



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Humanistinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Filosofian maisteriohjelma	
Tekijä – Författare – Author Saara Wuokko			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Retrokausaliteetin mahdollisuus – Huw Pricen näkemys kausaliteetista			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Teoreettinen filosofia			
Työn laji – Arbetets art – Level Maisterintutkielma		Aika – Datum – Month and year Syyskuu 2020	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 69
Tiivistelmä – Referat – Abstract <p>Tämä maisterintutkielma käsittelee australialaisen filosofin, Huw Pricen, käsitystä kausaliteetista. Pricen mukaan kausaliteetin suunta on ihmiskeskeistä ja Price uskoo retrokausaliteetin eli taaksepäin suuntautuvan kausaliteetin olevan mahdollista. Työn tavoite on tiivistää Pricen näkemyksiä ja selvittää, miten retrokausaliteetin mahdollisuus Pricen mukaan syntyy.</p> <p>Artikkelissaan "Causation as a Secondary Quality" Peter Menzies ja Price esittelevät oman kausaliteettiteoriansa, toimijuusteorian, jonka mukaan kausaliteetista on kyse silloin, kun vapaasti toimiva agentti voi A:ta muokkaamalla aiheuttaa B:n esiintymän. Toimijuusteoria nojaa agenttitodennäköisyyksille, jotka ovat ehdollisia todennäköisyyksiä. Toimijuusteoriassa toimijan eli agentin toiminta on keskiössä. Toimijuusteoria on saanut kritiikkiä siitä, että se on liian ihmiskeskeinen. Toinen tutkielman päälähte on Pricen kirja "Time's Arrow & Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time". Price esittelee kirjassaan muun muassa perspektiivistisen näkemyksen, jonka mukaan kausaliteetti on ihmisestä lähtöisin olevaa. Kausaliteetti riippuu ihmisen perspektiivistä, joka taas johtuu entropian suunnasta. Jossakin muualla universumissa, jossa entropian suunta olisi eri, voisi myös ihmisen kokema kausaliteetin suunta olla vastakkainen.</p> <p>Pricen mukaan retrokausaliteetin avulla voidaan selittää kvanttimekaniikan outouksia, esimerkiksi kaukovaikutus. Price kuuluu niihin ihmisiin, joiden mielestä kvanttimekaniikka on epätäydellinen kuvaus todellisuudesta ja on olemassa piilomuuttujia, jotka selittävät kvanttimekaniikan ilmiöt. Retrokausaliteettia vastaan esitetyn niin sanotun bilking-argumentin Price kiertää siinä olevan porsaanreiän avulla: kvanttimekaniikassa mittaus, joka on syy, on aina tapahtunut, ennen kuin efekti voidaan huomata.</p> <p>Kausaliteetti ei Pricen mukaan ole ulkona maailmassa oleva asia, vaan ihmisen projektio maailmaan. Ihmisen harkintakyky on epäsymmetristä. Yleensä ajattelemme, että voimme vaikuttaa tulevaisuuteen, joka on avoin, ja tiedämme menneisyyden, joka on kiinnitetty. Kuitenkin, jos osaa menneisyydestä ei pidettäisikään tiedollisesti saavutettavissa olevana, voisi retrokausaliteetti tapahtua tällä alueella.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords kausaliteetti retrokausaliteetti kvanttimekaniikka			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Paavo Pylkkänen, Gabriel Sandu			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto, Helsingfors universitets bibliotek, Helsinki University Library			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

HELSINGIN YLIOPISTO

Retrokausaliteetin mahdollisuus

Huw Pricen näkemys kausaaliteetista

Saara Wuokko

Pro gradu -tutkielma

Teoreettinen filosofia

Humanistinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

Syyskuu 2020

Sisällysluettelo

ALUKSI	1
1. TOIMIJUUSTEORIA	2
1.1 Johdanto.....	2
1.2 Toimijuusteoria.....	2
1.2.1 Toimijuusteoria ja dispositionaalinen väriteoria	3
1.2.2 Kausaatio sekundaarisena ominaisuutena.....	4
1.3 Toimijuusteorian puolesta	4
1.4 Toimijuusteorian kritiikki.....	5
1.4.1 Metafysiikkaa vai epistemologiaa	5
1.4.2 Kehäisyys	5
1.4.3 Syyt, joita ei voida manipuloida.....	6
1.4.4 Antroposentrisyys.....	6
1.5 Menziesin ja Pricen vastaus kritiikkiin.....	6
1.5.1 Testattavuus ei johda verifikationismiin.....	7
1.5.2 Kehäisyys vältetään ostensiolla	7
1.5.3 Heikennetty väriteoria tukee toimijuusteoriaa.....	8
1.5.4 Kausaation konsepti saa olla antroposentrinen.....	8
1.6 Woodwardin interventioteoria.....	9
1.6.1 Interventiot	9
1.7 Woodward toimijuusteoriasta.....	11
1.8 Price Woodwardin kommentteihin.....	12
1.8.1 Ei metafysiikkaa, vaan filosofista antropologiaa.....	12
1.8.2 Kehäisyys vältetään ostensiolla tai antropologisella kysymyksenasettelulla	12
1.8.3 Kausaation kuuluukin olla antroposentristä.....	13
1.8.4 Objektiivisuus johtaa skeptisismiin	14
1.8.5 Kolme erilaista agenttiutta.....	15
1.9 Yhteenveto.....	15
2. KAUSALITEETIN SUUNTA JA SUBJEKTIIVISUUS	17
2.1 Johdanto.....	17
2.2 Ajan epäsymmetria ja entropia	17
2.3 Agenttius ja kausaalinen epäsymmetria	19
2.3.1 Humen konventionalismi.....	19
2.3.2 Kolmas nuoli	20
2.3.3 Haarukkaepäsymmetria	20
2.3.4 Lewisin ylideterminaatio	22
2.3.5 Säteilyn epäsymmetria.....	22
2.3.6 Reunaehto	23

2.4 Kausaalinen republikanismi	24
2.5 Perspektivalismi	24
2.5.1 Kausaatio ja ulkomaalaisen käsite	25
2.5.2 Esimerkki 1.....	26
2.5.3 Esimerkki 2.....	27
2.5.4 Esimerkki 3.....	27
2.6 Agenttius ja harkinta.....	28
2.6.1 Harkinta	29
2.6.2 Interventiot	29
2.7 Pricen konventionalismi	30
2.8 Yhteenveto.....	31
2.9 Kohti retrokausaliteettia	31
3. PRICEN NÄKEMYS RETROKAUSALITEETISTA.....	33
3.1 Johdanto.....	33
3.2 Kvanttimekaniikka	33
3.2.1 Piilomuuttujateoria	34
3.2.2 Täydellisen kuvauksen teoria	34
3.2.3 Lokaalisuus ja EPR-paradoksi.....	35
3.2.4 Kolmas tulkinta	36
3.3 Retrokausaliteetti	37
3.3.1 Bellin itsenäisysoletus	37
3.3.2 Retrokausaliteetin ongelmia	39
3.4 Valon kvantittuminen ja retrokausaliteetti	40
3.4.1 Signaalien lähettäminen.....	42
3.5 Siksak-kausatio.....	43
3.5.1 Peilikuvaesimerkki	44
3.5.2 Vastauksia ongelmiin	46
3.6 Helsinki-malli	47
3.6.1 Mallia koskevat säännöt	48
3.6.2 Superdeterminismi ja retrokausaliteetti	50
3.7 Yhteenveto.....	50
4. VASTAUKSIA.....	52
4.1 Johdanto.....	52
4.2 Evans	52
4.3 Dowe.....	54
4.3.1 Price.....	55
4.4 Ismael	56
4.5 Corry.....	57

LOPUKSI	58
Lähteet:	64

ALUKSI

Tässä maisterintutkielmassa tutkin australialaisen filosofin, Huw Pricen, käsitystä kausaliteetista. Pricen mukaan kausaliteetin ajallinen epäsymmetria on antroposentristä, eli ihmisestä lähtöisin olevaa. Lisäksi Price uskoo taaksepäin suuntautuvan kausaliteetin eli retrokausaliteetin olevan mahdollista.

Tutkielman rakenne on seuraavanlainen: ensimmäisessä luvussa esittelen Huw Pricen ja Peter Menziesin kehittämää toimijuusteoriaa. Toimijuusteoria kuuluu kausaliteetin manipulaatioteorioihin, joiden mukaan seuraus Y saadaan aikaan manipuloimalla syytä X. Sen mukaan kausaatio voidaan ajatella toimijuuden eli agenttiuden kautta: agentti manipuloi Y:tä manipuloimalla X:ää.

Toisessa luvussa käyn läpi Pricen subjektiivista kausaliteettinäkemystä, jota Price kutsuu kausaaliseksi perspektivalismiksi. Sen mukaan kausaliteetin ajallinen suunta on ihmisestä riippuvaista. Entropian suunta määrittää ihmisen ajallisen orientaation ja sitä kautta kausaation suunnan. Ihminen kykenee käyttämään harkintaa vain tulevaisuuden asioita kohtaan, ei menneisyyden. Mikäli osaa menneisyydestä ei pidettäisikään tiedollisesti saavutettavissa olevana, voitaisiin niin sanottu *bilking*-argumentti kiertää ja taaksepäin suuntautuva kausaliteetti (*advanced action*) voisi nousta mahdollisuudeksi. Se alue menneisyydestä, joka ei ole jo tiedetty, voisi olla alue, jolla taaksepäin suuntautuva kausaatio tapahtuu.

Kolmannessa luvussa tutustutaan Pricen käsitykseen taaksepäin suuntautuvasta kausaatiosta eli retrokausaliteetista kvanttimekaniikassa. Pricen mukaan monia kvanttimekaniikan outojakin ilmiöitä voidaan selittää retrokausaliteetin avulla.

Neljännessä luvussa on tiivistetysti muutamia kommentteja ja vastauksia, joita Pricen näkemyksille on esitetty.

1. TOIMIJUUSTEORIA

1.1 Johdanto

Manipulaatioteoriat ovat yksi tapa kuvata kausaatiota eli syy-seuraussuhteita. Niiden mukaan, mikäli tapahtuma B on tapahtuman A seuraus, on tapahtumaan B mahdollista vaikuttaa muokkaamalla eli manipuloimalla A:ta. Manipulaatioteoriat ovat intuitiivisesti houkuttelevia, koska ihmisillä on kokemus siitä, että tapahtumien syitä on mahdollista manipuloida siten, että ne vaikuttavat tapahtumien lopputuloksiin. Filosofissa manipulaatioteorioita ei kuitenkaan ole pidetty kovin uskottavina muun muassa siksi että niiden on katsottu johtavan kehään: mikäli M on X:n manipulaatio, M:n ja X:n välillä on oltava kausaalinen relaatio. ”manipuloidakseen X:n arvoa on aiheutettava sen arvon muutos (Woodward 2016, kaikki työssä esiintyvät suomenkieliset lainaukset ovat omia käännöksiäni englannin kieleltä).” Tässä manipulaatio ja aiheuttaminen vaikuttavat kehäisiltä termeiltä.

Vuosituhanen vaihteessa keskustelu manipulaatioteorioiden puolesta vilkastui. Tässä luvussa käyn pääasiassa läpi Peter Menziesin ja Huw Pricen vuoden 1993 artikkelia ”Causation as a Secondary Quality”, joka kertoo toimijuusteoriasta. Lisäksi esittelen lyhyesti James Woodwardin interventionistisen teorian, josta hän kertoo kirjassaan ”Making things happen – a theory of causal explanation” (2003). Samassa kirjassa Woodward esittää kritiikkiä toimijuusteoriaa kohtaan. Käyn läpi myös tätä kritiikkiä ja Huw Pricen vuoden 2017 tekstiä ”Causation, Intervention and Agency – Woodward on Menzies and Price”, jossa Price vastaa Woodwardin kritiikkiin.

Toimijuusteorian esittelen kohdissa 1.2–1.5. Kohdassa 1.6 käyn lyhyesti läpi interventioteorian ja kohdassa 1.7 Woodwardin näkemyksen toimijuusteoriasta. Luvun lopussa käsittelen Pricen vastauksen Woodwardin kritiikkiin ja viimeiseksi teen yhteenvetoa toimijuusteorian ja Woodwardin interventioteorian eroista ja yhtäläisyyksistä.

1.2 Toimijuusteoria

Menzies ja Price kutsuvat manipulaatioteoriaansa toimijuusteoriaksi (*the agency theory*). Sen mukaan kausaatiosta on kyse silloin, kun ihminen voi vaikuttamalla syyhyn vaikuttaa seuraukseen, eli vapaasti toimiva agentti eli toimija voi muokkaamalla A:ta aiheuttaa B:n esiintymän. (Menzies & Price 1993, s. 187.) Aikaisemmista vastaavista teorioista toimijuusteoria eroaa siinä, että se ei ole

deterministinen. Teon täytyy olla vapaa (*a free act*) ja agentin on tehtävä se intentionaalisesti siten, että agentti pyrkii lopputulokseen B ja manipuloi sen saavuttaakseen syytä A. (Mt., s. 189–190.)

Toimijuusteoria nojaa todennäköisyyksiin, joita kirjoittajat kutsuvat agenttitodennäköisyyksiksi (*agent probabilities*). Agenttitodennäköisyydet ovat ehdollisia todennäköisyyksiä: ehdollisen todennäköisyyden mukaan tapahtumat riippuvat toisistaan, jos molempien kyseessä olevien tapahtumien (A ja B) todennäköisyys muuttuu toisen muuttuessa. Jos taas tapahtumat eivät riipu toisistaan, säilyy tapahtuman B todennäköisyys samana riippumatta siitä, tapahtuuko A vai ei. (Kivelä 2000, Todennäköisyyslaskenta 4/7.) Jos agentti haluaa, että B, ja tapahtuma A kasvattaa tapahtuman B todennäköisyyttä, kannattaa hänen valita A, koska ilman tapahtumaa A tapahtuman B todennäköisyys olisi pienempi. $P_A(B)$ on suurempi kuin $P_{\neg A}(B)$, eli B:n todennäköisyys on suurempi, kun A pätee kuin silloin, kun A ei päde. Todennäköisyydet lasketaan agentin näkökulmasta sellaisessa tilanteessa, jossa agentti vapaasta tahdostaan aiheuttaa A:n saavuttaakseen B:n. Kyseessä on siis rationaalinen päätöksenteko. (Menzies & Price 1993, s. 189–190.)

1.2.1 Toimijuusteoria ja dispositionaalinen väriteoria

Menzies ja Price vertaavat artikkelissaan toimijuusteoriaa dispositionaaliseen väriteoriaan. Tämän väriteorian mukaan punainen on punaista, jos normaali havainnoitsija havaitsee sen punaisena standardeissa havainto-olosuhteissa (Menzies & Price 1993, s. 188). Väri on siis jonkin asian sekundaarinen ominaisuus, dispositio eli taipumus, joka aiheuttaa tietynlaisia havaintokokemuksia (Arstila 2008). Menzies ja Price esittävät, että myös kausaatio voidaan nähdä sekundaarisena ominaisuutena, koska se voidaan selittää havainnoitsijan kokemuksen avulla. Puolustaessaan toimijuusteoriaa he käyttävät hyväksi tätä väri-kausatio-analogiaa, koska samoilla vastauksilla, joilla väriteoriaa puolustetaan, voi heidän mielestään puolustaa myös toimijuusteoriaa. (Menzies & Price 1993, s.188–189.)

Vaikka punaisen käsite sisältyy punaisen selitykseen (asia on punainen, jos se nähdään punaisena), voidaan selitteen katsoa tuovan uutta informaatiota punaisesta värinä. Ihmiselle, jolla ei ole aiempaa käsitystä punaisen konseptista, voidaan osoittaa punaisia asioita ja kuvata niitä punaisiksi. Normaali havainnoitsija normaaleissa havainto-olosuhteissa oppii tällä tavoin ostension eli osoittamisen avulla, mitä punainen tarkoittaa. (Menzies & Price 1993, s. 194.) Punainen asia ei kuitenkaan lakkaa olemasta punainen, vaikka havainto-olosuhteet muuttuisivat, koska punaisuuden selitys koskee aktuaalisen maailman normaaleja havainto-olosuhteita ja normaalia havainnoitsijaa, eli tervettä ihmistä, jolla on normaalit havaintokyvyt. (Mt., s. 198–199.)

Väriteoriaa voidaan heikentää toteamalla, että asioista voidaan löytää samanlaisia ominaisuuksia, jotka saavat ne näyttämään punaiselta tietyissä olosuhteissa. Näistä samankaltaisuuksista voidaan päätellä, että jokin asia on punainen, vaikkei se näyttäytyisi punaisena normaaleissa havainto-olosuhteissa. Tällöin riittää, että asia muistuttaa ominaisuuksiltaan tarpeeksi paljon muita punaisia asioita. (Menzies & Price 1993, s. 197.)

1.2.2 Kausaatio sekundaarisena ominaisuutena

Menziesin ja Pricen mukaan kausaatio ja väri ovat sekundaarisia ominaisuuksia (Menzies & Price 1993, s. 189). Kausaatio on kuitenkin heidän mukaansa väriä objektiivisempi ominaisuus, koska agentti voi rationaalisella päättelyllä ymmärtää kausaalisten suhteiden vaikuttavan myös sellaisten asioiden välillä, joihin agentti ei voi itse manipulaation avulla vaikuttaa (mt., s. 200). Maailmassa, jossa agentilla on kyky toimia, kausaation käsite on samanlainen kuin aktuaalisessa maailmassa. Ainoastaan maailmassa, jossa älyllisillä olennoilla ei ole kykyä toimia agentteina, kausaation käsitettä ei synny. (Mt., s. 200–201.) Menzies ja Price esittävät, että sekundaarisen ominaisuuden käsitettä voitaisiin laajentaa siten, että se kattaisi sekä värin, maun ja hajun kaltaiset ominaisuudet että kausaation (mt., s. 189). Väri ja kausaatio olisivat heidän mukaansa olemassa, vaikka kukaan ei olisi aktuaalisesti havaitsemassa niitä. Riittää, että kontrafaktuaali ’jos havainnoitsija olisi paikalla, voisi hän havaita nämä ominaisuudet’, toteutuu. (Mt., s. 198.) Mikäli kausaatio sopisi sekundaarisen ominaisuuden käsitteen piiriin, voitaisiin filosofisessa keskustelussa paremmin ottaa huomioon se, että ihmiset toimivat maailmassa agentteina, eivät vain tarkkailijoina (mt., s. 202).

1.3 Toimijuusteorian puolesta

Manipulaatioteoriat vaikuttavat intuitiivisesti uskottavilta, koska ihmisellä on kokemus siitä, että hän voi vaikuttaa asioihin. Havaitsemme jo lapsena, että saavuttaaksemme haluamamme lopputuloksen, voimme muokata asiantiloja sen suuntaan (Menzies & Price 1993, s. 194). Monilla muilla tieteenaloilla kuin filosofiassa käytetään usein manipulaatioteorioita selittämään kausaalisten väitteiden eroja. (Woodward 2016).

Toimijuusteorian hyvä puoli on Menziesin ja Pricen mukaan erityisesti se, että agenttitodennäköisyyksien avulla on mahdollista välttää sellaiset kausaation ongelmat, jotka

liittyvät havainnoista tehtyihin virheellisiin tulkintoihin kausaatiosta (Menzies & Price 1993, s. 191). Esimerkiksi mikäli kaksi asiaa tai tapahtumaa esiintyvät aina yhdessä, voidaan luulla toisen olevan syy ja toisen seuraus, vaikka on mahdollista, että on olemassa jokin kolmas, tuntematon vaikuttaja, joka aiheuttaa kahden edellä mainitun ilmenemisen (Burns 1997). Kyseessä voi myös olla pelkkä sattuma, eikä asioiden välillä ole kausaalista suhdetta, vaikka ne esiintyisivätkin yhdessä. Agenttitodennäköisyydet eivät Menziesin ja Pricen mukaan johda virheellisiin päätelmiin, koska ne luovat tapahtumalle itsenäisen kausaalisen historian, joka on agentin päätöksen varassa. Ihminen ei ole vain havainnoija, vaan myös toimija, joka voi vapaalla tahdollaan vaikuttaa asioihin saavuttaakseen tietyn päämäärän. Menzies ja Price katsovat, että tämän aktiivisen agenttiuden käsitteen avulla on mahdollista vastata paitsi yleisesti kausaatioteorioille, myös erityisesti manipulaatioteorioille esitettyihin ongelmiin. (Menzies & Price 1993, s. 191–192.)

1.4 Toimijuusteorian kritiikki

Toimijuusteorialle voidaan esittää samoja perusvastaväitteitä kuin muillekin manipulaatioteorioille. Kaksi yleisintä ovat väitteet manipulaatioteorian kehäisyydestä ja antroposentrisyydestä (Woodward 2016). Artikkelissaan Menzies ja Price esittelevät näiden lisäksi kaksi muuta vastaväitettä, joista toinen koskee väitettyä sekaannusta metafysiikan ja epistemologian välillä ja toinen syitä, joita ei voi manipuloida (Menzies & Price 1993, s. 187). Käyn seuraavaksi vastaväitteet läpi samassa järjestyksessä, jossa ne artikkelissa esiintyvät.

1.4.1 Metafysiikkaa vai epistemologiaa

Kysymys kuuluu, menevätkö kausaation epistemologia ja konseptuaalinen analyysi tässä sekaisin. Yleisesti ajatellaan, että kausaatiosta on mahdollista saada tietoa kokeiden avulla, mutta vaikka kokeissa manipuloidaan syitä ja saadaan siten vaikutettua seurauksiin, ei silti voida suoraan päätellä, että kausaatio vaatii agentin. Tällainen päättely johtaisi verifikationistiseen virhepäätelmään, jonka mukaan ”tapa, jolla väitettä testataan, määrittää väitteen merkityksen (Menzies & Price 1993, s. 192)”. Verifikationismin ongelma on se, että se tekee monista metafysiikan väitteistä merkityksettömiä (Tieteen termipankki 2020).

1.4.2 Kehäisyys

Toimijuusteorian mukaan ”A is a cause of a distinct event B just in case *bringing about* A would be an effective means by which a free agent could *bring about* B (Menzies & Price 1993, s.193, kursiivit alkuperäisessä)”. Kehäisyys seuraa siitä, että termien *bring about* ja *cause* voidaan katsoa tarkoittavan samaa asiaa, aiheuttamista. Manipulointi olisi silloin sama asia kuin aiheuttaminen, eli manipulaatio ei eroaisi kausaatiosta. Mikäli kausaatiota yritetään selittää manipulaation avulla, mutta kausaation käsitettä tarvitaan manipulaation selityksessä, johtaa teoria kehään. (Mt., 1993, s. 193.) Manipulaatio pitäisi siis pystyä selittämään erillään kausaatiosta.

1.4.3 Syyt, joita ei voida manipuloida

On olemassa tapahtumia, joita ei voida manipuloida. Esimerkiksi Price ja Menzies antavat luonnonilmiöt, kuten maanjäristykset, jotka ovat kokonaan ihmisagenttien vaikutuspiirin ulkopuolella. Johtopäätös on, että tällaisten ilmiöiden kausaalisia suhteita ei voida siis selittää manipulaation avulla. (Menzies & Price 1993, s. 195.) Maanjäristyksen kaltaisia ilmiöitä voisi tosin olla mahdollista saada aikaan sopivalla räjähdäaineiden käytöllä. Esimerkki ilmiöstä, johon ihminen ei voi vaikuttaa, mutta jossa ajatellaan oleva kausaalisia suhteita, on kuun vaikutus vuorovesiin.

1.4.4 Antroposentrisyys

Manipulaatioteorioita voidaan pitää liian ihmiskeskeisinä. Menziesin ja Pricen toimijuusteoria vaatii agentin, eli manipuloijan, joka voi vaikuttaa tapahtumien syy-seuraussuhteisiin muokkaamalla syitä. Pitkälle vietyinä voidaan ajatella, että jos kausaatioon tarvitaan agentti, ei kausaatiota voisi olla olemassa tilanteessa, jossa ihmistä ei olisi olemassa, tai että kausaatio toimisi eri tavalla sellaisessa maailmassa, jossa ihmisillä olisi erilaiset kyvyt manipuloida syitä (Menzies & Price 1993, s. 198).

1.5 Menziesin ja Pricen vastaus kritiikkiin

Menzies ja Price nojaavat vastauksissaan pitkälti dispositionaalisen väriteorian ja toimijuusteorian yhtäläisyyksiin. Heidän mukaansa toimijuusteoria voidaan nähdä yhtä lailla teoriaksi kausaatiosta kuin dispositionaalinen väriteoria voidaan nähdä teoriaksi väristä. (Menzies & Price 1993, s. 188 & 192.) He siis olettavat, että lukija jossain määrin hyväksyy tämän väriteorian uskottavuuden (mt., s. 188) ja vaikka väriteorian tietyt osat näyttäytyisivätkin ongelmallisina, voidaan väriteoriaa heidän

mukaansa heikentää niin, että se on tukena toimijuusteorialle (mt., s. 197).

1.5.1 Testattavuus ei johda verifikationismiin

Kausaalisia väitteitä voidaan testata empiirisesti (Menzies & Price 1993, s. 188), mutta agenttiuden käsitteen ei pitäisi silti olettaa kuuluvan kausaation analyysiin (mt., s. 192). Menziesin ja Pricen mukaan kausaatio on värin tapaan sekundaarinen ja relationaalinen ominaisuus. Kausaation käsite voidaan selittää suhteessa agenttiin samaan tapaan kuin värin käsite voidaan selittää suhteessa havainnoitsijaan. Paras evidenssi punaisesta väristä on silloin havainnoitsijan havaintokokemus ja paras evidenssi kausaatiosta ovat kokeet, joissa manipuloidaan syitä ja saadaan vaikutettua seurauksiin. Teoria ei kuitenkaan nojaa verifikationismiin, koska vaikka testit ovat paras tapa saada tietoa kausaatiosta, ei kausaation käsite ole riippuvainen näistä testeistä. Värin ja kausaation olemassaoloa ei voida perustella niiden testattavuudella, mutta koska ne ovat sekundaarisia ominaisuuksia, on ne käsitteinä mahdollista selittää agentin havaintokokemuksen avulla. (Mt., s. 192–193.) Sekä väri- että toimijuusteoria sallivat myös sen mahdollisuuden, että testit voivat johtaa virheellisiin tuloksiin: esimerkiksi värin tapauksessa jokin asia voi näyttää punaiselta, vaikka se ei sitä ole (mt., s. 193).

