

1370

**Tietoisuuden ongelma Popperin ja Bohmin
ontologioiden näkökulmasta katsottuna**

Jyrki Suomala

Filosofian pro gradututkielma
Syksy 1998

Yhteiskuntatieteiden ja filosofian laitos
Jyväskylän yliopisto

Tiivistelmä

Tietoisuuden ongelma Popperin ja Bohmin ontologioiden näkökulmasta katsottuna Jyrki Suomala

Filosofian pro gradututkielma
Marraskuu 1998
Jyväskylän yliopisto
61 sivua

Tutkimuksessa käsitellään Popperin kolmen maailman teoriaa ja Bohmin kvanttiteorian tulkintaan pohjautuva kvanttiontologiaa. Näitä ontologioita tarkastellaan erityisesti tietoisuuden ongelman näkökulmasta.

Popperin ontologia perustuu todellisuuden kolmeen tasoon (maailmaan). Maailma yksi sisältää fysikaaliset objektit ja niiden välisen interaktion. Maailma kaksi taas on ihmisen tietoisuus ja maailma kolme on kulttuuri. Popperin emergentin materialismin mukaisessa kuvauksessa todellisuuden eri tasot edustavat toinen toisensa kanssa vuorovaikutuksessa olevia todellisuuden puolia. Tällöin ne eivät ole reduktiivisen materialismin mielessä palautettavissa alkuperäisiin olemusmuotoihinsa. Kulttuuri ei ole identtinen mentaalisten tapahtumien kanssa eikä mentaalinen ole identtinen aivojen fysiologisten prosessien kanssa. Popperin ontologia pohjautuukin hänen tulkintaansa evoluutioteoriasta. Popperin ontologiseen kuvaukseen liittyy keskeisesti kysymys luonnonlakien olemuksesta ja siitä, miten klassisen fysiikan kuvaama todellisuuden suljettu systeemi on voinut tuottaa luovuuteen ja kekseliäisyyteen kykenevää mentaalisuutta. Tämä ilmiselvästi edellyttäisi energian lain kumoamista. Itse hän päätyi kannattamaan hypoteettisella tasolla ns. laajennushypoteesia, jolloin energian lain säilyminen koskisi maailmojen 1 ja 2 välistä interaktiota. Popper ei sen sijaan voinut ajatella, että kvanttifysiikka voisi tuoda tietoisuuden ongelmaan järkevää ratkaisua. Popperin näkökulmasta katsottuna kvanttifysiikka tietoisuuden "käskijänä" antaa inhimillisestä toiminnasta liian sattumanvaraisen kuvan.

Bohmin ontologia sitä vastoin perustuu nimenomaan kvanttifysiikan ontologiseen tulkintaan. Tällöin keskeistä on kvanttipotentiali ja aktiivinen informaatio. Vuorovaikutus aivojen fysikaalisen puolen ja mentaalisen puolella tapahtuisi alkeishiukkasten informaatio-ominaisuuksien välityksellä. Tätä ideaa on edelleen kehittänyt Penrose, mutta saattaa kulua vielä kauan, ennen kuin ideaa päästään empiirisesti testaamaan.

Bohmiin tukeutuen työn loppuosassa tarkastellaan myös ihmistieteiden metodologiaa. Mikäli todellisuuden perusluonne on Bohmin tulkinnan kaltainen, ei luonnontieteen tutkimusmenetelmien ja ihmistieteiden tutkimusmenetelmien erilaisuutta voi perustella sillä, että ihminen tutkimuskohteena olisi monimutkaisempi kuin luonto. Liioin ei voi sulkeistaa luonnontieteen tutkimusmenetelmiä ulkopuolelle ihmistieteiden metodirepertuaarista.

SISÄLLYS

ESIPUHE

1 Johdanto: ontologian ja epistemologian suhteesta	
2 Popperin ontologinen teoria kolmesta maailmasta	
2.1 Fysikaalisesta maailmasta tietoisuuden kautta kulttuuriin	
2.2 Mentaalinen Popperin ontologiassa	
2.2.1 Popperin ontologia ja evoluutioteoria	
2.2.2 Popperin ontologia ja tietoisuuden ongelma	
2.3. Kulttuuri ja Popperin ontologia	
3 Bohmin ontologinen teoria	
3.1 Heisenbergin epätarkkuusperiaate	
3.2. Bohmin esittämä kvanttiteorian kausaalitulkinta	
3.3. Bohmin kausaalitulkinta ja erilaiset järjestykset	
3.3.1 Generatiivinen ja implikaatti järjestys	
3.5. Mentaalinen Bohmin ontologiassa	
4 Descartesin ongelman empiirinen ratkaisuyritys: Roger Penrosen hypoteettinen kuvaus mielestä fysikaalisena ilmiönä	
5 Ihmistieteiden ja modernin fysiikan ero ja sen aiheuttamat seuraamukset metodologialle Popperin ja Bohmin ontologioiden mukaan tarkasteltuna.	
6 Pohdinta	
Lähteet	

ESIPUHE

Filosofian opintojeni alkuvaiheessa minulle tuli tarpeelliseksi tutustua Jean Piaget'n geneettiseen epistemologiaan. Tällöin törmäsin Phillipsin (1987) kirjassaan *Philosophy, Science and Social Inquiry* Piagetia kohtaan esittämään kritiikkiin. Phillips kritisoi kirjassaan Piagetia siitä, että hän ei tee käsitteellistä eroa mentaalisten prosessien ja näiden prosessien tuotteiden välillä. Kritiikki perustui Popperin kolmen maailman teoriaan. Aloin tutustua tähän ontologiseen kokonaiskuvaukseen ja se mielestäni antoi hyvän lähtökohdan tarkastella luonnontieteiden, ihmistieteiden ja kulttuuritieteiden lähtökohtia.

Opinnäytetyö oli pitkään pöytälaatikossa. Tämän vuosikymmenen alussa Paavo Pylkkänen (1992) väitteli David Bohmin filosofiasta. Samana vuonna Bohmin ja Peatin kirja *Tiede, järjestys ja luovuus* käännettiin suomeksi. Löytyi toinen kokonaisvaltainen ontologinen teoria. On ollut mielenkiintoista tutustua näihin kahteen kuvaukseen maailm/-asta/-oista. Tämän opinnäytetyön aineiston keruuta on johtanut mielenkiinto ja harrastuneisuus. Filosofian opiskelu on minulle ollut virkistävää vaihtelua toisenlaisen tutkimustyön lomassa. Vaikka tutkimustyötäni on ohjannut enemmän mielenkiinnon tuoma sattumanvaraisuus kuin harkittu systemaattisuus, olen ilokseni huomannut, että mentaalisen ja fyysisen problematiikka on noussut hyvin keskeiseksi modernin neurotieteen ja kognitiotieteen olemuksen määrittelyssä. Yhtäältä on kyse ihmiskäsityksestä, toisaalta tutkimusohjelmien filosofisen perustan määrittelystä. Uskon, että opinnäytetyöni tutkimuskohde tämän vuoksi täyttää tutkimustyön yhteiskunnallisen merkittävyyden kriteerit.

Tämän opinnäytetyön valmistumista on siivittänyt professori Wileniuksen ensimmäisessä laudaturseminaarissa antama ohje. Hän viittasi satuun *Hiiri kissalle räätälinä* ja kehoitti meitä filosofian opiskelijoita tekemään gradun valmiiksi, vaikkei siitä ehkä pukua tulisikaan. Hattu tai kinttaatkin riittäisi. Muutoinkin Jyväskylän yliopiston filosofian laitoksen akateemisen vapauden ilmapiirissä on ollut mielyttävää opiskella. Erityisesti muistan emeritus professori Reijo Wileniuksen virikkeiset laudaturseminaarit. Dosentti Veli Verrosen ja FL Pellervo Oksalan proseminaarit olivat hyvin opettavaisia. Heille kaikille kiitokset mieleenpainuvista opiskelutilanteista. Pitkäaikaisesta filosofian opiskelusta on aiheutunut se, että olen joutunut vaivaamaan FM Eeva Sillmania filosofian laitoksen kansliassa monissa käytännön asioissa. Hänelle sydämmelliset kiitokset kaikesta tästä.

1 Johdanto: ontologian ja epistemologian suhteesta

Steven W. Hawking (1989) moittii populaarikirjassaan "Ajan lyhyt historia" aikamme filosofeja - ja erityisesti Wittgensteinia - siitä, että he eivät enää pohdi ontologisia kysymyksiä. Vaikka Hawkingin kritiikkiin sisältyy omahyväinen oman tieteenalan merkityksen korostaminen, lienee tosiasia, että ontologiset kysymykset eivät juuri filosofeja ole tällä vuosisadalla kiinnostaneet.

Toisaalta ontologiset kysymyksenasettelut ovat kuuluneet aina filosofian ytimeen. Platonin ideaopista lähtien filosofit ovat pohtineet yhtäältä sitä, mitä on olemassa (=ontologiset kysymykset) ja toisaalta sitä, miten tästä olemassaolosta voi saada pätevää tietoa (=tietopilliset l. epistemologiset kysymykset). Hieman kärjistäen voi sanoa, että epistemologia ei tule toimeen ilman ontologiaa. Ei liene väärin väittää, että ontologia on ainakin implisiittisesti olemassa jokaisessa epistemologisessa selityksessä.

Ontologisten kysymysten taka-alalle jäämisessä tällä vuosisadalla on ollut kyse siitä, että filosofinen tutkimus on suuntautunut yhä enemmän kieleen (Kirjavainen 1983). Loogisessa empirismissä formaali logiikka nähtiin ideaalina syntaksina ja tällä perusteella saatiin kriteeri tieteen kannalta sallituille kielellisille merkkiyhdistelmille. Loogisen empirismin tapa tarkastella mielekkäitä lauseita rajasi ontologiset kysymykset tieteen ulkopuolelle. Kielen syntaksia tarkasteltaessa ei ollut välttämätöntä ottaa kantaa kielen ja todellisuuden väliseen suhteeseen (Kirjavainen 1983). Analyyttinen filosofia on jatkanut loogisen empirismin perinnettä pyrkimällä loogisten päättelysäännöin määrittelemään tieteellisen päättelyn logiikkaa. Samaa analyttisen filosofian menetelmää on esimerkiksi Hintikka (1969) kehittänyt. Hän on kehittänyt analyttisen filosofian piirissä mahdollisten maailmojen semantiikkaa ja pyrkinyt soveltamaan loogisia sääntöjä mm. intentionaalsiin käsitteisiin. Tällöin tarkastelun kohteeksi väistämättä tulee myös kielen ja todellisuuden välinen suhde. Pragmatistit taas katsovat, että ontologiset kysymykset tulevat ratkaistuksi tieteellisen tiedon kasvaessa.

Wittgenstein (1980) laajensi myöhäisemmässä filosofiassaan kielen tutkimuksen koskemaan semantiikkaa ja pragmatiikkaa. Tällöin keskeiseksi kysymykseksi nousi todellisuuden ja kielen välinen suhde sekä kieli toimintana. Kieli oli sidoksissa tavalla tai toisella siihen "ekologiseen lokeroon" ja niihin merkityssuhteisiin, joissa kieltä käytettiin. Wittgensteinin mukaan filosofiset ongelmat syntyivät käsitteiden määrittelyyn liittyvistä

hankaluuksista. Toisin sanoen termien merkitystä on vaikea tavoittaa täsmällisellä määritelmällä; me kohtaamme jatkuvasti esimerkkejä, jotka sotivat jossakin ehdotetussa määritelmässä edellytettyä ekstensioiden samuutta vastaan (ks. Kirjavainen 1983).

Merkityksen ongelma on ollut keskeinen humanistisissa tieteissä Wittgensteinin esiinnostamien ongelmien ansiosta. Sama problematiikka on tullut keskeiseksi myös kognitiotieteessä. Kognitiotieteessä ei ole kyetty ratkaisemaan sitä, miten kykenemme representoimaan merkityksellisiä mielteitä havaintojemme välityksellä. Humanistisista tieteistä tuttu tekojen intentionaalisuus problematiikka on korvautunut kognitiotieteessä mielteiden merkitys tai intentionalisuus problematiikalla (Kamppinen 1987, 1989). Tämän vuoksi myös kognitiotieteessä on edelleen keskeisenä ongelma, mikä on mentaalisten struktuurien ja prosessien luonne (Churchland 1993). On tähdennettävä, että Churchland pitää kysymystä mentaalisen ja materiaalisen luonteesta erityisesti ontologisena kysymyksenä.

Luonnontieteiden nopea kehittyminen ja niissä vallitsevan kokeellisen menetelmän ulottuminen humanistisiin tieteisiin on myös aiheuttanut pakoa ontologisista kysymyksistä. Matemaattinen tiedon ihanne (Bohm 1980) ja tilastollisten menetelmien sovellusmahdollisuuksien parantaminen ovat aiheuttaneet sen, että helposti ja nopeasti saadaan uutta empiiristä tietoa. Tutkijakoulutusohjelmissa erikoistutaan ja laajempien - erityisesti ontologisten kysymysten - pohtiminen on jäänyt vähemmälle.

Tarkastelen tässä opinnäytetyössä kahta tämän vuosisadan loppupuolella syntynyttä ontologista kokonaiskuvausta: Filosofi Sir Karl Popperin kolmen maailman teoriaa ja kvanttifyysikko filosofi David Bohmin kvanttiontologiaa. Pyrin näin omalta osaltani korjaamaan sitä puutetta, jota "ontologisista kysymyksistä pakeneminen" on filosofiassa aiheuttanut. Keskityn näissä kuvauksissa erityisesti siihen, miten näissä ontologioissa on pyritty ratkaisemaan ongelma mentaalisen ja fyysisen (mind-body ongelma) olemuksesta ja suhteesta. Aluksi yritän luoda kokonaiskuvan molemmista teorioista erikseen (Luvut 2 ja 3). Neljännessä luvussa esitän lyhyesti Roger Penrosen kvanttiteoriaan perustuvan analyysin mentaalisten tilojen ja fyysikaalisen maailman välisestä suhteesta. Pidän Penrosen esitystä Bohmin mallin edelleen kehittelynä ja siksi on paikallaan kuvata se tässä yhteydessä. Viidennessä luvussa pohdin, mitä uutta nämä ontologiset kuvaukset antavat ihmisen toimintaa tutkiville tieteille ja kognitiiviselle psykologialle. Onhan fyysisen maailman ilmiöt olleet, jos ei lähtökohtana, niin ainakin vertailukohtana ihmistieteille. Molemmat ontologiset kuvaukset

antavat tähän tehtävään hyviä virikkeitä, sillä molempien ontologioiden tavoitteena on ollut ratkaista vanha filosofinen ongelma fyysisen ja psyykkisen välisestä suhteesta. Lisäksi Popperin ja Bohmin ontologioiden ansiona on erityisesti se, että he pohtivat perinteisen mind-body ongelman lisäksi kulttuurin ja mentaalisen välistä suhdetta. Popper kutsuu ko. ongelmaa Comptonin ongelmaksi ja ongelman hypoteettisena ratkaisuna voidaan pitää ontologista teoriaa maailmasta 3 (Popper 1972). Sen sijaan Bohmin ontologiassa Comptonin ongelmaa käsitellään implikaatin ja eksplikaatin järjestyksen suhteena (Bohm 1980).

Kulttuuri-ilmiöiden liittäminen osaksi perinteistä mind-body ongelmaa tuo selitysmalliin uuden elementin, jota yleensä ei käsitellä kiisteltäessä mentaalisen ja fyysikaalisen välisestä suhteesta (Ks. esim. Lammenranta 1998, Saariluoma 1997). Tässä työssä käsiteltävien ontologioiden mukaan mentaalisten ilmiöiden ja kulttuurituotteiden (tieteen teoriat, taide yms.) välinen problematiikka on tavallaan analoginen sille problematiikalle, joka liittyy fyysisen ja mentaalisen väliseen suhteeseen.

Opinnäytetyö päättyy lukuun 6, jossa esitän lyhyen yhteenvedon ja tutkimuksen johtopäätökset.

2 Popperin ontologinen teoria kolmesta maailmasta

Tässä luvussa selitän ensin, mitä Popper tarkoittaa kolmen maailman ontologialla ja millaisia entiteetteja kukin maailma pitää sisällään (Luku 2.1.). Tämän jälkeen tarkastelen niitä taustaoletuksia, joita ontologiaan liittyy (Luku 2.2). Tällöin keskeiseksi nousee evoluutioteoria ja siihen liittyvä emergentti materialismi. Painopiste on tietoisuuden ongelman ratkaisussa ja niiden ongelmien eksplikoimisessa, joita Popperin ontologiaan tässä yhteydessä liittyy. Keskeiseksi ongelmaksi jää energian säilymisen laki, jota Popper yritti muotoilla ns. laajennushypoteesin avulla. Luku (2.2) päättyy laajennushypoteesiin liittyvän ongelman eksplikointiin. Lopuksi tarkastelen vielä (Luku 2.3) kulttuurin merkitystä tietoisuuden kehittymiselle Popperin teorian valossa. Tähän kulttuurin kehitysprosessiin kuuluu kiinteästi

myös Popperin käsitys tieteen kehityksestä.

2.1 Fysikaalisesta maailmasta tietoisuuden kautta kulttuuriin

Popper (1972) jakaa maailman kolmeen elementtiin. Fysikaaliset objektit kuuluvat maailmaan 1, tajunta ja ajatukset muodostavat maailma 2:n ja ihmisen luomat kulttuurituotteet muodostavat maailma 3:n (Popper 1972, 106).

Maailma 1 muodostuu Popperin mukaan fysiikan ja kemian lakeja noudattavista fysikaalisista objekteista ja tiloista. Arkielämästä tutut esineet, kuten pöydät, tuolit, appelsiinit ja kivet kuuluvat maailma 1:n entiteetteihin (Popper 1974a, 146). Samoin edellä mainittuihin arkielämän esineisiin kausaalisesti vaikuttavat suuremmat ja pienemmät objektit, kuten vuoret, maapallo, tähdet pölyhiukkaset, molekyylit ja atomit, kuuluvat samaan alueeseen (Popper ja Eccles 1977, 7-10). Popper luonnehtii fysikaalisen maailman olemusta seuraavasti:

Thus one may say that the results of modern physics suggest that we should give up the idea of substance or essence. They suggest that there is no self-identical entity persisting during all changes in time. (mts. 7).

Maailmaan 1 kuuluvat entiteetit ovat näin ollen jatkuvasti interaktiossa olevia tapahtumia tai prosesseja. Maailma 1:ssä voidaan lisäksi erottaa useita tasoja aina alkeishiukkasista, atomeista yksi- ja useampisoluisiin organismeihin ja näiden polulaatioihin. Taso-oletus liittyy myös maailmoihin 2 ja 3.

Maailma 2 muodostuu Popperin mukaan subjektiivisista kokemuksista. Sen osia ovat tietoisuus, mentaaliset tilat ja käyttäytymiseen liittyvät toimintakaavat (Popper 1972, 106). Maailma 2:n entiteetteihin kuuluvat myös korkeimmilla kehitystasoilla olevien eläinten tietoisuus. Popperin evolutionistisen näkökulman mukaan tietoisuus on emergentti piirre, joka on kehityksen tuloksena ilmestynyt aineellisiin organismeihin. Kehityksen seurauksena on syntynyt laadullisesti uutta rakennusmateriaalia aivoihimme. Uusi rakennusmateriaali ei ole redusoitavissa aineellisiin perusprosesseihin, vaan sitä on käsiteltävä itsenäisenä entiteettinä. Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, että tietoisuus olisi eri substanssi kuin aine kartesiolaisessa mielessä (Popper 1972, 231). Kyse on enemmänkin siitä, että tietoisuus edustaa evoluutioprosessin myöhäisempää vaihetta ja on hierarkkisessa mielessä korkeammalla tasolla kuin "puhtaasti" fysikaaliset prosessit aivoissa. Tietoisuus on syntynyt interaktiivisessa

prosessissa ja huolimatta suhteellisesta itsenäisyydestään, se edelleen on vuorovaikutuksessa aivojen fyysikaalisen aineksen kanssa (mts., 251). Näin Popperin käsitys tietoisuuden luonteesta poikkeaa esimerkiksi funktionalismista, jossa nähdään, että aivoprosesseja tarkasteltaessa kuitenkin lopulta päädytään fyysikaalisiin entiteetteihin¹ (Churchland 1993, Kamppinen 1987).

Maailma 3 on muodostunut inhimillisen tietoisuuden tuotteista. Tällaisista tuotteista Popper on esittänyt varsin kirjavan listan. Maailma kolmeen kuuluvat mm. probleemat, teoriat, argumentit, työkalut, sosiaaliset organisaatiot, taideteokset, arvot, myytit, fiktiot, traditomme, yleiskäsitteet, instituutiomme ja elämäntapamme (Popper 1974a, 144-156).

Popper erottaa edelleen toisistaan ruumiillistuneet (Maailma 3.1.) ja ei-ruumiillistuneet (Maailma 3.2.) maailma 3:n objektit (Popper ja Eccles, 1977, 41). Ruumiillistuneita objekteja ovat materiaaliset artefaktit, jotka ovat yhtä aikaa maailmojen 1 ja 3 jäseniä. Niinluoto havainnollistaa maailman 3 ruumiillistuneita objekteja seuraavasti:

Esimerkiksi kirja aineellisena kappaleena tai raha metallipalana kuuluu maailmaan 1: niillä on havaittavia ja mitattavia fyysikaalisia ominaisuuksia, kuten paino, muoto, paikka, väri, haju, maku jne. Toisaalta niillä on myös ympäröivästä inhimillisestä käytännöstä (tekijä, käyttäjät, kieli, talousjärjestelmä) riippuen suhteita maailmaan 2 ja 3, so. ei-fyysikaalisia relationaalisia ominaisuuksia (kuten sisältö, merkitys, arvo, hinta, käyttötarkoitus), joiden kautta niistä tulee maailmaan 3 kuuluvia kulttuuriesineitä. (Niinluoto 1990, 23).

Ei-ruumiillistuneita maailma 3:n objekteja ovat sosiaaliset instituutiot, joihin ei liity mitään erityistä fyysikaalista objektia, mutta jotka silti vaativat jatkuvasti tukea maailmoista 1 ja 2 käsin. Esimerkiksi hatunnosto kohteliaana tapana on reaalinen maailma 3:een kuuluva sosiaalinen

1

Popperin käsitystä voi pitää, kuten emergenttiä materialismia yleensäkin, ei-reduktiivisena materialismina. Tällöin maailma muodostuu erilaisista toisiinsa palautumattomista todellisuuden tasoista (Ks. Lammenranta 1998). Kuitenkin fyysikaalinen on oleellinen ehto "ylemmän" tason emergensseille ominaisuuksille. Ollinheimo (1997a, 1997b, 1998) on kritisoinut voimakkaasti tällaista heikkoon tasoriippuvuuteen perustuvaa ei-reduktiivista materialismia. Hän ottaa omaan malliinsa fyysikaalisen tason ja mentaalisen tason väliin systeemisten ominaisuuksien tason, joiden avulla hän pyrkii viemään kuvaustaan pidemmälle kuin heikko ei-reduktiivinen materialismi. Ollinheimon mukaan vahva tasoriippuvuus sallii epistemologisen reduktion ilman, että ajaututaan epifenomenalismiin (Ollinheimo 1998, 58). Epistemologinen reduktio kuitenkin edellyttää, että mentaalinen kausaaliteetti selitetään mentaalisten tilojen fyysikaalisten konstituenttien muodostamien rakenteiden systeemistä ominaisuuksista käsin. Lammenranta (1998) kuitenkin huomauttaa aivan oikein, ettei mind-body ongelmaa ratkaista lisäämällä uusia tasoja kuvauksiin. Tällöin vain siirretään ongelmaa paikasta toiseen. Ollinheimon mallissa nimittäin ei kyetä selittämään miten fyysikaalinen "muodostaa" rakenteisia ominaisuuksia, jotka tavallaan toimivat "aidon" mentaalisen ja "aidon" fyysikaalisen välissä. Ollinheimo siis vain siirtää Homunculuksen mentaalisen systeemiselle tasolle. Selitysvaikutet johtuvat juuri niistä ongelmista, joita jo Popper on laajasti käsitellyt Descartesin ongelmaa käsiteltäessään; miten fyysikaalisesti suljettu systeemi (maailma 1) voi tuottaa luovuutta ja mentaalisia tiloja.

"entiteetti", vaikkei se jonain tietynä hetkenä reaalistuisikaan maailmassa 1 (Niiniluoto 1990). Lisäksi jotkut sinänsä abstraktit maailma 3:n entiteetit voidaan jäljentää, tallentaa ja reprodusoida maailmoihin 1 ja 2 kuuluvien ruumiillistumien kautta. Todellisuuden entiteeteilla voi olla siis kaksoisluonne, eli ne voidaan luokitella kuuluvaksi joko maailmaan 1, maailmaan 2 tai maailmaan 3 sen mukaisesti, mikä on tarkastelunäkökulma. Niiniluoto havainnollistaa tätä Popperin ideaa seuraavasti:

Runo voidaan kirjoittaa paperille (maailma 1) tai tallentaa ihmisen muistiin (maailma 2); sinfonia voi todellistua säveltäjän ideana tai kuulijan elämyksenä (maailma 2), ääniaaltoina, äänilevynä ja nauhana tai partituurin nuottimerkintöinä (maailma 1). Olisi täysin mielivaltaista identifioida tällainen abstrakti olio yhden ruumiillistumansa kanssa ja sillä tavoin yrittää redusoida sitä maailmaan 1 tai 2. (Niiniluoto 1990, 25).

