

Wat het lichaam weet

De biologie van beleving

HendrikJan Houthoff



Eburon
Utrecht 2023

Key words: awareness, biological network, consciousness, emotion, mood, phenomenology, philosophy of science, subjectivity, systems biology, Umwelt, visceral networks.

Trefwoorden: besef, bewustzijn, biologisch netwerk, emotie, fenomenologie, gevoel, innerlijk, stemming, subjectiviteit, systeembio-
logie, Umwelt, viscerale netwerken, wetenschapsfilosofie.

ISBN 978-94-6301-379-6 (paperback)

ISBN 978-94-6301-384-0 (ebook)

Academische Uitgeverij Eburon, Utrecht

www.eburon.nl

Op de omslag: Antoni Tàpies i Puig, *Dos personas* (1952).

@Fundació Antoni Tàpies

Foto auteur : Tom van Rheenen

Omslagontwerp: Textcetera, Den Haag

© 2023 Alea Press, HJ Houthoff. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de rechthebbende.

Inhoud

Proloog	9
Over de ontstaansgeschiedenis van dit boek	
I. Op zoek naar zwakke plekken	10
II. Een nieuw licht op filosofische vraagstukken	13
III. Wat kun je met de theorie?	15
Warming up	17
Een overzicht van de inhoud	
I. De basis	18
II. De situatie bij de mens	23
III. Hoe werkt de theorie door in de praktijk?	27
IV. Een nieuwe visie op subjectiviteit en bewustzijn	32
Hoofdstuk 1	
Het lichaam op de sectietafel	35
1.1 Historisch overzicht	35
1.2 Kritische kanttekeningen	40
1.3 Hoe is dit mogelijk?	51
1.4 Discussie en conclusies	53
Hoofdstuk 2	
Van anatomie naar systeembio	55
2.1 Systeembio	56
2.2 Biologische functies als netwerkeigenschappen	58
2.3 Heterarchie en zelfregulering	66
2.4 Complexe adaptieve systemen	69

2.5	Cellen als bouwstenen	71
2.6	Weefsels als netwerken	75
2.7	Discussie en conclusies	79

Hoofdstuk 3

	Gevangen in een net	83
3.1	Een gelaagd visceraal netwerk	85
3.2	Zenuwcellen met bijzondere eigenschappen	89
3.3	Viscerale signalering	94
3.4	Inwendige homeostase	97
	3.4.1 Hormonale en immunologische netwerken	99
	3.4.2 Afstemming tussen somatische en viscerale netwerken	101
	3.4.3 Inwendige zintuigen	104
3.5	Discussie: een nieuwe theorie	105

Hoofdstuk 4

	Een eeuwenoude erfenis	111
	Netwerken en evolutie	
4.1	Netwerken spelen in de evolutie een cruciale rol	114
4.2	Selectie als een streven naar aanpassing én onafhankelijkheid	120
4.3	De evolutie van waarnemen	122
4.4	Viscerale evolutie	126
4.5	Vertebrale evolutie	130
4.6	Corticale evolutie	132
4.7	Discussie en conclusies	135

Hoofdstuk 5

	Het lichaam als netwerk	141
5.1	Het somatische systeem	142
5.2	Het viscerale systeem compleet	146
5.3	Psychische viscerale functies: het innerlijk	151
5.4	De viscerale netwerktheorie	153
5.5	De viscerocorticale balans	158
5.6	Discussie: een nieuw lichaamsbeeld	164

Hoofdstuk 6

Het inwendige waarnemen bij de mens	171
6.1 Waarnemen als overlevingsstrategie	172
6.2 Het viscerale waarnemen bij vissen	175
6.3 Hoe zit dat anatomisch bij de mens?	179
6.4 Corticale en viscerale bewerking van zintuigsignalen	183
6.4.1 De parallelle wegen van waarnemingssignalen	183
6.4.2 Waarnemen bij de mens: een conceptuele analyse	187
6.5 De evolutionaire oorsprong van subjectiviteit	189
6.6 Discussie en conclusies	191

Hoofdstuk 7

Occams scheermes	195
Een wetenschapsfilosofische analyse	
7.1 Het is mogelijk: is het ook waarschijnlijk?	198
7.2 Criteria voor een wetenschappelijke theorie	199
7.3 De viscerale netwerktheorie getoetst	201
7.3.1 De theorie voor een visceraal domein buiten het centrale zenuwstelsel	201
7.3.2 De theorie voor een visceraal domein bin- nen het centrale zenuwstelsel	202
7.4 Sociologische randvoorwaarden	204
7.5 Eerst zien, dan geloven	207
7.6 Discussie en conclusies	208

