

De kunst van het samenleven

De kunst van het samenleven

Een kijk op de werking en diversiteit van symbiose

Kees Blijleven & Willemijn Koppelaars

Cathelijne Boer

Eva van Dijk

Laura van Dijk

Oxana Garritsen

Jeroen Ham

Annabelle de Kort

Guido Puijk

Jelle Rienstra

Gabriël Schut

Louk Seton

Tjerk Steenwijk

Ewan van der Vlist

Yannick Wieggers

deGraaff

De kunst van het samenleven

Een kijk op de werking en diversiteit van symbiose

Kees Blijleven & Willemijn Koppelaars (redactie)

Cathelijne Boer, Eva van Dijk, Laura van Dijk, Oxana Garritsen, Jeroen Ham,
Annabelle de Kort, Guido Puijk, Jelle Rienstra, Gabriël Schut, Louk Seton,
Tjerk Steenwijk, Ewan van der Vlist, Yannick Wiegers

ISBN 978-90-77024-77-5

NUR 922

Hoofdredactie: Kees Blijleven & Willemijn Koppelaars

Redactie: Guido Puijk, Tjerk Steenwijk, Ewan van der Vlist & Yannick Wiegers

Eindredactie: Oxana Garritsen, Gabriël Schut & Yannick Wiegers

Illustraties: Eva van Dijk, Laura van Dijk, Oxana Garritsen, Annabelle de Kort & Jelle Rienstra

Coverfoto: Honoursgroep, Botanische tuinen Utrecht Science Park

© De auteurs | Uitgeverij de Graaff, 2018

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen, vermenigvuldigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever en vermelding van de auteur(s) van het boek.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912j°, het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, St.b. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever (Uitgeverij de Graaff, www.uitgeverijdegraaff.nl) te wenden.

Abonneer u op de nieuwsbrief van Uitgeverij de Graaff: www.uitgeverijdegraaff.nl

U ontvangt dan regelmatig informatie over nieuwe titels en blijft ook op de hoogte van aanbiedingen en kortingsacties.

Volg ons tevens op Facebook: www.facebook.com/Uitgeverijdegraaff

Inhoudsopgave

Ten geleide	7
<i>Fred Wiegant & Ton Peeters</i>	
Voorwoord	13
<i>Kees Blijleven & Willemijn Koppelaars</i>	
Symbiose in een notendop	15
<i>Oxana Garritsen, Willemijn Koppelaars, Jelle Rienstra & Ewan van der Vlist</i>	
Thema 1. Evolutie	
Voorwoord	23
1. Van wolf, naar schooier, tot schoothond	25
<i>Eva van Dijk</i>	
Interleaf 1. De mierenboerderij	35
<i>Kees Blijleven, Eva van Dijk & Louk Seton</i>	
2. Een nieuwe wereld	37
<i>Jeroen Ham</i>	
3. De grondslag van het leven	47
<i>Louk Seton</i>	
4. Het begin van de eukaryote cel	57
<i>Annabelle de Kort</i>	
5. Symbiose als oorzaak van evolutionaire transities?	69
<i>Kees Blijleven</i>	
Interleaf 2. Kippengaas	79
<i>Willemijn Koppelaars & Guido Puijk</i>	
Thema 2. Ecosystemen	
Voorwoord	85
6. De grote verbinder	87
<i>Guido Puijk</i>	

7. De bloemetjes en de bijtjes <i>Willemijn Koppelaars</i>	99
Interleaf 3. Valspelen in het spel van symbiose <i>Cathelijne Boer & Annabelle de Kort</i>	109
8. Zo ziek als een kikker <i>Yannick Wiegers</i>	111
9. Hoe vissen hun schubben schoon laten schrobben <i>Cathelijne Boer</i>	121
10. Een koraalverhaal <i>Jelle Rienstra</i>	131
Interleaf 4. Te veel van het goede <i>Willemijn Koppelaars, Jelle Rienstra & Yannick Wiegers</i>	141
Thema 3. De mens en biotechnologie	
Voorwoord	145
11. Echte gezondheid zit van buiten <i>Ewan van der Vlist</i>	147
12. Wanneer vrienden vijanden worden <i>Laura van Dijk</i>	157
13. Totaal viraal <i>Tjerk Steenwijk</i>	167
14. Hoe een pathogeen van groot nut kan zijn voor de mens <i>Oxana Garritsen</i>	177
Interleaf 5. GGO's in de ban? <i>Laura van Dijk, Oxana Garritsen & Tjerk Steenwijk</i>	189
15. De kunst(matigheid) van het leven <i>Gabriël Schut</i>	191
Interleaf 6. Minder van het goede <i>Gabriël Schut & Ewan van der Vlist</i>	201
Dankwoord <i>Kees Blijleven & Willemijn Koppelaars</i>	203
Lijst van experts	205
Referentielijsten	
Referenties: hoofdstukken	207
Referenties: figuren	235