Tieteenkehitystä pohtineena filosofina Popper käsittelee myös vielä keksimättömiä maailma 3:n entiteettejä (Maailma 3.3). Ne ovat olemassa potentiaalisina objekteina maailmassa kolme odottamassa, että joku keksisi ne. Näin ollen maailmaan 3 sisältyy entiteettejä, "ajattelun mahdollisia kohteita", joilla ei ole mitään vastinetta maailmassa 1 ja maailmassa 2. Esimerkiksi Newtonin fysiikan seuraus, ns. kolmen kappaleen ongelma, oli ennen löytämistään tällainen maailman 3 entiteetti (Popper 1974b, 1051). Popper kuvaa tätä ilmiötä seuraavasti:

There are world 3 objects which possess no world 3.1 materialization at all. They are yet to be discover problems, and the theorems which are already implied by the materialized world 3.1, but which have never yet been thought of (Popper 1974b, 1051-1052).

Käsitys potentiaalisista ajatusten kohteista ja potentiaalisista keksinnöistä liittyy Popperin edustamaan realismiin. Luonto on olemassa meistä riippumatta, vaikka tietomme tästä on rajallista. Popper (1982) kuvaa realistista asennoitumistaan seuraavalla tavalla:

The central issue here is realism. That is to say, the reality of the physical world we live in: the fact that this world exists independently of ourselves; that it existed before life existed, according to our best hypothesis; and that it will continue to exist, for all we know, long after we have all been swept away. (Popper 1982, 2).

Voidaan sanoa, että Popperin oletus maailmojen realistisuudesta on hänen ontologinen perushypoteesinsa. Epistemologisenä perushypoteesina taas voidaan pitää sitä, että tietomme ja käsityksemme reaalisesta todellisuudesta on aina rajallista. Maailma 3:n "asukkaista" tärkeimpiä ovat tämän vuoksi tieteelliset teoriat, ongelmat ja kriittiset argumentit, jotka tulevat falsifoiduksi tiedeyhteisön kritiikin seurauksena (Popper 1972, 107). Tämän vuoksi myös

tieteellisten teorioiden kehitys on evoluution kaltainen prosessi, jossa käsityksemme maailmasta täsmentyy, mutta ei koskaan saavuta täydellistä ymmärrystä todellisuudesta. Todellisuus on olemassa, mutta tieto todellisuudesta on tyhjentyvätöntä. Toisin sanoen, maailma 3 on olemassa riippumatta meidän subjektiivisista käsityksistämme maailmasta kolme. Popper kuvaa ilmiötä seuraavasti:

I would suggest that instead of saying that World 3 is encoded in the brain, we say that certain World 3 objects are recorded in the brain and thus, as it were, incarnated. The whole of World 3 is nowhere; it is only certain individual World 3 objects which are sometimes incarnated and thus localizable. (Popper & Eccles 1977, 537).

Popper kutsuu maailma 3:a objektiiviseksi ja erottaa sen jyrkästi mentaalista entiteeteistä (mts., 323). Tietoisuutemme (maailma 2) on tuottanut maailman 3 samalla tavoin kuin fyysikaalinen maailma (Maailma 1) on evoluution seurauksena tuottanut maailman 2. Kaikki maailmat ovat hierarkkisessa suhteessa toisiinsa ja edelleen myös vuorovaikutuksessa, vaikkakin elävät suhteellisen itsenäistä elämää. Yhteenvetona esitetään Popperin ontologinen teoria kolmesta maailmasta kuviossa 1.

MAAILMA 3	(6) taideteokset, tiede, teknologia
(Tietoisuuden tuotteet)	(5) inhimillinen kieli, teoriat itsestä ja kuolemasta
MAAILMA 2	(4) tietoisuus itsestä ja kuolemasta
(Yksilön kokemukset)	(3) eläinten tietoisuus
MAAILMA 1	(2) elävät organismit
(fyysinen maailma)	(1) raskaimmat alkuaineet, nesteet, kiinteät aineet

Kuvio 1. Popperin kolmen maailman ontologia (Popper&Eccles 1977, 16)

**Tietoisuuden ongelma Popperin ja Bohmin
ontologioiden näkökulmasta katsottuna**

Jyrki Suomala

Filosofian pro gradututkielma
Syksy 1998

Yhteiskuntatieteiden ja filosofian laitos
Jyväskylän yliopisto

Tiivistelmä

Tietoisuuden ongelma Popperin ja Bohmin ontologioiden näkökulmasta katsottuna
Jyrki Suomala

Filosofian pro gradututkielma
Marraskuu 1998
Jyväskylän yliopisto
61 sivua

Tutkimuksessa käsitellään Popperin kolmen maailman teoriaa ja Bohmin kvanttiteorian tulkintaan pohjautuva kvanttiontologiaa. Näitä ontologioita tarkastellaan erityisesti tietoisuuden ongelman näkökulmasta.

Popperin ontologia perustuu todellisuuden kolmeen tasoon (maailmaan). Maailma yksi sisältää fysikaaliset objektit ja niiden välisen interaktion. Maailma kaksi taas on ihmisen tietoisuus ja maailma kolme on kulttuuri. Popperin emergentin materialismin mukaisessa kuvauksessa todellisuuden eri tasot edustavat toinen toisensa kanssa vuorovaikutuksessa olevia todellisuuden puolia. Tällöin ne eivät ole reduktiivisen materialismin mielessä palautettavissa alkuperäisiin olemusmuotoihinsa. Kulttuuri ei ole identtinen mentaalisten tapahtumien kanssa eikä mentaalinen ole identtinen aivojen fysiologisten prosessien kanssa. Popperin ontologia pohjautuukin hänen tulkintaansa evoluutioteoriasta. Popperin ontologiseen kuvaukseen liittyy keskeisesti kysymys luonnonlakien olemuksesta ja siitä, miten klassisen fysiikan kuvaama todellisuuden suljettu systeemi on voinut tuottaa luovuuteen ja kekseliäisyyteen kykenevää mentaalisuutta. Tämä ilmiselvästi edellyttäisi energian lain kumoamista. Itse hän päätyi kannattamaan hypoteettisella tasolla ns. laajennushypoteesia, jolloin energian lain säilyminen koskisi maailmojen 1 ja 2 välistä interaktiota. Popper ei sen sijaan voinut ajatella, että kvanttifysiikka voisi tuoda tietoisuuden ongelmaan järkevää ratkaisua. Popperin näkökulmasta katsottuna kvanttifysiikka tietoisuuden "käskijänä" antaa inhimillisestä toiminnasta liian sattumanvaraisen kuvan.

Bohmin ontologia sitä vastoin perustuu nimenomaan kvanttifysiikan ontologiseen tulkintaan. Tällöin keskeistä on kvanttipotentiali ja aktiivinen informaatio. Vuorovaikutus aivojen fysikaalisen puolen ja mentaalisen puolella tapahtuisi alkeishiukkasten informaatio-ominaisuuksien välityksellä. Tätä ideaa on edelleen kehittänyt Penrose, mutta saattaa kulua vielä kauan, ennen kuin ideaa päästään empiirisesti testaamaan.

Bohmiin tukeutuen työn loppuosassa tarkastellaan myös ihmistieteiden metodologiaa. Mikäli todellisuuden perusluonne on Bohmin tulkinnan kaltainen, ei luonnontieteen tutkimusmetodien ja ihmistieteiden tutkimusmetodien erilaisuutta voi perustella sillä, että ihminen tutkimuskohteena olisi monimutkaisempi kuin luonto. Liioin ei voi sulkeistaa luonnontieteen tutkimusmenetelmiä ulkopuolelle ihmistieteiden metodirepertuaarista.

SISÄLLYS

ESIPUHE

1 Johdanto: ontologian ja epistemologian suhteesta	
2 Popperin ontologinen teoria kolmesta maailmasta	
2.1 Fysikaalisesta maailmasta tietoisuuden kautta kulttuuriin	
2.2 Mentaalinen Popperin ontologiassa	
2.2.1 Popperin ontologia ja evoluutioteoria	
2.2.2 Popperin ontologia ja tietoisuuden ongelma	
2.3. Kulttuuri ja Popperin ontologia	
3 Bohmin ontologinen teoria	
3.1 Heisenbergin epätarkkuusperiaate	
3.2. Bohmin esittämä kvanttiteorian kausaalitulkinta	
3.3. Bohmin kausaalitulkinta ja erilaiset järjestykset	
3.3.1 Generatiivinen ja implikaatti järjestys	
3.5. Mentaalinen Bohmin ontologiassa	
4 Descartesin ongelman empiirinen ratkaisuyritys: Roger Penrosen hypoteettinen kuvaus mielestä fysikaalisena ilmiönä	
5 Ihmistieteiden ja modernin fysiikan ero ja sen aiheuttamat seuraamukset metodologialle Popperin ja Bohmin ontologioiden mukaan tarkasteltuna.	
6 Pohdinta	
Lähteet	

ESIPUHE

Filosofian opintojeni alkuvaiheessa minulle tuli tarpeelliseksi tutustua Jean Piaget`n geneettiseen epistemologiaan. Tällöin törmäsin Phillipsin (1987) kirjassaan *Philosophy, Science and Social Inquiry* Piagetia kohtaan esittämään kritiikkiin. Phillips kritisoi kirjassaan Piagetia siitä, että hän ei tee käsitteellistä eroa mentaalisten prosessien ja näiden prosessien tuotteiden välillä. Kritiikki perustui Popperin kolmen maailman teoriaan. Aloin tutustua tähän ontologiseen kokonaiskuvaukseen ja se mielestäni antoi hyvän lähtökohdan tarkastella luonnontieteiden, ihmistieteiden ja kulttuuritieteiden lähtökohtia.

Opinnäytetyö oli pitkään pöytälaatikossa. Tämän vuosikymmenen alussa Paavo Pylkkänen (1992) väitteli David Bohmin filosofiasta. Samana vuonna Bohmin ja Peatin kirja *Tiede, järjestys ja luovuus* käännettiin suomeksi. Löytyi toinen kokonaisvaltainen ontologinen teoria. On ollut mielenkiintoista tutustua näihin kahteen kuvaukseen maailm/-asta/-oista. Tämän opinnäytetyön aineiston keruuta on johtanut mielenkiinto ja harrastuneisuus. Filosofian opiskelu on minulle ollut virkistävää vaihtelua toisenlaisen tutkimustyön lomassa. Vaikka tutkimustyötäni on ohjannut enemmän mielenkiinnon tuoma sattumanvaraisuus kuin harkittu systemaattisuus, olen ilokseni huomannut, että mentaalisen ja fyysisen problematiikka on noussut hyvin keskeiseksi modernin neurotieteen ja kognitiotieteen olemuksen määrittelyssä. Yhtäältä on kyse ihmiskäsityksestä, toisaalta tutkimusohjelmien filosofisen perustan määrittelystä. Uskon, että opinnäytetyöni tutkimuskohde tämän vuoksi täyttää tutkimustyön yhteiskunnallisen merkittävyyden kriteerit.

Tämän opinnäytetyön valmistumista on siivittänyt professori Wileniuksen ensimmäisessä laudaturseminaarissa antama ohje. Hän viittasi satuun *Hiiri kissalle räätälinä* ja kehoitti meitä filosofian opiskelijoita tekemään gradun valmiiksi, vaikkei siitä ehkä pukua tulisikaan. Hattu tai kinttaatkin riittäisi. Muutoinkin Jyväskylän yliopiston filosofian laitoksen akateemisen vapauden ilmapiirissä on ollut miellyttävää opiskella. Erityisesti muistan emeritus professori Reijo Wileniuksen virikkeiset laudaturseminaarit. Dosentti Veli Verrosen ja FL Pellervo Oksalan proseminaarit olivat hyvin opettavaisia. Heille kaikille kiitokset mieleenpainuvista opiskelutilanteista. Pitkäaikaisesta filosofian opiskelusta on aiheutunut se, että olen joutunut vaivaamaan FM Eeva Sillmania filosofian laitoksen kansliassa monissa käytännön asioissa. Hänelle sydämmelliset kiitokset kaikesta tästä.

Raumalla 21.10.1998

Jyrki Suomala

1 Johdanto: ontologian ja epistemologian suhteesta

Steven W. Hawking (1989) moittii populaarikirjassaan "Ajan lyhyt historia" aikamme filosofeja - ja erityisesti Wittgensteinia - siitä, että he eivät enää pohdi ontologisia kysymyksiä. Vaikka Hawkingin kritiikkiin sisältyy omahyväinen oman tieteenalan merkityksen korostaminen, lienee tosiasia, että ontologiset kysymykset eivät juuri filosofeja ole tällä vuosisadalla kiinnostaneet.

Toisaalta ontologiset kysymyksenasettelut ovat kuuluneet aina filosofian ytimeen. Platonin ideaopista lähtien filosofit ovat pohtineet yhtäältä sitä, mitä on olemassa (=ontologiset kysymykset) ja toisaalta sitä, miten tästä olemassaolosta voi saada pätevää tietoa (=tieto-opilliset l. epistemologiset kysymykset). Hieman kärjistäen voi sanoa, että epistemologia ei tule toimeen ilman ontologiaa. Ei liene väärin väittää, että ontologia on ainakin implisiittisesti olemassa jokaisessa epistemologisessa selityksessä.

Ontologisten kysymysten taka-alalle jäämisessä tällä vuosisadalla on ollut kyse siitä, että filosofinen tutkimus on suuntautunut yhä enemmän kieleen (Kirjavainen 1983). Loogisessa empirismissä formaali logiikka nähtiin ideaalina syntaksina ja tällä perusteella saatiin kriteeri tieteen kannalta sallituille kielellisille merkkiyhdistelmille. Loogisen empirismin tapa tarkastella mielekkäitä lauseita rajasi ontologiset kysymykset tieteen ulkopuolelle. Kielen syntaksia tarkasteltaessa ei ollut välttämätöntä ottaa kantaa kielen ja todellisuuden väliseen suhteeseen (Kirjavainen 1983). Analyyttinen filosofia on jatkanut loogisen empirismin perinnettä pyrkimällä loogisten päättelysäännöin määrittelemään tieteellisen päättelyn logiikkaa. Samaa analyttisen filosofian menetelmää on esimerkiksi Hintikka (1969) kehittänyt. Hän on kehittänyt analyttisen filosofian piirissä mahdollisten maailmojen semantiikkaa ja pyrkinyt soveltamaan loogisia sääntöjä mm. intentionaalsiin käsitteisiin. Tällöin tarkastelun kohteeksi väistämättä tulee myös kielen ja todellisuuden välinen suhde. Pragmatistit taas katsovat, että ontologiset kysymykset tulevat ratkaistuksi tieteellisen tiedon kasvaessa.

Wittgenstein (1980) laajensi myöhemmässä filosofiassaan kielen tutkimuksen koskemaan semantiikkaa ja pragmatiikkaa. Tällöin keskeiseksi kysymykseksi nousi todellisuuden ja kielen välinen suhde sekä kieli toimintana. Kieli oli sidoksissa tavalla tai toisella siihen "ekologiseen lokeroon" ja niihin merkityssuhteisiin, joissa kieltä käytettiin. Wittgensteinin mukaan filosofiset ongelmat syntyivät käsitteiden määrittelyyn liittyvistä

hankaluuksista. Toisin sanoen termien merkitystä on vaikea tavoittaa täsmällisellä määritelmällä; me kohtaamme jatkuvasti esimerkkejä, jotka sotivat jossakin ehdotetussa määritelmässä edellytettyä ekstensioiden samuutta vastaan (ks. Kirjavainen 1983).

Merkityksen ongelma on ollut keskeinen humanistisissa tieteissä Wittgensteinin esiinnostamien ongelmien ansiosta. Sama problematiikka on tullut keskeiseksi myös kognitiotieteessä. Kognitiotieteessä ei ole kyetty ratkaisemaan sitä, miten kykenemme representoimaan merkityksellisiä mielteitä havaintojemme välityksellä. Humanistisista tieteistä tuttu tekojen intentionaalisuus problematiikka on korvautunut kognitiotieteessä mielteiden merkitys tai intentionalisuus problematiikalla (Kamppinen 1987, 1989). Tämän vuoksi myös kognitiotieteessä on edelleen keskeisenä ongelma, mikä on mentaalisten struktuurien ja prosessien luonne (Churchland 1993). On tähdennettävä, että Churchland pitää kysymystä mentaalisen ja materiaalisen luonteesta erityisesti ontologisena kysymyksenä.

Luonnontieteiden nopea kehittyminen ja niissä vallitsevan kokeellisen menetelmän ulottuminen humanistisiin tieteisiin on myös aiheuttanut pakoa ontologisista kysymyksistä. Matemaattinen tiedon ihanne (Bohm 1980) ja tilastollisten menetelmien sovellusmahdollisuuksien parantaminen ovat aiheuttaneet sen, että helposti ja nopeasti saadaan uutta empiiristä tietoa. Tutkijakoulutusohjelmissa erikoistutaan ja laajempien - erityisesti ontologisten kysymysten - pohtiminen on jäänyt vähemmälle.

Tarkastelen tässä opinnäyteyössä kahta tämän vuosisadan loppupuolella syntynyttä ontologista kokonaiskuvausta: Filosofi Sir Karl Popperin kolmen maailman teoriaa ja kvanttifyysikko filosofi David Bohmin kvanttiontologiaa. Pyrin näin omalta osaltani korjaamaan sitä puutetta, jota "ontologisista kysymyksistä pakeneminen" on filosofiassa aiheuttanut. Keskityn näissä kuvauksissa erityisesti siihen, miten näissä ontologioissa on pyritty ratkaisemaan ongelma mentaalisen ja fyysisen (mind-body ongelma) olemuksesta ja suhteesta. Aluksi yritän luoda kokonaiskuvan molemmista teorioista erikseen (Luvut 2 ja 3). Neljännessä luvussa esitän lyhyesti Roger Penrosen kvanttiteoriaan perustuvan analyysin mentaalisten tilojen ja fyysikaalisen maailman välisestä suhteesta. Pidän Penrosen esitystä Bohmin mallin edelleen kehittelynä ja siksi on paikallaan kuvata se tässä yhteydessä. Viidennessä luvussa pohdin, mitä uutta nämä ontologiset kuvaukset antavat ihmisen toimintaa tutkiville tieteille ja kognitiiviselle psykologialle. Onhan fyysisen maailman ilmiöt olleet, jos ei lähtökohtana, niin ainakin vertailukohtana ihmistieteille. Molemmat ontologiset kuvaukset

antavat tähän tehtävään hyviä virikkeitä, sillä molempien ontologioiden tavoitteena on ollut ratkaista vanha filosofinen ongelma fyysisen ja psyykkisen välisestä suhteesta. Lisäksi Popperin ja Bohmin ontologioiden ansiona on erityisesti se, että he pohtivat perinteisen mind-body ongelman lisäksi kulttuurin ja mentaalisen välistä suhdetta. Popper kutsuu ko. ongelmaa Comptonin ongelmaksi ja ongelman hypoteettisena ratkaisuna voidaan pitää ontologista teoriaa maailmasta 3 (Popper 1972). Sen sijaan Bohmin ontologiassa Comptonin ongelmaa käsitellään implikaatin ja eksplikaatin järjestyksen suhteena (Bohm 1980).

Kulttuuri-ilmiöiden liittäminen osaksi perinteistä mind-body ongelmaa tuo selitysmalliin uuden elementin, jota yleensä ei käsitellä kiisteltäessä mentaalisen ja fyysikaalisen välisestä suhteesta (Ks. esim. Lammenranta 1998, Saariluoma 1997). Tässä työssä käsiteltävien ontologioiden mukaan mentaalisten ilmiöiden ja kulttuurituotteiden (tieteen teoriat, taide yms.) välinen problematiikka on tavallaan analoginen sille problematiikalle, joka liittyy fyysisen ja mentaalisen väliseen suhteeseen.

Opinnäytetyö päättyy lukuun 6, jossa esitän lyhyen yhteenvedon ja tutkimuksen johtopäätökset.

2 Popperin ontologinen teoria kolmesta maailmasta

Tässä luvussa selitän ensin, mitä Popper tarkoittaa kolmen maailman ontologialla ja millaisia entiteetteja kukin maailma pitää sisällään (Luku 2.1.). Tämän jälkeen tarkastelen niitä taustaoletuksia, joita ontologiaan liittyy (Luku 2.2). Tällöin keskeiseksi nousee evoluutioteoria ja siihen liittyvä emergentti materialismi. Painopiste on tietoisuuden ongelman ratkaisussa ja niiden ongelmien eksplikoimisessa, joita Popperin ontologiaan tässä yhteydessä liittyy. Keskeiseksi ongelmaksi jää energian säilymisen laki, jota Popper yritti muotoilla ns. laajennushypoteesin avulla. Luku (2.2) päättyy laajennushypoteesiin liittyvän ongelman eksplikointiin. Lopuksi tarkastelen vielä (Luku 2.3) kulttuurin merkitystä tietoisuuden kehittymiselle Popperin teorian valossa. Tähän kulttuurin kehitysprosessiin kuuluu kiinteästi

myös Popperin käsitys tieteen kehityksestä.

2.1 Fysikaalisesta maailmasta tietoisuuden kautta kulttuuriin

Popper (1972) jakaa maailman kolmeen elementtiin. Fysikaaliset objektit kuuluvat maailmaan 1, tajunta ja ajatukset muodostavat maailma 2:n ja ihmisen luomat kulttuurituotteet muodostavat maailma 3:n (Popper 1972, 106).

Maailma 1 muodostuu Popperin mukaan fysiikan ja kemian lakeja noudattavista fysikaalisista objekteista ja tiloista. Arkielämästä tutut esineet, kuten pöydät, tuolit, appelsiinit ja kivet kuuluvat maailma 1:n entiteetteihin (Popper 1974a, 146). Samoin edellä mainittuihin arkielämän esineisiin kausaalisesti vaikuttavat suuremmat ja pienemmät objektit, kuten vuoret, maapallo, tähdet pölyhiukkaset, molekyylit ja atomit, kuuluvat samaan alueeseen (Popper ja Eccles 1977, 7-10). Popper luonnehtii fysikaalisen maailman olemusta seuraavasti:

Thus one may say that the results of modern physics suggest that we should give up the idea of substance or essence. They suggest that there is no self-identical entity persisting during all changes in time. (mts. 7).

Maailmaan 1 kuuluvat entiteetit ovat näin ollen jatkuvasti interaktiossa olevia tapahtumia tai prosesseja. Maailma 1:ssä voidaan lisäksi erottaa useita tasoja aina alkeishiukkasista, atomeista yksi- ja useampisoluisiin organismeihin ja näiden polulaatioihin. Taso-oletus liittyy myös maailmoihin 2 ja 3.

Maailma 2 muodostuu Popperin mukaan subjektiivisista kokemuksista. Sen osia ovat tietoisuus, mentaaliset tilat ja käyttäytymiseen liittyvät toimintakaavat (Popper 1972, 106). Maailma 2:n entiteetteihin kuuluvat myös korkeimmilla kehitystasoilla olevien eläinten tietoisuus. Popperin evolutionistisen näkökulman mukaan tietoisuus on emergentti piirre, joka on kehityksen tuloksena ilmestynyt aineellisiin organismeihin. Kehityksen seurauksena on syntynyt laadullisesti uutta rakennusmateriaalia aivoihimme. Uusi rakennusmateriaali ei ole redusoitavissa aineellisiin perusprosesseihin, vaan sitä on käsiteltävä itsenäisenä entiteettinä. Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, että tietoisuus olisi eri substanssi kuin aine kartesiolaisessa mielessä (Popper 1972, 231). Kyse on enemmänkin siitä, että tietoisuus edustaa evoluutioprosessin myöhäisempää vaihetta ja on hierarkkisessa mielessä korkeammalla tasolla kuin "puhtaasti" fysikaaliset prosessit aivoissa. Tietoisuus on syntynyt interaktiivisessa

prosessissa ja huolimatta suhteellisesta itsenäisyydestään, se edelleen on vuorovaikutuksessa aivojen fyysikaalisen aineksen kanssa (mts., 251). Näin Popperin käsitys tietoisuuden luonteesta poikkeaa esimerkiksi funktionalismista, jossa nähdään, että aivoprosesseja tarkasteltaessa kuitenkin lopulta päädytään fyysikaalisiin entiteetteihin¹ (Churchland 1993, Kamppinen 1987).

Maailma 3 on muodostunut inhimillisen tietoisuuden tuotteista. Tällaisista tuotteista Popper on esittänyt varsin kirjavan listan. Maailma kolmeen kuuluvat mm. probleemat, teorit, argumentit, työkalut, sosiaaliset organisaatiot, taideteokset, arvot, myytit, fiktiot, traditomme, yleiskäsitteet, instituutiomme ja elämäntapamme (Popper 1974a, 144-156).

