

DE ZINNEN VAN GODS GOOCHELAARTJES

REDE

uitgesproken bij
de aanvaarding van het ambt van
hoogleraar in de algemene en vergelijkende animale fysiologie
aan de Landbouwhogeschool te Wageningen
op 7 februari 1973

door

DR. L.M. SCHOONHOVEN

Zeer geachte toehoorders,

In haar boek "Gods Goochelaartjes" beschrijft Augusta de Wit¹⁾ hoe Rumphius, de "blinde ziener van Ambon", een bezeten beschrijver van de weelderige rijkdommen der tropische natuur, geboeid wordt door de talrijke kleurige vlinders die onder de middagzon dartelen boven het meertje aan de rand van een muskaatnotenbosje. En ofschoon op onze breedtegraad de vormen en kleuren misschien iets minder uitdagend zijn, zal ook U buiten wel eens het gedartel en ogenschijnlijk ongerichte gefladder van een vlinder hebben gevolgd en Uzelf wellicht hebben afgevraagd of het in de zon dansende koolwitje bij toeval de gele ganzebloem ontmoet waaruit het enkele minuten nectar opzuigt. Is het na een ogenschijnlijk wederom ongerichte vlucht dat het koolwitje vervolgens neerstrijkt op een frisgroen blad van een koolplant? En waarom begint het juist hier, na enkele karakteristieke trommelbewegingen met de voorpoten te hebben gemaakt, een aantal heldergele eitjes af te zetten?

Terwijl Rumphius in de 17e eeuw nog voornamelijk geboeid werd door de grote verscheidenheid en bizarre vormen in de levende natuur begonnen in de loop van de vorige eeuw natuuronderzoekers zich te interesseren voor de levenswijze en het gedrag van dieren. De befaamde Franse entomoloog Fabre stelde zich, evenals wij dat zojuist deden, de vraag waarom het koolwitje z'n eieren uitsluitend op kool (of andere kruisbloemigen) legt terwijl de kleine vos op zijn beurt dat alleen op brandnetel doet. Hij komt aan het eind van een fascinerende beschrijving van het eileggedrag tot de conclusie dat het dier geleid wordt door een "botanisch instinct", een in wezen ondoorgrondelijk geheim²⁾. Hier echter kan de gedragsfysioloog enige opheldering brengen, uitgaande van de overweging dat wanneer het dier een keuze tussen verschillende planten kan maken het dat doet op basis van zintuiglijke informatie over die planten. Zo toonde Ilse aan dat koolwitjes die behoefte aan voedsel hebben bij voorkeur gele en blauwe ob-

jecten aanvliegen, vlinders echter die legrijpe eieren bezitten een voorkeur voor groene vlakken vertonen. De zoëven als toeval-
lig bestempelde vliegbewegingen zijn waarschijnlijk veel gerich-
ter dan het wel leek, hetgeen diegenen die eens een vlinder met
vrije handen probeerden te vangen allang vermoedden!

Eénmaal op een groen blad geland dient het legrijpe koolwitje
zich er van de vergewissen of het zich inderdaad op een blad van
een koolplant of een andere acceptable kruisbloemige bevindt, al-
vorens tot eiafzetting over te gaan. Hier moet ik U een experi-
ment uit het begin van deze eeuw door de Amsterdamse botanicus
Verschaffelt vermelden. Hij besmeerde de bladeren van verschei-
dene plantesoorten met perssap uit koolblad of met een oplossing
van sinigrine, een stof uit de groep van de mosterdolieglucosiden
die karakteristiek voorkomen in Crucifereën. Rupsen van het kool-
witje accepteerden alleen vreemde planten als zij op deze wijze
waren behandeld en Verschaffelt concludeerde dat voor deze kool-
rupsen, sinigrine een chemisch herkenningsteken voor een accep-
tabele voedselplant vormde³⁾. Onze koolwitjes laten zich leiden
door dezelfde chemische signalen. Wordt een bonenplant met afge-
sneed stengel geplaatst in een oplossing van sinigrine dan is
na enkele uren voldoende van de stof door de plant opgenomen en
in haar bladeren verspreid om een koolwitje dat met trommelbewe-
gingen van haar voorpoten de chemische samenstelling van het
bladoppervlak onderzoekt, te misleiden en daardoor tot eiafzet-
ting te stimuleren. De zintuigfysioloog nu kan de vraag stellen
welke informatie dit trommelgedrag aan het dier verschaft. Be-
kijken we de poten onder een sterke microscoop dan blijken daar-
op tussen de schubben, minuscule haartjes voor te komen, met aan
het uiteinde een uiterst fijne opening. Daarbinnen bevinden zich
de uiteinden van een 3 à 4-tal zenuwcellen die een smaakfunctie
bezitten. Met behulp van electrofysiologische methoden kan wor-
den aangetoond dat in iedere haar één van deze cellen door sini-
grine (in een sterk verdunde oplossing) kan worden geprikkeld.
Daarbij ontstaan in deze cel actiepotentialen die langs de zenuw-

