

FASCINEREND LEVEN



Johan Braeckman  
Linda Van Speybroeck  
[red.]

# Fascinerend Leven

*Een geschiedenis van de biologie*



Uitgeverij Academia Press  
Coupure Rechts 88  
9000 Gent  
België

[www.academiapress.be](http://www.academiapress.be)

Uitgeverij Academia Press maakt deel uit van Lannoo Uitgeverij,  
de boeken- en multimediativisie van Uitgeverij Lannoo nv.

ISBN 978 94 014 7854 0  
D/2021/45/280  
NUR 922

Johan Braeckman & Linda Van Speybroeck (red.)  
Fascinerend leven. Een geschiedenis van de biologie  
Gent, Academia Press, 2022, 744 p.

Tweede, gewijzigde editie, 2022

Vormgeving cover: Studio Lannoo  
Omslagafbeelding: Ascidiæ (Haeckel,  
Kunstformen der Natur, 1904), Wikimedia  
Opmaak: Peter De Greef ([www.intertext.be](http://www.intertext.be))

© Johan Braeckman, Linda Van Speybroeck &  
Uitgeverij Lannoo nv, Tielt

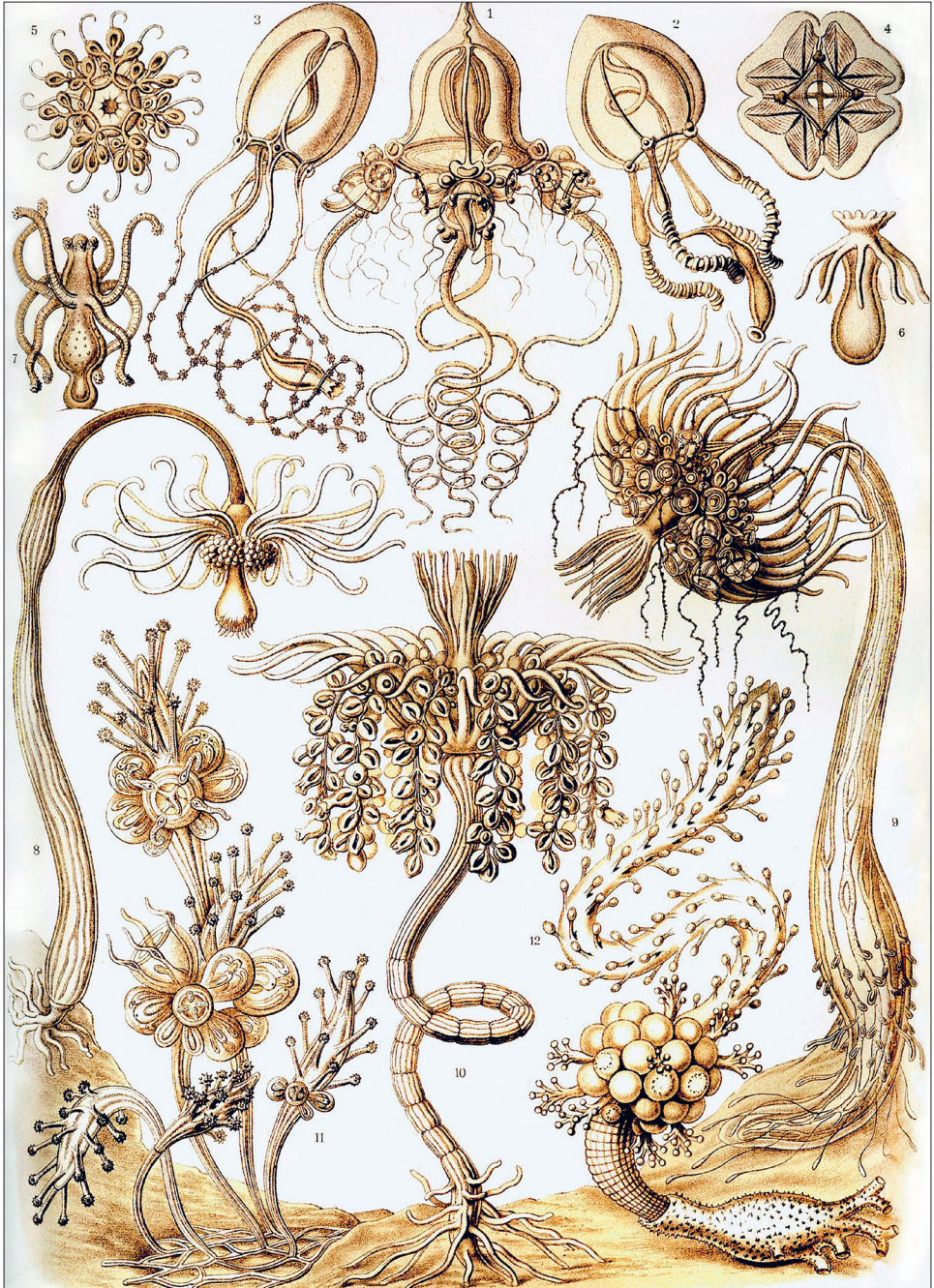
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden  
verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie,  
microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke  
toestemming van de uitgever.