Hoofdstuk 8

Een nieuw lichaams- en mensbeeld	211
Consequenties voor individu en samenleving	
8.1 Biologische netwerken: zo binnen, zo buiten	212
8.2 Een conceptueel ander lichaams-, mens- en zelfbeeld	217
8.3 Consequenties voor de geneeskunde	220
8.3.1 Bijdragen van de viscerale netwerktheorie aan de geneeskunde	222
8.3.2 Alternatieve en complementaire geneeskunde	230
8.4 Consequenties voor de psychologie en psychiatrie	233
8.5 Discussie en conclusies	242

Hoofdstuk 9	
Belichaming	247
Over de filosofie van het mensbeeld	
9.1 De eenheid van lichaam en geest	249
9.2 Subjectiviteit als basis	253
9.3 Besef en bewustzijn	258
9.4 Een bijdrage aan de filosofische dialoog	268
9.4.1 Fenomenologische aspecten	268
9.4.2 Analytische aspecten	271
9.4.3 Neurobiologische aspecten	277
9.4.4 Affectieve aspecten	279
9.4.6 Conclusie	283
9.5 Van lichaamsbeeld naar mensbeeld	283
9.6 Slotopmerkingen	292
Epiloog	295
Dankwoord	297
Bijlage	299
I. Experimentele toetsing van de theorie	299
II. Onderzoek dat cruciaal is voor de bewijsvoering	301
III. Mogelijkheden voor verder onderzoek	305
IV. Conclusie	306
Lijst van afbeeldingen	307
Literatuurreferenties	309
Namenregister	323
Trefwoordenregister	327

Proloog

Over de ontstaansgeschiedenis van dit boek

Dit boek is het resultaat van een speurtocht die begon in de zestiger jaren van de vorige eeuw. Ik was toen bezig aan een proefschrift over de ontwikkeling van het zenuwstelsel. Een vriend, Kees van Driel, werkte in diezelfde tijd aan een proefschrift over de zenuwvoorziening van het maagdarmkanaal. Wat ik aan onze discussies over zijn onderzoek overhield was een vaag gevoel dat de theorie over het functioneren van het inwendige lichaam hier en daar rammelde. Wat daar precies de oorzaak van was en hoe het dan wel zou moeten, daar kon ik toen geen vinger achter krijgen. Ik las er wat filosofische beschouwingen over en liet het onderwerp daarna rusten.

Begin deze eeuw kreeg ik dat vage gevoel opnieuw, nu vanuit een volstrekt andere invalshoek. Ik gaf les in basisvakken aan een opleiding voor Jungiaanse analytische therapie. Studenten leren daar hoe ze zich vanuit hun hart – hun innerlijk – open dienen te stellen voor de problemen waar cliënten mee komen. Vanuit een levensbeschouwelijke visie spreekt het velen aan dat gevoelens en emoties opwellen uit het lichaam: een intuïtieve zekerheid. Maar vanuit de medische biologie is het een gedachte die wetenschappelijk gebaseerd is op drijfzand: een metafoor, om aan te geven dat invoelend vermogen belangrijk is. Intuïtieve gevoelens en de medische wetenschap stemden niet overeen.

Maar stel dat er een grond van waarheid zou zitten in wat velen intuïtief aanvoelen. Stel dat de theorie over het functioneren van het inwendige lichaam inderdaad rammelt. Dan zouden in de theorie zwakke plekken moeten zitten, aanknopingspunten voor een andere interpretatie van bekende feiten. Dat vormde de start van een jarenlange speurtocht, waar uiteindelijk dit boek uit is ontstaan.

I. Op zoek naar zwakke plekken

Of het nu om filosofische standpunten, de ideeën vanuit psychologische stromingen, of de beleving binnen de samenleving gaat: telkens loopt men stuk op de biologie van het lichaam. Vrijwel iedereen gaat er als vanzelfsprekend van uit dat de biologie wel zal kloppen. Dat vormt de gouden standaard waaraan nieuwe ideeën getoetst dienen te worden. De medische biologie en de neurobiologie vormen samen een hecht doortimmerd wetenschappelijk bouwwerk. Een bouwwerk dat is gebaseerd op vele tienduizenden wetenschappelijke publicaties en kastplanken vol hand- en studieboeken.