vezel naar het centrale zenuwstelsel worden gevoerd. De vlinder proeft dus met haar poten enkele de plant kenmerkende stoffen en baseert daarop haar gedrag. Met deze fysiologische kennis wordt de sluier van Fabre's "instinct botanique" reeds enigszins doorzichtiger.

Ik noemde U al de proeven van Verschaefelt met koolrupsen, waaruit de vraatstimulerende werking van sinigrine kan worden afgeleid. Bepaalt de aanwezigheid van deze stof enkel en alleen of een plant al dan niet wordt gegeten? Een onderzoek van de smaak- en reukzin, gecombineerd met resultaten van gedragsexperimenten, kan hierover uitsluitsel geven.

Op de maxillen, de onderkaken van rupsen komen twee paar kleine smaakhaartjes voor die ieder vier smaakzintuigcellen blijken te bevatten. Twee cellen zijn specifiek gevoelig voor sinigrine of andere mosterdolieglucosiden en reageren reeds op concentraties lager dan 1 deel per millioen. Prikkeling van deze cellen induceert in een hongerig dier eetgedrag. Een andere cel blijkt geprikkeld te kunnen worden door een hele reeks van andere karakteristieke plantestoffen zoals kinine, cafeïne, strychnine enz., stoffen die echter geen van allen in de normale waardplantenreeks van de koolrups voorkomen. Wordt deze cel onverhoeds, bijvoorbeeld bij het aanbijten van een niet-waardplant waarin dergelijke stoffen voorkomen, geprikkeld dan wordt de voedselopname dadelijk onderbroken. Naast de zintuigcellen die reageren op typische, in bepaalde planten voorkomende secundaire plantestoffen, zijn er ook cellen die de aanwezigheid van suikers, zouten, aminozuren of andere algemeen in de plant voorkomende stoffen waarnemen en het dier informeren over de aanwezige concentraties van deze nutritief belangrijke componenten. Toegerust met dit soort kennis zijn we in principe in staat om na te gaan welke chemische details uit het complexe milieu door het dier met behulp van zijn zintuigen worden waargenomen. Iedere zintuigcel bezit dus een karakteristieke gevoeligheid voor bepaalde stoffen. Prikkeling door deze stoffen leidt tot het ontstaan van zenuwim-

pulsen die langs de zenuwvezels naar het centrale zenuwstelsel worden doorgegeven. De frequentie van deze impulsen is gerelateerd aan de concentratie en aan de aard van de prikkelstof. Informatie over de chemische samenstelling van de plant wordt dus, gecodeerd in zenuwimpulsen, langs verschillende kanalen naar het centrale zenuwstelsel doorgegeven. Wanneer we het patroon van de inkomende signalen, zowel als de daarop volgende gedragsreacties kennen, kunnen we iets te weten komen over de eigenschappen van het tussengeschakelde verwerkende systeem, het centrale zenuwstelsel. We kunnen de leesvaardigheid van dit systeem toetsen door na te gaan hoe groot de verandering in de aangevoerde gecodeerde informatie moet zijn om tot een verandering in het gedrag te leiden of de tijdsduur vaststellen waarbinnen alle inkomende informatie nog als één geïntegreerd patroon wordt beschouwd. Of de interacties vaststellen tussen informatiestromen die over verschillende kanalen binnenkomen. De relatief eenvoudige hersenen van lagere dieren kunnen ons iets leren over enkele fundamentele wetmatigheden die aan de informatieverwerking ten grondslag liggen en die door een grotere complexiteit van de hersenen bij hogere dieren moeilijker zijn te analyseren.