# Inhoudsopgave

<b>Woord vooraf</b>	9
(Linda Van Speybroeck en Johan Braeckman)	
<b>Oudheid</b>	27
1   Biologie in het antieke Griekenland: van de eerste natuurwetenschappers tot de school van Aristoteles (Danny Praet)	29
2   Een loflied op de schepper: Galenus van Pergamum over de voorzienigheid van de natuur (Laura Meijer)	77
<b>Middeleeuwen</b>	113
3   Generatio: voortplanting, erfelijkheid en de omgeving in de middeleeuwse levenswetenschappen (Maaïke van der Lugt)	115
<b>17de eeuw</b>	139
4   William Harvey en de ontdekking van de bloedsomloop (Dagmar Provijn en Tim De Mey)	141
5   René Descartes: een nieuwe filosofie van de natuur (Theo Verbeek)	159
6   De profeet en de boekhouder: Johannes Swammerdam, Antoni van Leeuwenhoek en de begindagen van de microscopie (Eric Jorink)	177

7   Maria Sibylla Merian: kunstenaar en ecooloog (Hans Mulder)	209
<b>18de eeuw</b>	223
8   Het soortbegrip in Buffons <i>Histoire naturelle</i> (Benoît De Baere)	225
9   Jan IngenHousz: de ontdekker van de fotosynthese (Geerd Magiels)	243
10   Orde in de schepping: de lange weg van Aristoteles naar Linnaeus (Johan Braeckman)	269
11   Dier of mens? Het statuut van de mensaap tijdens de verlichting (Stefaan Blancke)	291
12   De eerste evolutiebioloog: Jean-Baptiste Lamarck (Johan Braeckman)	307
<b>19de eeuw</b>	333
13   Alexander von Humboldt: aan de wieg van de ecologie (Geerd Magiels)	335
14   Charles Darwin en de evolutietheorie (Ludo Hellemans)	361
15   Wie ontdekte de wetten van Mendel? (Bert Theunissen)	383
16   August Weismann en het pantheon van de biologie (Koen Tanghe)	405
17   Ernst Haeckel: bioloog annex profet (Raf De Bont)	435
<b>20ste eeuw</b>	461
18   De biologie van het gedrag: Von Frisch, Lorenz en Tinbergen (Ludo Hellemans)	463

19	What is Life? Erwin Schrödinger en de natuurkundige grondslagen van leven (Alexis De Tiège)	479
20	Conrad Waddington: epigenetica als de nieuwe embryologie (Linda Van Speybroeck)	509
21	De lijst van Francis Crick (Johan Braeckman)	539
22	Een fabel voor de toekomst: Rachel Carson als biologe, schrijfster en activiste (Geert Vanpaemel)	571
23	Jane Goodall: over chimpansees, werktuigen en individuen (Koen Margodt)	585
	<b>Toekomst</b>	605
24	De levenswetenschappen worden volwassen: van informatie verzamelen naar begrijpen (Roel van Driel)	607
25	De toekomst van de evolutiebiologie: inzichten en toepassingen (Raoul Van Damme)	617
26	Recente gegevens over evolutiemechanismen: van Lamarck over Darwin naar Weismann – en terug? (Kevin Verstrepen)	635
27	Ons brein in de toekomst of de toekomst van ons brein (Luc Crevits)	647
	<b>Bibliografie</b>	659
	<b>Over de auteurs</b>	715
	<b>Persoonsnamenregister</b>	723
	<b>Trefwoordenregister</b>	731



Tubulariae (Haeckel, *Kunstformen der Natur*, 1904)  
(bron: Wikimedia).



# Woord vooraf

LINDA VAN SPEYBROECK EN JOHAN BRAECKMAN

Dit boek evolueerde uit een eerdere editie, door Academia Press gepubliceerd in 2013 met als titel: *Fascinerend Leven. Markante figuren en ideeën uit de geschiedenis van de biologie*. Die eerste uitgave is al meerdere jaren uitverkocht. Met deze herziene en aangevulde nieuwe editie hopen we tegemoet te komen aan de vraag ernaar van mensen met interesse in cultuur- en wetenschapsgeschiedenis in het algemeen, en leerkrachten biologie, wetenschappen en geschiedenis in het bijzonder. We wilden de eerste editie niet onveranderd opnieuw publiceren. Ze bevatte een aantal hiaten. Dat lossen we op in deze nieuwe editie, die is aangevuld met vijf extra hoofdstukken. Vier daarvan focussen op het leven en werk van enkele invloedrijke wetenschappers die eerder niet aan bod kwamen, met name Maria Sibylla Merian, Linnaeus en zijn voorgangers die aan taxonomie deden, Alexander von Humboldt en Erwin Schrödinger. Een vijfde hoofdstuk, geschreven voor de nieuwe uitgave, illustreert de classificatieproblematiek aan de hand van de achttiende-eeuwse discussies over de natuurlijke positie van de mens en de mensapen. Verder actualiseerden meerdere auteurs hun hoofdstuk waar dat nuttig of wenselijk was en vulden ze de referentielijst aan. Een overzichtswerk is uiteraard nooit helemaal volledig. Toch hopen we de lezer een rijk gestoffeerde verzameling hoofdstukken aan te bieden, die een helder beeld geven van de geschiedenis van de biologie en van haar groeiende onderzoeksvragen en onderzoeksmethodes. De geschiedenis van de biologie is in de wetenschapsgeschiedenis stiefmoederlijk behandeld. Heel wat meer wetenschappelijke artikelen, boeken en doctoraatsverhandelingen zijn geschreven over de geschiedenis van de fysica, de studie van de levenloze materie, dan over de biologie, de wetenschap van het levende. Een mogelijke verklaring hiervoor is het feit dat de

