwongen deze vaststellingen Darwin om zijn opvattingen over het ontstaan van planten en dieren te herzien. Op zijn terugreis was hij ervan overtuigd dat de grote verscheidenheid van levende wezens tot stand was gekomen door een zeer geleidelijke evolutie. Maar door welk mechanisme werd die evolutie aangedreven?

### DARWIN, VADER VAN DE EVOLUTIETHEORIE?

Er zijn veel meer onbekende helden dan bekende wetenschappers die waardevolle bijdragen leverden aan de ontwikkeling van de wetenschap. Wetenschappers werden vooral bekend en beroemd als hun ontdekkingen en gedachtegoed deel uitmaakten van de westerse cultuur. Wat wetenschappers uit andere culturen ontdekten of bedachten, kwam echter erg zelden onder de aandacht. Een sprekend voorbeeld daarvan is Nasir al-Din al-Toesi (1201-1274). Hij was een Perzisch wetenschapper en filosoof die in veel disciplines thuis was. Zo was hij tegelijk architect, astronoom, bioloog, wiskundige, fysicus, scheikundige en theoloog. En hij leverde belangrijke bijdragen aan de vooruitgang in meerdere van deze domeinen. Al-Toesi werd geboren in Khorasan, het huidige noordoosten van Iran. Hij begon reeds als jonge knaap te studeren. In zijn werk, dat *Akhlaq-i-Nasri* heet, introduceerde Al-Toesi een basistheorie over de evolutie van soorten, 600 jaar vóór de geboorte van Charles Darwin.

Zo beschreef hij dat alle verschillen tussen organismen een natuurlijke oorsprong hadden, dat lichamen van organismen veranderden onder invloed van interne en externe interacties en dat organismen die sneller nieuwe eigenschappen verwierven, voordelen hadden tegenover andere organismen. Ook besprak hij hoe organismen in staat waren zich aan te passen aan hun leefmilieu.

### Fossielen, getuigen van een ver verleden

De ontdekkingen in de paleontologie<sup>1</sup> en de geologie<sup>2</sup> versterkten Darwins' opvattingen. Vanaf het ontstaan van de aarde hadden rivieren sedimenten meegevoerd. Die vormden geleidelijk dikke lagen op de bodem van zeeën en meren. Door de grote druk van de dikke lagen materiaal, versteenden die sedimentlagen geleidelijk. Geologische gebeurtenissen veroorzaakten op sommige plaatsen een opstuwing van de bodem. Op flanken van rotsformaties die zo gevormd werden, kon men vaak duidelijk een gelaagdheid zien. De onderste lagen waren logisch gezien de oudste, de bovenste de jongste. Onderzoek van de gesteentelagen leidde vaak tot de ontdekking van fossielen.





Lange tijd beschouwden mensen fossielen als grillige toevalligheden van de natuur. Nog anderen dachten dat het overblijfselen waren van de zondvloed of van andere verwoestende overstromingen. Met de ontwikkeling van de wetenschappen, ontdekte men de ware aard van deze tekenen van vroeger leven. De oudste gesteentelagen bevatten fossielen van eenvoudige levensvormen zoals ongewervelde waterdiertjes en waterplanten. Naarmate de lagen jonger waren vond men fossielen van vissen, landplanten, amfibieën, reptielen, vogels en ten slotte zoogdieren. Zoals reeds eerder vermeld, brachten fossielen in de beginjaren van de paleontologie veel wetenschappers in de war, omdat ze in strijd waren met de oude, gevestigde opvattingen over het ontstaan van het leven. Sommige tegenstanders van de evolutiegedachte verkondigden zelfs dat de duivel de fossielen in de rotsen had gestopt om mensen te doen twijfelen aan het evolutieverhaal. Soms bedachten wetenschappers theorieën die wetenschap en geloof trachtten te verzoenen. De Franse wetenschapper Cuvier (1769-1832) bestudeerde fossielen, maar betwistte tegelijk de ideeën over de veranderlijkheid van de soorten. Volgens hem behoorden alle fossielen tot een oude fauna en flora die door een catastrofe vernietigd waren. De levende wereld was volgens hem niet voortdurend in ontwikkeling, maar onderhevig aan opeenvolgende rampen. Na elke catastrofe werd de vernietigde fauna en flora door een nieuwe schepping vervangen. Die theorie wordt de catastrofentheorie genoemd.