Breiden we ons onderzoek uit tot andere rupsesoorten die een andere voedselvoorkeur vertonen dan blijken er talloze variaties voor te komen in het spectrum van stoffen dat de chemische zin prikkelen kan. Of, in andere woorden, iedere rupsesoort heeft in de loop van de evolutie een specifieke smaakzin ontwikkeld, waarmee het in staat is om met grote zekerheid acceptabele en geschikte voedselplanten te onderscheiden van onacceptabele, nutteloos onvolwaardige en giftige planten. Bovendien echter kan het diertje binnen de acceptabele planten met behulp van zijn smaakzin de vanuit het oogpunt van voedingswaarde meest geschikte delen van de plant opzoeken. Zo verplaatst een maïsboorder zich naar die delen van de plant waar het hoogste gehalte aan suiker wordt aangetroffen.

Voor een beter begrip van het stelsel van onderlinge betrekkingen, dat de grondslag vormt van natuurlijke systemen, moeten wij ook enige aandacht schenken aan de grote variatie van de chemische samenstelling binnen het plantenrijk. De betekenis van de enorme verscheidenheid, in het bijzonder van typische secundaire plantestoffen, zoals alkaloiden, flavonoiden, etherische oliën enz. kon lange tijd niet of onvoldoende worden verklaard. Weevers bijvoorbeeld zegt 30 jaar geleden nog: "Het lijkt mij dan ook juister om het voorhanden zijn van alkaloiden en glukosiden in bepaalde soorten te beschouwen als een chemisch kenmerk van de betreffende soort, een kenmerk dat op één lijn te stellen is met de morfologische kenmerken zoals bouw van bloem en blad, waaraan veelal evenmin betekenis in de strijd om het bestaan is toe te kennen"⁴⁾. Merkwaardigerwijze zijn het vooral zoölogen geweest zoals Dethier en Fraenkel, die de beschermende functie van dergelijke stoffen tegen vraat door insecten, slakken en ook hogere dieren aannemelijk hebben gemaakt⁵⁾. In deze visie hebben planten zich in de loop der evolutie gewapend tegen aantasting door andere organismen door de vorming van vreemde, veelal toxische stoffen, waardoor, onder druk van deze aantasters, geleidelijk aan een grotere chemische diversiteit optrad. In bepaalde gevallen kon het insect de barrière echter overwinnen door de ontwikkeling van detoxicatiemechanismen. Zelfs kon een voorkeur voor de betreffende plantesoort (die immers vrij van concurrenten was) worden ontwikkeld door de oorspronkelijk giftige secundaire plantestof te gaan gebruiken als chemisch herkenningssignaal. Hiermee zijn we aangeland bij de situatie dat de koolrups alléén nog bladeren eet die sinigrine bevatten, terwijl vele andere dieren daarentegen door deze stof worden geweerd. De conclusie dat de grote chemische diversiteit in het plantenrijk mede is ontstaan door toedoen van de talrijke belagers uit de dierenwereld is onontkoombaar. Omgekeerd natuurlijk schepte de enorme verscheidenheid van planten de gelegenheid voor specialisatie en diversificatie in de dierenwereld.

De chemische signalen die een zo belangrijke rol spelen in de

interacties tussen insecten en hun voedselplanten zijn geenszins uniek. Integendeel. De chemische zin is in de zintuigfysiologie tot voor kort een welhaast onontgonnen gebied, voor een belangrijk deel waarschijnlijk te wijten aan het feit dat onze eigen smaak- en reukzin zo schraal ontwikkeld is. De laatste paar jaren verschijnen er meer en meer aanwijzingen in de literatuur voor een belangrijke, om niet te zeggen alles overheersende rol van chemische signalen bij de herkenning van soortgenoten, van prooi of voedselplant, van biotoop enz. De reeds eerder genoemde Fabre ontdekte dat vlindermannetjes over vele kilometers afstand vrouwtjes kunnen opsporen, maar kwam tot de uitspraak dat er welhaast geen sprake van een geurstof kon zijn, aangezien de verdunning dan zo groot moest zijn dat men nog slechts over enkele moleculen kon spreken. Enigszins tegen zijn eigen aanwijzingen in meende hij daarom wel een aantrekking door het vrouwtje via een trilling te moeten suggereren. In een bijzonder fraaie en gedetailleerde fysiologische analyse van de reukzintuigen op de antenne van het mannetje brachten Schneider en zijn medewerkers in Seewiesen⁶⁾ aan het licht dat inderdaad slechts enkele honderden moleculen van de lokstof bombykol de antenne van een mannetje zijdevlinder *Bombyx mori* behoeven te treffen om een gedragsreactie op te wekken. Slechts één molecuul lokstof blijkt voldoende om in een zintuigcel van een reukhaartje een zenuwimpuls op te wekken. Aangezien echter in de ongeveer 25.000 cellen in iedere antenne zonder prikkeling nog altijd ongeveer 1600 impulsen per seconde naar de hersenen worden gestuurd, moeten er tenminste 120 extra, door bombykol geïnduceerde pulsen per seconde worden opgewekt voordat de hersenen het onderscheid met de achtergrondruis kan maken en een commando voor een gedragsreactie doet uitgaan. En zo kunnen er zich bij dergelijke lage concentraties duizenden en duizenden verschillende lokstoffen tegelijkertijd in de atmosfeer bevinden zonder dat wij er weet van hebben. Ook bij gewervelde dieren kan een bijzonder ontwikkelde chemische zin worden aangetroffen. Verschillende slangen bijvoorbeeld zijn in staat het reukspoor van een prooidier te volgen. Een adder kan nadat hij een muis door