Ten geleide

Gedurende een jaar heeft bij het departement Biologie in Utrecht de negende Honoursgroep met ziel en zaligheid gewerkt aan het tot stand brengen en uitgeven van het boek dat je nu in handen hebt. Een erg druk jaar aangezien dit project voor het grootste deel naast de reguliere studie plaatsvond. De drukste en stressvolste periode voor de studenten liep ongetwijfeld van februari tot eind april 2018 – toen kwam alles samen tijdens een zelf opgezette honourscursus en moesten ze komen tot een goed eindproduct. Dit groepsproject is een cruciaal onderdeel van het honoursprogramma waarin de opdracht dermate complex is dat studenten intensief moeten samenwerken, taken moeten verdelen, op elkaar moeten kunnen bouwen en gezamenlijk vele beslissingen nemen om het tot een goed einde te kunnen brengen. In deze complexe opdracht komen (ongemerkt maar wel bewust) alle belangrijke zogenaamde *21st century skills* aan bod. Van intensief samenwerken, helder communiceren, effectief vergaderen en leiderschap tot creatief en innovatief denken, reflectie en kritisch denken. Aan het einde van de honourscursus werd de studenten gevraagd te reflecteren op het groepsproject, het gezamenlijk schrijven van een boek en op wat voor hen waardevolle leermomenten zijn geweest. Hieronder volgt een korte beschrijving van het proces, aangevuld met quotes die we uit de reflecties hebben gehaald, te beginnen met het groepswerk.

‘Bij dit groepsproces leer je dan ook goed welke rol jij in het groepsproces vervult.

De één is meer een leider en de ander volgt meer de instructies op, maar komt ook met nieuwe inzichten en ideeën. Zo komt ieder tot zijn recht en doet er moeite voor.’

‘Het groepsproces heeft mij geleerd dat je je soms moet aanpassen en open moet staan voor de visie van anderen om tot een goed resultaat te komen.’

‘Het blijkt überhaupt dat met een groep ergens aan werken heel veel voordelen heeft, zoals flexibele taakverdelingen, feedback, advies en discussies.’

Dat samenwerken in een grote groep niet makkelijk is en zelfs eindig kan zijn, is ook onderdeel van het leerproces.

‘Ik heb het idee dat zo tegen het einde van deze periode mensen wel blij zijn dat het bijna afgelopen is.’

Aan het begin van de rit is de groep tijdens een aantal bijeenkomsten ingegaan op de keuze van een thema. Het is de bedoeling dat het thema een groot aantal onderwerpen op alle niveaus van de biologie omvat (van moleculen en cellen tot populaties en ecosystemen), zodat iedereen kan werken aan het gebied dat zijn grootste belangstelling heeft en dat in de thematische context kan uitwerken. Een workshop creativiteit hielp bij het brainstormen en het vrij associëren om interessante, verrassende en boeiende thema's en onderwerpen te vinden. Na de keuze van het thema *Symbiose*, zijn er drie deelthema's geselecteerd waarin per deelthema vijf hoofdstukken werden gepland. Vervolgens begon het schrijfproces. Een workshop wetenschappelijk schrijven hielp bij het formuleren van een hoofdvraag en het opzetten van een schrijfplan. Daarna was het vooral een kwestie van doen: het schrijven van een hoofdstuk met alles wat daarbij komt kijken.

'In deze periode heb ik ook beter geleerd om met kritiek en feedback om te gaan.

Ik denk dat ik hiervoor op dit vlak vooral kritiek accepteerde en overwoog, maar nu kan ik kritiek echt waarderen, erover discussiëren en vervolgens incorporeren.'

'Iets anders waar ik tegenaan liep was mijn schrijfstijl, hier had ik zelf nooit zo bij stilgestaan. Ik maak zinnen vaak te lang en hierdoor zijn ze lastig te volgen.'

'Ben ik ook wel een beetje gaan realiseren dat het juist al die feedback was die ervoor gezorgd heeft dat het eindproduct alleen maar beter is geworden.'