Waar vrijwel niemand van uitgaat, is dat zwakke plekken nu juist daar zouden kunnen zitten waar je ze het minst vermoedt: in dat biologische lichaamsbeeld. Maar als het vanuit een meer levensbeschouwelijke benadering maar steeds niet lukt om aansluiting bij het biologische lichaamsbeeld te vinden, zou je ook kunnen toetsen of dat biologische lichaamsbeeld wel klopt. Daar ben ik toen mee aan de slag gegaan.

LOSLATEN VAN DE GOUDEN STANDAARD

Als een wetenschappelijke detective ben ik op zoek gegaan naar zwakke plekken in de bestaande wetenschappelijke literatuur. Wat het niet makkelijk maakte, was dat bij het huidige lichaamsbeeld wetenschappelijk vrijwel alles tot op de draad lijkt te zijn uitgeplozen. Op zoek naar zwakke plekken viel daar feitelijk geen eer te behalen.

Tot ik me begon te buigen over dat lichaamsbeeld zelf, het referentiekader waar iedere wetenschappelijke onderzoeker als vanzelfsprekend van uitgaat. Tot mijn verbazing bleek dat wel mogelijkheden te bieden. Het huidige lichaamsbeeld gaat uit van een hiërarchische organisatie, met de hersenen aan de top. Maar is die hiërarchie wel overal echt nodig en zinvol?

Waar ze door de jaren heen ontzettend met die hiërarchie geworsteld hebben is bij de zenuwvoorziening van de inwendige organen: het autonome zenuwstelsel. Zouden de inwendige organen niet alleen in naam, maar ook daadwerkelijk autonoom kunnen functioneren? Dus,

ook zonder dat daar vanuit de hersenstam en andere delen van het centrale zenuwstelsel leiding aan gegeven wordt?

Biologische netwerken bleken hier een oplossing voor te bieden. Hiërarchie is in biologische netwerken geen noodzakelijke voorwaarde om te beschrijven hoe een systeem functioneert. Integendeel, de meeste biologische netwerken zijn nu juist niet hiërarchisch georganiseerd. Dat heb ik toen als uitgangspunt genomen om op een andere manier naar het lichaam te kijken. En dat bleek te werken. Door de hiërarchie los te laten kon ik anders redeneren. En ineens werden daardoor een aantal zwakke plekken in het bestaande lichaamsbeeld zichtbaar. *Bingo*. Het huidige hiërarchische lichaamsbeeld, de gouden standaard, kon mogelijk aan het wankelen gebracht worden.

EEN HELE SERIE STRUIKELBLOKKEN

Met het loslaten van een obligate hiërarchie van het lichaam was een groot struikelblok opgeruimd. Maar er volgden veel meer struikelblokken, om moedeloos van te worden. Overigens niet verwonderlijk, want – zoals gezegd – de onderbouwing van het huidige lichaamsbeeld vormt een hecht doortimmerd geheel.

Telkens als ik weer zo'n struikelblok tegenkwam dacht ik in eerste instantie dat dit nu echt 'einde oefening' betekende. Maar dan, na verloop van tijd, als het een 'cold case' was geworden, begon de gedachte dat ik mogelijk toch iets over het hoofd gezien had weer op te spelen. Dan ging ik weer op zoek of er niet ergens een nieuwe opening in de literatuur te bespeuren viel. En ja, dan vond ik na het doornemen van stapels literatuur iedere keer weer een aanknopingspunt om verder te kunnen. Zo heeft het onderzoek zich vele jaren voortgesleept. Tot ik uiteindelijk de zaak zo ongeveer rond had en met het schrijven van dit boek kon beginnen.

Op twee van de grootste struikelblokken die volgden nadat ik het hiërarchische lichaamsbeeld had losgelaten ga ik hier wat dieper in.

EEN EERSTE STRUIKELBLOK: ZIJN AUTONOME ZENUWVEZELS ALLEEN MOTORISCH?

Mijn stelling was dat de ingewanden samen met het autonome zenuwstelsel zelfstandig kunnen functioneren als een biologisch netwerk, onafhankelijk van de hersenstam. Het eerste en bij nader inzien grootste struikelblok was dat de bestaande theorie leert dat dit niet mogelijk is. Waarom was dat niet mogelijk? De redenering is als volgt.

