

Toewending en herinnering, gezien tegen de achtergrond van enige elementaire levensprocessen*

door Prof. Dr J. Kloek**

Wij kunnen het kind, dat weten wil hoe en wat, vertellen dat de babietjes uit de buik van de moeder komen. Het kind is tevreden gesteld, maar niet voor lang. We kunnen het dan vertellen over eicellen en zaaddiertjes, en wat er gebeuren moet. Het kind is tevreden gesteld, het is bij. Maar als het verder zou gaan vragen, omdat het terecht beseft dat het nog steeds niet weet waar de babietjes vandaan komen? Er komt een moment dat de grote mensen uitgepraat zijn.

De mens heeft zich sedert de grijze oudheid afgevraagd hoe het leven op aarde tot stand gekomen is. In de Veda's, de heilige boeken omtrent het weten van de Brahmanen, kan men vinden dat het ontstaan is uit de elementen, in de oceanen. Omstreeks 350 jaar v. Chr. heeft Aristoteles het begrip *generatio spontanea* in de wereld gebracht; men had immers waargenomen dat vuurvliegjes ontstaan uit de morgendauw, en andere diertjes uit het slijm van de zee. Met deze opvatting heeft het westerse denken tot ruim een eeuw geleden genoeg genomen; toen, in een beroemde rede van 1864, heeft Pasteur haar om hals gebracht, definitief naar men meende. Leven kon slechts uit leven voortkomen.

Het is begrijpelijk dat het kind in ons met deze verklaring niet lang tevreden heeft kunnen zijn: hoe is het *eerste* levende wezen op aarde dan ontstaan? Een tijdlang hebben theorieën over weerstandskrachtige sporen, van andere planeten tot ons gekomen op de stralingsdruk van het zonlicht, een zwak bestaan geleid. Het zijn denkbeelden zonder fantasie, zonder overtuigingskracht; ze verplaatsen een probleem zonder iets op te lossen. Sedert een jaar of 50 zijn er gedachten geopperd en experimenten verricht, die de conceptie '*generatio spontanea*' weer nieuw leven hebben ingeblazen; daaraan zijn vooral de namen Oparin, Haldane, Bernal en Miller verbonden, en zij zijn zonder het te weten voortgegaan op ideeën die Darwin al, in een brief die hij aan een vriend schreef, geformuleerd had. Het werk waarop ik doel kan worden samengevat onder het hoofd '*chemische evolutie*'; het is,

* Voordracht, gehouden op de jaarvergadering van de Ned Ver. voor Psychiatrie op 14 december 1974 te Utrecht.

** Zenuwarts.

ofschoon in allerlei opzicht nog pril, uiterst fascinerend en m.i. vol van latente overtuigingskracht. Van de inhoud, die het begrip *generatio spontanea* sedert Aristoteles zolang gehad heeft, is uiteraard niets overgebleven. Ik meen dat deze materie van belang is voor de psychologie en de psychiatrie, en hoop dat ik er in slagen zal om u, in de korte tijd die voor een voordracht beschikbaar is, daarvan enigszins te overtuigen.

Mij interesseert sedert mijn studententijd de biohistorie. Mij houdt sedert de jaren, toen ik als assistent in Santpoort omringd was door schizofrenen, de problematiek van de toewending bezig. Dat schizofrenie met toewendingsstoornissen gepaard gaat, is duidelijk; termen als autisme, apathie, Mangel an Antrieb geven daaraan uitdrukking. Toewending is een zeer ingewikkelde aangelegenheid, zeker als men in het toewendingsvermogen, of onvermogen, van de *mens* zijn uitgangspunt zoekt voor bestudering met behulp van, grof aangeduid, natuurwetenschappelijke categorieën. Onze verwachtingen omtrent therapeutische hulpverlening aan schizofrenen bewogen zich halverwege de jaren '30 op twee sporen, die elk hun eigen loop hadden: enerzijds het spoor van natuurwetenschappelijk gefundeerde hulpverlening, vol trial and error, getuige bv. de insuline- en shockbehandelingen, anderzijds dat van een psychotherapeutisch gefundeerde hulpverlening, die in wetenschappelijke zin nog ternauwernood gestalte had gekregen. Ik heb in die jaren geprobeerd om, in het kader van mijn belangstelling voor biohistorie, voor de bestudering van toewending aanknopingspunten te vinden bij levensvormen, veel vroeger dan de mens op aarde tot stand gekomen; dat heeft o.a. geleid tot mijn belangstelling voor de reuk. Wat later in diezelfde fase, omstreeks 1945, ben ik zeer sterk getroffen door het verschijnsel 'fototropisme' bij planten. Een plant wendt zich in allerlei opzicht tot het licht; in dat toewendingsproces neemt een eenvoudige chemische stof een sleutelpositie in, het indolazijnzuur. Ofschoon het zeer de vraag leek of toewendingsprocessen van planten met die van dieren vergeleken mochten worden, kon ik de gedachte aan zo'n verband moeilijk van mij afzetten; indolcomponenten, wisten we toen al, spelen een rol op een breed terrein van het dierlijke leven, met name waar het verschijnselen geldt als toewending en afwending, zich openstellen vóór en zich afsluiten van. Ik wijs, in het verband van deze voordracht alleen maar zeer terloops, op de expansie en contractie van melanoforen in de huid van vele dieren, gewervelde en ongewervelde. Van omstreeks 1950 af nu hebben de ontwikkelingen in de neuro-fysiologie en de psychofarmacologie enerzijds, en die in de psychodiagnostiek en de psychotherapie anderzijds, in mijn denken een dichotomie tot stand gebracht waar ik lange tijd niet goed raad mee wist. Wat het eerste betreft: sedert 1949 weten we dat de *formatio reticularis* van de hersenstam op een voordien onbekende wijze de hersenschors activeert; dat heeft te maken met

waakzaamheid, toewending. Veel beter dan tevoren begrijpen wij nu hoe afzonderlijke prikkels, waar dan ook in het lichaam toegebracht, de hele schors in een toestand van waakzaamheid kunnen brengen. Verder werd het ons duidelijk dat verschillende aan planten ontleende stoffen die óf de volledige indolkern bevatten (ergotamine, reserpine, psilocybine) óf een bijna-volledige indolkern (mescaline), een opvallend sterke invloed op het psychisch leven hebben; dit in overeenstemming met de spectaculaire effecten van het aan ergotamine nauw verwante LSD. Daar komt dan nog bij dat de substantia reticularis zelf een actieve indol-component, serotonine, bleek te maken. En in de jaren '60 volgde de herontdekking van de epifyse, als een orgaan dat niet alleen uiterst rijk bleek aan serotonine, maar dat bovendien een hormoon produceert met een indolkern, het melatonine, sterk betrokken bij de regulatie van de contractietoestand der melanoforen. Mijn vermoeden omtrent verband tussen deze stoffen en het indolazijnzuur, dat bij planten bemiddelend optreedt tussen perceptie van en toewending tot licht, werd versterkt door het gegeven dat de epifyse al gedurende een zeer lange periode van de biohistorie in dienst staat van de lichtperceptie. De genoemde bevindingen hebben, zoals u weet, op psychiatrisch terrein van alles in beweging gebracht; dat andere belangrijke stoffen, in 't bijzonder de catecholaminen, bij dit alles betrokken zijn hoef ik u nauwelijks te zeggen.

