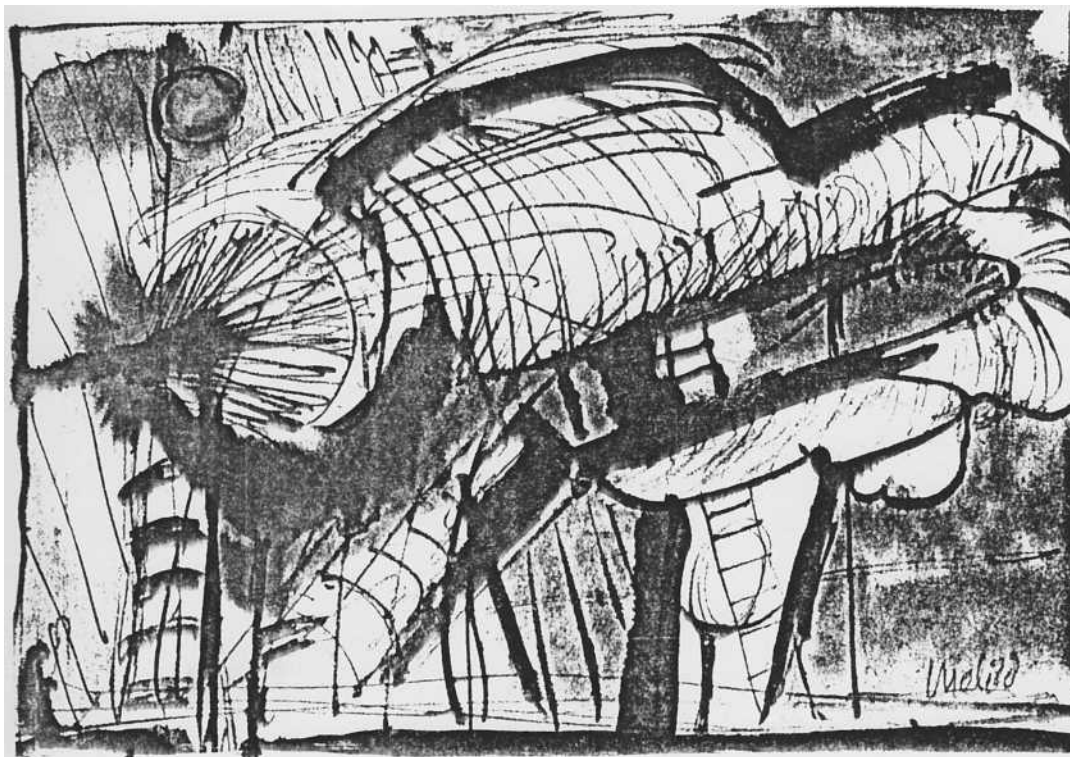


*het*

**Anthropisch**

**Principe**



Lies Westerburg, Leerdam

Het ANTHROPI5CH PRINCIPE  
Een impuls voor de fysica of  
metafysische nonsens?

Een scriptie over de fundamentele achtergrond  
van het Anthropisch Principe en haar  
toepasbaarheid binnen de  
fysica.

Voor de 100<sup>ste</sup> maal: alles is in alles, en  
wanneer ik als hulpmiddel tot vrije  
studie fysica in het algemeen aanbeval,  
verzoek ik –en niet in het allerminst!-  
achtteslaan op dat gedeelte der  
natuurkunde dat onszelf tot onderwerp  
heeft. Ofschoon het slechts een  
verzenmaker was die 't gezegd heeft,  
wáár is het: the proper study of  
mankind is man.

Multatuli,  
bloemlezing door Heloïse. Amsterdam,  
Elsevier, 1888

Utrecht, februari 1988. Scriptie  
door Goossen Karssenbergh.  
Begeleiding : Dr.D.Dieks.  
Sectie grondslagen van de  
natuurwetenschappen,  
Rijksuniversiteit Utrecht.

## INHOUD

### H.1. INLEIDING

- 1.1. Unified Theories
- 1.2. Randcondities Heelal
- 1.3. Randcondities Homo Sapiens
- 1.4. Anthropisch Principe (A.P.)
- 1.5. Opzet van de scriptie

### H.2. DEFINITIES VAN HET ANTHROPISCH PRINCIPE

- Weak Anthropic Principle (W.A.P.)
- Strong Anthropic Principle (S.A.P.)
- Final Anthropic Principle (F.A.P.)
- Anthropisch Principe van Rosen (A.P.R.)

### H.3. DE STATUS VAN HET ANTHROPISCH PRINDIPE VOLGENS ROSEN

- 3.1. Inleiding
- 3.2. Fysica - Metafysica
- 3.3. Uniek Universum
- 3.4. Geünificeerde schema's
- 3.5. A.P.R. als fundamenteel verklaringsprincipe
- 3.6. A.P.R. als fysisch verklaringsprincipe?

### H.4. WERELDVISIES

- 4.1. Inleiding
- 4.2. Pollard's transcendente wereldvisie
- 4.3. Rosen's wereldvisie
- 4.4. Pollard's en Rosen's visie met elkaar geconfron-  
teerd
- 4.5. Wereldvisies vanuit het oogpunt van de  
Quantummechanica
- 4.6. Status van A.P. binnen verschillende wereldvisies

### H.5. DE STATUS VAN HET ANTHROPISGH PRINCIPE BINNEN DE FYSICA

- 5.1. Weak Anthropic Principle
- 5.2. Strong Anthropic Principle, Rosen'skritiek
- 5.3. Algemene kritiek op het AnthropischPrincipe
- 5.4. Anthropisch Principe van Rosen
- 5.5. Kritiek op Rosen's visie

### H.6. BESLUIT

## H.1. INLEIDING

De idee dat het feit van het bestaan van de mens zelf een essentiële rol zou kunnen spelen bij de vraag waarom de ons omringende wereld is zoals zij is, is bepaald geen nieuw idee. Vele natuurverschijnselen werden gezien als een oordeel van de goden, een god, God, de geest van een dode of wie/wat dan ook over de mensen. Dit zien we in de Griekse Oudheid, maar ook in het huidige Christendom en feitelijk in iedere beschaving.

Vanaf de Renaissance werden in de westerse wereld de wetenschap en de religie steeds meer van elkaar gescheiden. In de wetenschap werden verklaringen van deze aard steeds minder toegelaten. Steeds meer mochten alleen waarneembare feiten worden gebruikt bij het geven van een verklaring voor een fenomeen. De aandacht werd gericht op verbanden in de natuurverschijnselen. Een verklaring werd hoger gewaardeerd, hoe breder het toepassingsgebied van de gebruikte theorie was, hoe eenvoudiger de theorie was en hoe kwantitatiever, exakter en mathematischer zij was.

De scheiding tussen geloof en wetenschap is duidelijk aan te geven aan de hand van een voorbeeld. Beschouw de vraag waarom de zon iedere dag, steeds maar weer, opkomt. Een wetenschapper zou hierop het volgende antwoord kunnen geven: Doordat de aarde om haar as draait. Hij denkt hierbij stilzwijgend aan de wetten van Newton, en is zeker van zijn antwoord (en neemt er ook genoeg mee) omdat deze theorie mathematisch, eenvoudig en exakt is en omdat zij naast te verklaren waarom de zon dagelijks opkomt, tevens verklaart waarom er jaargetijden zijn, waarom er eb en vloed is, de baan van de maan voorspelt en ook op andere schaal verschijnselen verklaart; de werking van een slingeruurwerk en zelfs de bewegingen in het melkwegstelsel.

Een antwoord van een theoloog zou kunnen zijn dat de zon opkomt om ons te verwarmen, om de aarde te verlichten zodat wij elkaar kunnen zien, om de gewassen te doen groeien zodat deze voor ons als voedsel kunnen dienen enzovoort. Deze verklaring voldoet aan hoogstens één van de drie bovengenoemde voorwaarden voor een goede fysische verklaring (groot toepassingsgebied). Een fysicus zou haar afwijzen als zijnde een omkering van het oorzakelijk verband en is van mening dat je met zo'n verklaring 'niet veel verder komt'.

### 1.1. Unified Theories

De laatste eeuwen is er bij de fysici grote vooruitgang geboekt bij hun streven naar het vinden van relatief eenvoudige, mathematische theorieën die een zo groot mogelijk toepassingsgebied hebben. De belangrijkste twee uit het begin van deze eeuw zijn de Algemene Relativiteitstheorie en de Quantumtheorie. De eerste, die de klassieke mechanica incorporeert, is toepasbaar tot op de schaal van het heelal als geheel, identificeert zware en trage massa en unificeert het concept van massa en van energie.

De tweede vindt haar toepassing in de scheikunde, de kernfysica, maar ook in de Big-Bang-Kosmologie, stervolutie enz. enz.. De toepassingsgebieden van recentere theorieën zoals de Quantum- Chromodynamica, ijktheorieën, Supersymmetrie enz. lijken nog groter te zijn. De fysische wereld is er bijna in geslaagd het geheel van alle verschijnselen te omvatten in één Unificerende Theorie. Dit streven naar een zogenaamde Grand Unified Theory (G.U.T.) is in feite een logisch gevolg van bovengenoemde drie voorwaarden voor een goede fysische theorie.

### 1.2. Randcondities Heelal

Kosmologen trachten deze unificerende theorieën toe te passen op de tijd- en ruimteschaal van het heelal als geheel. Hierbij gebruiken ze bepaalde Kosmologische constanten waarvan de waarden (nog?) niet door deze theorieën worden bepaald. Deze waarden, zoals de waarde  $S$  van de foton-baryonverhouding in het heelal alsmede bepaalde aannames als: geldigheid van fysische theorieën ook in het verre verleden, constante waarde van fijnstructuurconstanten  $\alpha = e/hc$  (electromagnetische fijnstructuurconstante) en  $\alpha_g = Gm\text{-kwadraat}/hc$  (gravitationele fijnstructuurconstante) die men randcondities zou kunnen noemen, bepalen de structuur (levensduur, mate van isotropie) van heelalmodellen. 'Waarom' deze constanten de waarden hebben die ze hebben is (nog?) niet bekend, en is wellicht niet te beantwoorden d.m.v. een verklaring c.q. theorie die aan de gestelde drie criteria voldoet. Misschien kan dit zelfs in principe niet (Rosen's standpunt, ref.1)

### 1.3. Randcondities Homo Sapiens

Ook voor het bestaan van de mens bestaan zekere randvoorwaarden, De temperatuur van de aarde moet aan haar oppervlak binnen een zeker gebied liggen, en wel Gedurende honderden miljoenen jaren, anders zou een evolutie nooit plaats hebben kunnen vinden. Er zijn nog veel meer randvoorwaarden voor het bestaan van de mens aan te geven, b. v. betreffende de verhoudingen van voorkomen van verschillende scheikundige elementen aan het aardoppervlak. De meeste fysici zullen het met deze beweringen wel eens zijn. Echter, voor de fysica is er geen sprake van, als zou het bestaan van de mens een (indirecte) verklaring zijn van deze waarden.

Wel stellen deze randcondities weer eisen aan grotere systemen zoals aan de Melkweg (b.v. dat zij reeds enkele miljarden jaren oud moet zijn) en zo verder redenerend, tenslotte ook aan het heelal als geheel: het moet in zekere mate isotroop zijn, het moet minstens zo'n 10 miljard jaar uitdijen, er moet stervorming in kunnen plaatsvinden en nog fundamenteler: het moet een zekere mate van continuïteit bezitten en ruimte- en tijdachtige dimensies hebben.