1.5.2 Kehäisyys vältetään ostensiolla

Manipulaatioteorioissa on vaikea erottaa manipulaatio (toimijuusteoriassa agentin vapaasta tahdosta suorittama manipulaatio) kausaatiosta, koska manipulaatio näyttäisi olevan kausaatiota. Menzies ja Price käyttävät kausaation selityksessään termiä aiheuttaa (*bring about*), joka on liian lähellä toista saman merkityksistä termiä (*cause*). Kausaation analyysissä ei voida käyttää sen konseptia, tai teorian on vaarana johtaa kehään (Menzies & Price 1993, s. 193). Sama väite kehäisyydestä voidaan esittää myös väriteorialle: punaisuutta selitettäessä punaisen käsitettä joudutaan käyttämään osana sen selitystä. Yksi tapa vastata ongelmaan on todeta, että vaikka teoria johtaa kehään, on se silti informatiivinen. Menziesin ja Pricen mukaan kumpikaan teoria ei kuitenkaan ole kehäinen, koska termit voidaan selittää ostension eli osoittamisen avulla. Punaisuuden käsite voidaan selittää sitä tuntemattomalle osoittamalla tälle punaisia asioita. (Mt., s. 194). Mitään kielellistä selitystä ei silloin tarvita (mt., s. 195). Kausaation tapauksessa meillä ihmisillä on lapsesta asti kokemus siitä, että voimme vaikuttaa asioihin ja saavuttaa haluttuja lopputuloksia. Meillä on havaintokokemusta siitä, mitä kausaatio on ilman, että meidän täytyy olla tietoisia sen konseptista. (Mt., s. 194–195.)

1.5.3 Heikennetty väriteoria tukee toimijuusteoriaa

On tilanteita, joita ihmisen ei ole fyysisesti mahdollista manipuloida. Samaan tapaan on olemassa tilanteita, joissa ihmisen ei ole fyysisesti mahdollista olla paikalla havaitsemassa jonkin asian väriä, vaikka havaitsija olisi normaali ja havainto-olosuhteet olisivat standardeja. Tällaisista tilanteista on mahdollista muodostaa paikkansa pitäviä kontrafaktuaaleja, kuten että 'jos ihmisen olisi fyysisesti mahdollista liikuttaa mannerlaattoja, ihminen voisi aiheuttaa maanjäristyksiä'. (Menzies & Price 1993, s. 195–196.)

Menzies ja Price eivät teoriassaan kuitenkaan vetoa kontrafaktuaaleihin tai ajatukseen ideaalista agentista, joka kykenisi liikuttamaan mannerlaattoja. Sen sijaan he esittävät, että dispositionaalista väriteoriaa voidaan heikentää siten, että on mahdollista sanoa, että esineen pinta on jonkin värinen, vaikka se näyttäisikin toisen väriseltä. Voidaan katsoa, että jos esineen ominaisuudet ovat tarpeeksi lähellä toisen esineen ominaisuuksia, ovat esineet saman värisiä, vaikka ne eivät havainto-olosuhteissa näyttäytyisi saman värisinä. Menzien ja Pricen mukaan sama voi tapahtua kausaation tapauksessa. Teoriaa heikentämällä voidaan sanoa, että tapahtuma on kausaatiota, jos se muistuttaa ominaisuuksiltaan riittävästi toista tapahtumaa, jota voidaan manipuloida. (Mt., s. 196–197.)

1.5.4 Kausaation konsepti saa olla antroposentrinen

On esitetty, että koska manipulaatioteorian mukaan kausaatioon tarvitaan ihmisagentti, ei kausaatiota voi olla olemassa sellaisessa tilanteessa, jossa ihmisiä ei ole. Ongelmaan on mahdollista vastata kontrafaktuaalien avulla: vaikka ihminen ei olisi paikalla havaitsemassa punaista, voidaan esittää, että jos normaali havainnoitsija olisi paikalla ja normaalit havainto-olosuhteet pätsivät, havaitsisi hän punaisen punaisena. Samaan tapaan, vaikka agentti ei olisi paikalla manipuloimassa syytä, voidaan ajatella, että jos agentti olisi paikalla, voisi hän manipuloida syitä. (Menzies & Price 1993, s. 198.)

Antroposentrisyyden ongelma voidaan muotoilla myös seuraavasti: jos ihmisten kyvyt manipuloida tapahtumia olisivat erilaisia kuin nyt, olisivat myös kausaaliset suhteet toisenlaisia. Samaa voidaan sanoa myös väriteoriasta: maailmassa, jossa ihmiset olisivat puna-vihersokeita, eivät punainen ja vihreä väri eroaisi toisistaan. (Menzies & Price 1993, s. 198.) Dispositionaalisisessa väriteoriassa tällainen tilanne vältetään sitomalla merkityksen selitys aktuaaliseen maailmaan ja aktuaalisen maailman ihmisten havaintokykyihin. Ongelmaksi nousee se, että kun asiat selitetään relaatiossa ihmiseen, voidaan kuvitella tilanne, jossa ihmisille olisi kehittynyt heikommat kyvyt huomata

kausaatio. Silloin käsityksemme kausaatiosta olisi erilainen kuin nyt, vaikka kausaatiosuhteet olisivat samat kuin aktuaalisessa maailmassa. Menzies ja Price hyväksyvät tämän relationaalisuuden. Heistä on hyväksyttävää selittää kausaation käsite suhteessa ihmiseen, eikä se tarkoita, että kausaatio olisi ilmiönä ihmisestä riippuvainen. Heidän mukaansa relationaalisuuden luomat ongelmat ovat yleisiä sekundaaristen ominaisuuksien ongelmia, mutta kausaation kohdalla ongelmat eivät ole yhtä pahoja kuin esimerkiksi värin tapauksessa. (Mt., 199.) Ihmiselle olisi voinut kehittyä erilainen käsitys väristä, jos ihmisen kyky aistia värejä olisi erilainen kuin nyt. Kausaation tapauksessa vaihtoehdot saattavat kuitenkin rajoittua kahteen tilanteeseen: kognitiivisilla olennoilla joko on kyky toimia agentteina, ja sitä kautta käsitys mahdollisista kausaalisista suhteista, tai olennot voivat ainoastaan toimia tarkkailijoina, jolloin olisi mahdollista, että käsitettä kausaatiosta ei muodostuisi. (Mt., s. 200–201.)

1.6 Woodwardin interventiot

James Woodwardin vuonna 2003 ilmestyneessä kirjassa ”Making things happen – a theory of causal explanation” Woodward esittelee interventionistisen kausaatioteoriaansa. Woodwardin mukaan teoria sopii aiempia filosofisia teorioita paremmin yhteen muiden tieteenalojen edustajien ajatuksiin kausaatiosta, esimerkiksi tietojenkäsittelytieteilijä Judea Pearl in teoriaan (Woodward 2016). Woodwardin mielestä aiemmat manipulaatioteoriat, kuten Peter Menziesin ja Huw Pricen tomijuusteoria, eivät ole riittävän hyviä kuvaamaan manipulaatiota oikein.

Woodward aloittaa kirjansa selittämällä, miten tärkeitä asioita syyt ja kausaalinen selittäminen ovat ihmisen elämässä (Woodward 2003, s. 1). Koemme tähdelliseksi erottaa kausaation ja korrelaation voidaksemme selittää tapahtumien syitä ja seurauksia. Pelkkä ”tieteellinen uteliaisuus” ei riitä selittämään tätä erottelua, vaan kausaalisten suhteiden havaitsemisesta on hyötyä. Woodwardin mukaan ihmisellä ei olisi kausaation käsitettä, ellei kausaatiolla olisi merkitystä lajillemme. Manipulaatioteorioista tekee hyviä kausaatioteorioita se, että ne yrittävät selittää, mikä tämä kausaation käsitteestä saatu hyöty on. (Mt., 28–30.) Woodward esittää, että kausaation merkitys ihmiselle on se, että kausaation kautta voimme manipuloida tapahtumia, eli vaikuttaa asioiden tilaan. Woodwardin interventiot teoria pyrkii olemaan aiempia teorioita vähemmän antroposentrinen ja subjektivistinen. (Mt., 11–12.)

1.6.1 Interventiot

Woodwardin mukaan tapahtumat, joilla on oikeanlainen kausaalinen historia, ovat interventioita. Manipulaatioon ei tarvita ihmistä tai muuta agenttia. Kontrafaktuaalien, kuten ”jos ilmapuntarin lukema tippuisi, tulisi myrsky” on mahdollista toteutua, vaikka asioiden välillä ei olisi kausaalista suhdetta, vaan ainoastaan korrelaatio. Siksi kontrafaktuaalit eivät yksinään riitä kuvaamaan kausaatiota, vaan tarvitaan intervention käsite. Interventiolla tarkoitetaan niitä olosuhteita, joiden pitää vallita, kun testataan X:n manipulaatiolla aiheuttaako X Y:n. Kausaatio on silloin X:n manipulaatiota, jolla saadaan toteutettua muutos Y:ssä siten, että vain ja ainoastaan tämä X:n manipulaatio aiheuttaa muutoksen Y:ssä. (Woodward 2003, s. 14.)

Interventiot ovat yllä kuvatun kaltaisia prosesseja, joissa pystytään irrottamaan kahden asian välinen kausaalisuhte kaikista muista asioista kyseisessä kontekstissa. Kausaalisuhteita voidaan kuvata yhdensuuntaisilla nuolilla. Kun halutaan mallintaa X:n vaikutusta Y:hyn, kaikki muut Y:hyn osoittavat nuolet on saatava pois kuviosta, niin että ainoa vaikutin eli nuoli on X:stä Y:hyn. Sekä X että Y ovat variaabeleja, jotka voivat ottaa jonkin arvon. Lääketestiesimerkissä toiselle ryhmälle annetaan lääkettä ja toiselle lumelääkettä. Jokaiselle potilaalle joko annetaan lääkettä tai ei anneta lääkettä ja jokainen potilas joko paranee tai ei parane. Kaikki muut vaikuttimet on pyritty sulkemaan pois tilanteesta niin, että ainoastaan lääkkeen saaminen (/saamattomuus) toimii ikään kuin kytkimenä, joka muuttaa potilaan tilan (terve/sairas). Potilaan tilan muutos (terve/sairas) ja lääkkeen saaminen/saamattomuus, ovat X:n ja Y:n arvoja. Lääkkeen vaikutusta potilaisiin voidaan testata katsomalla, millä X:n arvoilla saadaan mitäkin Y:n arvoja. (Woodward 2003, s. 94–97.)

Woodwardin mukaan kausaalinen tapahtuma ei tarvitse agenttia, eikä sen tarvitse olla fyysisesti mahdollinen ollakseen loogisesti tai konseptuaalisesti tosi. Riittää, että pystytään edes teoriassa kuvittelemaan tilanne, jossa interventio toteutuisi. Woodward antaa seuraavan esimerkin: on mahdollista päätellä, miten maan vuorovedet käyttäytyisivät eri tavalla, jos kuu olisi kaksi kertaa pidemmän matkan päässä maasta kuin mitä se nykyisellään on. Fyysisesti tällainen tilanne saattaa olla mahdoton ja vaikka se voisikin toteutua, olisi silloin kuun vaikutusta vuorovesiin todennäköisesti mahdotonta mitata, koska välimatkan kasvaminen vaikuttaisi niin moneen muuhunkin asiaan, jotka puolestaan vaikuttaisivat vuorovesien liikkeisiin. On kuitenkin mahdollista kuvitella tilanne, jossa mikään muu asia yhtälössä ei muuttuisi välimatkan kaksinkertaistuessa, ja siten laskea matkan vaikutus vuorovesiin. Tätä muiden asioiden ”kirurgista” poissulkemista Woodward tarkoittaa puhuessaan interventioista. Ideallisessa tapauksessa X:n vaikutuksen Y:ssä saa aikaan vain ja ainoastaan X:n muutos ja silloin X:n ja Y:n välinen kausaalinen suhde on nähtävissä. (Woodward 2003, s. 127–130.)

1.7 Woodward toimijuusteoriasta

Koska vapaan teon käsitteen ei katsota riittävän takaamaan kausaatiota, interventiteorioiden pyrkimys on selittää tarkemmin, mitä X:n tietynlaisella manipuloinnilla tarkoitetaan. (Woodward 2016.)

Woodwardin mukaan manipulaatioteorioiden kehittäjät ovat pyrkineet tekemään kausaatiosta reduktiivisia analyyseja ja juuri reduktiivisuus on teorioiden ongelma. Sen sijaan, että kausaation käsite yritetään selittää ilman kehäisyyttä, pitäisi Woodwardin mukaan kiinnittää huomio siihen, mikä tekee manipulaatiosta niin tärkeän osan kausaation selitystä. (Woodward 2003, s. 27–28).

Woodward kritisoi Menziesin ja Pricen toimijuusteoriaa siitä, että teoria nostaa agenttiuden erityisasemaan. Woodwardin mukaan Menzies ja Price eivät pysty uskottavasti irtautumaan antroposentrisyydestä. (Woodward 2003, s. 123.) Vaikka ihmisagentti ei kykene liikuttamaan mannerlaattoja ja siten tuottamaan maanjäristyksiä, on seismologien mahdollista luoda mannerlaattojen liikettä imitoivia simulaatioita. Menziesin ja Pricen mukaan nämä pienemmän mittakaavan simulaatiot muistuttavat ominaisuuksiltaan tarpeeksi luonnonilmiöitä ja ovat siksi esimerkki tilanteesta, jossa tarpeeksi läheiset ominaisuudet omaavan tapahtuman voidaan katsoa toteuttavan samat kontrafaktuaalit. (Menzies & Price 1993, s. 197–198.) Woodwardin mukaan esimerkki ei toimi, koska tapahtumia skaalatessa niiden kausaaliset suhteet muuttuvat (Woodward 2003, s. 125). Yhden tason ilmiöistä ei siis voida suoraan päätellä mitään toisen tason ilmiöihin.

Woodwardin mielestä empiirinen oppiminen ei ole ainoa tapa saada tietoa kausaatiosta, vaan ihminen oppii myös muilla tavoilla kuin suoralla havainnoinnilla (Woodward 2003, s. 126). Vapaa teko ei myöskään takaa kausaatiota. On mahdollista, että vaikka tapahtuman A aiheuttaisi vapaa teko, vapaa teko voi myös suoraan aiheuttaa B:n. Tällöin A:n ja B: välillä on korrelaatio, mutta A ei aiheuta B:tä. (Mt., 126–127). Woodwardin esimerkissä testiryhmälle annetaan lääkettä, jonka plasebovaikutus parantaa ryhmän. Tällöin lääkkeen syömisellä on suora efekti paranemiseen, vaikka lääkkeen syöminen ei aiheuta paranemista. (Woodward 2016). Teon vapaus ei yksinään riitä takaamaan kausaatiota ja toisaalta myös ei-vapaat teot voivat aiheuttaa kausaatiota (Woodward 2003, s. 127).

1.8 Price Woodwardin kommentteihin

Vuoden 2014 tekstissä Huw Price kommentoi James Woodwardin toimijuusteorialle esittämää kritiikkiä. Price tekee tekstissä eron hänen ja Peter Menziesin ajatusten välille ja tekee selvennyksiä ja parannuksia Menziesin ja Pricen esittämään teoriaan. Price katsoo, että toimijuusteoria ei eroa niin paljoa Woodwardin interventioteoriasta kuin mitä Woodward esittää. Toimijuusteoriassa on Pricen mukaan myös etuja, joita Woodward ei ota huomioon. (Price 2017, s. 73–74.) Alkuperäisen artikkelin muotoilu on Pricen mukaan ollut harhaanjohtava sanan kokemus (*experience*) osalta. Agentin kokemuksiin viitatessaan Menzies ja Price eivät ole halunneet viitata empiirisiin havaintokokemuksiin, vaan agentin kykyyn manipuloida halutessaan tapahtumia. (Mt., s. 75).

1.8.1 Ei metafysiikkaa, vaan filosofista antropologiaa

Pricen mielestä toimijuusteoria ei sekoita metafysiikkaa epistemologiaan, koska teorian idea ei ole kertoa, mitä kausaatio on, vaan miksi ihmiset puhuvat kausaatiosta niin kuin puhuvat. Price kutsuu lähestymistapaansa filosofiseksi antropologiaksi. (Price 2017, s. 75.)

1.8.2 Kehäisyys vältetään ostensiolla tai antropologisella kysymyksenasettelulla

Toimijuusteorian mukaan agenttiuden käsitteen on mahdollista olla olemassa itsenäisesti ennen kausaation käsitettä, koska agenttiuden konsepti voidaan esittää värin tavoin ostension avulla. (Price 2017, s. 76.) Pricen mukaan toimijuusteoria on reduktiivinen kausaation konseptin suhteen, muttei vastaa metafyyssiseen kysymykseen siitä, millainen maailman tulisi olla, jotta se voisi sisältää kausaatiota. Hän painottaa, ettei teoria ole kuvaus kausaation alkuperästä tai luonteesta, vaan tapa esittää, miten kausaatio vaikuttaisi ihmisen mielestä toimivan. (Mt., 77–78.)

Price katsoo joidenkin Woodwardin käsitysten toimijuusteoriasta olevan virheellisiä siksi, että Menzies ja Price käyttävät artikkelissaan liian löyhästi sanaa kokemus. Toimijuusteorian yhteydessä kokemus-sanaa ei ole tarkoitus ajatella klassisen empirismin passiivisena havaintokokemuksena, vaan agentin aktiivisena kokemuksena, jossa agentti on ollut osallisena toimijan roolissa. (Price 2017, s. 79–80).

Vaikka Price nojaa ensin ostension käsitteeseen, kirjoittaa hän myös, että ostensiivisesti

agenttiudesta saatua käsitettä ei edes tarvita, jos ihmisellä voi olla kausaalisia konsepteja ilman käsitettä agenttiudesta. Silloin kausaation käsitettä ei tarvitse redusoida mihinkään, vaan ihmisen on mahdollista saada suoraan tietoa kausaatiosta. Riittää, että ihminen toimii agenttina. (Mt., 80.)

1.8.3 Kausaation kuuluukin olla antroposentristä

Woodwardin mukaan ajatus kausaatiosta on syntynyt ihmisen huomattua, että vaikuttamalla syyhyn on mahdollista vaikuttaa seuraukseen siten, että kyse ei ole ainoastaan korrelaatiosta. Vaikka agentti onkin osa käsitystämme manipulaatiosta, olisi kausaatio kuitenkin olemassa myös ilman agenttia. (Woodward 2003, s. 120.) Woodwardin mukaan interventioissa ei ole kyse agentin toiminnalle tai vapaalle tahdolle annetusta erityisasemasta, vaan agentin teko joko on tai ei ole interventio riippuen tapahtuman kausaalisesta luonteesta (Woodward 2003, s. 104). Alkuperäisessä toimijuusteoriassa Menzies ja Price esittävät, että vaikka toisissa mahdollisissa maailmoissa ihmisen kyvyt manipuloida tapahtumia olisivat erilaiset, kehittyisi ihmiselle samantapainen käsitys kausaatiosta kuin aktuaalisessa maailmassa, koska ihminen voisi rationaalisella ajattelullaan päätellä kausaatiota olevan myös sellaisissa tapahtumissa, joita hän ei voi suoraan manipuloida. Kausaation käsite olisi siis samanlainen niissä maailmoissa, joissa agentteja on, ja sitä ei kehittyisi ollenkaan maailmassa, jossa kognitiiviset olennot eivät voisi toimia agentteina. (Menzies & Price 1993, s. 200–201.) Myöhemmin Price katsoo myös kolmannen vaihtoehdon olevan olemassa: maailmassa, jossa ajan suunta olisi toinen, kausaatio koettaisiin erilaisena kuin aktuaalisessa maailmassa (Price 2017, s. 83).

Price vertaa kausaation käsitettä ulkomaalaisen (*foreigner*) käsitteeseen. Vaikka ulkomaalaisen käsite olisi alun perin tuntunut objektiiviselta, on myöhemmin voitu huomata, että sama sana, jota käytämme ”heistä” on muualla käytössä tarkoittaen ”meitä”. Käsite on olemassa samanlaisena molemmilla ryhmillä, meillä ja heillä, vaikka viittauksen kohteet vaihtuvat kontekstin mukaan. Ulkomaalaisen käsite on tässä mielessä subjektiivisempi kuin ensin on osattu ajatella. Samaan tapaan ihmisen kehityttyä erilaiseksi olisi kausaation käsite erilainen. (Price 2017, s. 83–84.) ”Heillä” ja ”meillä” on saman tyyppinen konteksti (tai perspektiivi) koskien ”ulkomaalaisia”, vaikka itse konteksti on eri. Ulkomaalaista käsitteenä käytetään saman tapaisesti kummallakin puolella. Tätä Price kutsuu intramodaaliseksi erilaisuudeksi. Extramodaalinen erilaisuus taas koskee puhujia, joista toisilla on tarvittavan lainen konteksti, mutta toisilla sitä ei ole ollenkaan. Maailmassa, jossa ajan ja sitä kautta kausaation suunta olisi toinen, ihmiset eroaisivat meistä aktuaalisen maailman ihmisistä intramodaalisesti. Extramodaalisesti eroamme sellaisista olennoista, jotka eivät ole lainkaan agentteja ja joilla ei siksi ole kausaation käsitettä. (Mt., s. 84.)

Pricen mukaan erilaisia kausaalisia näkökulmia on mahdollista löytää lähempääkin kuin sellaisista mahdollisista maailmoista, joissa ajan suunta on eri. Pohtiessaan asioita agentilla on käsitys siitä, mitkä asiat ovat agentin vaikutuspiirin ulkopuolella, ja mihin on mahdollista vaikuttaa (Price 2017, s. 85–86). Se, mitä asioita pidämme todellisina mahdollisuuksina, riippuu näkökulmasta.

Woodwardkin puhuu vakavasti otettavista mahdollisuuksista, eli niistä mahdollisuuksista, jotka lasketaan mukaan kausaaliin tekijöihin. Pricen mukaan se, mitkä asiat puhujat laskevat todelliseksi mahdollisuuksiksi, riippuu kontekstista ja on arkipäiväinen esimerkki intramodaalisesta vaihtelusta kausaation suhteen. (Mt., s. 86.)

Indeksikaalisuus kuuluu Pricen mukaan luonnollisesti ihmisen tapaan nähdä maailma. Erotamme toisistaan 'tämän' ja 'tuon', 'täällä' ja 'tuolla', vaikka luonnossa ei ole sellaista osoitettavaa asiaa kuin 'täällä'. Ihminen on spatiaalisesti ulottuvainen ja pystyy toimimaan ympäristössään ja muiden ihmisten kanssa käyttämällä hyväkseen indeksikaalisia ilmauksia ja määrittelemällä siten lokaatiotaan. Pricen mielestä kausaatiota voidaan ajatella samalla tavalla indeksikaalisena asiana, joka vaatii ihmisperspektiivin. Kausaation käsitteellä on merkitys ihmisen toiminnassa ja siksi se on kehittynyt ihmiselle esimerkiksi pelkän korrelaation käsitteen sijaan. (Price 2017, s. 87–88.)

1.8.4 Objektiivisuus johtaa skeptisismiin

Menzies ja Price esittävät artikkelissaan, että tarpeeksi paljon toisiaan muistuttavissa ilmiöissä samanlaisten kausaalisten suhteiden voidaan olettaa pätevän, vaikka toisessa ilmiössä kausaatiota ei olisikaan mahdollista havainnoida kokeiden avulla. Tällaisia ilmiöitä ovat esimerkiksi maanjäristykset: ihmisagentin on mahdotonta manipuloida syitä, eli mannerlaattojen liikkumista, voidakseen vaikuttaa seuraukseen eli järjestyksiin. Pienemmässä mittakaavassa on kuitenkin mahdollista tehdä simulaatioita, joissa voidaan tutkia samantapaisia kausaalisia suhteita. Kuten yllä mainittiin, Woodward huomauttaa, ettei pienemmän tason ilmiöistä ole mahdollista tehdä päätelmiä suuremman tason ilmiöistä, koska kausaaliset suhteet muuttuvat, kun ilmiöitä skaalataan (Woodward 2003, s. 125). Tähän Price vastaa, että teemme jatkuvasti oletuksia kausaation luonteesta myös sellaisissa paikoissa, joihin emme pääse. Ajattelemme esimerkiksi, että auringossa pätee jotakuinkin samat kausaaliset suhteet kuin maassa. (Price 2017, s. 89.) Pricen mukaan kausaatio tulee selittää suhteessa ympäristöön, jossa agentti vaikuttaa, ja on siksi enemmän subjektiivinen käsite kuin Woodward toivoisi (mt., s. 91). Mikäli kontrafaktuaaleja kausaalisista suhteista ei voida esittää aktuaalisen agentin näkökulmasta ja mikäli kausaalisia väitteitä ei voida ulottaa koskemaan paikkoja, joihin agentti ei pääse, on Woodwardin objektivismiin vaarana johtaa

skeptisismiin. Emme voi esimerkiksi olettaa, että auringossa on kausaalisuutta, koska meillä ei ole mahdollista ottaa siitä selvää. (Mt., s. 91–92.)

1.8.5 Kolme erilaista agenttiutta

Price katsoo, että toimijuusteoria pystyy vastaamaan Woodwardin kritiikkiin varsinkin tarkennusten ja lisäperusteluiden jälkeen. Pricen mukaan Woodwardin teoria on hyvin lähellä toimijuusteoriaa. Mikäli Woodward haluaa pitää kiinni objektiivisuudesta, johtaa teoria skeptisismiin, mutta muutoin teorit tukevat toisiaan.