fysica sneller volwassen werd dan de biologie. Grote doorbraken deden zich al in de 17de eeuw voor, terwijl dat voor de biologie pas in de 19de eeuw het geval was. De 17de eeuw leverde onder meer de dynamica van Newton op, die toeliet op een precieze manier de baan van de planeten, de maan en sommige kometen te beschrijven en te voorspellen. Een aansluitende verklaring voor het relatieve gebrek aan interesse voor de geschiedenis van de biologie heeft wellicht te maken met het besef dat men in de fysica al snel tot inzicht in wetmatigheden kwam, anders dan wat in de biologie het geval lijkt te zijn. Wetenschapsfilosofen bestudeerden grondig hoe Galilei, Kepler, Newton en vele andere natuurkundigen erin slaagden om particuliere natuurverschijnselen in algemene wetten te vatten. Tegelijk stelden ze vast dat de biologie zich daar blijkbaar niet toe leende. Aangezien ze vooral wilden weten hoe men tot kennis van natuurwetten was gekomen, kwam daar als vanzelf een veel grotere interesse voor de geschiedenis van de fysica dan voor de biologie uit naar voren.

De voorbije decennia is de aandacht voor biologie, zowel in de wijsbegeerte, de geschiedenis als in andere disciplines, evenwel sterk gestegen. De filosofie van de biologie werd een volwaardige filosofische subdiscipline en belangrijke biologen en wetenschapshistorici gaven de geschiedenis van de biologie de plaats die ze verdient. Maar er is meer dan enkel academische interesse. Ook in brede maatschappelijke kringen nam de aandacht voor de levenswetenschappen sterk toe. De fysica – denk aan relativiteitstheorie, kwantumtheorie, kernenergie, ruimtereizen en de computerrevolutie – was dan wel de wetenschap van de 20ste eeuw, maar de biologie is nu al die van de 21ste eeuw. De ontwikkelingen binnen de biotechnologie en de geneeskunde spreken sterk tot de verbeelding, en roepen grote verwachtingen maar ook angst op. Evolutietheoretische inzichten zijn steeds beter in staat om het gedrag van levende wezens te verklaren, inclusief het menselijk gedrag. In combinatie met de genetica en de neurowetenschappen hebben we hierdoor op korte tijd meer bijgeleerd over onszelf dan ooit tevoren.

Dit roept diverse ethische vragen op, en meerdere vormen van weerstand. Het is duidelijk dat over dit alles verder nagedacht moet worden, zowel vanuit louter theoretisch oogpunt als vanuit wetenschapspolitiek perspectief. Het is geen overbodige luxe om hierbij de historische dimensie te betrekken. Dit boek wil daartoe bijdragen. We bundelen 23 teksten die voor dit boek geschreven zijn en ingaan op belangrijke fasen in de geschiedenis van de biologie. Elk hoofdstuk bespreekt een of meerdere kernfiguren. De ontwikkeling van hun denken wordt uiteengezet en in een breder perspectief geplaatst. Alle teksten illustreren de manier waarop wetenschap in het algemeen en levenswetenschap in het bijzonder verloopt: soms ziet een

onderzoeker zelf niet meteen het belang in van wat hij of zij precies ontdekt, en altijd doet men kennis op met vallen en opstaan, vaak langs grillige, onverwachte trajecten. We vroegen ook aan vier auteurs om te reflecteren over het heden en de toekomst, om de teksten over de geschiedenis te laten aansluiten op wat er momenteel gebeurt en mogelijk te gebeuren staat.

In het vervolg van deze inleiding geven we een gedetailleerder overzicht van wat het boek te bieden heeft.

In zijn zoektocht naar de vroegste vormen van natuurkennis loodst Danny Praet ons van de prehistorische tekeningen in de grotten van Altamira en de eerste geschreven bronnen uit het oude Nabije Oosten naar het antieke Griekenland. Ionische natuurfilosofen, waaronder Anaximander van Milete, dachten ongeveer 600 jaar voor onze tijdrekening reeds na over de oorsprong van de levende natuur en de ontwikkeling van levende wezens. Ze koppelden die vragen aan het mysterie van de oorsprong en evolutie van de kosmos. Een eeuw later benaderde Xenophanes van Colophon deze problemen vanuit empirische ervaringen en observaties, daarmee afstand nemend van de toen heersende mythologische denkkaders. Na verloop van tijd verliep de overlevering van geschreven bronnenmateriaal steeds beter. Hierdoor werden ook natuurvorsers als Empedocles en Democritus boeiende getuigen van hoe deze eerste vormen van biologie zich verder ontwikkelden. Vooral de Griekse wijsgeer Aristoteles (384 v.C.-322 v.C.) legde de grondslag van de biologie als wetenschap. Tot in de late middeleeuwen genoot de aristotelische biologie een quasi onaantastbare status, maar ook daarna bleef ze voor velen het referentiekader bij uitstek om nieuwe inzichten over levende organismen aan te toetsen.