### 1.4. Anthropisch Principe

Dicke suggereerde in 1961 (ref.8) dat er mogelijk een verband bestaat tussen deze voorwaarden waaraan het heelal als geheel moet voldoen om het ontstaan van menselijk leven mogelijk te maken enerzijds en de randcondities die kosmologen in hun heelalmodellen gebruiken anderzijds. Waren deze randcondities immers anders geweest dan ze zijn, dan was het ontstaan van leven wellicht onmogelijk en hadden er nooit observatoren bestaan die het heelal kunnen onderzoeken.

Het Anthropisch Principe (A.P.1) in de ruimste zin van haar betekenis beweert dat dit verband op enigerlei wijze bestaat. In zekere zin wordt hiermee een teleologische verklaring toegestaan: uiterst fundamentele eigenschappen van de natuur worden in verband gebracht met het bestaan van de mens. Over de kwestie hoe dit verband tot stand komt en of dit

---

1 De afkorting A.P. wordt in deze scriptie gebruikt voor het Anthropisch Principe in de meest algemene zin van haar betekenis. Rosen's interpretatie van A.P., door hemzelf aangeduid met A.P., noem ik A.P.R..

principe fysische verklaringen kan geven en zo ja, op welke wijze, bestaan verschillende meningen. Sommigen hangen een ensemble-interpretatie aan en brengen A.P. in verband met de Many-Worlds-Interpretatie van de Kwantummechanica (Friedman, ref.2, Davies, ref.3), anderen zien een verband met de mogelijkerwijs essentiële plaats van de observator in het quantummechanisch meetproces (Wheeler, ref.2).

Weer anderen menen dat er een transcendente wereld moet bestaan die boven de mogelijkheden van de fysica uitgaat, en dat A.P. dan ook geen fysisch principe kan zijn (Pollard, ref.6). Ook bestaat er een interpretatie van A.P. binnen een holistische wereldvisie waarbij het bestaan van de mens als zeer fundamentele, fysische verklaring voor andere fundamentele eigenschappen van het heelal kan dienen (Rosen, ref.1,11).

### 1.5.Opzet van de scriptie

In deze scriptie geef ik een beeld van de verschillende visies die er op dit moment bestaan over A.P..

Ik zal proberen een antwoord te vinden op de vraag of A.P. in één of andere vorm gebruikt kan worden als fysisch verklaringsprincipe.

Toepassingen van A.P. zal ik niet in detail uitwerken. Doelstelling is meer, om de meer fundamentele aspecten van dit principe te beschouwen en om te zien welke status A.P. binnen de fysica heeft. Geïnteresseerden in toepassingen worden verwezen naar de literatuur (ref.2,3,5,9 en referenties daarin en in ref.1,11).

In het volgende hoofdstuk zullen enige definities van A.P. uit de literatuur besproken worden, waarbij als leidraad het standaardwerk van Barrow & Tipler (ref.2,H.1) dient. In het derde hoofdstuk wordt Rosen's interpretatie van A.P. beschouwd. In H.4 wordt een aantal 'wereldvisies' beschreven en wordt de mogelijke toepassing van een of andere vorm van A.P. binnen die visies besproken. H.5 vormt een herbeschouwing van de status van A.P. in haar verschillende vormen. Tenslotte worden in H.6 voorzichtige conclusies getrokken en een aantal suggesties gedaan voor verder onderzoek.

## H.II. DEFINITIES VAN HET ANTHROPISCH PRINCIPE

Barrow & Tipler geven in hun boek drie verschillende definities van wat een anthropisch principe zou kunnen zijn. De eerste is een vrij zwakke definitie die is gebaseerd op het feit dat er voor het bestaan van de mens nu eenmaal bepaalde voorwaarden gelden; er moeten eens in het heelal bepaalrij scheikundige stoffen ontstaan zijn, het heelal moet die eigenschappen hebben waardoor het ontstaan van het Zonnestelsel en in het bijzonder de Aarde mogelijk waren enzovoort. Dit principe kan volgens de auteurs gezien worden als een reactie op het Copernicaanse Principe volgens welke we geen bijzondere plaats innemen in het heelal. Het A.P. beweert nu juist dat we wel degelijk een bijzondere plaats innemen, namelijk die plaats waar zich voldoende zuurstof bevindt, waar de temperatuur een geschikte waarde en schommeling in die waarde heeft enzovoort. Ook kan een dergelijke redenering worden uitgebreid naar een fundamenteeler niveau op kosmologische schaal: Bepaalde koppelingsconstanten, grote getallen verhoudingen (large number coincidences) moeten ongeveer de waarde hebben die ze hebben, omdat anders de mens zich in dit heelal niet zou

hebben kunnen ontwikkelen. Barrow & Tipler formuleren dit 'zwakke' anthropische principe als volgt:

Weak Anthropic Principle (W.A.P.):

De waardes van alle observabele fysische en kosmologische grootheden zijn niet alle even waarschijnlijk, maar nemen waardes aan die beperkt zijn door de eis dat er plaatsen zijn waar leven op basis van koolstof zich kan ontwikkelen en de eis dat het heelal oud genoeg is om dit te hebben doen plaatsvinden.

Barrow & Tipler vinden W.A.P. noch speculatief, noch controversieel. Volgens hen wordt in dit principe alleen tot uitdrukking gebracht dat onze waarnemingen consistent moeten zijn met onze eigen evolutie en ons huidig bestaan:

"WAP would not necessarily restrict the observations of non-carbon-based life but our observations are restricted by our very special nature."

Sommige eigenschappen van het heelal, zoals de enorme leeftijd en grootte van het heelal blijken noodzakelijk te zijn voor het bestaan van onze levensvorm. Andere eigenschappen lijken dat weer niet te zijn; bijvoorbeeld de preciese variatie in de verdeling van de materie in het heelal.

W.A.P., zoals geformuleerd hierboven, wekt de suggestie dat zij fysisch kan worden geïnterpreteerd door middel van de waarschijnlijkheidsrekening. Barrow & Tipler e.a. beweren dan ook dat WAP een toepassing is van het theorema van Bayes, dat een methode geeft om een streng verband te leggen tussen empirische gegevens en waarschijnlijkheden. Van Brakel schrijft, over dit theorema (ref.15 ,p.6 ) : "Dit theorema heeft een onzeker bestaan geleid. Bayes zelf publiceerde het artikel waarin hij het theorema afleidde niet, omdat hij de voor toepassing van het theorema noodzakelijke vooronderstelling van gelijke a priori waarschijnlijkheden,... , discutabel vond."

De claim dat WAP een toepassing is van dit theorema, maakt de geldigheid van dit principe naar mijn mening alleen maar onzekerder; het is immers deste meer discutabel, wanneer aan eigenschappen van het heelal als geheel gelijke a priori waarschijnlijkheden worden toegekend. Op welke wijze het WAP precies een toepassing vormt van het theorema van Bayes wordt overigens door Barrow en Tipler slechts vaag uiteengezet ( re £2 , p.1 7 ) . Ik kom hierop terug in H.5.

Om een 'reden' te geven voor onze observatie van grote dimensieloze getallen als ongeveer 10 tot de macht 79 voor het aantal nukliden in het heelal, introduceerde Carter het meer speculatieve Strong Anthropic Principle (S.A.P.), dat Barrow & Tipler als volgt definiëren:

Strong Anthropic Principle (S.A.P.) :

Het heelal moet die eigenschappen hebben die toelaten dat leven zich hierin kan ontwikkelen in een bepaalde fase van haar geschiedenis. Op zich is ook dit principe moeilijk te bestrijden, de claim, dat zij kan worden gebruikt als een fysisch verklaringsprincipe echter wèl. Het verschil met W.A.P. is vooral gelegen in het woordje 'moet': door S.A.P. wordt expliciet een eis gesteld aan het heelal terwijl U.A.P. slechts noodzakelijke beperkingen aangeeft.

S.A.P. impliceert volgens de auteurs drie mogelijke interpretaties:

- A. Er is slechts één mogelijk heelal, ontworpen met het doel om observatoren te genereren en te onderhouden.  
Dit is een expliciet religieuze interpretatie die ook door wetenschappers is en wordt toegepast (b.v. Nieuwentijt in de 18<sup>e</sup> eeuw, Hoyle heden ten dage).

- B. Observatoren zijn noodzakelijk om het heelal tot 'zijn' te brengen. Barrow & Tipler zien hierbij een verband met de kwantummechanica en de mogelijk essentiële rol die een observator bij een kwantummechanisch meetproces speelt. Wheeler noemt deze interpretatie van SAP 'Participatory Anthropic Principle' (P.A.P.) . P.A.P. zal in H.4 nogmaals ter sprake komen.
- C. Het bestaan van een ensemble verschillende heelallen is noodzakelijk voor het bestaan van het onze. Een voorbeeld hiervan is wellicht de 'Many-Worlds'- interpretatie van de kwantummechanica (ref.4). In H.4 zal ook deze interpretatie aan de orde komen.

De derde en laatste definitie van A.P. die Barrow & Tipler geven is volkomen nieuw, en legt naar hun mening de grondslag voor een mogelijk toekomstbeeld van het heelal:

Final Anthropic Principle (F.A.P.):

Intelligente informatieverwerking moet in het heelal ontstaan en zodra zij ontstaat zal zij nooit meer uitsterven.

Op dit wel zeer hypothetische principe zal ik in deze scriptie niet ingaan. Barrow & Tipler geven geen echt overtuigend argument dat pleit voor dit principe.

Ook voor zowel W.A.P. als S.A.P. wordt niet beoogd een of andere grondslag te leggen, een soort wereldvisie te geven waardoor de principes een zeker gebruiksrecht binnen de fysica krijgen.

Wel geven Barrow & Tipler argumenten die voor het A.P. pleiten van tweeërlei andere aard:

- 1) Geschiedkundige argumenten. In het verleden zijn altijd al teleologische argumenten gehanteerd die de wetenschap op zijn minst gericht hebben. A.P. heeft haar wortels dus in een ver verleden liggen, en men zou dergelijke oude ideeën in deze tijd kunnen vervangen c.q. herformuleren door een wetenschappelijk meer onderbouwd (?) en beter hanteerbaar (?) principe als S.A.P. of W.A.P..
- 2) Voorspellingen 'post hoc'. Barrow & Tipler geven verschillende toepassingen van A.P. die wellicht, achteraf gezien, pleiten voor A.P.. Zij noemen als voorbeeld, dat WAP een sterk argument tegen het (reeds experimenteel gefalsificeerde) steady-state model en voor het (nu algemeen aanvaarde) big-bang model van het heelal levert.

Beide argumenten vind ik niet voldoende overtuigend, en ik mis in hun boek, dat toch bedoeld is een standaardwerk te zijn, een meer fundamentele, kentheoretische behandeling van het A.P., waardoor meer duidelijkheid zou ontstaan over de status van A.P. als verklingsprincipe en haar plaats binnen de fysica. Iemand die wel heeft geprobeerd een ontologische visie op A.P. te geven en haar in een breder kader te plaatsen is Joe Rosen in zijn artikel 'The Anthropic Principle' (ref.1). In het volgende hoofdstuk zal ik zijn visie uitvoerig behandelen. Zijn definitie van A.P. luidt als volgt:

Anthropisch Principe van Rosen (A.P.R. ) :

Het feit van ons bestaan, het fenomeen waarvan we het zekerst zijn, mag dienen als de meest fundamentele fysische verklaring voor andere aspecten van het heelal.