Taken werden onderling verdeeld en verschillende commissies ingesteld. De hoofdredactie bestaande uit twee studenten, leidde in grote lijnen het gehele project in al zijn facetten. Tijdens de cursus werd de voortgang van het project regelmatig besproken. Na verloop van tijd verliepen de vergaderingen uitermate efficiënt. De verschillende commissies legden kort en bondig uit wat er in de afgelopen week was gedaan, wat ze hadden bereikt en waar ze tegenaan waren gelopen en wat ze zich hadden voorgenomen in de komende week te doen. Eventuele problemen of aandachtspunten werden bediscussieerd, plannen werden besproken en al naar gelang de discussie werden de actiepunten bijgesteld.

Het is niet eenvoudig een goed geolied proces waarin vijftien mondige studenten efficiënt leren samenwerken te bereiken. Niet alle knopen werden even snel doorgemaakt, het kostte soms tijd een goede afweging te maken. Voor velen was dat een leerproces. Bij deze groep is het zonder noemenswaardige problemen gegaan omdat ze, met respect voor elkaar, de hobbels en meningsverschillen die er altijd zijn, hebben kunnen gladstrijken.

‘Met vijftien personen heb je veel verschillende meningen die niet allemaal op een rechte lijn uitkomen. Toch hebben wij, denk ik, met de hele groep geleerd hoe we hiermee om moeten gaan en hoe we toch een eindproduct leveren waar we allemaal trots op zijn.’

‘Als je in een groep werkt moet iedereen zijn steentje bijdragen. Daarom voel je je een beetje verplicht en is het minder vervelend om dingen te doen die niet leuk zijn. Minder leuke dingen zitten er namelijk ook altijd bij, maar met een groep is het toch makkelijker.’

‘Helaas lukt alles vaak niet in één keer. Tegenslagen kan ik nog wel eens moeilijk vinden.’
‘Toch ben ik er tegenaan gelopen dat ik het soms lastig vind om samen te werken met mensen die een compleet andere planning aanhouden, bijvoorbeeld mensen die alles op het laatste moment doen.’

Ook de redactievergaderingen verliepen tijdens de honourscursus gesmeerd. In korte tijd kwamen vele onderwerpen langs, variërend van details in de opmaak van een hoofdstuk tot en met de koers en de boodschap van hoofdstukken, de samenhang tussen de drie deelthema's tot en met actiepunten van redactieleden en hoofdredactie, het contact met de uitgever, de illustraties, de voorkant van het boek, de groepsfoto, de vraag hoe het boek in te passen in het eerstejaars curriculum van de opleiding Biologie, het inschakelen van experts en het tijdspad om te garanderen dat alles op tijd af was en bij de uitgever zou liggen. Door voortschrijdend inzicht was de groep zelfs in staat om de opzet van het boek totaal te veranderen, waardoor allerlei puzzelstukjes die voorheen voor veel discussie zorgden ineens op hun plek vielen.

‘Opmerkingen over wat er fout was maakten plaats voor suggesties en complimenten en ik hield meer rekening met de gevoelens van anderen.’

‘Ik kan dus snel de knoppen omzetten en van een idee afzien, met als gevolg een totaal ander resultaat. Ik blijf mij niet vast in één enkele mogelijkheid, maar ik ga, als ik er niet uitkom, snel opzoek naar alternatieven.’

In een door de studenten volledig zelf ingerichte honourscursus (februari-medio april 2018) werd intensief gewerkt aan het schrijven van de hoofdstukken, het geven van peerfeedback (op het product én het proces) en het illustreren van de hoofdstukken. Ook was er tijd ingeruimd voor een module ethiek en voor een zelf georganiseerde excursie (naar Cambridge) waar instituten, bedrijven en musea werden bezocht, die al dan niet gerelateerd waren aan de thema's van het boek.

Het geven van feedback aan elkaar op de hoofdstukken, maar ook op elkaars functioneren binnen de groep, werd als leerzaam en waardevol ervaren.

‘Een kritische houding t.o.v. het werk van anderen is dus altijd van belang in een teamverband. Ook dit heb ik geleerd door de feedback die ik kreeg gedurende deze cursus. Hierdoor creëer je niet alleen een kritische houding t.o.v. anderen, maar ook t.o.v. je eigen werk.’

‘De groepsdynamiek deed mij beter realiseren hoe onder ietwat stressvolle omstandigheden bepaalde voortgang toch gemaakt kan worden en hoe bepaalde problemen op de juiste manier opgelost kunnen worden.’

‘Bovendien zorgt de sfeer in de groep voor een platform om je ideeën mee te delen en feedback terug te vragen.’

‘Naast uiteraard het verwerken van grote hoeveelheden literatuur en populair schrijven, was het accepteren en waarderen van feedback van anderen een van de belangrijkste dingen die ik geleerd heb.’