## Op zoek naar de motor(en) van de evolutie

Darwin hield huisdieren, waaronder duiven. Die duiven waren nooit identiek, maar vertoonden in bepaalde kenmerken (zoals kleurpatroon, bevedering van de poten, globale vorm ...) kleine variaties die blijkbaar van de ene generatie overgingen op de andere. Geen twee individuen waren gelijk. Hij stelde vast dat fokkers generatie na generatie duiven met een bepaalde, begeerde eigenschap uitkozen om daarmee verder te fokken. Door deze kunstmatige selectie verkregen ze uiteindelijk een nieuw ras waarin de door hen verkozen eigenschap versterkt tot uiting kwam.

Het kunstmatig selecteren van planten en dieren op basis van gewenste eigenschappen was niet uitgevonden in Darwins tijd. Zodra mensen huisdieren hielden en later, zo'n 10.000 jaar geleden, met landbouw en veeteelt begonnen, hebben ze planten en dieren bij het kweken op allerlei variabele kenmerken geselecteerd. Lange tijd voor ze het hoe en waarom kenden, ervoeren ze dat het kweken met individuen met gewenste eigenschappen, nakomelingen kon opleveren met dezelfde, zelfs wat versterkte eigenschappen. Enkele voorbeelden van variabele kenmerken waarop mensen planten en dieren nog steeds kunstmatig

selecteren, zijn vleesproductie (runderen, varkens, schapen), melkproductie (runderen, geiten), eiproductie (hoenders), wolproductie (schapen), snelheid (renpaarden, wedstrijdduiven), zaadproductie (granen), weerstand tegen ziekten (aardappelen), vorstbestendigheid (wintergraan), bloemkleur (diverse soorten snijbloemen zoals rozen, fresia's, tulpen) en zangprestaties (kanarie).

Ook wordt op meerdere variabele kenmerken tegelijkertijd geselecteerd, zoals kleur, vorm en smaak. Een goed voorbeeld is de kool. Mensen kweekten uit de wilde kool een hele reeks eetbare gecultiveerde variëteiten, zoals witte kool, savooikool, bloemkool, broccoli en spruitjes.

### — Waar haalde Darwin zijn mosterd?

In die dagen werd Darwins denken sterk beïnvloed door het boek *An Essay on the Principles of Population* van de Engelse demograaf en geestelijke Thomas Malthus (1766-1834). Die beschreef daarin de potentiële gevaren van bevolkingsgroei. *Het vermogen van de mens tot bevolkingsgroei is onbegrensd veel groter dan het vermogen van de aarde om voor de mens een bestaan te produceren.* Een voor die tijd op z'n minst opmerkelijke en achteraf bekeken profetische uitspraak. Malthus trachtte aan te tonen dat de mens de aarde zou overbevolken als hij niet in toom zou worden gehouden door hongersnood, oorlogen en ziekten. Bevolkingsgroei zou dus positief of negatief worden bepaald door een 'strijd om het bestaan'.

Darwin stelde vast dat Malthus' theorie ook gold voor planten en dieren. Die vaststelling, samen met de bevindingen over kunstmatige selectie, zetten Darwin op het juiste spoor om tot het inzicht te komen dat in de natuur voortdurend een natuurlijke selectie optreedt. In juni 1858 kwam een jonge en fanatieke bioloog en naturalist Alfred Russel Wallace (1823-1913), totaal onafhankelijk van Charles Darwin, tot vergelijkbare bevindingen, uitgaande van zijn waarnemingen en onderzoek van de fauna in Zuid-Amerika en Indonesië. Ook hij werd daarbij geïnspireerd door het boek van Malthus. In juli 1858 presenteerden Darwin en Wallace hun evolutietheorie aan de Linnean Society in Londen. Een jaar later publiceerde Darwin eindelijk zijn boek *The Origin of Species by means of natural selection (Over de oorsprong der soorten door middel van natuurlijke selectie, 1859)*. Daarin legt Darwin uitvoerig uit hoe alleen planten en dieren die geschikte variaties van eigenschappen bezitten om ergens te kunnen overleven en zich voort te planten, dat zullen kunnen doen. Die *survival of the fittest* gebeurt op basis van natuurlijke selectie. Deze selectie vindt plaats door het geheel van de heersende omstandigheden zoals temperatuur, beschikbaarheid van water en voedsel, mogelijkheden om te schuilen voor predatoren, geschikte omstandigheden voor een succesvolle voortplanting, het al dan niet aanwezig zijn van dodelijke parasieten enzovoort. Organismen