Zijn benaderingswijze van het probleem is heel anders; waar Barrow & Tipler grenzen leggen aan bepaalde fysische of kosmologische grootheden (of zelfs bepaalde eigenschappen eisen van het heelal) vanwege het feit van ons bestaan, maar dit feit niet echt als verklaring, als uitgangspunt zien, gaat



Rosen juist wel uit van het feit van ons bestaan, en ziet dit als fundamentele fysische verklaring voor bepaalde eigenschappen van het heelal. Dit onderscheid zien we nog duidelijker naar voren komen wanneer we de drie interpretaties van S.A.P. volgens Barrow & Tipler nader beschouwen. Deze interpretaties lijken te zijn ontsproten aan de vraag waarom, zoals S.A.P. beweert, het heelal die eigenschappen moet hebben die toelaten dat leven zich hierin kan ontwikkelen in een bepaalde fase van haar geschiedenis. Barrow & Tipler's drie interpretaties beantwoorden deze vraag respectievelijk als volgt:

- A. (Religieuze interpretatie)  
Omdat het heelal juist met het doel is geschapen om leven te laten ontstaan.
- B. (Participatory Anthropic Principle)  
Omdat alleen dan het heelal door observatoren werkelijk tot 'zijn' gebracht kan worden.
- C. (Ensemble-interpretatie)  
'Heelallen' moeten die eigenschappen niet hebben, maar een deel van het ensemble mogelijke heelallen wèl, namelijk dat deel waarbinnen leven mogelijk is, en waaronder ons heelal valt.

Rosen neemt genoeg met het volgende antwoord:  
'Omdat' wij in dit heelal bestaan.

Hij meent dat ons bestaan het fenomeen is waarvan we het meest zeker zijn en daarom ook de meest fundamentele verklaring voor andere fenomenen kan zijn. Hij komt tot dit standpunt vanuit een -zoals hijzelf het noemt- extreem idealistische wereldvisie.

De achtergronden van Rosen's versie van het Anthropisch Principe worden in het volgende hoofdstuk besproken. In hoofdstuk 4 zullen verschillende wereldvisies en de plaats die een of andere versie van het A.P. binnen die visies kan innemen worden besproken.

### H.3. DE STATUS V/AN HET ANTHROPISCH PRINCIPE VOLGENS J. ROSEN

#### 3.1. Inleiding.

De gedachtegang van Rosen in zijn eerste artikel over het A.P. is ruwweg als volgt:

Eerst definieert hij wat fysica en wat metafysica is. Hij concludeert dat fysica zich bezighoudt met verschijnselen die in principe herhaald kunnen worden. Wil men echter éénmalige gebeurtenissen verklaren, dan zijn die verklaringen altijd metafysisch van aard. Kosmologie is een wetenschap die een essentieel éénmalige gebeurtenis wil beschrijven, namelijk het heelal als uniek, zelfconsistent geheel. De soorten en eigenschappen van elementaire deeltjes vormen eveneens een uniek fenomeen. Derhalve is zowel het streven der kosmologen om het heelal als geheel te beschrijven, als het streven der fysici om het gedrag van elementaire deeltjes te beschrijven in één Unificerende Theorie, een streven dat metafysisch van aard is. Tot slot is ook het bestaan van de mens een (voor ons althans) uniek fenomeen.

Volgens een holistische visie zal iedere analyse van het geheel, i.e. het heelal, in componenten altijd iets uit het gehele beeld weglaten. Proberen we toch op dit niveau een verklaringsschema te geven, dan zijn er bijvoorbeeld de volgende twee mogelijk: De wetten van de fysica 'verklaren' het bestaan van de mens, óf -en dit is het A.P.R.- het bestaan van de mens 'verklaart' het bestaan van de wetten van de fysica. De eerste is een realistische visie, de laatste noemt Rosen een extreem idealistische visie.

Hij pleit voor de laatste omdat we ons dan baseren op het meest fundamentele fenomeen dat we kennen: ons eigen bestaan.

Deze redenering zal ik in de volgende paragrafen meer gedetailleerd en precieser proberen weer te geven. Ook zullen enige kritische kanttekeningen gemaakt worden.

### 3.2. Fysica - Metafysica.

Wetenschap, en in het bijzonder de natuurkunde, houdt zich bezig met objectieve orde. Objectiviteit betekent dat ook herhaalbaarheid vereist is. De fysicus ontwerpt theorieën over een set gebeurtenissen. Deze worden het meest gewaardeerd wanneer ze ook voorspellend van karakter zijn, zodat falsificatie en competitie mogelijk zijn. Zonder regelmaat of orde is geen theorievorming mogelijk. En daar niet herhaalbare, unieke fenomenen volgens Rosen ordeloos zijn, liggen deze buiten het domein van interesse van de fysica.

Metafysica in technische zin, noemt Rosen filosofie van de fysica. Op de meest extreme schalen van de natuurkunde, de gebieden van de kosmologie en van de deeltjesfysica stelt de metafysicus zich vragen als: Waarom bestaat het heelal eigenlijk? Waarom ontwikkelt het zich zoals het zich ontwikkelt? enzovoort, en anderzijds:

Heeft de materie fundamentele bouwstenen? En zo ja, waarom, en waarom juist die, die ze heeft en waarom zijn hun onderlinge interacties zoals ze zijn? enzovoort.

Hoewel duidelijk van elkaar verschillend, toch wordt metafysica onvermijdelijk ook binnen de fysica bedreven. Rosen meent bijvoorbeeld dat het beslissen wat wordt gezien als een overtuigend bewijs en het kiezen van de beste manier om een probleem aan te pakken metafysische handelingen zijn. Meningingen hierover zijn immers ook in de loop van de tijd veranderd, en variëren ook per wetenschappelijke discipline. Hij merkt op dat metafysica bij het bedrijven van de fysica zeer nuttig kan zijn.

### 3.3. Uniek Universum.

Een fysicus wil het liefst vasthouden aan fysische overwegingen en zal metafysica zo veel mogelijk proberen te vermijden. Bij het bedrijven van metafysica moeten we zeker weten dat ons onderwerp van onderzoek buiten het domein van de fysica ligt. Maar wanneer we fysica bedrijven moeten we ook zeker zijn dat dat wat wordt onderzocht binnen dat domein ligt.

Wat zijn de grenzen van het domein van interesse van de fysica? Voldoende kleine systemen liggen binnen dat domein. Grotere fenomenen, zoals geologische, die niet herhaalbaar zijn, mogen hieraan worden toegevoegd omdat de natuur zelf ons voldoende variëteit en frequentie levert om fysisch onderzoek hieraan mogelijk te maken. Hetzelfde geldt volgens Rosen voor nog grotere systemen als sterren, sterrenstelsels, klusters en superclusters, maar wanneer we naderen tot de limiet van het gehele heelal, dan stappen we duidelijk buiten de grenzen van interesse van de fysica die Rosen legt.

Want het heelal is een uniek fenomeen dat niet herhaalbaar is en dus volgens Rosen ordeloos en onvoorspelbaar.

De vraag waarom voldoende kleine subfenomenen in dat ordeloze heelal zelf wél reproduceerbaar zijn en voorspelbaar zijn, zal in paragraaf 3.5. aan de orde komen.

Wat kosmologie betreft, concludeert Rosen dat zij metafysisch van aard is. Kosmologen zijn, aldus Rosen (en anderen, zoals Ellis, ref.12) niet in staat een model van het heelal te geven zonder onverifieerbare aannames te doen, bijvoorbeeld de aanname dat de huidige wetten van de fysica ook vroeger golden en ver in de toekomst zullen blijven gelden. Het enige wat we van dergelijke modellen kunnen en moeten eisen is, dat ze consistent zijn met alle gegevens en zelfconsistent. De fysica garandeert noch dat een model uniek is, noch levert het een criterium van voorkeur voor bepaalde consistente modellen boven andere. Ieder criterium van voorkeur, bijvoorbeeld eenvoud of conservatisme, is volgens Rosen metafysisch van aard.

#### 3.4. Geünificeerde schema's.

De huidige fundamentele theoretische fysica tracht de extreme schalen der natuur samen te binden, op zoek naar een ultieme unificerende theorie die het heelal en haar evolutie, de fundamentele opbouw der materie en hun interacties en de inter-relaties tussen al deze zaken omvat. Uit het voorafgaande blijkt duidelijk dat dit in Rosen's visie een metafysisch streven is: dat, wat deze theorie zal moeten beschrijven is immers een uniek fenomeen. Rosen spreekt dan ook liever van een geünificeerd schema. Evenals kosmologische modellen moet dit schema consistent zijn met alle gegevens en zelfconsistent. En wederom geeft de fysica noch enige garantie dat een schema uniek is, noch enig criterium van voorkeur voor bepaalde consistente unificerende schema's boven andere.

Een van de gegevens waarmee een unificerend schema consistent moet zijn is het bestaan van de mens. Andere zijn: Bepaalde grote- getallenverhoudingen in het heelal (ref.2,H.4), de isotropie van het heelal op grote schaal, de waarden van gravitationele en nucleaire koppelingsconstanten (ref.2,8). Geen enkel deel van de zo ontstaande eenheid is, aldus Rosen, belangrijker of fundamenteeler dan de rest.. Rosen geeft nu de volgende uiteenzetting over wat een verklaring is binnen een dergelijk wereldbeeld:

Volgens een of andere analyse kan het lijken dat component N op een bepaalde manier noodzakelijk volgt uit component S. Men zegt dan dat S N verklaart. Volgens een andere analyse kan de situatie wellicht omgekeerd zijn of heel anders: N en S zijn dan misschien niet eens componenten. Volgens de holist is iedere analyse, hoe bruikbaar ook, kunstmatig en introduceert artefacten door te negeren wat het negeert. Rosen geeft het volgende voorbeeld: Beschouw een aantal krachten die op een geïsoleerd lichaam werken. De krachten, zijnde S, 'verklaren\*' de versnelling van het lichaam, zijnde N. In dit beeld verschijnt inertie als een artefact van ons negeren van de interrelatie tussen het lichaam en de rest van het heelal. Andere analyses zouden bijvoorbeeld het lichaam tesamen met alle andere lichamen waarmee het in interactie is zien als 'verklaring' van de krachten, of de krachten zien als verklaring voor het bestaan van de lichamen, enz..

Deze wijze waarop Rosen het begrip 'verklaring' benadert is op zijn minst diskutabel. Zeker is, dat er ook geheel andere beschrijvingen van wat een verklaring is bestaan.

Een ander voorbeeld dat Rosen geeft is, dat de wetten van de fysica en de kompositie van het heelal als zijnde S het bestaan van leven, zijnde N, verklaart. Hier worden kans en waarschijnlijkheid geïntroduceerd als artefact

van ons negeren van het feit dat leven zich niet geïsoleerd van de rest van het heelal ontwikkelde. Maar ook het bestaan van leven, S, kan blijken bepaalde kondities, zijnde N, te vereisen en S wordt dan beschouwd als verklaring voor het bestaan van die kondities. Dit is het A.P.R..

### 3.5. A.P.R. als fundamenteel verklaringsprincipe.

Een fysische verklaring van het geheel is volgens Rosen onmogelijk. Zij kunnen alleen binnen het geheel gevonden worden, waarbij de ene component de andere verklaart. Naar geen enkele component van het geheel is fundamenteeler dan een andere. Dus wat moeten we dan als meest fundamentele fysische verklaring gebruiken? Die verklaring, aldus Rosen, die gebaseerd is op een fenomeen waarvan we het meest zeker zijn, waarover we de minste twijfels hebben, waarin we het meeste vertrouwen hebben: ons eigen bestaan. In Rosen's woorden samengevat:

"A.P. is one of any number of valid ways of analyzing physical reality.