Terwijl nu neurofysiologie en psychofarmacologie een zekere bevestiging leken te geven aan mijn op het oog wat bizarre denkbeeld omtrent indolazijnzuur als een centrale stof in de biohistorie van de toewending, trok tegelijkertijd de ontwikkeling in de psychiatrie mij een kant uit waar ik, juist in verband met dat denkbeeld, aanvankelijk helemaal niet graag heen wilde. Ik doel hier op het feit dat wij na de oorlog langzamerhand wel tot het besef moesten komen dat de ernstige toewendingsstoornissen bij schizofrenie, veel meer dan wij tot dan toe voor mogelijk hadden gehouden, in verband konden staan met de levensgeschiedenis. Iemand die, zoals vele psychiaters van mijn leeftijd, jaren lang in de wat vage overtuiging geleefd had dat schizofrenie een hoofdzakelijk in de constitutie, in het stoffelijk substraat verankerde aandoening was, moést, met een hem fascinerend denkbeeld daaromtrent in het achterhoofd, wel moeilijkheden krijgen met opvattingen als die uit de school van Sullivan. Die moeilijkheden werden er voor ons niet geringer op, naarmate een groeiende ervaring met patienten ons deed beseffen hoeveel doorzichtiger het probleem van de schizofrenie er in het licht van de nieuwere opvattingen begon uit te zien. Vele psychiaters van de generatie die veertig jaar geleden aantrad hebben pas geleidelijkweg houvast gekregen aan het op zichzelf nogal plausibele gegeven, dat factoren, in de constitutie verankerd en invloeden, aan het milieu gebonden, elkaar geenszins uitsluiten, integendeel in wezen met elkaar verbonden zijn. Of de huidige jonge gene-

ratie dit besef al volledig geïncorporeerd heeft, valt mijns inziens te betwijfelen. Staat u mij toe, het door mij veronderstelde verband tussen toewendingsstoornissen van mensen en die van planten even in een onzinnig-klinkende vraag tot uitdrukking te brengen: zou een plant schizofreen kunnen zijn?

Merkwaardigerwijze zijn het niet de oudere opvattingen, maar veeleer de nieuwere, die een mogelijkheid bieden om op deze vraag een bevestigend antwoord te geven. Zien wij, met oudere schrijvers, denkstoornissen, hallucinaties of stereotypieën als essentiële symptomen van schizofrenie, dan kunnen we slechts ontkennend antwoorden. Zien we, met een veel moderner schrijver als Arieti, de centrale factor in „an extremely severe state of anxiety, originated in childhood and reactivated in later life”, dan blijft weliswaar het antwoord ontkennend — maar zodra we de essentie van deze conceptie iets ruimer formuleren, ontstaat de opening die wij even tevoren nog onmogelijk geacht hadden. Het gaat hier namelijk om een biologisch diep-gefundeerde behoefte, die van het individu aan een optimaal contact met zijn milieu: zijn er, in de vroege stadia van een mensenleven, zeer ernstige belemmeringen geweest in de vervulling van deze elementaire behoefte, dan kan het gevolg zijn dat in de latere bestaansfasen de toewendingsdrang, nodig om in de desbetreffende behoefte te voorzien, meer en meer te kort schiet. Hetzelfde geldt voor een plant. De behoefte van een plant aan een optimaal contact met zijn milieu komt verreweg het duidelijkst tot uitdrukking in zijn relatie tot het licht. Een plant, in zijn prilste jeugd ernstig gefrustreerd in zijn behoefte aan licht, ontwikkelt zich tot een bleek, hoog opschietend miezertje dat met hangend kopje tevergeefs zoekt wat het nodig heeft, en er niet toe komt de hiervoor zo hoog nodige blaadjes te ontplooien. Men spreekt van geëtioloerde planten; een geëtioloerd plantje mist weldra alle toewendingsvermogen, op grond van een ernstig tekort aan datgene waartoe het zich krachtens een elementaire behoefte moet kunnen wenden.

Ik laat nu de term schizofrenie, immers een vlag die een zeer onduidelijke lading dekt, graag vallen; er blijft, ook als wij ons van dit verouderende diagnostische trefwoord losmaken, in de gemaakte vergelijking nog een ander punt over dat terdege onze aandacht verdient. De toewending van een plant tot het licht komt tot stand door bemiddeling van indolazijnzuur; toewendingsstoornissen zouden, behalve door een tekort in het milieu (te weinig licht) ook veroorzaakt kunnen worden door een tekort aan deze essentiële stof. Men kan in dit verband aan erfelijke afwijkingen denken; wie dit doet maakt niet zomaar een willekeurige gedachtesprong. Immers, indolazijnzuur wordt, evenals tryptamine, serotonine en melatonine in het organisme uit tryptophaan gemaakt; en wij weten dat het genetisch onderzoek, of het nu de bananenvlieg *Drosophila*, het schimmeltje *Neurospora* of de mens betreft, regelmatig stuit op erfelijke afwijkingen die ver-

band houden met de tryptophaanstofwisseling. Tryptophaan deelt deze eigenschap met het andere aromatische aminozuur, phenylalanine, de moederstof van o.a. dopa, dopamine en de catecholaminen.

Ik heb u zostraks iets gezegd over een dichotomie in mijn denken. De daaruit voortspruitende moeilijkheden hebben mij er niet toe kunnen brengen om mijn belangstelling voor de biohistorie te laten schieten; wel ben ik er, door met de nieuwere inzichten in de psychiatrie terdege rekening te houden, toe gekomen om het verschijnsel toewending niet langer te behandelen als een op zichzelf staande grootheid, maar het te bestuderen in zijn nauwe verbondenheid met de herinnering. Laten we eens uitgaan van de toestand bij de mens. Ik meen dat wij het verband tussen toewending en herinnering hier in de volgende vier punten vast kunnen leggen:

1 — Wij bezitten bij onze geboorte, op grond van een voorafgaande structurering van de materie waaruit wij bestaan, een omgrenzing die ons tegelijkertijd van de Umwelt afsluit en voor invloeden uit de Umwelt open doet liggen, en tevens het *vermogen* om ons, actief, open te stellen voor invloeden uit de Umwelt, ons te *wenden tot* de Umwelt.