Popper erottaa edelleen toisistaan ruumiillistuneet (Maailma 3.1.) ja ei-ruumiillistuneet (Maailma 3.2.) maailma 3:n objektit (Popper ja Eccles, 1977, 41). Ruumiillistuneita objekteja ovat materiaaliset artefaktit, jotka ovat yhtä aikaa maailmojen 1 ja 3 jäseniä. Niinluoto havainnollistaa maailman 3 ruumiillistuneita objekteja seuraavasti:

Esimerkiksi kirja aineellisena kappaleena tai raha metallipalana kuuluu maailmaan 1: niillä on havaittavia ja mitattavia fyysikaalisia ominaisuuksia, kuten paino, muoto, paikka, väri, haju, maku jne. Toisaalta niillä on myös ympäröivästä inhimillisestä käytännöstä (tekijä, käyttäjät, kieli, talousjärjestelmä) riippuen suhteita maailmaan 2 ja 3, so. ei-fyysikaalisia relationaalisia ominaisuuksia (kuten sisältö, merkitys, arvo, hinta, käyttötarkoitus), joiden kautta niistä tulee maailmaan 3 kuuluvia kulttuuriesineitä. (Niinluoto 1990, 23).

Ei-ruumiillistuneita maailma 3:n objekteja ovat sosiaaliset instituutiot, joihin ei liity mitään erityistä fyysikaalista objektia, mutta jotka silti vaativat jatkuvasti tukea maailmoista 1 ja 2 käsin. Esimerkiksi hatunnosto kohteliaana tapana on reaalin maailma 3:een kuuluva sosiaalinen

1

Popperin käsitystä voi pitää, kuten emergenttiä materialismia yleensäkin, ei-reduktiivisena materialismina. Tällöin maailma muodostuu erilaisista toisiinsa palautumattomista todellisuuden tasoista (Ks. Lammenranta 1998). Kuitenkin fyysikaalinen on oleellinen ehto "ylemmän" tason emergensseille ominaisuuksille. Ollinheimo (1997a, 1997b, 1998) on kritisoinut voimakkaasti tällaista heikkoon tasoriippuvuuteen perustuvaa ei-reduktiivista materialismia. Hän ottaa omaan malliinsa fyysikaalisen tason ja mentaalisen tason väliin systeemisten ominaisuuksien tason, joiden avulla hän pyrkii viemään kuvaustaan pidemmälle kuin heikko ei-reduktiivinen materialismi. Ollinheimon mukaan vahva tasoriippuvuus sallii epistemologisen reduktion ilman, että ajaututaan epifenomenalismiin (Ollinheimo 1998, 58). Epistemologinen reduktio kuitenkin edellyttää, että mentaalinen kausaaliteetti selitetään mentaalisten tilojen fyysikaalisten konstituenttien muodostamien rakenteiden systeemistä ominaisuuksista käsin. Lammenranta (1998) kuitenkin huomauttaa aivan oikein, ettei mind-body ongelmaa ratkaista lisäämällä uusia tasoja kuvauksiin. Tällöin vain siirretään ongelmaa paikasta toiseen. Ollinheimon mallissa nimittäin ei kyetä selittämään miten fyysikaalinen "muodostaa" rakenteisia ominaisuuksia, jotka tavallaan toimivat "aidon" mentaalisen ja "aidon" fyysikaalisen välissä. Ollinheimo siis vain siirtää Homunculuksen mentaalisesta systeemisellet tasolle. Selitysvaikutet johtuvat juuri niistä ongelmista, joita jo Popper on laajasti käsitellyt Descartesin ongelmaa käsiteltäessään; miten fyysikaalisesti suljettu systeemi (maailma 1) voi tuottaa luovuutta ja mentaalisia tiloja.

"entiteetti", vaikkei se jonain tiettyinä hetkenä reaalistuisikaan maailmassa 1 (Niiniluoto 1990). Lisäksi jotkut sinänsä abstraktit maailma 3:n entiteetit voidaan jäljentää, tallentaa ja reprodusoida maailmoihin 1 ja 2 kuuluvien ruumiillistumien kautta. Todellisuuden entiteeteilla voi olla siis kaksoisluonne, eli ne voidaan luokitella kuuluvaksi joko maailmaan 1, maailmaan 2 tai maailmaan 3 sen mukaisesti, mikä on tarkastelunäkökulma. Niiniluoto havainnollistaa tätä Popperin ideaa seuraavasti:

Runo voidaan kirjoittaa paperille (maailma 1) tai tallentaa ihmisen muistiin (maailma 2); sinfonia voi todellistua säveltäjän ideana tai kuulijan elämyksenä (maailma 2), ääniaaltoina, äänilevynä ja nauhana tai partituurin nuottimerkintöinä (maailma 1). Olisi täysin mielivaltaista identifioida tällainen abstrakti olio yhden ruumiillistumansa kanssa ja sillä tavoin yrittää redusoida sitä maailmaan 1 tai 2. (Niiniluoto 1990, 25).

Tieteenkehitystä pohtineena filosofina Popper käsittelee myös vielä keksimättömiä maailma 3:n entiteetteja (Maailma 3.3). Ne ovat olemassa potentiaalisina objekteina maailmassa kolme odottamassa, että joku keksisi ne. Näin ollen maailmaan 3 sisältyy entiteetteja, "ajattelun mahdollisia kohteita", joilla ei ole mitään vastinetta maailmassa 1 ja maailmassa 2. Esimerkiksi Newtonin fysiikan seuraus, ns. kolmen kappaleen ongelma, oli ennen löytämistään tällainen maailman 3 entiteetti (Popper 1974b, 1051). Popper kuvaa tätä ilmiötä seuraavasti:

There are world 3 objects which possess no world 3.1 materialization at all. They are yet to be discovered problems, and the theorems which are already implied by the materialized world 3.1, but which have never yet been thought of (Popper 1974b, 1051-1052).

Käsitys potentiaalisista ajatusten kohteista ja potentiaalisista keksinnöistä liittyy Popperin edustamaan realismiin. Luonto on olemassa meistä riippumatta, vaikka tietomme tästä on rajallista. Popper (1982) kuvaa realistista asennoitumistaan seuraavalla tavalla:

The central issue here is realism. That is to say, the reality of the physical world we live in: the fact that this world exists independently of ourselves; that it existed before life existed, according to our best hypothesis; and that it will continue to exist, for all we know, long after we have all been swept away. (Popper 1982, 2).

Voidaan sanoa, että Popperin oletus maailmojen realistisuudesta on hänen ontologinen perushypoteesinsa. Epistemologisenä perushypoteesina taas voidaan pitää sitä, että tietomme ja käsityksemme reaalisesta todellisuudesta on aina rajallista. Maailma 3:n "asukkaista" tärkeimpiä ovat tämän vuoksi tieteelliset teoriat, ongelmat ja kriittiset argumentit, jotka tulevat falsifioiduksi tiedeyhteisön kritiikin seurauksena (Popper 1972, 107). Tämän vuoksi myös

tieteellisten teorioiden kehitys on evoluution kaltainen prosessi, jossa käsityksemme maailmasta täsmentyy, mutta ei koskaan saavuta täydellistä ymmärrystä todellisuudesta. Todellisuus on olemassa, mutta tieto todellisuudesta on tyhjentyvätöntä. Toisin sanoen, maailma 3 on olemassa riippumatta meidän subjektiivisista käsityksistämme maailmasta kolme. Popper kuvaa ilmiötä seuraavasti:

I would suggest that instead of saying that World 3 is encoded in the brain, we say that certain World 3 objects are recorded in the brain and thus, as it were, incarnated. The whole of World 3 is nowhere; it is only certain individual World 3 objects which are sometimes incarnated and thus localizable. (Popper & Eccles 1977, 537).

Popper kutsuu maailma 3:a objektiiviseksi ja erottaa sen jyrkästi mentaalista entiteeteistä (mts., 323). Tietoisuutemme (maailma 2) on tuottanut maailman 3 samalla tavoin kuin fyysikaalinen maailma (Maailma 1) on evoluution seurauksena tuottanut maailman 2. Kaikki maailmat ovat hierarkkisessa suhteessa toisiinsa ja edelleen myös vuorovaikutuksessa, vaikkakin elävät suhteellisen itsenäistä elämää. Yhteenvedon esitetään Popperin ontologinen teoria kolmesta maailmasta kuviossa 1.

MAAILMA 3	(6) taideteokset, tiede, teknologia
(Tietoisuuden tuotteet)	(5) inhimillinen kieli, teoriat itsestä ja kuolemasta
MAAILMA 2	(4) tietoisuus itsestä ja kuolemasta
(Yksilön kokemukset)	(3) eläinten tietoisuus
MAAILMA 1	(2) elävät organismit
(fyysinen maailma)	(1) raskaimmat alkuaineet, nesteet, kiinteät aineet

Kuvio 1. Popperin kolmen maailman ontologia (Popper&Eccles 1977, 16)

Popperin ontologia perustuu siis emergentin materialismin ideaan, jonka mukaan yksinkertaisimmista “olemusmuodoista” (raskaimmista alkuaineista) kehittyi evoluutioprosessin seurauksena monimutkaisempia “olemusmuotoja” (tietoisuus, kulttuuri). Vaikka esimerkiksi tietoisuus on kehittynyt samasta materiasta kuin fyysisen maailman yksinkertaisemmat muodot, tämä uusi ilmentymä ei ole palautettavissa näihin aineen perusosiin. Tietoisuus on tämän käsityksen mukaan enemmän kuin osiensa summa.

2.2 Mentaalinen Popperin ontologiassa

Popperin mukaan yksi keskeisimpiä ongelmia tieteessä on tietoisuuden prosessien suhde aivoprosesseihin (Popper & Eccles 1977). Yllä esitetty ontologinen kuvaus kolmenlaisista todellisuuden entiteeteistä on syntynyt suurimmaksi osaksi tämän ongelman äärellä (Ks. Popper 1972, 206 ja Popper 1974a, 149). Edellä on jo viitattu Popperin ontologian yhteydestä evoluutioteoriaan. Seuraavaksi tätä tarkastellaan perusteellisemmin. Tämän jälkeen tarkastellaan varsinaista tietoisuuden ongelmaa Popperin ontologian valossa.

2.2.1 Popperin ontologia ja evoluutioteoria

Maailman jakamisella luontoon, tietoisuuteen ja kulttuuriin Popper yrittää päästä irti platonismin traditiosta, jossa erotetaan toisistaan ideoiden maailma ja aistein havaittava maailma. Popper korvaa Platonin ikuiset ideat maailmalla 3, joka on ihmisten luovaan työhön ja uusintamiseen perustuva sosiaalinen konstruktio. Erityisen tärkeä osa tästä luovasta konstruktioista ovat tieteelliset teoriat ja näihin liittyvät argumentit. Tieteen tehtävänä on Popperin mukaan löytää parempia teorioita ja tähän löytämisen prosessiin liittyy oleellisenä kriittisyys (Popper 1972, 107). Maailma 3:n sisältö on objektiivista ja se voidaan erottaa subjektiivisista mielteistämme. Niinluodon mukaan (1990, 16) Popper ei pyri ontologiassaan systemaattiseen teoriaan tai säästäväisyyteen. Hän ei pyri etsimään metafyyssisten realistien -

kuten esimerkiksi Putnam - tavoin fysikaalisen maailman perimmäisiä osia. Samoin hän ei pidä - kuten esimerkiksi Sellars - arkikokemuksen objekteja epätodellisina tai ainakaan vähemmän todellisina kuin >>tieteelliseen kuvaan>> kuuluvia teoreettisia entiteettejä. Niiniluoto toteaaakin, että Popperin ontologia on yhteensopiva järkevä materialistisen ontologian kanssa ja lisäksi sen avulla voi selkeästi ymmärtää kulttuurin ja yhteiskunnan luonnetta (Niiniluoto 1990, 15). Popperin ontologialla voidaan katsoa olevan seurauksia myös humanististen tieteiden metodologialle, koska kyseisen ontologian mukaan maailmojen välille ei tarvitse tehdä mitään olemuksellista eroa; kyse on absoluuttisen eron sijasta suhteellisesta erosta.

Evoluution seurauksena syntyneet emergentit objektit alkavat elää suhteellisen itsenäistä elämää. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että ne olisivat riippumattomia toisistaan. Maailmat ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Popper (1974b, 1050) selittää ontologiansa perusteita seuraavalla tavalla:

What I called "the third world" and now prefer to call, upon Eccles's suggestion "world 3" is, essentially, the world of the products of the human mind; but I include in it, and I hold necessary so to include, the unintended interrelationships and interactions between these products. World 3 is to a remarkable extent autonomous."

Popperia voi hyvällä syyllä pitää interaktionalistina, sillä hän korostaa toisaalta maailmojen sisällä olevien entiteettien dynaamisuutta ja toisaalta näiden vuorovaikutusluonnetta. Tämä vuorovaikutusluonne on lopulta selitys - ilman että Popper kykenisi tämän kehityksen logiikkaa täsmällisesti formuloimaan - uusien emergenttien ominaisuuksien syntymiselle. Evoluutio-oletukseen liittyy myös se ajatus, että maailma 1 on historiallisessa mielessä primääri, maailmat 2 ja 3 ovat kehittyneet maailmasta 1 evoluution seurauksena.

Popper eksplikoi oman evoluutioteoriansa Arthur H. Comptonin muistoluennossa (Popper 1972, 206-255). Eksplikaatio liittyy kiinteästi jo Comptonin esittämään ongelmaan kulttuurin, tietoisuuden ja fysikaalisen maailman suhteesta. Tähän suhteeseen puolestaan liittyvät kysymykset tahdonvapaudesta ja determinismistä. Popper piti Compton-luennon vuonna 1965 ja tässä yhteydessä hän ei vielä viitannut kolmen maailman ontologiseen teoriaan. Voidaan kuitenkin todeta, että Popperin tulkinta evoluutioteoriasta on kiinteässä yhteydessä

hänen kaksi vuotta myöhemmin esittämänsä kolmen maailman teoriaan². Seuraavassa tarkastellaan Popperin evoluutioteoriaa tarkemmin tukeutuen suuressa määrin Popperin Compton-luentoon.

Popperin mukaan inhimillisellä kielellä on keskeinen rooli evoluutioprosessissa (Popper 1972). Kielellä on tällöin useita funktioita. Alemmalla tasolla kielellä on ekspressiivinen funktio (expressive function of language) ja merkkifunktio (signalling function of language) (Popper 1972, 235). Nämä kielenkäytön muodot ovat yhteisiä ihmisille ja eläimille ja ne edustavat kielenkäytön primaarisia alhaisen tason funktioita³. Ihmisen kielenkäytössä erityisen tärkeitä ovat kuvaileva funktio (descriptive function) ja argumentaatiofunktio (argumentative function). Taito argumentoida ja muotoilla hypoteeseja edustaa Popperin mukaan evoluution myöhäisintä kehitysvaihetta ja on myös hierarkkisessa mielessä ylemmällä tasolla kuin kielenkäytön alemmat funktiot (mts. 237). Popper toteaa argumentaatiokyvystämme seuraavaa:

...the most powerful tool for biological adaptation which has ever emerged in the course of organic evolution.(mts. 237).

Argumentaatiokyky, kuten muutkin evoluution aikana syntyneet kyvyt ovat syntyneet yrityksen ja virheiden eliminointi menetelmän seurauksena (Trial and error-elimination). Argumentaatio edustaa uutta tapaa suhtautua todellisuuteen ja se on tehnyt meille mahdolliseksi erottaa toisistaan totuus epätodesta ja pätevä tieto epäpätevästä tiedosta. Argumentaatio on uusi inhimillinen työväline, jonka avulla objektiivinen kommunikointi ja teorioiden muodostaminen ovat mahdollista.

Kun käytämme argumentointia, myös alemmat kielenkäytön funktiot ovat

2

Popper esitti kolmen maailman teorian otsikolla "Epistemology Without a Knowing Subject" kolmannessa kansainvälisessä logiikan, metodologian ja tieteenfilosofian kongressissa Amsterdamissa 1968. Kongressiesitelmä on julkaistu Popperin kirjassa "Objective Knowledge" (1972) luvussa 3.

3

Eläinten ja ihmisten erossa ei ole kyse aivojen kokoerosta tai niiden prosessointinopeudesta., vaan siitä, että ihminen on kysennyt kehittämään kieltä pitemmälle. Esimerkiksi Dennett (1991) pitää kirjoituksen esiasteena eläinten luontoon jättämiä erilaisia merkkejä. Ihmisen oleellinen piirre eläimeen verrattuna on hänen mukaansa nimenomaan siinä, että ihminen on kehittänyt tätä merkkijärjestelmää pitemmälle kuin eläimet. Tällöin mielellä olleita "muistamistehtäviä" on siirretty ulkomaailman hoidettavaksi (piirroksiset, kartat, tietokoneet...) ja aivojen kapasiteettia on vapautunut muuhun käyttöön.

prosessissa mukana. Popperin mukaan monet filosofit ovat jättäneet kielenkäytön alemmat funktiot huomiotta juuri sen vuoksi, että ne esiintyvät samanaikaisesti korkeampien funktioiden kanssa (mts. 237).

Popperin esittämä antipsykologinen teesi mukaan psyyken tuotteet (maailma 3) tulee erottaa psyyken prosesseista (maailma 2). Popperin mukaan filosofiassa on usein tehty paha virhe, kun ei ole osattu erottaa toisistaan kahta kategoriaa, nimittäin struktuuria (maailma 2) ja sen tuotteita (maailma 3). Esimerkiksi Phillips on kritisoinut Kohlbergin moraaliteoriaa ja Piaget'n geneettisen epistemologian teoriaa (Piaget 1970) Popperin antipsykologiseen teoriaan perustuen (Phillips 1987). Näissä teorioissa on Phillipsin mukaan tehty kategoriavirhe, kun ei ole erotettu subjektiivista maailmaa 2 ja kulturituotteita sisältävää maailmaa 3 toisistaan.

Popperin kuvaama adaptaatioprosessi luonnossa on hyvä esimerkki siitä, miten hän soveltaa evoluutioajatusta kaikille kolmelle ontologian tasoille. Popper korostaa, että kaikella kehityksellä on oma lähtökohtansa. Luonnossa tämä adaptaatioprosessi lähtee liikkeelle geneettiseltä tasolta ("The genetic level"), tietoisuuden ilmiöt alkavat kehittyä käyttäytymisen tasolta ("The behavioural level") ja maailma 3:n kehitys on sidoksissa kulloistenkin tieteellisten teorioiden esittämään kuvaukseen maailm/-asta/-moista ("The level of scientific theory formation"). Popper selittää evoluutioon liittyviä adaptaatioprosesseja seuraavasti:

On all three levels of adaption (the genetic level, the behavioural level, the level of scientific theory formation) adaptive changes always start from some *given structures*: on the genetic level, the structure is the genome (the DNA structure). On the level of animal and human behaviour, the structure consists of the genetically inherited repertoire of possible forms of behaviour and, in addition, of the rules of behaviour handed on by tradition (On the human level, some of these belong to World 3). On the scientific level, the structure consists of dominant scientific theories, handed on by tradition, and of open problem. These structures or starting points are always transmitted by *instruction*: the genome is replicated qua template, and thus by instruction; the tradition is handed on by direct instruction, including imitation. But the new adaptive changes in the inherited structure happen on all three levels by way of natural *selection*: by way of competition, and of the elimination of unit tentative trials. ... Thus the conservative power is *instruction*; the evolutionary or revolutionary power is *selection*. (Popper ja Eccles 1977, 133).

Adaptaatioprosessi lähtee siis aina liikkeelle jostain "annetusta". Tämän jälkeen adaptaatio tapahtuu joko opetuksen tai valinnan avulla. Opetuksella Popper tarkoittaa Lamarckin kehitystä kuvaavan teorian keskeistä termiä *instruction*, kun taas valinnalla hän viittaa Darwinin evoluutioteorian käsitteeseen *selection* (Popper 1974a, 133). Ylläolevassa sitaatissa

Popper korostaa, että valinnan prosessi on edistystä ja sille on ominaista uutta luova luonne. Ontologisen teorian kuvaamisen yhteydessä esitetty ajatus rohkeista yrityksistä ja "luonnon" valinnasta on tuttu jo Popperin teoksesta "*Logik der Forschung*" (1934), joka sisältää Popperin käsityksen tieteellisen tiedon kasvusta yrityksen ja erehdyksen menetelmällä (a theory of the growth of knowledge by trial and error-elimination). Tiedeyhteisön hypoteesejä kohtaan osoittaman kritiikin seurauksena kehittyy elinkelpoiset teoriat samalla tavoin kuin luonto valitsee elinkykyiset kombinaatiot luonnon tuottamasta materiasta. Hypoteesien kritisointi tapahtuu tällöin falsifikaation menetelmällä (Popper 1974a, 133).

Popperin ajatusta kaiken kehityksen lähtökohtana olevasta taustastruktuurista voi hyvin verrata Wartofskyn käsitykseen havaitsemisen ja kognition historiasta. Wartofsky (1979) kuvaa käsitystään seuraavasti:

Human perception and cognition have a history, beyond species evolution, and it is a history we ourselves have made, in the course of our socio-cultural practice. In a sense, then, our ways of knowing are themselves artifacts which we ourselves have created and changed, using the raw materials of our biological inheritance. (Wartofsky 1979, xii).

Wartofskyn mukaan sosio-kulttuurinen käytäntö luo historian ja vaikuttaa havaintoihimme ja ajatuksiimme. Hänen käsitystään havaitsemisen historiallisuudesta ja sen vaikutuksesta tapamme ajatella voi pitää analogisena Popperin käsitykselle maailmojen 2 ja 3 vuorovaikutuksesta. Tosin Wartofsky ei itse käytä Popperin ontologian käsitteitä,

Popper nimittää omaa evoluutioteoriaansa luovaksi evoluutioksi ('creative evolution') (Popper 1972, 244). Luova evoluutio viittaa evoluutioon, jossa ongelman ratkaisu on keskeistä ja jossa on useita eri ratkaisumahdollisuuksia. Useiden mahdollisuuksien maailmassa evoluutiossa on kyse muustakin kuin vain eloonjäämisestä. Tässä suhteessa Popperin käsitys eroaa darwinilaisesta ja uusdarwinilaisesta evoluutiokäsityksessä. Popper tekee edelleen eron eläinten evoluution ja ihmisen evoluution välillä. Popper selventää eroa seuraavasti:

Animal evolution proceeds largely, though not exclusively, by the modification of organs (or behaviour). Human evolution proceeds, largely, by developing new organs outside our bodies or persons: 'exosomatically', as biologists call it, or 'extra-personally'. These new organs are tools, or weapons, or machines, or houses. The rudimentary beginnings of this exosomatic development can of course be found among animals. The making of lairs, or dens, or nests, is an early achievement. I may also remind you that beavers build very ingenious dams. But man, instead of growing better eyes and ears, grows spectacles, microscopes, telescopes, telephones, and hearing aids. And instead of growing swifter and swifter legs, he grows swifter and

swifter motor cars. Yet the kind of extra-personal or exosomatic evolution which interests me here is this: instead of growing better memories and brains, we grow paper, pens, pencils, typewriters, dictaphones, the printing press, and libraries. (Popper 1972, 238-239)

Popper siis korostaa työkalujen ja tutkimusvälineiden merkitystä välittävänä tekijänä maailman (maailmojen) ja tajuntamme välillä. Tähän liittyen hän siteeraa Einsteinia seuraavasti:

Einstein once said "My pencil is more intelligent than I". It is clear what he means: his pencil, the writing down of his equations, helped him to solve problems, equations, whose solution he could not anticipate. (Popper 1974a, 148).

Luovuudesta ja kekseliäisyydestä on tullut keskeinen inhimillinen piirre evoluution seurauksena. Sen sijaan, että meidän olisi kuoltava väärin valintojen seurauksena, kuten darwinistinen evoluutioteoria olettaa, voimme antaa hypoteesien kuolla puolestamme (Popper 1972). Rohkeat hypoteesit ovat oleellinen osa tieteen kehitystä.

Miten sitten on mahdollista, että alemman tason organisaatioista kehittyi evoluutioprosessissa emergenteja piirteitä? Termit kekseliäisyys, luovuus ja ongelmanratkaisu eivät kykene selittämään muutoksen luonnetta. Popper ei itsekään väitä, että hänen tulkintansa evoluutioteoriasta tai kolmen maailman ontologiensa olisi tyhjentävä selitys muutoksen logiikasta (Mts. 255). Hänen ratkaisunsa voikin pitää hypoteettisena. On kuitenkin todettava, ettei tyhjentävää kuvausta ole esittänyt kukaan muukaan. Tosin Bohmin ontologiaa käsittelevässä luvussa tullaan osoittamaan, että tässä suhteessa on päästy ehkä hieman lähemmäksi totuutta eksplikoimalla ja empiirisesti havainnoimalla niitä ongelmia, mitä muutoksen logiikkaan liittyy.