However, it offers the most fundamental physical explanations, since it bases them on the most solid physical phenomenon we know, our own existence."

Rosen verbindt de vraag hoe fundamenteel een verklaring is met de vraag hoe vast, hoe degelijk het fenomeen is waarop die verklaring is gebaseerd.

Dit is een voor zover ik weet nieuw standpunt waarop ik in H.5. zal terugkomen.

Aanvaarden we het A.P.R. als fundamenteel fysisch verklaringsprincipe, dan kan hiermee de vraag, gesteld in paragraaf 3.3. beantwoord worden. De vraag was: Als het heelal, zoals Rosen meent, ordeloos en onvoorspelbaar is, hoe komt het dan dat voldoende kleine subfenomenen wèl een zekere orde bezitten en voorspelbaar zijn? Het antwoord van Rosen luidt: Omdat we fysici zijn. Om ons immers een stabiel, betrouwbaar geheugen te geven moet het heelal in onze omgeving een zekere mate van ruimtelijke en temporele continuïteit bezitten. Rosen:

"Thus the capricious universe must nonetheless have orderly aspects that affect us strongly. These are the laws of physics we discover. The orderless aspects of the universe must affect us only very weakly, if at all".

Op analoge wijze verklaart Rosen het bestaan van verschillende symmetrieën, althans bij benadering. Zo is een verklaring voor het bestaan van tijds- en ruimtelijke symmetrie het feit, dat voor de fysicus reproduceerbaarheid vereist is, en dat reproduceerbaarheid alleen mogelijk is in een ruimte die deze symmetrieën bezit.

Onder "orderless aspects" rekent Rosen bijvoorbeeld de microscopische ordeloosheid die ons slechts via een hogere orde, beschreven door de Kwantummechanica beïnvloedt en een mogelijke macroscopische, kosmische onvoorspelbaarheid die we niet kunnen waarnemen vanwege het tijdschaalverschil tussen de ouderdom van de mensheid en die van het heelal. (Vergeet Rosen hier dat we wel degelijk miljarden jaren naar het verleden kunnen 'kijken', namelijk naar verafgelegen objecten en de zogenaamde 3 Kelvin-straling?) Niet reproduceerbaarheid op 'mensschaal' zou zich kunnen uiten als transcendente fenomenen, parapsychologie enz., maar mag ons slechts licht en af en toe beïnvloeden.

### 3.6. A.P.R. als fysisch verklaringsprincipe?

In de metafysica bestaat er de controverse over de vraag of de wetten der fysica echt 'bestaan' onafhankelijk van observatoren, zodat ze een werkelijkheidswaarde bezitten onafhankelijk van de vraag of wij 'er zijn', of dat deze wetten observator-afhankelijk, menselijke constructies zijn. De

eerste visie noemt men het realisme en is al of niet bewust aanvaard door de meeste fysici en zorgde mede voor de opbloei van de klassieke fysica, en bevordert volgens Rosen conservatisme. Het andere metafysische standpunt is het idealisme, dat stelt dat er geen fysische werkelijkheid bestaat onafhankelijk van onze waarnemingen. Rosen noemt het A.P.R. een extreem idealistisch principe. Of hij hieraan gelijk heeft, valt te betwijfelen. Ook vanuit een realistische visie zou men Rosen's gedachtengang kunnen aanvaarden. De basis van het A.P.R. ligt wellicht eerder in een holistische, dan in een idealistische wereldvisie. Rosen gaat immers uit van een uniek heelal dat een zelfconsistent geheel vormt, en waarbinnen slechts partiële verklaringen mogelijk zijn.

Afgezien van de vraag hoe die visie genoemd moet worden, feit is, dat A.P.R. is afgeleid vanuit een wereldvisie die metafysisch van aard is. Toch stelt Rosen, dat zij gebruikt mag worden als fysisch verklaringsprincipe. Naar mijn mening is deze claim echter strijdig met Rosen's eigen definitie van de fysica. Evenals de toepasbaarheid van S.A.P. is ook die van A.P.R. afhankelijk van de visie die men heeft op de wereld als geheel. Wereldvisies, die niet te verifiëren zijn en afhankelijk zijn van metafysische vragen als: Is het heelal uniek? Is zij als geheel principieel onvoorspelbaar, ordeloos? Is er een transcendente werkelijkheid? In het volgende hoofdstuk zal ik dieper ingaan op een aantal wereldvisies, deze met elkaar vergelijken en bekijken of bepaalde versies van het Anthropisch Principe hierin toepasbaar zijn.

## H.4. WERELDVISIES

### 4.1. Inleiding.

In dit hoofdstuk wordt een aantal wereldvisies van bekende fysici besproken. Met 'wereldvisie' wordt bedoeld: de wijze waarop het heelal als geheel wordt gezien, hoe -en in hoeverre- zij met fysische middelen kan worden onderzocht en welke al dan niet essentiële plaats de mens als observator hierin inneemt.

Het zij de lezer duidelijk dat hiervan geen volledig beeld gegeven kan worden. Ook zullen de visies die wel ter sprake komen slechts kort en onvolledig worden behandeld. De bedoeling is, om slechts een globaal beeld te geven van de verschillende visies die er zoal hieromtrent bestaan, en te kijken in hoeverre A.P. binnen die visies zou kunnen worden toegepast.

Hoewel alle informatie komt van tijdschriften en boeken die beogen informatie over de fysica te geven, zullen in dit hoofdstuk ideeën besproken worden die voornamelijk metafysisch van aard zijn.

Na het uiteenzetten van twee meer algemene visies (die van resp. Pollard en van Rosen) en een vergelijk van die twee, zullen een aantal meer concrete visies uit Kwantummechanische en uit Kosmologische hoek worden aangestipt, en getoetst aan en eventueel ingepast in één van de eerste twee visies.

### 4.2. Pollard's transcendente wereldvisie

Volgens Pollard hebben de laatste eeuw binnen de fysica ontwikkelingen plaatsgevonden die suggereren dat er een externe werkelijkheid buiten de ruimte en tijd zoals wij die waarnemen bestaat (ref.6). De vijf argumenten die volgens hem wijzen op het bestaan van een transcendente werkelijkheid, een soort 'superreality' zijn:

## 1. Singulariteit bij de geboorte van het heelal

Uit het principe van Boltzmann dat de entropie van een systeem altijd moet toenemen volgt volgens Pollard dat het heelal er in het verleden heel anders moet hebben uitgezien dan het er nu uitziet. Het heelal verkeert in een staat van expansie, en dit leidt terug in de tijd tot een essentiële singulariteit, de 'Big Bang'. Pollard komt hiermee tot zijn eerste argument voor het bestaan van een 'superreality':

"In order that space, time and matter can be born in an instant before there was no before, it is necessary that there should be a transcendent domain of reality within which they can enter on their existence and thereafter be embedded with all their particular properties and laws."

Er moet dus een transcendente orde bestaan waarin de natuurlijke orde van ruimte-tijd, die zelf weer materie en straling bevat, kan worden ingebed, aldus Pollard. Merk op, hoezeer die mening in contrast staat met Rosen's mening dat het heelal ordeloos is.

### 1. Configuratie-ruimte van kwantumgolffunctie als 'superreality'

Pollard meent dat de Kwantummechanica een dergelijke transcendente orde schept. In de Kwantummechanica wordt de staat van ieder deeltje gegeven door een complexe golffunctie  $\psi$ . Deze worden niet gegeven in de werkelijke ruimte, maar elk in hun eigen configuratie-ruimte. Deze configuratie-ruimte is essentieel voor de Kwantummechanica om allerlei fenomenen te verklaren.

Om deze reden kent Pollard hieraan een transcendente werkelijkheid toe:

"Thus quantum mechanics provides, as an essential feature, the reality of the transcendent order in which the natural universe is embedded".

### 2. Anthropisch Principe

Als derde argument geeft Pollard, dat fysische gegevens er op lijken te wijzen, dat het heelal is 'ontworpen' om de mogelijkheid van het ontstaan van leven te verschaffen. Een voorbeeld hiervan is een suggestie van Dicke uit 1961 (ref.8): Intelligent leven had nooit kunnen ontstaan als het heelal niet 'ontworpen' was om minstens zo oud te worden als zij nu is, daar die tijd nodig is om binnen sterren de essentiële elementen, nodig voor proteïnen en DNA, te vormen en vervolgens een evolutie als op aarde te doen plaatsvinden. Een ander voorbeeld komt van B. Carter, die aantoonde, dat wanneer de relatieve waarde van de gravitationele en de electromagnetische fijnstructuurconstanten een iets andere waarde zou hebben, dit zou betekenen dat er in een dergelijk heelal geen planeten zouden zijn waarop leven zich kan ontwikkelen. Pollard noemt deze twee gedachtengangen als voorbeeld van het algemene principe, dat Anthropisch Principe genoemd wordt, en bespreekt dit principe als volgt:

"If one imagines an ensemble of universes of different size- and duration and equipped with different values of the fundamental constants G,h,c,e and others, this principle selects only that member of the ensemble for which life and its evolution to man is a possibility. But merely stating the problem in this way suggests a creator with a mysterious plan or purpose of his own. And certainly by any standard for judging a creative artist, to carry life from bacteria to man in three billion years is a startlingly immense creative achievement. Even the creation of a planet like the earth is also a remarkable creative achievement. All such considerations are clearly beyond the competence of science to either affirm or deny."

Pollard erkent dus dat er mogelijk sprake is van "long range planning in physics itself", maar ontkent dat dit verschijnsel binnen de wetenschap

met behulp van A.P. zou kunnen worden verklaard.

Hij brengt dit verschijnsel eenvoudig onder bij het rijtje verschijnselen dat haar oorsprong moet hebben in een transcendente, wetenschappelijk onkenbare werkelijkheid. (Overigens is Pollard's omschrijving van A.P. een ensemble-interpretatie van U.A.P.. Zijn omschrijving van A.P. is dus onvolledig.)

#### 4. Minimale kans op evolutie tot hoge intelligentie

Bij Pollard's vierde argument speelt het begrip kans, toegepast op het heelal als geheel, een grote rol. Na beschouwingen over de kans dat intelligent leven op één of andere planeet kan ontstaan, concludeert hij: "If life did get started independently on another planet, it seems highly improbable that it would discover the same 20- letter amino acid alphabet with which to spell its protein words.", en tot slot: "It is pure fantasy to suppose that somewhere in the galaxy there is another planet like the Earth on which creatures like man have independently evolved a technological civilization..." Met dit argument lijkt Pollard te willen suggereren dat één of andere transcendente werkelijkheid (godheid?) ertoe heeft bijgedragen dat zich intelligent leven op aarde ontwikkelde ondanks de fysisch uiterst kleine kans dat dit zou gebeuren. Dat die kans uiterst klein was, daar zijn de meeste evolutionisten het wel over eens (ref.2,p.124). Pollard's interpretatie van dit feit is echter diskutabel. Hier zal ik bij de confrontatie met Rosen's visie op terugkomen.