Woodward erottaa tekstissään kolme erilaista agenttiuden tyyppiä ja tämä erottelu on Pricen mielestä hyvä lisä toimijuusteoriaan. Woodwardin kuvailema ensimmäisen tyyppin agentti on egosentrinen: hän huomaa manipulaatioillaan olevan vaikutuksia, mutta ei ymmärrä, että samat kausaalisuhteet voivat päteä myös toisten agenttien toteuttamana tai ilman minkään agentin vaikutusta. Toisen tyyppin agentti tajuaa muilla agenteilla olevan samanlaisia kykyjä manipuloida. Kolmannen tyyppin agentti tajuaa edellisen tavoin muiden agenttien toiminnan, mutta myös sen, että samat kausaalisuhteet voivat päteä luonnossa ilman minkään agentin vaikutusta. Kolmannella tasolla kausaation käsite on siis objektiivisempi kuin alemmilla tasoilla. (Price 2017, s. 92–93.)

Samalla tavalla sekundaaristen kvaliteettien voidaan ajatella olevan joko täysin subjektiivisia kokemuksia, tai kokemuksia, jotka agentit jakavat, tai ominaisuuksia, jotka esiintyvät luonnossa ilman havainnoitsijan läsnäoloa. (Price 2017, s. 93.) Kausaatiokin on sekundaarinen kvaliteetti, jos ajatellaan, että aistikokemus korvataan agenttiuden kokemuksella (mt., s. 94).

1.9 Yhteenveto

Ilman manipuloinnin mahdollisuutta vapaan tahdon olemassaolo nousee ongelmaksi. Jos syy-seuraussuhteisiin ei voi vaikuttaa, ei vapaata tahtoa ole olemassa. Toimijuusteoria voisi siis tukea ajatusta, että vapaa tahto on olemassa ja että meillä ihmisillä on kyky vaikuttaa asioihin ympärillämme ja siten ehkä vaikuttaa tulevaisuuteen. Ilman vapaata tekoa on vaikea nähdä, miten asioiden tila ei olisi jo ennalta määrätty tai täysin sattumanvarainen. Manipulaatioteoriat, joihin sekä toimijuusteoria että Woodwardin interventiot teoria kuuluvat, yrittävät selittää, miten manipuloinnilla saadaan vaikutettua asioihin, eli voidaan erottaa asioiden välinen kausaalinen suhde.

Woodwardin mukaan teon vapaus ei ole riittävä tae manipulaatiolle, koska kaikki vapaat teot eivät

ole interventioita. Joissakin vapaasti suoritetuissa teoissa on kyse ainoastaan korrelaatiosta. Pricen mielestä taas kausaatio voidaan nähdä sekundaarisena ominaisuutena ja sen merkitys voidaan selittää suhteessa agenttiin. Hänen mukaansa liian voimakas kaipuu objektiivisuuteen johtaa skeptisismiin.

Vaikuttaa siltä, että kausaation reduktiivista analyysiä, jossa manipulaatio voitaisiin erottaa täysin itsenäisesti kausaatiosta, ei voida muodostaa. Oli kyse sitten agentin vapaasta teosta tai interventioista, ajautuvat teoriat samoille urille. Price (ja Menzies) ja Woodward puhuvat hieman eri nimillä osittain samoista asioista.

Price katsoo, että Woodward pyrkii liikaa objektiivisuuteen, koska ihmisen käsitys kausaatiosta perustuu joka tapauksessa aina havainnoinnille ja on siis jonkin verran subjektiivista. Toimijuusteoria-artikkelissa Menzies ja Price kertovat tehneensä joitakin kompromisseja saadakseen aikaan yhteisen tekstin. Myöhemmässä artikkelissaan (2017) Price tekeekin eroa Menziesin ja omien ajatustensa välille ja korostaa ihmislähtöistä näkökulmaansa. Sekä Price että Woodward näkevät kausaatioissa keskeisenä sen merkityksen ihmislajille. Korrelaation ja kausaation erottamisen kyvyn on täytynyt syntyä siitä syystä, että ihmisten on tärkeä voida erottaa ne.

Vaikka Pricen mukaan toimijuusteoria on hyvin samankaltainen kuin Woodwardin interventioteoriat, on minun (kuten Woodwardinkin) vaikea nähdä miksi agenttiuden käsitettä pitäisi ollenkaan ottaa mukaan kausaation selitykseen. Woodwardin teoria vaikuttaa yleisemmältä ja käytännöllisemmältä, koska se on helpompi laajentaa koskemaan erilaisia kausaalisuhteita. Toki toimijuusteoriakin on mahdollista ulottaa kattamaan sellaiset manipulaatiot, joita ei ihmisagentin todellisuudessa ole mahdollista tehdä. Tätä seikkaa Woodward ei ota huomioon kritiikissään. Agentti-sanankäyttö voi kuitenkin hämätä, eikä ole ihme, että Woodward pitää Menziesin ja Pricen teoriaa liian antroposentrisenä, vaikkei se sitä välttämättä ole.

2. KAUSALITEETIN SUUNTA JA SUBJEKTIIVISUUS

2.1 Johdanto

Edellisessä luvussa käsiteltiin Menziesin ja Pricen toimijuusteoriaa ja käytiin läpi sen kritiikkiä. Pricen käsityksen mukaan antroposentrisyys ei ole teorialle ongelma, vaan hyvä puoli. Tässä luvussa mennään syvemmin tähän Pricen ihmiskeskeiseen kausaliteettinäkömykseen kausaalisen republikanismin, perspektivalismin, harkinnan ja konventionalismin näkökulmista. Price käyttää suurin piirtein samasta asiasta montaa eri nimeä. Keskeistä on, että Pricen mukaan kausaliteetin epäsymmetria on ihmisestä riippuvaista, koska sen ajallinen epäsymmetria johtuu ihmisen fyysisistä ominaisuuksista, jotka taas riippuvat entropian mataluudesta universumissamme. Ihmisen harkintakyky ja kyky tietää asioita on termodynaamisen nuolen suuntainen. Koska kyse on makroskooppisesta ilmiöstä, voisi jossain toisenlaisessa tilanteessa olla mahdollista, että entropian suunnan ollessa eri joillakin ihmisen kaltaisilla olennoilla olisi vastakkainen käsitys ajan ja sitä myötä kausaliteetin suunnasta. Kausaliteetin nuoli on samansuuntainen ajan nuolen kanssa, koska molemmat pohjautuvat ihmisen kykyyn käsittää maailmaa. Harkinnassa menneisyyttä pidetään kiinnitettynä ja tulevaisuutta avoimena. Jos osaa menneisyydestä ei pidettäisikään kiinnitettynä, eli jo tiedettynä, voisi taaksepäin suuntautuva kausaliteetti olla mahdollista niillä alueilla, joista meillä ei vielä ole tietoa.

Tässä luvussa käyn ensin läpi entropiaa ja sen vaikutusta ihmisen kokemukseen ajan ja kausaliteetin suunnasta. Kohdassa 2.3 esittelen haarukkaepäsymmetriateorian ja Lewisin ylideterminaatioteorian, joiden ideana on selittää, mistä kausaalinen epäsymmetria nousee. Kohdassa 2.4 kerron lyhyesti kausaalista republikanismista ja kohdassa 2.5 siirryn käsittelemään Pricen ajatusta siitä, mistä kausaalinen epäsymmetria nousee, eli perspektivalismia. Seuraavassa kohdassa 2.6 käyn läpi Pricen mallia harkinnasta. Samalla avautuu retrokausaliteetin mahdollisuus. Kohdassa 2.7 käsittelen lyhyesti Pricen konventionalismia, kohdassa 2.8 on yhteenvetoa luvun aiheista ja kohdassa 2.9 siirrytään kohti retrokausaliteettia, jota seuraava luku käsittelee tarkemmin.

2.2 Ajan epäsymmetria ja entropia

Aloitetaan ajan ja kausaliteetin suunnasta, johon liittyy entropian käsite.

Termodynamiikan toinen pääsääntö on ajallisesti epäsymmetrinen fysiikan laki. Sen mukaan universumin entropia kasvaa, koska kaikki itseksensä jätetyt systeemit pyrkivät tasapainotilaan. (Price 1997, s. 24.) Sääntö on tilastollinen: systeemillä on paljon enemmän tapoja olla korkeamman entropian tiloissa kuin matalamman entropian tiloissa, siksi korkeamman entropian tila on todennäköisempi (mt., s. 29–30). Koska entropia on nykyisinkin erittäin matala, on entropian täytyntä olla menneisyydessä vieläkin matalampi, jotta se voi nyt kasvaa. Tämä entropian mataluus menneisyydessä on kosmologinen reunaehto, johon myös ihmisen olemassaolo nojaa. Ihminen ei olisi voinut syntyä matalammassa tai korkeammassa entropian tilassa, koska galaksit eivät olisi voineet syntyä erilaisessa entropian tilassa. Yksi universumissamme vallitseva voima on painovoima. Sen ja sopivan entropian tason ansiosta alkuräjähdyksen jälkeen materia ei jakaantunut tasaisesti eri puolille universumia, vaan muodostui suhteellisen pieniksi klimpeiksi, joista galaksit muodostuivat. (Mt., s. 79.)

Voi olla, että myös muistimme nojaa tälle kosmologiselle reunaehdolle entropian mataluudesta. Matala entropia on se suunta, jonka muistamme, ja jota kutsumme menneisyydeksi. Tässä mielessä ero menneisyyden ja tulevaisuuden välillä on perspektiivinen. Voisi yhtä hyvin olla, että entropian suunta olisi toinen, jolloin myös aikakäsityksemme kulkisi eri suuntaan. On myös mahdollista, että jossakin päin maailmankaikkeutta entropian suunta on eri ja on olemassa olentoja, joilla on päinvastainen ajallinen orientaatio suhteessa meihin. (Price 1997, s. 34.)

Pricen mukaan fyysikko Ludwig Boltzmannin teoria oli, että universumin entropian mataluus on seurausta tilastollisesta heilahtelusta. Tilastollisesti epätodennäköisillekin heilahteluille on jokin todennäköisyys ja kaikki mahdolliset tilat tapahtuvat jossakin vaiheessa, jos systeemille annetaan tarpeeksi pitkä aika kehittyä. Universumimme voisi olla jossakin tällaisessa tilastollisesta heilahtelusta johtuvan matalan entropian 'kuopassa'. Tämä ei kuitenkaan ole hyvä selitys, koska tilastollisesti kaikkein todennäköisintä olisi, että nykyinen universumimme olisi syntynyt tilastollisen vaihtelun tuloksena juuri sellaisena kuin se on nyt. Tällöin käsityksemme historiasta olisi virheellinen, koska olisi tilastollisesti 'halvempaa', että universumi syntyisi heilahtelusta tämänhetkisessä tilassaan kuin että sillä olisi kokonainen monimutkainen menneisyys. (Price 1997, s. 33–35)

Pricen mukaan Boltzmannin teoriassa menneisyyden ja tulevaisuuden suunta riippuu siitä, kummalla kuopan reunalla universumi on. Tässä mielessä voisi olla olemassa olentoja, joilla meille vastakkainen käsitys ajan suunnasta. Astrofyysikko ja kosmologi Thomas Gold oli Pricen mukaan samoilla jäljillä, kun hän ehdotti, että loppurysäystä kohti lysähtävän universumin entropia pienenee (Price 1997, s.81). Se olisi mahdollista, mikäli loppurysäyksen lähellä olisi samanlainen matalan

entropian reunaehto kuin alkuräjähdyksen aikaan. Tämä olisi symmetrinen malli entropian käyttäytymisestä, koska entropia olisi matala ajallisesti molemmissa päissä universumia. Vaikka oma universumimme ei olisikaan tällainen Goldin universumi, jossa entropia vähenee molempiin suuntiin, on Goldin universumi hyvä ajatuskoe testaamaan ajallisia ennakkoluulojamme, koska jos entropian mataluuden reunaehto on mahdollinen toisessa päässä universumia, alussa, pitäisi sen symmetrian nimissä voida olla mahdollinen myös lopussa. (Price 2007, s. 273) Koska ajan suunta liittyy tiiviisti kausaliteetin suuntaan, voisi olla mahdollista, että ajan suunnan toisinpäin kokevilla olennoilla olisi myös vastakkainen käsitys kausaliteetin suunnasta. Tällöin kausaliteetin suunta olisi vähemmän objektiivinen ja enemmän subjektiivinen käsitys.

2.3 Agenttius ja kausaalinen epäsymmetria

Riippuvuuden, kausaation ja agenttiuden ajatellaan yleensä olevan ajallisesti epäsymmetrisiä käsitteitä. Myöhemmät asiat riippuvat aiemmista, vaikutukset seuraavat syitä ja ihminen voi vaikuttaa myöhempään tapahtumiin, muttei aiempiin. Fyysikot eivät yleensä pidä kausaliteettia objektiivisena asiana maailmassa, mutta Pricen mukaan monessa kohdassa ajallinen epäsymmetria ohjaa myös fyysikon ajattelua. Fysiikan teoriaa pidetään intuitiivisesti parempana, mikäli se noudattaa tavallista käsitystämme kausaliteetista. (Price 1997, s. 9) Kausaliteetin suunnalle on yritetty löytää selitystä muun muassa haarukkaepäsymmetriasta, jonka mukaan maailmassa on tulevaisuuteen auki olevia kaksipiikkisiä V:n muotoisia haarukoita, joissa haarukan keskusta kuvaa syitä ja piikit seurauksia. A:n muotoisia, menneisyyteen auki olevia haarukoita ei teorian mukaan löydetä. Pricen mukaan maailmassa ei kuitenkaan ole tarpeeksi todellisia haarukoita, jotta haarukkaepäsymmetria toimisi.

2.3.1 Humeen konventionalismi

David Hume selitti kausaation ajallisen epäsymmetrian sillä, että on määritelmällisesti niin, että seuraukset seuraavat ajallisesti syitä. Syiden ja seurausten relaatiosta ei siis ole sisäsyntyisesti mitään epäsymmetristä, on vain kyse semanttisesta konventiosta. Humeen ajatuksessa on kaksi ongelmaa: konventionaalisuus on sekä liian vahvaa että liian heikkoa. Liian vahvaa se on siksi, että se poistaa suoralta kädeltä samanaikaisen ja taaksepäin suuntautuvan kausaliteetin mahdollisuuden ja tekee niistä loogisesti mahdottomia. Liian heikon siitä tekee se, että se ei anna selitystä sille,

miksemme voi käyttää harkintaa menneisyyden asioita kohtaan, vaan ainoastaan tulevaisuuden. (Price & Weslake 2010, s. 415.) Humen konventionalismissa ajan suuntaa ei myöskään voida selittää kausaaliteetin suunnan avulla (Price 1992b, s. 501). Se on joillekin yksi teorian heikkouksista, muttei Pricelle, koska hän ei yritä palauttaa ajan suuntaa kausaaliteetin käsitykseen, vaan pitää molempia perspektiivistä riippuvaisina asioina (Price 1997, s. 138).

2.3.2 Kolmas nuoli

Kausaaliteetissa on kaksi selitettävää asiaa, joista ensimmäinen on kausaalisen relaation epäsymmetria: jos A aiheuttaa B:n, B ei aiheuta A:ta. Toinen on kausaalisen relaation ajallinen epäsymmetria: syyt tulevat aina tai melkein aina ennen seurauksia. Kausaatio näyttää toimivan samansuuntaisesti ajan kanssa. (Price 1992b, s. 501.)

Pricen terminologialla on olemassa kolme nuolta: ensimmäiset kaksi ovat ajan ja kausaaliteetin nuolet. Kolmanneksi nuoleksi Price kutsuu yritystä löytää maailmasta jokin kolmas epäsymmetria kahden edellisen välille. Kolmas nuoli yhdistäisi ensimmäiset kaksi nuolta. (Price 1997, s. 38.) Kausaaliteetti nojaisi tähän kolmanteen epäsymmetriaan eli nuoleen, koska se ei voi suoraan nojata ajan nuoleen, ellei haluta palata Humen konventionalistiseen käsitykseen. Tätä analyttistä ajan ja kausaalisen nuolen yhdistämistä Price kutsuu naamioituneeksi konventionalismiksi (*disguised conventionalism*) (Price 1992a, s. 2). Kolmannen nuolen strategiat nojaavat tilastolliselle käsitykselle kausaaliteetista. Niin kutsutun haarukkaepäsymmetrian (*fork asymmetry*) on ajateltu olevan kolmas nuoli, joka selittää kausaalisen epäsymmetrian. ”Haarukkaepäsymmetria on kattotermi joukolle prinssiippejä, jotka yhdistävät ajan, syyn ja seurauksen, ja tilastolliset korrelaatiot kaukaisten tapahtumien välillä (mt., s. 4).”

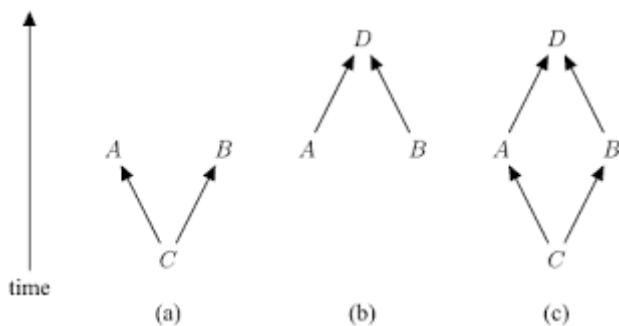
2.3.3 Haarukkaepäsymmetria

Haarukkaepäsymmetrian mukaan korreloituneilla tapahtumilla on yhteinen keskipiste menneisyydessä. Tämä voidaan kuvata kaksipiikkisillä haarukoilla, jotka ovat auki toisesta päästä, mutta jotka tulevat yhteen toisessa päässä muodostaen keskustan. Keskustasta ulospäin lähtevät prosessit ovat aina korreloituneita, mutta keskustaan saapuvat prosessit eivät. Sanotaan, että kausaaliset haarukat ovat aina auki tulevaisuuteen, mutta eivät koskaan menneisyyteen. Haarukan

keskusta kuvaa syytä ja haarukan piikit seurauksia. Kausaliteetin epäsymmetriaa selitetään sillä, että maailmassa on vain tulevaisuuteen auki olevia haarukoita.

Haarukkaepäsymmetrian ongelma on Pricen mukaan se, että maailmassa on liian vähän todellisia epäsymmetrisiä haarukoita, jotta teoria toimisi. Tämä johtuu kahdesta syystä: ensinnäkin haarukkaepäsymmetria on tilastollisena ilmiönä makroskooppinen, eli mikrotasolla ei havaita samanlaista käyttäytymistä. Makrotason ilmiö ei voi siis nojata mikrotasoon. Toiseksi myös makrotasolla on havaittavissa liian vähän todellisia haarukoita. ”Monet yhteiset syyt ovat yksinkertaisesti liian harvinaisia tai vähäisiä, tai molempia, aiheuttamaan aktuaalisia korrelaatioita niiden yhteisten seurausten välille (Price 1997, s. 141).” Esimerkiksi Price antaa seuraavan: tuli aiheuttaa sekä savua että kuumuutta. Kuumuus ja savu ovat korreloituneita, mutta se, että tuli aiheuttaa kuumuutta ja savua ei ole riippuvaista tästä korrelaatiosta. Voisi olla, että koko universumissa olisi vain yksi tuli ja silti hyvin paljon kuumuutta ja savua, jotka eivät olisi korreloituneita ja riippuisivat aivan muista asioista kuin kyseisestä tulesta. Tällaisessakin tilanteessa olisi totta, että tuli aiheuttaa savua ja kuumuutta. ”On monia yhteisiä syitä, jotka ovat yksinkertaisesti liian harvinaisia aiheuttamaan *aktuaalisia* korrelaatioita niiden yhteisten seurausten välille. Löydämme *aktuaalisia* korrelaatioita vain siellä, missä kyseessä olevat syyt ovat tarpeeksi isoja ja/tai yleisiä, jotta niiden seuraukset erottuvat ”melusta” taustalla (Price 1992a, s. 5, kursiivi alkuperäisessä).” Haarukkaepäsymmetria ei kykene tekemään tarpeeksi selvää eroa syyn ja seurauksen välille. (Mt., s. 5.)

Alla olevassa kuvassa ensimmäinen haarukka vasemmalla kuvaa normaalisti maailmassa havaitsemaamme kausaalista järjestystä. Kuvassa keskellä oleva haarukka kuvaa kausaliteettia, jossa seuraukset tulevat ennen syitä. Oikealla oleva haarukka on niin sanottu suljettu haarukka, koska sen molemmissa päissä on yhteinen keskusta.



Kuva 1: erilaisia haarukoita

2.3.4 Lewisin ylideterminaatio

Price ottaa esimerkiksi haarukkateoriasta David Lewisin kontrafaktuaalisen kausaatioteorian, vaikka Lewis ei esitä teoriaansa suoraan haarukkateorian muodossa, vaan epäsuorasti kontrafaktuaalien avulla. Kontrafaktuaaleilla kausaatio voidaan ilmaista seuraavasti: mikäli syy ei olisi tapahtunut, seuraus ei olisi tapahtunut. Tämä ei kuitenkaan vielä riitä, koska nyt selitettäväksi jää kontrafaktuaalien ajallinen epäsymmetria. Tähän Lewis käyttää käsitettä ylideterminaation epäsymmetriasta (*asymmetry of overdetermination*). Se on neljäs nuoli, joka on haarukkaepäsymmetrian ja kausaliteetin epäsymmetrian välillä. Lewisin mukaan deterministisessä maailmassa jokaisella faktalla on vähintään yksi determinantti. ”A on B:n determinantti, jos A on minimaalisesti riittävä B:lle, kun otetaan huomioon luonnonlait (Price 1992b, s. 503).” Jos faktalla on yksi tai useampi determinantti, se on ylideterminoitu. ”Ylideterminaatio on asteittaista: determinantteja voi olla kaksi, tai niitä voi olla paljon enemmän kuin kaksi (Lewis 1979, s. 474).” Epäsymmetrian aiheuttaa se, että tapahtumilla on yleensä hyvin vähän aiempia determinantteja, mutta useampia myöhempiä determinantteja (Price 1992b, s. 503).

Lewisin mukaan ylideterminaation epäsymmetria on kontingenttia: jossakin muualla avaruudessa determinaatio voisi tapahtua toisella tavalla. (Lewis 1979, s. 475.) Price on Lewisin kanssa samaa mieltä siitä, että ylideterminaation epäsymmetria on kontingenttia, mutta Pricen mukaan ylideterminaatio ei ole riittävää kausaliteetin pohjaksi edes meidän osissamme universumia. (Price 1992b, s. 504) Kontingenttia siitä tekee se, että se nojaa termodynaamiselle epäsymmetrialle, joka on itsessään kontingenttia (Price 1992a, s. 10). Lewis käyttää esimerkkinä ylideterminaation epäsymmetriasta meidän osissamme universumia säteilyn epäsymmetriaa. (Price 1992b, s. 504) Säteilyn epäsymmetriaa pidetään yleisesti esimerkkitapauksena haarukkaepäsymmetriasta (Price 1992a, s. 6).

2.3.5 Säteilyn epäsymmetria

Price kirjoittaa kirjassaan ”Time's Arrow & Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time”: kun kivi putoaa lampeen, se saa pinnan väreilemään ja aallot loittonemaan pois päin putoamiskohdasta kohti lammen reunoja. Aaltojen ei nähdä matkaavan kohti lammen keskustaa ja nostavan kiveä ilmaan. Miksi näin on, kun fysiikan lakien symmetrian mukaan tämän pitäisi kuitenkin olla mahdollista? (Price 1997, s. 49–50.)

Radiaatio nähdään aina epäsymmetrisenä. Lähettimen lähettämät aallot ovat aina järjestäytyneitä, mutta vastaanottiin tulevat aallot näyttävät epäjärjestäytyneiltä. Aallot ovat kuitenkin Pricen mukaan mikrotasolla symmetrisiä ja epäsymmetriset havainnot johtuvat makrotason epäsymmetriasta. Ero johtuu siitä, että mikrotason lähettimet kasaantuvat makroskooppisiksi lähteiksi, mutta mikrovastaanottimet eivät. Universumissamme on isoja säteilyn lähteitä, kuten tähtiä, muttei isoja vastaanottimia. (Price 1997, s.71–72.)

Pricen mukaan säteilyn nuolta ei voida redusoida termodynaamiseen nuoleen. Kuten termodynaamisenkin nuolen kohdalla, oikea kysymys on, miksi maailma vaikuttaa järjestäytyneeltä suunnassa, jota kutsumme menneisyydeksi. Miksi mikrolähettimet kasaantuvat makroskooppisiksi lähteiksi? (Price 1997 s. 76.) Sekä termodynaaminen että säteilyn suunta voidaan Pricen mukaan selittää kosmologisen reunaehdon avulla (mt., s. 53). Ilman termodynaamista epätasapainoa radiaatio näkyisi symmetrisenä (Price 1992a, s.6).

2.3.6 Reunaehto

Pricen mukaan Lewisin ylideterminaatio johtuu termodynaamisesta epäsymmetriasta (Price 1992b, s. 505–506), joka taas liittyy universumin reunaehtoihin (mt., s. 504). Ilman tätä epäsymmetristä reunaehto termodynaamista epäsymmetriaa ei olisi, eli termodynaamisessa tasapainotilassa vallitsisi symmetria (mt., s. 505). Lewisin säteilyn esimerkki on makroskooppisen tason ilmiö, jota ei havaita mikrotasolla. Myös ylideterminaation epäsymmetria on makroskooppinen ilmiö, koska se pohjautuu termodynamiikan epäsymmetrialle ja on sitä myötä tilastollinen. (Mt., s. 506.) Miksi kausaalisen epäsymmetrian toimimattomuus mikrotasolla sitten on ongelma? Pricen mukaan on intuitiivista ajatella, että mikrofysiikassa on jotakin fundamentaalista ja makrotason kausaliteetti koostuu mikrotason kausaliteetista. Kausaalinen reduktionismi tuntuu luonnolliselta. Lisäksi fyysikot käyttävät mikrotason epäsymmetristä kausaliteettia selityksissään. Useimmat fyysikot eivät esimerkiksi epäile, etteikö elektronin virittyneisyys voisi johtua siihen absorboituvasta fotonista, tai sama ilmiö toisinpäin, fotonin emissio johtua siitä syystä, että aiempi elektronin tila oli virittynyt. (Mt., s. 511–512.) Epäsymmetria, jota löydämme fyysikaalisesta maailmasta, ei siis voi olla pohjana kausaliteetin epäsymmetrialle.