De autonome zenuwcellen buiten het centrale zenuwstelsel zijn motorisch, ze geven signalen af aan de ingewanden. Dat was al meer dan een eeuw bekend. En de sensibele zenuwen, die informatie vanuit de ingewanden – de andere kant op – doorsturen, geven hun signalen niet af aan die autonome zenuwcellen, maar aan de hersenstam. In de terugkoppeling tussen motorische output en sensibele input kon de hersenstam er dus niet tussenuit.

Het heeft tijden geduurd voor ik me die ene, verlossende vraag begon te stellen: wie heeft eigenlijk ooit bewezen dat die autonome zenuwvezels zelf niet in staat zijn om signalen beide kanten op door te geven? Dat ze dus niet alleen motorisch, maar ook sensibel zijn? Niemand, zo bleek. Integendeel, er bleek vrij veel ‘circumstantial evidence’ te zijn dat ze wel degelijk ook sensibele signalen kunnen doorgeven.

Ging ik daar van uit, dan bleken vrijwel alle problemen in de bestaande theorie als sneeuw voor de zon te verdwijnen. En alsof dat al niet genoeg was, kwam uit dat biologische netwerk van de ingewanden een groot netwerkbrein tevoorschijn. Het lag voor de hand dat in zo’n brein een aantal psychische functies aanwezig was, net als in de hersenen. *Bingo*. Het innerlijk – al onze gevoelens, stemmingen en emoties – zou inderdaad een functie van het inwendige lichaam kunnen zijn.

EEN TWEDE STRUIKELBLOK: KRIJGT HET INWENDIGE LICHAAM ZINTUIGLIJKE INPUT?

Mijn stelling was dat het inwendige lichaam als een zelfregulerend netwerk zintuigsignalen zou dienen op te vangen, onafhankelijk van de hersenschors, om deze te kunnen bewerken en doorsturen naar de

hersenschors. Dat vormde een groot struikelblok. Getoetst aan huidige inzichten leek dat ook erg onwaarschijnlijk. Over een directe verbinding tussen de zintuigen en het inwendige lichaam was niets bekend. Zonder 'circumstantial evidence' om dat aannemelijk te maken zou dat op een slag in de lucht lijken.

Het heeft wederom tijden geduurd voor het me opviel dat de bovenste heuveltjes in het dak van de middenhersenen opvallend constant aanwezig gebleven waren als restanten van de primaire visuele centra bij vissen, reptielen en amfibieën. En dat, terwijl de functie van zenuwcellen in die heuveltjes volgens de huidige inzichten alleen maar zou zijn om een drietal oogspiertjes te innervieren, spiertjes die actief zijn bij automatische oogbewegingen.

Het zette me aan het denken. Alles wat zich automatisch en autonoom aan de mens voltrekt was nog in de hersenstam en de ingewanden aanwezig, precies zoals bij lagere gewervelde dieren. Dan zou het dus ook zeer wel mogelijk zijn dat zintuigsignalen via die heuveltjes niet alleen dienden voor automatische oogbewegingen, maar ook voor alle overige delen van het lichaam die automatisch en autonoom functioneren. Vanuit de neuroanatomie bleek deze aanname geen problemen op te leveren. Alleen, niemand was nog op het idee gekomen om dit te onderzoeken. Dus wederom: *bingo*. Het innerlijk zou inderdaad zintuigsignalen kunnen ontvangen, om die te bewerken en het resultaat door te geven aan de rest van het lichaam.

II. Een nieuw licht op filosofische vraagstukken

Toen de struikelblokken in de biologie van het lichaam waren opgeruimd, stond het nieuwe lichaamsbeeld zo op het oog theoretisch al redelijk in de steigers. Het inwendige lichaam kon nu ook signalen uit de buitenwereld opvangen, net als de hersenschors. Het innerlijk van de mens kon nu omschreven worden als de bijdragen die de netwerken van de ingewanden leveren aan psychische functies. Het lichaam bleek dus inderdaad belangrijke bijdragen aan het functioneren van de geest te kunnen leveren. Dankbaar had ik van filosofische standpunten uit

de fenomenologie en de wetenschapsfilosofie gebruik gemaakt om biologische problemen op te lossen.

Vervolgens begon het me langzaam te dagen dat ik hiermee waarschijnlijk ook de mogelijkheid kreeg om met andere ogen naar enkele grote filosofische vraagstukken te kijken. Nog verder doorgaan of hier nu maar stoppen? Ik besloot door te gaan en heropende het onderzoek.