een beet heeft vergiftigd het wegvluchtende dier over vele meters en na lange tijd nog achtervolgen, daarbij alleen afgaande op het nagelaten geurspoor. Echter, niet alleen landdieren maken gebruik van de signaalfunctie van allerlei chemische stoffen. Waterdieren eveneens reageren op velerlei chemische verbindingen in zeer lage concentraties. De zoetwaterpoliep Hydra vertoont een specifieke voedingsreactie bij prikkeling door het peptide glutathion in een concentratie van enige delen per miljoen. Waarschijnlijk wel de meest gevoelige reactie op een chemische prikkel bij gewervelde dieren werd geconstateerd bij paling, die in staat blijkt te reageren op één kleine druppel phenylethylalcohol, goed verdund in een hoeveelheid water die overeenkomt met de totale inhoud van het Bodenmeer. Ook hier moeten we weer aan zintuigprocessen denken, waarbij slechts enkele moleculen zijn betrokken. Met een dergelijk fijn ontwikkeld chemisch perceptievermogen wordt het verklaarbaar dat zalmen met grote zekerheid na jaren in zee te hebben geleefd terugkeren naar het riviergebied waar ze werden geboren, louter met behulp van hun herinnering van lokale karakteristieke chemische verbindingen.

In aanmerking genomen de complexiteit van natuurlijke samenlevingen, zal ieder organisme bij elke beweging dat het maakt met een veelheid van potentiële geur- en smaakstoffen in aanraking komen. De wereld omvat een chemische verscheidenheid die voor veel dieren de visuele variatie ver overtreft. Iedere soort, met behulp van zijn specifieke zintuigen, zeeft daaruit enkele chemische signaalfactoren, die helpen zijn voortbestaan zo goed mogelijk te verzekeren. Het veelvuldig voorkomen en de betekenis van chemische interacties, interspecifiek zowel als intraspecifiek, begint pas in de laatste paar jaren de aandacht in het biologisch onderzoek te ontvangen waarop het, gezien de consequenties voor het oecologisch en het gedragsonderzoek, zowel als voor het toepasbare onderzoek, recht heeft. Het is niet gewaagd om te veronderstellen dat in de komende decennia juist op dit gebied ons veel nieuwe inzichten te wachten staan.

Dames en Heren,

In het voorgaande heb ik U enige relaties tussen dieren en hun milieu zeer summier omschreven. Bij de analyse daarvan is er voor de fysioloog, die de inwendige mechanismen van het dier, welke een grondslag vormen voor zijn reacties op milieufactoren, analyseert, een duidelijke plaats ingeruimd, tussen bijvoorbeeld de oecoloog en de etholoog. Liever dan nog op enkele biologische mechanismen in te gaan wil ik mij op dit moment de vraag stellen wat de zin is van fysiologisch onderzoek aan het "botanisch instinct" van insecten of slakken of aan de chemische zin van hogere dieren. Alvorens op deze vraag in te gaan is het wellicht verhelderend om eerst kort te trachten de motieven te achterhalen die de natuuronderzoeker tot zijn werk brengen. Vanuit welke beweegredenen wordt de gedrevenheid van de eerdergenoemde Rumphius en Fabre, evenals zovele andere onderzoekers, gevoed? Ongetwijfeld vormt hier nieuwsgierigheid een belangrijke drijfveer, de wens om de natuur, waar de mens zich in geplaatst vindt, te begrijpen, teneinde met behulp van deze inzichten zich een wereldbeeld te vormen en daarmee wellicht enigermate zich zelf te begrijpen. Al naar de uitgangspunten kan men de verworven kennis plaatsen in een traditioneel christelijk wereldbeeld, of daarentegen zoals de fysicus Von Weiszäcker dit formuleert, de natuurwetenschappelijke inzichten gebruiken als raamwerk van een nieuwe religie, het "Szientismus"⁷⁾. Volledigheidshalve moet worden toegevoegd dat er uiteraard tussen deze twee uitersten vele tussenposities mogelijk zijn.