Pricen mukaan kausaliteetin epäsymmetria johtuu ihmisen epäsymmetrisestä asemasta maailmassa. Price ehdottaa vaihtoehdoksi hänen ja Peter Menziesin toimijuusteoriaa. (Price 1992b, s. 514.) Toimijuusteoria ei johda samanlaisiin ongelmiin mikrotason kausaation kanssa kuin

haarukkaepäsymmetriateoriat, koska ”agentit ovat pohjimmiltaan makroskooppisia, ja riippuvat samasta termodynaamisesta epäsymmetriasta, joka on monien muiden epäsymmetrioiden lähde (mt., s. 516)”. ”Toisin sanoen, tämä tie selitykseen agenttiuden epäsymmetriasta ja ajallisesta suunnasta turvautuisi vain ”oikeaan” – ts. ekstensionaalisesti oikeaan – osaan sen vastustajien kausaalisen epäsymmetrian teoriasta (mt., s. 516).” Epäsymmetria on epäsymmetriaa meissä ihmisissä, ei epäsymmetriaa maailmassa (Price 1997, s. 161). Meillä on vain vaikutelma siitä, että kausaatiota olisi objektiivisesti olemassa. Siksi toimijuusteoria ei vaadi niin paljon aktuaalista epäsymmetriaa maailmasta kuin kolmannen nuolen strategiat. Tämä tekee toimijuusteoriasta Pricen mukaan hyvin ekonomisen vaihtoehdon. (Mt., s. 155.)

2.4 Kausaalinen republikanismi

Price ja Richard Corry kutsuvat kausaaliseksi republikanismiksi (*causal republicanism*) kausaatiokäsitettä, joka on kausaalisen antirealismien ja kausaalisen fundamentalismin välissä. Kausaalisen antirealismien mukaan kausaliteettia ei ole luonnossa, mutta kausaalisen fundamentalismin mukaan kausaliteetti taas on fundamentaalinen asia luonnossa. Bertrand Russell oli kausaalinen antirealisti ja sitä mieltä, että kausaation käsite on jäänne menneiltä ajoilta, eikä sitä pitäisi (luonnon)tieteissä käyttää. Hänen mukaansa kausaliteettia ei näy fysiikassa, joten sitä ei tarvita. (Price & Corry 2007, s. 1.) Toinen kausaliteetin ongelma oli Russellin mukaan käsitteen epäsymmetrisyys (Price 2012b, s. 2). Kausaalisen republikanismien mukaan kausaation käsitettä ei pitäisi kokonaan poistaa tieteestä, vaikka se onkin subjektiivisempi käsite kuin kausaalisen fundamentalismin mukaan. Kausaalinen republikanismi sijoittuu välimaastoon kausaliteetin kieltämisen ja kausaalisen realismien välille. Sen mukaan kausaatio on ihmisen rakentama käsite ja kausaatio voi olla tärkeä osa jokapäiväistä elämäämme, vaikka sitä ei löytyisi fysiikasta. (Price & Corry 2007, s. 2.)

2.5 Perspektivalismi

Toiset kaksi Pricen käyttämää käsitettä, jotka vastaavat kausaalista antirealismia ja fundamentalismia, ovat kausaalinen eliminativismi ja kausaalinen hyperrealismi. Eliminativistisen näkemyksen mukaan puhe kausaatiosta pitäisi poistaa kokonaan fysiikasta. Vastakkainen näkemys kausaatiosta on hyperrealismi, jonka mukaan kausaatio on kaiken yläpuolella ja fysiikan

ulkopuolella, fundamentaalinen asia maailmassa. Hyperrealismin ongelma on, että se tekee kausaatiosta ”episteemisesti saavuttamattomissa olevan ja käytännössä irrelevantin” (Price & Weslake 2010, s. 417). Näiden kahden tilalle Price ehdottaa perspektivalismia (*causal perspectivalism*), eli antroposentristä näkökulmaa.

Pricen mukaan kausaalista puhetta ei tarvitse poistaa fysiikasta, mutta kausaliteetti tulisi ymmärtää uudella tavalla. Pricen näkemyksen mukaan kausaatio ei ole objektiivinen asia maailmassa, vaan ihmisen subjektiivinen tapa nähdä asiat. Vaikka vaikuttaa siltä, että menneisyyden ja nykyisyyden välillä on kausaalinen eroavaisuus, käsitys voi johtua siitä, että me ihmiset olemme ajallisesti epäsymmetrisiä. Voimme vaikuttaa asioihin vain epäsymmetrisesti ja havaitsemme ajan kulkevan yhteen suuntaan. Epäsymmetria on syvällä ihmisluonnossa. Kausaliteetti ei ole ’ulkona maailmassa’, vaan jotakin mitä havaitsemme biologiamme ansiosta. Epäsymmetria nousee ihmisestä itsestään, se on projektio. Kausaliteetin tunne johtuu ihmisen kyvystä vaikuttaa asioihin, toimia agenttina. Kausaliteetin ihmiskeskeisyys tekee näkökulmamme epäsymmetriasta vaikean huomata. (Price 1997, s. 155–158.)

Jos epäsymmetria on subjektiivista, miksi fyysikot sitten käyttävät kausaation käsitettä objektiivisesti? Kuten toimijuusteoriassa, myös vuoden 1997 kirjassaan Price vertaa kausaliteetin subjektiivisuutta sekundaarisiin kvaliteetteihin, kuten väreihin. Ne ovat jotakin, mitä ihminen havaitsee, mutta joita ei ole objektiivisesti luonnossa. Värit eivät myöskään kuulu fysiikan lakeihin, koska maailma ilman havaitsijaa olisi maailma ilman värejä. Tällaisten sekundaaristen kvaliteettien ongelma on, että ne on vaikea erottaa muista, objektiivisemmista kvaliteeteista. (Price 1997, s. 156–157.) Price antaa kirjassaan esimerkin sitruunan happamuudesta. Happamuuden tunteminen on siinä mielessä subjektiivista, että ihminen olisi voinut rakentua toisella tavalla, jolloin sitruunat maistuisivat makeilta. Olisi kuitenkin hassua sanoa, etteivät sitruunat tästä syystä todellisuudessa maistu happamilta eivätkä makeilta. Meidän perspektiivissämme käsin on selvää, että sitruunat ovat happamia. (Mt., s. 169–170.) Pricen mukaan myöskään fyysikon ei ole välttämättä mahdollista huomata vääristymiä omassa perspektiivissämme ja silloinkin kun ne huomataan, ei ole varmaa, että puhe sekundaarisista kvaliteeteista pitäisi kokonaan hylätä tieteestä (Price 1992b, s. 514).

2.5.1 Kausaatio ja ulkomaalaisen käsite

Pricen mukaan kausaatio on riippuvaista ihmisen tavasta katsoa maailmaa. Vuoden 2007 tekstissään ”Causal Perspectivalism” Price menee toimijuusteoriasta kertovaa tekstiään syvemmälle

vertailussaan kausaliteetin ja ulkomaalaisen käsitteiden välillä. Ulkomaalaiset ovat joukko olemassa olevia, tosia objekteja, joihin voidaan viitata. Silti viittauksen kohde ei ole pysyvä, vaan ulkomaalaisuuden viittauskohde vaihtuu kontekstin mukaan, eli se riippuu perspektiivistä.

Ulkomaalaisuus ei siis olekaan niin objektiivista kuin aluksi luulimme, vaan se on näkökulmasidonnaista. Pricen mukaan kausaatio on samalla tavalla näkökulmasidonnainen ja epäsymmetrinen konsepti, ja kaikki ihmiset jakavat samanlaisen näkökulman kausaatioon. Kausaation näkökulmasidonnaisuus on erityisen vaikea huomata juuri siksi, että kaikki me jaamme saman ajallisen näkökulman, perspektiivimme on homogeeninen. Tämä johtuu ihmisen fysiologiasta, joka ei mahdollista toisenlaista näkökulmaa. (Price 2007, s. 250–251.)

Price aloittaa ulkomaalaisen käsitteestä osoittaakseen, ettei perspektivalismi johda suoraan antirealismiin tai subjektivismiin: ulkomaalaisen käsitettä voidaan yhä käyttää, vaikka se on kontekstisidonnainen. Hän haluaa myös osoittaa, että kausaation ajallinen epäsymmetria johtuu perspektiivistä ja ihmisen ajallisesta orientaatiosta aika-avaruudellisina olioina. (Price 2007, s. 251–252.) Kopernikaanisen vallankumouksen aikaan kävi selväksi, että ihmisen perspektiivi voi olla vaikea huomata ja perspektiivin kyseenalaistaminen voi johtaa uusiin tieteellisiin läpimurtoihin. Yleisesti ajatellaan, että tieteen pitäisi olla objektiivista ja näkökulmavapaata ollakseen hyvää tiedettä. Ihminen voi kuitenkin tarkastella maailmaa vain omasta näkökulmastaan ja näkökulmasta pakeneminen on vaikeaa. Se ei tarkoita, että tiede olisi huonoa.

2.5.2 Esimerkki 1

Price yrittää selittää näkökulmaansa esimerkkien avulla. Ensin hän pyytää kuvittelemaan jalkapallokentän maalivahdin näkökulmasta. Maalivahdille on pelin aikana merkitystä, onko pallo hänestä katsottuna kauemmassa vai lähemmässä päädyssä. Kummankin joukkueen maalivahdin näkökulmasta toinen pääty on kauempana. Kyse on perspektiivin eroista. Sen sijaan kentän keskellä olevalla tuomarilla ei ole käsitystä kauemmasta ja lähemmästä päädyistä, hänelle molemmat päädyt ovat yhtä kaukana. (Price 2007, s. 255.)

Seuraavaksi kuvitellaan, että kentän toinen pääty on korkeammalla kuin toinen, jolloin syntyy epäsymmetria kentän puoliskojen välille. Tämä epäsymmetria on objektiivinen, ei perspektiivistä johtuva. Kentän keskellä oleva tuomari kykenee ilmaisemaan, kumpi kentän pääty on ylempänä ja kumpi alempana. (Price 2007, s. 255–256.)

Pricen mukaan jalkapallokenttäänalogiaa voidaan käyttää kausaation käsitteelle, kun paikan ilmaukset korvataan ajan ilmauksilla (Price 2007, s. 256).

2.5.3 Esimerkki 2

Toisessa esimerkissä Price pyytää kuvittelemaan pohjoiseen avautuvan rinteen, jossa kulkee polkujen verkosto. Gravitaation avulla liikkuvat, kiviä muistuttavat olennot voivat käyttää liikkumiseen vain polkuja, ja ne lähtevät liikkeelle aina rinteen yläosasta ja matkaavat rinteitä alaspäin. Olentojen käsitys liikeradasta on transitiivinen, epäsymmetrinen ja suuntautunut. Piste B on saavutettavissa pisteestä A, mikäli pisteestä A kulkee sopiva liikerata pisteeseen B. Piste A ei ole saavutettavissa pisteestä B. Suurimmassa osassa näitä tapauksia B on A:n pohjoispuolella. (Price 2007, s. 257.)

Vaihtoehtoja tälle epäsymmetrialle on neljä: joko epäsymmetria on 1. analyttistä, eli se nojautuu saavutettavuuden käsitteeseen, tai se on 2. suoraan ympäristön epäsymmetriasta tai 3. keskimäärin ympäristön epäsymmetriasta johtuvaa tai 4. käsitteen käyttäjien epäsymmetriasta johtuvaa. Kohta yksi ei selitä, miksi pohjoisessa olevat paikat ovat saavutettavissa. Pricen mukaan kivien tapauksessa on kyse perspektiivin epäsymmetriasta, eli kohdasta neljä. Saavutettavuus riippuu kivien ominaisuuksista, kuten liikemäärästä ja massasta, ei pelkästään ympäristöstä. On mahdollista, että kivet matkaavat lyhyitä pätkiä ylämäkeen tai johonkin muuhun ilmansuuntaan, mikäli niillä on tarpeeksi vauhtia. Kivien matkaa ei siis voida selittää maaston epäsymmetrialla, mikä sulkee pois vaihtoehdot kaksi ja kolme. (Price 2007, s. 257–259.)

Vastaavasti kausaation tapauksessa epäsymmetria voidaan johtaa 1. syyn ja seurauksen merkityksistä 2. näiden konseptien epäsymmetrisestä käytöstä 3. konseptien käyttäjien epäsymmetriasta, kuten harkitsemisen epäsymmetriasta tai 4. ympäristön epäsymmetriasta, kuten termodynaamisesta epäsymmetriasta. (Price 2007, s. 262.)

2.5.4 Esimerkki 3

Kolmannessa esimerkissä fotonit kulkevat tähtiportin läpi matkalla kaukaisesta galaksista G(menneisyys) toiseen galaksiin G(tulevaisuuteen). Price antaa tähän liittyen kaksi propositiota:

”Propositio 1: Jos tähtiportti olisi ollut kiinni hetkellä t , fotonin p ei olisi absorboitunut G (tulevaisuudessa).

Propositio 2: Jos tähtiportti olisi ollut kiinni hetkellä t , fotonin p ei olisi emittoitunut G (menneisyydessä). (Price 2007, s. 266)”

Ja jatkaa: ”pidämme propositiota 1 totena ja propositiota 2 epätotena (mt., s. 266)”. Price kysyy, mistä tämä epäsymmetria johtuu. Esimerkki ei riipu termodynaamisesta epäsymmetriasta, koska sama esimerkki voitaisiin muokata siten, että se toimisi termodynaamisen tasapainon tilassa. Mikäli taas vetoaisimme ajan suuntaan, päätyisimme konventionalismiin, joka ei selitä, miksi proposition 2 epätotuus vaikuttaa päätöksentekoomme. Perspektiivin antamasta suunnasta katsottuna näemme menneisyyden muuttumattomana ja tulevaisuuden avonaisena, koska voimme manipulaation avulla vaikuttaa tulevaisuuteen, mutta emme menneisyyteen. Siksi propositio 2 vaikuttaa epätodelta. Pricen mukaan interventiokin on perspektiivinen käsitys, ja sitä käyttäessämme jaamme todellisuuden muuttumattomaan menneisyyteen ja muuttuvaan tulevaisuuteen. (Mt., s. 266–268.)

2.6 Agenttius ja harkinta

Pricen mukaan kausaation epäsymmetria voidaan määrittää manipulaation käsitteen avulla. Me ihmiset voimme agenteina manipuloida tilanteita muuttaaksemme tulevaisuutta. Toiseen suuntaan tämä ei ole mahdollista: manipuloimalla tapahtumia emme voi muuttaa menneisyyttä. Pricen mielestä se, että ihminen ei voi vaikuttaa kuin yhteen suuntaan, ei tarkoita sitä, että kausaliteetin pitäisi olla epäsymmetristä luonnossa. Epäsymmetria, jonka kausaatiossa näemme, on vain harkintaprosessimme (*deliberative process*) epäsymmetriaa.

Vastaväite agenttinäkemykselle on se, että se on kehäinen: siinä kausaliteetin epäsymmetria nojaa syyn ja seurauksen käsitteiden epäsymmetrisyyteen. Pricen vastaus on, että kyseiset käsitteet voidaan selittää objektiivisen fysikaalisen epäsymmetrian avulla, jolloin kehä vältetään. Silloin agenttiuden epäsymmetria nojaisi tähän objektiiviseen epäsymmetriaan. (Price 1997, s. 159.) Pricen mukaan harkintaprosessimme on epäsymmetria, joka perustuu fysikaaliseen epäsymmetriaan, eikä siis riipu kausaation konseptista (mt., s. 160). Harkintaprosessimme on epäsymmetristä, koska ihminen on epäsymmetrinen olento, jonka olemassaolo liittyy entropian suuntaan. (Price 2007, s. 278). Harkinnan kautta saadaan siis kiinnitettyä kausaliteetin epäsymmetria objektiiviseen fysikaaliseen epäsymmetriaan maailmassa.

2.6.1 Harkinta

Agenttiuden käsitteeseen liittyy harkinta. Agentti voi harkita tekemisiään. Vuoden 2007 tekstissään Price jakaa harkinnan kohteet eri osiin, joista ensimmäiset ovat epäsuorat vaihtoehdot (*indirect options*) ja suorat vaihtoehdot (*direct options*). Vaihtoehdot ovat propositioita, jotka agentti voi tehdä todeksi. Suoriin vaihtoehtoihin agentti voi vaikuttaa suorasti ja epäsuoriin vaihtoehtoihin suorien vaihtoehtojen kautta. Fixtuurit (*fixtures*) on luokka kaikelle muulle, eli se sisältää kaikki ne asiat, joihin agentti ei voi vaikuttaa kyseisessä harkinnassa. Fixtuurit jakautuu vielä tiedettyjen (*knowns*) ja mahdollisesti tiedettyjen (*knowables*) luokkiin. Agentin toiminta, eli interventiot siirtävät asioita vaihtoehtoista fixtuureihin. Vaihtoehdot eivät voi olla jo tiedettyjä. Jotkin asiat voivat toisissa konteksteissa kuulua fixtuureihin ja toisissa konteksteissa vaihtoehtoihin. Esimerkiksi monessa kontekstissa voidaan ajatella, että huomisen päivän koittaminen kuuluu fixtuureihin, kiinnitettyihin asioihin, jotka voidaan tietää. Toisaalta maailman tuhoamista ajateltaessa huomisen koittaminen siirtyy fixtuureista vaihtoehtoihin. (Price 2007, s. 275–276.)

Ihmiselle suorat vaihtoehdot ovat aina tulevaisuudessa. Tätä voidaan käyttää tulevaisuuden määritelmänä. Menneisyyden ajatellaan yleensä koostuvan fixtuureista, eli tiedetyistä ja mahdollisesti tiedetyistä asioista. Menneisydessä ei ajatella olevan vaihtoehtoja, koska sitä pidetään kiinnitettynä. Tämä kertoo ihmisen episteemisestä asemasta, josta juontuu ihmisen perspektiivi. Ihminen voi tietää menneisyyden asioita, muttei tulevaisuuden. Siksi ihminen voi harkita tulevaisuuteen, mutta ei menneisyyteen. Pricen mukaan ihmisen kyky harkita on termodynaamisen nuolen suuntainen, koska ihmisen kyky kerätä tietoa riippuu termodynaamisesta suunnasta. (Price 2007, s. 276–278.) Mikäli osaa menneisyydestä ei pidettäisi kiinnitettynä, vaan avoimena, toiseen ajalliseen suuntaan kulkeva kausaatio voisi olla mahdollista. Taaksepäin suuntautuvassa kausaatiossa osa menneisyydestä ei kuuluisi tiedettyihin asioihin, vaan epäsuoriin vaihtoehtoihin. (Mt., s. 277–278.)

2.6.2 Interventiot

Interventiot ovat meidän näkökulmastamme ajallisesti epäsymmetrisiä: kun johonkin asiaan vaikutetaan, menneisyyttä pidetään muuttumattomana. Lisäksi jokin osa kontekstista on aina

pidettävä kiinnitettynä, jotta osataan sanoa, mikä on muuttunut. Interventioiden epäsymmetria on riippuvainen ihmisen episteemisestä epäsymmetriasta. (Price 2007, s. 279–280.)

Harkinnassa vaihtoehdot ja mahdollisesti tiedetyt asiat ovat erillisiä kategorioita, joista ensimmäinen on avoin ja toinen kiinnitetty. Myös interventioissa osa asioista pidetään kiinnitettynä ja osaa avoimina. Interventioiden pitäisi olla vapaita muuttujia, joihin ei vaikuta mikään muu kuin intervention seuraukset. Tämä on ongelma, koska aidosti vapaita systeemejä ei ole olemassa. Interventiot ovat perspektiivisiä, koska ne nojaavat agentin harkinnalle. Agentin tiedot ja tietämättömyys vaikuttavat agentin harkintaan ja kausaalisiin arvostelmiin. Tästä Price tekee johtopäätöksen, että kaikkietävä olento ei voisi harkita ollenkaan. Sellainen olento ei näkisi kausaalisia suhteita, koska kausaaliset suhteet riippuvat tietämättömyydestä. Samalla tavalla deterministisessä maailmassa kaikkietävällä olennolla ei olisi todennäköisyyden käsitettä, koska todennäköisyydet johtuvat tietämättömyyden asteesta. Pricen mukaan indeterministisessä maailmassa sellaisella olennolla ei olisi sattuman tai interventioista riippuvan kausaation käsitteitä. (Price 2007, s. 280–284.)

Pricen mukaan kausaalisia lakeja on niin kauan kuin ihmiset harkitsevat. Mutta ovatko ne välttämättömiä tieteessä? Mikäli selittäminen on tieteen päämäärä ja selittämiseen liittyy kausaatio, niin kausaatio on välttämätöntä. Price kertoo olevansa välimaastossa Russellin ja Nancy Cartwrightin välissä. Pricesta kausaation käsitettä ei pitäisi poistaa tieteestä, mutta hän ei myöskään ole niin realististi kausaation suhteen kuin Cartwright, jonka mielestä kausaliteetti on välttämätöntä. (Price 2007, s. 290.)

2.7 Pricen konventionalismi

Luonnon epäsymmetria voi Pricen mukaan olla vain konventionaalista. Hän käyttää kontrafaktuaalisia väitteitä osoittaakseen, että niiden käytössä on epäsymmetriaa: kontrafaktuaalisessa väitteessä pidetään osa propositiosta kiinnitettynä. Yleensä menneisyyttä pidetään kiinnitettynä ja tulevaisuutta avoimena. Niinpä kontrafaktuaalit toimivat vain yhteen suuntaan, koska ne on formuloitu toimimaan vain yhteen ajalliseen suuntaan. Tällä tavalla kontrafaktuaali on konventionaalinen. (Price 1997, s. 164–165.)

Konventionalismin on ajateltu olevan liian heikkoa, koska se tekee asioiden keskisen riippuvuuden epäsymmetriasta vain ihmisen valinnan. Price ajattelee, etteivät ihmiset voi vaikuttaa asioihin ajassa taaksepäin, koska ihmisolento ei fyysisesti siihen pysty. Ihminen on riippuvainen

termodynaamisesta epäsymmetriasta, eikä sitä tai ihmisen ajallista suuntaa voi vaihtaa. Se ei tarkoita, etteikö luonnossa voisi olla toiseen ajalliseen suuntaan tapahtuvaa kausaatiota. Joillekin muille olennoille voisi olla mahdollista harkita toiseen suuntaan. Price antaa esimerkin raiteilla kulkevasta veturista. Pricen esimerkin veturi voi kulkea vain yhteen suuntaan, sillä ei voi peruuttaa. On objektiivinen asia, mille asemille veturi voi pysähtyä tulevaisuudessa, vaikkakin veturin kulkusuunta ei ole yhtä objektiivinen seikka. (Price 1997, s. 165–168.)

Toisen esimerkin mukaan sitruunat maistuvat happamilta ihmisistä, joilla on keho, joka aistii sitruunat happamina. Happamuus on siis tavallaan konventionaalista, mutta olisi silti outoa sanoa, etteivät sitruunat ole happamia. (Price 1997, s. 169–170.)

2.8 Yhteenveto

Universumimme on syntynyt hyvin matalan entropian tilassa ja tämä matala entropian taso on mahdollistanut ihmisen olemassaolon. Se on universumin reunaehto siinä päässä universumia, jota kutsumme menneisyydeksi. Mikäli universumimme olisi niin sanottu Goldin universumi, voisi entropia vähetä myös siihen suuntaan, jota kutsumme tulevaisuudeksi. Pricen mukaan ihminen on rakentunut entropian nuolen suuntaisesti. Kykymme harkita ja saada tietoa asioista on riippuvaista entropian suunnasta. Myös toimintamme, kykymme toimia agenteina, kulkee vain yhteen suuntaan. Näiden takia havaitsemme kausaation kulkevan vain yhteen suuntaan. Kyse on fysiologiamme rajoituksista, ei maailmaa koskevasta säännöstä. Jossakin muualla maailmankaikkeudessa voisi entropian suunta olla toinen ja siellä voisi elää olentoja, joiden ajallinen orientaatio olisi eri kuin meidän. Kausaliteetin suunta on Pricen mukaan ihmisestä lähtöisin. Ihmisen kyky toimia agenttina määrittää kokemamme kausaation suunnan ja harkintakykymme toimii vain yhteen suuntaan.

2.9 Kohti retrokausaliteettia

Pricen mukaan taaksepäin suuntautuvan kausaliteetin eli retrokausaliteetin vaihtoehtoa on turhaan pidetty epätodennäköisenä. (Price 1984, s. 299) Fyysikot eivät ole ottaneet retrokausaliteetin mahdollisuutta vakavasti, vaikka fysiikan lait ovat mikroskooppisella tasolla symmetrisiä.

Retrokausaliteetin ajatus on voinut olla ihmiselle vaikea siksi, että ihminen fysiologiansa ansiosta näkee kausaliteetin vain ajallisesti yhdensuuntaisena relaationa. Pricen mukaan retrokausaliteetin

hyväksyminen vaatii ajattelutavan muutosta. Suuret fysiikan löydökset ovat vaatineet perustavanlaatuisen ajatustemme muuttamista.

Harkinnassa ihminen pitää menneisyyttä kiinnitettynä ja tulevaisuutta avoimena. Kuitenkin jos osaa menneisyydestä ei pidettäisi saavutettavana, eli siinä olisi alueita, joilta ei voisi saada tietoa, voitaisiin kiertää retrokausaliteettia vastaan esitetty niin sanottu bilking-argumentti ja selittää taaksepäin suuntautuva kausaliteetti. Kvanttifysiikan outoudet ovat yksi fysiikan osa-alue, jossa retrokausaliteetti voisi toimia apuna asioiden selittämisessä. Seuraavassa luvussa tutustutaan tarkemmin retrokausaliteettiin ja näihin kvanttifysiikan outouksiin, jotka voidaan Pricen mukaan selvittää retrokausaliteetin avulla.