Op de vraag wat ze van het proces hadden geleerd kwamen vele aspecten naar voren. Een aantal ervan hadden te maken met verschillende facetten van het leren samenwerken, zoals het beter naar elkaar leren luisteren en je beter inleven in wat anderen bedoelen, tot en met planning, uitstelgedrag, perfectionisme en het goed voorbereid naar bijeenkomsten komen, maar ook het uitproberen van vaardigheden en veranderen van eigenschappen, et cetera.

‘In een vertrouwde groep deel ik eerder impulsieve ideeën dan ik voorheen dacht. Hierdoor durf ik nu eerder out-of-the-box ideeën te delen.’

‘Met deze kennis ben ik enorm gemotiveerd om te leren van mezelf en mijzelf te verbeteren.’

‘Dit heeft dan ook geleid tot een hoge mate van zelfreflectie en introspectie, waarbij elk individu door (retrospectieve) observatie van zichzelf heeft kunnen realiseren wat zijn of haar vaardigheden, competenties en mogelijke verbeterpunten zijn. Deze zelfreflectie tracht dan ook het resultaat van dit gehele honoursproces te formaliseren om zodoende te kunnen bijdragen aan persoonlijke ontwikkeling.’

‘Naar mijn idee heb ik mijn vaardigheden en competenties duidelijker te zien gekregen en deze ook verder aangescherpt. Zo heb ik een nog beter beeld gekregen van mijzelf als individu.’

‘Ik wist mijzelf ertoe te zetten om wat eerder te beginnen en de deadline gewoon te halen, en als dit even niet lukte gaf ik het door aan de hoofdredactie. Dit kwam niet

helemaal uit mijzelf – de bijeenkomsten en de persoonlijke gesprekken hebben eraan bijgedragen om dit te bewerkstelligen en mijn houding te verbeteren.’

In het proces van *life-long learning* is het van belang dat je je eigen bijdrage op waarde weet te schatten en dat je je realiseert op welke gebieden je nog een ontwikkeling kunt doormaken. Het was interessant om te zien dat de perfectionisten die graag alles zelf doen, leerden om dingen los te laten en de anderen te vertrouwen en dat de leiderstypen in hun rol groeiden en daarbij ook keerzijden van het leiderschap begonnen te zien.

‘Gedurende het afgelopen half jaar heb ik gemerkt dat ik automatisch de leiding over iets neem en ook mensen aan het werk kan zetten.’

‘Gedurende de cursus heb ik geprobeerd hier op te letten en ik ben hierop vooruitgegaan door te leren meer uit handen te geven. Toch is dit nog een verbeterpuntje, waar ik de komende tijd aan ga werken.’

‘In plaats van controle te hebben over het hele project, moest ik taken uit handen geven, iets waar ik niet heel erg goed in ben.’

Gezien de ontwikkeling die de studenten doormaken kan gesteld worden dat een dergelijk intensief samenwerkingsproject als het samen schrijven van een boek duidelijk bijdraagt aan de ontwikkeling van *life-long learning* en aan de *21st century skills* in het algemeen. Rest ons nog te zeggen dat deze groep enorm gegroeid is het afgelopen jaar. Zij mogen trots zijn op wat er bereikt is, niet alleen op het eindproduct maar ook op de manier waarop het proces gaande-weg is gestructureerd. De studenten zijn overigens niet de enigen die door een leerproces zijn gegaan, ook voor ons als begeleiders was het weer een leerzame ervaring.

‘Naast waardevolle ervaring over schrijven heb ik ook, naar mijn mening, mijn presentatievaardigheden enorm verbeterd.’

‘In dit proces heb ik over mezelf geleerd dat ik toch wel een doorzetter ben die alles graag zo goed mogelijk voor elkaar wil krijgen.’

‘Het is de eerste keer dat ik meegewerkt heb aan een project van deze schaal met een grote groep. Het was een uitdaging; er waren ups en downs, momenten dat alles goed ging en momenten van frustratie. Het was druk, het was stressvol maar al met al vond ik het toch ook heel erg leuk en ben ik trots op wat we als groep allemaal gedaan hebben.’