Het onbekende vormt bovendien voor velen een uitdaging, die nog vergroot wordt door het feit dat de natuur haar geheimen niet gemakkelijk afstaat. "De Natuur stelt geen vragen en beantwoordt geen enkele die wij, sterfelijken haar stellen", schrijft Thoreau in 1854⁸⁾.

De oplossing van deze vragen gaat gewoonlijk slechts in heel kleine

stapjes die uit en te na via traditionele methodieken moeten worden geverifieerd en geconsolideerd. Gesuperponeerd op deze arbeidsintensieve en traditionele fase van het onderzoek dient de wetenschapper er een vernieuwende en originele denkwijze aan toe te voegen, zodat men over creativiteit kan spreken. Deze ambivalentie van het stereotype traditionele element tegenover het onverwachte nieuwe aspect, vraagt ook van de onderzoeker een ambivalente instelling: naast de voortdurende uitbouw en consolidatie van de moeizaam verworven inzichten zal hij tegelijkertijd steeds een open oog moeten hebben voor de mogelijke waarde die kan schuilen in uitkomsten die niet aan de door hemzelf bepaalde verwachtingen voldoen⁹⁾.

Eerder noemde ik U de uitdaging die het onbekende kan vormen voor de mens. Deze kan een belangrijke stimulans vormen, waarbij zelfs het actief oplossen van de puzzel belangrijker kan worden dan de uitkomst ervan. Dit motief, het appeleren aan de vernuftigheid (in conceptuele, theoretische, instrumentele en methodologische zin), hoewel soms verguisd, is onmisbaar. In deze situatie waar de mens zich tegenover de omringende natuur opstelt en daaraan geheimen tracht te ontputselen vallen volgens deze zienswijze duidelijk spelelementen te herkennen, ofschoon Huizinga in zijn boek "Homo Ludens"¹⁰⁾ de wetenschap, in tegenstelling tot vele andere menselijke activiteiten, een spelelement meent te moeten ontzeggen.

Heeft de zuivere of fundamentele wetenschap, dat wil zeggen de wetenschap die alleen gericht is op een verdieping van ons inzicht en niet op de toepassing, recht op bestaan? Men kan het met Roscam Abbing eens zijn dat de drijfveer zuivere nieuwsgierigheid mag zijn, maar dat de middelen en resultaten sociaal verantwoord en hanteerbaar moeten zijn¹¹⁾. Er gaan echter steeds meer stemmen op in onze maatschappij die de genoemde motieven van waaruit de wetenschapper onder meer werkt, zoals nieuwsgierigheid en het reageren op een uitdaging, laakbaar acht en denigrerend omschrijft als een persoonlijk hobbyïsme. Deze afwijzing komt voort uit de

snel stijgende kosten van het natuurwetenschappelijk onderzoek, zowel als het feit dat bij toepassing van de verworven kennis deze een tweesnijdend zwaard blijkt te zijn, waarvan nog niet valt te voorspellen of we zullen leren de juiste zijde te gebruiken. Wat het argument van de kosten betreft kan worden gesteld dat daaraan uiteraard grenzen dienen te worden gesteld. Aan de andere kant kan men in een levende menselijke cultuur het fundamentele natuuronderzoek niet stilleggen zonder de grondslagen van die cultuur ernstig geweld aan te doen, evenmin als men de schrijvers kan verbieden te schrijven en de toonkunstenaars te musiceren. Wetenschappelijk onderzoek reflecteert een aspect van de menselijke creativiteit, die door de onderzoeker in de vorm van publicaties of via het opleiden van leerlingen aan de maatschappij ter beschikking wordt gesteld.

Onderscheid tussen toegepast en fundamenteel onderzoek is een fictie. Enerzijds kan toegepast onderzoek slechts bestaan dankzij fundamenteel onderzoek, en vormt zij slechts de toepassing van principes uit het fundamentele onderzoek, maar dan toegespitst op een voor het dagelijkse leven belangrijk probleem. Anderzijds is het tegen de menselijke natuur om verworven kennis en inzichten niet te gebruiken bij de vergroting van zijn bestaanszekerheid.