#### 5. De ongelooflijke bruikbaarheid van wiskunde in de fysica

Het laatste verschijnsel dat Pollard noemt als een aanwijzing van transcendentie is de onverklaarbare bruikbaarheid van de wiskunde in de natuurkunde (een suggestie van E. Wigner). Hij geeft vier voorbeelden: Newton's gravitatie-theorie, Riemann's wiskunde van gekromde multidimensionele ruimtes in de Algemene Relativiteitstheorie, Hilbertruimtes in de Kwantumtheorie en tot slot Lie's abstracte algebra in de Kwantumchromodynamica.

Pollard :

"Could it be that the Mind, which designed and created this mysterious universe and its laws 18 billion years ago already knew all about..(al deze wiskunde)..?"

De soort van transcendentie, gegeven door de configuratieruimte waarin complexe golffuncties volgens de Kwantummechanica worden gegeven, vormt een integraal deel van de fysica. Een verklaring voor de andere argumenten ligt echter, aldus Pollard, ver buiten de mogelijkheden van de wetenschap om te geven. Het zijn volgens Pollard aanwijzingen voor het bestaan van een realiteit die niet binnen de fysica is te vatten.

Pollard's wereldvisie kan, streng geformuleerd, als volgt worden weergegeven :

Er bestaat een transcendente werkelijkheid die verantwoordelijk is voor het ontstaan van het heelal, haar een wiskundige orde heeft gegeven en eigenschappen heeft gegeven die het ontstaan van leven mogelijk heeft gemaakt en die onze evolutie, hoewel het fysisch zeer onwaarschijnlijk was dat zij zou plaatsvinden, tot stand heeft gebracht.

Fysische beschrijving en verklaring van verschijnselen in onze ruimte-tijd is mogelijk dankzij de wiskundige orde die deze transcendente werkelijkheid ons heelal heeft gegeven. Een verklaring voor deze orde zelf, en beschrijving van deze transcendente werkelijkheid is vrijwel niet mogelijk

binnen de fysica, ook niet door middel van een principe als A.P..

#### 4.3, Rosen's wereldvisie: het heelal als zelfconsistente eenheid

In het kort geformuleerd is Rosen's wereldbeeld:

"The universe, the 'ordinary reality' ... is all there is." (ref.?) Rosen accepteert dus geen 'superreality' zoals Pollard wel doet.

De voornaamste reden hiervoor is, dat dat economischer is: Een 'superreality' is in principe onkenbaar en introduceert dus alleen extra problemen.

Waar Pollard een transcendente werkelijkheid introduceert om bepaalde zaken te 'verklaren', is Rosen van mening dat 'ordinary reality' ook fenomenen kent die wetenschappelijk niet verklaarbaar zijn, daar het heelal als geheel volgens hem fundamenteel wetteloos en onvoorspelbaar is.

Noch Pollard's, noch Rosen's wereldbeeld geven een mogelijkheid, aldus Rosen, tot totaal begrijpen. Het eerste komt uit op een onhandelbare (super)werkelijkheid. Bij het tweede is de vraag waarom het heelal is zoals zij is zinloos, maar we kunnen wel onderzoeken hoe bijvoorbeeld de wetten van de fysica, de staat van het heelal, het bestaan van leven enz. in elkaar passen en zo een zelfconsistente eenheid vormen. De twee belangrijkste principes die Rosen hiertoe gebruikt zijn het Anthropisch Principe (in zijn versie, dus A.P.R., zie H.3) en het 'Uitgebreide Principe van Mach' ("The Extended Mach Principle", ref.10). Dit laatste principe volgt uit de eis dat het heelal een op zichzelf staande, zelfconsistente eenheid is, en luidt:

"De oorsprong van al onze fysische wetten ligt binnen het Universum."  
(ref.10)

In de volgende paragraaf zullen we Pollard's en Rosen's visie met elkaar vergelijken. Als leidraad dienen hierbij Pollard's vijf argumenten die volgens hem voor zijn visie pleiten, en Rosen's behandeling van die argumenten binnen het kader van zijn eigen visie (ref.7).

#### 4.4. Pollard's en Rosen's visie met elkaar geconfronteerd

Rosen 'past' Pollard's vijf argumenten voor transcendentie (§4.2.) als volgt in in zijn eigen wereldbeeld (ref.7):

##### 1. Singulariteit bij de geboorte van het heelal

Het bestaan van een transcendent domein waarin ruimte, tijd en materie kan worden ingebed en kan ontstaan is noodzakelijk binnen Pollard's wereldbeeld, maar niet binnen die van Rosen. Zij vormen binnen zijn wereldbeeld aspecten van het zelfconsistente heelal, en kunnen wellicht met behulp van A.P.R.' verklaard' worden (zie H.5 en ref.11). Het probleem van de onmogelijkheid van definitie van tijd 'tijdens' het ontstaan van het heelal bespreekt Rosen overigens in een afzonderlijk artikel getiteld "When did the universe begin?" (ref.16).

##### 2. Configuratie-ruimte van kwantumgolffunctie als 'superreality'

Rosen: Bepaalde aspecten van de natuur blijken isomorf te zijn met bepaalde wiskundige constructies. Ook deze wiskundige systemen worden gevat binnen het heelal (d.m.v. tekensystemen op papier en neurologische activiteiten in de hersenen), en hoeven niet te wijzen op transcendentie.

##### 3. Anthropisch Principe

Rosen meent dat het misleidend is om a priori kansen in te voeren,



bijvoorbeeld bij de (goddelijke?) keuze van de waarden van de fundamentele natuurkonstantes. Waarom dan niet ook de vorm van de natuurwetten variëren? Rosen's interpretatie:

"... there is but a single universe. It is a self-consistent unity, since we exist in it, conditions must be compatible with our own existence, and thus the fact this is so is in no way remarkable. Since no other possibility is meaningful, a priori probability is meaningless."

Hiermee wijst Rosen niet alleen Pollard's argument voor transcendentie af, maar tevens de ensemble-interpretatie van A.P.. Meer hierover in het volgende hoofdstuk.

#### 4. Minimale kans op evolutie tot hoge intelligentie

Het concept a priori kans in deze zin, is ook in Rosen's visie niet betekenisloos, omdat ons eigen heelal wordt beschouwd en geen 'andere werelden' zoals bij argument 3. Zij is echter volgens Rosen wèl bedrieglijk. Kans is gerelateerd aan onzekerheid. Maar bij het bepalen van de kans dat Homo Sapiens zal ontstaan, welke, of wiens onzekerheid moeten we dan gebruiken? En zelfs als we een of andere uiterst kleine kans zouden kunnen bepalen, dan zou dat nog geen argument voor transcendentie leiding zijn. Immers, wàt er zich ook ontwikkelt, levend of niet levend, is uiterst onwaarschijnlijk, wanneer in voldoende detail bestudeerd. Dus dan zou iedere ontwikkeling in het heelal evengoed transcendent geleid zijn. Rosen stuit hier op een ander grondslagenprobleem betreffende het kansbegrip: Is kans gerelateerd aan gebrek aan kennis, en derhalve een subjectief begrip?(ref.15).

#### 5. De ongelooflijke bruikbaarheid van de wiskunde in de fysica

Het gaat hier, aldus Rosen, om een gevoel van onberedeneerbare effectiviteit en vruchtbaarheid, en niet om iets dat gebaseerd is op één of ander objectief criterium hiervoor. Zou Rosen dit gevoel evenzeer delen, dan zou hij dit zien als één van de vele aspecten die we nog niet in de zelfconsistente eenheid die het heelal is hebben kunnen inpassen: "There is still much to be learned".

Rosen is van mening, dat niets in het heelal kan bewijzen of aantonen dat de ene visie beter is dan de andere.

Rosen kiest voor zijn wereldbeeld wegens haar conceptuele economie. Hij suggereert dat aanhangers van de transcendentie visie ondanks haar complexiteit voor deze visie kiezen omdat ze terugschrikken voor een fundamentele wetteloosheid van het heelal als geheel, een punt dat in zijn transcendentievrije visie centraal staat.

Daar Pollard's transcendentie werkelijkheid fysisch principieel onkenbaar is, is het inderdaad te verwachten dat Pollard's visie niet verifieerbaar is, en Rosen's visie niet falsificeerbaar. Ze kunnen daarom gezien worden als persoonlijke visies die metafysisch van aard zijn.

Pollard wijst iedere toepassing van A.P. binnen de fysica af. Er bestaan echter ook visies, waarbij A.P. in de vorm van een ensemble-interpretatie wel wordt gebruikt om die transcendentie orde op een 'fysische' manier te benaderen. Deze komen voort uit verschillende interpretaties van de kwantummechanica, welke in de volgende paragraaf zullen worden behandeld.

Rosen wijst ensemble-interpretaties van A.P. af vanwege het "invariant context" probleem (ref.11). Meer hierover in H.5.. Wel aanvaardt hij A.P. als fysisch verklaringprincipe om zeer fundamentele aspecten van het heelal te verklaren op grond van het bestaan van Homo Sapiens. Hiermee bestaat de

kans om in een cirkelredenering terecht te komen (zie figuur). Voor Rosen is dat echter geen probleem, daar volgens een holistische visie een verklaring van het geheel tóch niet mogelijk is (ref.11).

#### 4.5. Wereldvisies vanuit het oogpunt van de kwantummechanica.

Een grondslagenprobleem binnen de kwantumtheorie is de vraag, hoe het Projektiepostulaat moet worden geïnterpreteerd. Ik zal hier een uiterst summiere beschrijving van dit probleem geven. Er zullen verschillende interpretaties ter sprake komen, die aanleiding geven tot verschillende wereldvisies en eventuele wijzen van toepassing van A.P.. Voor uitgebreide beschrijving van het kwantummechanisch meetproces, zie onder vele andere ref.18,19.

Het wiskundig formalisme van de quantummechanica kan worden weergegeven door vijf postulaten. De eerste vier geven de korrespondentie van het fysisch systeem, fysische grootheden, kansen op meetuitkomsten bij meting van grootheid A en de dynamica van het systeem met hilbertruimte en operatorcalculus op die hilbertruimte. Met deze vier postulaten nemen de meeste fysici genoegen, daar hiermee in de praktijk vrijwel alle kwantummechanische metingen behandeld kunnen worden.

Er wordt in deze vier postulaten echter geen uitspraak gedaan over de toestand van het systeem direct na de meting. Zij doen slechts voorspellingen over de dynamica van systemen (waarbij geen metingen worden verricht en die wordt bepaald met behulp van een unitaire operator) en over meetuitkomsten.

Het projectiepostulaat beweert nu, dat het systeem met begintoestand  $|\psi\rangle$  zich direct na het meten van een observabele A met uitkomst  $\alpha_i$  in de toestand  $|\alpha_i\rangle$  bevindt. Deze verandering ('collapse') van de golf functie kan niet beschreven worden door een unitaire transformatie en is dus een essentieel andere verandering dan de dynamische, beschreven door de schrödingervergelijking. De vraag bij de interpretatie van dit postulaat is nu wanneer, en ten gevolge waarvan/van wie deze transformatie plaatsvindt. Dit probleem leidt tot de bekende "Schrödinger Kat Paradox" en tot een uitgebreidere versie van deze paradox, de "Everett Friends Paradox" (ref2,p.468): Als het de vraag is, of waarnemer A een golf functie van systeem Q doet 'inklappen', dan is het ook de vraag of waarnemer B het systeem (A+Q) kan doen inklappen en of waarnemer C systeem (A+B+Q) vervolgens kan doen inklappen enzovoort enzovoort. Barrow & Tipler geven vijf mogelijke houdingen ten aanzien van dit probleem

(p.468-489);

a) Solipsisme, welke iedere fysicus direct afwijst.

b) Ieder wezen met bewustzijn kan golf functies doen 'inklappen'.