Utrecht, mei 2018

Fred Wiegant & Ton Peeters

Voorwoord

In de zomer van 2017, tijdens ons eerste jaar van de studie Biologie, begon ons project echt. Wij, een groep van toen nog achttien studenten, zouden dat jaar als deel van het honoursprogramma biologie een boek gaan schrijven. De meesten van ons kenden elkaar nog amper en we hadden eigenlijk nog geen concreet beeld van hoe dit project eruit zou zien. Het begon dan ook wat wiebelig maar uiteindelijk waren we het eens over het onderwerp: symbiose. Dat was stap één, de rest van het project zou zich vooral na de zomer afspelen. Nu het onderwerp was vastgesteld konden we nadenken over de verschillende deelonderwerpen. Enthousiast ging iedereen op zoek naar iets wat hen aansprak bij het thema symbiose. We zijn een heel diverse groep, met interesses in verschillende takken van biologie. Iedereen wilde graag iets binnen zijn of haar eigen interessegebied vinden om zich mee bezig te houden. Ook werd de hoofdredactie gevormd, aan ons de verantwoordelijkheid om het project als geheel in goede banen te leiden en te overzien.

Na de zomervakantie begonnen we met het samenstellen van de verschillende commissies: de redactie, eindredactie, vormgeving, cursus en financiën en promotie. Iedereen is actief geweest in één of twee commissies. Elke commissie hield de hoofdredactie op de hoogte van hun voortgang.

De redactie boog zich om te beginnen over een indeling van het boek, op basis van de verschillende onderwerpen die waren aangebracht. Er werd uren vergaderd en vervolgens werd alles aan de rest van de groep gepresenteerd. We wilden het boek opdelen in verschillende thema's om voor samenhang te zorgen en zijn uiteindelijk uitgekomen op de huidige indeling: 1) evolutie, 2) ecosystemen en 3) mens en biotechnologie. Dit paste bij ons doel om het belang en de diversiteit van symbiose te benadrukken.

De cursuscommissie is ook hard aan de slag gegaan. Alle honoursstudenten volgen tijdens de derde periode van het tweede bachelorjaar de honourscursus waarin contacturen gebruikt worden voor bijeenkomsten, interessante lezingen of excursies maar vooral ook voor het schrijven van het boek. De commissie was verantwoordelijk voor alle organisatie die daarbij

kwam kijken en zij hebben hier veel werk in gestoken, wat uiteindelijk een enorme bijdrage heeft geleverd aan het hele project en de vorming van een hechte groep.

De commissie vormgeving was verantwoordelijk voor het tekenen van de afbeeldingen in de hoofdstukken en voor de omslag van het boek. Vooral het laatste was uiteindelijk een grotere opgave dan verwacht, maar uiteindelijk is iedereen erg tevreden met het resultaat. De omslag past goed bij de opzet van ons boek: het beschouwen van de diversiteit van symbiose. De afbeeldingen voor de hoofdstukken zijn ook door de commissie vormgeving stuk voor stuk prachtig getekend.

De hoofdredactie had ondertussen een tijdsplan opgezet. We begonnen met een korte opzet per hoofdstuk, zodat de redactie een beter idee kreeg van de inhoud. De eerste versie van alle hoofdstukken was uiteindelijk rond kerst af en toen werd pas echt duidelijk hoe alles op elkaar zou aansluiten. De redactie keek alle hoofdstukken na, verzorgde deze van feedback en stuurde ze terug naar de schrijver waarna deze de bijdrage weer aanpaste. Uiteindelijk hebben de hoofdstukken zes of zeven van dit soort nakijkronde ondergaan, met steeds snellere cycli op het eind van het project. Het was hard werken, maar het was mooi om te zien hoe alle stukken steeds meer een geheel vormden en iedereen ook steeds zekerder werd van zijn eigen stuk.

Na dit voorwoord vindt u het harde werk van vijftien zeer gemotiveerde studenten die het afgelopen jaar niet alleen ontzettend veel geleerd hebben over symbiose, maar ook over samenwerking. Wij zijn als groep trots op het eindresultaat en wensen de lezer veel leesplezier toe.

Kees Blijleven & Willemijn Koppelaars

Symbiose in een notendop

Oxana Garritsen, Willemijn Koppelaars,
Jelle Rienstra & Ewan van der Vlist

Het innige samenleven van twee organismen wordt symbiose genoemd. Je denkt dan misschien aan beeldende voorbeelden, zoals kleine vissen die de parasieten van andere vissen eten of bijen die nectar verzamelen en tegelijkertijd bloemen bestuiven. Symbiose is echter diverser dan dat en speelt een rol bij de kleinste cellulaire processen en de grootste ecosystemen die de aarde kent. Symbiotische relaties zijn belangrijk geweest voor het vormen van de vele soorten organismen om ons heen. Ondanks het feit dat vrijwel alle organismen op aarde betrokken zijn bij symbiose, wordt symbiose als verschijnsel vaak onderbelicht. Om men bewuster te maken van het belang van symbiose voor leven op aarde, zowel nu als in de evolutionaire geschiedenis, wordt dat belang in dit boek naar voren gehaald. We zullen eerst onze definitie van symbiose toelichten samen met enkele andere begrippen die wij gebruiken in het vervolg van dit boek.