3. PRICEN NÄKEMYS RETROKAUSALITEETISTA

3.1 Johdanto

Edellisessä luvussa käsiteltiin kausaliteetin ihmiskeskeisyyttä ja päädyttiin siihen, että mikäli harkinnassa menneisyyttä pidettäisiin osittain avoimena, voisi retrokausaliteetti olla mahdollista. Tämä luku käsittelee tarkemmin ns. bilking-argumenttia ja Pricen käsitystä *advanced actionista* eli taaksepäin suuntautuvasta kausaatiosta.

Kvanttimekaniikassa on ollut karkeasti jaettuna kaksi koulukuntaa: ne, jotka ajattelevat kvanttimekaniikan olevan täydellinen kuvaus todellisuudesta, ja ne, joiden mielestä se on epätäydellinen. Price kuuluu jälkimmäiseen ryhmään. Hänen mukaansa retrokausaliteetti on puuttuva muuttuja, joka selittää muun muassa kvanttimekaniikan kaukovaikutuksen. Bellin niin sanotun itsenäisyysoletuksen hylkääminen ja bilking-argumentissa oleva porsaanreikä mahdollistavat taaksepäin suuntautuvan kausaation.

Luvun rakenne on seuraava: aluksi esittelen kohdassa 3.2 kvanttimekaniikan löydöksiä, jotka toimivat pohjana Pricen argumenteille taaksepäin suuntautuvan kausaation puolesta. Kohdassa 3.3 käydään läpi retrokausaliteettia ja sille esitettyjä ongelmia, kuten bilking-argumenttia. Kohdassa 3.4 käyn läpi, miten valon kvantittumisen avulla voidaan luoda retrokausaalinen teoria. Seuraavassa kohdassa 3.5 esittelen Costa de Beauregardin siksak-kausaatiota Pricen ja Whartonin peilikuvaesimerkin avulla. Kohdassa 3.6 käyn läpi Pricen omaa retrokausaliteetin mallia, Helsinki-mallia.

3.2 Kvanttimekaniikka

Pricen 1997 kirjan kvanttimekaniikasta kertovassa luvussa Price ensin esittelee lyhyesti hänen mielestään tärkeimmät kvanttimekaniikan teoriat. Ongelmaksi nousee kysymys, onko kvanttimekaniikka täydellinen kuvaus maailmasta, vai onko olemassa joitain piilomuuttujia, jotka tekevät teoriasta epätäydellisen. Price sanoo, että jos fysiikassa alusta asti olisi otettu käyttöön ajaton näkökulma, eli huomioitu mikrotason symmetrisyys, kvanttimekaniikka ei näyttäisi niin oudolta kuvaukselta todellisuudesta. (Price 1997, s. 196.) Pricen mukaan taaksepäin suuntautuvan kausaation avulla voidaan selittää kvanttimekaniikan ilmiöitä. Hänen mukaansa kvanttimekaniikka on teoriana keskeneräinen. (Mt., s. 197.)

3.2.1 Piilomuuttujateoria

Standarditulkinnan mukaan kvanttimekaniikka kuvaa fysikaalisen systeemin aaltofunktion kehittymistä. Funktio on siinä mielessä indeterministinen, että sen avulla voidaan laskea vain mittaustulosten todennäköisyyksiä, ei tarkkoja tuloksia. Funktio kuitenkin kuvaa systeemin muutosta ajassa deterministisesti siihen asti, kunnes se mitataan. Mittauksessa aaltofunktio romahtaa indeterministisesti. Koska systeemin tila ei aluksi ole ollut definiitivinen, on indeterminististä, mihin definiitiviseen tilaan mittauksessa päädytään. (Price, s. 197–198.)

Pricen mukaan Einstein ajatteli, että kvanttimekaniikka ei ole täydellinen kuvaus todellisuudesta, (Price 1997, s. 201) vaan epäselvä kuva siitä. Schrödingerin kissa on esimerkki kvanttimekaniikan epätäydellisyydestä. Siitä voidaan johtaa mittaongelma, jonka mukaan aaltofunktion romahduksen tarkkaa paikkaa ei tiedetä. Pricen mukaan Schrödingerin kanta oli, että aaltofunktion romahdus kertoo ihmisen tietämättömyydestä, eikä maailmassa objektiivisesti olevasta muutoksesta. (Mt., s. 199–200.) Einsteinin ja Schrödingerin näkemystä kutsutaan *ignorance view*ksi tai piilomuuttujateoriaksi (*hidden variable view*). Piilomuuttujateorian mukaan kvanttimekaniikka ei ole täydellinen kuvaus luonnosta, vaan on olemassa piilomuuttujia, jotka selittäisivät kvanttimekaniikan outoudet, kuten kaukovaikutuksen. (Mt., s. 201.) Einstein oli Pricen mukaan realisti, eli hän ajatteli maailman olevan olemassa itsenäisesti ilman ihmisen tekemän mittauksen vaikutusta. Hänen mukaansa kvanttimekaniikan outoudet olivat tiedollinen ongelma. (Mt., s. 202.) Piilomuuttujateorian vastakkainen teoria on täydellisen kuvauksen teoria, *complete description view* (mt., s. 201). Kööpenhaminan tulkinnan mukaan kvanttimekaniikka on täydellinen kuvaus todellisuudesta, eikä mitään piilomuuttujia siis ole olemassa (mt., s. 196). Tulkinnan mukaan kvanttimekaniikka on ikään kuin teoriana valmis ja sen antama kuva kokonainen. Kvanttimekaniikan outoudet eivät ole kiinni ihmisen tiedollisista puutteista, vaan kuvaavat luontoa sellaisena kuin se on. Jotkut tulkinnan kannattajat, kuten Niels Bohr, eivät kuitenkaan uskoneet, että kvanttimekaniikka antaa meille kirjaimellisen, vaan symbolisen kuvauksen kvanttimaailmasta. Jan Faye kirjoittaa, että Bohrin mukaan fysiikassa ei ole kyse ”luonnon perusolemuksen löytämisestä, vaan ilmiöiden kuvailemisesta yksiselitteisellä tavalla (Faye 2019)”.

3.2.2 Täydellisen kuvauksen teoria

Täydellisen kuvauksen teorian mukaan ensin tehty mittaus vaikuttaa systeemin tilaan mittausten välissä. Sen mukaan indeterministisistä ”sumusta” realisoituu mitattaessa deterministisiä tiloja, joita ei aiemmin ollut olemassa. (Price 1997, s. 203.) Price pitää tätä kuitenkin huonona selityksenä, koska siitä vaikuttaisi puuttuvan jotakin, kuten piilomuuttujateorioiden kannattajat ajattelevat. Kööpenhaminan tulkinnan kannattajien mielestä systeemin tila on objektiivisesti indeterministinen mittaukseen asti (mt., s. 198). Einstein ei pitänyt tästä ajatuksesta, koska hänen mukaansa tilojen oli oltava määrättyjä (mt., s. 202). Ei voinut olla ihmisen tekemästä mittauksesta kiinni, minkälainen tulos saatiin.

Kööpenhaminan tulkinnan mukainen kuvaus on myös ajallisesti epäsymmetrinen, koska systeemin tilaan vaikuttaa aiempi, muttei myöhempi, mittaus. Tulevaisuuden mittaustulokset eivät siis voi vaikuttaa systeemin tilaan. (Price 1997, s. 206.) Kuten aiemmin on todettu, perspektivalismin mukaan ajallista epäsymmetriaa ei kuitenkaan ole objektiivisesti luonnossa, vaan sen kokeminen johtuu ihmisen epäsymmetriasta. Yleisesti ajatellaan, että mikroskooppisella tasolla fysikaaliset lait ovat ajan suhteen symmetrisiä, eli tapahtumat voitaisiin kääntää ajassa. Pricen mukaan ihmisen kokema epäsymmetria johtuu siitä, että ihminen on makroskooppinen olento, jonka ajan kokemukseen entropian suunta vaikuttaa.

3.2.3 Lokaalisuus ja EPR-paradoksi

Yksi kvanttimekaniikan erikoisista ilmiöistä on kaukovaikutus, jota Einstein kutsui kvanttimekaniikassa aavemaiseksi kaukovaikutukseksi (Price & Wharton 2013, s. 7). Sen mukaan hiukkaset voivat olla lomittuneita: kun kahta menneisyydessä vuorovaikutuksessa ollutta hiukkasta mitataan, voidaan esimerkiksi ennustaa toisen hiukkasen sijainnista toisen sijainti, vaikka hiukkaset olisivat liikkuneet interaktionsa jälkeen eri puolille avaruutta. Kaukovaikutus on kuitenkin ristiriidassa erityisen suhteellisuusteorian kanssa, jonka mukaan valonnopeudella tai valoa nopeammin toimivia signaaleja ei voi olla. Tätä kutsutaan lokaalisuuden periaatteeksi. (Price 1997, s. 204–205.) Aavemainen kaukovaikutus on yksi EPR (Einstein-Podolsky-Rosen) -paradokseista. EPR:n mukaan hiukkasilla on oltava tarkkarajainen sijainti ja liikemäärä ennen mittausta, jos mittauksessa voidaan valita, kumpaa ominaisuutta mitataan, ja saada tietoa toisesta hiukkasesta toista mittaamalla (Pylkkänen 2018 s. 219). Einsteinin mukaan EPR-kokeet todistivat kvanttimekaniikan epätäydellisyyden. Miksi indeterministisistä sumusta materialisoituvat mittaustulokset ovat aina samassa suhteessa toisiinsa? Hänen mukaansa kvanttimekaniikassa täytyi

olla vielä jotain, mikä selittäisi korrelaatiot, mutta mikä ei ollut vielä tiedossa. Kaukovaikutusta ei voinut olla olemassa. (Mt., s. 202–203.)

EPR-kokeiden piti siis osoittaa, että hiukkasilla on oltava nämä mitattavat ominaisuudet jo ennen mittausta, koska hiukkaset eivät voineet mittaushetkellä vaikuttaa toisiinsa epälokaalisti. EPR-kokeiden lähtöoletus oli siis lokaalisuus. Myöhemmin Bellin työstä kävi ilmi, että juuri tämä lokaalisuuden ominaisuus, jolle EPR-kokeet nojasivat, ei voinut pitää paikkaansa. Jos retrokausaliteetin mahdollisuutta ei oteta huomioon, Bellin teoreema kieltää lokaalien teorioiden mahdollisuuden, muttei epälokaaleja. (Price 1997, s. 203.) Niin sanotuissa kontekstuaalisissa piilomuuttujateorioissa mittaustulokseen vaikuttaa myös mittauksen yhteydessä tehtävät muut mittaukset. Pricen mukaan parhaiten tunnettu kontekstuaalinen piilomuuttujateoria on David Bohmin teoria. Bellin teoreema kuitenkin kieltää Pricen mukaan myös kontekstuaalisten teorioiden mahdollisuuden. (Price 1997, s. 211.)

Täydellisen kuvauksen teorian ongelmat ovat siis epäsymmetrisyys, EPR-mittaukset, joita se ei pysty uskottavasti selittämään, sekä mittausongelma. EPR-kokeiden epälokaalisuus on kuitenkin ongelma myös piilomuuttujateorialle. (Price 1997, s. 209.)

3.2.4 Kolmas tulkinta

Kolmas kvanttimekaniikan tulkinta on se, että aaltofunktio ei romahda ollenkaan (*no-collapse interpretation*). Kvanttikosmologit ovat suosineet tätä näkemystä, koska universumin ulkopuolella ei ole mitään, mikä saisi sen aaltofunktion romahtamaan. Aaltofunktion romahtuksen kieltävän teorian mukaan mittaustulosten välillä ei ole korrelaatiota ja siten se välttää epälokaaliuden ongelman. Yleisin teorian muoto on monimaailmatulkinta (*many worlds interpretation*). Monimaailmatulkinnalla on monia ongelmia liittyen todennäköisyyksiin. Sen perusteella voitaisiin esimerkiksi pelata kvanttirulettia, jossa joko kuolee, tai henkiin jäädessään voittaa paljon rahaa. Koska joissakin maailmoissa henkilö joka tapauksessa jää henkiin, olisi hänen kannattavaa pelata kvanttirulettia. (Price 1997, s. 219–221.)

Pricen mielestä taaksepäin suuntautuvan kausaation avulla voidaan välttää joitakin edellä mainittuja kvanttimekaniikan ongelmia (mt., s. 230). Mikäli EPR-kokeessa systeemeillä olisi ennakkotietoa mittauksesta, joka niille ollaan tekemässä, voitaisiin kokeen tulokset selittää ilman ristiriitaa erityisen suhteellisuusteorian kanssa (mt., s. 215).

3.3 Retrokausaliteetti

Pricen käsite *advanced action* on suurin piirtein sama kuin taaksepäin suuntautuva kausaliteetti (Kastner 1999, s. 238), eli retrokausaliteetti. Kirjassaan Price kirjoittaa, että retrokausaliteetin avulla voidaan luoda lokaali piilomuuttujateoria, joka olisi myös ajallisesti symmetrinen ja sopisi yhteen erityisen suhteellisuusteorian kanssa (Price 1997, s. 232–234). Retrokausaliteetin avulla voitaisiin selittää piilomuuttujat. Vaikka Price kirjassaan korostaa symmetrisyyttä, toteaa hän myöhemmin, ettei ajallinen symmetria välttämättä suoraan johda retrokausaliteettiin, vaikka se onkin yksi hyvä syy suosia retrokausaliteettia (Price 2012a & Price & Wharton 2013). Pricen mukaan kyseessä voisi olla yhteisen menneisyyden sijaan yhteisen tulevaisuuden vaikutus (Price 1997, s. 233).

3.3.1 Bellin itsenäisysoletus

Bellin teoreeman on usein katsottu tarkoittavan, että kvanttimekaniikka on epälokaalia. Teorian lähtöoletuksena on itsenäisysoletus (*independence assumption*), jonka mukaan myöhemmät mittaukset eivät vaikuta systeemin nykyiseen tilaan. Ilman tätä oletusta voitaisiin käyttää retrokausaatiota. Pricen mukaan Bell ei halunnut hylätä oletusta, koska ajatteli, että retrokausaliteetti johtaa vapaan tahdon ongelmaan. Pricen mukaan näin ei kuitenkaan ole. (Price 1997, s. 231–232.)

Bellin itsenäisysoletuksen voi kiertää kahdella tavalla. Yksi keino selittää kvanttimekaniikan mittaukset ja pelastaa lokaalisuus on yhteisen menneisyyden hypoteesi (*common past hypothesis*). Hypoteesin mukaan mitattavilla hiukkasilla on yhteinen syy menneisyydessä ja siksi ne käyttäytyvät tietyllä tavalla mitattaessa. Hiukkaset kantavat tällöin ikään kuin samaa geneettistä tietoa samalla tavalla kuin identtiset kaksoset (Price & Wharton 2015b, s. 7753). Bell ajatteli, että hypoteesi johtaisi vapaan tahdon hylkäämiseen ja lopulta fatalismiin sekä toiseen ongelmaan, joka koskee maailman rakennetta. Ensinnäkin fatalistisen argumentin mukaan yhteinen menneisyys tarkoittaisi, että mittausasetusten valitseminen olisi mahdotonta, koska mittaukseen tulevan hiukkasen tila heijastelisi jo mittausta. Toinen ongelma on, että tällaisen hiukkaset pitkienkin matkojen päästä yhteen liittävän yhteisen syyn pitäisi myös olla jokin täysin uusi asia maailmassa, jotakin, mistä fysiikassa ei vielä tiedetä. (Price 1997, s. 236–237.)

Pricen mukaan lokaalisuus voidaan pelastaa yhteisen menneisyyden hypoteesin sijaan yhteisen tulevaisuuden hypoteesin (*common future hypothesis*) avulla. (Price 1997, s. 238) Yhteisen menneisyyden hypoteesin ongelma on, että se sisältää mikrobiattomuuden käsitteen, jonka mukaan kahdella toisiinsa liittyneellä hiukkasella on oltava yhteinen syy menneisyydessä, mutta ei tulevaisuudessa. Mikrobiattomuus on epäsymmetrinen käsitys, koska se tekee eron tulevaisuuden ja menneisyyden välille, vaikka mikrotasolla tapahtumien pitäisi olla fysiikassa yleensä katsottuna ajallisesti symmetrisiä. Kun mikrobiattomuuden käsite hylätään, voidaan lomittuminen selittää yhteisen tulevaisuuden avulla (mt., s. 240).

Paitsi yhteisen menneisyyden hypoteesi, myös Bellin itsenäisyysoletus on ajallisesti epäsymmetrinen, koska menneisyyden ajatellaan voivan vaikuttaa nykyisiin piilomuuttujiin, mutta tulevaisuuden ei. Miten tämä epäsymmetria voidaan selittää? Sitä ei voida suoraan havaita, koska kyse on piilomuuttujista, joista ei ole havaintoja. Epäsymmetria ei myöskään voi johtua termodynaamisesta epäsymmetriasta, koska termodynaaminen epäsymmetria on makrotason ilmiö, joka johtuu universumin reunaehdoista, ja itsenäisyysoletuksessa taas on kyse mikrotason epäsymmetriasta. Yksi vaihtoehto olisi, että kyseessä on kausaation epäsymmetria, jossa seuraukset tulevat syiden jälkeen. Sitä ei kuitenkaan pystytä havainnoilla osoittamaan, koska piilomuuttujissa kyseessä on mikromaailman alue, josta ei voida tehdä havaintoja. Ei myöskään vaikuttaisi olevan mitään loogista syytä sille, miksei voisi olla piilomuuttujateorioita, jotka rikkovat itsenäisyysoletuksen. (Price 2001, s. 199–200.)

Syy itsenäisyysoletuksen hyväksymiseen on se, että sen hylkäämisen ajatellaan johtavan fatalismiin ja taaksepäin suuntautuvaan kausaliteettiin. Jos mitattava hiukkanen tietää jo etukäteen, mitä siitä tullaan tulevaisuudessa mittaamaan, ei ihmiselle jää jäljelle vapautta valita mittausasetusta. Pricen mukaan moni fyysikko on valmiiksi fatalisti, joten fatalismin ei pitäisi toimia vastaväitteenä. Lisäksi voitaisiin ajatella toisinpäin, että mikäli valitsemme tulevaisuuden mittausasetuksen, voimme vaikuttaa hiukkasen menneisyyteen. Tämä olisi tietenkin taaksepäin suuntautuvaa kausaatiota, jolla on omat vastaväitteensä. Niiden mukaan taaksepäin suuntautuva kausaatio johtaa paradokseihin. (Price 2001, s. 201.)

Ajallisen symmetrian mukaan itsenäisyysoletuksesta pitäisi luopua. Lisäksi sen puolesta esitetyt argumentit ovat kumottavissa. Pricen mukaan olisi siis tutkittava piilomuuttujateorioita, jotka hylkäävät itsenäisyysoletuksen. (Price 2001)

3.3.2 Retrokausaliteetin ongelmia

Retrokausaliteetin on sanottu johtavan kahteen ongelmaan: fatalismiin ja/tai kausaalsiin paradokseihin. Paradoksit, joita retrokausaliteetin kritisoinnissa käytetään, sisältävät niin sanottua *bilkingiä*. *Bilking*-argumentin mukaan taaksepäin suuntautuva kausaatio tai aikamatkustus on mahdotonta, koska aina kun interventio estää syyn A sen jälkeen, kun vaikutus B on jo tapahtunut, A ei voi olla B:n syy (Faye 2018). Pricen vastaväite on, että tällaisessa tilanteessa voi olla fyysikaalisesti mahdotonta suorittaa kyseinen interventio, esimerkiksi aikamatkaajan itsemurha menneisyydessä. Voi olla, että *bilking*-argumentti nojaa ajatuskokeeseen, jota ei ole fyysisesti mahdollista suorittaa. Jo määrätyn ei tarvitse tarkoittaa saavutettavissa olevaa (*accessible*). (Price 1997.)

Harkitessamme, mitä olemme tulevaisuudessa tekemässä, emme vielä tiedä, mitä tulemme tekemään. Teko riippuu siitä, mitä päätämme tehdä. Pricen mukaan sama tietämättömyys voidaan ulottaa menneisyyteen. Voimme ajatella voivamme vaikuttaa menneisyyteen niin kauan, kun emme voi tietää menneisyyden alueesta, johon olemme vaikuttamassa. Jos taas voimme tietää kyseisestä alueesta, *bilking*-argumentti astuu voimaan. Price kysyy, miksi koko menneisyyden ajateltaisiin kuuluvan harkinnan luokkaan ”mahdollisesti tiedetyt”. Osa menneisyydestä on episteemisesti saavuttamattomissa olevaa ja tähän osaan voisi olla mahdollista vaikuttaa retrokausaalisesti. (Price 2013.)

Fatalistisen argumentin mukaan vapaata tahtoa ei voi olla olemassa, koska mittausa tehtäessä on jo ennalta määrättyä, mikä mittausasetus valitaan (Price 1997, s. 237). Fatalistinen vastaväite on lähellä *bilking*-argumenttia, mikäli saavutettavuutta ajatellaan samalla tavalla, ja silloin fatalistinen vastaväite palautuu kausaaliseksi paradoksiksi. Jos taas kyseessä ei ole saavutettavissa oleva tieto, eli jo määrätty ei tarkoita saavutettavissa olevaa, yksi mahdollisuus olisi kieltää vapaan tahdon olemassaolo. Vapaa tahto voi olla antroposentrinen käsitys, jota ei löydy objektiivisesti luonnosta. (Mt., s. 245.)

Pricen mukaan hiukkasen tilaan voi vaikuttaa sekä sen menneisyys että sen tulevaisuus tai kohtalo (*fate*) (Price 1997 s. 240). Tulevaisuuden vaikutus rikkoo Bellin itsenäisyysoletuksen. Pricen mukaan kvanttimekaniikassa *bilking*-argumentin voi välttää siinä olevan porsaanreiän avulla: kun retrokausaliteetissa hiukkasen ominaisuus riippuu tulevaisuuden mittauksesta, mittaus, joka on syy, on aina tapahtunut ennen kuin efekti voidaan huomata (mt., s. 247.) Ei ole sellaista tilannetta, jossa voitaisiin havaita seurauksen tapahtuneen ennen kuin syy on tapahtunut, koska juuri mittaus toimii

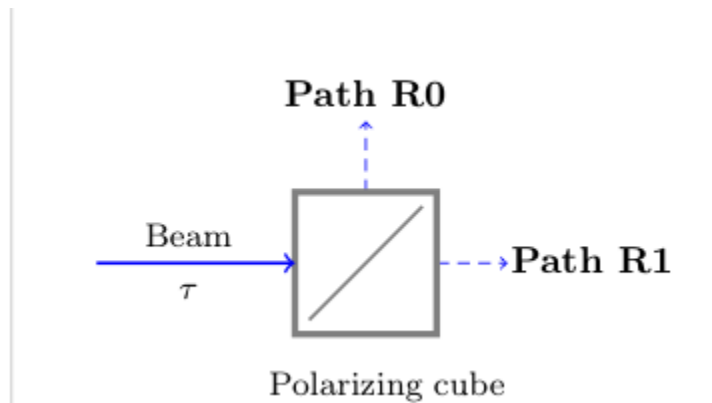
syynä. Tällaisessa tapauksessa menneet tapahtumat eivät ole saavutettavissa olevia ennen kuin niiden syyt tapahtuvat (Price 1984, s. 315).

Retrokausaliteetti välttää kaukovaikutuksen ja sitä myötä ristiriidan erityisen suhteellisuusteorian kanssa, koska hiukkasten sisältämä ominaisuus tulevaisuuden mittauksesta sisältyy niiden menneisyyden valokartioihin (*past light cone*) (Price 1997, s. 247). Pricen mukaan se, että ihmisen tulevaisuudessa tapahtuva mittausasetuksen valinta vaikuttaa hiukkasen tilaan ei eroa paljoakaan samasta tapahtumasta, joka tapahtuu vastakkaiseen ajalliseen suuntaan, eli siten, miten kausaation normaalisti näemme (mt., s. 249–250).

Yhteenvedona argumentit retrokausaliteetin puolesta ovat ajallinen symmetria, vapaan tahdon pelastaminen, erityisen suhteellisuusteorian noudattaminen, porsaanreikä bilking-argumentissa ja mikroviattomuuden käsitteen hylkääminen. Ihmisen normaalista ajallisesta näkökulmasta katsottuna kvanttimekaniikka tarjoaa Pricen mukaan täydellisen kuvauksen maailmasta, mutta ajattomasta näkökulmasta katsottuna epätäydellisen kuvauksen. Ihmisen näkökulma on vain osittainen. (Price 1997, s. 259.)

3.4 Valon kvantittuminen ja retrokausaliteetti

Pricen ja Whartonin mukaan Einstein ei pitänyt siitä ajatuksesta, mikä Kööpenhaminan koululla oli kvanttifysiikasta. Hänen mielestään kvanttimekaniikka oli liian aavemaista. Pricen ja Whartonin mielestä Einstein saattoi olla tässä asiassa oikeassa. Heidän teoriansa retrokausaliteetista nojaa valon kvantittumiselle, jonka Einstein keksi vuonna 1905, sekä Bellin teoriassa olevaan porsaanreikään. (Price & Wharton 2013, s. 1–2.) Einsteinin kuvaan kvanttifysiikasta sopii retrokausaliteetti, koska retrokausaliteetti on piilomuuttujateoria ja Einstein kannatti piilomuuttujateorioita. Pricen ja Whartonin mukaan ajallisesta symmetriasta ei voida suoraan johtaa retrokausaliteettia, mutta se on retrokausaliteetin ehto. Heidän mukaansa valon kvantittuminen ja ajallinen symmetria implikoivat retrokausaliteettia. (Mt., s. 2–4.)