2 — Wij bezitten het vermogen, nog slechts potentieel aanwezig bij onze geboorte en pas daarna instaat zicht te gaan realiseren, om dingen uit de Umwelt in ons op te nemen en vast te houden, te verinnerlijken. De aanduiding 'dingen' is de meest globale en triviale voor de veelheid van signalen, constellaties, gebeurtenissen, alle tezamen in ons vertegenwoordigend de Umwelt. *De Umwelt?* nee, nooit *de Umwelt*; slechts datgene wat in *ons* verleden als *onze Umwelt* in *ons* gestalte aannam. Veel minder dus dan *de Umwelt*, en tegelijkertijd meer. Want terwijl *de Umwelt* voor ons nooit iets anders kan zijn dan iets van het ogenblik, een doorsnee op één moment in de tijd, ligt de verinnerlijkte Umwelt in onze stoffelijke organisatie verankerd op zodanige wijze dat daarin tijd, duur en opeenvolging op een geheel eigen wijze een continuum zijn gaan vormen.

3 — Wij beschikken over het vermogen om de verinnerlijkte Umwelt in dienst te stellen van de toewending. In de eerste plaats toewending tot de Umwelt van het *nu*; wij zijn daarin niet geheel en al gebonden aan de constellatie van het moment. De herinnering, het verinnerlijkte bepaalt mee hoe in het nu onze toewending zal zijn; zij verschaft ons een zekere mate van *autonomie*. In de tweede plaats bepaalt zij mede hoe onze toewending zal zijn in de toekomst; zij verschaft ons inzake onze toewending tot de Umwelt van straks een zeker vermogen tot *zelfbepaling*.

4 — Zonder ordening in tijd is menselijk herinneringsvermogen ondenkbaar. Als datgene wat wij als gesproken taal verinnerlijkt hebben niet geordend was in duur, opeenvolging, dan zou onze herinnering aan het gesprokene hoogstens een vormeloze

brei van klanken zijn. Hetzelfde geldt onze visuele herinneringswereld: zonder ordening in tijd zou die zijn als een film, verknipt in evenveel stukjes als ze beeldjes bevat, en vervolgens op volstrekt willekeurige wijze weer aaneengelijmd; een chaos van visuele indrukken, meer niet.

Wat is nu herinnering, wat is datgene dat wij door middel van onze zintuigen verinnerlijken? Niet iets stoffelijks, in ieder geval; iets onstoffelijks, en desondanks iets dat aan de materie waaruit wij bestaan wordt toegevoegd. Wij ontkomen niet aan de conclusie dat het moet zijn: een *verandering in progressieve zin in die materie*, een veranderde rangschikking, een rearrangement dat afgeroepen kan worden ten behoeve van toewending en zich desondanks na elke afroep opnieuw constitueert. Hoe moeten wij ons dit alles voorstellen? Pribram, neurochirurg van origine, sedert jaren bovendien vooraanstaand leider op het terrein van neurofysiologisch en neuropsychologisch onderzoek in de V.S., heeft belangrijk werk verricht inzake verinnerlijgingsprocessen in de visuele sfeer. Hij combineert neurochirurgische ervaringen, bij mensen opgedaan, met de resultaten van proefnemingen op apen; zijn belangrijkste conclusie luidt ongeveer aldus, dat elk detail van een beeld uit de visuele Umwelt na verinnerlijking voortaan zijn representatie heeft in elke cel van de visuele cortex en ook nog ver daarbuiten, o.a. in de hersenstam. Met andere woorden: een visuele impressie wordt in principe in een groot aantal cellen *afzonderlijk* verinnerlijkt, en kan vanuit vele kleine gebieden *afzonderlijk* afgeroepen worden.

Deze voorstelling van zaken, die met de klassieke fysiologie onmogelijk in overeenstemming gebracht kan worden, en misschien een aantal ouderen onder ons weinig aanspreekt, is voor technisch goed geïnformeerde mensen heel wat gemakkelijker te assimileren, namelijk wanneer ze haar in verband brengen met het procédé van de holografie. Iedere fotografische weergave, tot stand gebracht onder gebruikmaking van lenzen, heeft te kampen met de moeilijkheden die door chromatische aberratie ontstaan. Met behulp van laserstralen, dat wil zeggen door versterking van monochromatische electromagnetische straling, kan men zonder lenzen reproducties van de visuele realiteit tot stand brengen waarbij in elk punt van de foto, het hologram, het hele gefotografeerde object zijn representatie heeft. Zulke hologrammen zeggen ons niets zolang wij ze bekijken zonder gebruik te maken van technische hulpmiddelen; met behulp daarvan echter krijgen we beelden te zien die in allerlei opzicht die van de ons vertrouwde fotografie met lenzen overtreffen. Pribram zegt natuurlijk niet dat de verinnerlijkte beelden van de visuele Umwelt, die wij in ons omdragen, hologrammen *zijn*; hij wijst er slechts op dat het organisme zeker in staat geacht kan worden om in dezen datgene tot stand te brengen wat de techniek tot stand brengt, en dat vergelijking met het hologram ons dingen doet begrijpen die met

de klassieke opvattingen onverenigbaar zijn; bijvoorbeeld dat men bij proefdieren enorme laesies in de verbindingsbanen tussen retina en cortex tot stand kan brengen zonder dat het vermogen tot herkenning van ingewikkelde visuele structuren daardoor verloren gaat.

Ik ben op deze materie wat dieper ingegaan, o.a. omdat ik meen dat het begrip 'hologram' ons beter doet begrijpen hoe, in de diepe lagen van het bestaan waarin het leven zijn oorsprong heeft gehad, het verband tussen herinnering en toewending geweest kan zijn. Toewending en herinnering zijn gebonden aan signalen. Teneinde greep te krijgen op hun onderling verband, dienen wij ons allereerst te realiseren dat dit een zeer lange geschiedenis heeft gehad. Zelfs al in het tijdperk, onmiddellijk voorafgaande aan dat van de moderne techniek waarin wij nu leven, is de verscheidenheid van signalen enorm veel minder groot geweest dan nu. Gaan wij iets verder terug, dan verdwijnt weldra alle verscheidenheid die gebonden is aan het bestaan van schriftelijke communicatiemiddelen; nog weer wat verder, en ook de gesproken menselijke taal als instrument van signaalgeving valt uit. Een veel grotere stap terug, ongeveer 500 miljoen jaar, brengt ons bij de bestaansfase waarin allerlei signalen, organismen met andere organismen verbindend door middel van het medium lucht, wegvallen; van nu af tot aan de oorsprong van het leven is onderlinge communicatie gebonden aan signalen die door het water hun weg moeten zoeken, met alle daaraan gebonden beperkingen.