die niet voldoende zijn aangepast aan die natuurlijke omstandigheden, zullen sterven door ziekte, uitputting of predatie. Individuen die wel beschikken over de nodige aanpassingen, ook adaptaties genoemd, om binnen de gegeven omstandigheden met succes te overleven, te functioneren en zich voort te planten, zullen het wel redden. De 'survival of the fittest' dienen we dus niet te vertalen als de wet van de sterkste, maar wel die van de best aangepaste.

Het boek werd gretig gelezen, maar de gedachte dat levende wezens in de loop der tijden veranderingen hadden ondergaan en niet geschapen waren zoals in de Bijbel te lezen stond, was in die periode voor Engeland en andere godsdienstige landen nog moeilijk verteerbaar.

### NATUURLIJKE SELECTIE - DE PEPER-EN-ZOUTVLINDER ALS VOORBEELD

De peper-en-zoutvlinder of berkenspanner (*Biston betularia*) is een nachtvlinder die overdag met gespreide vleugels tegen een boomstam rust. Meestal tegen de stam van een berk. Vroeger was van deze vlinder enkel een lichte kleurvariant bekend, een wit-zwart gespikkelde vorm. Sinds het einde van de negentiende eeuw vond men in Midden-Engeland ook een nagenoeg volledig zwarte variant.

Maar die kwam zeer uitzonderlijk voor – slechts 1 procent van alle peper-en-zoutvlinders was zwart. En omdat hij erg opviel tegen de lichtgekleurde berkenschors werd hij meestal snel weggevangen door vogels. Tijdens de industriële revolutie werd steenkool massaal gebruikt en was er geen controle op de uitstoot van de verbrandingsgassen en roet. Het gevolg daarvan was dat de schors van berken in de buurt van industriezones door het neervallend roet veel donkerder werd dan normaal. Dat speelde in het voordeel van de donkere variant van de peper-en-zoutvlinder. Die overleefde nu veel gemakkelijker terwijl de lichte variant massaal ten prooi viel aan vogels. De natuur selecteerde de variant die in de gegeven omstandigheden 'the fittest' – de best aangepaste – was. Pas in de jaren 1970 nam de lichte variant opnieuw toe als gevolg van een strengere reglementering van steenkoolgebruik en de uitstoot ervan.



Peper-en-zoutvlinder

### Nog een drijvende kracht achter evolutie: seksuele selectie

Darwin observeerde eveneens dat bij de meeste soorten die zich seksueel voortplanten, de vrouwtjes de mannetjes selecteren en niet omgekeerd. Hoewel hij geen goede verklaring had voor die vrouwelijke kieskeurigheid, bleek hij het



in grote lijnen bij het rechte eind te hebben. Bij de meeste soorten die zich seksueel voortplanten, zien de mannetjes en de vrouwtjes er anders uit en gedragen ze zich ook anders.

Seksueel dimorfisme is een gevolg van seksuele selectie, waarbij de ene partner (meestal het vrouwtje) de andere kiest op basis van voorkeur voor een reeks eigenschappen. Daardoor sturen vrouwtjes de ontwikkeling van die eigenschappen van de mannetjes. Het gaat dan niet om de geslachtsorganen zelf, maar om andere verschillen zoals vorm, grootte of kleur.