WAT IS SYMBIOSE?

Wij hanteren de definitie van symbiose als volgt: symbiose is het langdurig samenleven van twee of meer individuen van verschillende soorten. Met langdurig wordt bedoeld dat de interactie over meerdere generaties plaatsvindt. De individuele deelnemers worden de symbionten genoemd en de interactie kan voor een of beide van hen noodzakelijk zijn voor overleving of voortplanting. Er is daarnaast altijd sprake van direct of indirect fysiek contact tussen beide symbionten. Symbiose kent drie algemene vormen: mutualisme, parasitisme en commensalisme. Deze onderverdeling binnen de symbiotische relaties is gemaakt op basis van de voor- of nadelen die de symbionten ondervinden van de interactie.

De eerste vorm van symbiose is mutualisme: een interactie waar beide symbionten een voordeel ondervinden. De bekendste voorbeelden die worden geassocieerd met symbiose behoren tot mutualisme, zoals een bij die een bloem bestuift. De bestuiver wordt aangetrokken tot

nectar op de bloemen, de primaire voedselbron voor veel bestuivers. Wanneer de bestuiver de nectar verzamelt, komt hij in aanraking met de meeldraden van de plant, waardoor pollen op de bestuiver terechtkomen. Als de bestuiver naar een volgende bloem gaat om meer nectar te verzamelen, zal hij de pollen naar deze bloem brengen. Deze pollen komen vervolgens terecht op de stamper van de bloem en er vindt bestuiving plaats. De bloem zal als gevolg hiervan zaden ontwikkelen en zich voortplanten. Voor beide organismen een win-winsituatie dus! Deze symbiotische interactie wordt verder uitgediept in het hoofdstuk 'De bloemetjes en de bijtjes'.

Een tweede vorm van symbiose is parasitisme. Hierbij heeft één symbiont, de parasiet, een voordeel. De andere symbiont, de gastheer, heeft daarentegen een nadeel. Parasieten zoals vlooiën, luizen en teken zijn bekende voorbeelden. Deze organismen verkrijgen hun voedsel door voedingsstoffen af te tappen van hun gastheer, die hier duidelijk een nadeel van ondervindt. Binnen het parasitisme is het ook noodzakelijk om onderscheid te maken tussen een parasiet en een pathogeen. Deze termen worden namelijk vaak door elkaar gebruikt. Zoals hierboven is beschreven, brengt een parasiet een nadeel met zich mee voor de gastheer. Dit nadeel kan zich uiten door het verzwakken van een organisme, maar ook door het ziek maken van een organisme. Hier ligt nu juist de grens tussen een parasiet en een pathogeen. Een parasiet die direct een ziektebeeld veroorzaakt in een gastheer, is een pathogeen. Zo'n pathogeen bezit virulentiefactoren voor een specifieke gastheer, waardoor er ziekteverschijnselen ontstaan bij de gastheer. Indien een parasiet wel zorgt voor het verzwakken van een individu, bijvoorbeeld door het aftappen van voedingsstoffen, maar niet direct ziek maakt omdat hij virulente factoren mist, dan wordt dit organisme gewoon een parasiet genoemd en geen pathogeen. Hieruit volgt dat alle pathogenen parasieten zijn, maar niet alle parasieten pathogenen.

De meeste symbiotische interacties kennen een enorme diversiteit, die bijvoorbeeld duidelijk terug te zien is bij koralen. Koralen zijn er in ontelbaar veel vormen, kleuren en maten. Toch berusten ze allemaal op eenzelfde soort mutualistische interactie. Daarnaast bestaan er relaties met meer dan twee soorten organismen. Korstmossen kunnen bijvoorbeeld uit twee of drie symbionten bestaan. Ook in en op ons eigen lichaam leven vele verschillende symbionten. In onze darmen kan dat oplopen tot wel zeshonderd verschillende bacteriesoorten. En daarnaast hebben we ook nog het menselijk viroom, oftewel de virussen die in onze darmen leven. Zij gaan niet alleen een interactie aan met de mens zelf, maar vooral met de bacteriën in onze darmen.

Sommige symbiotische relaties maken ook anderen interacties mogelijk. Zo openen parasieten de deur voor poetssymbiose, waarbij een symbiont zich voedt met de parasieten van een ander. Dit is een duidelijk voorbeeld van een mutualistische relatie die is voortgekomen uit een parasitaire relatie. We zien dat symbiotische interacties niet alleen invloed hebben op de

symbionten zelf, maar ook op hun directe omgeving. Alle genoemde vormen van symbiose en de verscheidenheid in symbiotische relaties worden in de verschillende hoofdstukken van dit boek belicht.