Nog eens weer 500 miljoen jaar terug. Hoe moeten wij ons het verband van toewending en herinnering voorstellen in een wereld van gesteenten en bewegende watermassa's, met in dat water geen ander leven dan dat van bacteriën, algen, en, misschien, een begin van fungi, zeer kleine sponzen, raderdiertjes en dergelijke? Er moet in die fase al wel onderlinge toewending geweest zijn; wij hebben bijvoorbeeld alle reden om aan te nemen dat al in een heel vroeg stadium communicatie door middel van lichtsignalen heeft plaatsgevonden, biologische luminescentie. Ook weten wij dat zeer primitieve organismen al organellen bezeten hebben die actieve beweging mogelijk maakten, zoals zweepdraden. Maar is er ook al *herinnering* geweest?

U zoudt zich kunnen afvragen of het nu werkelijk zin heeft dat wij psychiaters ons met dergelijke zaken bezig houden. Ik voor mij ben van mening dat dit wel degelijk zin heeft; dat bezinning op de aard van het psychische leven daar nadrukkelijk om vraagt. Bezinning op de, in een zeer langdurig ontwikkelingsproces tot stand gekomen, samenhang tussen toewending en herinnering doet ons beseffen dat de factor '*energie*' hier een grote betekenis moet hebben gehad; deze overweging brengt ons weer terug bij de planten. Alle toewending is gebonden aan energie; om tot toewending in staat te zijn, moet een organisme over calorieën kunnen beschikken. Geen enkel organisme bezit in zichzelf ande-

re energie dan die welke het, bij zijn totstandkoming uit een ouderlijk organisme, van dit laatste heeft meegekregen. Maar als wij afdalen in de tijd, stuit ons denken op vragen die met het niet-meer-aanwezig-zijn van ouderlijke organismen samenhangen. Hoe komt het oer-organisme aan de energie, die het ten behoeve van zijn toewending tot energie-bronnen nodig heeft? Men kan doen, alsof deze vraag nog ternauwernood een antwoord behoeft. Iedere 18-jarige die voortgezet onderwijs gevolgd heeft kan immers de vinger opsteken: dieren ontleen hun energie aan planten, planten ontleen hun energie aan het zonlicht. Mogen we maar niet aannemen dat vragen, daar nog weer aan voorafgaand, gelegen zijn buiten het terrein dat de psychiater aangaat? Ik meen van niet. Ook een plant moet zich inspannen om aan de kost te komen, hetgeen o.a. impliceert: aan stengels en bladeren een zodanige stand geven dat er een optimale verhouding tot het licht ontstaat. Dit toewendingsproces gaat even goed vooraf aan de energieverwerving als, in het dierlijke leven, de inspanning die nodig is om bv. een prooi te bemachtigen. Nu hebben we in het voorafgaande gesteld: bij een dier is toewending altijd mede gebonden aan herinnering. Slechts één stapje verder, en we zijn bij vragen als: is dit ook zo bij planten? hebben planten dan herinnering? en: is dit een aangelegenheid die voor psychiaters relevant kan blijken? Ik meen dat er overeenkomsten bestaan tussen de wijze waarop planten hun energie verwerven en, anderzijds, die waarop dierlijke organismen aan hun herinneringsmateriaal komen. Indien ik erin zou slagen om aan deze overeenkomst een iets duidelijker gestalte te geven, zou dit er in principe toe kunnen bijdragen om ook mijn veronderstelling omtrent verwantschap tussen plantaardige en dierlijke 'toewendingsstoffen' wat meer geloofwaardig te maken. Welnu, ik zal daartoe thans een poging wagen.

Opzettelijk heb ik in het voorafgaande telkens naast het woord herinnering de aanduiding 'verinnerlijking' geplaatst. Het ging dan steeds om verinnerlijking van datgene wat door middel van de *zintuigen* tot ons komt en dat, als iets van niet-stoffelijke aard, in ons gestalte krijgt: als een hergroepering van de materie waaruit wij bestaan. Maar er is natuurlijk, zowel in het dierlijk als het plantaardig leven, een andere vorm van verinnerlijking, die niet door de term herinnering gedekt wordt: namelijk de verinnerlijking van dingen die wèl van stoffelijke aard zijn: voedsel, zuurstof, en in het leven van de plant vooral ook: koolzuur. Zodra wij nu de notie 'verinnerlijking van energie' invoeren, en stellen dat energieverwerving aan alle toewending vooraf moet gaan, zien wij ons, in de context van de gevolgde redenering voor een merkwaardige vraag geplaatst. Het dier verinnerlijkt de benodigde energie met de materie waarin die energie opgesloten ligt; wij rekenen dit proces, gebonden als het is aan de tractus digestivus, op geen enkel levensniveau tot de werkzaamheden van de geest, en wij verbinden aan de verdere lotgevallen van het ver-

innerlijkte nimmer de notie 'herinnering'. De plant daarentegen verinnerlijkt, in het algemeen gesproken, de benodigde energie door het opnemen van fotonen, lichtquanten, dus: door opneming van iets van niet-stoffelijke aard. De wijze waarop de plant licht verinnerlijkt (en daarmee de energie die zowel planten als dieren tot toewending in staat stelt) is dus zeker niet nauw verwant aan die waarop het dier, via zijn tractus digestivus, voedsel verinnerlijkt; zij is daarentegen wel nauw verwant aan die waarop het dier, via zijn zintuigen, dingen uit zijn Umwelt in onstoffelijke vorm verinnerlijkt en als herinneringsmateriaal opslaat. En vandaar mijn vraag: kunnen wij datgene wat de plant in het fotosynthetisch proces verinnerlijkt, beschouwen als het primordium van datgene wat, veel later in de evolutie, herinneringsmateriaal genoemd wordt? In deze vraag ligt de veronderstelling opgesloten dat verinnerlijking van licht aan alle andere verinnerlijking, of die nu onstoffelijke dan wel stoffelijke 'dingen' betreft, vooraf moet zijn gegaan; anders gezegd: dat verinnerlijking van licht het primordium van *alle* verinnerlijking geweest is.