EEN FILOSOFISCH STRUIKELBLOK: SUBJECTIVITEIT

Als de buitenwereld niet alleen via de hersenschors maar ook via de ingewanden het lichaam binnenkomt, zou dat ook consequenties kunnen hebben voor de filosofische dialoog over het begrip subjectiviteit, een groot struikelblok binnen de bewustzijnsfilosofie. Binnen de filosofie worden de begrippen subjectiviteit en bewustzijn meestal onderzocht vanuit een antropocentrisch referentiekader. Daar had ik bij andere filosofische onderwerpen al een benadering vanuit de evolutionaire ontwikkeling tegenover gesteld. Dat zou bij deze onderwerpen dus ook moeten kunnen.

Wat hier ten diepste lijkt te spelen is een verschil in waarneming tussen de mens en eenvoudiger levensvormen. Wat de mens zich normaal niet pleegt te realiseren is dat de buitenwereld, behalve dat je ernaar kunt kijken of luisteren, ook via een achterdeur het lichaam binnenkomt. Die achterdeur is het innerlijk. Het innerlijk, in feite het hele lichaam, past zich automatisch aan de situatie in de omgeving aan, nog net zo als bij eenvoudige levensvormen.

Wat je daar als mens bewust van meekrijgt is het topje van een ijsberg aan automatische innerlijke reacties. Dat topje bestaat uit gevoelens, stemmingen en emoties. Zaken die subjectief zijn en zich automatisch aan je voltrekken. Maar als dat zo werkt, kan subjectiviteit niet langer als een eigenschap van de hersenen of van de geest beschreven worden: het is een eigenschap van het lichaam. En daarmee zou dan ook een van de grootste struikelblokken binnen de bewustzijnsfilosofie opgeruimd kunnen worden. Opnieuw: *bingo*. Voorgaande versies van het onderzoek konden in de prullenbak. Deze nieuwe inzichten heb ik in het hele boek verwerkt en in het laatste hoofdstuk verder uitgediept.

III. Wat kun je met de theorie?

Hoe interessant ook, velen beginnen zich pas te realiseren wat de resultaten van zo'n onderzoek betekenen als duidelijk wordt wat de praktische consequenties ervan zijn. Die consequenties kunnen vrij ingrijpend zijn als je het bestaande lichaams- en mensbeeld omver haalt en daarvoor nieuwe beelden neerzet. Die consequenties hebben betrekking op huidige standpunten binnen de biologie, de evolutieleer, de geneeskunde, de psychologie en de filosofie. Maar ook op het lichaams- en zelfbeeld van vrijwel iedereen in de huidige Westerse samenleving. Waar velen al intuïtief van uitgingen krijgt met dit boek een theoretische onderbouwing. Dat was het laatste dat ik nog aan het onderzoek moest toevoegen, om het af te ronden. In hoofdstuk acht, het laatste hoofdstuk dat ik schreef, heb ik daar een aanzet voor gegeven.

Warming up

Een overzicht van de inhoud

In dit boek ben ik op zoek naar mogelijkheden om het lichaam op een nieuwe manier te beschrijven. Op een manier zoals iedereen dat dagelijks aan zichzelf beleeft. Honger, dorst of een volle blaas hebben een direct effect op je humeur of je concentratievermogen. Tijdens de menstruatie zit je anders in je vel dan daarbuiten. Emoties komen uit je lichaam omhoog; dat kun je voelen. Door te sporten kun je psychisch vaak beter functioneren.

Het zijn voorbeelden om aan te geven dat het functioneren van lichaam en geest in het dagelijks leven op een heel directe manier met elkaar verbonden zijn. De wisselwerking tussen lichaam en geest lijkt regelmatig zó groot dat het de vraag is of beide wel te scheiden zijn. Beide lijken veel dynamischer met elkaar verbonden te zijn dan in ieder geval de wetenschap tot nu toe aanneemt: wij lijken evenzeer ons lichaam als ons brein te zijn.

In dit boek zoek ik het antwoord op de vraag of de huidige wetenschappelijke aannames juist zijn, als het gaat om de wijze waarop ons lichaam en brein ten opzichte van elkaar functioneren. Dit vergt een andere manier van kijken dan tot nu toe in de menswetenschappen gebruikelijk is. De huidige blik is gebaseerd op de anatomie of ontleedkunde. Op de snijzaal ontleden studenten het lichaam. Bij ieder weefsel of orgaan vragen ze zich af waar dat voor dient en welke functie dat heeft. Zo krijgen ze inzicht in de relatie tussen vorm (de anatomie) en functie (de fysiologie). Zo heb ik ook als anatoom en vervolgens als hoogleraar pathologie studenten naar het lichaam leren kijken.