De middeleeuwen zouden nog een tweede, in hoofdzaak medische, autoriteit omarmen wat betreft de levenswetenschappen. Galenus van Pergamum (129-199), aanvankelijk werkzaam als Romeins gladiatorenarts, bouwde een bloeiende artspraktijk uit waarin observatie, diagnose, prognose en behandeling centraal stonden. Zijn anatomische demonstraties, met grote precisie uitgevoerd, brachten niet alleen de notie van dissectie onder de aandacht van het brede publiek. Ze vormden tevens de basis van een experimentele kijk op levende organismen. Laura Meijer analyseert diverse aspecten van Galenus' praktijk. Het deel dat van zijn vele geschriften is bewaard, getuigt van een rijke belangstelling voor logica, fysica en ethica. Galenus' biologische kennis en ideeën maakten deel uit van een groter filosofisch stelsel dat er vooral in bestond de doelmatigheid van de natuur – lees 'de voorzienigheid van een goddelijke schepper' – te illustreren. Galenus beargumenteerde niet alleen hoe elk lichaamsdeel (wimpers

en wenkbrauwen inclusief) bijdraagt tot het goed functioneren van het menselijk lichaam, maar ook dat wetenschappelijke studies van het levende toelaten om de ware aard van de schepper te begrijpen. Deze vervlechting tussen wetenschap en religie zou nog lang aan de orde zijn. Waar de scholastieke traditie het galenisme letterlijk kopieerde en goedkeurde, namen latere anatomisten, zoals Andreas Vesalius, Galenus' aanbeveling om zélf waar te nemen meer ernstig. Dit leidde ironisch genoeg tot het uiteindelijke uitdoven van het galenisme.

Vooraleer de levenswetenschappen in de moderne tijd aan bod komen, gaat Maaike van der Lugt dieper in op de situatie in de middeleeuwen. Ze illustreert hoe het concept van erfelijke ziekte – een standaardbegrip in de hedendaagse biologie – teruggaat op medische debatten die plaatsvonden tussen 1100 en 1500. Middeleeuwse vorsers bogen zich ook over het concept van generatie of voortplanting. Dit gebeurde niet enkel vanuit een natuurfilosofische interesse voor de gelijkenis van kinderen en ouders, maar evenzeer vanuit de noodzaak aan een praktijk van morele handelingen met betrekking tot abortus. Natuurfilosofie was dan ook verweven met moraal en wetgeving. Toch was deze natuurfilosofie geen proefondervindelijke ondervraging. Het ontbrak de middeleeuwse vorsers aan categorieën om het levende van het niet-levende te onderscheiden en aan experimentele methoden om dit levende te onderzoeken. Door de invloed van religieuze tradities is er in de middeleeuwen dan ook veeleer sprake van een scholastisch debat waarin de aristotelische en de galenische voortplantingsleer ter discussie stond, en autoriteiten een doorslaggevende rol speelden. Het vinden van een samenhangende verklaring die zowel recht deed aan de gelijkenissen tussen ouders en kinderen als aan de verschillen en onregelmatigheden in de overdracht van gelijkenissen, gebeurde dan ook vanuit een uiterst theoretische invalshoek.

De Engelse arts en natuurvorser William Harvey (1578-1657) wordt traditioneel opgevoerd als een van de wegbereiders en exponenten van de experimenteel-wetenschappelijke methode, die ook de geneeskunde en de biologie zich gaandeweg eigen zouden maken. Dagmar Provijn en Tim De Mey beargumenteren evenwel dat Harveys ontdekking van de grote bloedsomloop en de rol van het hart hierin – doorslaggevend voor de moderne fysiologie – veeleer het gevolg was van een doorgedreven theoretische aanpak dan van zijn talrijk uitgevoerde metingen en experimenten. Hun aparte analyse van Harveys studie van het hart stelt dat Harvey in eerste instantie het werk van Galenus wilde verfijnen. Aan de hand van wat de auteurs 'een gedachte-experiment' noemen, kon Harvey evenwel niet anders dan Galenus' visie op het hart corrigeren. De basis van dit gedachte-

experiment was Harveys ruwe inschatting van de hoeveelheid bloed die per hartslag in de aorta wordt gestuwd. Daar waar deze hoeveelheid in een galenisch denkkader ontegensprekelijk leidde tot een conclusie die niet door observatie werd gesteund, leidde het bij Harvey tot het postuleren – en naderhand bevestigen – van de grote bloedsomloop. De auteurs illustreren hiermee dat een theoretische aanpak productief kan zijn als ze samengaat met observaties. Dit gegeven is overigens niet vreemd aan de huidige biologie en haar gebruik van hypothesegedreven modellen.

Waar Harvey ongewild uitkwam bij een ontvoogding van het galenische denkkader, werkte zijn tijdgenoot René Descartes (1596-1650) naar een ontvoogding toe van de universitaire traditie waarin de biologie eerder onderdeel was van de theologie, de fysica of de geneeskunde. Theo Verbeek verkent in deze context niet zozeer Descartes' methodische twijfel die ertoe zou leiden om het eeuwenoude aristotelische stelsel van zich af te schudden. Hij bekijkt eerder hoe Descartes de scholastieke opvatting van wat een verklaring wetenschappelijk maakt nuanceert, en welke gevolgen dit heeft voor de theoretische verklaring van levende wezens. Descartes stelde een breuk vast tussen de algemene fysica en de kosmologie enerzijds en de biologie anderzijds: levende wezens leek men immers niet zonder meer te kunnen verklaren uit materie en beweging zonder toevoeging van een niet-fysisch begrip, zoals dat van de animale ziel. Deze toevoeging was voor Descartes ronduit onaanvaardbaar. Daarom trachtte hij levende wezens als 'zelfregulerende machines' te beschouwen en ze mechanisch te verklaren uit 'materie'. Een poging tot verklaren die destijds gedoemd was te falen, zo bleek naderhand, gezien het beperkte materiebegrip waarmee Descartes werkte. Niettemin kwam deze wetenschapstheoretische mislukking neer op een emancipatie van de biologie: verklaringen *a posteriori* en empirisch onderzoek werden de onderzoeksinstrumenten bij uitstek.