Darwin ging ervan uit dat de opvallende mannelijke kenmerken en versiersels, zoals grote hoektanden, geweien, lange en kleurrijke verenstaarten, zich hebben kunnen ontwikkelen omdat vrouwtjes er telkens voor kiezen om nakomelingen te hebben met die mannetjes die het grootst en het sterkst zijn of het mooist zijn uitgedost. Zo konden die mannetjes hun erfelijke kenmerken aan de volgende generaties doorgeven, waardoor die geleidelijk steeds opvallender tot uiting kwamen.

We vinden dat in vele diergroepen terug. Bij herten zijn de bokken groter en dragen ze een gewei dat bij hinden ontbreekt. Dat heeft te maken met de rituele gevechten die ze houden. Een groter en sterker mannetjeshert maakt meer kans om een rivaal weg te jagen en meer hinden om zich heen te vergaren. Bij een hele reeks vogelsoorten heeft het mannetje een opvallend kleurrijk verenkleed en het vrouwtje onopvallende camouflagekleuren. Dat is zo het geval bij de fazant en bij een hele reeks soorten wilde eenden, zoals wintertaling, wilde eend, pijlstaart ... Bij deze soorten pronken de mannetjes erop los om een vrouwtje te kunnen bekoren en broeden alleen de vrouwtjes de eieren uit. Dat gebeurt meestal in een nest dat zich open en bloot op de grond bevindt. De vrouwtjes hebben er daarom alle baat bij goed gecamoufleerd te zijn. Soms zijn bepaalde kleurrijke veren van de mannetjes ook extra lang of bijzonder van vorm, zoals bij de pauw. Voorbeelden van seksueel dimorfisme bij de mens zijn de baardgroei bij de man en de borstontwikkeling bij de vrouw.

Wat aan de basis ligt van die voorkeuren en waarom bij veel soorten de vrouwtjes het kieskeurige geslacht zijn, bleef lange tijd een vraagteken. In 1972 formuleerde de evolutiebioloog Robert Trivers een logische verklaring. Seksuele selectie is onlosmakelijk verbonden met de tijd en energie die beide partners in het ouderschap investeren. Hoe groter de tijd en energie die de ene partner (meestal het vrouwtje) in verhouding tot de andere steekt in het voortbrengen van nakomelingen, bijvoorbeeld door de productie van eieren, door een zwangerschap, door het zogen, hoe selectiever dat vrouwtje tewerk zal gaan bij haar keuze van een seksuele partner. In de aanloop naar de voortplantingsperiode, treden zowel bij mannetjes als bij vrouwtjes



ingrijpende hormonale veranderingen op. Geleidelijk aan worden beide steeds meer aangetrokken door bepaalde typische kenmerken van het andere geslacht. Naast primaire seksuele kenmerken (voortplantingsorganen) zijn dat secundaire, zoals de (opvallende) grootte, de (imposante) bouw en (stevige) vorm, de (fraaie) kleuren, de (zeer) lange sierveren, het (uitbundige) balts- en voorspelgedrag, de (onvermoeibare) agressie tegenover andere mannetjes, de (praktische) vaardigheden zoals nestbouw, de (niet-aflatende) verdediging van het (groot) territorium ... Vrouwtjes lijken er bij hun keuze van uit te gaan dat de wijze waarop mannetjes hun uiterlijke seksuele kenmerken etaleren, een weerspiegeling is van hun fysieke (en mentale) gezondheid en dus ook van de kwantiteit en kwaliteit – zowel qua vorm, snelheid en genetisch potentieel – van hun voortplantingscellen. De keuze van een vrouwtje zal dus meestal vallen op een mannetje dat samen met haar gezonde nakomelingen met ‘the fittest’ genen kan voortbrengen. De partner die het minst in nakomelingen investeert (meestal het mannetje, dat alleen met sperma een bijdrage tot de voortplanting levert) zal daarentegen veel minder kieskeurig zijn en onderling met andere mannetjes strijden om de vrouwtjes. Dit doen ze bijvoorbeeld door te dreigen met tanden en klauwen of door krachtpatserij in de vorm van rituele duw- en trekgevechten met wapens zoals geweien en hoorns. Mannetjes kunnen ook op een minder intimiderende manier indruk maken op de vrouwtjes, door een mooi gezang, een dansvertoning of door het pronken met een mooi verenkleed. Maar het zijn de vrouwtjes die vervolgens kiezen met welke mannetjes ze willen paren. Het voor hen seksueel aantrekkelijkste mannetje zal het meest kunnen paren en zijn genen kunnen doorgeven aan een volgende generatie. *Want de prijs voor de winnaar in die seksuele strijd is niet overleving, zoals bij natuurlijke selectie, maar het nalaten van meer nakomelingen.*