Na deze uitwijding over de motieven die de natuuronderzoeker bij zijn werk kunnen leiden wil ik met U trachten de vraag te beantwoorden wat de fysioloog ertoe kan brengen om, bijvoorbeeld, de zintuigen van kruipend gedierte, zoals rupsen of kevers te analyseren. Keren wij nog even tot ons voorbeeld, het koolwitje dat zo feilloos de koolplant herkent, terug. Het is verrassend te zien dat verschillende motieven, mogelijk zelfs verenigd in dezelfde onderzoeker, aanleiding voor een analyse van deze gedragswaarneming kunnen vormen. De fysioloog, nieuwsgierig, probeert te begrijpen hoe eigenschappen van de omgeving van het vlindertje, worden getransformeerd door de zintuigen tot een vorm van informatievastlegging die gebonden is aan een levend weefsel. Het

mechanisme waarbij deze in zenuwimpulsen gecodeerde informatie over de buitenwereld wordt verwerkt, binnen een orgaan bestaande uit levende cellen (de hersenen), die zelf beschermd en volkomen geïsoleerd van de buitenwereld liggen, en herleid tot een (veelal) aangepaste gedragshandeling vormt een nauw aansluitend gebied van onderzoek voor een onderzoeker met dezelfde motivatie. De fysioloog draagt hier kennis aan, die onmisbaar is voor de etholoog wanneer de laatste zijn modellen en abstracties wil toetsen aan de werkelijkheid. Het ziet er naar uit dat zo in toenemende mate de neurofysiologie, met gedragswetenschappen als intermediair, verbindingen met de sociale wetenschappen zal gaan vormen. Terzijde zij opgemerkt dat na een langdurige divergente ontwikkeling van de natuurwetenschappen en de alpha-wetenschappen de zo juist genoemde verbindingen een tijdperk van toenadering en interacties tussen beide wetenschapsgebieden lijken in te luiden.

Evenals de nieuwsgierige fysioloog wil de toegepaste entomoloog ook de factoren kennen die het koolwitje zo feilloos naar onze koolplanten voert, ten gevolge waarvan in korte tijd ernstige rupsenvraat onze toekomstige wintervoorraad aantast. Immers, als hij de eigenschappen van de plant die voor het insect als signaalfactoren dienen kent, kan hij trachten door verstoring de relatie te verbreken.

De fysioloog analyseert functies en processen binnen het organisme, het individu. Hij tracht deze echter te begrijpen vanuit de relatie van het organisme met zijn milieu, is er zelfs van overtuigd dat die functie alleen begrepen kan worden vanuit dat milieu. De soms gebruikte term "oecofysiologie", die deze samenhang nog eens onderstreept, is daarom feitelijk een tautologie. De fysiologie houdt zich dus bezig met het individu, volgens de evolutionist Simpson de wezenlijke eenheid in de levende natuur, wanneer hij zegt: "The aim of biology is to understand the structure, functioning (both as "How?" and "What for?"), and history of organisms and of populations of organisms. Biology is

the study of life; life occurs only in living things; "living thing" is synonymous with "organism"; organisms that are not whole are not alive". "Moreover, organisms live only in the context of populations"¹²⁾. De fysiologie, vanuit de studie aan het individu, vormt een toeleveringsbedrijf voor informatie die de onderzoeker van de populatie of van het oecosysteem nodig heeft tot beter begrip van velerlei relaties tussen de individuen, waaruit dat oecosysteem is opgebouwd. De chemische interacties die ik U aan het begin van dit betoog beschreef zijn daarvan een duidelijk voorbeeld. Ook voor het gebied van de cellulaire en moleculaire biologie kan de fysiologie een toeleveringsbedrijf vormen, maar dan minder voor informatie, maar meer voor vraagstellingen. Om een voorbeeld te ontleen aan de chemische zin, kan ik U het onderzoek noemen naar de processen die plaats hebben op het moment dat moleculen van een smaakstof de membraan van de zintuigcel raken. Hoe wordt de specificiteit van de reactie tussen de prikkelstof en de celmembraan verklaard? Welk proces herleidt deze reactie tot het ontstaan van zenuwimpulsen? Ziedaar enkele vragen die vanuit een fysico-chemische achtergrond kunnen worden benaderd.