De aansporing tot empirisch onderzoek werd ter harte genomen in de microscopie, een nieuw onderzoeksgebied dat zich in de 17de eeuw ontwikkelde. Eric Jorink neemt van de eerste generatie microscopisten Antoni Van Leeuwenhoek (1632-1723) en Johannes Swammerdam (1637-1680) onder de loep. Waar de eerste tot op de dag van vandaag grote bekendheid geniet, raakte de tweede na zijn dood in de vergetelheid. Niettemin onderhielden beide vorsers, ondanks enorme verschillen in afkomst, opleiding, werkwijze en streefdoelen, een competitieve en wederzijds uitdagende relatie die onze kennis over de wereld van de allerkleinste levensvormen grondig zou veranderen. Swammerdam was sterk gedreven door de mechanistische impuls die het cartesiaanse denken aan het natuuronderzoek, en aan de anatomie in het bijzonder, had gegeven. Hij ontwikkelde nieuwe methodes

om anatomische preparaten te bereiden en richtte zich op dissecties van dieren om de toen heersende verwarring rond de voortplantingscyclus – ook Aristoteles en Galenus spraken elkaar hierin tegen – op te helderen. In deze context ontdekte hij onder meer de vrouwelijke follikels. Toch was Swammerdam er vooral op uit het geloof in een goddelijke schepping te versterken door de onmogelijkheid van atheïstische ideeën (zoals spontane generatie van leven) aan te tonen en door de wereld te begrijpen aan de hand van universele natuurwetten die letterlijk niets aan het toeval zouden overlaten. De autodidact Van Leeuwenhoek was minder gericht op de religieuze taak die ook de *Royal Society* op zich had genomen. Maar hij benutte de invloed van de *Society* en haar publicatiekanalen beter dan Swammerdam. Hij vond een evenwicht tussen beroepsgeheim en het vrijgeven van experimentele resultaten ter controle door de *Royal Society*, en kon de wetenschappelijke gemeenschap van zijn tijd overtuigen van het bestaan van eencellige organismen en spermatozoa. De microwereld was een feit, ondanks toenemende spanningen met de religieuze wereld.

Tot dusver lijken de ontluikende levenswetenschappen in hoofdzaak een mannenzaak te zijn. In West-Europa bleef het inderdaad wachten tot ver in de 19de eeuw vooraleer vrouwen een universitaire opleiding konden volgen. Toch laten vrouwen al eerder van zich horen. Hans Mulder opent voor ons de wereld waarin Maria Sibylla Merian zich in de 17de eeuw bewoog. Merian was gepassioneerd door de insectenwereld en in het bijzonder door de metamorfose van rups naar vlinder, dat wonderlijke proces waarover menig wetenschapper zich destijds het hoofd brak. Via zelfstudie werkte Merian zich door zowat alle oudere en nieuwe publicaties over deze onderwerpen. Haar eigen nauwkeurige observaties van de insecten zette ze in woord en beeld op papier. Ze had bovendien een grote aandacht voor de planten waarmee deze diertjes zich voeden. Ze legde daarmee tot dan toe veronachtzaamde delen van bepaalde voedselketens bloot, waardoor ze vandaag gezien wordt als de eerste ware ecooloog. Haar verdiensten gaan verder. In het zog van onder meer haar vader (een graveur) en haar stiefvader (een kunstschilder) ontpopte Merian zich tot een begaafde kunstschilder en etser. Tussen 1699 en 1701 ondernam ze zelfs een expeditie naar Suriname om de exotische vlinders, die ze in rariteitenkabinetten had gezien, in hun leefomgeving te bestuderen. In het boek dat ze van de studiereis maakte, beschreef en verbeeldde ze van deze diertjes hun verschillende levensstadia en hun voedselplanten, zoals de bij het grote publiek onbekende ananas. Ook heeft ze in dat boek aandacht voor padden, slangen, spinnen, mieren en tal van andere dieren. Haar werk werd door wetenschappers niet altijd zonder slag of stoot aanvaard: haar observatie van een

grote spin die een kolibrie verorberde, zou maar liefst 150 jaar moeten wachten op bevestiging.

Ook Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) toont zich een meester in scherpe observaties en nauwgezette interpretaties. Midden 18de eeuw werkte hij zijn *Histoire Naturelle* uit, een collectie wetenschappelijke traktaten op het kruispunt van de humanistische traditie en het verlichtingsdenken. Benoît De Baere licht toe hoe Buffon, zoals zijn Zweedse rivaal Linnaeus, in dit werk een verfijnde classificatie van het levende ontwikkelde, zonder hierbij de filosofische implicaties uit de weg te gaan. Om de complexiteit van de natuur overzichtelijk te maken, bouwde hij aan een ordehandhavend en natuurgetrouw conceptueel apparaat. Vooral het begrip 'soort' trok zijn aandacht, een begrip dat hij ettelijke keren herdefinieerde naargelang zijn denken evolueerde. Deze herzieningen illustreren bovendien dat het soortconcept een natuurlijke, historische en geografische dimensie draagt die Buffon toeliet om een beperkte transformatie van soorten te aanvaarden. Dit zette de verschuiving in van de opvatting dat levende wezens onveranderlijk zijn naar het inzicht dat ze doorheen de tijd evolueren.