Laten wij, teneinde wat meer houvast te krijgen aan een voorstel van zaken die ongewoon is, proberen om ons de wereld van weleer voor te stellen, een wereld waarin de verscheidenheid der signalen, en mitsdien ook die van de toewendingsmogelijkheden, nog zeer klein was. Wat blijft er van over als wij houvast zoeken aan het bestaan onder de waterspiegel, in het tijdperk waarin leven uit niet-leven tot stand kwam? Met deze vraag in onze gedachten kunnen wij aanknoping zoeken bij datgene wat in het begin van deze voordracht al even genoemd werd, namelijk: de leer van de chemische evolutie.

Naar hedendaagse opvattingen is de aarde ontstaan door samenballing van interstellair stof; de aardkorst werd gevormd ongeveer 4,5 miljard jaar geleden. Wij zouden de toestand, waarin het toenmalig aardoppervlak met de omringende atmosfeer zich bevond, cum grano salis kunnen aanduiden als een arrangement van de materie, dat aan het veel later tot stand gekomen biologische re-arrangement voorafging. Sedert Haldane daar in 1928 over schreef, en meer nog sedert het in 1924 verschenen boekje van de Russische biochemicus Oparin, over de oorsprong van het leven, in een Engelse vertaling verscheen (1938), heeft de opvatting dat aan de biologische evolutie een chemische evolutie vooraf is gegaan, meer en meer ingang gevonden; en deze beide processen worden geacht in elkaar over te vloeien. Dat men voordien zulk een chemische evolutie voor onmogelijk heeft gehouden, hangt vooral hiermee samen dat men zich een verkeerde voorstelling vormde van de vroege aard-atmosfeer. Men stelde zich deze voor als betrekkelijk rijk aan zuurstof; in zulk een atmosfeer was het ontstaan van organische materie uit anorganische bouwstenen volstrekt onmogelijk, omdat organische moleculen,

onbeschermd door gestructureerd organisch materiaal zoals bijvoorbeeld celwanden, onmiddellijk stuk geoxydeerd zouden worden.

In deze opvatting is sedert ruim een halve eeuw verandering gekomen; men heeft thans zeer goede redenen om aan te nemen dat de oer-atmosfeer uiterst arm aan zuurstof is geweest. Een van de argumenten voor deze veronderstelling is, dat de oudste gesteenten die men kent geen verschijnselen van oxydatie vertonen. In deze zuurstofarme atmosfeer heeft het licht vrij spel gehad op een wijze, die volgens huidige opvattingen onmisbaar was om de totstandkoming van leven uit niet-leven voor te bereiden. Tegelijkertijd is de wijze waarop het licht zich kon doen gelden van zodanige aard geweest, dat elke verdere voortgang van het proces volstrekt uitgesloten scheen. 'Uitgesloten scheen' — dit is natuurlijk een dwaze wijze van spreken; het is volkomen absurd dat iemand, thans achter zijn schrijfmachine gezeten, op deze wijze zijn zegje ten beste geeft omtrent iets dat, een paar miljard jaar geleden aan het oppervlak van een levenloze planeet gebeurde ter voorbereiding van al datgene waarvan thans zijn eigen bestaan een partikeltje vormt. 'Uitgesloten scheen' — aan wie in Gods naam? er was niemand bij, er was niets, dat 'inspraak had'.

Maar goed; afgezien van dergelijke, mijns inziens niet geheel irrelevante overwegingen, kunnen wij verder gaan en er op wijzen dat we, in dit verband over 'het licht' sprekend, vooral aandacht hebben te schenken aan dat deel van het zonnenspectrum dat het meest energierijk is, nl. het ultraviolette licht. In de zuurstofarme atmosfeer konden ultraviolette stralen doordringen van veel korter golflengte en mitsdien veel hoger energiegehalte, dan thans het geval is; het zijn vooral deze zeer energierijke lichteenheden geweest, die iets met het interstellair stof dat de aardbol omringde konden gaan 'doen'. Teneinde enigszins voor ogen te krijgen wat dat 'gaan doen' inhield, dienen wij ons te realiseren dat het toenmalige 'arrangement' van de materie voor ons gevoel zeer pover van aard geweest moet zijn; men stelt zich voor dat de aarde, zelf bestaande uit louter anorganische stof, omringd was door een atmosfeer die (afgezien van grotere conglomeraten zoals meteorieten) slechts zeer kleine anorganische moleculen bevatte, bijvoorbeeld waterstof, methaan, water, ammonia, en, wat ons allicht even verbaast, blauwzuur. Uit deze kleine partikels nu zijn, onder verinnerlijking van de energie van ultraviolet licht, grotere eenheden gevormd, waaronder verschillende van zodanige aard dat zij, als 'organische' moleculen, beschouwd mogen worden als onmisbare bouwstenen voor de totstandkoming van leven. Dat wij hier met een alleszins aanvaardbare hypothese te maken hebben blijkt uit het feit, dat men sedert 1950 in ettelijke laboratoria ter wereld organische moleculen kon doen ontstaan door een kunstmatige oer-atmosfeer te belichten met een sterke ultraviolette lichtbron; op die wijze verkreeg men o.a.

enige eenvoudige aminozuren en basen van nucleinezuren, bestanddelen dus van de voor het leven zo essentiële eiwitten en DNA-moleculen. Die vorming van (nog betrekkelijk kleine) organische moleculen mogen wij dunkt mij zonder aarzeling als een 're-arrangement van de materie' aanduiden. Wat het laboratorium in dit opzicht presteert moeten wij desondanks, bij alle bewondering die ons voor het aldaar verrichte werk past, toch wel met enige reserve blijven beschouwen, althans: voor zover het de pretentie heeft, een begin van *leven* tot stand te brengen. Het maakt bijvoorbeeld wel aminozuren, maar niet op zodanige wijze als voor het leven kenmerkend is: in de natuur immers zijn alle aminozuren links-draaiend, in het laboratorium vormen ze tot dusverre slechts een racemisch mengsel (links- en rechts-draaiend in gelijke hoeveelheid). In ieder geval: het ultraviolette licht kon, in een zuurstofarme atmosfeer, een re-arrangement van de materie tot stand brengen, en wel in progressieve zin: in de richting van *leven*. Tegelijkertijd evenwel was het, onder de omstandigheden waarbij het proces begonnen kon, snel aan het einde van zijn desbetreffende mogelijkheden. Want terwijl ultraviolet licht wel de *bouwstenen* van DNA-moleculen en eiwitten uit de elementaire materie kan samenstellen, is het niet bij machte om uit die bouwstenen iets van hogere orde te maken, of althans daarvan iets héél te laten; het kan, op een iets hoger niveau van re-arrangement, slechts als *stress* fungeren, want de DNA- en eiwitmoleculen die wij kennen worden door ultraviolette straling ontbonden.