### EEN VOORBEELD VAN BROEDZORG DOOR HET MANNETJE

Bij sommige diersoorten, zoals het zeepaardje en de zeenaald (een verwant van het zeepaardje), investeert het mannetje de meeste tijd en energie in de nakomelingen. Het is het mannetje dat ‘het leven schenkt’ aan de jongen. Het vrouwtje legt de eitjes immers in een soort broedbuidel op zijn buik. Als de piepkleine zeenaaldjes voldoende ontwikkeld zijn, zwemmen ze langs een kleine opening in de buidel naar buiten. Bij alle soorten franjepoten, die tot de



Kleine zeenaald

waadvogels behoren, broedt enkel het mannetje de eieren uit. Zowel bij de zeenaald als bij de franjepoot vertonen de vrouwtjes 'haantjesgedrag'. Ze zijn namelijk agressief en competitief en concurreren met andere vrouwtjes om te kunnen paren met de mannetjes. Die laatste gedragen zich daarentegen terughoudend, weinig opvallend en erg kieskeurig in hun keuze van een seksuele partner.

Belangrijk is wel dat die seksuele eigenschappen niet gaan hinderen bij het zich verdedigen, het foerageren of bij het tijdig kunnen wegluchten. Dat is trouwens de reden waarom bepaalde eigenschappen in de loop van de evolutie niet eindeloos versterkt worden. Natuurlijke selectie stopt dat proces vroeg of laat. De evolutie van de bijzonder lange staarten bij paradijsvogels is daarvan een goede illustratie.

Alleen wanneer er geen natuurlijke vijanden aanwezig zijn, kan seksuele selectie de overhand krijgen. Hoe kleiner de (uiterlijke) verschillen tussen partners,<sup>3</sup> hoe minder seksuele selectie plaatsvindt binnen een populatie. Neem nu de jan-van-gent, een zeevogel die je aan onze kust vooral in het najaar kunt waarnemen. De partners verschillen uiterlijk niet. De paren blijven meestal monogaam jarenlang bij elkaar, vaak wel voor het leven. Geen seksuele selectiestrijd dus, maar een nadeel is wel dat het mannetje zijn genen niet via meerdere seksuele partners op grotere schaal kan verspreiden.

### — Een vraag die Darwin niet kon beantwoorden

Binnen eenzelfde soort – neem nu de mens – bestaan er veel verschillen in de manier waarop bepaalde kenmerken tot uiting komen. Voorbeelden van die variabele kenmerken zijn haarkleur, oogkleur, vorm van de neus enzovoort. Bij het begin van onze zoektocht naar het antwoord op bovenstaande vraag, zoomen we even in op ons eigen lichaam. We kijken mee met de talrijke wetenschappers die dat in de loop van de geschiedenis deden. Ze beschreven hoe wij, net als andere zoogdieren, bestaan uit verschillende stelsels – zoals het spijsverteringsstelsel. Dat elk stelsel gekenmerkt wordt door de opeenvolging van een reeks specifieke organen, bijvoorbeeld slokdarm, maag en dunne darm, en dat elk orgaan is opgebouwd uit verschillende weefsels – zoals klier-, bind- of spierweefsel. Dat weefsels uit heel veel cellen bestaan, kon pas vastgesteld worden na de uitvinding van de microscoop door de Nederlander Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723). Hij deed pionierswerk op het vlak van de celbiologie, maar het duurde nog tot in de loop van de twintigste eeuw, vooraleer microbiologen meer details van het leven in het binnenste van de cel ontdekten en onthulden met behulp van de elektronenmicroscoop. Daarom kon Darwin in zijn tijd nog geen antwoord vinden