We onderscheiden dus verschillende vormen van symbiose op basis van de voordelen en nadelen die symbionten ondervinden. Maar wat wordt er eigenlijk bedoeld met een voordeel en een nadeel? Dit definiëren we als respectievelijk een verhoging of verlaging van de fitness van de symbiont. Fitness is de mate waarin een individu in staat is om te overleven en zijn genen door te geven aan de volgende generatie. Dit is ook wel de genetische contributie van een individu aan de volgende generatie ten opzichte van het populatiegemiddelde. Zodra een individu een bepaalde eigenschap bezit die zijn fitness verhoogt, zal dat individu beter kunnen overleven en zich voortplanten. Genen met eigenschappen met een hogere fitness worden daardoor in grotere maten doorgegeven aan de volgende generatie, dan genen zonder die eigenschappen. Een symbiotische interactie brengt voor- en nadelen in de vorm van veranderingen in fitness met zich mee voor de symbionten. Deze veranderingen in fitness openen de deur voor evolutie op basis van symbiose. Bij symbiose wordt de interactie met een symbiont vaak een van de belangrijkste drijfveren voor selectie en evolutie. Als symbionten op die manier selectiedruk op elkaar uitoefenen, wordt dat co-evolutie genoemd. Er ontstaan patronen waarbij organismen steeds beter op elkaar afgestemd zijn. Hierdoor kan een relatie steeds complexer worden. Bij mutualisme is dit makkelijk voor te stellen, aangezien beide partijen constant een positieve selectiedruk voor de interactie ondervinden. Symbionten die het best op elkaar afgestemd zijn, hebben de hoogste fitness. Maar hoe zit het bijvoorbeeld met parasitisme? Bij een parasitaire interactie profiteert de parasiet van de gastheer en de gastheer ondervindt hier de negatieve gevolgen van. Door deze dynamiek treedt er bij de gastheer natuurlijke selectie op voor hogere resistentie tegen de parasiet, terwijl bij de parasiet wordt geselecteerd op eigenschappen om deze resistentie van de gastheer te omzeilen. De twee zijn dus verwickeld in een evolutionaire wapenwedloop en co-evolueren: ze beïnvloeden elkaar over de loop van evolutie.

HET COMMENSALISMEDEBAT

Naast mutualisme en parasitisme is er nog een derde vorm van symbiose: commensalisme. Commensalisme is gedefinieerd als een vorm van symbiose, waarbij een van de twee symbionten een voordeel heeft en de andere symbiont geen duidelijk voor- of nadeel. Deze definitie is echter niet volledig zwart-wit, omdat het lastig te bepalen is wanneer er sprake is van een duidelijk voor- of nadeel bij de interactie. Er zijn meerdere aspecten aan de definitie commensalisme, die ruimte bieden voor discussie.

Natuurlijke selectie heeft geen invloed op een bepaalde eigenschap als die eigenschap geen verandering in fitness van een individu met zich meebrengt. Bij écht commensalisme zou de symbiose volledig neutraal zijn voor een van de symbionten, aangezien deze geen duidelijk voor- of nadeel heeft. Dit betekent dat er voor een van beide symbionten geen selectie voor of tegen de relatie is. Het behoud van de relatie zou voor deze symbiont dus enkel op toeval berusten. De kans dat de relatie wel blijft bestaan is redelijk groot, aangezien de andere symbiont immers een voordeel heeft en hij niet tegengewerkt wordt. Men kan echter betwijfelen of dit onder co-evolutie valt en daarom kunnen we ons ook afvragen of een dergelijke relatie wel als symbiose beschouwd kan worden.

Dat een van de symbionten geen duidelijk voor- of nadeel heeft, is een aspect van commensalisme dat lastig vast te stellen is. Wat de grens is tussen wel duidelijk een voordeel en niet duidelijk een voordeel, staat open ter interpretatie. Hier komt bij dat sommige relaties zowel voordelig als nadelig kunnen zijn voor een symbiont, wat dan vaak wordt betiteld als commensalisme, omdat de positieve en negatieve kanten elkaar opheffen.

Het is ook goed mogelijk dat de voor- of nadelen van een bepaalde interactie, die nu als commensaal gezien wordt, gewoonweg nog niet ontdekt zijn. De kans dat een interactie totaal geen effect heeft op een van de twee soorten is extreem klein en elk effect zou een verandering in fitness met zich mee kunnen brengen.