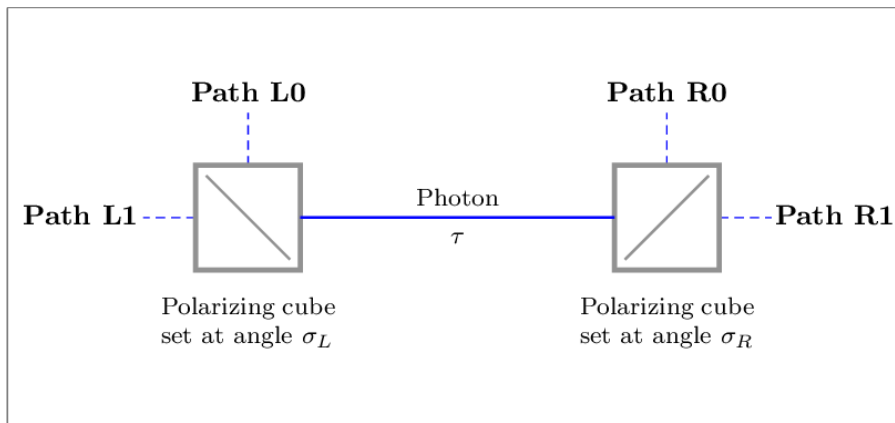


Kuva 1

Kun polarisoivaan kuutioon johdetaan polarisoitunutta valoa, päästää se osan valosta läpi R1-polulle ja heijastaa osan valosta R0-polulle, riippuen polarisaation kulman asteesta (kuva 1). Sama voidaan tehdä myös ajallisesti toisinpäin: polarisoiva kuutio voi tehdä kahdesta sisään tulevästä valonsäteestä yhden ulos tulevan säteen. Einsteinin keksintö oli, että valokvantin eli fotonin kohdalla sama ei enää toimikaan. Kun mennään tarpeeksi pienelle tasolle, polarisoivan kuution läpi kulkeva fotoni ei jakaudu kahdelle eri polulle, vaan löytyy jommaltakummalta. Kööpenhaminan tulkinnan mukaan mittauksessa tapahtuu romahdus, jonka takia valokvantti löytyy vain toiselta polulta. (Price & Wharton 2013, s. 5–6.)

Pricen ja Whartonin mukaan ajallinen symmetria on käytännössä fundamentaalista, koska mikroskooppisella tasolla toimii niin sanottu CPT-symmetria (jossa T tarkoittaa ajan suunnan kääntämistä), jota pidetään yleisesti fundamentaalisenä ominaisuutena ja ”se on ekvivalentti ajalliselle symmetrialle tapauksissa, joista tässä puhutaan” (Price & Wharton 2013, s. 7–8). Silti kvanttimekaniikkaa koskevat teoriat ovat usein ajallisesti epäsymmetrisiä. Symmetria voidaan testata kuvittelemalla, että prosessi kuvataan videolle. Mikäli jokin prosessi ei näytä olevan lainmukainen, on video soitettu väärinpäin. Jos taas kyseessä on symmetrinen prosessi, ei voida huomata, soitetaanko videota etu- vai takaperin. (Mt., s. 8.)

Kuvassa 2 fotoni tuli laitteeseen L1-polulta ja havaittiin R1-polulla. Sisään- ja ulostulon välillä fotonin polarisaatio on $\tau = \sigma L$. Jos kyseinen prosessi katsottaisiin videolta toisinpäin, näkisimme fotonin, joka tulee sisään kuutiosta, joka on asetettu σR :ään ja poistuu kuutiosta, joka on asetettu σL :ään ja jonka polarisaatio välissä on edelleen $\tau = \sigma L$. Tämä on laitton prosessi, ellei σL ole sama kuin σR . Epäsymmetria johtuu valon kvantittumisesta: perinteisessä prosessissa, jossa valoa ei käsitellä yksittäisinä fotoneina, vaan isompina paketteina, valo voi aina jakaantua ja prosessi on siksi symmetrinen. Yksittäinen fotoni ei voi jakaantua. (Price & Wharton 2013, s. 8–9.)



Kuva 2

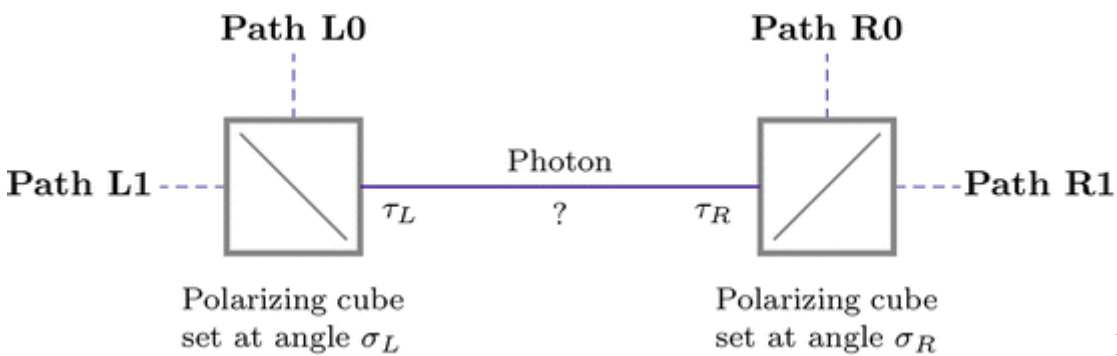
3.4.1 Signaalien lähettäminen

Kuvan 2 mukaisesti voidaan lähettää signaaleja vasemmalta oikealle, eli menneisyydestä tulevaisuuteen, muttei toisinpäin, tulevaisuudesta menneisyyteen, vaikka alla vaikuttavat fysiikan lait ovat symmetrisiä. Tämä johtuu siitä, että voimme kontrolloida vasemmalla puolelta, tuleeko signaali L0- vai L1-polulta. Seuraavaksi kuvitellaan Demoni, joka voi kontrolloida näitä sisääntulojen voimakkuuksia. Demonilla on siis sama kontrolli vasemmalla kuin luonnolla on oikealla. Nyt emme voi itse kontrolloida kumpaakaan puolta kokeesta. Demoni tietää, mikä asetus vasemmalla olevaan polarisoivaan kuutioon on valittu. Demoni voi nyt lähettää signaaleja tulevaisuuteen, koska voi säädellä sisään tulevien säteiden L0 ja L1 kummankin voimakkuuksia. Me emme kuitenkaan voi lähettää signaalia menneisyyteen, koska luonto päättää ulos tulevien valonsäteiden voimakkuuden R0 ja R1, emmekä voi kontrolloida niitä. (Price & Wharton 2013, s. 9–10.)

Kun Demoni kvantitetaan, eli valon annetaan tulla vain toisesta sisääntulosta L0 tai L1, mutta ei molemmista, meillä on paljon enemmän kontrollia, mutta emme voi edelleenkään lähettää viestiä tulevaisuuteen. Voimme muuttaa polarisoivan kuution kulmaa ja siten vaikuttaa τ :ään. Se on joko sama kuin polarisoivan kuution kulma tai se $+90$ astetta. Kvantittaminen antaa meille mahdollisuuden vaikuttaa osittain τ :hen. Jos luonnolle asetetaan sama rajoite, eli se voi valita vain R0 tai R1, voimme osittain vaikuttaa oikealta vasemmalle valitsemalla σ_R :n kulman. (Price & Wharton 2013, s. 10.) ”Jos alla oleva fysiikka on ajallisesti symmetristä, ja jos vasemmalla olevat ulostulot on kvantitettu, σ_R :n kontrolloiminen antaa meille jotakin kontrollia fotonin polarisaatioon juuri ennen kuin se saavuttaa oikeanpuoleisen kuution! (mt., s. 10).”

Kun oikealla olevan polarisoivan kuution asetusta valitaan, on meillä mahdollisuus vaikuttaa vähän menneisyyteen. Kyseessä on retrokausaliteetti. Price ja Wharton toteavat, ettei tämä tulos vielä

hetkauta niitä, jotka ovat valmiita hyväksymään kvanttifysiikan aaltofunktion outouden mieluummin kuin retrokausaliteetin. Kirjoittajat arvelevat kuitenkin, että Einsteinia ajatus olisi saattanut kiinnostaa. Teoria ei johda retrokausaliteetin paradokseihin, koska taaksepäin signaloiminen ei sen mukaan ole mahdollista. Meillä ei ole tarpeeksi kontrollia, että voisimme lähettää viestin menneisyyteen. Kuvassa 3 Demonin on aina mahdollista muuttaa signaalia niin, että se muuttuu päinvastaiseksi. Koska emme siis voi signaloida kuvan 3 mukaan vasemmalta oikealle, ei se symmetrian mukaan onnistu myöskään oikealta vasemmalle. Voimme kuitenkin osittain kontrolloida menneisyyden piilomuuttujia muuttamalla polarisoivan kuution kulmaa. (Price & Wharton 2013, s. 12–14.)



Kuva 3

3.5 Siksak-kausaatio

O. Costa de Beauregardin sanotaan olevan ensimmäinen, joka ehdotti retrokausaliteettia kvanttimekaniikan ilmiöiden selittämiseen (Price 2008a, s. 753 alaviite), mutta toinen vielä häntä ennen asiaan perehtynyt saattoi olla Grete Henry-Hermann (Price 2008b).

Price ja Wharton kirjoittavat, että Costa de Beauregardin mukaan kaukovaikutus voitaisiin välttää taaksepäin suuntautuvan kausaation avulla. Mikäli Bellin teoreemasta jätetään itsenäisyysoletus pois, voidaan käyttää retrokausaliteettia ja sen avulla välttää kaukovaikutus. Costa de Beauregard ehdotti siksak-kausaatiota (*zigzag causation*), jossa vaikutus kulkee siksak-polkua tapahtumien menneiden valokartioiden toisensa leikkaavien osioiden kautta. (Price & Wharton 2015b, s. 7752.) Vaikutus ei siis kulje suoraan hiukkaselta toiselle (tämä olisi kaukovaikutusta), vaan sen menneisyyden pisteen kautta, jossa hiukkaset ovat olleet vuorovaikutuksessa. Vaikutus kulkee katkeamatonta polkua hiukkasten ratoja pitkin.

Siksak-mallissa lokaalisuus voidaan nähdä kahdella eri tavalla: jos ajatellaan, että lokaalisuus tarkoittaa sitä, että toinen mittaus ei voi vaikuttaa toiseen hiukkasen samanaikaiseen mittaukseen

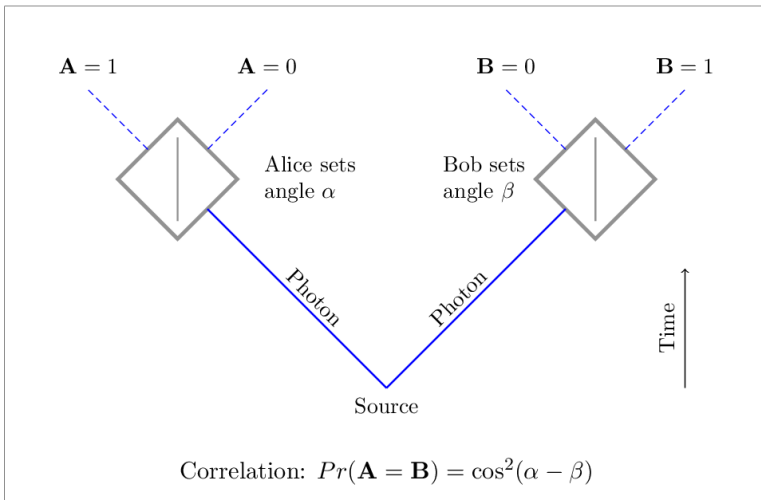
ollenkaan, teoria ei ole lokaali. Jos taas lokaaliudella tarkoitetaan, että mittausten välisten vaikutuksen täytyy tapahtua jatkuvana ketjuna valon nopeutta alhaisemmalla vauhdilla, siksak on lokaalia. Costa de Beauregardin siksak-malli on lokaali jälkimmäisessä mielessä. (Price & Wharton 2015b, s. 7755.)

3.5.1 Peilikuvaesimerkki

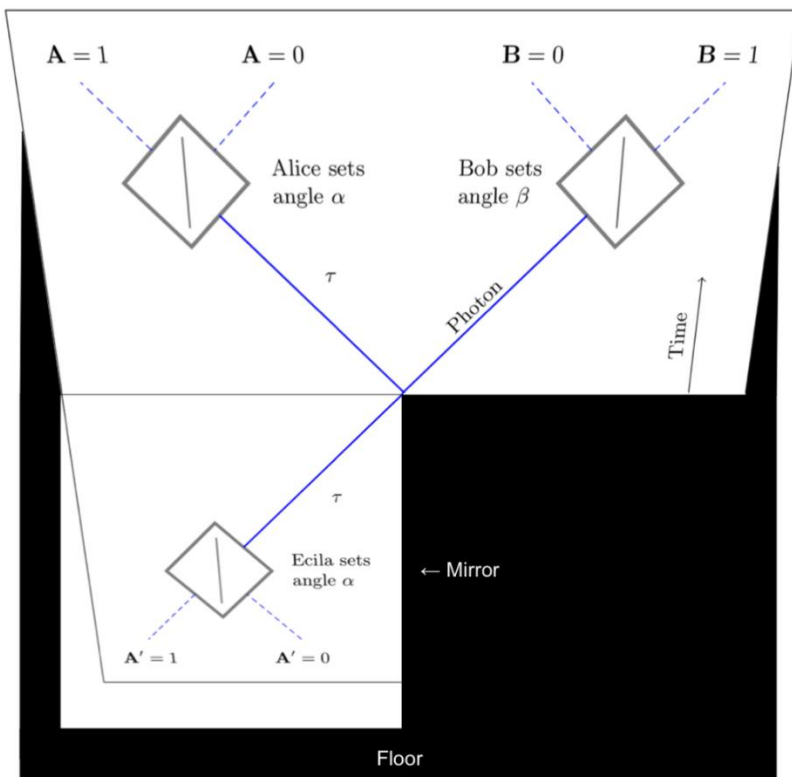
Siksak-kausaatiota voidaan havainnollistaa peilikuvamallin avulla. Mallissa toisen hiukkasen mittausta voi vaikuttaa toiseen hiukkaseen retrokausaalisesti ja epäsuorasti, eli ilman kaukovaikutusta, menneisyyden yhteisen lähteen kautta. Malli on samantapainen kuin edellä, valon kvantittumista kuvaavassa kappaleessa.

Alicella ja Bobilla on polarisoivat kuutiot, jotka klassisella tasolla jakavat valonsäteen kahdeksi säteeksi, paitsi jos tuleva säde on polarisoitu kuution asetuskulman mukaan, jolloin kaikki ulos tuleva valo on yhtenä säteenä. Sama toimii myös toisinpäin, polarisoiva kuutio voi yhdistää kaksi tulevaa valonsädettä yhdeksi lähteväksi säteeksi. Kvanttitasolla kyse ei ole enää valonsäteistä, vaan yksittäisistä fotoneista, jotka eivät enää jakaannu. Kun lähteestä lähetetään kaksi fotonia, fotoniparin kumpikin foton löytyy kokonaan toiselta kokeen polulta. Lomittuneiden fotonien yksittäiset mittaustulokset näyttävät täysin satunnaisina. (Price & Wharton 2015b, s. 7755–7756.)

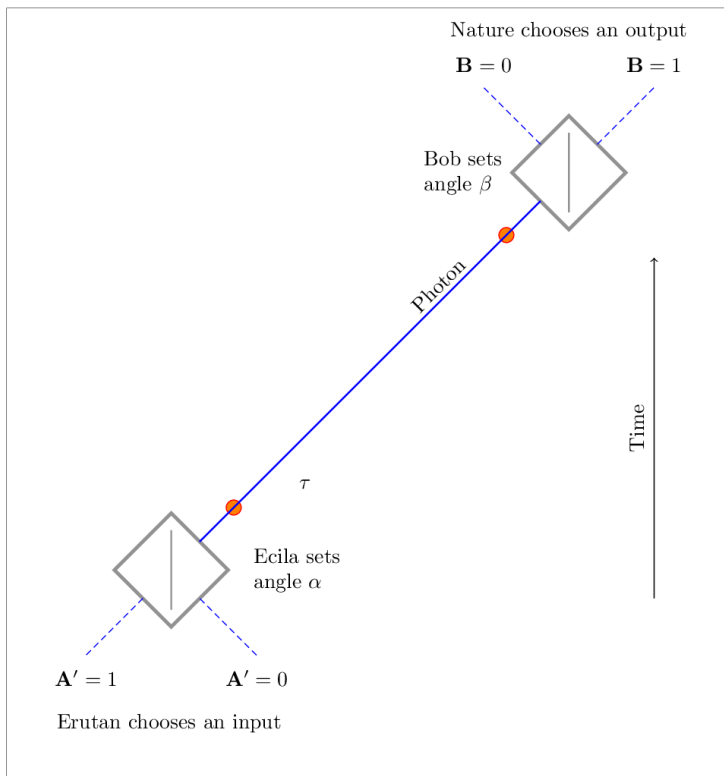
Peilikuvassa sama kahden fotonin koeasetelma peilataan Alicen puolelta (kuva 5). Bobin puolella ei ole peiliä. Uudessa koeasetelmassa fotonit matkaa Alicelta Bobille kahden polarisoivan kuution läpi. Kutsutaan tätä ajallisesti päinvastaista puolta Ecilaksi. Alicen ulostulot ovat Ecilan sisääntuloja. Luonto määrittää Alicen ulostulot kuvassa 4, joten kuvassa 6 kyse on Erutanin (*nature* eli luonto väärinpäin) sisääntulojen valinnasta. Korrelaatiot Alicen ja Bobin ulostulojen kuvassa 4 ja Ecilan sisääntulon ja Bobin ulostulon kuvassa 6 välillä ovat tismalleen samoja. Fotonin polarisaatio riippuu Erutanin sattumanvaraisesta sisääntulosta ja Ecilan mittaustulosta. Polarisaatio taas vaikuttaa Bobin mittauksen lopputulokseen yhdessä Bobin mittaustulosten kanssa. Fotonin polarisaatio yhdistää molemmat kokeet ilman kaukovaikutusta. (Price & Wharton 2015b, s. 7756–7758.)



Kuva 4



Kuva 5



Kuva 6

Kyse on EPR-tyylisestä kokeesta. Yllä olevan peilikuvamallin avulla on tarkoitus ymmärtää paremmin Beauregardin siksak-kausaatiota. Kuvan 4 fotonille pitää määrittää ominaisuus polarisaatio ennen kuin fotoni saavuttaa Alicen polarisoivan kuution. Jos fotonin polarisaatio on vakio koko siksak-polun läpi Alicelta Bobille se propagoi vaikutuksen Bobille. Sekä Ecilan että Alicen mittausvalinnat vaikuttavat fotonin Bobin kuution alueella. Ecila kontrolloi fotonin polarisaatiota sen jälkeen, kun fotoni lähtee hänen kuutiostaan. Alicen taas täytyy kontrolloida fotonin polarisaatiota ennen kuin se tulee Alicen kuutioon. (Price & Wharton 2015b, s. 7758.)

3.5.2 Vastauksia ongelmiin

Kolme vastalauseetta tälle siksak-mallille ovat: 1. miksei Alice voi lähettää signaalia Bobille, jos kerran Alice voi vaikuttaa fotonin polarisaatioon Bobin puolella koetta, 2. miksi Alice voi vaikuttaa fotonin polarisaatioon, mutta Bob ei ja 3. eikö siksak-malli ole vain uusi versio superdeterminismistä. (Price & Wharton 2015b, s. 7759.)

Ensimmäisessä kohdassa voidaan käyttää apuna taas peilikuvamallia, eli miettiä, voiko Ecila lähettää signaalin Bobille. Mikäli Ecila pystyisi säätelemään, kumman polun sisään tuleva fotoni valitsee, Ecila voisi täysin kontrolloida fotonin polarisaatiota ja sen avulla lähettää viestin Bobille. Sama toimisi myös, jos fotonit tulisivat aina samasta polusta. Kuitenkin Erutanin puuttuessa peliin

on täysin sattumanvaraista, kummasta kanavasta fotoni saapuu, joten Ecilan ei ole mahdollista lähettää viestiä. Ecilalla on kuitenkin kausaalinen mahdollisuus vaikuttaa fotonin polarisaatioon vaikuttamalla polarisoivan kuution asetuksiin. Samalla tavalla Alicen ei ole mahdollista lähettää viestiä Bobille, vaikka Alicella on mahdollisuus kausaalisesti vaikuttaa fotonin. (Price & Wharton 2015b, s. 7759–7760.)

Toisessa vastaväitteessä Alicella on retrokausaalista kontrollia fotonin polarisaatiosta, mutta Bobilla ei. Tämä on avaruudellisesti epäsymmetristä. Yksi tapa on kaksinkertaistaa fotonin ominaisuudet, niin että sekä Alicella että Bobilla on jokin kontrolloitava ominaisuus. Toisen vastauksen mukaan kontrolloitavan ominaisuuden ei tarvitse olla vakio. Sekä Alice että Bob voivat kontrolloida sitä, mutta sen arvo voi muuttua. Kolmas ehdotus on, että fotonin polarisaatio ei ole oikea parametri, vaan kuvaa sitä tietoa, mitä meillä on systeemistä. Siksak-malli myös poistaa ajallisen epäsymmetrian, koska Ecilalla ja Bobilla on molemmilla kontrollia. (Price & Wharton 2015b, s. 7761.)

Kolmanteen vastaväitteeseen Price ja Wharton vastaavat, ettei retrokausalityyppi johda superdeterminismiin, koska sen mukaan Alice ja Bob valitsevat itse mittausasetuksensa ja vaikuttavat niillä fotonin polarisaation aiempiin arvoihin. Se sallii myös kausaation interventionistisesta näkökulmasta, koska agentit Bob ja Alice ovat vapaita valitsemaan mittausasetukset ja sitä kautta vaikuttamaan kokeen tulokseen. Retrokausalityyppi ei myöskään nojaa selittämättömille uusille piilomuuttujille, vaan kaikki muuttujat voidaan selittää mallin sisällä. (Price & Wharton 2015b, s. 7762–7763.)

3.6 Helsinki-malli

Helsinki-malli on Pricen lelumalli (*toy model*) retrokausalityyppiin. Sen tarkoituksena on selventää retrokausalityyppiä ja käänteisen kausaation (*reverse causation*) eroa ja toimia alkuna kvanttimekaanisen retrokausalityyppiä mallille ja apuna retrokausalityyppiä hahmottamiselle (Price 2008a s. 752–754). Price toivoo tekstin lopussa, että mallia kehitettäisiin eteenpäin (mt., s. 760–761). Mallin nimi on Helsinki-malli, koska Price keksi sen ollessaan jumissa Helsinki-Vantaan lentokentällä. Lisäksi se toimii vaihtoehtona Kööpenhaminan mallille. Kööpenhamina on ilmeisesti Pricen näkökulmasta samoilla seuduilla Helsingin kanssa. (Mt., s. 754–755 alaviite.)

Helsinki-malli on periaatteessa ajallisesti symmetrinen, mutta siihen voidaan lisätä ajallisesti epäsymmetriset sisääntulot, joita voidaan kontrolloida, ja ulostulot, joiden arvot voidaan lukea.

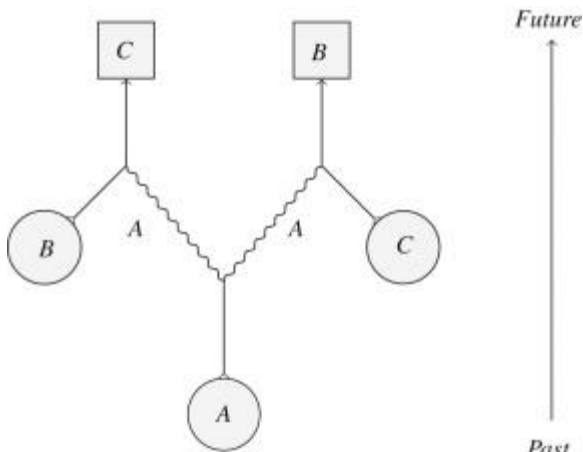
Näitä Price kutsuu interventioiksi ja havainnoiksi. Kausaation suuntaa voidaan mallissa vaihtaa helposti käsin. (Price 2008a, s. 755.)

Mikä sitten on käänteisen kausaation ja retrokausaliteetin ero? Käänteinen kausaatio saadaan aikaan keinotekoisesti vaihtamalla kausaation suunta aika-akselilla siten, että interventiot tapahtuvat meistä katsottuna ”suunnasta tulevaisuus” ja havainnot ”suuntaan menneisyys”. Vastakkaisen aikakäsityksen omaavalla olennolla olisi käänteinen käsitys kausaatiosta. Retrokausaliteetissa taas myöhempi interventio vaikuttaa aiempaan piilomuuttujaan, eli parinmuodostuksen jälkeen myöhempi interventio muuttaa taaksepäin piilomuuttujan arvoa. (Price 2008a, s. 755–756.) Seuraavassa esitetään, miksi Helsinki-malli vaatii toimiakseen nimenomaan retrokausaliteettia.

3.6.1 Mallia koskevat säännöt

Mallissa on kahdenlaisia solmuja, eli kahdenlaisia alkeellista interaktioita: parin annihilaatioita ja parin produktioita. Solmut koostuvat kolmesta särmästä, joista jokaisella on oma ”maku”, A, B tai C. Särmit ovat partikkeleiden maailmanviivoja, eli hiukkasen paikkoja eri ajanhetkillä. Jokaisen solmun on oltava homogeeninen, eli koostuttava kokonaan samoista mauista tai heterogeeninen, eli kaikkien särmien on oltava eri makuisia. Parin produktion ja parin annihilaation on vaihdeltava, eli kahta produktiota tai annihilaatiota ei voi olla peräkkäin. Myöskään homogeenisiä solmuja ei voi olla useaa peräjälkeen. Kun mallille asetetaan aika-akseli, voidaan ajatella, että sisääntuloja voidaan kontrolloida ja ulostuloista lukea tulokset. Toiseen päähän solmuja voidaan siis lisätä interventiot, joihin voidaan vaikuttaa ja toiseen päähän havainnot, jotka voidaan lukea. Kiharat viivat ovat piilomuuttujia. Kun toinen sisääntulo ja ulostulo ovat tiedossa, voidaan päätellä piilomuuttujan arvo. Eli kun mittauksen ja havainnot arvot tiedetään, voidaan päätellä kolmannen särmän arvo. (kuva 7) (Price 2008a, s. 754–755.)