Maar ook toen al vond ik dit niet altijd bevredigend. Vooral de idee dat dit lichaam hiërarchisch functioneert, met de hersenen aan de top,

riep vragen bij mij op. Vragen die het begin waren van een wetenschappelijke zoektocht waarvan dit boek het voorlopige eindpunt is. De conclusie van deze zoektocht is dat er veel geest in ons inwendige lichaam zit. De systeembioïogie bood me de basis die ik nodig had om tot deze conclusie te kunnen komen.

I. De basis

De anatoom kijkt, zoals gezegd, naar vorm en functie van weefsels en organen. Maar er is ook een andere manier van kijken. Daarbij ga je niet uit van de anatomie, maar van de systeembioïogie. De centrale gedachte daarbij is dat alles via biologische netwerken met alles verbonden is. Alle processen in het lichaam hangen met elkaar samen en zijn op elkaar afgestemd. Dat geldt aan de basis, voor iedere cel, en vervolgens voor ieder weefsel, ieder orgaan en ook voor het lichaam als geheel. Het lichaam bouwt zich vanaf de basis op en alle onderdelen worden bij elkaar gehouden door relatienetwerken.

Het verschil met de anatomie is dat deze uitgaat van de ontleding van het lichaam in onderdelen waarop aan ieder onderdeel een functie wordt toegekend. De systeembioïogie start aan de basis, bij de functies van cellen, kijkt hoe die functies met elkaar samenhangen, hoe de functie de vorm bepaalt en hoe vorm en functie zich van daaruit opbouwen tot het lichaam als geheel.

EVOLUTIE

De biologische en psychische functies van de mens zijn niet uit de lucht komen vallen: ze hebben een lange voorgeschiedenis in de evolutiebiologie. Uitgaande van eencelligen als basis ligt de vraag voor de hand hoe de functies van het lichaam zich tijdens de evolutie, vanaf de start van leven, ontwikkeld hebben. Daarbij gaat het niet alleen over biologische functies, zoals de functies van het hart of de darmen, maar met name ook over functies die we psychisch noemen, zoals geheugen en bewustzijn. Wat is daarvan al aanwezig bij eencellige organismen, waar alle meercellige levensvormen zoals de mens uit zijn voortgekomen?

Was er al geheugen toen er nog geen hersenen waren? Hoe weet een weekdier of er gevaar in de omgeving aanwezig is, of iets eetbaars, of een mogelijkheid om zich voort te planten? En vooral, wat is daarvan al aanwezig bij de bevruchte eikel, waarmee ieders eigen leven is gestart? Zo kun je allerlei ingewikkelde psychische functies van de mens, zoals bijvoorbeeld bewustzijn, onderzoeken en nagaan hoe die zich tijdens de evolutie uit primitieve voorstadia hebben ontwikkeld.

BIOLOGISCHE NETWERKEN

Het bijzondere van biologische netwerken is, dat ze naast gewone biologische functies ook functies hebben die je 'psychisch' zou kunnen noemen. Ze hebben bijvoorbeeld een geheugen, kunnen leren en zich aanpassen aan veranderingen. Die functies zitten niet op een speciale plaats: het hele netwerk past zich aan, herschikt zich als geheel, als er in de omgeving iets verandert.

Ongewervelde dieren, zoals een zeeslak of een inktvis, hebben geen hersenen en geen centraal zenuwstelsel, maar reageren wel op hun omgeving. En wat ik wil benadrukken: ze doen dat met hun héle lichaam. De vigerende idee is dat ze zich aan hun omgeving aanpassen dankzij de groepjes zenuwcellen waarover ze beschikken. De systeembioïogie leert echter dat aanpassing een proces is van het hele lichaam als biologisch netwerk.

DE FUNCTIE VAN ZENUWCELLEN

De groepjes zenuwcellen krijgen daarmee een meer beperkte functie. Het zijn geen centra voor regulering en controle, maar enkel voor het doorgeven van berichten tussen de delen van het lichaam. In beeldspraak: het zijn geen CEO's die het concern managen, maar veeleer telefonisten die de mensen die binnen het concern werkzaam zijn met elkaar verbinden.

Dat betekent dat die groepjes zenuwcellen geen leidinggevende functie hebben, zoals tot nog toe gedacht, maar een 'dienstverlenende', logistieke taak. De bijna automatische aanname dat zenuwcellen hoger op de hiërarchische ladder staan dan andere soorten cellen klopt dan niet