Yhteenvetona Popperin evoluutioteorian tulkinnasta voidaan todeta seuraavaa. Evoluutio on hierarkkinen systeemi, jossa kehkeytyy uusia emergenteja piirteitä eri hierarkian tasolla olevien entiteettien interaktiivisten prosessien seurauksena. Interaktiiviseen prosessiin liittyy joustava kontrolli palaute systeemeineen ja tämän seurauksena virheet tulevat eliminoiduksi. Interaktiivinen prosessi on seurausta yhtäältä tarpeesta kontrolloida paremmin alemman tason kieltä ja toisaalta tarpeesta sopeutua paremmin ympäristöön. Apuvälineinä näissä kahdessa tehtävässä ovat uudet työkalut ja uudet tieteelliset teoriat. Ongelmaksi jää, mistä interaktiivinen prosessi saa energiansa. Miten on esimerkiksi mahdollista, että tietoisuutemme vaikuttaa omaan fyysiseen käyttäytymiseemme. Näitä ongelmia käsittelemme seuraavassa luvussa.

2.2.2 Popperin ontologia ja tietoisuuden⁴ ongelma

Popper jakaa tietoisuuden ongelman kahteen osaan. Hän nimittää ongelmia Descartesin ongelmaksi ja Comptonin ongelmaksi. Descartesin ongelma on perinteinen ongelma mielen ja ruumiin välisestä suhteesta. Tämän ongelman Popper muotoilee seuraavasti:

how can it be that such things as states of mind - volitions, feelings, expectations - influence or control the physical movements our limbs? And (though this is less important in our context) how can it be that the physical states of an organism may influence its mental states? (Popper 1972, 230).

Comptonin ongelma on seuraava:

Compton's problem may be described as the problem of influence of the universe of abstract meanings upon human behavior (and thereby upon the physical universe). Here 'universe of meanings' is a shorthand term comprising such diverse things as promises, aims, and various kinds of rules, such as rules of grammar, or of polite behaviour, or of logic, or of chess, or of counterpoint; also such things as scientific publications (and other publications); appeals to our sense of justice or generosity; or to our artistic appreciation; and so on, almost ad infinitum. (mts. 230-231).

Mika ero on Descartesin ongelmalla ja Comptonin ongelmalla? Voidaan havaita, että Descartesin ongelma liittyy maailma 1:n ja maailma 2:n väliseen vuorovaikutukseen, kun taas Comptonin ongelma liittyy ainakin kuvattun maailma 3:n vaikutukseen maailmaan 2 (ja täten välillisesti myös maailmaan 1).

Popper itse toteaa, että Comptonin ongelma on yksi mielenkiintoisimmista ongelmista filosofiassa, vaikka filosofit eivät hänen mukaansa ole kiinnittäneet siihen tarpeeksi huomiota (mts. 231). Popperin ontologinen teoria on siis hypoteettinen ratkaisu⁵ vanhaan Descartesin ongelmaan mielen ja ruumiin välisestä suhteesta ja Comptonin eksplikoimaan ongelmaan

4

Popper viittaa tässä yhteydessä sekä perinteiseen mind-body ongelmaan (1974a, 150) että kulttuurin vaikutukseen tietoisuuteemme (Popper 1972, 230-231). Edellistä hän kutsuu Descartesin ongelmaksi ja jälkimmäistä Comptonin ongelmaksi. Kun viitataan yleisesti tietoisuuden ongelmaan, tarkoitan molempia Popperin esittämiä ongelmia. Tämä on perusteltua, koska luvussa käsiteltävä energian säilymisen lakiin liittyvä problematiikka on käsittääkseni samanlainen puhuttaessa maailma 1:n ja maailma 2:n välisestä suhteesta tai maailma 2:n ja maailma 3:n välisestä suhteesta.

5

Ratkaisu on hypoteettinen, koska vielä ei ole kyetty empiirisesti todentamaan sitä prosessia, missä evoluutioprosessin seurauksena alemman tason entiteeteistä syntyy monimutkaisempia korkeamman tason entiteettejä, jotka ovat suhteellisen itsenäisiä suhteessa alemman tason entiteetteihin (Ks. Popper 1972, 255).

kulttuurin vaikutuksesta omaan mieleemme. Popper kuvaa ko. ongelman suhdetta kehittämäänsä ontologiaan omaelämäkerrassaan seuraavalla tavalla:

Thus whatever new I might have to say on the body-mind problem is connected with my views on the third world. I thought, however, that language does play a role: that although *consciousness* may be conjectured to be prelinguistic, what I call *full consciousness of self may be conjectured to be specically human*, and to depend on language. Yet this idea seemed to me of little importance until, as described in the previous section, I had developed certain views of Bolzano's (and, as I later found, also of Frege's) into a theory of what I called the "third world". It was only then that it dawned on me that the body-mind problem could be completely transformed if we call the theory of the third world to our aid. For it can help us to develop at least the rudiments of an *objective theory* - a biological theory - not only of subjective states of consciousness but also of selves (Popper 1974a, 150).

Popper oli tyytymätön kaikkiin tyypillisiin yrityksiin ratkaista tietoisuuden ongelma. Popperin mukaan useimmat mind-body ongelmaan liittyvät teorit käsittelevät ongelmaa ruumiin ja mielen erilaisina suhteina. Popper kuvaa Compton luennossa tyypillisimmät tavat nähdä suhde mielen ja materian välillä. Nämä ovat determinismi, indeterminismi ja kvanttifysiikkaan perustuva ratkaisu (Popper 1972, 213-228). Popper ei pitänyt mitään edellämäinuituista tarpeeksi hyvänä ratkaisuna determinismin ongelmaan. Seuraavassa tarkastellaan näitä kolmea ratkaisua ja Popperin omaa ratkaisua, jota voidaan kutsua laajennushypoteesiksi (Ks. Oulasvirta 1985, 96).

Newtonin fysiikka perustui deterministiseen käsitykseen maailman olemuksesta. Popper kutsui fysikaalista determinismia determinismin painajaiseksi⁶, koska tämän käsityksen mukaan luonto ja sen mukana ajattelumme noudattavat klassisen fysiikan lakeja automaattisesti (Popper 1972, 222). Fysikaalisesta determinismista seuraa, että tietoisuudellamme ja luovalla toiminnallamme ei voi olla vaikutusta maailman tapahtumiin, sillä klassisen fysiikan lait determinoivat kaikkea. Popper kärjistää ottamalla esimerkin Mozartin ja Beethovenin sävellystyöstä:

... if physical determinism is right, then a physicist who is completely deaf (kuuro) and who has never heard any music could write all the symphonies and concertos written by Mozart or Beethoven, by the simple method of studying the precise physical states of their bodies and predicting where they would put down black

6

Popper otsikoi Compton-muistoluennon metaforisesti "Of Clouds and Clocks". Determinismi nimenomaisesti perustuu käsitykseen, että kaikki pilvet ovat kelloja. Tämä tarkoittaa sitä, että pilvetkin noudattavat mekaniikan deterministisiä lakeja yhtä vääjäämättä kuin hyvin rakennettu sveitsiläinen kello (Ks. Popper 1972, 210).

marks on their lined paper. (mts. 223).

Popperin esimerkki havainnollistaa hyvin determinismin tuomia vaikeuksia inhimillisen toiminnan kuvaamisessa. Popperin mukaan Newtonin klassinen fysiikka, Hume'n filosofia ja Einsteinin tulkinnat kvanttifysiikasta perustuvat deterministiseen käsitykseen luonnosta (mts. 213). Kuitenkin Popperin ontologian käsitys kolmesta maailmasta ja siihen liittyvä evoluutioteoria ovat jyrkässä ristiriidassa deterministisen ajattelutavan kanssa. Voidaan todeta, että determinismillä ei tänä päivänä ole vakavasti otettavia kannattajia, joskin yritykset ratkaista tämä ongelma ovat olleet edelleen riittämättömiä.

Popperin mukaan indeterministit, joihin hän pitää mm. Peircea⁷, Schlicia ja Heisenbergiä, esittivät ensimmäisen välttämättömän ehdon tietoisuuden ongelman ratkaisuksi. Popper kuitenkin pitää myös tätä ratkaisua riittämättömänä. Hän selittää:

If determinism is true, then the whole world is a perfectly running flawless clock, including all clouds, all organisms, all animals, and all men. If on the other hand, Peirce and Heisenberg and some other form of indeterminism is true, then sheer *change* plays a major role in our physical world. *But is change really more satisfactory than determinism?* (mts. 226).

Popper vastaa kieltävästi esittämäänsä kysymykseen. Indeterminismin tulkinnat perustuivat tilastolliseen kausaliteettiin ja fyysikaalisen maailman sulkeutuneisuuteen ja tämä ei tyydyttänyt Popperia. Tilastollisen lain antama kuva sattumanvaraisista muutoksista ei selitä inhimilliseen harkintaan ja suunnitelmallisuuteen perustuvaa kykyämme ratkaista uusia ongelmia.

Suhdeajattelun sijaan Popper haki ratkaisua interaktionalismista, jonka hän kytki evoluutioteoriaan ja kolmen maailman ontologiaan (Popper 1974a, 150). Tästä ajattelutavasta seuraa fyysikaalisen maailman näkeminen avoimena. Koska maailma 1 on tuottanut maailman 2 täytyy tämän merkitä sitä, että fyysikaalinen maailma on avoin. Popper kuvaa interaktionalismiaan seuraavasti:

But, especially in many creative acts involving World 2 and World 3. I think that World 1 is *not* necessary involved, or that World 1 is involved as an epiphenomenon of World 2. That is, something is going on in World 1, but it depends partly on world 2. (This is the idea of interaction.) By "creative acts" I means such things as the discovery of new problems or the discovery of new solutions to our problems. It is

7

Peirce oli Popperin mukaan ensimmäinen, joka alkoi ajatella - Popperin oman metaforan mukaan sanottuna - että kaikki kellot ovat pilviä (Popper 1972, 215).

perfectly true that this process of discovery is like to have World 1 processes going on alongside it; but not, I would stress, in parallel to it, because the discovery of something new is a unique process, and I do not think that one can speak of a parallelism between two unique processes which are not analysable into standard elementary processes. (Popper & Eccles 1977, 537-538).

Hypoteesi fyysikaalisen maailman avoimuudesta edellytti puolestaan energian lain säilymisen uudelleenformulointia.

Compton yritti ylittää determinismin tuoman ongelman modernin kvanttifysiikan avulla. Comptonin yritys oli kuitenkin Popperin mukaan edelleen riittämätön, koska se perustui fyysikaalisen maailman sulkeutuneisuuteen. Popperin hypoteesin mukaan fyysikaalisen maailman täytyy olla kausaalisesti avoin maailmalle 2 ja välillisesti avoin maailmalle 3. Tämä merkitsee sitä, että energian säilymisen laille olisi löydettävä muoto, joka olisi yhteensopiva käsitykselle maailman 1 avoimuudesta. Kuten Popperia, myös Comptonia kiusasi fyysikaalisen maailman sulkeutuneisuus ja tästä seuraava ankara determinismi. Oulasvirta (1985) tulkitsee Comptonin yritystä seuraavalla tavalla:

Compton ajatteli, että kvanttifysiikan tilastolliset tai indeterministiset lait tekivät mahdolliseksi ajattelun vaikutuksen toimintaan ilman, että fysiikan lakeja rikottaisiin. Comptonin mukaan enää ei voitu fysiikkaan viittaamalla perustella sitä, että ihminen ei ole vapaa eikä voi vaikuttaa toimintaansa. Compton hahmotteli hypoteesin, jonka mukaan tietoisuuden vaikutus aivoihin tapahtuisi siten, että tietoisuus valikoisi suuresta joukosta kvanttiteorian epätarkkuusperiaatteen mukaisista häilyvistä tapahtumista sopivat ja determinoisi ne. Tietoisuuden ja eräässä ajatuskokeessa esiintyvän ns. Maxwellin demonin toimintaa pidetään analogisena. Tarkastellaan kapeaa rakoa, jonka läpi kulkiessaan hiukkaset kvanttiteorian mukaisesti taipuvat siten, että yksittäisen hiukkasen osumiskohtaa varjostimella ei voida ennustaa. "Epämääräisyys" on nykyisen käsityksen mukaan luonnon itsensä ominaisuus, eikä ilmaus tietämättömydestämme. Maxwellin demoni liikuttaa kitkatonta suljinta raon ja varjostimen välissä ja vaikuttaa fysiikan lakeja rikkomatta hiukkasten jakaumaan varjostimella. Compton suhtautui itse epäröiden esittämäänsä hypoteesiin. Eikä syyttä - miten esimerkiksi tapahtuu tiedönvälitys hiukkasen ja demonin välillä energiaa kulumatta? (Oulasvirta 1985,96).

Oulasvirran mukaan myös Popperin käsitys fyysikaalisen maailman kausaalisesta avoimuudesta maailmalle 2 ja välillisestä avoimuudesta maailmalle 3 ja tähän liittyvä yritys muokata energian säilymisen lakia uuteen muotoon on hyvin ongelmallinen (Oulasvirta 1985, 96). Seuraavaksi tarkastellaan kahta Popperin hypoteettista ratkaisua Comptonin ongelman ratkaisemiseksi (Popper&Eccles 1977, 180, 539-547, 564-566). Nämä ratkaisut ovat kvanttiteorian klassiseen tulkintaan liittyvä ratkaisu ja ns. laajennushypoteesi.

1. Kvanttiteorian klassiseen tulkintaan liittyvä ratkaisu (Sama kuin Comptonin ratkaisu) perustui kvanttimekaniikan epätarkkuusperiaatteeseen. Tämän mukaisesti tietoisuus voi vaikuttaa epätarkkuusperiaatteen sallimissa rajoissa aivojen fysikaalisiin rakenteisiin, koska neuronit toimivat "kaikki tai ei mitään" -periaatteella. Kvanttihypyn determinoitua syntynyt pieni energiamäärä riittäisi tässä tapauksessa hermosolun laukaisemiseksi.

Popperin mukaan hypoteesiin liittyy kuitenkin kaksi puutetta. Ensinnäkin kvanttifysiikka perustuu todennäköisyyteen. Popperin mukaan todennäköisyystulkinta ei anna oikeaa kuvaa rationaalisesta harkinnasta ja inhimillisestä luovuudesta. Toiseksi se perustuu fysikaalisen maailman sulkeutuneisuuteen, vaikkakin pohjautuu indeterminismiin. Kvanttifysiikan klassisen tulkinnan mukaan vapaan tahdon ongelmaa ei pystytä ratkaisemaan, koska vapaan tahdon idea perustuu maailma 1:n avoimuuteen (Popper 1977, 540).

2. Laajennushypoteesin mukaan energian säilymisen laki koskee maailma 1:n ja maailma 2:n välistä interaktiota. Popper itse päätyy kannattamaan tätä hypoteesia. Popperin esittämää näkökohtaa Oulasvirta kommentoi seuraavalla tavalla:

Laajennushypoteesin perusteluna on fysiikan historiassa jatkuvasti tapahtunut energian säilymisen lain yleistäminen. Popper ottaa tarkastelun kohteeksi yhden tällaisen vaiheen. Tanskalainen fyysikko H.C.Oerstedt havaitsi 1820, että johdossa kulkeva sähkövirta poikkeuttaa magneettineulan suunnastaan. Kokeen tulos ei ollut sopusoinnussa sen aikaisen newtonilaisen mekaniikan kanssa. Näytti siltä, että mekaaninen energian säilymisen laki tulisi yleistää koskemaan myös sähköisiä ilmiöitä. Näin myös tapahtui lopulta, vaikka kokeesta seuranneet yritykset redusoida mekaniikka sähköoppiin eivät sitä edellyttäneet. Vaikka Popperin kolmen maailman teorian ja evolutionistisen näkökulman kannalta laajennushypoteesi voisi olla tieteen kehittymiseen mahdollisesti vaikuttava rohkea hypoteesi, on huomattava, että sillä on vakavia filosofisia ja erityistieteellisiä vaikeuksia voitettavanaan. Erityistieteelliseltä kannalta laajennushypoteesin matemaattinen formulointi on mahdollista vain tyydyttävän tietoisuuden ja aivojen interaktiota koskevan teorian yhteydessä. (Oulasvirta 1985, 96)

Ongelmana on edelleen, ettei tyydyttävää teoriaa tietoisuuden ja materian välillä ole kyetty kehittämään. Popper itse sanoo Oerstedtin kokeesta:

This openness of mechanical world to the world of electricity was the main challenge which led to a new reconstruction of physics in which electricity became basic and mechanics derivative with respect to electricity. (Popper&Eccles 1977, 542).

Popperin mukaan hetken näytti, että mekaaninen maailma olisi redusoitavissa elektroniseen maailmaan (Electrical monism). Popperin mukaan asia ei kuitenkaan ole näin:

Accordingly, we can say that each of the two physical worlds, the mechanical world and the electrical world, is, on our current understanding, "open" to at least one other physical world which somehow or other interacts with the mechanical and the electrical world. (Popper&Eccles 1977, 542).

Popper jatkaa vielä ja sanoo, että Oerstedtin kokeen esimerkki osoittaa, että ei ole mahdotonta esittää hypoteeseja, jotka sotivat energian säilymisen lakia vastaan (Popper&Eccles 1977, 542).

Oulasvirran kritiikki laajennushypoteesia kohtaan on siinä mielessä oikeutettu, että vielä ei ole esitetty tyydyttävää tietoisuuden ja aivojen interaktiota koskevaa teoriaa, joka olisi matemaattisesti formuloitu. Kuitenkin Oulasvirran esittämä ratkaisu funktionalismin avulla (Oulasvirta 1985, 79), jossa tietoisuuden toiminnalliset aspektit lopulta voitaisiin redusoida fysikaalisiin entiteetteihin, on vähintään yhtä ongelmallinen kuin Popperin esittämä näkökulma. Voidaan olettaa, että Bohmin kvanttifysiikasta esittämä tulkinta mielen ja ruumiin välisestä suhteesta on kehittyneempi versio Popperin esittämästä laajennushypoteesista kuin mitä funktionalismi olettaa. Bohmin tulkintaan palataan luvussa 3.

2.3. Kulttuuri ja Popperin ontologia

Engeström (1987) pitää Popperin ontologian heikkoutena sitä, että se on liian yksilökeskeinen, eikä huomioi artefakteja ja sosiaalista todellisuutta, jossa kehitys tapahtuu (Engestrom 1987, 49). Vaikka Popper korostaa kehityksen evolutiivista luonnetta, ei Engestromin kritiikkiä voi pitää oikeutettuna. Onhan koko maailma 3:n eksplikaatio Popperilla osoituksena siitä, että hän pitää kulttuurin merkitystä tietoisuuden kehittymiselle erittäin merkittävänä. Popper toteaa seuraavaa sosiaalisen todellisuuden merkittävästä vaikutuksesta ihmisen kasvussa:

It seems to me of considerable importance that we are not born as selves, but that we have to learn that we are selves; in fact we have to learn to be selves. This learning process is one in which we learn about World 1, World 2, and especially World 3. (Popper & Eccles 1977, 109).

...

I suggest that a consciousness of self begins to develop through the medium of other persons; just as we learn to see ourselves in mirror, so the child becomes conscious of himself by sensing his reflection in the mirror of other people's consciousness of himself. (mts. 110).

...
 So the self is, partly, the result of the active exploration of the environment, and of the grasp of a temporal routine, based upon the cycle of day and night. (mts. 110-111)

Popperin näkemys kehitykseen vaikuttavista tekijöistä tulee hyvin lähelle psykologiasta tutun kulttuurihistoriallisen koulukunnan näkemystä kehitykseen vaikuttavista tekijöistä (Ks. esim. Vygotsky 1982). Kehityksen dynaamisuus ja suhteellisuus liittyy Popperilla myös siihen, että hän ei hyväksy kantilaista käsitystä staattisena pysyvänä sieluna. Tähän liittyen Popper toteaa:

Against this, I suggest that being a self is partly the result of inborn dispositions and partly the result of experience, especially social experience. (mts.111).

Kulttuurilla on merkittävä vaikutus ajatuksiimme ja käsityksiimme itsestämme ja luonnosta sekä myös itse kulttuurista. Popperin mukaan myös tieteelliset teoriat kuuluvat maailma kolmen entiteetteihin. Tästä on seurauksena, että on löydettävä jokin kriteeri, jonka avulla voidaan erottaa tiede muista kulttuurissa vallitsevista käsityksistä. Tätä ongelmaa Popper kutsuu demarcatio-ongelmaksi. Demarcatation kriteeri Popperilla on seuraava:

My criterion of demarcation between science and nonscience is a simple logical analysis of this picture. (Popper 1974a, 978).

Loogisen analyysin avulla voidaan esitetyt hypoteesit falsifioida ja erottaa tiede epätieteestä. Popper korostaa, että demarcatio-kriteeri ei toimi mielekkyyden kriteerina (mts., 967). Kulttuuri pitää sisällään asioita, jotka ovat subjektiivisessa mielessä mielekkäitä ja näiden kritisointi ei varsinaisesti kuulu tieteen tehtävään. Toisin sanoen demarcatation kohteeksi tulevat argumentaation avulla lauseet, jotka ovat formuloidut tieteen kielelle. Popper antaa arvoa myös arkiajattelulle, joka käy ilmi seuraavasta sitaatista:

I think very highly of common sense. In fact, I think that all philosophy must start from commonsense views and from their critical examination. (mts.1016)

Popper jakaa arkiajattelun kahteen osaan (mts.1016).

1. Arkiajattelun realismi. Ajatellaan, että on olemassa todellinen maailma, jossa on todellisia ihmisiä, eläimiä ja kasveja, autoja ja tähtiä. Tämä näkökulma on tärkeä ja sitä on vaikea kritisoida.
2. Arkiajattelun teoriat tiedosta on toinen puoli arkiajattelua. Tähän liittyy arkiajattelun epistemologia, jota Popper kutsuu "arkiajattelun ämpäriteoriaksi" (The bucket theory of

mind). Arkiajattelun vastaus kysymykseen siitä, kuinka saamme tietoa maailmasta on: avaamalla silmät ja korvat. Popper kritisoi nimenomaan arkiajattelussa sen epistemologista puolta (mts. 1017), joka perustuu annetun myyttiin ja naiviin realismiin.

Maailman 3 sisältöön liittyvät keskeisenä tieteelliset teoriat ja hypoteesit. Popper pitää tieteellistä tietoa oleellisella tavalla arvattuna tai hypoteettisena (conjectural or hypothetical). (mts. 1016). Maailmojen 2 ja 3 välinen ero liittyy subjektiivisten uskomusten ja tieteellisen tiedon väliseen eroon.

Popper vertaa subjektiivista ja objektiivista tietoa seuraavalla tavalla:

Human knowledge at any rate, and especially scientifically knowledge, is made up to a large extent of *linguistically formulated theories*. And I contend that there is a world of difference between a belief and a linguistically formulated theory. (The belief is in world 2; the theory in world 3). (Popper 1974a, 1027).

A subjective belief which I hold, or which an animal holds, is in a fairly clear sense a part of me or of the animal. Neither of us can objectively criticize it. Only if I *formulate it in language*, or in *writing*, or still better *publish* it, can it become an object of critical discussion - of objective criticism. There seems to be little difference between the feeling that it is very late for lunch and saying "It is very late for lunch". But I hold that the difference is immense. Once formulated in words, the belief may be criticized and refuted. (mts. 1028).

Popper tekee siis selvän eron subjektiivisten uskomusten ja objektiivisen tiedon välillä. Kirjoitetut ja formuloidut mentaalisen tilan tuotteet tulevat interpersonaaliksi ja täten kritisoitaviksi ja kumottaviksi maailma 3:n tuotteiksi. Tähän argumenttien muodostamis- ja kritisoimisprosessiin liittyy tieteellisten teorioiden kehitys. Popper pitääkin itseään kritisistinä.

I should be inclined to regard my emphasis on *criticism* (or the doctrines of critical realism or critical optimism) as being more appropriate than indeterminism is to the unity of my theoretical and practical thinking. (mts. 1053)

Popperin mukaan ei ole olemassa sellaista asiaa kuin uusien ideoiden saavuttamisen looginen metodi tai tämän prosessin looginen rekonstruktio. Hänen mukaansa jokainen keksintö sisältää irrationaalisen elementin tai luovaa intuitiota Bergsonin mielessä (Popper 1959, 32; ks. myös Niiniluoto 1983, 127). Intuitio ei kuitenkaan ole tässä mielessä ristiriidassa tieteen tehtävän kanssa, jota Popperin kuvaa seuraavalla tavalla:

Our main concern in science and in philosophy is, or ought to be, the search for truth, by way of bold conjectures and the critical search for what is false in our various competing theories. (Popper 1972, 319).

Popperin mukaan keksityt hypoteesit asetetaan kuitenkin tiukkojen ja ankarien testien kohteeksi, niiden kohtalo ratkeaa deduktiivisten testien perusteella (ks. Niiniluoto 1983, 127). Yhteenvetona esitän vielä Popperin kuvauksen tieteellisen tiedon ja subjektiivisen tietämisen välisestä suhteesta:

Epistemology I take to be the theory of *scientific knowledge* (see my 1959, pp. 18-19). My first thesis is this. Traditional epistemology has studied knowledge or thought in a subjective sense - in the sense of the ordinary usage of the words 'I know' or 'I am thinking'. This, I assert, has led students of epistemology into irrelevances: while intending to study scientific knowledge, they studied in fact something which is of no relevance to scientific knowledge. For *scientific knowledge* simply is not knowledge in the sense of the ordinary usage of the words 'I know'. While knowledge in the sense of 'I know' belongs to what I call the 'second world', the world of *subjects*, scientific knowledge belongs to the third world, to the world of objective theories, objective problems, and objective arguments. (Popper 1972, 108).