Kun mallin symmetrisyys otetaan huomioon, erilaisia sisääntuloja on mallissa neljä erilaista kolmen sarjaa. Nämä vaihtoehdot ovat kuvan 7 kohdalla AAA, AAB, BAB ja BAC. Etsitään, mitkä yhdeksästä piilomuuttujan arvosta (AA), (AB), (AC), (BA), (BB), (BC), (CA), (CB), (CC) sopivat yhteen näiden sisääntulojen kohdalla. Ainoat vaihtoehdot ovat (AA), (BC) ja (CB), koska olemme päättäneet, että keskellä oleva sisääntulo on A. (Price 2008a, s. 757.) Kuvan 8 taulukossa näkyvät mahdolliset sisääntulot ja piilomuuttujien arvot. Sisääntulot AAA ja AAB eivät sovi yhteen piilomuuttujan arvon (AA) kanssa, koska kaksi homogeenistä solmua on muuten peräjälkeen.



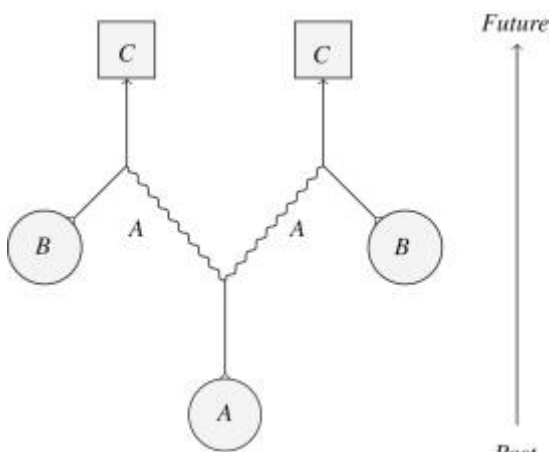
Kuva 7: ympyrät ovat interventioita ja neliöt

havaintoja, ympyrä A on parin produktio, ja ympyrät B ja C voidaan ajatella mittauksina. Kun tiedetään mittauksen ja ulostulon arvo, voidaan päätellä piilossa olevan sektorin arvo

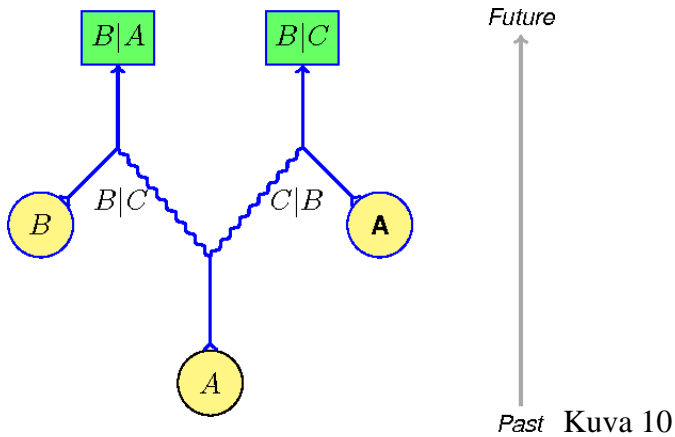
	$\langle AA \rangle$	$\langle BC \rangle$	$\langle CB \rangle$
$A_A A$	X	✓	✓
$A_A B$	X	✓	✓
$B_A B$	✓	✓	✓
$B_A C$	✓	✓	✓

Kuva 8

Kuvassa 9 piilomuuttujan arvo ei voisi olla (AA), jos jompikumpi oikealla tai vasemmalla olevista sisääntuloista olisi A. Kuvassa 10 sisääntulo A oikealla määrittää piilomuuttujien mahdollisiksi arvoiksi (BC), jolloin vasen ja oikea ulostulot ovat molemmat B, tai (CB), jolloin vasen ja oikea ulostulo ovat A ja C. Kuvan 9 mukaisessa tapauksessa piilomuuttujan arvo riippuu siis retrokausaalisesti siitä, että kumpikaan observoija ei valinnut sisääntuloksi A:ta B:n sijaan. (Price 2008a, s. 757–758.)



Kuva 9



3.6.2 Superdeterminismi ja retrokausalityetti

Esimerkki siitä, miten retrokausalityetteä ei oteta todellisena vaihtoehtona huomioon kvanttimekaniikan tulkinnoissa, on Pricen ja Whartonin vuoden 2015 kaukovaikutusta käsittelevässä kirjoituksessa. Tekstissä kerrotaan, että Roland Hansonin johtama tutkimustiimi on päässyt tuloksiin, joiden tulkitaan todistavan kaukovaikutuksen olemassaolo.

Tuloksia käsittelevissä keskusteluissa kaukovaikutuksen tilalle ainoaksi vaihtoehdoksi on esitetty superdeterminismia. Sitä ei yleensä haluta ehdottaa, koska superdeterminismi poistaisi vapaan tahdon mahdollisuuden. Price ja Wharton ihmettelevät, miksei superdeterminismin tilalla kaukovaikutuksen kilpailijaksi ehdoteta retrokausalityetteä. Retrokausalityeteissa ei ole vapaan tahdon ongelmaa, mutta se käyttää samaa Bellin teoreeman porsaanreikää kuin superdeterminismikin. (Price & Wharton 2015a.)

3.7 Yhteenveto

Pricen mielestä retrokausalityetti on hyvä vaihtoehto kvanttimekaniikan outouksien, kuten lomittumisen selittämiseksi. Vaihtoehtoa on turhaan vähätelty muun muassa siksi, että sen ajatellaan johtavan paradokseihin. Retrokausalityetti ei myöskään tunnu monista intuitiivisesti uskottavalta, koska emme näe taaksepäin suuntautuvaa kausalityetteä jokapäiväisessä elämässämme. Pricen mukaan retrokausalityetti voisi olla teoria, jonka Einstein olisi hyväksynyt. Retrokausalityetti säilyttää vapaan tahdon, koska voimme mittaasetusta vaihtamalla vaikuttaa ajassa taaksepäin.

Retrokausaliteetti sopii myös yhteen erityisen suhteellisuusteorian kanssa. Ajassa eteenpäin signalointi ei kuitenkaan ole sen mukaan mahdollista, joten vältetään monilta retrokausaalisilta paradokseilta. Retrokausaliteetti tulisi Pricen mukaan ottaa huomioon kvanttifysiikan löydöksistä puhuttaessa. Se sopii yhteen myös sen perusidean kanssa, että fysiikka on mikrotasolla symmetristä.

Retrokausaliteetti voi tuntua intuitiivisesti mahdottomalta, mutta niin on tuntunut moni muukin fysiikan löydös, ennen kuin ne on yleisesti hyväksytty. Pricen mukaan kausaliteetin suunta, jonka maailmassa näemme, on ihmisen fysiologiasta lähtöisin. Emme kykene näkemään maailmaa toisella tavalla ja siksi meidän on vaikea hahmottaa retrokausaliteettia. Suuria muutoksia ajattelutavassamme on kuitenkin tapahtunut ennenkin erilaisten tieteellisten vallankumousten muodossa (Price 1997, s. 5).

4. VASTAUKSIA

4.1 Johdanto

Tähän lukuun olen koonnut joitakin vastauksia, joita Pricen näkemyksille on esitetty. Ensimmäisessä kohdassa esittelen Peter W. Evansin tekstiä, joka tiivistää Pricen näkemyksiä ja kertoo, millainen metafyyminen asenne tarvitaan, jotta retrokausaliteetti sopisi siihen. Kohdassa 4.3 käyn läpi Phil Downen vastausta Pricelle. Toisin kuin Pricen mukaan, Downen mielestä haarukkaepäsymmetria on toimiva ratkaisu retrokausaliteetin tapauksessa. Dowe myös kritisoi Pricen perspektivististä näkemystä. Kohdassa 4.4 esittelen Jenann Ismaelin kirjoitusta, jossa Ismael arvostelee Pricen perspektivalismia. Lopuksi kohdassa 4.5 käyn läpi Richard Corryn vastausta Pricen Helsinki-mallille. Corry yrittää siinä ratkoa malliin liittyvää dispositioiden ongelmaa.

4.2 Evans

Peter W. Evans kirjoittaa artikkelissaan ”Retrocausality at no extra cost” metafyyisistä asenteista, joka mahdollistaa retrokausaalisen ajattelun, ja tiivistää samalla Pricen näkemyksiä retrokausaliteetista. Evans perustaa ajatuksensa kahdelle alkuoletukselle:

blokkiuniversuminäkemykselle ja interventionistiselle kausaatioteorialle. (Evans 2015, s. 1139.)

Myös Pricen näkemyksen lähtöoletus on blokkiuniversumi (Price 1997, s.15). Blokkiuniversumissa kaikki ajanhetket ovat yhtä tosia ja olemassa. Ajan ilmauksia voidaan ajatella samalla tavalla kuin paikan ilmaisuja: täällä ja tuolla ovat yhtä tosia kuin nyt ja silloin (mt., s. 12).

Manipulatiivisen kausaatioteorian mukaan manipuloimalla X:ää saadaan aikaan vaikutus Y:ssä. Interventionistinen teoria on manipulaatioteorian jatke. Siinä manipulaatiot nähdään interventioina. ”Interventio on ’kirurginen’ muutos muuttujan arvossa (Ismael 2015, s. 247)”. Interventiossa kaikki muu pysyy kiinnitettynä. Evans pitää kahta huomiota erityisen tärkeinä retrokausaliteetin kannalta: ensinnäkin, vaikka agentti ei pystyisikään todellisuudessa kaikissa tapauksissa manipuloimalla aiheuttamaan interventiota, tärkeintä on, että voimme käyttää kausaalisia käsitteitämme myös niissä tapauksissa, voimme siis kuvitella, mitä tapahtuisi, jos voisimme aiheuttaa intervention (Evans 2015, s. 1142). Tämä on lähellä Pricen ja Menziesin toimijuusteoriaa. Toiseksi interventionistinen

kuvaus ei nojaa tiettyyn ajan suuntaan. Episteeminen pääsy tulevaisuuteen tapahtuu manipulaation kautta. (Mt., s. 1143.)

Price kutsuu mikrobiattomuudeksi käsitystä, jonka mukaan mikrotasolla kaksi systeemiä ovat itsenäisiä ennen interaktiotaan, mutta korreloituneita sen jälkeen (Price 1997, s. 119–120).

Viattomuus toimii makrotasolla termodynaamisen nuolen takia, mutta mikrotasolla se on perustelematon oletus, joka perustuu alun satunnaisuuden oletukseen (*initial randomness assumption*). Sen mukaan muuttujien arvot ovat satunnaisia ennen niiden kohtaamista. (Evans 2015, s. 1144.)

Seuraavaksi Evans ottaa esille bilking-argumentin. Se ei toimi kvanttimekaniikassa, koska kun bilkingin aiheuttavaa mittausta ollaan tekemässä, romahtaa systeemin aaltofunktio ja syntyy uusi aaltofunktio. Ajan hetkellä t_0 systeemi on tilassa X ja hetkellä t_1 se tullaan mittaamaan. Systeemin aaltofunktio kehittyy Schrödingerin yhtälön mukaan, kunnes hetkellä t_1 , eli mittauksessa, se romahtaa. Kuvitellaan retrokausaalinen yhteys t_1 :stä t_0 :aan. Jotta tämä yhteys voidaan kuvitella, on meidän ajateltava piilomuuttujateorian kautta, koska Kööpenhaminan tulkinnessa t_0 ja t_1 välillä ei ole mitään korrelaatiota. Siispä aaltofunktiota on käsiteltävä episteemisesti: se kertoo systeemin mahdollisia arvoja. Jotta ns. bilking toimisi, täytyisi observoijan päästä käsiksi systeemiin hetkien t_0 ja t_1 välillä. Ongelma on, että mikä tahansa mittaus, joka systeemille tehdään, romahduttaa aaltofunktion. Uusi aaltofunktio ei kuvaa systeemin alkuperäistä tilaa. Observoija ei voi saada tietoa systeemistä muuttamatta sen tilaa, eikä piilomuuttujien arvoja voida tietää. Kvanttimekaniikka on siis yhteensopiva retrokausaliiteetin kanssa. (Evans 2015, s. 1147–1149.)

Evansin mukaan ei pidä ajatella, että voimme muuttaa tulevaisuutta, vaan että voimme vaikuttaa (*affect*) siihen. Blokkiuniversumin tapauksessa ei ole järkevää kysyä, miksi maailma oli sellainen kuin se oli ennen kuin muutimme sitä, koska kaikki ajanhetket ovat yhtä tosia. Voimme aiheuttaa (*bring about*) tulevaisuuden tapahtumia ja samalla tavalla myös retrokausalisesti menneisyyden tapahtumia, mutta emme voi muuttaa niitä. (Evans 2015, s. 1149–1150.) Miten tämä deterministinen ajatus blokkiuniversumista sopii yhteen sen ajatuksen kanssa, että agentteina voimme vaikuttaa tapahtumiin? Evans antaa ratkaisuksi Pricen perspektivalistisen näkemyksen. Blokkiuniversumin katsominen ulkopuolelta antaa erilaisen kuvan kuin sen sisäpuolelta. Sisäpuolelta katsottuna meillä ihmisillä on rajallinen episteeminen pääsy eri osiin blokkia. Kausaaliset käsitykset riippuvat tietämättömyyden asteesta. (Mt., s. 1150–1151.)

Evans esittelee seuraavaksi Pricen näkemyksen harkinnasta ja sen eri osista. Evans kutsuu ei-tiedetyiksi (*unknowables*) joukkoa, joka sisältää kaikki vaihtoehdot. ”Harkitsija tekee kaksi

dikotomista jakoa: jaon fixtuurien ja vaihtoehtojen välille ja jaon tiedettyjen ja ei-tiedettyjen välille. Joukko tiedetyt on fixtuurien alajoukko ja joukko vaihtoehtot on ei-tiedettyjen alajoukko (Evans 2015, s. 1151).” Koska voimme käyttää harkintaa vain tulevaisuuden tekoja kohtaan, suorat vaihtoehtot ovat osa tulevaisuutta, mutta eivät menneisyyttä. Yleensä pidämme menneisyyden kiinnitettynä ja ajattelemme, että menneisyyden tapahtumat kuuluvat fixtuureihin. Kuitenkin bilking-argumentin vasta-argumentissa osan menneisyydestä ajatellaan olevan episteemisesti saavuttamattomissa (*inaccessible*). Ei-tiedetyt tapahtumat eivät välttämättä kuulu fixtuureihin ja voivat siis olla epäsuoria vaihtoehtoja. Kvanttimekaniikan piilomuuttujat kuuluvat ei-tiedettyihin ja voisivat kuulua epäsuoriin vaihtoehtoihin, jolloin ne kuuluisivat asioihin, joihin voi vaikuttaa, mutta jotka ovat menneisyydessä. Koska suorat vaihtoehtot ovat tulevaisuudessa, mutta eivät menneisyydessä, retrokausaliteetti ei ole vain kausaliteettia toiseen ajalliseen suuntaan käännettynä. (Mt., s. 1151–1152.) ”It is the extent of our ignorance, of both the future and of the complete set of prior causes of our actions, that creates the illusion, so to speak, of free choice (mt., s. 1153).”

Tiivistettynä Evansin metafysiset lähtökodot ovat blokkiuniversuminäkemyks ja interventionistinen kausaliteettinäkemys. Seuraavaksi hän selittää, miksi makroskooppista kausaliteetikäsitystä ei voida suoraan viedä mikrotasolle. Hän kumoaa bilking-argumentin toteamalla, ettei kaikki menneisyydessä ole tiedettyjen asioiden joukossa. Näistä hän vetää johtopäätöksen, että retrokausaliteetti voisi olla mahdollinen. (Evans 2015)

4.3 Dowe

Phil Dowe kritisoi artikkelissaan ”Backwards Causation and the Direction of Causal Processes” Pricen perspektivalistista käsitystä ja puolustaa Reichenbachin haarukkaepäsymmetriateoriaa Pricen vastaväitteitä vastaan. Pricen mukaan kausaatio on samalla tavalla subjektiivista kuin värit: alkuun se vaikuttaa objektiiviselta asialta maailmassa, mutta kun asiaa tarkastellaan lähemmin, huomataan, että kyse on osittain subjektiivisesta asiasta. Dowe mukaan subjektiivinen kausaliteettinäkemys ei kuitenkaan toimi taaksepäin suuntautuvan kausaation tapauksessa, koska subjektiiviset asiat eivät voi esiintyä fysikaalisissa teorioissa, kuten kvanttimekaniikassa. Dowe selittää, että värin tapauksessa juuri se, että värit eivät esiinny fysikaalisissa teorioissa, tekee niistä subjektiivisia. Kausaliteetti kuitenkin esiintyy fysiikan teorioissa, joten sen on oltava objektiivista. Pricen mukaan emme ole vapaita näkemään asioita toisella tavalla, joten kausaalinen epäsymmetria on ”objektivoitu”. (Dowe 1996, s. 234.) Agentin voisi olla mahdollista harkita menneisyyteen, mikäli

agentin ei olisi mahdollista tiedollisesti päästä käsiksi tekoja aiempiin seurauksiin. Downen mukaan Pricen vastaus ei ole tyydyttävä. Dowe kysyy, onko meidän välttämätöntä pitää kausaliteettia taaksepäin suuntautuvana Bellin kokeissa. Jos sekä eteenpäin että taaksepäin suuntautuva kausaliteetti ovat mahdollisia, miksi taaksepäin suuntautuva olisi objektiivisempi? Porsaanreikä bilking-argumentissa tekee taaksepäin suuntautuvasta kausaatiosta mahdollisuuden, mutta ei ainoaa mahdollista tulkintaa. (Mt., s. 234–235.) Jos taas meidän olisi pakko pitää kausaliteettia taaksepäin suuntautuvana, seuraava kysymys olisi, ”onko perspektiivimme täysin fysikaalisen systeemin piirteiden objektiivisempää, vai ei (mt., s. 236)?” Jos vastaus on ei, ”paljastettu objektiivisuus ei ole tarpeeksi objektiivista (mt., s. 236)”.

Pricen mielestä haarukkaepäsymmetria johtuu termodynaamisesta epäsymmetriasta ja on siksi makroskooppista. Mikäli kausaliteetti nojaa tähän haarukkaepäsymmetriaan, pitää senkin olla makroskooppista. Näin ei kuitenkaan voi olla, koska on luontevaa ajatella, että makrokausaliteetti muodostuu pienistä osista mikrokausaliteettia. Myös fyysikot puhuvat mikrotason kausaliteetista. Downen mukaan entropia voi kuitenkin päteä myös mikroskooppiseen systeemiin. Epäsymmetria näkyy siis myös mikrotasolla. (Dowe 1996, s. 239–240.)

4.3.1 Price

Price vastaa artikkelissaan ”Backward Causation and the Direction of Causal Processes: Reply to Dowe” Downen esittämään kritiikkiin ja kritisoi Downen omaa haarukkaepäsymmetrianäkemyksiä. Perspektiivismin kritisointiin Price vastaa, ettei kvanttimestriikassa olevien korrelaatioiden tarvitse olla objektiivisesti kausaalisia, vaan tarvitaan vain tietynlaisia korrelaatioita aiempien systeemin tilojen ja myöhempien mittaasetusten kanssa. Esimerkiksi Price ottaa Russellin, jonka mukaan kausaalinen puhe pitäisi poistaa fysiikasta. Vaikka Russell kieltäisi sen, että on objektiivisesti kausaalista, että juuri jäävuori upotti Titanicin, eikä esimerkiksi valas, voi Russell kuitenkin sanoa tapahtumien välillä olevan korrelaatioita. Kvanttimekaniikassa taaksepäin suuntautuva kausaatio ei vaadi objektiivista kausaation suuntaa, vaan oikeanlaisia korrelaatioita. (Price 1996, s. 468–469.)

Pricen mukaan Dowe sekoittaa keskenään kaksi vaihtoehtoa taaksepäin suuntautuvalle kausaatiolle. Ensimmäisessä vaihtoehdossa on subjektiivisesti erilainen tulkinta korrelaatioista, toisessa on kyse objektiivisesti erilaisista korrelaatioista maailmassa. Ensimmäinen voisi esimerkiksi olla eteenpäin suuntautuvaa kausaatiota, toinen on yhteisen menneisyyden vaikutusta. (Price 1996, s. 469.) Vaikka

eteenpäin suuntautuva kausaatio nousisi oikeaksi vaihtoehdoksi, se ei vaikuttaisi siihen asiaan, että taaksepäin suuntautuvan kausaation hypoteesista on hyötyä kvanttimekaniikan tulkinnassa. Yhteisen menneisyyden hypoteesi taas on kilpaileva vaihtoehto taaksepäin suuntautuvalle kausaatiolle. (Mt., s. 470.)

Haarukkaepäsymmetriaan liittyen Dowe antaa esimerkin, jossa laatikossa neljä hiukkasta järjestäytyy neliöksi. Koska löydämme tällaisia järjestäytyneitä tiloja mikrotasolla, haarukkaepäsymmetria toimii Dowen mukaan myös siellä. (Dowe 1996, s. 240.) Pricen vastaesimerkissä pikselit, jotka muodostavat kuvan isosta nuolesta, ovat itsessään kuvallisia ja epäsymmetrisiä. Vaikka kuvan iso nuoli on epäsymmetrinen, eli se osoittaa vain yhteen suuntaan, voivat useat pienet nuolet, jotka sen muodostavat olla siinä mielessä symmetrisiä, että niitä on yhtä paljon osoittamassa vastakkaisiin suuntiin. Mikrotasolla epäsymmetriaa on vaikea löytää. (Price 1997, s. 471.)

4.4 Ismael

Jenann Ismael arvostelee Pricen perspektiivistä näkemystä kirjoituksessaan ”How do causes depend on us? The many faces of perspectivalism”. Ismael huomauttaa, että Price ei missään vaiheessa kerro, millä tavalla kausaliteetti on perspektiivistä. Price kyllä antaa useita esimerkkejä asiasta: esimerkiksi täällä–tuolla, ulkomaalainen–paikallinen, kaukana–lähellä. Pricen mukaan olioilla, joiden maailmassa entropian suunta olisi eri kuin meillä, olisi vastakkainen käsitys kausaliteetista. Ismael kirjoittaa, ettei tässä ole kuitenkaan kyse samalla tavalla kontekstuaalisista konsepteista kuin Pricen muissa esimerkeissä. Pricen määritelmästä ei käy ilmi, onko kyse meidän ihmisagenttien perspektiivistä vai minkä tahansa agentin perspektiivistä. Ei siis ole selvää, ovatko syy ja seuraus jäykkiä viittaajia. (Ismael 2016, s. 249–251.) Ismaelin mukaan tavalliseen tapamme käyttää kausaalisia konsepteja ei kuulu sen miettiminen, miten käyttäisimme konsepteja olioiden kanssa, joilla on erilainen entropian suunta kuin meillä (mt., s. 254).

Interventionismin ja manipulaatioteorioiden ero on se, että interventionismin mukaan kausaliteetti on täysin objektiivista, eikä millään tavalla ihmisestä riippuvaista. Interventionistien mukaan manipulaatioteoriat ovat liian antropomorfisia. (Ismael 2016, s. 255.) Pricen mukaan kausaation epäsymmetria taas on subjektiivista, se on ihmisen projektio maailmaan.

4.5 Corry

Richard Corry otti Pricen asettaman haasteen vastaan ja kehitti Pricen Helsinki-mallia eteenpäin. Aiemmin retrokausaalisten mallien ongelmaksi on esitetty, että piilomuuttujilla ei voi olla tarkkoja dispositioita. Kun piilomuuttujateorioiden ideana on juuri osoittaa kyseisten dispositioiden olemassaolo, voidaan kysyä, mitä virkaa on retrokausalisella mallilla, jos se ei pysty antamaan niitä. (Corry 2015, s. 2) Pricen mielestä ajatus valmiista dispositioista on hylättävä (mt., s. 6). Corryn mukaan on kuitenkin mahdollista tehdä malleja, jotka sisältävät määrättyjä dispositioita. Tähän Corry esittää avuksi finkiä dispositiota (*finkish disposition*) ja tarkemmin retrofinkejä (*retrofink*). Finkillä dispositiolla hän tarkoittaa, että hiukkasella saattaisi olla jokin dispositio mitattaessa, mutta kun mittaus oikeasti tehdään, menettää hiukkanen tämän ominaisuuden. Retrotapauksessa hiukkasella ei alun perinkään ollut kyseistä ominaisuutta. (Mt., s. 7) Vaihtoehto retrofinkeille on se, että hiukkasilla ei ole näitä ei-observeituja ominaisuuksia, eli muuttujien arvoja (mt., s. 8).

LOPUKSI

Pricen mukaan kausaation epäsymmetria on ihmiskeskeistä ja siihen liittyy agenttiuden käsite. Vapaalla teolla agentti voi suorittaa manipulaation, eli manipuloimalla yhtä asiaa vaikuttaa toiseen asiaan, jolloin on kyse kausaatiosta. Pricen mukaan kausaation kuuluukin olla antroposentristä, eli ihmisestä riippuvaista. Price kutsuu kausaaliseksi perspektivalismiksi käsitystä, jonka mukaan kausaliteetti on ihmisen ulkomaailmaan projisoimaa, ei luonnossa itsessään oleva asia.

Maaailmassa näkyvä epäsymmetria, kuten radiaation epäsymmetria, on termodynaamista ja johtuu entropian suunnasta. Epäsymmetria on alkuperältään makroskooppista, eikä näy mikrotasolla. Pricen mukaan entropian suunta vaikuttaa kokemaamme kausaation suuntaan. Jossakin muualla universumissa voisi olla paikkoja, joissa entropian suunta on eri kuin mihin olemme tottuneet. Tällaisilla alueilla ihmisen kaltaisilla agenteilla voisi olla vastakkainen käsitys kausaliteetin suunnasta. Koska ihminen on riippuvainen entropian suunnasta, perspektiivimme ei sallisi toisenlaista kausaation suuntaa.

Kausaliteetin epäsymmetria näkyy harkintaprosessimme epäsymmetriana. Voimme käyttää harkintaa tulevaisuuden, mutta emme menneisyyden asioita kohtaan. Pidämme menneisyyttä kiinnitettynä eli jo tai mahdollisesti tiedettynä, mutta tulevaisuutta avoimena, eli ei-tiedettynä. Mikäli menneisyyttä ei pidettäisi kiinnitettynä, olisi retrokausaliteetti mahdollista. Retrokausaliteetti tapahtuisi sillä alueella, jota meillä ei ole episteemisesti mahdollista saavuttaa.