Deze visie wordt verdedigd door Wigner, von Neumann en London en Bauer. De laatste twee (ref.2,p.468,469) menen dat door de mogelijkheid van introspectie de waarnemer een geheel andere plaats inneemt dan levenloze objecten; hij kan zijn eigen objectiviteit creëren door middel van zelfreferentie en zodoende golf functies 'inklappen'.

Probleem van deze visie is volgens Barrow & Tipler (p.469), dat zij de overeenkomst in het resultaat dat verschillende waarnemers van dezelfde meting vinden, niet verklaart;

"It would seem that one could justify this coincidence of wave function reduction to the same state by two different observers only by reference to something like Leibnitz' idea of 'pre- established

harmony'."

c) Een gemeenschap van waarnemers kan golffuncties reduceren ("collapse by intersubjective agreement").

Volgens Wheeler zou deze interpretatie een mechanisme kunnen vormen om het gehele heelal tot 'zijn' te brengen. Volgens de Kopenhaagse Interpretatie van de Quantummechanica zijn eigenschappen van objecten voor hun meting slechts latent aanwezig en worden ze bij meting pas 'actual', bestaand. Wanneer je aanneemt dat alle eigenschappen van en in het heelal door meting eens tot 'zijn' gebracht zijn of zullen worden gebracht, dan speelt de waarnemer een essentiële rol als 'tot stand bringer' van het heelal. Dit anthropocentrische beeld van het heelal noemt Wheeler 'Participatory Universe'. Een gevolg van dit idee is, dat observatoren noodzakelijk zijn om het heelal tot 'zijn' te brengen. Dit is het 'Participatory Anthropic Principle' (zie H.2).

d) Er is een soort van 'Ultieme Waarnemer'.

Deze visie komt voort uit c) plus de eis dat de afzonderlijke observaties uit c) worden gecoördineerd en het gehele heelal tot 'zijn' wordt gebracht.

Barrow & Tipler noemen dit een "Berkelian Weltbild" naar de idee van Berkely om de tegenstrijdigheid op te lossen van enerzijds het Absolute Idealisme, volgens welke alles het ego is, en niets buiten het ego bestaat, en anderzijds de idee dat er een orde bestaat in het heelal extern aan de observatie van een ego, namelijk de idee dat er een god is buiten het heelal, die deze orde in 'bestaan' bracht.

Zodoende zou je, al speculerend, tot een principe als F.A.P. kunnen komen (zie H.2).

e) Het Projectiepostulaat geldt niet, "wave functions never collapse".

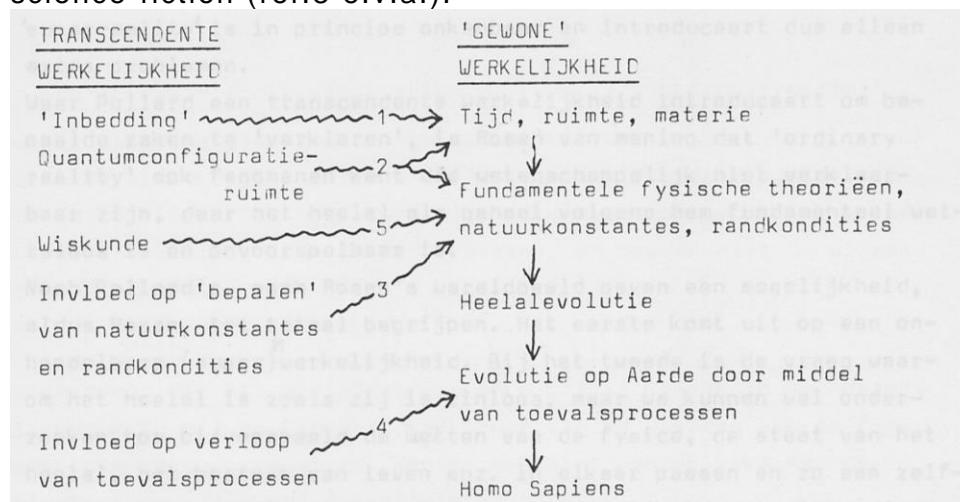
Deze aanname leidt tot de Many-Worlds Interpretatie van Everett (ref.17). Bij de meting van bijvoorbeeld de spin van een elektron in de z-richting waarbij het electron zich voor de meting in een singlettoestand bevindt, dan splitst het heelal, of in ieder geval het meetsysteem en de waarnemer(s) zich in tweeën, waarbij in de ene wereld de spin omhoog, in de andere de spin omlaag wordt gevonden. Op deze wijze ontstaan vele 'werelden', die alle 'vertakkingen' zijn binnen de golffunctie van de gehele kosmos

[COSMOS> . Deze 'many worlds' zouden kunnen worden opgevat als een ensemble en worden gebruikt bij de ensemble-interpretatie van S.A.P. of W.A.P.: Er vindt een soort selectie plaats omdat slechts in een gedeelte van de vertakkingen observatoren zich kunnen handhaven. Maar alle werelden hebben wel evenveel bestaanswaarde. Voor een grondiger uiteenzetting zie ref.2. Kritiek op deze interpretatie is vooral gericht op het feit dat een waarnemer slechts èèn tak van de 'Kosmos' kan waarnemen en dat andere vertakkingen voor hem niet observabel zijn, en derhalve voor hem geen empirische inhoud hebben.

Barrow & Tipler brengen hier tegenin, dat de Many-Worlds Interpretatie (MWI) weliswaar de ontologie vergroot, maar de fysische wetten uorden er eenvoudiger door (economisch argument: het moeilijk te interpreteren Projectiepostulaat komt te vervallen).

Bij kosmologen ligt MWI in goede smaak, omdat hiermee relatief makkelijk kan worden gewerkt bij het geven van modellen van het heelal. Er kan dan immers een golffunctie worden opgesteld van het heelal als geheel, en zodoende kan aansluiting worden gevonden tussen de Kwantumtheorie en Kosmologie (i.e. Quantum Cosmology, ref.2 §7.3, 7.4& 7.5 en referenties daarin).

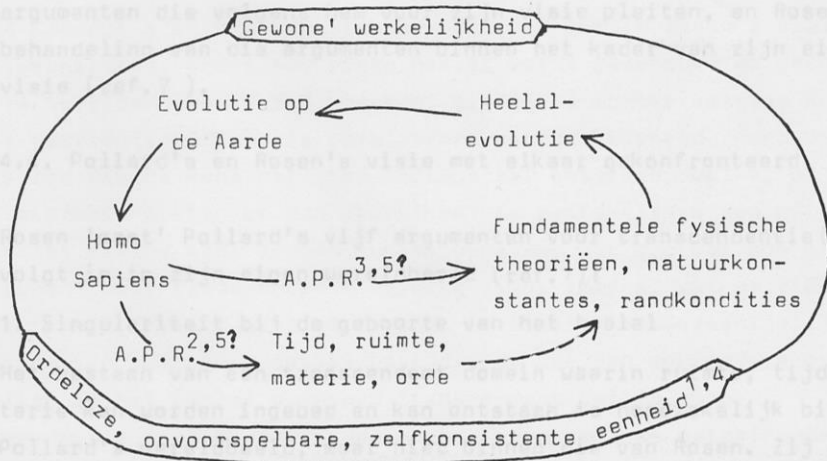
Ook is MWI geliefd in populair-wetenschappelijke literatuur en de science-fiction (ref.3 e.v.a.).



Schema 1. Pollard's wereldbeeld.