Enkele van de eerder besproken voorbeelden werden ontleend aan het betrekkingenleven van insecten, niet geheel toevallig wanneer U mijn levensloop kent. Toch is de vraagstelling in de genoemde gevallen geenszins typisch voor de entomologie, integendeel. De fysiologie tracht in hoge mate fundamentele levensverschijnselen te beschrijven in algemene wetmatigheden, die los staan van de grote gevarieerdheid van vorm, waarmee de levende natuur zich aan ons presenteert. Een natuuronderzoeker zoals Rumphius verkeerde geheel in de ban van de rijkdom en enorme verscheidenheid van een ongerepte tropische natuur. Voor de taxonomen die na hem kwamen vormde deze verscheidenheid een uitdaging om te trachten daarin enige ordening te brengen en er een systeem in te ontdekken. De fysiologen trachtten, los van deze verscheidenheid, mechanismen en processen die levende organismen kenmerken, te abstraheren.

Zelfs de vergelijkende fysioloog, die identieke processen in verschillende diergroepen bestudeert, zoals bijv. de ademhaling door zoogdieren, vissen en insekten, zal, na gewezen te hebben op de verschillende mechanismen die in deze diergroepen worden gevonden, de nadruk leggen op fundamentele overeenkomstigheden die worden aangetroffen bij zo verschillende diervormen. Dankzij deze extrapolatiemogelijkheden kunnen verscheidene fysiologische principes worden geanalyseerd aan ongewervelde dieren, waarna deze kennis als basis voor onderzoek aan gewervelde dieren kan dienen. De grondlegger van de moderne fysiologie, Claude Bernard, zelf medicus, adviseerde reeds om uit praktische overwegingen als proefdieren dié soorten te gebruiken die enerzijds het te onderzoeken fenomeen duidelijk vertonen, anderzijds zo laag mogelijk op de phylogenetische ladder voorkomen. Voor dit standpunt kunnen bovendien ethische motieven worden aangevoerd. De consequentie is dat wij onze inzichten in de fysiologie van de hogere vertebraten, inclusief onszelf, mede verworven door onderzoek aan slakken, vliegen, kikkers en ratten. De resultaten van dit vergelijkend fysiologisch onderzoek benadrukken de eenheid van de levende materie, ondanks het feit dat het Leven zich in z'n uiterlijke verschijningsvorm in een zo grote verscheidenheid aan ons voordoet.

In de wat cryptische titel van deze beschouwing heeft U wellicht reeds een zekere ambivalentie ten opzichte van onze proefdieren bespeurd. Ik heb daarmee willen uitdrukken hoe wij bepaalde biologische aspecten van onze vlinders, in dit geval de relaties met het milieu via zintuigen, in meer of mindere mate zullen kunnen ophelderen. Aan de andere kant zullen we echter uit een dergelijk succes niet zonder meer mogen concluderen dat we eens in staat zullen zijn de volledige ingewikkeldheid van een levend organisme geheel te bevatten. De ordening, een niet-stoffelijke entiteit waar het Leven zich uit¹³⁾, is van een zó grote complexiteit, niet slechts in ruimte, maar ook in tijd, dat wij niet mogen verwachten haar ooit geheel te kunnen doorzien. Tot zo lang blijft er in alle levende organismen iets aanwezig van "Gods Goochelaartjes".

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Aan het einde van deze beschouwing wil ik gaarne mijn dank uitspreken jegens H.M. de Koningin die het voorstel voor mijn benoeming aan deze Hogeschool heeft willen bekrachtigen.

Mijne Heren Leden van het College van Bestuur,

Ik stel er prijs op hier in het openbaar U mijn erkentelijkheid te betuigen voor het vertrouwen dat U mij betoonde door mij voor deze functie voor te dragen, zowel als voor de medewerking die ik reeds van U ondervond bij de realisatie van de voorzieningen ten behoeve van het onderwijs en onderzoek.

Hooggeleerde De Wilde,

Het moet voor U een voldoening zijn dat één van Uw leerlingen aan onze Hogeschool de vergelijkende fysiologie gaat doceren, het gebied waarop U zelf zo actief bent geweest. Dat dit kon gebeuren is een teken van de brede wetenschappelijke ontwikkeling die U binnen het vakgebied der entomologie aan Uw leerlingen vermag te geven. Zoals U weet heb ik slechts node mijn plaats in de onder Uw leiding staande groep verlaten, waar Uw sprankelende geest zowel wetenschappelijk als menselijk een enorme stimulans uitoefent. Ik acht het een voorecht om in de toekomst, vanuit de in de jaren gegroeide vriendschap, van Uw inzichten te mogen blijven leren. Weest overtuigd dat U mij door de jaren heen onvergetelijke waarden hebt meegegeven.