Fotosynthese is een van de allerbelangrijkste biochemische processen die zich op aarde afspelen. Toch is de ontdekker ervan, Jan IngenHousz (1730-1799), nagenoeg volslagen onbekend bij het grote publiek. Geerd Magiels tracht daarin verandering te brengen. IngenHousz, voortbouwend op werk van Joseph Priestley en anderen, voerde geduldig honderden proefnemingen uit, waarbij hij op een indrukwekkende manier rekening hield met diverse factoren en nauwgezet meerdere variabelen controleerde. Hij kwam tot zijn experimenten door scherpzinnige waarnemingen, waardoor hem gaandeweg een verband tussen plantenbladeren, zonlicht en de zuiverheid van de lucht opviel. Magiels bespreekt hoe IngenHousz zijn ideeën ontwikkelde en toont aan dat hij aan de basis ligt van een onderzoeksgebied dat tot op heden inspirerend werkt. IngenHousz is overigens niet enkel belangrijk vanwege zijn ontdekking van de fotosynthese. Hij leverde meerdere bijdragen tot de wetenschap die de toenemende empirische aanpak in de 18de eeuw illustreert.

Een heldere orde aanbrenge in de ogenschijnlijke chaos van de natuurlijke diversiteit is een bijzonder complexe taak. Het geloof in de mogelijkheid ervan, steunde eeuwenlang op de overtuiging dat er een goddelijk plan, een rationele blauwdruk, aan ten grondslag lag. Er is een natuurlijke orde, omdat God dat zo gewild heeft. Dankzij onze – door God gegeven – redelijke en zintuiglijke vermogens kunnen wij die orde ook doorgronden. Ongetwijfeld steunde ook onwetendheid het optimisme van velen die een

taxonomie van de levende natuur ontwikkelden: het aantal soorten werd immers lange tijd enorm onderschat. Wie zich bijvoorbeeld aan de systematiek van *Coleoptera* waagt, kan al snel moedeloos worden zodra het besef doordringt dat er honderdduizenden soorten kevers bestaan. Johan Braeckman schetst een geschiedenis van deze pogingen tot classificatie. Aristoteles was de eerste die er methodes voor ontwikkelde. Hij was zich bewust van het centrale probleem, met name: op basis van welk criterium, of welke criteria, denken we een orde te kunnen weergeven? Er is immers altijd het risico op een artificiële indeling. Zo kunnen we planten en dieren opdelen in eetbare en niet-eetbare groepen, of ze mooi of onaantrekkelijk noemen. We doen dan wel aan systematiek, maar het is duidelijk dat die niet zal aansluiten bij de ware aard van de natuurlijke orde. Na Aristoteles kwam men doorgaans niet verder dan een alfabetische classificatie van planten en kruiden met een medisch nut. De moderne tijd bracht daar verandering in. Botanici zoals Andrea Cesalpino en John Ray begrepen veel meer van de biodiversiteit dan hun voorgangers en bedachten ingenieuze systemen om die te classificeren. De zoektocht naar een natuurlijke systematiek culmineerde in de achttiende eeuw in het werk van Linnaeus, die bovendien een efficiënte manier perfectioneerde om soorten te benoemen.

Linnaeus bedacht een elegante manier van naamgeving, maar dat betekende niet dat we vanaf dan in staat waren om de positie van elke soort goed in te schatten. In het bijzonder onze eigen soort bleek moeilijk te vatten, zoals Stefaan Blancke uitlegt. Waren we het toppunt van de schepping, zoals het boek Genesis in de Bijbel suggereerde? Of waren we een dier onder de dieren, ondanks onze bijzondere vermogens zoals rede en taal? De discussie was verre van nieuw. Reeds de oude Grieken, in het bijzonder Aristoteles, trachtten de mens te definiëren. De zeventiende eeuw voegde een belangrijke factor toe aan deze debatten: de ontdekking van mensapen zoals chimpansees en orang-oetans. De eerste beschrijvingen en studies vermengden feiten met minstens evenveel fictie, maar al snel trachtten artsen en wetenschappers realiteit te scheiden van mythologie. Uit de ontleding van wat wellicht chimpansees waren, leidde men af dat de dieren wel heel sterk op de mens lijken. Dat riep ongemakkelijke vragen op, niet zozeer over die dieren, maar over onszelf. De debatten erover bereikten een hoogtepunt in de verlichting, het tijdperk bij uitstek waarin filosofen en wetenschappers nadachten over de menselijke natuur. Stefaan Blancke toont aan hoe verdeeld de achttiende-eeuwse opinies over de mensapen waren, en hoe de controverses erover ons inzicht bieden in mensbeelden uit die periode. Hoe men de dieren classificeerde, gaf meteen ook hun positie ten opzichte van onszelf aan.



De opname van een hoofdstuk over Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) in dit boek mikt op eerherstel. Lamarck is immers op verschillende manieren verkeerd geïnterpreteerd, en ten opzichte van Charles Darwin wordt hij vandaag nog steeds voorgesteld als 'de man die fout zat'. Nochtans was hij de grootste bioloog van zijn tijd, en komt hem de eer toe de grondlegger te zijn van de evolutietheorie. Johan Braeckman legt uit wat Lamarcks evolutietheorie inhoudt en wat de verschillen zijn met die van Charles Darwin. Het blijkt dat die verschillen anders zijn dan wat de overlevering ons leert. Verder zet Braeckman uiteen hoe Lamarck nadacht over de kenmerken van het levende. Ook hier blijkt hij verkeerd begrepen te zijn: men schreef hem vitalistische ideeën toe, terwijl het tegendeel het geval was. Ten slotte wordt ook Lamarcks analyse van een van de grote vragen uit zijn tijd besproken, namelijk of soorten wel of niet kunnen uitsterven. Lamarcks antwoord, net zoals de wijze waarop hij aan classificatie doet, is in lijn met zijn evolutie- of transformatietheorie.