Een voor de aanschouwelijkheid sterk vereenvoudigd beeld van Pollard's wereldvisie.

- ~~~~~>: Transcendente, fysisch onverklaarbare invloed op aspecten van ons waarneembare heelal. De cijfers verwijzen naar Pollard's vijftal argumenten (zie tekst).
- >: Globale aanduiding van fysische verklaringen.



Schema 2. Rosen's wereldbeeld. Eveneens zeer vereenvoudigd.

- >: Globale aanduiding van fysische verklaringen. Waar A.P.R. wordt toegepast, wordt dat aangegeven. De cijfers verwijzen naar de in de tekst behandelde argumenten.

#### 4.6. De status van A.P. binnen verschillende wereldvisies.

Terwijl in Rosen's wereldvisie A.P.R. een centrale plaats inneemt, biedt Pollard in zijn visie geen enkele ruimte aan A.P.. Pollard's visie zou kunnen worden vergeleken met houding d) ten opzichte van het probleem van de interpretatie van het Projektiepostulaat; het "Berkelian Weltbild".

Beide visies nemen het bestaan van een transcendente werkelijkheid of godheid aan die de eigenschappen van het heelal als geheel bepaalt. Volgens Barrow & Tipler kan deze visie leiden tot F.A.P.. Visies als deze vind ik wel erg speculatief, en dragen niet bij aan een beter begrip van de fysische wereld.

Het 'Participatory Universe' van Wheeler (houding c) lijkt op het eerste gezicht overeenkomsten te hebben met Rosen's visie. Toch zijn ze essentieel van elkaar verschillend; Volgens Wheeler's idealistische visie brengt de waarnemer het heelal tot 'zijn', terwijl volgens Rosen's holistische visie de waarnemer slechts een verklarende rol kan spelen bij het fysisch onderzoek van het heelal als zelfconsistente eenheid. Op welke wijze het Participatory Anthropic Principle moet worden geïnterpreteerd is vrij onduidelijk.

De mening dat ieder wezen met bewustzijn golffuncties kan doen 'inklappen' (houding b) houdt nog verschillende visies op A.P. open. Wat alleen beweerd wordt is, dat de waarnemer bij het kwantummechanisch meetproces een essentiële rol speelt.

De Many-Worlds Interpretatie (houding b) heeft verstrekkende gevolgen voor de visie op de wereld als geheel. De ontelbare 'vertakkingen' leveren ontelbare onafhankelijke 'klassieke' universums met elk evenveel realiteitswaarde. Carr en Rees zeggen het volgende over de plaats van A.P. in dit beeld (ref 20):

'There may already be room for the anthropic principle in this picture. Wheeler envisages an infinite ensemble of universes, all with different coupling constants and so on. Most are 'stillborn', in that the prevailing physical laws do not allow anything interesting to happen in them; only those which start off with the right constants can ever become 'aware of themselves'. One would have achieved something if one could show that any cognisable universe had to possess some features in common with our universe. Such an ensemble of universes could exist in the same sort of space as the Everett picture invokes.'

Ondanks deze argumenten zijn Carr en Rees van mening dat A.P. nooit veel meer dan een filosofische curiositeit zal zijn, en nooit de status van een fysisch principe zal kunnen krijgen.

Ook Rosen is van mening dat MWI geen aanleiding kan geven tot een nieuwe fysische theorie, omdat de 'vele werelden' op de onze na niet door ons waarneembaar zijn, en derhalve in zijn visie MWI zelf metafysisch van aard is.

Aanvaarden we MWI, dan moeten er overigens toch nog aannames gedaan worden betreffende de vorm van de golffunctie van de gehele Kosmos (ref.2, H.7). MWI levert ons geen a priori vaststaande golffunctie waaruit een ensemble universums voortkomt. Met alleen MWI is een ensemble interpretatie van S.A.P. dus nog lang niet zonder meer volledig toepasbaar.

Er zijn overigens ook andere heelalmodellen waarin sprake kan zijn van een ensemble universums: het 'Oscillerende- Heelal-Model', en het 'Inflationary Big Bang Model'. Ook bij deze modellen bestaat het probleem dat de opbouw van het te beschouwen ensemble universums niet eenduidig wordt bepaald, en dus ook toepassing van de ensemble-interpretatie van S.A.P. zeer speculatief wordt.

Ondanks grote onvolledigheid, hoop ik toch in dit hoofdstuk iets meer duidelijkheid te hebben verschaft over de verschillende mogelijke wereldvisies en de plaats die A.P. in die visies kan innemen. In het volgende hoofdstuk zal worden besproken in hoeverre, en in welke vorm A.P., ondanks

haar nauwe samenhang met metafysische wereldbeelden, als een binnen de fysica toepasbaar principe zou kunnen worden beschouwd.

## H.5. DE STATUS VAN HET ANTHROPISCH PRINCIPE BINNEN DE FYSICA

### 5.1. Weak Anthropic Principle

Het is moeilijk om een anthropisch principe te formuleren dat losstaat van één of ander metafysisch uitgangspunt zoals de aanname van een ensemble van universums waarvan er slechts één voor ons toegankelijk is, of de visie van Rosen dat het heelal moet worden gezien als een uniek, zelfconsistent geheel dat in principe ordeloos is.

U.A.P. is volgens Barrou & Tipler en Rosen wél een binnen de fysica toepasbaar principe, een principe dat de beperkingen van de mens als waarnemer benadrukt: Evenals je niet kunt verwachten dat je met je oog electromagnetische straling waarneemt buiten de frequentie van die van het zichtbare licht, kun je ook niet verwachten dat je als mens bijvoorbeeld een heelal waarneemt dat een levensduur heeft van slechts enkele miljoenen jaren, of één die zich pas in het beginstadium van haar ontwikkeling bevindt. In die situatie zouden wij immers nooit als waarnemer kunnen bestaan.

U.A.P. levert ons dus een verklaring voor het feit dat we ons in een heelal bevinden dat miljarden jaren oud is en dus ook miljarden lichtjaren groot, mits we aannemen dat de fysische theorieën die nu gelden ook in een ver verleden golden en op grote afstanden gelden.

Met de formulering die Barrou & Tipler geven van U.A.P. wordt naar mijn mening echter meer beweerd dan alleen bovenstaande. Binnen de definitie wordt namelijk aangenomen dat er een soort van waarschijnlijkheidsverdeling kan worden gegeven van de verschillende waarden van een fysische of kosmologische grootheid. Maar we kunnen in principe maar één waarde, namelijk de feitelijke waarde die we meten, waarnemen. Er wordt dus gesuggereerd dat er een a-priori kansrekening kan worden toegepast. Een dergelijke metafysische vooronderstelling kan naar mijn mening niet tot fysische verklaringen leiden. Om dit probleem te omzeilen, zou W.A.P. beter als volgt geformuleerd kunnen worden (vergelijk met definitie op blz. 7):

Nieuwe definitie van het Weak Anthropic Principle:

De waarden van alle fysische en kosmologische grootheden liggen binnen een bepaald gebied, namelijk dat gebied waarbinnen het ontstaan van leven op basis van koolstof mogelijk is en waarbinnen ook een voldoende ouderdom van het heelal om dit te hebben doen plaatsvinden mogelijk is.

In deze vorm hoeft W.A.P. ook niet direkt in relatie gebracht te worden met het theorema van Bayes, iets wat Barrou & Tipler wél doen. Dit theorema vooronderstelt de mogelijkheid van het toekennen van a-priori-waarschijnlijkheden (blz.6, ref.15 p.6). W.A.P. zou kunnen worden gezien als een in acht name van de eigenschappen en beperkingen van onze meetapparatuur. Wijzelf behoren immers in zekere zin ook tot die meetapparatuur. Toch is W.A.P. volgens Rosen niet triviaal, daar zij het bestaan van de mens introduceert binnen de wetenschap terwijl men vroeger juist altijd trachtte de mens buiten beschouwing te laten (ref.11).

### 5.2. Strong Anthropic Principle , Rosen's kritiek

S.A.P. stelt, dat het heelal bepaalde eigenschappen moet hebben om het ontstaan van leven mogelijk te maken. Rosen meent dat hiermee een a priori wet wordt gesteld aan het heelal. Daarom is hij van mening dat S.A.P. geen fysisch, maar een metafysisch principe is. Binnen de context van de wetenschap zijn gedragsbepalingen, opgelegd aan het heelal immers betekenisloos. Een verklaring van het heelal als geheel is onmogelijk, en A.P. kan volgens Rosen daarom slechts partiële verklaringen binnen dat heelal leveren, zoals W.A.P. en A.P.R. doen.

Dergelijke kritiek kan ook geleverd worden op de verschillende interpretaties van de kwantumtheorie en toepassingen van A.P. hierbinnen. Het idee bijvoorbeeld, dat waarnemers noodzakelijk zijn om het heelal 'bestaand' te maken (blz.25), is een idee dat ook buiten de context van de wetenschap ligt. Ook met de mening dat een ensemble van verschillende universums noodzakelijk is voor het bestaan van het onze, treedt men buiten de grenzen van de wetenschap. Voor F.A.P. weegt dit tegenargument nog destoe zwaarder, omdat dit principe zelfs een eis stelt aan hoe het heelal er in de verre toekomst uit moet zien (blz.7).

### 5.3. Algemene kritiek op het Anthropisch Principe

Carr & Rees noemen een drietal redenen waarom A.P. vanuit een fysisch oogpunt niet bevredigend is (ref.9). Ten eerste is dit principe post hoc: het is nog niet gebruikt om een of andere eigenschap van het heelal te voorspellen, een bezwaar dat ik al eerder noemde (blz.7). Ten tweede is het principe gebaseerd op een mogelijk ongepast anthropocentrisch concept van een waarnemer. Carr & Rees:

"The arguments invoked here assume that life requires elements heavier than hydrogen and helium, water, galaxies, and special types of stars and planets. It is conceivable that some form of intelligence could exist without all of these features - thermodynamic disequilibrium is perhaps the only prerequisite that we can demand with real conviction."

Voor A.P.R. gaat dit bezwaar wellicht niet op, want in Rosen's visie is het bestaan van de mens als waarnemer althans voor ons een zeer fundamenteel fysisch aspect van het heelal. Het bestaan van Homo Sapiens mag dus voor ons dienen als een verklaring van andere aspecten van het heelal (ref.11).

Het derde bezwaar dat Carr & Rees noemen is, dat het anthropisch principe niet de exacte waarden van de verschillende koppelingsconstanten en massaverhoudingen verklaart, maar slechts hun grootte-orde. Met meerdere anthropische kondities kan deze situatie misschien worden verbeterd, maar de huidige is niet bevredigend.

Ook Rosen noemt bezwaren van A.P.; één subjectief bezwaar en een objectief bezwaar (ref.11). Het subjectieve bezwaar is, dat een fysicus zich gewoonlijk pas dan tevreden stelt met een verklaring indien datgene wat 'verklaart' eenvoudiger, minder complex is dan het verklaarde. We wensen dat wat verklaart fundamenteeler, algemener en meer unificerend is dan het verklaarde, en we zouden ook willen, dat de eerste de oorzaak is van de laatste. Wat 'fundamenteeler' betreft; Rosen meent dat het begrip fundamenteel relatief en conventioneel is, en we kunnen niet ontkennen dat voor ons ons bestaan het meest fundamentele fysische aspect is van het heelal.

Als objectief bezwaar van A.P. noemt Rosen het "invariant context problem". Gebruiken we A.P. bijvoorbeeld als verklaring voor het feit dat

de waardes van de koppelingsconstanten zijn zoals ze zijn, dan wordt er als volgt geredeneerd: Variëren we de waardes, dan blijkt leven niet mogelijk te zijn, dus moeten die constanten de waardes hebben die ze hebben. Echter, bij het variëren van deze constanten worden alle fysische wetten, alle andere constanten (i.e. de context) niet gevarieerd. Maar het zou best kunnen dat wanneer we deze context op een bepaalde wijze laten 'meevariëren', leven wellicht wel mogelijk blijft. Bijna alle toepassingen van A.P. nemen een dergelijke invariante context aan, en zijn vanwege dit objectieve bezwaar dus niet betrouwbaar.

#### 5.4. Anthropisch Principe van Rosen

Vanwege bovengenoemde twee bezwaren pleit Rosen ervoor om A.P. alleen als verklaring van zeer fundamentele aspecten van het heelal te laten dienen. We kunnen dan terecht komen in een cirkelredenering: Een bepaald Fysisch aspect van het heelal wordt verklaard door een uit conventie fundamentele aspect. Op haar beurt wordt dit fundamentele aspect verklaard door een nog fundamentele fysisch aspect. Tenslotte komen we terecht bij fysische aspecten die alleen met behulp van A.P. verklaard kunnen worden. Was het eerste fysisch aspect dat we onderzochten het feit van ons bestaan, dan is de cirkel rond: Ons bestaan dient zowel als verklaring voor fundamentele fysische aspecten als als fysisch aspect dat wordt verklaard door fysische wetten (zie schema blz.20). We kunnen deze cirkelredenering, aldus Rosen, niet vermijden daar we zelf een deel van het heelal vormen en een verklaring van het geheel onmogelijk is.