Dames en Heren medewerkers aan de afdelingen Entomologie en Gecombineerde Diensten,

Ieder mens dankt de zin van zijn bestaan voor een belangrijk deel aan de mensen in zijn naaste omgeving. Dat ik in mijn werk voldoening heb gevonden is een gevolg van de goede verstandhouding

met U allen, die, ieder op zijn wijze, aan dat werk deelnamen. Daarbij mocht ik geleidelijk aan velen van U als vrienden gaan beschouwen.

Hooggeleerde Frens,

De vriendelijkheid en vanzelfsprekendheid waarmee U een tweede kapitein op het schip binnenhaalde heeft het begin van mijn nieuwe taak enorm vergemakkelijkt. Het vormt een goede voedingsbodem om onze gemeenschappelijke wens, namelijk de fysiologie in haar volle breedte te doceren, tot uitvoering te brengen.

Dames en Heren medewerkers aan het Laboratorium voor Fysiologie der Dieren,

De openheid en behulpzaamheid die U mij vanaf de eerste dag hebt betoond, de bereidheid waarmee U het lawaai en het stof van een aantal bouwkundige voorzieningen momenteel doorstaat, de bijstand die U aan extra werkzaamheden verleent, de belangstelling die U betoont voor onze proefdieren, die niet alleen in afmetingen, maar ook in behandelingswijze zo sterk verschillen van de U vertrouwde proefdieren, hebben mij het vertrouwen gegeven dat wij in een goede sfeer tot een vruchtbare samenwerking zullen geraken.

Dames en Heren Studenten,

Onze maatschappij heeft de materiële geneugten naast de geestelijke rijkdom aanvaard die uit het natuurwetenschappelijk onderzoek voortvloeiden. Zij heeft zich daarmee ook een aantal bijna onoverkomelijke problemen op de hals gehaald. Ik weet dat velen van U zich tot taak stellen te trachten onder meer vanuit een natuurwetenschappelijke achtergrond daarvoor een remedie te zoeken. Daarbij zijn inzichten in fundamentele levensprocessen onmisbaar. Graag neem ik de taak op mij te trachten U bij het verwerven van die inzichten te begeleiden. Uw eigen inbreng

is daarbij essentieel. Een slecht docent bereikt meer bij een goede student dan een bekwaam docent bij een onwillig student. Ondanks de toenemende massaficatie hoop ik toch in persoonlijke contacten met U tot een verdieping, bij U en bij mij, van het inzicht in de levende materie te komen.

Ik dank U voor Uw aandacht.

Verwijzingen

1. A. de Wit. Gods Goochelaartjes. E.M. Querido (1946).
2. J.H. Fabre. Souvenirs Entomologiques (septième série).
Paris, Librairie Delagrave (1923).
3. E. Verschaffelt. Versl. Gew. Vergad. Akad. Amsterdam, 19:
595-600 (1910).
4. Th. Weevers. De alkaloïden en glukosiden der planten.
J. Noorduyn (1943).
5. V.G. Dethier. Chemical insect attractants and repellents.
The Blakiston Company (1947). G.S. Fraenkel. Trans.
9th Int. Contr. Entomol., Amsterdam 2:90-100 (1953).
6. D. Schneider. In: The neurosciences: second study program.
F.O. Schmitt, Editor, Rockefeller University Press,
New York p. 511-518 (1970).
7. C.F. von Weiszäcker. Die Tragweite der Wissenschaft.
S. Hirzel Verlag (1964).
8. H.D. Thoreau. Walden. Meulenhoff (1972).
9. J.C. Eccles. Facing reality. Springer Verlag (1970).
T.S. Kuhn. The structure of scientific revolutions.
The University of Chicago Press (1962).
10. J. Huizinga. Homo ludens. H.D. Tjeenk Willink & Zn. (1952).
11. P.J. Roscam Abbing. Om de mens. Ethiek in wetenschap en
beroep. S.W. Sijthoff (1968).
12. G.G. Simpson. This view of life. Harcourt, Brace & World,
Inc. p. 113 (z.j. ± 1964).