Hoe kon de ontwikkeling van het leven dan toch verder gaan? Ik meen dat wij met het stellen van deze vraag een gebied binnentreden waarop diegenen die zich tot taak stellen verschijnselen van psychische aard te doorgronden, niet kunnen en niet mogen volstaan met het werpen van vragende blikken in de richting van biochemici en biofysici; het gaat om zaken die mede behoren tot hun eigen legitieme werkterrein. Opzettelijk gebruikte ik daarom het woord 'stress'. In het Nederlandse taalgebruik heeft deze term onmiskenbaar de bijklank gekregen van 'iets dat ongewenst is'; de uitleg die het Groot Woordenboek der Nederlandse Taal van Van Dale geeft is evenwel juist: '...aanduiding van een toestand die bepaalde afweermechanismen in werking doet komen'. In het begrip stress gaan twee elementen samen: bedreiging, en evocatie tot verweer (vgl. ook de Oxford Dictionary: 1 - Constraining or impelling force; 2 - Effort, demand upon energy).

Laten wij ons opnieuw rekenschap geven van datgene wat het ultraviolette licht doet. Het evoceert de materie in de richting van *leven*; tegelijkertijd bedreigt het *voortgang* in de richting van *leven*. Hoe heeft de materie, geëvoceerd wordend in de richting van *leven*, *gereageerd* op de bedreiging van de *vóórtgang* in de richting van *leven*? Heeft de materie gereageerd zoals wij verwachten zouden dat *niet-leven* zou reageren, of zoals wij ver-

wachten zouden dat *leven* zou reageren? Deze vragen hebben natuurlijk weer dat absurde: wij, die verwachten zouden. . . . wij zijn niet aanwezig geweest bij iets dat enige miljarden jaren geleden gebeurde, en ons oordeel heeft bij het gebeuren dat wij trachten te doorgronden geen enkel gewicht in de schaal gelegd. Er was, vanuit biologisch oogpunt beschouwd, slechts *leegte*, met daarin nog-vrijwel-ongeordende materie. Desondanks: als wij ons goed realiseren wat er volgens de huidige inzichten gebeurd moet zijn, wordt het ons duidelijk dat wij, tastend naar datgene wat uit niet-leven *leven* deed ontstaan, onmiddellijk tevens geconfronteerd worden met vragen omtrent: nog-niet en al-wel blijkend geend van psychische vermogens. De materie, eenmaal geëvoceerd zijnde in de richting van leven, *reageert* op de bedreiging tot stuiting van het zojuist op gang gekomene. Om het te zeggen in bewoordingen die moeilijk anders dan uiterst naïef kunnen klinken: de aarde, door de krachtigste stralen van het zonlicht tot een begin van leven geëvoceerd maar tegelijkertijd bedreigd met stuiting van het eenmaal-begonne, heeft die bedreiging als een uitdaging geaccepteerd; zij is in verzet gekomen tegen het tyrannieke ultraviolette licht, en heeft middelen beraamd om de banden te verbreken, te komen tot een zekere autonomie. Dit is een beeld; zo ongeveer zou men kunnen spreken tegen een kind dat moeilijke vragen begon te stellen. 'In verzet komen', 'middelen beramen'. . . . dat doet 'de materie' niet. Of mogen we hoogstens zeggen: dat doet de *ongestructureerde* materie niet? en zo ja: kennen we wel zo nauwkeurig als we menen de grenzen? de niveaus van arrangement en re-arrangement van de stof? Wat zich tussen het licht en de materie heeft afgespeeld, laat zich in een tweetal punten samenvatten.

1 — Naar men aanneemt heeft het ultraviolette licht, dat in de zuurstofarme atmosfeer een begin maakte met de opbouw van organische materie, een antwoord van de stof uitgelokt waardoor het zelf geleidelijkweg in zijn macht beknot werd. Zijn vermogen namelijk, om de aldaar aanwezige watermoleculen stuk te breken, te splitsen in waterstof en zuurstof, leidde ertoe dat de oeratmosfeer zich met een zekere hoeveelheid zuurstof ging vullen, waarvan een deel in de hogere luchtlagen tot ozon condenseerde; de ozon absorbeert in sterke mate ultraviolet licht. Men kan hier een cybernetisch proces spreken, het in werking treden van een grenzen-stellend mechanisme. Gevolgen: een groter wordende kans op het ontstaan van hoger-georganiseerde moleculen, maar tevens een kleiner wordend aanbod van de daartoe benodigde bouwstenen.

2 — Terwijl aldus in de atmosfeer een evolutie plaats vond waarvan het perspectief ons, toeschouwers uit het heden, als voor verdergaande ontwikkeling van leven zeer dubieus moet voorkomen, hebben zich onder de zeespiegel processen afgespeeld die, ofschoon nog niet in onmiddellijk verband te brengen met de besprokene, daaraan toch wel heel duidelijk complemen-

tair lijken; en het is hier dat wij het eerste verinnerlijkingsproces aantreffen dat, te oordelen naar maatstaven die wij in het heden geldig achten, de totstandkoming van *leven* markeert; van *leven* en van *autonomie*. Het begin van *leven* moet tot stand gekomen zijn in ictsjes (zo meen ik de voorlopertjes van de latere bacteriën en algen aan te mogen duiden) die lichtenergie konden verinnerlijken met behulp van een primordiaal licht-percipiërend zintuigje; een micro-structuur die later het gecompliceerde molecuul-complex zou worden waarvan chlorofyl het hoofdbestanddeel vormt. In deze microstructuren openbaart zich een vermogen, dat minstens even veel aanspraak maakt op een aanduiding in categorieën, aan 'het psychische' ontleend, als in categorieën, bepalend geacht voor 'het stoffelijke'. Want waartoe zijn zij in staat? Zij kunnen licht in zich opnemen, dat minder energiek, minder evocerend maar ook minder bedreigend is dan het voorheen zo allesbeheersende ultraviolette licht; zij kunnen met behulp van dit zwakkere licht nieuwe arrangementen tot stand brengen in de materie waarin zij zich bevinden en waarvan zij deel uitmaken; zij kunnen uit water, koolzuur en zouten al datgene op gaan bouwen wat later de hogere planten op een veel groter schaal zullen gaan doen; al datgene waarvan tenslotte ook de totstandkoming en instandhouding van alle dierlijk leven afhankelijk is.