Seuraavaksi tarkastelen Bohmin esittämää tulkintaa kvanttifysiikan keskeisimmistä kokeista ja käsitteistä ja vertaan niitä klassisen fysiikan vastaaviin.

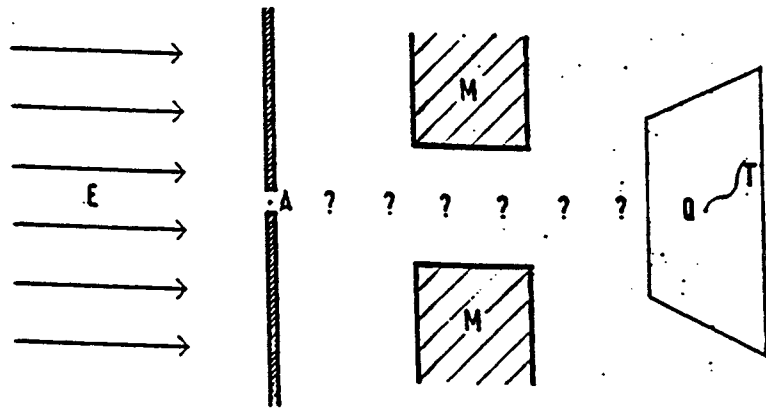
3 Bohmin ontologinen teoria

Bohmin ontologia perustuu oleellisella tavalla hänen tulkintaansa kvanttifysiikasta. Tämän vuoksi esitän ensin Heisenbergin epätarkkuusperiaatteen ja sen taustalla olevan mikroskooppikokeen (luku 3.1). Luvussa 3.2. esitän Bohmin kausaalitulkinnan kvanttiteoriasta. Tämän jälkeen liitän tähän tulkintaan Bohmin käsityksen erilaisista järjestyksistä (Luku 3.3). Erikseen tarkastellaan vielä tarkemmin generatiivista ja implikaattia järjestystä Bohmin ontologiassa (Luku 3.4) sekä Bohmin käsitystä mentaalisuuden luonteesta (Luku 3.5).

3.1 Heisenbergin epätarkkuusperiaate

Kvanttifysiikan teoreettisena läpimurtona voidaan pitää kvanttimekaniikan syntyä vuosina 1925-1927. Tähän läpimurtoon liittyvät Werner Heisenbergin matriisimekaniikka, Erwin Schrödingerin aaltomekaniikka ja Max Bornin Schrödingerin aaltomekaniikasta esittämä todennäköisyystulkinta. Lisäksi Werner Heisenberg esittämä epätarkkuusperiaate ja Nils Bohrin tähän epätarkkuusperiaatteeseen liittämä komplementaarisuusidea edesauttoivat kvanttimekaniikan kehitystä (Lahti 1993). Kvanttimekaniikasta on esitetty useita tulkintoja, jotka näyttävät olevan ristiriidassa keskenään. Tässä keskitytään David Bohmin esittämään tulkintaan kvanttimekaniikasta. Hänen tulkintansa on mielenkiintoinen, koska hänen analyysinsä perustuu todellisuuden ontologiseen hahmottamiseen. Hän vetää kvanttifysiikan antamasta todellisuuskuvasta johtopäätöksiä edellä esitetyn Popperin kolmen maailman ontologian kaikille tasoille. Erityisen mielenkiintoista on, että hän yrittää ratkaista ikivanhan filosofisen ongelman fyysisen ja psyykkisen (Descartesin ongelma) välisestä suhteesta kvanttifysiikan avulla.

Aloitan tarkastelun Heisenbergin epätarkkuusperiaatetta havainnollistavan kokeen selityksellä ja jatkan sitä Yongin kaksoisrakokokeen selittämisellä. Ko. kokeet eivät toki ole tyhjentyviä kuvauksia kvanttifysiikasta, mutta antavat ehkä kuitenkin riittävän kuvan kvanttimekaniikan perusideasta myöhempää Bohmin filosofiaa koskevaa analyysia varten. Heisenbergin epätarkkuusperiaate perustuu hänen vuonna 1927 tekemäänsä mikroskooppikokeeseen (Bohm 1980, 130). Mikroskooppikokeen perusperiaate on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2 Heisenbergin mikroskooppikoe (Kirjasta Bohm & Peat 1992, 90)

Kuviossa 2 mitattava hiukkanen A sijaitsee mikroskoopin kohtiossa. Tämä hiukkanen on lepotilassa. Erittäin ohuella elektronisuihkulla E mitataan A:n sijainti. Sen jälkeen, kun elektroni osuu hiukkaseen A, se siroaa ja kääntyy polttopisteeseen magneettisella linssillä M. Tämän jälkeen elektroni osuu valokuvauslevylle pisteeseen Q jättäen samalla jäljen T. Heisenbergin idea oli, että jäljen T mittaamisesta saadaan informaatiota hiukkasesta A.

Bohmin ja Peatin mukaan klassisen fysiikan tapauksessa, jossa kaikki hiukkaset noudattavat Newtonin lakeja, meillä olisi mahdollista saada täsmällistä informaatiota A:n liikemäärästä (Liikemäärä=massa x nopeus), vaikka elektronisuihku häiritsee sitä (Bohm-Peat 1992, 90).

Bohm ja Peat selittävät ilmiötä seuraavasti:

Jos tunnetaan mikroskoopin rakenne kohtioineen, magneettikenttineen ja elektronisuihkuineen, voidaan selvittää A:n täsmällinen *paikka* ja *liikemäärä* laskemalla mittauksen aiheuttaman häiriön suuruus. (emt. 91, kursivointi minun).

Newtonin fysiikassa käsitykset hiukkasen liikeradasta, paikasta ja liikemäärän täsmällisistä arvoista säilyvät selkeinä. Sitä vastoin Heisenbergin mikroskooppikokeella saadut tulokset osoittavat, että Newtonin fysiikan selkeys on kadonnut. Filmille jääneellä jäljellä T on ainoastaan kvanttimekaaninen yhteys hiukkaseen A. Tämä merkitsee sitä, että elektroneilla on hiukkasluonteen lisäksi aaltoluonne. Bohm ja Peat selittävät ilmiötä seuraavasti:

Elektroni voidaan siis kuvitella aaltona, jonka A saa taipumaan, minkä jälkeen se tarkentuu magneettisella linssillä M valokuvaemulsiolle pisteeseen Q.

Kvanttimekaanisessa tapauksessa pisteen Q ilmestymisestä filmille voidaan vain johtaa *todennäköisyysjakauma* sellaisille pisteille A, joiden kohdalla elektroni on saattanut taipua. Niinpä tietoa pisteestä Q voidaan käyttää laskettaessa pisteen A sijainti tietyn vähimmäishajonnan tai epätarkkuuden ΔX sisällä. (emt. 91).

Kriittinen tekijä verrattaessa klassista tapausta kvanttitapaukseen on, että klassisessa tapauksessa pystyttiin mittauksen aikana tapahtunut häiriö laskemaan täsmällisesti, mutta kvanttimekaanisessa tapauksessa liikemäärän häiriö voidaan laskea vain tietyn hajonnan ΔP rajoissa. Heisenberg johti kaavan kokonaisepätarkkudelle seuraavasti:

$\Delta X \cdot \Delta P \approx h$, missä ΔX on paikan epätarkkuus ja ΔP on liikemäärän epätarkkuus ja h on Planckin vakio.

Heisenberg päätyi siis siihen, että kvanttimekaanisen mittauksen aikana häiriö on sekä ennustamaton että hallitsematon, edellä annetun epätarkkuusrelaation rajoissa. (emt. 92).

Heisenbergin mikroskooppikoetta on tulkittu fyysikkojen keskuudessa eri tavoin. Oleellista on havaita, että Heisenberg itse pitää mikroskooppikokeen yhteydessä keksimaansa epätarkkuusperiaatetta todellisuuden luonteeseen olennaisesti kuuluvana. Fysikaalisen maailman perusluonne on täten epätarkka ja kompleksinen päinvastoin kuin klassinen fysiikka antoi olettaa. Stapp (1993, 39-40) kuvaa Heisenbergin ontologiaa seuraavasti:

These jumps are not individually controlled by any known law of physics. Yet collectively they conform to strict statistical rules. These quantum jumps are considered to be the "actual" things in nature. They are Heisenberg's actual events.

Satunnaisuus näyttää siis olevan oleellinen osa todellisuutta samalla tavalla kuin ennustettavuus klassisen fysiikan mielessä.

3.2. Bohmin esittämä kvanttiteorian kausaalitulkinta

Kvanttiteoriasta on esitetty useita tulkintoja, joita ei tässä yhteydessä analysoida tarkemmin. Sen sijaan keskitytään Bohmin esittämään kausaalitulkintaan, koska hän soveltaa ko. tulkintaa myös koskemaan mentaalisia ilmiöitä. Bohmin tulkinnan tärkeä perusoletus on, että ei tarvitse tehdä käsitteellistä eroa kvanttijärjestelmän ja ympäristön "klassisen" laitteiston välillä, kuten von Neumann teki (Bohm&Peat 1992, 99). Tämä holistinen näkemys koetilanteen jakamattomuudesta liittyy Bohmin kehittämään ontologiaan ja sille on ominaista ensinnäkin se, että mentaalisten ja fyysisten ilmiöiden välille ei tehdä jyrkkää (ainoastaan suhteellinen) eroa. Tästä seuraa, ettei kumpikaan ole suhteellisen itsenäinen, kuten taas Popper väittää. Toinen keskeinen käsite on aktiivisen informaation käsite, jota selvitetään tarkemmin tässä luvussa.

Termi kausaalinen synnyttää meissä mielikuvan determinismistä. Bohm antaa kuitenkin kvantti-ilmiöiden yhteydessä termille kausaalinen indeterministisen tulkinnan. Bohm ja Peat (emt., 100) vertaavat klassista tulkintaa kausaalisuudesta kvantti-ilmiöiden yhteydessä tapahtuvaan kausaalisuuteen seuraavasti:

Newtonilaisessa fysiikassa klassinen hiukkanen liikkuu Newtonin liikelakien mukaisesti ja siihen vaikuttavat voimat johdetaan klassisesta potentiaalista V . Kausaalitulkinnan perustana on ehdotus, että tämän klassisen potentiaalin lisäksi vaikuttaa kvanttipotentiali Q .

Ja edelleen (emt., 101):

Klassisen ja kvanttimekaanisen käyttäytymisen olennainen ero aiheutuu siten kvanttipotentialin toiminnasta. Käyttäytymisen klassinen rajatapaus onkin juuri se, missä Q :n vaikutukset ovat vähäpätöisiä.

Mielenkiintoista on, että kvanttipotentiali määräytyy selvästi kvanttikentän tai aaltofunktion mukaan. Elektroni ei ole tässä yhteydessä rakenteeton hiukkanen vaan erittäin monimutkainen kokonaisuus, johon kvanttipotentiali vaikuttaa äärimmäisen hienosyisesti. Bohm ja Peat kuvaavat kvanttipotentialin ominaisuuksia seuraavasti:

Kvanttipotentiaalilla onkin eräitä ennennäkemättömiä ja erittäin hämmästyttäviä piirteitä, joista seuraa *laadullisesti uusia aineen ominaisuuksia*, joita ei sisälly tavanomaiseen kvanttiteoriaan." (emt., 101, kursivointi minun).

Laadullisesti uusi aineen ominaisuus liittyy siihen havaintoon, että kvanttipotentiali Q^8 ei riipu kvanttikentän voimakkuudesta vaan pelkästään sen muodosta. Kvanttipotentiaalın kaavan Q mukaan kvanttikenttä on sekä osoittajassa että nimittäjässä. Tällöin, vaikka yhtälö kerrottaisiin millä tahansa mielivaltaisella luvulla Q :n voimakkuus säilyy samana. Tämä poikkeaa selvästi newtonilaisesta mallista:

Jos newtonilaisessa maailmassa esimerkiksi työnnetään tai vedetään kelluvaa kappaletta, vaikutus on aina verrannollinen aallon voimakkuuteen tai kokoon. Kvanttipotentiaalın tapauksessa hyvin suurella aallolla on sama vaikutus kuin hyvin pienellä aallolla. Vaikutus riippuu yksinomaan koko aallon muodosta. (emt., 101-102).

Bohm ja Peat havainnollistavat kvanttipotentialin vaikutusta elektroniin radioaaltojen suhteella laivaan. Radioaaltojen vaikutus ei perustu niiden voimakkuuteen vaan muotoon. Laiva kulkee omalla energiallaan, mutta radioaallosta saadaan informaatiota, jolla voidaan ohjata laivan paljon suurempaa energiaa. Myös kvanttiteorian kausaalitulkinnassa elektroni liikkuu omalla energiallaan, mutta sen energiaa ohjaa kvanttiaallon muotoon kuuluva informaatio (emts. 102). Tällöin termiä kausaalinen käytetään uudella, poikkeavalla tavalla. Tästä tulkinnasta seuraa mm., että tyhjässä avaruudessa liikkuva hiukkanen, johon ei vaikuta mikään klassinen voima, on yhä kvanttipotentialin vaikutuksen alainen, eikä sen siis tarvitse edetä suoraviivaisesti tasaisella nopeudella. Bohm ja Peat selittävät ilmiötä seuraavasti:

Tämä poikkeaa radikaalisti Newtonin teoriasta. Kvanttipotentiaali määräytyy kvanttiaallosta, johon vaikuttavat kaikki kappaleet hiukkasen ympäristössä. (emt., 102).

Tästä Bohm johtaa ei-lokaalisuusperiaatteen, joka on jyrkässä ristiriidassa klassisen fysiikan ja myös useimpien kvanttiteorian tulkintojen kanssa. Bohm ja Peat jatkavat:

Koska Q ei välttämättä katoa aallon intensiteetin vähetessä, jopa *etäisen ympäristön vaikutukset liikkeeseen voivat olla suuria*. (emt., 102, kursivointi minun).

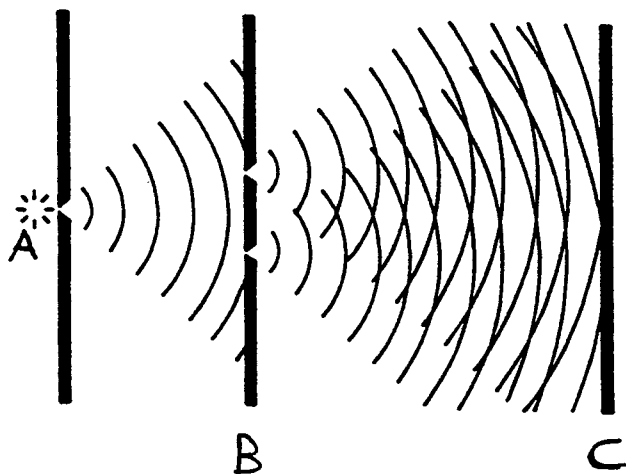
Tässä yhteydessä on paikallaan esitellä Thomas Yongin kaksoisrakokoe ja Bohmin esittämä

8

Kvanttipotentiaalın Q kaava on seuraavanlainen. $Q = \frac{-\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 |\psi|^2}{|\psi|^2}$

ψ on Schrödingerin yhtälöstä saatu kvanttikenttä
 \hbar on Planckin vakio
 m on elektronin tai muun hiukkasen massa

tulkinta siitä. Kaksoisrakokoe esitetään kuviossa 3.



Kuvio 3. Yongin kaksoisrakokoe Davies & Brownin (1989, 16) mukaan

Elektronisäde (Lähde pisteessä A) etenee kohden varjostinta B, johon on puhkaistu kaksi pientä reikää. Säde synnyttää reikien kuvat valokuvauslevylle C. Kuva valokuvauslevyllä muodostuu erillisistä interferenssirengaskuvioista toisesta raosta läpimenneiden aaltojen kohdatessa toisen raon aallon. Samanvaiheisesti edetessään aallot vahvistavat toisiaan ja vastakkaisessa vaiheessa olleessaan ne sammuttavat toisensa. Young pyrki todistamaan kokeen avulla elektronien aaltoluonteen. (Davies & Brown, 1989).

Yleensä Youngin kaksoirakokoetta on tyydytty pitämään osoituksena kvantti-ilmiöiden aaltoluonteesta, kuten edellä on jo todettu. Bohm kuitenkin tähdentää tässä yhteydessä kvanttipotentialin merkitystä. Bohm väittää, että elektronien aalto-ominaisuudet eivät johdu kvanttihiukkasen dualistisesta olemuksesta kuten asia nähdään komplementaarisuuden idean mukaan (ns.koopenhamilainen tulkinta). Bohmin mukaan kyse on kvanttipotentialin monimutkaisista vaikutuksista. Interferointi nimenomaisesti aiheuttaa kvanttipotentialin ja tälle on ominaista, ettei se häviä, vaikka etäisyys varjostimesta B kasvaa. Bohm ja Peat selittävät seuraavasti:

Elektronin kvanttiominaisuuksien selityksessä yllä korostettiin, kuinka kvanttipotentialin *muoto* (form) voi hallita käyttäytymistä. Potentialin sisältämä *informaatio* siis määrää kvanttiprosessin tuloksen. Hyödyllistä onkin laajentaa tätä ideaa *aktiivisen* informaation käsitteeksi. Aktiivisen informaation perusajatuksena on, että hyvin vähän energiaa sisältävä *muoto* yhtyy paljon suurempaan energiaan ja ohjaa sitä (emts. 103-104).

Aktiivinen informaatio on potentiaalisesti aktiivinen kaikkialla, mutta aktuaalisesti vain siellä missä tämä energia yhtyy hiukkasen energiaan.

Aktiivisen informaation ideaa voidaan havainnollistaa radioaaltoanalogialla. Radioaallon muoto välittää signaalia, esimerkiksi kuuluttajan ääntä. Radiosta kantautuvan äänen energia ei oikeastaan tule tästä aallosta vaan paristosta tai verkkovirrasta. Näiden energia on pohjimmiltaan muodotonta ja se saa muodon vasta radioaallon informaatiosta. (Vrt. edellä ollut esimerkki siitä, miten laivaa ohjataan radioaallolla).

Näyttää siis siltä, että alkeishiukkasilla on hyvin monimutkainen ja hienosyinen sisäinen rakenne, joka on vähintäänkin verrattavissa radion vastaavaan. Bohm ja Peat selittävät:

Tämä käsitys on selvästi vastoin nykyfysiikan koko perinnettä, jossa oletetaan, että analysoitaessa ainetta yhä pienempiin osiin sen käyttäytyminen aina vain yksinkertaistuu. Kausaalitulkinnessa esitetään sitä vastoin, että luonto saattaa olla paljon hienosyisempi ja kummallisempi kuin on oletettu. (emts. 104).

Bohmin esittämä kvanttifysiikan kausaalitulkinna on radikaalilla tavalla vastoin klassisen fysiikan merismi oletusta ja se osoittaa luonnon monimutkaisuuden. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että Bohm hylkäisi kokonaan klassisen fysiikan antaman kuvan luonnosta. Tässä yhteydessä hän puhuu klassisen rajan käsitteestä.

Klassinen raja vastaa makrokappaleiden järjestelmiä, joiden lämpötila ei ole liian

lähellä absoluuttista nollopistettä - eli tavallisia, arkipäiväisiä objekteja. On kuitenkin matalaan lämpötilaan liittyviä ilmiöitä, kuten suprajohtavuus ja -fluidisuus, joissa kvanttipotentialin vaikutus säilyy huomattavana myös suurille kappaleille. Niiden osalta kvanttivaikutukset ovat merkittäviä, mikä onkin havaittavissa. Tarkastelumme valossa näyttää mahdolliselta, että olisi myös muita, vielä löytymättömiä makrotason ilmiöitä, joissa kvanttivaikutuksia voisi ilmetä. Kausaalitulkinna yksi olennainen piirre on se, että klassisesta tai newtonilaisesta mekaniikasta tulee kvanttimekaniikan erityistapaus, jossa kvanttipotentialiaa ei tarvitse ottaa huomioon. (emts. 106-107).

Samaa asiaa Bohm ja Peat selittävät edelleen seuraavasti:

...miten voidaan selittää se, että eksplikaatit perättäisjärjestykset näyttävät hallitsevan arkikokemusta? Kvanttiteorian kausaalitulkinna tähän voidaan vastata yksiselitteisesti materian osalta. Toisessa luvussa kerrottiin, että kvanttipotentialia on vähäpätöinen makroskooppisella tasolla. Sen vaikutuksista ei tarvitse valittaa juuri omassa kokemukentässämme. Sama pätee superimplikaattiin järjestykseen siten, että kaikki implikaatin ja superimplikaatin järjestyksen hienoiset vaikutukset eivät yleensä ilmene tavallisten (klassisen mekaniikan mukaisten) kokemusten tasolla. Materian käyttäytyminen palautuu tällä rajalla joko newtonilaisiin kappaleisiin tai klassisiin jatkuviin kenttiin, jotka eivät ilmene 'kvantisoituina' eivätkä hiukkasmaisella tavalla. (emts. 194-195)

Erityisen mielenkiintoiseksi Bohmin kausaalitulkinna tulee tulkittaessa Descartesin ongelmaa ja Comptonin ongelmaa sen avulla. Onko niin, että mentaaliset ilmiöt voidaan tulevaisuudessa esittää nimenomaan kvantti-ilmiöiden avulla? Pylkkänen (1992) on huomauttanut, että kvantti-ilmiöillä voi olla huomattavasti oleellisempi rooli mentaalisen selittämisessä kuin mitä Bohm on antanut ymmärtää. Tähän suuntaan on ideaa kehittänyt myös Penrose (1989). Tästä tarkemmin luvussa 4.

3.3. Bohmin kausaalitulkinna ja erilaiset järjestykset

Bohmin ontologiaa ei voi ymmärtää käsittelemättä järjestyksen käsitettä. Järjestys on perustavaa laatua oleva ominaisuus luonnossa ja se ilmenee oleellisella tavalla myös taiteessa, politiikassa ja tieteessä. Ensimmäinen järjestysvaikutelma syntyy kyvystä ymmärtää eroja ja yhtäläisyyksiä. Tästä kyvystä on seurausta erilaiset käsitteet ja luokittelusysteemit. On tärkeää havaita, että luokitteluprosessi on dynaamista toimintaa ja syntyneet kategoriat eivät ole koko kuva todellisuudesta. Luokittelut ovat aina kontekstisidonnaisia ja kontekstin muuttuessa on

tarpeen muuttaa myös luokitusta. Uusien luokkien havaitsemiseen liittyy luovuutta ja oivalluskykyä. Oivalluskykyyn viittaa myös latinan verbi *Intelligere*, joka tarkoittaa poimia välistä.

Bohm ja Peat määrittelevät järjestyksen käsitteen erojen samankaltaisuuksina ja samankaltaisuuksien eroina. Myös Newtonin mekaniikka perustuu tälle näkemykselle:

Jopa Newtonin mekaniikan liikeradat määräytyvät näin. Newtonin ensimmäisen lain mukaan luonnollinen liike on sellainen, jossa kaikki segmentit ovat yhteneviä, eli suoraviivainen liike tai lepotila. Toinen laki osoittaa, että liikkeen muutosnopeus on yhtä suuri kuin ulkoinen voima. Vakiovoiman kuten painovoiman tapauksessa tämä osoittaa, että nopeuden peräkkäisten segmenttien väliset erot ovat samanlaiset - itseasiassa yhtä suuret. Siten tämä järjestyksikäsitteys tekee täysin ymmärrettäväksi Newtonin metaforan omenasta ja Kuusta: Kuun kiertoradan ja putoavan omenan liikkeessä on yhtäläinen samanlaisten erojen järjestys. Newtonin mekaniikka, jossa toimivat vakiona pysyvät ulkoiset voimat, voidaan siten kattaa samantyyppisille eroille perustuvalla järjestyksen määritelmällä. Viitekehityksen laajennus sallii myös yhä mutkikkaampien liikkeiden käsittelyn. (emts. 130).

Järjestyksen käsitteen yhteydessä Bohm ja Peat viittaavat Korzybyrskin hypoteesiin järjestyksestä: "Mitä hyvänsä sanomme järjestyksen olevan, sitä se ei ole". Järjestys ei ole selkeästi subjektin eikä objektin ominaisuus.

On liian rajoittunutta nähdä järjestys pelkästään joko objektin tai subjektin ominaisuutena. Se on molempia tai ei kumpaakaan ja joka tapauksessa jotain tämän ylittävää: dynaaminen prosessi, johon liittyvät subjekti, objekti ja niitä yhdistävä ja toisiinsa suhteuttava havaintokommunikaation sykli. (emts. 131-132).

On lisäksi hyvä havaita, että mikään järjestys ei kata ihmisen koko kokemuspiiriä, ja kontekstien muuttuessa järjestyksiä täytyy alituisesti luoda ja muokata.