Retrokausaatio sopii Pricen mukaan yhteen kvanttimekaniikan kanssa. Kvanttimekaniikan kaukovaikutus voidaan välttää ajassa taaksepäin suuntautuvalla kausaliteetilla eli retrokausaliteetilla. Silloin kahden hiukkasen käytös riippuu niille tulevaisuudessa tehtävän mittauksen mittauserästä. Kausaaliset paradoksit ja bilking-argumentti taas vältetään sillä, että osa menneisyydestä pidetään saavuttamattomissa olevana. Meillä ei ole mahdollisuutta tietää kaikista menneisyyden osa-alueista ja juuri näillä osa-alueilla kvanttimekaniikan piilomuuttajat toimivat.

Kontekstuaalisuutta vai subjektiivisuutta?

Onko Pricen teoriassa kyse kontekstuaalisuudesta vai subjektiivisuudesta? Price itse käyttää monia sanoja kannastaan. Hän puhuu perspektivalismin (esimerkiksi Price 2007) lisäksi

konventionalismista (esim. Price 1997), projektivismista (Price 1992b) ja subjektivismista (Price & Weslake 2010), muttei juurikaan kontekstuaalisuudesta, vaikka Pricen esimerkit perspektivalismista ovat kontekstiriippuvaisia ilmaisuja, kuten 'täällä' ja 'tuolla'.

Ismael huomauttaa, etteivät Pricen esimerkit kausaliteetin perspektivaalisuudesta ole linjassa hänen teorianensa kanssa (Ismael 2016, s. 246). Pricen esimerkeissä perspektivalismista on "tukahdutettu (*suppressed*) parametri, joka saa eri arvoja eri konteksteissa niin, että käsitteen ekstensio vaihtelee kontekstista toiseen" (Ismael 2016, s. 249, suluissa oleva käännös ei kuulu lainaukseen). Vaikka jossakin päin maailmankaikkeutta olisi olentoja, joille kausaliteetin ajallinen suunta olisi toinen, Ismaelin mukaan oleellista on, kutsuisimmeko me syiksi samoja asioita kuin nämä olennot. Voi olla, että syy ja seuraus ovat meille jäykkiä viittaajia, "silloin ei seuraisi, että konseptien (tai termien) 'syy' ja 'seuraus' ekstensioissa olisi kontekstuaalista vaihtelua konseptien 'me' ja 'he', tai 'paikallinen' ja 'ulkomaalainen', tai 'lähellä' ja 'kaukana' kontekstuaalisen vaihtelun kaltaisesti (mt., s. 251)".

Ismaelin mukaan Pricen esimerkeissä on kyse kontekstuaalisesta vaihtelusta, mutta Pricen argumenteissa tämä ei ole selvää (mt., s.252). Ihmisillä ei ole yhtenäistä kausaalista konseptia tai syyn käsitettä. Se on Ismaelin mukaan syy hylätä ajatus, että termejä syy ja seuraus "vastaavilla konsepteilla on tukahdutettu parametri, joka representoi käyttäjää (tai käytön kontekstia) (mt., s. 253)". Kausaliteetin konseptin käyttäjät eivät tiedä, että kausaliteetti riippuu heidän näkökulmastaan. Ismaelin mielestä kausaalisia konsepteja ei voida käyttää samalla tavalla kuin Pricen esimerkkisanoja, kuten 'täällä' ja 'tuolla'. "Käyttämillämme kausaalisilla käsitteillä on sisäänrakennettu suunta, joka määrittyy sen mukaan, miten asiat ovat täällä ja kysymyksiä siitä, miten ne pätevät olosuhteissa, joissa entropian gradientti on vastakkainen, ei vain synny (mt., s. 254)."

Ismaelin mielestä kausaliteetin tapauksessa ei siis tapahdu samanlaista kontekstuaalista vaihtelua kuin Pricen esimerkkisanojen kohdalla. Esimerkit ovat ristiriidassa käytännön kausaalisten konseptien käytön kanssa. Ismael vetoaa siihen, etteivät käyttäjät tiedä, miten heidän pitäisi kausaalisia konseptejaan käyttää tilanteessa, jossa entropian suunta on toinen. Tämä ei kuitenkaan välttämättä ole ristiriidassa sen kanssa, mitä Price sanoo. Pricen mukaan ihmisen on vaikea tai mahdoton huomata, että kausaliteetin suunta riippuu ihmisestä, koska se vaikuttaa objektiiviselta asialta. Näkökulman ulkopuolelle astuminen on vaikeaa. Sitä kuitenkin tarvitaan, jotta olisi helpompi ymmärtää taaksepäin suuntautuvaa kausaliteettia.

Toimijuusteoria-artikkelissa Price ja Menzies toteavat, että kausaliteetin tapauksessa voidaan käyttää jäykkää viittaajia. Mahdollisissa maailmoissa olevien kausaalisten suhteiden huomaamiseen tarvitaan aktuaalisen maailman ihmisten kykyjä, ei mahdollisen maailman mahdollisen agentin kykyjä. Vaikka tämä ei toimitakaan, vetoavat Menzies ja Price relatiivisuuteen. (Price & Menzies 1993, s. 198–199.) ”Vastauksemme on hyväksyä, että tällainen relatiivisuus on seuraus kyseessä olevista teorioista, mutta kieltää, että se on harmillista (mt., s. 199).”

En näe, miksi Pricen teorialle olisi ongelma, että tarvetta kausaliteetin käsitteen käyttämiselle vastakkaisen entropian tilanteessa ei synny. Teorian ideana on päästä oman näkökulmamme ulkopuolelle, omaksua ”the view from nowhere”, jotta retrokausaliteetin mahdollisuus tuntuisi luontevammalta. Teorian ideana ei käsittäkseni ole luoda sopivia tapoja käyttää kausaalisia käsitteitä toisenlaisen entropian maailmoissa. Pricen tarkoitus on osoittaa, että kokemamme kausaliteetin suunta on subjektiivinen ja sitä myötä toisenlainen kausaliteetti voisi olla mahdollista luonnossa, mutta ei meille ihmisille. Kausaliteetin suunta riippuu agentin kokemuksesta. Agentin kokemus kausaliteetin suunnasta riippuu kuitenkin termodynaamisen nuolen suunnasta, joka on kontingentti asia. Tässä mielessä kausaliteetti on siis kontekstuaalista. Toisessa kontekstissa, eli toisenlaisen entropian suunnan maailmassa, kausaliteetin suunta voitaisiin käsittää eri tavalla.

Kausaliteetti objektiivista vai subjektiivista?

Pricen mukaan kausaliteetin epäsymmetria on ihmisestä lähtöisin. Kausaliteetin epäsymmetriaan hän niputtaa sekä sen, että kausaation nuoli on saman suuntainen ajan nuolen kanssa, että eron syyn ja seurauksen välillä. (Price 1992a, s. 1–2.) Tämä epäsymmetria on jotain, mitä havaitsemme agenttiudemme kautta. Koska kokemamme kausaliteetin suunta on vain ihmisen perspektiivistä johtuvaa, eikä objektiivisesti luonnossa oleva asia, on taaksepäin suuntautuva kausaatio mahdollista. Perspektiivinen näkemys jättää tilaa retrokausaliteetille.

Pricen mielestä ”kausaaion ajallinen epäsymmetria on alkuperältään *osittain* subjektiivista (Price 1997, s. 136, oma kursivointini)”. Toisaalta hän myös sanoo kausaalisen epäsymmetrian olevan ihmiskeskeistä (Price 1992a, s. 2). Pricen mukaan kausaatio pitäisi nähdä piirteinä, jonka agentit projisoivat maailmaan (mt., s. 13). Epäselväksi jää, onko kausaliteetin epäsymmetria kokonaan ihmiskeskeistä, vai vain osittain. Tätä Price ei selitä tarkemmin.

Onko kausaliteetti objektiivinen asia luonnossa ja vain sen suunta subjektiivinen asia? Eli onko luonnossa kumpaankin suuntaan kulkevaa kausaliteettia, jonka ihmisagentti näkee vain yhteen

suuntaan kulkevana. Näin Price näyttäisi asian ajattelevan. Price vetoaa monessa kohdassa mikrotason symmetriaan. Makrotason epäsymmetria, joka johtuu entropian suunnasta, hämää meidät ajattelemaan kausaation yhdensuuntaisena relaationa. Kausaatiossa Pricea ei niinkään kiinnosta kausaliteetin suunta, vaan maailmassa vallitsevat korrelaatiot (Price 1996, s. 473).

Price puhuu teoriassaan subjektiivisuudesta ja käyttää sitä objektiivisuutta vastaan. Pricen mukaan interventiot ovat Troijan hevonen objektiivisuudelle. Interventioista puhuessamme muokkaamme maailmaa siten, että pidämme menneisyyden kiinnitettynä ja tulevaisuuden avoinna. Tämä muokkaaminen on perspektiivistä riippuvaista ja siten subjektiivista. (Price 2007, s. 268.)

Price korostaa monessa kohdassa, ettei kausaliteetti ole ‘ulkona maailmassa’, vaan on ihminen projektio maailmaan. Kausaliteetin epäsymmetria on Pricen mukaan tapamme nähdä asiat ja puhua niistä. “There is an important sense in which the asymmetry lies in our linguistic practices, rather than in any objective fact in the world (Price 1997, s. 136).” Epäsymmetria on siis vain kielellistä epäsymmetriaa.

Pricen teksteistä saa sen kuvan, että on olemassa iso ero maailman ja agentin välillä.

“Perspektiivisestä näkökulmasta kausaalinen epäsymmetria heijastelee epäsymmetriaa meissä, ei epäsymmetriaa ulkoisessa maailmassa (Price 1997, s. 161).” Epäsymmetria ihmisessä peilautuu ulkomaailmaan. Ulkomaailma on siis jotain hyvin erilaista kuin agentin sisäinen maailma, vaikka agentin sisäinen maailma on riippuvainen ulkoisesta asiasta, eli entropian suunnasta.

Retrokausaliteetin uskottavuus

Sekä käänteinen kausaliteetti että retrokausaliteetti ovat mahdollisia Pricen teoriassa. Käänteinen kausaatio voisi olla mahdollista alueilla, joilla entropian suunta on eri kuin meidän osissamme universumia. Retrokausaliteetti taas voi olla mahdollista meidänkin osissamme universumia ja se näkyy kvanttimekaniikassa. Katson ongelmalliseksi sen, että kumpaankaan ei päästä suoraan käsiksi. Käänteinen kausaatio on hypoteettista ja retrokausaliteetista voidaan tietää vain epäsuorasti. Pricen mielestä kvanttimekaaniset perustelut retrokausaliteetille ovat riittäviä, koska retrokausaliteetti selittää näkemämme ilmiöt, kuten kaukovaikutuksen, paremmin kuin kvanttimekaniikan valtavirtateoriat.

Oma mielipiteeni retrokausaliteetista on, että se on varteenotettava vaihtoehto. Sen sanotaan yleensä olevan intuitiivisesti epäuskottavaa, mutta oma intuitioni sallisi symmetrisen kuvan kausaliteetista. Tämä liittyy vahvasti siihen, että ajattelen Pricen tapaan ajan ja kausaliteetin suunnan olevan

ihmisestä riippuvainen. Retrokausaliteetin hyviä puolia ovat, että retrokausaliteetti sopii yhteen erityisen suhteellisuusteorian sekä symmetrian ajatuksen kanssa. Lisäksi retrokausaalisesti ei voida lähettää signaaleja tulevaisuuteen, joten tämäkään ei nouse teorian ongelmaksi. Kuten Pricekin sanoo, retrokausaliteetti vaikuttaisi olevan pienempi paha kuin muut teorit. Ainoa ongelma on juuri teorian testattavuus. Alueelta, jolla siinä toimitaan, ei voida saada tietoa. Mielestäni retrokausaliteetin mahdollisuutta ei pidä kuitenkaan suoralta kädeltä hylätä, vaan ottaa huomioon kvanttimekaniikan ilmiöitä tutkittaessa.

Evans kirjoittaa, että retrokausaliteetti ei ole epäekonomisempi teoria kuin sen kilpailijat, vaan fysiikassa on jo valmiiksi annettu meille sellainen viitekehys, johon retrokausaliteetti sopii. Tähän viitekehukseen kuuluu blokkiuniversuminäkemyks, jonka mukaan objektiivista ajan virtaa ei ole olemassa. (Evans 2015, s. 1141.) Jos aika ei virtaa, sillä ei ole suuntaa, ja jos ajalla ei ole suuntaa, ei kausaliteetin epäsymmetria voi nojata sille.

Harkinta ja vapaa tahto

Toimijuusteorian mukaan agentin vapaa teko aiheuttaa manipulaation. Yleisesti ajattelemme voivamme vaikuttaa niihin asioihin, joita emme vielä tiedä tosiksi. Harkinnan osalta tulevaisuutta pidetään avoimena, eli tulevaisuuden tapahtumat kuuluvat vaihtoehtoihin, mutta menneisyys on kiinnitetty, eli sen tapahtumat kuuluvat joko tiedettyihin tai mahdollisesti tiedettyihin asioihin. Tämän takia voimme vaikuttaa tulevaisuuteen, mutta emme menneisyyteen.

Pricen mukaan retrokausaliteetti toimisi niillä alueilla, jotka kuuluvat avoimeen menneisyyteen, eli menneisyyden alueeseen, josta meillä ei ole mahdollista saada tietoa. Price olettaa blokkiuniversumin, eli pitää kaikki ajanhetkiä yhtä tosina. Blokissa vaihtoehdot ovat episteemisiä vaihtoehtoja 'todellisten' vaihtoehtojen sijaan, koska blokki on jo määrätynyt jollakin tavalla, mutta emme tiedä, millainen tulevaisuus on. Tekemämme valinta perustuu tietämättömyyteen. Ilmeisesti Pricen käsitys vapaasta tahdosta on siis se, että tietämättömyytemme kautta voimme harkita eri vaihtoehtoja ja tehdä valinnan niiden välillä, vaikka maailma on jo tietyllä tavalla valinnastamme riippumatta. Price puhuukin blokkiuniversumin valinnan vaihtoehtojen yhteydessä hypotetioista (*hypotheticals*), ei kontrafaktuaaleista. (Price 2013.) Kuten aiemmasta lainauksesta käy ilmi, myös Evans mainitsee, että vapaan tahdon illuusio riippuu tietämättömyydestämme. Evansin mukaan emme voi muuttaa (*change*) tulevaisuuden tai menneisyyden tapahtumia, koska blokkiuniversumissa asiat ovat jo tietyllä tolalla, mutta voimme vaikuttaa (*affect*) niihin tai aiheuttaa (*bring about*) ne (Evans 2015, s. 1150).

Retrokausalityyden vapaan tahdon ongelman yhteydessä Price puhuu kompatibilismista, jonka mukaan determinismi ja vapaa tahto ovat yhteensopivat. Tätä ajatusta ei hänen mielestään pitäisi hylätä noin vain. Pricen mukaan vapaan tahdon ongelman pitäisi olla ongelma myös klassisessa mekaniikassa, ei vain kvanttimekaniikassa. (Price 1997, s. 237.) Toisaalta Price myös mainitsee, ettei vapaata tahtoa välttämättä ole olemassa (mt., s. 246), joten sen ei pitäisi olla retrokausaalisen teorian ongelma. Myös Evans kannattaa kompatibilismia (Evans 2015, s. 1153).

Lähteet:

Arstila, Valtteri: ”Väri”, Logos-ensyklopedia, Filosofia.fi, 3.6.2008, <http://filosofia.fi/node/3609>.

Luettu 9.6.2020.

Beebe, Helen, Christopher Hitchcock, Peter Menzies, Huw Price, and Brad Weslake. "The Time-Asymmetry of Causation." *The Oxford Handbook of Causation*. : Oxford University Press, January 02, 2010. Oxford Handbooks Online. <https://www-oxfordhandbooks-com.libproxy.helsinki.fi/view/10.1093/oxfordhb/9780199279739.001.0001/oxfordhb-9780199279739-e-0021>. Luettu 16.4.2020.

Burns, William C.: ”Spurious Correlations”, 1997,

http://www.bwgriffin.com/gsu/courses/edur9131/readings/spurious_correlations.htm.

Luettu 9.6.2020.

Corry, Richard. ”Retrocausal models for EPR.” *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, vol. 49, February, 2015, s. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2014.11.001>. Luettu 16.4.2020

Dowe, Phil. “Backwards Causation and the Direction of Causal Processes.” *Mind*, vol. 105, no. 418, 1996, s. 227–248. JSTOR, www.jstor.org/stable/2254560. Luettu 16.4.2020.

Evans, Peter W. “Retrocausality at No Extra Cost.” *Synthese*, vol. 192, no. 4, 2015, s. 1139–1155. JSTOR, www.jstor.org/stable/24704446. Luettu 16.4.2020.

Faye, Jan. "Backward Causation", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2018

Edition), Edward N. Zalta (ed.),

<https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/causation-backwards/>. Luettu 16.4.2020.

Faye, Jan, "Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2019 Edition), Edward N. Zalta (ed.), <https://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/qm-copenhagen/>. Luettu 18.6.2019.

Ismael, Jenann. “How do causes depend on us? The many faces of perspectivalism.” *Synthese*, vol.

193, no. 1, 2016, s. 245–267. <https://doi-org.libproxy.helsinki.fi/10.1007/s11229-015-0757-6>. Luettu 16.4.2020

Kastner, Ruth E. “Time-Symmetrised Quantum Theory, Counterfactuals and ‘Advanced Action’.”

Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics. Volume 30, No. 2, 1999, s. 237–259. [https://doi.org/10.1016/S1355-2198\(99\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S1355-2198(99)00004-0). Luettu 16.4.2020.

Kivelä, Simo: ”M niinkuin matematiikka – Lukiotason matematiikan tietosanakirja”, 10.08.2000, versio 1.12, <https://matta.hut.fi/matta/isom/isom.pdf>. Luettu 9.6.2020.

Lewis, David: ”Counterfactual Dependence and Time’s Arrow”, Noûs, vol. 13, no. 4, 1979, s. 455–476, <https://www.jstor.org/stable/2215339>. Luettu 11.6.2020.

Menzies, Peter, and Huw Price: “Causation as a Secondary Quality”, The British Journal for the Philosophy of Science, vol. 44, no. 2, 1993, s. 187–203, <http://www.jstor.org/stable/687643>. Luettu 9.6.2020.

Price, Huw. “The philosophy and physics of affecting the past.” Synthese 61, 1984, s. 299–323. <https://doi-org.libproxy.helsinki.fi/10.1007/BF00485056>. Luettu 22.5.2020.

Price, Huw. “The Direction of Causation: Ramsey’s Ultimate Contingency.” PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, vol. 1992, 1992a, s. 253–267. JSTOR, www.jstor.org/stable/192840. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw. “Agency and Causal Asymmetry.” Mind, vol. 101, no. 403, 1992b, s. 501–520. JSTOR, www.jstor.org/stable/2253900. Luettu 22.4.2020.

Price, Huw. “Backward Causation and the Direction of Causal Processes: Reply to Dowe.” Mind, vol. 105, no. 419, 1996, s. 467–474. JSTOR, www.jstor.org/stable/2254831. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw. "Time's Arrow & Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time.": Oxford University Press, 1997. Oxford Scholarship Online. <https://www-oxfordscholarship->

com.libproxy.helsinki.fi/view/10.1093/acprof:oso/9780195117981.001.0001/acprof-9780195117981-chapter-1. Luettu 22.4.2020.

Price, Huw. “Backward causation, hidden variables and the meaning of completeness”. *Pramana - J Phys* 56. 2001, s. 199–209. <https://doi-org.libproxy.helsinki.fi/10.1007/s12043-001-0117-6>. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw. “Causal Perspectivalism.” *Causation, Physics, and the Constitution of Reality: Russell's Republic Revisited*, edited by Huw Price, and Richard Corry, Oxford University Press, Incorporated, 2007. s. 250–292. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral-proquest-com.libproxy.helsinki.fi/lib/helsinki-ebooks/detail.action?docID=415149>. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw. “Toy models for retrocausality”. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. Volume 39, No. 4, 2008a, s. 752–761. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2008.05.006>. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw. “Toy models for retrocausality”. *PIRSA: The Clock and the Quantum: Time and Quantum Foundations – 2008*. 2008b. <http://pirsa.org/08090084/>. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw. “Does Time-Symmetry Imply Retrocausality? How the Quantum World Says “Maybe”.” *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. Volume 43, No. 2, 2012, 2012a, s. 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2011.12.003>. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw. “Where would we be without counterfactuals?”. [Book chapter]. 2012b. https://www.repository.cam.ac.uk/bitstream/handle/1810/243921/Price_counterefactuals.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw. “Retrocausality – What Would it Take?”. *Backward Causation (Huw Price)*, Philosophy Overdose. 2013. <https://www.youtube.com/watch?v=y1ORyC344E>. Katsottu 16.4.2020.

Price, Huw: ”Causation, Intervention and Agency – Woodward on Menzies and Price”, 2017, [OUP Uncorrected proof – First proof], <http://prce.hu/w/preprints/MaD-Ch5->

proof.pdf. Luettu 9.6.2020.

Price, Huw & Corry, Richard. "A Case for Causal Republicanism?" Causation, Physics, and the Constitution of Reality: Russell's Republic Revisited, edited by Huw Price, and Richard Corry, Oxford University Press, Incorporated, 2007. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral-proquest-com.libproxy.helsinki.fi/lib/helsinki-ebooks/detail.action?docID=415149>. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw & Wharton, Ken. "Dispelling the Quantum Spooks – a Clue that Einstein Missed?" 2013. [arXiv:1307.7744v1](https://arxiv.org/abs/1307.7744v1) [physics.hist-ph]. <https://arxiv-org.libproxy.helsinki.fi/abs/1307.7744v1>. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw & Wharton, Ken. "A live alternative to quantum spooks." 2015a. <https://arxiv-org.libproxy.helsinki.fi/abs/1510.06712>. Luettu 16.4.2020.

Price, Huw & Wharton, Ken. "Disentangling the Quantum World". Entropy, vol 17, 2015b, s. 7752–7767. <https://doi.org/10.3390/e17117752>. Luettu 9.6.2020.

Pylkkänen, Paavo. "Quantum Theories of Consciousness". The Routledge Handbook of Consciousness, 2018, s. 216–231, Rocco J. Gennaro, Taylor & Francis (ed.), New York: Routledge.

Tieteen termipankki 9.6.2020: Filosofia:verifikationismi. <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Filosofia:verifikationismi>. Luettu 9.6.2020.

Woodward, James: "Making Things Happen – A Theory of Causal Explanation", 2003, New York: Oxford University Press.

Woodward, James: "Causation and Manipulability", The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Winter 2016 Edition, Edward N. Zalta (ed.), <https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/causation-mani/>. Luettu 9.6.2020.

Kuvalähteet luku 2:

Kuva 1: Hitchcock, Christopher and Rédei, Miklós, "Reichenbach's Common Cause

Principle", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2020 Edition), Edward N. Zalta (ed.), <https://plato.stanford.edu/archives/spr2020/entries/physics-Rpcc/>.
Luettu 16.4. 2020.

Kuvalähteet luku 3:

Kuva 1: Price, Huw. "Dispelling the Quantum Spooks – a Clue that Einstein Missed?" Medium of Expression. 2013. <http://mediumofexpression.blogspot.com/2013/08/dispelling-quantum-spooks-clue-that.html>. Luettu 9.6.2020.

Kuva 2: Price, Huw & Wharton, Ken B. "Dispelling the Quantum Spooks: A Clue That Einstein Missed?" 2017. <https://www.semanticscholar.org/paper/Dispelling-the-Quantum-Spooks%3A-A-Clue-That-Einstein-Price-Wharton/e88f8f0d704fe090af0f01030d91b7354544b2f4>. Luettu 9.6.2020.

Kuva 3: Price, Huw & Wharton, Ken. "Dispelling the Quantum Spooks: A Clue That Einstein Missed?". In: Bouton C., Huneman P. (eds) Time of Nature and the Nature of Time. Boston Studies in the Philosophy and History of Science, vol 326. Springer, Cham. 2017. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-53725-2_7

Kuva 4: Price, Huw & Wharton Ken. "Disentangling the Quantum World." Entropy volume 17, 2015, s. 7752–7767. <https://www.semanticscholar.org/paper/Disentangling-the-Quantum-World-Price-Wharton/f38232685d80ff0fdf43dc1766d5784d869c33c8>.
Luettu 9.6.2020.

Kuva 5: Price, Huw & Wharton, Ken. "Disentangling the Quantum World". Entropy, volume 17 2015, s. 7752–7767. <https://www.mdpi.com/1099-4300/17/11/7752>. Luettu 9.6.2020.

Kuva 6: Price, Huw & Wharton, Ken. "Disentangling the Quantum World." Entropy, volume 17, 2015, s. 7752–7767. <https://www.semanticscholar.org/paper/Disentangling-the-Quantum-World-Price-Wharton/f38232685d80ff0fdf43dc1766d5784d869c33c8>.
Luettu 9.6.2020.

Kuva 7: Price, Huw. "Toymodels for retrocausality." Studies in History and Philosophy of Science

Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, volume 39, No. 4, 2008, s. 752–761. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1355219808000427>.
Luettu 9.6.2020.

Kuva 8: Price, Huw. ”Toymodels for retrocausality.” Studies in History and Philosophy of Science

Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, volume 39, No. 4, 2008, s. 752–761.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1355219808000427>. Luettu 9.6.2020.

Kuva 9: Price, Huw. ”Toymodels for retrocausality.” Studies in History and Philosophy of Science

Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, volume 39, No. 4, 2008, s. 752–761. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1355219808000427>.

Luettu 9.6.2020.

Kuva 10: Price, Huw. “Toy Models for Retrocausality.” 2008.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Toy-Models-for-Retrocausality-Price/06b3a6a4071928170ff7174dab42cea872431b0c>. Luettu 9.6.2020.