Op dit punt gekomen, moge ik u verzoeken nog even terug te denken aan de 18-jarige die het wel weet. Inderdaad, wij wisten het zelf ook nog wel; maar wij kunnen leren het beter te weten.

Ik wil trachten een recapitulatie van het besprokene te geven, aan de lezer overlatend om uit te maken wat hij ermee zou kunnen doen.

1 — *Signalen en verinnerlijking van signalen*. De signalen die wij mensen uit de Umwelt ontvangen zijn voor het overgrote deel dermate ingewikkeld van structuur (men denke aan de taal!), en de verinnerlijkingsproducten dezer signalen zijn in allerlei opzicht zo raadselachtig, dat wij ter verdieping van ons inzicht dienaangaande mede aanknopingspunten dienen te zoeken bij de matrix van signaalgeving en verinnerlijking. Deze vinden we in de 'dialog' welke, in het prille bestaan van de aarde, tot stand kwam tussen het zonlicht en de materie waaruit de aarde was samengesteld.

2 — *Toewending tot signalen*. Het begrip toewending dienen wij aldus te interpreteren, dat rekening gehouden wordt met het voorteken: afwending is toewending met negatief voorteken. Vormen van toewending zijn ook: zich-openstellen-vóór en zich-afsluiten-van (zeer essentieel voorbeeld: de samenballing en spreiding van pigmenten in verband met de licht-donker-cyclus). De matrix van alle toewending is gelegen in de toewending tot het licht. Een stof die daarvoor essentieel is geweest van zeer vroege plantaardige organismen af tot aan de allerhoogste toe, is indolazijnzuur (IAA). Wij kennen dit als tryptophaan-

derivaat; aangezien in het centrale zenuwstelsel van dieren, ongewervelde en gewervelde, tryptophaanderivaten een belangrijke rol spelen, moeten wij ons rekenschap geven van de mogelijkheid dat toewendingsprocessen in de hele levende natuur mede door dit soort stoffen bestuurd worden. Wat de vertebraten betreft, vraagt de biohistorie van de epiphyse hier nadrukkelijk onze aandacht: omdat zij van oorsprong in dienst staat van de lichtperceptie, omdat zij (ook nog bij de mens!) belangrijke functionele relaties heeft met de cycliciteit van het licht, en omdat haar stofwisselingsproducten een zeer duidelijke verwantschap met IAA vertonen.

3 — *Tweeërlei soort verinnerlijking; de matrix van verinnerlijking en toewending.* Verinnerlijkt worden: (a) Signalen. Dit geschiedt door middel van de zintuigen. (b) Materie, met de daarin opgenomen, uiteindelijk van het zonlicht afkomstige energie. Dit geschiedt door middel van de tractus digestivus (of wat daar in de biohistorie aan voorafgaat nog zonder die naam te dragen). Ik meen, dat wij als matrix van alle verinnerlijking mogen beschouwen: de verinnerlijking van licht. De hypothetische structuur die, geheel in de aanvang, dit proces diende, moet zich echter van meet af aan in twee richtingen ontwikkeld hebben: een component die bij uitstek het vermogen verwierf om de energie aan het licht te onttrekken; een component die, vrijwel zonder opname van energie, datgene van het licht kon registreren dat ten grondslag lag aan de uitbouw van de *signaal-registratie*.

Wat nu betreft de lotgevallen van de verinnerlijke licht-energie: alle *plantaardige organismen* die met behulp van chlorofyl (of voorlopers van chlorofyl) zonne-energie incorporeren, vormen daarmee onmiddellijk in hun binnenste een *stof* met uitzonderlijk hoog energiegehalte, adenosinetrifosfaat (ATP); men mag hier waarschijnlijk van een zeer vroeg voorbeeld van re-arrangement van de materie spreken. *Dierlijke organismen* kunnen slechts langs indirecte weg zonne-energie incorporeren; zij kunnen het geincorporeerde pas als energie gebruiken nadat het, via een reeks afbraak- en omzettingsprocessen in hun binnenste, teruggebracht is tot dat wat men in de biochemie noemt: *de universele pasmunt van de energie, en dat is wederom: ATP.* — *Alle motiliteit in de ruimste zin van het woord, en daarmee alle toewending, is aan de beschikbaarheid van ATP gebonden; ATP is derhalve een stof, die in de matrix van alle toewending en herinnering een sleutelpositie inneemt.*

4 — *Verinnerlijking van duur en opeenvolging.* Op pag. 163 punt 4, wees ik erop dat zonder ordening in tijd menselijk herinneringsvermogen ondenkbaar is; structurering van herinnering vergt ordening inzake opeenvolging en duur. Ik meen dat hetzelfde moet hebben gegolden voor alles wat ooit met verinnerlijking en re-arrangement van materie te maken heeft gehad. Wat de vroege levensvormen betreft; de biologie stelt ons instaat op dit punt met een grote mate van zekerheid ons oordeel te geven. Het simpel-

ste algje, en het eencellige diertje dat nog nauwelijks diertje ís, bezitten al het vermogen om tijdsduur te verinnerlijken, tijd te taxeren, en hun toewendingsprocessen daarmee in overeenstemming te doen plaatsvinden. Bij hogere planten komt dit heel duidelijk tot uitdrukking in al die ingewikkelde handelingen die zij uitvoeren om voorbereid te zijn op komende gebeurtenissen: het zich in het najaar reeds veilig gaan stellen voor de komende winter, het in de winter al maatregelen treffen voor de naderende lente. Sedert ongeveer 50 jaren weten wij, dat dit alles niet primair gebonden is aan de temperatuur; 'Zeitgeber' is de dagelijkse belichtingsduur, de fotoperiode.

Over deze dingen bestaat een uitgebreide, uiterst fascinerende literatuur. Daarin neemt een planten-hormoon, phytochroom, een belangrijke plaats in; het is een stof die het vermogen bezit om *lichtduur* te registreren. Ongeveer een bladzijde terug sprak ik de veronderstelling uit dat er, naast het chlorofyl dat *lichtenergie* incorporeert, al heel vroeg een component moest zijn ontstaan dienend tot de uitbouw van (licht)signaal-registratie; welnu, phytochroom zou wel eens een dergelijke stof kunnen zijn, temeer omdat de werkzaamheid ervan al bij algen evident is.