Järjestykselle on ominaista järjestysaste. Järjestysaste viittaa siihen, että on olemassa ensimmäisen asteen järjestyksiä, toisen asteen järjestyksiä jne.. Esimerkiksi newtonilaisessa fysiikassa kappaleen liikkeellä on toisen asteen järjestys. Newtonin toisen liikelain mukaan hiukkasen nopeuden muutosvauhti (=kiihtyvyys) voidaan laskea aina, kun ulkoinen voima tiedetään.

Jos siis voima on määritelty hiukkasen liikeradan jokaisessa kohdassa, niin kappaleen kokonaisliike ja liikerata ovat määräytyt heti, kun tiedetään hiukkasen *lähtöpiste ja -nopeus*. (emts. 134; kursivointi minun).

Edelleen esimerkiksi painovoiman (=vakiovoima) tapauksessa peräkkäisten nopeuksien väliset erot ovat yhtä suuret. Tästä seuraa, että liikeradalla on toisen asteen järjestys. Bohm ja Peat

problematisoivat tätä kysymystä seuraavasti:

Entä jos voima vaihtelee paikan tai jopa ajankin mukaan? Minkä järjestyksen mukainen käyrä on? Tähän vastaaminen aloittaa aivan uuden keskustelun satunnaisuuden ja kaaoksen todellisesta luonteesta luonnossa, ja asiaan pitää paneutua huolellisesti. (emts.135).

Esimerkkien tapauksessa on mahdollista tulkita järjestys toisen asteen mukaisesti. Kun voimalaki tunnetaan, liikerata määräytyy yhä lähtöpisteen ja lähtönopeuden mukaan. Toisaalta ko. liike on silti paljon korkeamman asteinen, sillä liikerata vaikuttaa paljon mutkikkaammalta kuin muut toisen asteen käyrät. Kappaleen liikkeeseen voidaankin soveltaa kaksi toisistaan poikkeavaa kuvausta, korkea-asteista että toisenasteista. (Bohm&Peat 1992, 135). Tällaista kahden tason järjestyskuvausta voi soveltaa esimerkiksi epätasaista rinnettä vierivään palloon. Täten liikettä voidaan tarkastella kahden eri järjestyksen avulla ja näin ollen järjestys itseasiassa riippuu kontekstista.

Tämä osoittaa selvästi sen, että järjestys ei ole sen enempää subjektiivista kuin objektiivistakaan, sillä toisenlaisen kontekstin paljastuessa ilmenee uusi järjestyskäsitte.

Rajatapauksessa, jossa rinne tulee erittäin töyssyiseksi ja epäsäännölliseksi, pallo näyttää liikkuvan äärettömän korkean asteen mukaan tai sattumanvaraisesti (emts.136).

Satunnaisjärjestys on kaaottisen järjestyksen erikoistapaus ja sille on ominaista, että a) se on äärettömänasteinen, b) siinä ei ilmene merkittäviä korrelaatioita eikä alhaisen asteen alajärjestyksiä ja c) sen keskimääräinen käyttäytyminen on jokseenkin vakio ja se vaihtelee yleensä rajallisesti. Rajat pysyvät jotakuinkin vakioina tai muuttuvat hitaasti.(emts. 138). Bohmin filosofiassa satunnaisuutta ei pidetä vastakohtana järjestykselle. Tätä Bohm ja Peat selittävät seuraavasti:

Satunnaisuutta ei niinkään katsota järjestyksen kanssa yhteismitattomaksi, vaan sitä pidetään yleisemmän järjestyskäsitteksen - tässä tapauksessa äärettömänasteisen järjestyksen - erikoistapauksena. Tämä saattaa vaikuttaa oudolta askeleelta, sillä sattumaa ja satunnaisuutta pidetään yleensä täydellisenä epäjärjestyksenä (Eli järjestyksen puuttumisena kokonaan). Sattuma, satunnaisuus ja epäjärjestys ovat aiheuttaneet erityistä päänvaivaa niin luonnontieteissä kuin matematiikassa ja filosofiassakin. Esitämme kuitenkin, että jokaisen tapahtuman on toteuduttava jonkin järjestyksen mukaan, joten ei ole mielekäästä sanoa, että järjestystä ei ole lainkaan. (emts.139).

Bohm liittää järjestyksen käsitteen avulla yhteen determinismin ja sattuman:

Kun satunnaisuus katsotaan järjestyksen raja-arvoksi, voidaan ankara determinismi ja sattuma (eli satunnaisuus) tuoda yhteen järjestyksen kokonaiskirjon ääripäinä. (emts. 142-143).

Ja edelleen:

Siten ei ole tarpeen langeta oletukseen täydellisestä determinismistä (vaikka se voi tietyissä melko laajoissa yhteyksissä olla likimäärin oikea kuvaus). Ei ole myöskään tarvetta olettaa, että sattuma ja indeterminismi hallitsevat ehdottomasti (vaikka nämäkin voivat sopivissa yhteyksissä antaa likimäärin oikeita kuvauksia). Soveltuipa kulloinkin tutkittavaan yhteyteen mikä tahansa lakien järjestelmä, aina jaa tilaa jollekin joka on enemmän ja toisenlaista - jollekin hienosyisemmälle joka voi viime kädessä olla osoitus luovuudesta. (Emts. 145).

Järjestyksen ja luokitusten ja rakenteiden kontekstisidonnaisuus antaa samanlaisen kuvan todellisuuden ymmärtämisen mahdollisuudesta kuin Tarskin totuusteoria (Tarski 1944). Kyse on aina vain konstruoidusta kielestä, joka "leikkaa" todellisuutta, mutta tieto mitä näin saadaan ei ole koko totuus. "Leikatut totuudet" eivät muodosta toisiaan poissulkevia, selkeitä luokkia (Niiniluoto 1992). Tällöin todellisuuden perusluonne - päinvastoin kuin klassisen fysiikan merismi väittää - on tyhjentämätöntä. Bohm kuitenkin pitää mahdollisena, että sinänsä erillisten, kontekstisidonnaisten leikattujen "totuuksien" takana vallitsee superimplikaatti järjestys ja tämän järjestyksen näkökulmasta erilaiset totuuden viipaleet voidaan ymmärtää superimplikaatin järjestyksen ilmenemismuodoiksi eri konteksteissa. Tällöin nykykäsityksen mukaiset ristiriitaiset toisensa poissulkevat teoriat voidaan ehkä myöhemmin nähdä uuden, kokonaisvaltaisemman teorian valossa ymmärrettävinä (Ks. Pylkkänen 1992, Revonsuo 1995).

Bohm olettaa vielä, että satunnaisuus on luonnon ja lopulta koko olemassaolon perustavanlaatuisen mutta selittämätön ja analysoimaton piirre (emts. 145). Eli Bohm painottaa samaa asiaa kuin Heisenberg, että satunnaisuus selittämättömyydessään on luonnon todellinen, ontologinen ominaisuus. Selittämättömyydellä Bohm ei tarkoita sitä, etteikö tiede jonain päivänä pystyisi eksplikoimaan näitä piileviä järjestyksiä, jolloin kyseessä ei tietenkään enää olisi selittämätön ominaisuus. Siis kvantti-ilmiöiden yhteydessä esiintyvä todennäköisyyslaki on seurausta todellisuudessa vaikuttavista voimista, joita ei vielä osata selittää, mutta tällainen ontologinen hypoteesi voidaan johtaa kvanttifysiikasta ja se ei ole ristiriidassa sen matemaattisen tulkinnan kanssa.

Bohm ja Peat selittävät kvanttiteorian kausaalitulkinnan suhdetta järjestyksen käsitteeseen:

Edellisessä luvussa pohdittiin kvanttiteorian kausaalitulkintaa, joka tarjosi uudenlaisen järjestyksen. Tämä järjestys, joka piilee todennäköisyytlakien edellyttämässä satunnaisuudessa, voidaan ymmärtää kvanttipotentialin alaisena kausaalisesti määräytyneeksi hiukkasen liikkeeksi. Kvanttipotentiaali aiheuttaa mutkikkaan ja erittäin epäsäännöllisen voiman, joten liike on yleensä melko kaoottinen. Sellaisissa monimutkaisissa järjestelmissä on odotettavissa olennaisesti satunnainen järjestys, mikä selittää teorian todennäköisyysoletukset....

Kausaalitulkinnan mukaan ymmärrettynä kvanttiteoria sopii siten yhteen sen käsityksen kanssa, että sattuma ja välttämättömyys punoutuvat toisiinsa ja ovat kontekstista riippuvan, valtavan rikkaan järjestyksen ääripäitä. (emts. 146).

Bohmin ontologinen näkemys on holistinen. Tällöin fysikaalisen maailman lait nähdään saman kokonaisjärjestyksen ilmenemismuotona kuin tietoisuuskin. Päinvastoin kuin Popper, Bohm ei tee eroa olemustapojen eri tasojen välillä (fyysinen-mentaalinen) vaan hän tarkastelee näitä

saman superimplikaatin järjestyksen ilmenemismuotoina⁹. Seuraavassa tarkastellaan vielä erikseen generatiivista ja implikaattia järjestystä Bohmin ontologiassa.

3.3.1 Generatiivinen ja implikaati järjestys

Mandelbrotin kehittämä fraktaaligeometria kuvaa Bohmin ja Peatin mukaan luonnossa esiintyviä muotoja paremmin kuin kreikkalaisen geometrian ympyrät, kolmiot ja suorakulmiot. Heidän mukaansa perinteinen geometria, josta matematiikka ja fysiikan menetelmät ovat paljolti kehittyneet, on erittäin keinotekoinen tapa kuvata maailmaa (Bohm & Peat 1992, 164). Mandrebrot väittää, että objektin merkittävä ominaispiirre on sen fraktaaliulottuvuus ja että esimerkiksi jokisuisto tai jonkin valtakunnan rantaviiva voidaan luonnehtia sille ominaisella

9

Popper kuitenkin korostaa, että eri tasot ovat perimmältään riippuvaisia fysikaalisen olemassaolosta, vaikkeivat olekaan palautettavissa fysikaaliseen. On edelleen kiistanalaista, minkälainen suhde fysikaalisen ja mentaalisen välillä vallitsee. Rauhala (1997) lähtee ihmisen toimintaa selittäessään liikkeelle ihmisen merkitystajunnan struktuurista eikä halua ottaa kuvauksiinsa mukaan tämän suhdetta aivoprosesseihin. Popperin filosofian avulla tarkasteltuna on täysin mahdollista lähteä liikkeelle mentaaliseen (jolla kuitenkin on suhteellinen riippumattomuus fysikaalisesta) ilman, että ajaututtaisiin olemusdualismiin (Ks. Ollinheimo 1997a). Samalla tavoin kulttuurituotteita (maailma 3) voi tutkia omana tutkimuskohteenaan ilman, että täytyisi kuvata päättelyketju fysikaalisesta mentaalisen kautta kulttuuriseen. Eri tasojen kehittyminen on oma tutkimuskohteensa ilman että tätä linkitystä tarvitsisi jokaisessa psykologisessa tai kulttuurisessa selityksessä huomioida. Kiistely ja epäselvyys näissä asioissa johtuu siitä, ettei riittävän selkeää kuvausta eri emergenssien tasojen synnystä ole voitu empiirisellä tasolla vielä antaa.

fraktaaliulottuvuudella (emts. 165).

Mandelbrotin fraktaalit ovat esimerkki generatiivisesta järjestyksestä.

Tieteessä kuten taiteessakin on tarpeen suoda sijaa luovassa havainnoissa syntyville uusille generatiivisille järjestyksille, jotka eivät rajoitu yksilön näkökulmaan vaan liittyvät yhteiseen kulttuurikokemukseen (emts. 180).

Implikaati eli kietoutunut (piilevä) järjestys tarjoaa tällaiseen mahdollisuuden. Implikaatti järjestys on sukua generatiiviselle järjestykselle siinä mielessä, että molemmissa kokonaisuus syntyy tietyistä peruseräistä.

Implikaattia järjestystä voidaan havainnollistaa seuraavasti lasilieriöllä. Kaksi lasilieriötä on sisäkkäin, joista sisempi on liikkumaton. Ulompaa lasilieriötä voi pyörittää hitaasti. Havainnollistamiskokeessa lieriöiden välinen tila täytetään glyseriinillä tai jollain muulla sitkaalla nesteellä. Kun liikkuvaa lieriötä pyöritetään, se saa lähellä olevan nesteen liikkumaan lähes samaa vauhtia. Sen sijaan liikkumattoman lieriön lähellä oleva neste pysyy lähes paikoillaan. Koska neste liikkuu eri kohdissa eri nopeudella, jokainen glyseriinin osanen venyy lopulta pitkäksi ohueksi langaksi. Kun nesteeseen sijoitetaan pisara liukenematonta mustetta, on mahdollista seurata glyseriinin osanen liikettä tarkkailemalla pisanan venymistä langaksi ja lopulta näkymättömäksi. Välitön vaikutelma on, että mustepisara on sekoittunut glyseriiniin täydellisesti, niin että sen alkuperäinen järjestys on kadonnut ja muuttunut sattumanvaraiseksi tai kaoottiseksi. Kuitenkin hitaasti vastakkaiseen suuntaan pyöritettäessä, kukin nesteen osanen palaakin täsmälleen samaa reittiä lähtöpaikkaansa. (Bohm & Peat 1992, 181). Bohm ja Peat tulkitsevat koetta seuraavasti:

Mitä siis pidettiin kaoottisena tai sattumanvaraisena järjestyksen katoamisena olikin piilevä korkeamman asteen järjestys, joka synnyttiin pisanan alun perin yksinkertaisesta järjestyksestä pyörittämällä lieriötä. (Bohm & Peat 1992, 181)

Piilevä järjestys voi siis sisältyä sellaiseen mikä on näennäisesti sattumaa tai satunnaisuutta. Kun pisara on piilevässä muodossaan, sen voidaan sanoa kietoutuneen glyseriiniin kuin muna kakuun (emts. 181). Lieriöesimerkki tarjoaa hyvän analogian monien hiukkasten, tässä tapauksessa erityisesti elektronien, perustavanlaatuisille kvanttiominaisuuksille.

Mustepisarat voi ryhmitellä synnyttämään vanan, joka jatkuu tiettyyn pisteeseen asti ja sen jälkeen hyppää aloittaakseen toisen vanan äärellisyyden etäisyyden päästä, mikä tarjoaa tavan ymmärtää elektronin epäjatkuvia "hyppyjä" kvanttitilasta toiseen.

(emts.182)

Popperin kvanttiteorian klassiseen tulkintaan kohdistama kritiikki liittyi juuri tähän samaan asiaan. Popper ei voinut hyväksyä käsitystä, jonka mukaan mentaalisen logiikka perustuisi sattumanvaraiselle kvanttihypylle. Bohmin esittämä ajatus implikaatista järjestyksestä antaa ymmärtää, ettei kvanttihyppy olekaan satunnaisuutta perinteisessä mielessä, vaan se vain ilmentää superimplikaattia järjestystä. Eli näkyvä muste edustaa eksplisiittistä järjestystä ja "epäjatkuva" pisara edustaa implikaattia järjestystä.

Edellä mainittu esimerkki auttaa kuvaamaan implikaattia eli kietoutunutta järjestystä. Tälle järjestykselle on olennaista, että muodostuu sarja samanaikaisia kietoutumisen asteita, joiden välillä on samanlaisia eroja, esimerkkinä mustepisarot glyseriinissä. Sellaista järjestystä ei voi eksplisiittisesti esittää kokonaisuudessaan, vaan se ilmenee kun eri kietoutumisasteet tulevat vuorotellen esiin. Tämä eroaa jyrkästi eksplikaatista eli avautuneesta järjestyksestä, jossa samanlaiset erot ovat kaikki yhdessä ilmentyneessä ja levittäytyneessä muodossa. Eksplikaatti järjestys esiintyy tietenkin yleisesti arkikokemuksessa ja klassisessa fysiikassa. (emts. 182-183).

On helppo havaita, että elektronin epäjatkuvuus ja ennustamattomuus esim. kasoisrakokokeessa ilmentää syvempää implikaattia järjestystä.

Bohm tulkitsee kvanttikenttäteoriaa implikaatin järjestyksen avulla seuraavasti:

Kvanttikenttäteorian perusajatus voidaan ilmaista yksinkertaisesti *kausaalitulkinnan ja implikaatin järjestyksen* avulla. Sen sijaan, että otettaisiin perimmäiseksi todellisuudeksi hiukkanen, aloitetaan kentästä. Ja sen asemesta, että hiukkaseen vaikuttaa kvanttipotentiali, oletetaan, että kenttään vaikuttaa superkvanttipotentiali. Superkvanttipotentiali on paljon hienosyisempi ja monimutkaisempi kuin kvanttipotentiali, vaikka sen käyttäytymistä hallitsevat samanlaiset peruseriaatteen. Kaiken kaikkiaan se muuntaa kenttäyhtälöitä ratkaisevasti, siten että niistä tulee *epälineaarisia* ja *epälokaalisia*. Näin syntyvät kentän uudet kvanttiominaisuudet. (emts. 190; kursivointi minun).

Ensimmäinen implikaatti järjestys on Bohmin kuvion mukaan itse kenttä. Toinen implikaatti järjestys saadaan ottamalla huomioon superkvanttiaaltofunktio. Se on samassa suhteessa koko kenttään kuin alkuperäinen kvanttiaalto on hiukkaseen. Vastaavasti elektronin todennäköisyyslakien mukainen liike on tämän implikaatin järjestyksen eksplikoitunut järjestys.

Popper on indeterminismiin liittyen esittänyt kysymyksen, onko maailma 1 kausaalisesti

suljettu maailmalle 2 (Popper 1974b, 1055). Popperin mukaan on selvää, että jos maailma 1 on deterministinen, niin sen täytyy olla myös suljettu. Mutta indeterministinen käsitys maailma yhdestä (esim tilastollinen kausaaliteetti) tekee siitä myös suljetun, tai ainakaan se ei ole riittävä ehto sille, että M1 vaikuttaa M2:een. Seuraavassa asiaan liittyvä Popper-sitaatti:

Now I admit that it is very difficult for physicist or a physiologist to take to his heart the openness of world 1. It is much easier to think in terms of a parallelism between world 1 and world 2; that is, to suppose that any world 2 process which has influence in world 1 is accompanied in world 1 by a parallel brain process. But this brings us dangerously near to the causal closure of world 1, and epiphenomenalism. (Popper 1974b, 1055).

Popper siis yrittää päästä irti paralleilismista ja indeterminismin rajoittuneisuudesta kuvaamalla maailman 1 avoimeksi maailmalle 2. Sen sijaan Bohmin esittämässä mallissa kausaalisuus ja sattumanvaraisuus sekä indeterminismi ja determinismi nähdään saman todellisuuden erilaisina eksplikaatioina.

3.5. Mentaalinen Bohmin ontologiassa

Järjestyksen havaitseminen ja kategorioiden muodostuminen on inhimillisen ajattelun yksi peruspiirre. Bohm korostaa rationalismin tavoin yksilön sisäisten ajatteluprosessien eli järjen merkitystä todellisuuskuvan muodostamisessa. Bohmin mukaan ajattelulle on ominaista, että sen avulla luodaan suhteiden hierarkiaa. Rationaalisuus on järjestystä, ja nimenomaan ajattelun olennaista järjestystä (Bohm & Peat 1992, 155).

Bohmin käsitystä mielen kyvystä hahmottaa maailmaa ei kuitenkaan voi pitää naivina konstruointina. Mielellä on kyky muodostaa luokkia, jotka pohjautuvat todellisuuteen. Representaatiot ovat kuitenkin rajallisia ja todellisuus on tyhjentyvätöntä. Luokitukset, suhteet ja järjestykset ovat aina rajallisia. Tässä mielessä Bohmin ontologiaa voi verrata, kuten jo aiemmin on todettu, tieteelliseen realismiin (Tarski 1944, Niiniluoto 1984).

Formaalin logiikan sääntöjä noudattava rationaalisuus on vain yksi rajatapaus paljon suuremmasta järjen kokonaisliikkeestä, huomauttavat Bohm ja Peat (emts. 156). Järjen

kokonaisliikkeellä he viittaavat havaitsemisen aktiin. He eivät hylkää formaalia logiikkaa:

Formaalin logiikan ohjaama järjen kiteytyminen on todellakin ehdottoman välttämätöntä, jos halutaan kunnolla testata ajattelun lähtökohtana olevien propositioiden rationaalisuutta ja yhtenevyyttä varsinaisten tosiasioiden kanssa. Silti formaalin logiikan täytyy olla valmis liukenemaan takaisin järjen virtaan aina kun suhteellisen kiinteiden muotojen soveltamisessa kehittyy pitkään jatkuvia ristiriitoja tai vastakkainasetteluja. Silloin mieli kykenee oivaltamaan luovasti, havaitsemaan uusia järjestyksiä ja kategorioita, jotka yleensä ovat puhtaan logiikan esittämien staattisten ja irrallisten ääripäiden "välillä" (esimerkiksi alhaisen asteen yksinkertaisen ja äärettömän asteen kaoottisen järjestyksen välillä. (emts. 156).

Ihmismieli voi jäädä monella tavoin väärinpeluun loukkuun. Jos formaalia logiikkaa pidetään vain totuutena, ollaan hakoteillä. Vaikka Bohm ja Peat korostavat ajattelun joustavuutta ja liikettä, he toisaalta varoittavat liiallisesta tukeutumisesta intuitioon. Järjen dynaamisen toiminnan edellytyksenä on luova oivalluskyky, jota ei kahlitse liian jäykkä ajattelu, ilmenipä se missä muodossa hyvänsä (emts. 157). Tämä poikkeaa jyrkästi Vygotskin ja Piaget'n antamasta kuvasta ajattelun kehityksestä (ks. Beilin 1989, Inhelder & Piaget 1988, Vygotsky 1982). Näiden teorioiden mukaan ajattelun kehitys tapahtuu dynaamisesti, mutta se on kuitenkin eksplikoitunutta siirtymistä henkisestä struktuurista A henkiseen struktuuriin B. Se, mitä kehittyvä yksilö saavuttaa, on lopulta hyvin staattista ja pysyvää. Tätä osoittaa Piaget'n melko pysyvät kuvaukset ajattelun struktuureista, jotka ovat kehittyneet kunkin kehityskauden päätteeksi (sensomotoriset-, konkreettis-operationaaliset- ja formaalit rakenteet) (Inhelder & Piaget 1958).

Bohmin mukaan ajattelu on vielä joustavampaa ja kyvykkäämpää, mitä kehitysteorioiden antama kuva esittää. Tietoisien tarkkavaisuuden avulla voi tieteessä ja yhteiskunnassa vaikuttavia piileviä perusrakenteita havaita ja korvata. Vaikka tietomme ovat rajallisia, ei kukaan silti ole etukäteen asettanut rajoja luovalle ajattelulle. Tietoisuus on selvemmin implikaatin järjestyksen mukainen kuin aine. Tätä Bohm ja Peat selventävät seuraavasti:

Ensiksikin on selvää, että ajattelu on implikaatisti järjestynyttä. Itse sana implikaatti tarkoittaa 'piilevää', 'kietoutunutta', mikä viittaa siihen, miten ajatus kietoo itseensä toisen ajatuksen ja miten ajatusketju on oikeastaan perättäisten seurausten eli implikaatioiden avautumisprosessi. (Bohm & Peat 1992, 193).

Ajatus siis tajuaa myös yhteensopimattomia luokkia päinvastoin kuin tuntemamme tieteen formaali

kieli kykenee tekemään. Samasta asiasta Bohm ja Peat jatkavat:

Lisäksi ajatukset avautuvat tuntemuksiksi ja tuntemukset puolestaan ajatuksiksi. Nämä vuorostaan synnyttävät taipumuksia, jotka ilmenevät fyysisenä toimintana ja edelleen uusina ajatuksina ja tuntemuksina. Myös kieli on kietoutunut järjestys. Merkitys on kietoutuneena kielen rakenteeseen ja se avautuu ajatukseksi, tunteeksi ja kaikiksi toiminnoiksi, joista oli jo puhetta. Kommunikaatiossa merkitys avautuu yhteisöön ja yhteisöstä jokaiseen yksilöön. Ihmisillä on siis sisäinen suhde sekä itseensä että koko yhteisöön. Tämän eksplikaattina muotona on yhteiskunnan rakenne ja implikaattina muotona kulttuurin sisältö, joka ulottuu jokaisen yksilön tietoisuuteen. Yhteisön ja kulttuurin eksplikaatit muodot kietoutuvat erottomasti Yhteisön jokaisen jäsenen tietoisuuteen. Eiväthän lait, tavat ja rajoituksetkaan toimi ulkoisina voimina, jotka ovat vieraita ihmisille, joihin ne vaikuttavat. Ne ovat pikemminkin ilmauksia heidän perimmäisestä luonteestaan ja toisaalta ne myös osaltaan muokkaavat tätä luonnetta. (emts.193)...

Niinpä voidaan olettaa, että tietoisuus on jäsentynyt generatiivisena järjestyksenä, joka on ominaisuuksiltaan monessa mielessä sangen samanlainen kuin materiaa organisoivat generatiivinen ja implikaatti järjestys. (emts. 194)

.....