Vooruitgang in de wetenschap is behalve een kwestie van systematische ordening, observatie en meting, hypothese- en theorievorming, ook een zaak van fysieke focus en koppig doorzettingsvermogen. Geerd Magiels neemt ons mee op de tochten van Alexander von Humboldt (1769-1859) en zijn reisgenoten die in het begin van de 19de eeuw onder barre omstandigheden de berggebieden in de Andes, de tropische regenwouden in de bovenloop van de Amazone of de taiga in Siberië verkenden. Ze verzamelden en registreerden nauwgezet de fauna en flora terwijl ze de geoklimatologische omstandigheden optekenden. Humboldt vergeleek de planten en dieren in hun habitats op verschillende continenten en legde de relaties bloot tussen bodem, klimaat en landschap, en de soorten die daarin gedijen. Waar anderen de natuur opdeelden in taxonomische categorieën, probeerde von Humboldt de natuur juist als een geïntegreerd geheel te begrijpen. Deze ontdekkingsreiziger legde mede de basis van de ecologie als wetenschappelijke discipline waarin de verwevenheid van plant, dier, mens, bodem, weer en atmosfeer wordt bestudeerd. Hij introduceerde onder meer het idee van isothermen en werkte een vergelijkende klimatologie uit. Humboldt zag de ware opdracht van de wetenschap als het begrijpen van de samenhang van levende en niet-levende natuur. Hij drukte tevens zijn stempel op de sociale wetenschappen, waar hij een kritische en vernietigende analyse maakte van koloniale samenlevingen en de slavernij. Zijn multidisciplinaire visie werd gevoed door een breed netwerk van denkers en onderzoekers, waarvan de oudere Jan IngenHousz er een was. Humboldts werk inspireerde een hele generatie wetenschappers in het herbekijken van tot dan toe als onwrikbaar beschouwde zekerheden, zoals deze over de geologische ge-

schiedenis. Charles Darwin nam zijn reisverslagen mee op de wereldreis met de Beagle en werd sterk door von Humboldts inzichten en methodes beïnvloed.

Uiteraard mag Charles Darwin (1809-1882) niet ontbreken in dit volume. De ontwikkeling van zijn evolutietheorie biedt niet enkel een verhelderende kijk op hoe wetenschappelijke inzichten in die tijd tot stand kwamen; de evolutietheorie vormt vandaag, impliciet of expliciet, de ruggengraat van alle biologische disciplines. Desondanks leidt de evolutietheorie, of sommige van haar al dan niet reële implicaties, tot op vandaag tot maatschappelijke controverse. Ludo Hellemans licht dit alles toe. Zijn uiteenzetting maakt duidelijk dat Darwin niet alleen door empirisch onderzoek, maar evenzeer door zijn interdisciplinaire werkwijze en visie zijn argumenten over evolutie door natuurlijke en seksuele selectie overtuigend naar voren kon brengen. De gevolgen voor de wetenschappelijke wereld waren indrukwekkend: de natuurtheologie werd afgevoerd en de strikt naturalistische visie op het ontstaan van soorten en hun eigenschappen won sterk aan kracht, dan toch voor hen die Darwins inzichten accepteerden en begrepen.

In tegenstelling tot de gangbare opvatting waren de inzichten van de monnik Gregor Mendel (1822-1884) niet meteen inpasbaar in het darwinistische evolutionaire denken. Met een kritische blik op de valkuilen van de geschiedschrijving, ontrafelt Bert Theunissen het klassieke verhaal van Mendel als de ontdekker van de revolutionaire erfelijkheidswetten die de basis van de klassieke genetica zouden vormen. Dit verhaal is wijdverspreid, maar bevat tal van onopgeloste vraagstukken en anachronistische argumenten. In een meer recente interpretatie blijken zowel Mendel zelf als zijn wetenschappelijke tijdgenoten en herontdekkers helemaal geen revolutionaire omwenteling te lezen in Mendels kruisingsexperimenten met erwten. Deze experimenten bleken eerder een teleurstelling voor de opvatting dat door kruising nieuwe soorten kunnen ontstaan. Die gedachte was toen algemeen aanvaard en paste nog steeds in een religieus kader waarin een goddelijke instantie garant stond voor de schepping van de geslachten, maar speling toeliet voor het ontstaan van soorten. Het was Mendel er dus niet om te doen het opkomende evolutionaire denken van ondersteuning te voorzien, wat de nodige herinterpretatie van deze figuur en van de opvattingen over zijn onderzoek noodzakelijk maakt.

August Weismann (1834-1914) is geen naam die bij het brede publiek bekend is. Nochtans, zoals Koen Tanghe aantoont, is hij na Darwin de belangrijkste bioloog van de 19de eeuw. Hoewel geschoold als embryoloog en zoöloog, ontwikkelde Weismann zich tot een evolutiebioloog met een scherp inzicht in de darwinistische evolutietheorie. Hij zag in dat een beter

begrip van erfelijkheid nodig was om de theorie een steviger fundament te geven. Onder specialisten is al langer bekend dat Weismann met zijn idee van de continuïteit van het kiemplasma aan de basis ligt van het moderne mendelisme. Minder bekend is dat Weismann ook de eigenlijke vader is van de theorie van het zelfzuchtig gen, waaraan Richard Dawkins in de 20ste eeuw ruime bekendheid zou geven.