Een voorbeeld van een interactie waarover men kan discussiëren, is de interactie tussen muggen en virussen¹. De muggen brengen de virussen over van de ene gastheer naar een andere gastheer, wanneer ze deze steken. De virussen vermenigvuldigen zichzelf in de mug, maar de mug wordt niet aantoonbaar ziek. Muggen schijnen geen verminderde fitness te hebben door het meedragen van de virussen. De virussen daarentegen hebben een duidelijk voordeel. Ze worden namelijk verspreid door de mug naar nieuwe gastheren. Aangezien de muggen geen verminderde fitness hebben, wordt de interactie beschouwd als commensaal. In het hoofdstuk 'Totaal viraal' wordt dieper ingegaan op virussen, maar een essentiële eigenschap van virussen is dat ze zichzelf niet kunnen repliceren. Hier hebben ze gastheercellen voor nodig. Het kost de cellen van de mug energie en voedingsstoffen om de virussen te maken. Hoe klein het effect van het verlies van een paar voedingsstoffen ook is, het blijft een effect dat negatief is voor de mug. Deze interactie is daarom niet compleet neutraal voor de mug. Is deze interactie dan commensaal, omdat er geen verandering in fitness is? Of vormt het verlies van de voedingsstoffen voldoende effect om de interactie als parasitair te bestempelen?

De genoemde punten geven aan dat het gebruik van de term commensalisme dubieus is. Daarom zal commensalisme binnen het kader van dit boek buiten beschouwing gelaten worden. Het boek richt zich voornamelijk op mutualistische en parasitaire interacties, die spreker en duidelijker van aard zijn.

ONS BOEK

Binnen dit boek zullen vele onderwerpen rondom symbiose besproken en geanalyseerd worden. De verscheidenheid aan symbiose wordt weergegeven aan de hand van voorbeelden die betrekking hebben op alle niveaus binnen de biologie: van moleculen tot ecosystemen. Om een breder beeld te geven van de diversiteit en het belang van symbiose, zullen wij ingaan op symbiose in de verschillende gebieden van de biologie. Dit wordt gedaan aan de hand van drie verschillende thema's met elk een gemeenschappelijk doel.

Symbiose heeft een belangrijke rol gespeeld bij het ontstaan van het veelzijdige en complexe leven dat we heden ten dage op de aarde kennen. Het ontstaan van eukaryote cellen, de kolonisatie van het land en de ontwikkeling van de vele soorten zijn allemaal mogelijk gemaakt door het optreden van symbiose. De eerste hoofdstukken, behorend tot het thema 'Evolutie', behandelen symbiose vanuit een evolutionair perspectief of zullen het belang van symbiose bij de evolutie van het leven op aarde benadrukken.

Symbiotische relaties die betrekking hebben op ecosystemen zijn vooral in de wereld van nu erg relevant. De mens laat duidelijk zijn voetafdruk achter op aarde en essentiële symbiotische interacties ondervinden hier de negatieve gevolgen van. Het begrijpen van deze interacties en de invloed die de mens erop heeft, zijn de eerste stappen naar het mitigeren en voorkomen van de schade. Het tweede thema behandelt daarom de rol van symbiose in ecosystemen. De nadruk ligt hier op verscheidene symbiotische relaties die noodzakelijk zijn voor het draaiend houden van ecosystemen of zelfs het creëren van ecosystemen.

In het laatste thema staat de mens centraal en wordt besproken hoe de mens symbiose kan gebruiken voor biotechnologische doeleinden. De mens lijkt vaak niet afhankelijk te zijn van interacties met andere organismen. Toch wordt ons bestaan ook beïnvloed door talloze symbionten op en om ons heen. De mens heeft daarnaast veel geleerd door naar natuurlijke processen van verschillende symbiotische interacties te kijken en direct bepaalde symbionten te gebruiken om zo meer mogelijkheden te krijgen op het gebied van biotechnologie en in de industrie.

Het boek bevat zogenaamde *interleafs* ter afwisseling van de hoofdstukken, zodat de lezer hopelijk beter in staat is een mening te vormen over symbiose en de toepassingen ervan. In deze *interleafs* wordt voortgebouwd op een specifiek onderwerp binnen het thema, waarin bijvoorbeeld een beschouwende tekst staat geschreven.

Dit boek zal een beeld schetsen van symbiose en het belang van symbiose benadrukken. Hopelijk zal hierbij een nieuwe kijk op de wereld ontstaan; een kijk waarbij symbiose niet buiten beschouwing gelaten kan worden waardoor een besef ontstaat dat al het leven met elkaar interacteert, hoe klein of hoe groot dan ook.