Yksi mahdollisuus on nähdä ne kahtena generatiivisena ja implikaattina järjestyksenä, erillisinä mutta rinnakkaisina virtoina, jotka ovat keskinäisessä suhteessa. Toinen vaihtoehto on ajatella, että varsinaisesti on olemassa vain yksi järjestys, jonka perusta sisältää kokonaisliikkeen ja enemmänkin. Tämä järjestys avautuu materiaan ja tietoisuuden järjestyksiin, jotka tilanteesta riippuen toimivat suhteellisen itsenäisesti. Syvemmillä tasolla ne ovat silti erottomat ja yhteenpunoutuneet. Tämän näkemyksen mukaan tietoisuus ja materia ovat yhden kokonaisuuden piirteitä, eivätkä ne ole sen enempää erotettavissa toisistaan kuin muoto ja sisältö. (emts.194)

Fenomenologi Hubert Dreyfus on kritisoinut voimakkaasti vahvan tekoälyn kannattajia siitä, että he samaistavat ihmisen mielen tietokoneeseen, joka operoi informaation bittejä formaalien sääntöjen mukaan (Dreyfus 1979). Samoin Penrose (1989, 1990) on pyrkinyt osoittamaan, ettei tietoisuuden prosessit ole kuvattavissa laskennallisten algoritmien, vaan tähän tarvitaan uutta fysiikkaa, joka perustuu todellisuuden ei-algoritmiseen kuvaukseen.

Kun Vygotsky (niin kuin myös Piaget) selittää lapsen ajattelua, hän kuvailee sitä samalla tavalla, kuin tekoälytutkija näkee ajattelun. Ihanteena on käsitehierarkiat, joiden avulla todellisuutta hallitaan täsmällisesti. Tällöin lapsuuden spontaani ajattelu on muuttunut relevantimmaksi, loogiseksi ja rationaaliseksi ajatteluksi. Veljensä kanssa kirjoittamassaan kirjassa Hubert Dreyfus toteaa, että tällainen käsitys tiedosta on liian suppea (Dreyfus&Dreyfus 1986). Vielä aikuisen

ajattelullekin on tyypillistä liittää ilmiöitä toisiinsa spontaanilla tavalla toisiinsa. Suurin osa inhimillisistä ongelmista ovat strukturoimattomia ja ihmiset käsittelevät näitä ongelmia varsin diffuususti. (Dreyfus&Dreyfus 1986).

Dreyfusin kritiikki vahvan tekoälyn kannattajia kohtaan on oikeutettu ja samalla hän pystyy paljastamaan ne rajoitukset, joita ajattelun formaaliin puoleen liittyy. Jos lapsen kehityksen oleellisena piirteenä pidetään formaalisen puolen lisäksi alitajuntaa, persoonallisuutta, luovuutta ja muita henkisiä ominaisuuksia, ei tämän tarvitse vielä tarkoittaa sitä, etteikö lapsen ajattelun formaalin puolen kehittymisen tukeminen olisi relevanttia. Kiistämätön tosiasia kuitenkin lienee, että ihmisen kyvyllä luoda ja käyttää käsitejärjestelmiä on ollut hedelmällinen vaikutus tieteellistekniseen kehitykseen (Lehti 1985, 1986). Dreyfusin korostaessa intuitiivista harkintaa, hän ei ota huomioon sitä, että myös intuition muodostuminen voi perustua rationaaliseen harkintaan. Niiniluoto (1990) pohtii samaa asiaa hauskesti:

Tekoälyn piirissä on tutkittu *teko havaintoa, tekoajattelua, tekokuvittelua ja tekomuistia*. Älyä näyttääkin maailmasta puuttuvan, kun sitä täytyy keinoitekoisesti valmistaa ja kaupata eniten tarjoaville. Mutta miksi kukaan ei ole vakavissaan ryhtynyt kehittämään *tekotunnetta*? Maailmassa on tunnetusti liian vähän rakkautta. Eikö uusi AE-projekti (Artificial Emotion) voisi tuottaa sitä lisää? (Niiniluoto 1990, 129).

Lisäksi Niiniluoto kysyy, eikö myös tekoahdon kehittäminen olisi relevanttia. Hän pyrkii osoittamaan, että tunne ja järki eivät ole ristiriidassa keskenään.

Käsitteet ja käsitejärjestelmät ovat ihmisen luomia. Tämä ei tarkoita sitä, että niillä olisi mielivaltaisen, jokaisen puhujan subjektiivisista tuntemuksista riippuva luonne. Kun käsite on keksitty ja se on yleistynyt, sillä on relevantti, kaikkien ihmisten omaksuttavissa oleva luonne. Esimerkiksi käsite "pohjoinen" viittaa konkreettiseen todellisuuteen ja sitä voidaan käyttää yksiselitteisesti ihmisten välisessä kommunikoinnissa. Lauseessa "Jyväskylä on Lahden pohjoispuolella" sanan pohjoinen käyttö edellyttää konkreettista todellisuutta. Käsitteen ja käsitehierarkioiden keksiminen ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö käsitteitä voisi tarkentaa ja korvata uusilla käsitteillä. Ihmisen tajunnan laajentuessa tarvitaan todellisuuden käsittämiseen uusia käsitteitä. Esimerkiksi puhuttaessa galaksien liikkeistä ei ole relevanttia käyttää meille tuttuja ilmansuuntia; pohjoisnavan jälkeen ei oikein voi sanoa, mitä on sen pohjoispuolella.

Dreyfusin ja Bohmin analyyseissa ajattelun logiikasta onkin yksi olennainen ero. Bohm korostaa käsittehierarkioiden merkitystä. Hän korostaa, ettei intuitioon sitoutunut jäykkä ajattelu ole hyväksi. Samoin formaalin logiikan keinoin muodostuneista käsittehierarkioista voi tulla ehdottomia totuuksia. Ne ovat tarpeellisia ja hyviä ajatteluvälineitä, mutta on muistettava, että niiden muodostuminen on kontekstisidonnaista ja ne ovat dynaamisia. Niinpä samalla kun käytetään formaalia logiikkaa, pitäisi Bohmin mukaan antaa ajatuksen intuitiiviselle puolelle, vapaalle leikille toimintamahdollisuus. Periaatteessa todellisuus on tyhjentämätön ja tästä seuraa ettei käsittehierarkioiden ja luokitusten lukumäärälle voi etukäteen määritellä ylärajaa.

Bohm siis pyrkii ratkaisemaan perinteisen mind-body ongelman kvanttiteoriaan perustuvan ontologiansa avulla. Keskeistä tässä on kvanttiteorian kausaalitulkinta, joka pohjautuu kvanttipotentialiin ja aktiivisen informaation käsitteisiin. Tällöin vuorovaikutus mentaalisten tilojen ja aivojen neurologisten eli fyysikaalisten tasojen välillä tapahtuisi alkeishiukkasten informaatio-ominaisuuksien kautta. Eli Bohmin ontologiassa kvanttipotentialiin liittyvä informaatio on silta tietoisuuden ja fyysisen maailman välillä (Ks. Pylkkänen 1992). Tämä tulkinta perustuu siihen, että aivojen hermosolutkin koostuvat viime kädessä alkeishiukkasista. Tällöin aivoissa yksityisten hiukkasten kokonaisvaltaiset informaatio-ominaisuudet yhtyvät ja synnyttävät paljon monimutkaisemman informaatiokentän, jonka sitten koemme tajunnassamme. Tästä huolimatta suuri osa tajunnassamme kokemasta aisti-informaatiosta on ymmärrettävissä makrofysikaalisten ja fysiologisten kuvausten ja informaation käsittelyn avulla (Pylkkänen 1992). Kuitenkin sekä tietoisuuden ykseyden kokemus että subjektiivisuuden ja elämyksellisyyden tunne saattavat perustua johonkin paljon hienosyisempään aineelliseen prosessiin kuin tavanomainen neurofysiologia (Pylkkänen 1992, 1995).

4 Descartesin ongelman empiirinen ratkaisuyritys; Roger Penrosen hypoteettinen kuvaus mielestä fysikaalisena ilmiönä

Bohm on omassa ontologiassaan esittänyt Descartesin ongelmalle hypoteettisen ratkaisun. Kvanttipotentiaalin käsitteen avulla on mahdollista ajatella, että tietoisuutemme toimisi saman logiikan mukaan kuin luonnossa esiintyvä kvantti-ilmiö. Tätä ideaa on kehitelty edelleen Penrose (1989) ja neurofysiologisen kuvauksen tästä on puolestaan esittänyt Hameroff (Dayhoff, Hameroff, Lahoz-Beltra & Swenberg 1994). Tarkastelen seuraavassa tarkemmin, miten Penrose yrittää ratkaista Descartesin ongelmaa kvanttifysiikan avulla ja miten Hameroff on esittänyt hänen ajatuksilleen neurofysiologisen vastineen. Hameroffin malliin liittyvät keskeisenä mikrotuubit.

Penrose hylkää kirjassaan *The Emperor's New Mind* (1989) dualistisen käsityksen mind-body ongelman ratkaisemiseksi. Hänen mukaansa tietoisuuden ongelmaan on etsittävä sellaista ratkaisua, joka perustuu fysiikan lakeihin. Tietoisuus ei siis ole sen enempää klassisen fysiikan monimutkaisempi kokonaisuus (emergentti materialismi ja funktionalismi) kuin olemuksellisesti jotain fysikaalisen maailman saavuttamattomissa olevaa, kuten perinteinen dualismi on oletanut. Kaikki tunnetut fysiikan lait voidaan formuloida matemaattisesti ja esittää laskennallisessa muodossa. On kuitenkin niin, ettei tietoisuuden toimintaa voida kuvailla matemaattisesti (Penrose 1990). Tämän vuoksi Penrose on yrittänyt osoittaa, että todellisuuden perusluonteeseen kuuluu fysikaalisia ilmiöitä, joiden matemaattinen formulointi perustuu ei-laskennallisuuteen. Niiden kuvailu ei siten onnistu algoritmisesti. Penrose siis olettaa, että todellisuudessa (sisältäen maailman 1 ja 2) vaikuttaa toistaiseksi tuntemattomia fysiikan lakeja, joita ei voida formuloida laskennallisen (algoritmisen) matematiikan avulla, vaan ei-laskennallisesti:

I point out that there could well be room, within physical laws, for an action that is *not* algorithmic - i.e., that cannot be properly simulated by any computer - though I argue that it is likely that such nonalgorithmic action can arise only in an area of physics where

there is an important gap in our present physical understanding: the no-man's-land between quantum and classical physics. ...

I also argue that there is good evidence that conscious thinking is itself not an algorithmic activity, and that consequently the brain must be making use of nonalgorithmic physical processes in an essential way whenever consciousness comes into play. (Penrose 1990, 643).

Tietoisuuden prosessit siis noudattavat fysiikan lakeja, mutta nämä fysiikan lait ovat toistaiseksi tuntemattomia.

In my own view, mental states would be qualities that indeed depend on those same physical laws that govern inanimate objects. The minds we know of are features of the activity of brains (human brains, at least, but quite probably certain animals brains also) and human brains are part of the physical world. Thus, the study of mind cannot be divorced from the study of physics. Does this mean that new physical understanding is needed, or do we already have sufficient knowledge of the physical laws that might be relevant to an understanding of mental phenomena? (Penrose 1990, 644).

Penrosen mukaan useimmat filosofit, fyysikot, psykologit ja neurotieteilijät ovat sitä mieltä, että me tiedämme jo kaikki fysiikan lait, joiden avulla mind-body ongelma tulisi ratkaista. Penrose on kuitenkin eri mieltä. Hän toteaa:

I believe there is a fundamental gap in our physical understanding between the small-scale "quantum level" (which includes the behaviour of molecules, atoms, and subatomic particles) and the larger "classical level" (of macroscopic objects, such as cricket balls or baseballs)...

I argue that some of the manifestations of consciousness are demonstrably nonalgorithmic, and I am therefore proposing that conscious mental phenomena must actually depend upon such noncomputational physics. (Penrose 1990, 644).

Penrosen yritys ratkaista Descartesin ongelma perustuu siis nonalgoritmisen fysiikan kehittämiseen. Kvanttifysiikassa on tässä kehittelytyössä keskeinen merkitys. Mistä aivojen materiasta sitten löytyy alue/alueita, missä kvanttifysiikka voisi aktuaalistua? Tukeutuen Hameroffin (Dayhoff, Hameroff, Lahoz-Beltra & Swenberg 1994) tutkimuksiin, Penrose sijoittaa kvantti-ilmiöt mikrotuubeihin.

Mikrotuubit muodostavat eräänlaisen informaation prosessoinnin verkon (information-processing network). Penrose olettaa, että mikrotuubit ovat fyysinen perusta tietoisuudelle. Mikrotuubit ovat proteiinistruktuureja, joita löytyy kaikkialta elävistä soluista ja niiden toiminta

informaationprosessoinnissa noudattaa oletettavasti kvanttifysiikan lakeja (Dayhoff ym. 1994). Ne ovat pieniä ainesosasia ihmisen aivojen neuroniverkostossa. Ja mikä mielenkiintoisinta, mikrotuubien kaltaisilla ainesosasilla on keskeinen merkitys koko universumissa (Freedman 1995). Kuitenkin juuri aivojen kaltaisessa organisaatiossa mikrotuubien alkeelliset ominaisuudet voisivat yhtyä ja synnyttää monimutkaisempaa mentaalisuutta ja tietoisuutta.

Penrosen esittämä ajatus mikrotuubeista muodostuneesta kvantti-ilmiöitä noudattavasta informaation prosessoinnin verkosta on kuitenkin edelleen hypoteettinen. Vielä ei empiirisesti ole kyetty selittämään, miten tietoisuus ja muut mentaaliset ilmiöt konstruoituvat havaintojen pohjalta tässä oleellisessa osassa aivojen neuroniverkkoa.

5 Ihmistieteiden ja modernin fysiikan ero ja sen aiheuttamat seuraamukset metodologialle Popperin ja Bohmin ontologioiden mukaan tarkasteltuna.

Popperin mukaan tietoisuuden kohteet kuuluvat maailma 3:n entiteetteihin. Tähän tietoisuuden kohteena olevaan maailma 3:een liittyy Popperin mukaan koko humanististen tieteiden keskeisin ongelma. Humanistisissa tieteissä ajatellaan usein, että tietoisuuden kohteet kuuluvat maailma 2:n entiteetteihin. Maailma kahden haltuunotto tapahtuu psykologisin termein, mutta tällä terminologialla ei voi ottaa haltuun maailma 3:n entiteettejä.

They must be distinguished from the (more or less successful) outcome of the activities, from their result: the final state (for the time being) of understanding, the interpretation. (Popper 1972, 162-163).

Popperin mukaan tietoisuuden prosessi tulee erottaa tietoisuuden tuotteista. Vaikka tietoisuus hetkellä t (a subjective state of understanding) on subjektiivinen, siitä puhuminen edellyttää argumentaatiota. Popper yleistää:

All the important things we can say about an act of knowledge consist of pointing out

the third-world objects of the act - a theory of proposition - and its relation to other third-world objects, such as the arguments bearing on the problem as well as the objects know. (Popper 1972, 163).

Humanististen tieteiden ja luonnontieteiden metodologiset erot on johdettu usein tutkimuskohteen olemuksen erilaisuudesta. Kun luonnontieteiden tehtävänä on ollut selittää luonnonilmiöitä, humanististen tieteiden tehtävänä on ymmärtää (Rauhala 1989). Jako ymmärtämiseen ja selittämiseen on kuitenkin ongelmallinen, sillä selittämistä ei voi olla ilman ymmärtämistä, eikä ymmärtämistä ilman selittämistä.

Ihmistieteissä vallitsevaa luonnontieteistä otettua positivistista lähestymistapaa on kritisoitu pääasiassa siten, että on ensin tehty ontologinen ero luonnonilmiöiden (maailma I) ja mentaalisten ilmiöiden (maailma II) välille. Luonnon ja mielen olemus on kartesiolaisessa hengessä erotettu jyrkästi toisistaan¹⁰. Voidaan väittää, että sekä hermeneutiikan että eksistentiaalismin osoittama kritiikki positivistista humanistista tiedettä kohtaan perustuu tämän ontologisen eron totena pitämiseen. Kuten tietehistorioitsija Paul Forman (1971, Lahden 1993, 43 mukaan) asian ilmaisee: "Kaiken kattava kausaalilaki oli eksistentiaalisen elämänfilosofian arkkivihollinen.". Fysiikan näkeminen eksaktina tieteenä, joka pohjautuu klassisen fysiikan käsityksiin kausaalisuudesta, determinismista ja merisistä, ei rajoitu pelkästään hermeneutikkoihin ja eksistentiaalisteihin. Myös ajattelun kielen modernia teoriaa kehittänyt Jerry Fodor (1990) perustaa näkemyksensä fyysisen maailman ja mentaalisen jyrkkään erottamiseen. Myös Stapp pitää osoitettuna, että inhimillistä toimintaa ei voida selittää yksinkertaisten mekaanisten lakien mukaan:

10

Rauhala (1997) korostaa ihmisen ontologiassaan, että ihminen on ainutlaatuinen partikulaari. Jos ihmisen olemusta tarkastellaan, on hänen mukaansa mieletöntä esimerkiksi arvoista ja eettisyydestä puhuttaessa lähteä liikkeelle aivojen neurofysiologisesta tasosta. Rauhala kuitenkin toteaa, että vaikka hän korostaa ihmisen merkitystajuntaa tutkimusohjelmansa peruslähtökohtana, ei tämä ole ristiriidassa emergentin materialismin kanssa. Tässä mielessä Rauhala toimii tavallaan Popperin ontologian mukaisesti, sillä hän lähtee liikkeelle jo syntyneestä emergentistä olemustasosta eli mentaaliseen.

Sen sijaan Bohmin ontologian mukaan ihmisen ja luonnon välille ei tarvitse tehdä ontologista eroa, koska molemmat olemustavat ovat saman superimplikaatin erilaisia eksplikoituneita muotoja. Se, että ihminen on ihminen ja luonto on luonto ei oikeuta kehittämään ontologisesti erilaista metodologiaa ihmistä varten ja luontoa varten, kuten Rauhala tekee. Tämä näkökulma ei kuitenkaan estä käyttämästä monipuolisempia tutkimusmenetelmiä ihmistä tutkittaessa (elämänkerrat, haastattelut) kuin mitä luontoa tutkittaessa voi käyttää. Mutta toisin päin ajateltuna, ei voida myöskään ontologisista syistä estää (kuten Rauhala ja usein ns. kvalitatiivisten menetelmien "ontologiset" kannattajat) luonnontieteistä tuttuja menetelmiä käyttäen ihmistä tutkittaessa.

It is now generally agreed that the simple mechanisms identified by the behaviorists cannot adequate around for the full complexity of human behavior. (Stapp 1993, 13).

Koska mentaalisen logiikkaa ei voi tavoittaa luonnontieteiden metodologialla, sitä tulee lähestyä merkityksen ongelmasta kasin (Rauhala 1989). Koska mieli on tarttunut kulttuurissa oleviin merkityksiin eri tavoin, humanististen tieteiden tehtävänä on näin ollen pääasiassa merkityksen sisällön kuvaaminen ja merkitysten muodostumisen prosessin kuvaaminen. Rauhalan (1989, 11) mukaan:

Tässä esityksessä on julkituotu näkemys, että humanistisissa tieteissä perimmältään on kysymys merkityksen ongelmasta, siis siitä, miten merkityssuhteet ihmistajunnassa kehkeytyvät ja joskus objektivoituvat kulttuuriksi.

Rauhala jatkaa samasta aiheesta edelleen :

Humanististen tieteiden tieteenfilosofia olisi tässä katsannossa rakenteeltaan ja tehtäviltään kompleksisempi kuin positivistinen luonnontieteiden tieteenfilosofia, jossa keskitytään oikeastaan vain tieteen metodologiseen problematiikkaan. (Rauhala 1989,12)

Koska inhimillinen toiminta on olemuksellisesti erilaista kuin fysiikan ilmiöt, tarvitaan Rauhalan mukaan ihmistieteissä omaa, sen olemukseen soveltuvaa metodologiaa. Otan rinnalle vielä Sintosen kuvauksen positivismista seuraavasti:

Yksi alkuperäisen positivismin perusajatuksista oli naturalismi, jonka mukaan ihminen on osa luontoa ja siis luonnontieteellisen menetelmän ulottuvilla. Ajatuksen koetinkiviä ovat sosiaalinen todellisuus ja ihmisen sielunelämä, aistimusten, tunteiden, halujen, uskomusten ja aikomusten subjektiivinen maailma. Fysikalismien ohjelma ja tieteen ykseyden ajatus edellyttivät, että myös psykologia ja sosiologia on tieteellistettävä. (Sintonen 1987, 22)

Sintonen viittaa Carnapin 1932 esittämään ajatukseen, jonka mukaan jokainen psykologinen lause voidaan formuloida fysikaalisessa kielessä. Materiaalisessa puhettavassa ilmaistuna kaikki psykologiset lauseet kuvailevat fysikaalisia tapahtumia, nimittäin ihmisten ja muiden eläinten fysikaalista käyttäytymistä. Tämä on yleisen fysikalistisen teesin alateesi, jonka mukaan fysikaalinen kieli on universaali kieli, so. kieli, jolle jokainen lause voidaan kääntää. (Sintonen 1987). Fysikalistisen kielen ohjelmaa yritettiin toteuttaa niin, että subjektiiviset tilat päätettiin ulkoisesti havaittavasta käyttäytymisestä. Ongelmana tässä projektissa on ollut tunnetusti se, että

esimerkiksi surulliset ihmiset käyttäytyvät eri tavoin. Kognitiivisten tilojen ja tapahtumien osalta ongelma on vieläkin vaikeampi, koska ajatteluun ei välttämättä liity lainkaan havaittavaa ulkoista käyttäytymistä.

Mentaalisen ja materiaalisen ongelmaa (Descartesin ongelma) on positivismin jälkeen yritetty ratkoa mm. identiteettiteorian ja funktionalismin avulla (Churchland 1993). Feiglinin identiteettiteorian mukaan sielun tilat samaistetaan (neuro)fysiologisten tilojen kanssa. Identiteettiteoria eroaa behavioralismista siinä, että sielullisten ja neurofysiologisten käsitteiden viitteiden samuus on todettavissa vain empiirisen tutkimuksen avulla, eikä pelkästään tarkastelemalla itse kieltä, kuten behavioralismissa tapahtuu. Identiteettiteorian mukaan termien intensiot ovat erilaiset mutta niiden tosiasialliset ekstensiot ovat samat, eli ne viittaavat samoihin olioihin ja suhteisiin.

Funktionalismi (Ks. Putnam 1960 Churchlandin 1993 mukaan) mind-body ongelman tarkastelemalla mentaalisia tiloja niiden tuottaman kvaliteetin perusteella. Tällöin esimerkiksi kipu on funktionaalinen tila, jonka voi toteuttaa hyvin erilaiset materiaaliset substraatit, ja on samantekevää koostuuko sielu aineesta, hengestä vai sveitsinjuustosta.

Quine (1961) kyseenalaistaa kaksi empirismin dogmia, jotka ovat a) analyttinen-synteettinen erottelu ja b) reduktionismi. Quine kuvaa näitä kahta dogmia seuraavasti:

One is a belief in some fundamental cleavage between truths which are *analytic*, or grounded in meanings independently of matters of fact, and truths which are *synthetic*, or grounded in fact. The other dogma is *reductionism*: the belief that each meaningful statement is equivalent to some logical construct upon terms which refer to immediate experience. Both dogmas, I shall argue, are ill-founded. (Quine 1961, 20).

Quine pyrkii osoittamaan, että käsitteitä tai sanoja - olivatpa ne synteettisiä tai analyttisiä - ei voi määritellä yksitellen. Kieli on holistinen järjestelmä, joka "hankaa" todellisuutta sen eri osissa ilman, että tätä osaa voitaisiin eristää holistisesta järjestelmästä. Quine siis kieltää yksittäisten termien reduktion mahdollisuuden (Quine 1961, ks. myös Sitonen 1987).

Tämän vuosisadan tieteessä on keskitytty enemmän tieteen metodologiaan ja kielifilosofisiin ongelmiin kuin ontologisiin kysymyksiin (Bohm 1992, Hawking 1989). Tarkemmin sanottuna, metodologisiin kysymyksiin keskityttäessä on implisiittisesti oletettu todellisuuden muodostuvan newtonin fysiikan mukaisesta säännönmukaisuudesta ja kausaalilaesta. Tähän tieteen

ihanteeseen liittyy myös experimentin idea, jota Hintikka kuvaa osuvasti seuraavalla tavalla:

Kokeessa näet juuri pyritään varioimaan jotakin varta vasten konstruoitua ja siksi kokeilijan hallinnassa olevaa tilannetta siten, että siinä vaikuttavien tekijöiden riippuvuussuhteet saadaan esiin. (Hintikka 1969, 277).