Dit is de status die Rosen aan A.P.R. geeft binnen de fysica: A.P.R. dient als de meest fundamentele verklaring van fundamentele aspecten van het heelal waarvoor geen conventionele verklaring gevonden kan worden. Rosen (ref.11): "AP is a physical, repeat physical, principle. An AP explanation is, however, an explanation of last resort, to be used only when no conventional explanation is available, in order to provide, where applicable, some (however unsatisfactory) physical explanation rather than having none at all."

Als voorbeeld van zeer fundamentele fysische aspecten van het heelal die een A.P.R. verklaring kunnen krijgen, noemt Rosen ruimte en tijd. Kort geformuleerd luidt de verklaring als volgt: Uit het bestaan van Homo Sapiens volgt het bestaan van een 'systeem dat leert' ("a learning system"). Rosen definieert ruimte als de dimensie van het 'zijn' en tijd als de dimensie van het 'worden'. Bestaan betekent zijn, en hiermee is ruimte verklaard. Leren betekent worden en hiermee is tijd verklaard. Dit is een zeer simpele verklaring, maar de definities waarmee wordt gewerkt zijn ook zeer discutabel. Andere formuleringen zijn echter mogelijk (ref.11).

Toepassen van A.P.R. kan dus verklaringen opleveren van zeer fundamentele aspecten van het heelal, maar dan moeten we wel Rosen's holistisch wereldbeeld aanvaarden. Volgens Rosen is voor de wetenschap een andere keus ook niet mogelijk (ref.20):

'... whatever your metaphysical point of view is (a single universe, many universes according to Everett, many universes according to the oscillating universe model, many universes according to the inflationary big bang model or whatever else), as far as science is concerned the universe is unique. From that it follows that the universe is fundamentally unpredictable, orderless, and lawless, since, ... , predictability, order, and law are meaningless for unique phenomena.'



Aanvaarden we dit standpunt, dan kunnen we A.P.R. een binnen de fysica toepasbaar principe noemen, een principe dat ons fysische verklaringen levert.

#### 5.5. Kritiek op Rosen's visie

Er kleven twee bezwaren aan Rosen's visie. Ten eerste spreekt hij zichzelf tegen door een verklaring als bovenstaande voor ruimte en tijd een fysische verklaring te noemen. Hijzelf stelt namelijk dat de grens van interesse van de fysica daar ligt waar processen niet meer herhaalbaar zijn (zie blz.11). Het is echter moeilijk voorstelbaar dat een verschijnsel als ruimte of tijd herhaalbaar is. Een 'A.P.R.-verklaring' hiervoor kan dus volgens Rosen's eigen definitie niet fysisch van aard zijn, terwijl hij toch beweert dat dat wel zo is.

Ook spreekt Rosen zichzelf tegen door enerzijds zijn wereldvisie metafysisch te noemen, en anderzijds te beweren dat deze visie de voor de wetenschap enige aanvaardbare visie is. Die laatste bewering is daarbij ook nog zeer diskutabel. Want fysische gegevens vertellen ons niet zozeer dat het heelal uniek is, maar eerder, dat zij essentieel geen antwoord kunnen geven op de vraag of zij uniek is, of dat er een 'superreality' buiten het waarneembare heelal bestaat. En hieruit volgt niet zozeer dat het heelal fundamenteel onvoorspelbaar, ordeloos en wetteloos is, maar eerder, dat we niet weten of, of in hoeverre het heelal onvoorspelbaar, ordeloos en wetteloos is.

Fysische gegevens kunnen waarschijnlijk noch Rosen's visie, noch bijvoorbeeld de visie die voortkomt uit de Many-Worlds Interpretatie van de kwantummechanica falsificeren. Met evenveel recht zou men dus kunnen bewaren dat niet Rosen's visie, maar de ensemble-interpretatie van A.P. waarbij het ensemble gevormd wordt door de 'many worlds', aanleiding kan zijn tot het geven van fysische verklaringen.

Voordeel van visies als deze boven die van Pollard, volgens welke bepaalde fysische feiten essentieel fysisch onverklaarbaar zijn, is, dat zij de wetenschap meer aanzet te komen tot nieuwe ideeën en misschien tot vernieuwend onderzoek. Zolang de mening over wat fysica is niet verandert, blijven visies als deze echter behoren tot de metafysica.

## H.6. BESLUIT

Het 'Weak Anthropic Principle' heeft, mits het correct geformuleerd wordt (zie blz.28), zondermeer bestaansrecht binnen de fysica. Evenals we bij meetapparatuur rekening houden met haar beperkingen (b.v. meetbereik), moeten we dat ook doen bij de waarnemer zelf. Hoewel dit idee eigenlijk voor de hand ligt, is zij voorheen altijd angstvallig vermeden. Dit is anderzijds ook wel te begrijpen omdat W.A.P. alleen op het gebied van het zeer fundamentele onderzoek en binnen de kosmologie een bijdrage kan leveren. Wanneer we haar willen toepassen voor het verklaren van zeer fundamentele aspecten van ons heelal, waarvoor (nog?) geen 'standaard'-fysische verklaringen bestaan, stuiten we op een vraag die door middel van fysische waarnemingen niet kan worden beantwoord. Die vraag is, of we ons waarneembare heelal moeten beschouwen als een uniek, op zich zelf staand fenomeen, of als een fenomeen dat deel uitmaakt van een 'grotere' transcendente werkelijkheid.

Rosen kiest voor de eerste visie omdat naar zijn mening het speculeren over 'superrealities' nutteloos is binnen de fysica. Hiermee komt hij terecht in een

holistisch wereldbeeld volgens welk het heelal als geheel onverklaarbaar en onvoorspelbaar is en slechts partiële fysische verklaringen mogelijk zijn. In zijn beeld speelt de mens een belangrijke rol, niet alleen als een te verklaren verschijnsel, maar ook als een verklarend verschijnsel dat ons een zeer fundamentele verklaring kan geven voor andere fundamentele aspecten van het heelal als ruimte, tijd, orde etc.. Dit is A.P.R.. Met A.P.R. beoogt Rosen fysische verklaringen te kunnen geven, in tegenstelling tot W.A.P. waarmee hoogstens de onmogelijkheid van bepaalde fysische theorieën of kosmologische modellen kan worden voorspeld. Verklaringen aan de hand van A.P.R. voldoen echter niet aan de traditionele eisen die gesteld worden aan een fysische verklaring en kunnen dan ook niet fysisch genoemd worden tenzij die eisen worden veranderd .

A.P.R. en Rosen's visie in het algemeen werpen een aantal interessante grondslagenkwesties op als:

- Rosen's idee dat een fysische verklaring fundamenteeler is naarmate zij gebaseerd is op een verschijnsel waarvan we zekerder zijn is een nieuw idee. Is de definitie van een fysische verklaring aan herziening toe?
- Hoe moeten we de scheiding aangeven tussen fysica en metafysica?
  - (In samenhang met zijn holistische visie) Is ons streven te komen tot een 'Grand Unified Theory'<sup>1</sup> een onbereikbaar en misschien niet (meer) erg zinvol streven?

De aanname dat er een werkelijkheid bestaat, transcendent aan ons waarneembaar heelal, kan leiden tot verschillende visies. Pollard meent, dat het geven van beschrijvingen van die transcendente werkelijkheid principieel buiten de mogelijkheden van de fysica ligt. Ook aan A.P. kent hij geen fysische waarde toe. Nadeel van dit standpunt is, dat hiermee voor de fysica min of meer de weg gesloten wordt voor onderzoek van bepaalde fundamentele vraagstukken.

Een andere visie, die een interessante structuur geeft aan die transcendente werkelijkheid is de Many-Worlds Interpretatie van de kwantummechanica. Deze interpretatie levert een ensemble werelden waarvan ons heelal er één is. Binnen deze visie zou de ensemble-interpretatie van A.P. van toepassing kunnen zijn. Bezwaar van een dergelijke toepassing van A.P. als selectieprincipe is, dat de keuze van ensembles heelal altijd een althans gedeeltelijk willekeurige keuze is, en dus moeilijk kan worden beschouwd als een fysisch aanvaardbare visie.

Een bezwaar dat hiermee in verband staat, is het "Invariant Context problem" van Rosen. Door dit bezwaar worden vele A.P.- verklaringen dubieus.

Een ander bezwaar van A.P. in het algemeen is het subjectieve bezwaar van Rosen (ref.11) dat de fysicus niet het gevoel heeft dat een A.P.-verklaring werkelijk een geldige verklaring is: Men is geneigd een verklaring slechts te aanvaarden wanneer die is gebaseerd op een eenvoudiger, algemener en fundamenteeler iets dan het te verklaren iets. Een A.P.-verklaring lijkt niet aan deze voorwaarde te voldoen.

Er kleven ook andere bezwaren aan A.P.: Haar tot op heden 'post hoc' karakter, het feit dat ze hooguit slechts de grootte-orde en niet de exacte waarden van koppelingsconstanten verklaart, en het feit dat ze is gebaseerd op een mogelijk onaanvaardbaar anthropocentrisch concept van een waarnemer (Carr & Rees, ref.9). Dit laatste bezwaar gaat overigens vooral op voor de ensemble- interpretatie van S.A.P., maar niet voor A.P.R. en U.A.P.. Tegenover deze bezwaren staat de vraag, of de fysica nog wel zonder een principe als A.P. kan. Het is de vraag of bepaalde fundamentele

aspecten van ons heelal nog wel op een 'traditionele' wijze verklaard kunnen worden. Rosen(ref.11):

"After all, for example, a physical explanation of the quantum nature of the universe could not have the same character as that, say, of Ohm's law. Thus we are obliged to consider what a physical explanation means to a physicist and to what extent any kind of physical explanation, however unsatisfactory, is available 'at the edge of physics'."

Mij persoonlijk spreekt Rosen's visie wel aan. Ik ben het echter niet eens met zijn mening dat het aannemen van een 'super-reality' principieel onaanvaardbaar is binnen de fysica. Het is denkbaar dat fysische gegevens sterke aanwijzingen geven voor het bestaan van een transcendente werkelijkheid. Misschien dat om redenen van eenvoud dan juist het aannemen van een 'superreality' de voorkeur heeft. Een als maar voortzoeken naar 'diepere' verklaringen voor verschijnselen, uitmondend in bespiegelingen over '(super)<sup>n</sup>-realities, willekeurig grote ensembles van universums e.d. is echter heilloos. Die neiging komt denk ik voort uit het traditionele idee dat alles een diepere oorzaak moet hebben. Dat bijvoorbeeld Barrow & Tipler deze mening delen, blijkt uit hun bespreking van S.A.P.(zie blz.6-8). Rosen breekt met dit idee door een verklaring van het geheel onmogelijk te achten, en 'cirkelverklaringen' toe te laten (zie schema 2, blz.20). In deze mening staat hij vrij alleen. Toch zou de fysica zelf ons er tenslotte uit noodzaak wel eens toe kunnen brengen deze visie, en dus ook A.P.R. te aanvaarden.

Ik hoop met deze scriptie een overzichtelijke situatieschets te hebben gegeven van de verschillende meningen die er bestaan betreffende de status van het Anthropisch Principe in de fundamentele natuurkunde en de kosmologie. Het laatste woord hierover is nog lang niet gezegd en er zijn nog vele open vragen, zoals (naast reeds genoemde):

- Wat is de relatie van A.P. tot verschillende stromingen in de natuurkunde en tot de verschillende visies op de structuur van het wetenschappelijk onderzoek (Popper, Feyerabend)?
- Kan A.P. aanleiding geven tot het opstellen van een nieuw onderzoeksscenario waarin de vraag wordt gesteld aan welke voorwaarden een systeem moet voldoen om binnen dat systeem intelligent zelfbewust leven te doen ontstaan?

#### LITERATUURLIJST

1. J. Rosen The Anthropic Principle. Am.J.of Ph.53(4)p.335.('85)
2. J.D.Barrow & F.J.Tipler The Anthropic Cosmological Principle. Oxford'86
3. P.Davies Other Worlds. London'81.
4. Ed.by S. de Witt, N.Graham The Many Worlds Intpretation of Q.M.. Princeton 1973.
5. P.Davies The Accidental Universe.
6. W.G.Pollard Rumors of Transcendence in Physics. Am.J.of Ph. 52(10)p.877.('84)
7. J.Rosen No Rumors of Transcendence in Physics. Am.J.of Ph.54(8)p.700.('86)
8. R.H.Dicke Nature 192,440(1961).
9. Carr & Rees Nature 278,605(1979).
10. J.Rosen Extended Mach Principle. Am.J.Of Ph.49(3)p.258.('81)
11. J.Rosen The Anthropic principle II. Am.J.of Ph.56(?)  
(to be published in'88)
12. Ellis, G.F.R. Q.J.R. Astron. Soc. 16, 145 ('75)
13. E. Wigner Symmetries and Reflections (Indiana University, Bloomington, IN, '67)
14. B. Carter Phil. Trans. R. Soc. A310, 347 ('83)
15. J.v.Brakel Waarschijnlijkheidsbegrip, coll.diktaat '81, Rijksuniversiteit Utrecht.
16. J. Rosen When did the Universe begin? Am. J. of Ph.55(6) p.498.('87)
17. H.Everett Rev. mod. Phys. 29,454('57)
18. M. Jammer The Conceptual Development of Quantum Mechanics (1966)
19. Hilgervoort & Hoekzema Diktaat bij college 'Grondslagen van de Quantum-mechanica', te verschijnen in '88 (R.U.U.)
20. J.Rosen Brief aan schrijver dezes ('87)