5 — *De ordening van de kosmos: uitgangspunt (of zelfs: uitdrukking?) van signaalgeving, verinnerlijking en toewending.* Deze titel moet wel erg pretentius klinken, zeker waar het een psychiater is die hem lanceert. Een astronoom, een kosmoloog — die kan zich zo iets veroorloven; dat is bij uitstek iemand die voor de beoefening van zijn wetenschap de ruimte nodig heeft. Een psychiater — die kan het desnoods met één kamertje stellen, als hij daarin maar een stoel en een divan heeft. Ach ja — de psychiatrie is soms nogal een huiselijke aangelegenheid; Häusliches, Allzuhäusliches zou men, met een variant op Nietzsche, nu en dan zeggen.

Maar laten we nu eens iets heel huiselijks nemen: de relatie tussen een moeder en haar baby. De psychiater meent dat daarvan ons aller psychische ontwikkeling in hoge mate afhankelijk is. En met dit op zichzelf zo simpele inzicht, mits tot volledige wasdom gekomen, kunnen psychiaters, psychologen en allen die beroepshalve met de ontwikkeling der geestvermogens te maken hebben, inderdaad heel wat doen. Alleen, laten diegenen onder ons, die het voorrecht gehad hebben te kunnen profiteren van dat wat een universiteit te bieden heeft, toch beseffen wat er alzo gebeuren moest, aleer een nieuw menskind beinstrumenteerd tot communicatievorming de ruimte van het leven binnentrad; wat er vooraf moest gaan, opdat 'prikkel's als signalen zouden kunnen fungeren! Wat wij, in de taal der fysiologie, prikkelaanbod noemen, kan slechts kenmerken van signaalgeving krijgen bij een optimale gelijkmatigheid; en het kan als signaalgeving slechts tot een hoger niveau opgevoerd worden wanneer vanuit die optimale gelijkmatigheid een uitbouw in optimale verscheidenheid plaatsvindt. Het instrument van de signaalperceptie, waarover

het zeer jonge kind beschikt, is berekend op *structuur* in de signaalgeving, niet op structuurloosheid; niet op datgene wat in de vakliteratuur wel als 'ruis' wordt aangeduld, lawaai (vgl. het Engelse 'noise', ook gebruikt in de zin van 'visual-noise').

Een optimale verscheidenheid binnen de begrenzing van een optimale gelijkmatigheid — dat is dunkt mij de conditie die ook reeds de matrix van alle toewending en verinnerlijking gekenmerkt moet hebben. Een zodanige structuur nu is gegeven in de kosmische constellatie waarin het leven zijn oorsprong heeft gehad; in het komen en gaan van het licht, en: het aldus komen en gaan van het licht. In een permanent gelijkmatig verlichte ruimte zou het licht nooit signaal-karakter hebben kunnen krijgen, en een komen en gaan van het licht in volstreekte gelijkmatigheid had nimmer tot uitbouw van signaalperceptie kunnen leiden; het is de verscheidenheid der banen die de zon aan de hemel beschrijft, die aan het uit niet-leven tot stand komende leven groeikansen biedt.

Het kind in ons blijft natuurlijk vragen stellen. Bijvoorbeeld: wat is dan, in een bestaan nog-zonder-leven en zelfs nog zonder organische stoffen, datgene dat groeikansen aangeboden krijgt? Wat is het dat begint zich tot het licht te wenden? De volwassene in ons kan nog juist een antwoord vinden. Natuurlijk is het de materie geweest; maar niet de materie, gedacht in de vorm van heel kleine, tóch al heimelijk een beetje met leven behept zijnde partikeltjes. We spraken zojuist over het komen en gaan, en het aldus komen en gaan, van het licht. Maar we herinneren ons bijtijds: door het zo te stellen, plaatsen we ons op het geocentrische standpunt van vóór Copernicus. De zon is lichtgever; het is echter *de aarde zelf* die, door haar dagelijkse rotatie om haar as, de stand van haar as en haar elliptische baan rond de zon, aan de materie waaruit zij bestaat toewending tot de lichtgever *verschafft*.

Tot de zon als lichtgever alléén? Naar ik meen stellig niet; zelfs het bleke, uit energetisch oogpunt onbelangrijk maanlicht is essentieel voor een aantal levensprocessen. Voor het overige heeft, zover ik weet, het huidige wetenschappelijke denken geen enkele notie van verband tussen de kosmische constellatie en het leven op aarde; het lijkt mij toe dat dienaangaande in de kring rond Pythagoras dingen beseft zijn die wij, uiteraard in aansluiting op de hedendaagse stand van onze kennis, weer helemaal opnieuw zullen moeten ontdekken en formuleren.

Tot slot: ik meen er goed aan te doen, nog even terug te komen op het probleem van 'de schizofrenie'. Een kwart eeuw geleden speelde ik met de gedachte, dat het plantenhormoon indolazijnzuur belangrijke aanknopingspunten bood voor verdere bestudering. Ik heb die gedachte nooit losgelaten; door mijn aard evenwel word ik zoveel meer aangetrokken tot algemene problemen

dan tot detailonderzoek, dat ik er wel nooit toe zal komen dit punt verder uit te werken. Mocht iemand anders zich door mijn verhaal hiertoe geïnspireerd voelen, dan zou dat mij bijzonder verheugen.

Literatuur

- A. A. Boulton, Biochemical Research in Schizophrenia. *Nature*, 231, 1971, 22.
- R. T. W. L. Conroy and J. W. Mills, *Human Circadian Rhythms*. J. and A. Churchill, London, 1970.
- A. W. Galston and P. J. Davies, *Control Mechanisms in Plant Development*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1970.
- P. Karlson, *Kurzes Lehrbuch der Biochemie*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1972.
- A. Koestler, *The Sleepwalkers. A History of Man's changing Vision of the Universe*. Penguin Books Ltd, Harmondsworth, Middlesex, England, 1969.
- A. C. Leopold, Plant Hormones. In: *The Hormones* Vol. IV, Academic Press New York-London, 1964.
- M. Minnaert, De evolutie van de kosmos. In: *Evolutie, de filosofie, de biologie, de kosmos*. Het Spectrum, Aula, 1967.
- C. Ponnamperna, *The Origins of Life*. Thames and Hudson Ltd, London, 1972.
- K. H. Pribram, *Languages of the Brain*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1971.
- M. G. Rutten, Evolutie en leven. In: *Evolutie, de filosofie, de biologie, de kosmos*. Het Spectrum, Aula, 1967.
- M. G. Rutten, De geschiedenis van de atmosfeer. In: *Biosfeer en mens*. Centrum voor Landbouwpublishaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1970.
- R. R. Ward, *The living Clocks*. Collins, St. James Place London, 1972.