Riippuvuussuhteet ovat juuri Newtonin fysiikasta tuttuja kausaalilakeja. Hintikan kuvaamalle koetilanteelle on lisäksi tyypillistä, että siinä konstruoidaan vain muutamia variaabeleita. Tieteen tehtävänä näin ollen on ollut näiden kausaalilakien paljastaminen. Tätä mallia on sovellettu luonnontieteiden lisäksi myös humanistisissa tieteissä (Danzer, 1994, III).

Rauhalan kritiikki ontuu nimenomaan siinä kohden, että hän väittää luonnonilmiöiden olevan yksinkertaisempia kuin mentaalisten ilmiöiden. Kvanttifysiikka antaa meille huomattavasti kompleksisemmän kuvan luonnon olemuksesta kuin klassinen fysiikka. Luonnontieteen tutkimuskohteen olemus on huomattavasti monimutkaisempi kuin aiemmin on uskottu ja luonnossa on selvästikin ilmiöitä, joiden selittäminen ei onnistu klassisen fysiikan keinoin. Lisäksi hypoteettisesti on ehdotettu, että kvanttifysiikan antamalla fysikaalisella todellisuuskäsityksellä on seuraamuksia myös mentaalisen olemuksen ymmärtämisessä (Penrose 1989, Pylkkänen, 1992). Kvanttifysiikan bohmilaisen tulkinnan mukaan ero fysikaalisen ja mentaalisen välillä on suhteellinen eikä absoluuttinen (Pylkkänen 1992). Jos näin on, ei ole perusteita väittää, että metodien erilaisuus olisi seurausta ontologian erilaisuudesta.

Kun humanistisissa tieteissä tutkitaan merkityksen ongelmaa omana erityisongelmanaan, tässä tutkimuksessa on se ongelma, että merkitysten kehkeytymisprosessia ei fysikaalisessa mielessä tunneta. Kun inhimillisyydestä puhutaan, viitataan intentioihin ja merkityksiin ilman, että osataan kuvata näitä ilmiöitä. Merkityksellisyyden ongelma liittyy myös kognitiotieteeseen. Esimerkiksi Hofstadter yrittää ylittää materiaalisen (aivojen ja neuronien biologis-kemiallinen todellisuus) ja mentaalisen (tietoisuuden ja kommunikaation) välisen kuilun (Siis selittää mind-body ongelmaa) symbolin avulla:

Consciousness is that property of a system that arises whenever there exist symbols in the system that obey triggering patterns somewhat like the ones described in the past several sections. (Hofstadter 1983, 385)

Heinämaa (1989, 1991) kuitenkin osoittaa, että symbolin sijoittaminen mentaalisen ja materiaalisen väliin aiheuttaa monia ongelmia. Symbolin käyttö edellyttää tulkitsijaa. Tällöin tietoisuuden ja

materiaalisen välille sijoitettu symboli edellyttää tulkitsijaa, siis jotain systeemin ulkopuolella olevaa tietoisuutta. Tällöin mind-body ongelma sivuutetaan ja siirretään kätevästi systeemistä jonnekin systeemin ulkopuolelle ja ongelman ratkaisu pakenee jälleen.

Mind-body ongelmaan on esitetty useita eri ratkaisuja. Popperin ratkaisu perustuu kolmen maailman teoriaan, jossa yksinkertaisimmista luonnon ilmiöistä kehkeytyy evoluutioprosessissa laadullisesti uusia emergenttejä piirteitä. Tällainen, kronologisessa mielessä uusi, ilmenemismuoto on tietoisuus (Maailma 2) ja kulttuuri (Maailma 3). Nämä ovat uudet olemistavat ovat laadullisesti erilaisia verrattuna fyysiseen maailmaan ja niiden piirteet eivät ole palautettavissa alkuperäisiin olemistapoihin. Bohmin ratkaisu perustuu sen sijaan holistiseen näkemykseen. Hänen mukaansa todellisuudessa vaikuttaa fysiikan lakeja, joita ei vielä tunneta. Hypoteettisesti hän esittää, että tietoisuus ja klassisen fysiikan fyysinen maailma ovat periaatteessa selitettävissä superimplikaatin järjestyksen erilaisina eksplikaatteina ilmenemismuotoina. Tästä näkökulmasta materiaalista ja mentaalista ei tarvitse erottaa jyrkästi toisistaan. Penrosen esittämää mallia voi pitää Bohmin kausaalitulkinnan edelleen kehittelynä.

Kun loogiset empiristit etsivät universaalia tieteen kieltä, he käyttivät tämän kielen rakennusaineiksina tunnettua formaalia logiikkaa. He siis yrittivät siirtää tunnetun klassisen fysiikan metodin mentaalisen selittämiseen. Tämä projekti ajautui umpikujaan sen vuoksi, että oleellinen mentaalista jäi tämän metodin selityskyvyn ulkopuolelle. Bohmin ja Penrosen esittämät hypoteettiset mallit ovat tavallaan yrityksiä kehittää yleistä ontologista teoriaa, jonka puitteissa voitaisiin selittää sekä mentaalinen että fyysinen. Koska tätä ei voida tehdä tunnetun fysiikan avulla, he esittävät hypoteettisesti mahdollisuuden, että on olemassa luonnonlakeja, joiden periaatetta ei vielä tunneta. Erityisesti kvanttifysiikka sopii ehdokkaaksi tällaisille uusille laeille. Ajatuksena on, että tieteen kehittyessä, fysiikkaan tulee uusia aineksia, jotka lopulta paljastavat myös mentaalisen olemuksen. Penrose esittää, että hermoston ainesosina olevat mikrotuubit toimisivat tällaisena alueena, jossa kvanttifysiikan säännöt toimisivat.

6 Pohdinta

Olen edellä tarkastellut Karl Popperin ja David Bohmin ontologioita. Lisäksi Bohmin ontologian edelleen kehittelynä olen esittänyt Penrosen ajatuksia Descartesin ongelmasta kvanttifysiikan avulla. Tässä viimeisessä luvussa esitän lyhyen yhteenvedon näistä ontologioista.

Popperin ontologia perustuu evoluutioteorian tulkintaan, jossa keskeistä on interaktio. Bohmin ontologia taas tukeutuu kvanttifysiikan tulkintaan. Myös Popper on kuvannut kvanttiteoriaan liittyviä ongelmia laajasti¹¹, mutta hänen ontologiansa ei tukeudu kvanttifysiikkaan. Determinismin ongelmaa käsitellessään (Popper 1972, Popper 1977) hän esittää kvanttifysiikan esittämän ratkaisun eräänä mahdollisuutena ratkaista energian säilymisen laki, joka on välttämätöntä, jotta maailma 1 olisi avoin maailmalle 2. Popper ei kuitenkaan pidä kvanttifysiikan antamaa kuvaa oikeana selitettäessä ihmismielen toimintaa. Hänestä kvanttiteorian antama kuva on liian sattumanvarainen ja se ei myöskään perustu Maailma 1:n näkemiseen avoimena.

Bohmin ontologia tukeutuu puolestaan nimenomaan kvanttifysiikkaan. Kun Popper näkee kvanttifysiikan lait todennäköisyyslakeina, Bohm liittää kvantti-ilmioihin kvanttipotentialin ja aktiivisen informaation käsitteen. Näitä Bohm puolestaan tarkastelee implikaatin ja eksplikaatin järjestyksen avulla. Se mikä Popperille on sattumanvaraisuutta ja näin ollen "epärationalisuutta" kvanttihiipissä, on Bohmille implikaatin järjestyksen eksplikaatti ilmentymä. Humanististen tieteiden tutkimuskohteena on ihmis/en/ten käyttäytymisen selittäminen ja sen kuvaaminen, miten ihminen kulttuuriolentona kehittää ja muovaa fyysistä ympäristöään ja kulttuuria. Ihmisen toimintaa kuvattaessa täytyy - eksplisiittisesti tai implisiittisesti - ottaa kantaa ihmisen subjektiiviseen kokemusmaailmaan, Popperin kuvauksen mukaan maailmaan II. Tähän oleellisesti liittyy tietoisuuden ongelma.

Luonnontieteet pyrkivät teorian muodostukseen, joka on objektiivista eli näkökulmasta riippumatonta. Inhimillisen toiminnan peruspiirre taas on näkökulmasidonnaisuus ja

11

Popperin kirja "Quantum Physics and the schism of Science" (1982) kuvaa yksityiskohtaisesti kvanttifysiikkaan liittyviä ongelmia, mutta hänen ontologiansa ei tukeudu kvanttifysiikkaan.

subjektiivisuus. Esimerkiksi kognitiivisen psykologian piirissä tehty tutkimus on osoittanut, että yksilöt representoivat eli muodostavat kuvaa maailmasta omiin aikaisempiin kokemuksiinsa pohjautuen (Andersson 1995). Tietoisuuden toiminnalle ei ole olemassa eksplisiittistä teoriaa. Tämän vuoksi on edelleen selittämättä, miten hermosolujen toiminta aiheuttaa tietoisuuden. Me emme tiedä, miten on mahdollista, että tietoisuutemme voi kokea värejä, hajuja, nälkää, iloa jne. Popper on ontologiensa avulla pyrkinyt esittämään hypoteettisen kuvauksen siitä, miten materiasta (MI) kehittyy tietoisuus (MII) ja edelleen, miten tietoisuus/ tietoisuudet tuottavat kulttuuria (MIII). Hän oli hyvin tietoinen omaan malliinsa perustuvista rajoituksista, joista suurin oli energian säilymisen lakiin liittyvä problematiikka. Popperin kuvaama ongelma on yleisesti tiedostettu filosofien joukossa.

On tavallaan kaksi vaihtoehtoa. Joko mentaaliset tapahtumat eivät ole fysiikan lakien alaisia tai sitten ne ovat. Ensimmäiseen vaihtoehtoon (Johon perinteinen dualistinen teoria perustuu) liittyy se vaikeus, että ilman sidonnaisuutta fysiikan lakeihin mentaalisilla tiloilla ei voi olla fysikaalista energiaa tai massaa (Dennett 1991). Tällöin ne eivät voisi myöskään saada vaikutuksia fysikaalisessa maailmassa. Ja jos voisivat, pitäisi meidän luopua energian säilymisen laista, kuten Popper on todennut.

Yleensä nykyisin mind-body ongelman ratkaisun peruslähtökohtana pidetään sitä, että mentaaliset ilmiöt ovat pohjimmiltaan fysikaalisia. Materiaalinen näkemys ohjaa niin kognitiotieteilijöitä (Haugeland 1991), neuropsykologista tutkimusta (Revonsuo 1995, Ollinheimo 1998) kuin myös filosofisia analyysejä mentaalista ilmiöstä (Churchland 1993). Tällöin voidaan pitää kiinni energian säilymisen laista ja siitä, että tietoiset tilat aiheuttavat fyysisiä tapahtumia, kuten päätöksiä mennä lenkille. Tätä mekanismia ei kuitenkaan ole kyetty selittämään tyhjentävästi. Erilaisilla yrityksillä siloittaa fysikaalisen ja mentaalisen välistä kuilua esimerkiksi systeemisiä tasoja lisäämällä (ks. Ollinheimo 1998) ei kuitenkaan vielä ole riittävää selitysvoimaa, jotta niitä voitaisiin pitää tieteellisesti perusteltuina teorioina. Täten erilaiset selitysyrietykset mentaalisen ja fysikaalisen suhteesta, tasoriippuvuudesta tai fysikaalisesta avoimuudesta jäävät hypoteesien varaan ja odottavat empiiristä todistusaineistoa. Tällöin Bohmin esittämä kvanttifysiikan tulkintaan liittyvä kokonaiskuvaus on yksi lupaava hypoteettinen yritys, jonka selitysvoima jää nähtäväksi.

Tässä tutkielmassa esitetyt ontologiat perustuvat todellisuuden materialistiseen tulkintaan. Popperin ontologia pohjautuu emergenttiin materialismiin, Bohmin ontologia taas kvanttifysiikkaan, jota voidaan pitää holistisena kuvauksena maailmasta. Penrose on vienyt kvanttimekaniikan tulkinnan vielä pitemmälle ja hän on esittänyt hypoteettisen mallin siitä, miten aivojemme neuroniverkkojen sisältämät biljoonat mikrotuubit muodostavat informaation prosessoinnin verkon, jonka toiminta noudattaa kvanttifysiikan lakeja. Esitän työni yhteenvetona seuraavat johtopäätökset.

1. Bohmin tulkinta kvanttifysiikasta merkitsee luonnon ontologialle laadullisesti uutta piirrettä verrattuna klassisen fysiikan luontokuvaan. Luonto ei ole jyrkästi deterministinen eikä jyrkästi indeterministinen. Satunnaisuus ja determinismi voidaan nähdä superimplikaatin järjestyksen erilaisina eksplikaatioina, jotka molemmat kuuluvat todellisuuden luonteeseen. Luonto on myös tyhjentämätön vastoin klassisen fysiikan oletusta. Samoin kausaalisuus saa eri merkityksen bohmilaisessa maailmankuvassa kuin klassisessa fysiikassa. Keskeistä ei ole Bohmin ontologiassa hiukkanen ja sen paikka, vaan superimplikaattijärjestys, joka eksplikoituu kappaleissa.
2. Luonnon ja tietoisuuden (mentaalisen) välillä ei ole jyrkkää eroa, vaan ne molemmat voidaan nähdä superimplikaatin järjestyksen eksplikaatteina ominaisuuksina.
3. Popperin kolmen maailman ontologiassa luonto on ollut kronologisessa mielessä ennen mentaalista ja näin ollen mentaalinen on emergentti piirre, joka on kehittynyt evoluutioprosessissa luonnosta. Sen sijaan Bohmin ontologian mukaan tietoisuuden ja aineen suhdetta ei tarvitse tarkastella kronologisesti, koska oleellinen osa todellisuutta on superimplikaatti järjestys, joista kummankin todellisuuden puolen olemus kumpuaa. Siis superimplikaatti järjestys ilmenee sekä luonnon, mentaalisen että kulttuurin alueella.
4. Bohmin hypoteettista mallia kvanttifysiikan peruseriaatteiden sovelluttavuudesta tietoisuuden tutkimiseen voidaan pitää oikeaan osuneena. Roger Penrosen (Freedman 1995) lainaama ja Hameroffin esittämä (Dayhoff ym. 1994) teoria aivoissa olevista mikrotubeista ja niiden kvanttiominaisuuksista tukee Bohmin tulkintaa ja antaa ehkä tulevaisuudessa mahdollisuuden tietoisuuden "olemuksen" empiiriseen tutkimukseen.
5. Humanististen tieteiden metodologinen ero ei voi perustua mentaalisen ja fyysikaalisen jyrkkään erottamiseen, koska fyysinen ja mentaalinen voidaan periaatteessa kuvata samojen fysiikan lakien

alaisuudessa. Näin on ainakin siinä tapauksessa, jos voidaan esittää ei-algoritminen matemaattinen malli tietoisuudelle, jota Penrose on esittänyt.

6. Bohmin tulkintaa kvanttiteoriasta voidaan pitää Comptonin kuvauksen edellekehittelynä. Popperin kritiikki kvanttiteorian sovelluksesta ihmismieleen perustuu oletukseen, jossa tarkastellaan vain eksplikaattia järjestystä (Joka tässä kontekstissa näyttää satunnaisuudelta). Bohmin tulkintaa voi pitää vastauksena Popperin kritiikkiin; Bohm pyrkii osoittamaan, että kvanttihiippyy ei ole epärationaalisuutta. Bohmin tulkinta energian kulumisesta kvanttihiukkasten tapauksessa on ratkaisu juuri tähän ongelmaan. Kvanttipotentiaalin subtiili muoto tekee ymmärrettäväksi sen, miten vähäisellä energian määrällä voidaan "kausaalisesti" vaikuttaa hiukkasten liikkeeseen. Ongelmaksi jää, mistä kvanttipotentiaali saa tarvitsemansa vähäisen energian.

7. Bohmin filosofian avulla voidaan osoittaa Popperin käsitys maailma 3:n objekteista liian rajoittuneeksi. Bohmhan pitää Popperin falsifoituvuuskriteeria liian tiukkana sitoutumisena tieteen piileviin perusrakenteisiin. Keskustelu ja usean vaihtoehdoisen teorian ylläpitäminen samanaikaisesti antaa mahdollisuuden luovaan prosessiin. Tällainen eri lähestymistapojen rinnakkaisuus sopii hyvin yhteen Bohmin ontologian kanssa. Tiedon tai teorioiden eksplikaatit muodot - eli hyvin muodostuneet luokat - näyttävät ristiriitaisilta, mutta mieli voi tarttua näiden takana oleviin implisiittisiin järjestyksiin, jos vapaa luovuus ja oivalluskyky voivat toimia ilman rajoitteita. Tässä työssä esitetyt ontologiat ovat sinällään esimerkkejä tällaisesta ihmismielen luovuudesta. Mitään niistä ei vielä ole kyetty empirisesti testaamaan ja ne ovat tässä vaiheessa tiedeyhteisölle esitettyjä rohkeita hypoteesejä, joiden empiristä testausta saamme odottaa ehkä pitkäänkin. Penrose on ehkä pisimmällä, sillä hän on kyennyt löytämään Hameroffin tutkimuksiin perustuen informaation prosessoinnin verkon, jossa kvantti-ilmiot voidaan ehkä empirisesti havaita (Ks. Freedman 1995). Jäämme odottamaan "aivojen kaksoisrakokoeetta", jossa itse laitteiston (aivojen fyysinen puoli) ja siellä eksplikoituvien kvantti-ilmioiden (tietoisuus) välillä ei tarvitse tehdä käsitteellistä eroa.

Lähteet

- Andersson, J.R. 1995. Cognitive psychology and its implications. W.H. Freeman and Company: New York.
- Beilin, H. 1989. Piagetian theory. Ross Vastan (ed.), teoksesta *Annals of Child Development: six theories of child development: revised formulations and current issues*, Vol. 6, 85-131.
- Bohm, D. 1980. *Wholeness and the Implicate Order*. Routledge: London.
- Bohm, D. & Peat, D. 1992. *Tiede, järjestys ja luovuus*. Gaudeamus: Helsinki.
- Danziger, K. 1994. *Constructing the subject*. Cambridge University Press: New York.
- Dayhoff, J., Hameroff, S., Lahoz-Beltra, R. & Swenberg, C.E. 1994. Cytoskeletal involvement in neuronal learning: a review. *European Biophysics Journal* 23, 79-93.
- Davies, P.C.W. & Brown, J.R. 1989. *Atomien haamu, kvanttifysiikan ongelmia*. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa, Ursan julkaisuja 37: Helsinki.
- Dennett, D.C. 1991. *Consciousness explained*. Little, Brown and Company: Boston.
- Dreyfus, H. L. 1979. *What Computers Can't Do. The Limits of Artificial Intelligence* (revised edition). Harper & Row: New York.
- Dreyfus, H. L. & Dreyfus, S. 1986. *Mind over Machine. The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of Computers*. Basil Blackwell: Oxford.
- Engeström, Y. 1987. *Learning by Expanding*. Orienta: Helsinki.
- Freedman, D.H. 1995. Quantum consciousness. *Discover, The World of Science*, 15, 88-98.
- Fodor, J. 1990. *A theory of content and other essays*. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge: Massachusetts.
- Hautamäki, A. 1981. Tahdonalaisen oppimisen omaksuminen: 'Olen mitä opin'. *Psykologia* 16 (4), 205-215.
- Hawking, S. 1989. *Ajan lyhyt historia*. Wsoy: Helsinki.
- Heinämaa, S. 1991. *Ajattelun kieli symbolisessa tekoälyssä. Teoreettisen filosofian lisensiaatintutkimus*. Helsingin yliopiston filosofinen tiedekunta/ historiallis-kielitieteellinen osasto/Filosofian laitos: Helsinki.

- Heinämaa, S. & Tuomi, I. 1989. Ajatuksia synnyttävät koneet. WSOY: Porvoo.
- Hintikka, J. 1969. Tieto on valtaa. WSOY: Porvoo.
- Hofstadter, D. R. 1983. Gödel, Escher, Bach: An eternal Golden Brain. A Metaphorical Fugue on Minds and Machines in the Spirit of Lewis Carroll. Penguin Books: Frome and London.
- Inhelder, B. & Piaget, J. 1958. The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolence. Basic Books: New York.
- Kamppinen, M. 1987. Toiminnan malleista kognitiivisessa antropologiassa. *Psykologia* 22, 18-23.
- Kamppinen, M. 1989. Intentionaalisuuden rooli kognitiotieteessä. *Psykologia* 24, 469-473.
- Kirjavainen, H. 1983. Uskon ja tiedon samanaikaisuus. Suomalaisen teologisen kirjallisuusseuran julkaisuja 137.
- Lammenranta, M. 1998. Myrskyä vesilasissa eli mind-body-kiista *Psykologia*-lehdessä. *Psykologia* 33, 217-219.
- Lahti, P.J. 1993. Holistinen todellisuuskäsitys. *Tiedepolitiikka* 18, 41-48.
- Lehti, R. 1985. Teoreettinen käytäntö tieteen inspiroijana: Esimerkkejä varhaisesta tähtitieteen historiasta. Suomen Akatemian julkaisuja 5.
- Lehti, R. 1986. Informaation välineet ja sisältö tieteeseen pohjautuvan yhteiskunnan muovaajina. Edistyksen Päivät 85 - seminaariraportti. Edityksellinen Tiedeliitto Ry:n julkaisuja N:o 1.
- Niiniluoto, I. 1984. Tiede, filosofia ja maailmankatsomus. Otava: Helsinki.
- Niiniluoto, I. 1990. Maailma, minä ja kulttuuri. Otava: Helsinki.
- Niiniluoto, I. 1992. Totuuden kakkua viipaloimassa: vastaus Martin Kuschille. *Tiede & Edistys* 17, 211-215.
- Ollinheimo, P. 1997a. Kartesiolainen piiloleikki eli kuinka omat sitoumukset kiistetään. *Psykologia* 33, 54-60
- Ollinheimo, P. 1997b. Materialistinen kognitiotiede kartesiolaisten peikkona. *Psykologia* 32, 366-372.
- Ollinheimo, P. 1998. Kausaalisuus ja kartesiolainen teatteri; eli mikä mielenliikkeissä on "liikkuvaa". *Psykologia* 33, 344-352.

- Penrose, R. 1989. *The emperor's new mind: Concerning computers, minds, and the laws of physics*. Oxford University Press: Oxford.
- Penrose, R. 1990. *Precis of The Emperor's New Mind: Concerning computers, minds, and the law of physics*. *Behavioral and brain sciences* 13, 643-705.
- Phillips, D.C. 1987. *Philosophy, Science and social Inquiry*. Pergamon Press: Oxford.
- Piaget, J. 1970. *Genetic epistemology*. Columbia University Press: London..
- Popper, K.R. 1972. *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach (Revised edition)*. Oxford University Press: Oxford.
- Popper, K.R. 1974 (a). 'Intellectual Autobiography', teoksessa Schlipp, 1 - 181.
- Popper, K.R. 1974 (b). 'Replies to My Critics', teoksessa Schlipp, 961 - 1197.
- Popper, K.R. & Eccles, J. 1977. *The Self and Its Brain*. Springer-International: Berlin .
- Pylkkänen, P. 1992. *Mind, Matter and Active Information*. Helsingin yliopiston filosofian laitoksen julkaisuja 2.
- Pylkkänen, P. 1995. Tietoisuus, ikuinen arvoitus? *Tiede* 2000 15, 42-45.
- Quine, W.V. 1961. *From Logical point of View: 9 Logico-Philosophical Essays*. (Second edition, revised). Harper Torchbooks: New York.
- Rauhala, L. 1989. Hermeneuttinen näkökulma merkityksen ongelmaan. *Tiedepolitiikka* 14, 3-14.
- Rauhala, L. 1997. Merkitystajunnan olemassaolosta ja konstituutiosta Rauhalan analyyseissa. Joitakin kommentteja Pertti Ollinheimon kritiikkiin "Kognitiotiede fenomenologian hampaissa". *Psykologia* 32, 204-206.
- Revonsuo, A. 1995. *On the nature of consciousness: theoretical and empirical explorations*. Turun yliopiston julkaisusarja B, 209.
- Saariluoma, P. 1997. Kognitiotiede ei ole neurotiedettä. *Psykologia* 32, 207-210.
- Schlipp, P. 1974. *The Philosophy of Karl Popper, Parts I-II*, Open Court, La Salle, Illinois.
- Sintonen, M. 1987. Positivismi. Teoksessa I. Niiniluoto & E. Saarinen (toim.), *Vuosisatamme filosofia*. WSOY:Helsinki, 1-39.
- Stapp, H.P. 1993. *Mind, Matter, and Quantum Mechanics*. Springer-Verlag: Berlin.
- Tarski, A. 1944. The Semantic Conception of Truth. Teoksessa H. Feigl ja W. Sellars (eds.), *Readings in Philosophical Analysis*, Appleton-Century-Crofts: New York, 52-84.
- Vygotsky, L.I. 1982. *Ajattelu ja kieli*. Weilin+Göös: Espoo.
- Wartofsky, M.W. 1979. *Models, representations and scientific understanding*. D. Reidel:Dordrecht.
- Wittgenstein, L. 1980. *Sininen ja ruskea kirja*. Wsoy: Porvoo.