Qua popularisatie heeft het evolutionaire denken veel te danken aan Ernst Haeckel (1834-1919), wiens werk ook door Darwin – voor zover hij het uit de eerste hand kende – werd gewaardeerd. Uit de bijdrage van Raf De Bont blijkt dat deze bijzonder veelzijdige en evenzeer succesvolle als tragische figuur niet aarzelde om zijn ideeën in een antropologische, psychologische, kosmologische en theologische context te plaatsen. Dit vormt slechts een van de redenen waarom Haeckel tot op heden controversie uitlokt. Andere redenen zijn terug te vinden in zijn hiërarchieën van menselijke rassen en de diverse contradicties die inherent lijken aan Haeckels manier van kijken naar levende organismen. Hij was ervan overtuigd dat wetenschappelijke en artistieke oordelen elkaar dienen aan te vullen, wat meteen zijn aandacht voor symmetrie en schoonheid in de morfologie verklaart, maar hem evenzeer Darwins argument voor gemeenschappelijke afkomst deed ondersteunen en hem inspireerde tot de ontwikkeling van een evolutionaire morfologische wetenschap.

In zijn artikel over de ethologie, of gedragsbiologie, bespreekt Ludo Hellemans het leven en werk van de drie grondleggers van deze discipline, die het gedrag van dieren, inclusief de mens, onderzoekt. De drie pioniers in deze discipline zijn de Oostenrijkers Karl von Frisch (1886-1982) en Konrad Lorenz (1903-1989) en de Nederlander Niko Tinbergen (1907-1988). Ze ontvingen in 1973 samen de Nobelprijs voor Fysiologie of Geneeskunde voor hun inzichten in het gedrag van sociale dieren, in het bijzonder de 'danstaal' van bijen en de fixatie van jonge vogels op hun moeder (ganzen, meeuwen). De ethologie was geruime tijd een omstreden wetenschap, onder meer door het naziverleden van Konrad Lorenz, en omdat de ethologische bevindingen onvermijdelijk een rol gingen spelen in de vaak verhitte debatten over de respectievelijke rol van *nurture* en *nature* in de verklaring van menselijk gedrag.

Wat zijn de belangrijkste karakteristieken van het leven? Hoe differentieert het levende zich van het niet-levende, van het louter materiële? Wat zijn de essentiële verschillen tussen het organische en het anorganische? Het is ongetwijfeld het meest fundamentele probleem waarmee de theoretische biologie zich geconfronteerd ziet. Toch was het een natuurkundige die in de twintigste eeuw de vraag onder de aandacht bracht van het brede

publiek. Erwin Schrödinger (1887-1961), een van de architecten van de kwantummechanica, trachtte in zijn boek *What is Life? The Physical Aspects of the Living Cell* (1944) een antwoord te geven vanuit enkele basisinzichten van de fysica. Meer bepaald baseerde hij zich op de thermodynamica, de studie van de interacties tussen deeltjes op macroscopisch niveau. Leven, begreep Schrödinger, is statistisch bijzonder onwaarschijnlijk. De *random* distributie van atomen en moleculen is veel waarschijnlijker dan de samenklontering ervan tot organismen, die een zeer grote mate van orde bezitten. Het leven lijkt zelfs in te druisen tegen de tweede wet van de thermodynamica, de zogenaamde entropiewet. Alexis De Tiège legt uit hoe Schrödinger die paradox benaderde en wat hij als de fysische kernaspecten beschouwde van het leven. Hij licht toe hoe Schrödingers beroemde tekst de latere ontrafeling van de DNA-structuur beïnvloedde, welke kritieken men op Schrödingers visie gaf en hoe hij mede aan de basis lag van twee sterk verschillende visies op het levende: enerzijds het gencentrische, anderzijds het meer holistische perspectief.

Ook Linda Van Speybroeck brengt ons in haar bijdrage naar de jaren 1940, aan de vooravond van de opheldering van de DNA-structuur. De ontrafeling van die structuur leidde tot de invulling van de materiële opbouw van de genen, en liet toe om genen als de eenheden van erfelijkheid te bevestigen. Dit gaf meteen een extra dimensie aan de Mendelwetten. In deze periode, waarin vele onderzoekers de focus enkel op genen legden, vestigde de ontwikkelingsbioloog Conrad Hal Waddington (1905-1975) de aandacht op de complexe processen waarin zij betrokken zijn. Vooral in het kader van de toenmalige embryologie die zich in hoofdzaak richtte op cytoplasmatische factoren en milieu-invloeden, werkte Waddington aan een synthese van het genotype, de cel, het milieu en alle mogelijke interactieprocessen daartussen, om het zich ontwikkelend fenotype te kaderen. Hiertoe lanceerde hij het begrip *epigenetica*, een concept over levende organismen dat oude theorieën bij elkaar bracht en nieuwe elementen integreerde. De basisideeën van dit concept vinden tot op heden hun weerklank in de moleculaire biologie en sporen aan tot een omvattend en genuanceerd denken over de organisatie van levende wezens op het moleculaire niveau.

Terwijl Schrödinger de biologie vanuit thermodynamisch perspectief benaderde en Waddington de epigenetica ontwikkelde, focuste Francis Crick (1926-2004) zich met James Watson (°1928) en anderen op de details van de mechanismen die aan de basis liggen van erfelijkheid en reproductie. Johan Braeckman bespreekt hoe Crick zich omschoolde van fysicus tot bioloog, en er deels door geluk, deels door lef, intelligentie, kennis en volharding, in slaagde om samen met Watson de structuur van het DNA te ontrafelen.