

UNIVERSITEIT UTRECHT

EINDWERKSTUK

---

**Oplossingen voor het Free Choice  
probleem binnen de Kratzer-semantiek en  
STIT-logica en hoe deze invloed op elkaar  
hebben.**

---

*Auteur:*  
Marilva BANG-A-FOE

*Begeleider:*  
Dr. R.W.F. NOUWEN

*Tweede lezer:*  
Dr. J. Korbmacher

*Een 7,5 ECT eindwerkstuk geschreven  
voor de Bachelor Kunstmatige Intelligentie.*

13 april 2020

*„We are weak, watery beings standing in the midst of unrealities; therefore let us turn our minds to the things that are everlasting.“*

Seneca

UNIVERSITEIT UTRECHT

## *Samenvatting*

Faculteit Geesteswetenschappen

Bachelor Kunstmatige Intelligentie

**Oplossingen voor het Free Choice probleem binnen de Kratzer-semantiek en STIT-logica en hoe deze invloed op elkaar hebben.**

door Marilva BANG-A-FOE

Het Free Choice probleem is een probleem binnen de logica dat te maken heeft met de vertaalslag vanuit natuurlijke taal naar de logica, waarbij een ‘mis-match’ tussen de natuurlijke taal en de logica ontstaat. Er is onderzocht hoe twee logische kaders (Kratzer en STIT) omgaan met Free Choice door middel van literatuuronderzoek. Per kader wordt besproken op welke manier Free Choice te zien is en de oplossingen die hiervoor geboden worden. Hierna zijn de oplossingen vergeleken en zijn de oplossingen vanuit de stit-logica toegepast binnen de Kratzer-semantiek. Er is gebleken dat een oplossing binnen de stit-logica nuttig kan zijn binnen de Kratzer-semantiek. Het kan helpen bij het benaderen van het probleem, wat zorgt voor een betere omgang met Free Choice. Er komen wel andere problemen boven water. Al met al is er meer inzicht in wat nodig is om goed om te gaan met Free Choice en welke problemen er nog meer zijn met betrekking tot Free Choice.

## *Acknowledgements*

Bedankt Rick Nouwen voor een heel blok begeleiding, hulp met het uitzoeken van het onderwerp en de snelle reacties zelfs in deze online tijden. Dankje Floor en Wouter voor het eindeloos corrigeren van mijn taalfouten en de hulp door het blok heen. Dankje Timo voor het doornemen van mijn eerste echte complete versie.

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>ii</b>
<b>Acknowledgements</b>	<b>iii</b>
<b>1 Introductie</b>	<b>1</b>
1.1 Het belang van interpretatie wat keuze betreft . . . . .	1
1.2 Het Free Choice probleem . . . . .	1
1.3 Hoe wordt er momenteel naar FC gekeken? . . . . .	2
<b>2 Free Choice</b>	<b>4</b>
2.1 Het probleem . . . . .	4
<b>3 Kratzer-semantiek</b>	<b>6</b>
3.1 Het kader . . . . .	6
Modal base . . . . .	7
Ordering semantics . . . . .	7
3.2 Free Choice in het kader . . . . .	8
3.3 Oplossing van Kratzer en Shimoyama . . . . .	8
<b>4 Stit-logica</b>	<b>10</b>
4.1 Het kader . . . . .	10
4.2 Free Choice in het kader . . . . .	11
4.3 Oplossing van Putte . . . . .	12
4.4 Oplossing van Broersen en Meyer . . . . .	14
<b>5 De Vergelijking</b>	<b>16</b>
5.1 Stit-logica oplossingen toegepast op Kratzer-semantiek . . . . .	16
Putte's oplossing . . . . .	16
Broersen en Meyers oplossing . . . . .	18
<b>6 Conclusie &amp; discussie</b>	<b>19</b>
<b>Bibliografie</b>	<b>21</b>

## Hoofdstuk 1

# Introductie

### 1.1 Het belang van interpretatie wat keuze betreft

Mensen maken verschillende keuzes. Ditzelfde geldt voor geprogrammeerde agenten. Deze worden tijdens hun bestaan gestimuleerd, en tot op zekere hoogte zelfs gedwongen, om te bepalen wat hun volgende actie wordt. Dit proces kan ook een reactie zijn op een input die in de vorm van natuurlijke taal binnenkomt. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een chatbot van een webwinkel, die een klant tracht te helpen door te reageren op de volgende vraag:

*‘Mag ik bij deze aanbieding een blauwe broek of een rode broek kopen?’*

Dergelijke zinnen in natuurlijke taal moeten voor de agent geconverteerd worden naar een of meerdere formules binnen een logisch kader waarna de semantiek kan worden bepaald. Het is hierbij belangrijk dat de chatbot de vraag interpreteert zoals deze door de klant bedoeld is, zodat het correcte antwoord gegeven wordt. Als een dergelijk programma de klant niet verder helpt, doet het namelijk precies het tegenovergestelde van waar het voor gemaakt is; dan moet er namelijk alsnog contact opgenomen worden met de klantenservice en duurt dit proces langer dan nodig.

Bij de vertaalslag van natuurlijke taal naar logica kunnen meerdere problemen ontstaan. Er zal gekeken worden naar variaties op één van deze problemen, het Free Choice Problem (FCP). Dit is een probleem waarbij een omzetting van natuurlijke taal naar een logisch framework kan zorgen voor een verkeerde interpretatie of ongewilde output. Het gaat hierbij om de interactie tussen modalen (bijvoorbeeld mogen) en een disjunctie die niet verlopen volgens plan (Fusco, 2014). Het probleem is te omschrijven als een ‘mis-match’ tussen de natuurlijke taal en de logica.

Uiteraard is het zo dat de uiteindelijke interpretatie van cruciaal belang is. Om een positieve, of in ieder geval juiste voortzetting te hebben van de hierboven geïllustreerde situatie, is het dus nodig dat het duidelijk is op welke manier er met bepaalde zinnen omgegaan wordt. Daarnaast is het van belang om vooraf te weten wat voor uitkomst gewenst is. Op deze manier kan verkeerde output voorkomen worden.

### 1.2 Het Free Choice probleem

De basis van dit onderzoek ligt bij een probleem dat geïntroduceerd werd door Kamp (1973). Dit probleem (hij noemde dit het ‘free choice permission problem’) begint bij een zin zoals (1), vanaf nu noem ik dit probleem het FCP. Dit is een situatie met betrekking tot toestemming waarin er een keuze gemaakt kan worden over

hoe deze zin geïnterpreteerd wordt. Uit zin (1) wordt in de natuurlijke taal meestal zowel zin (2) als zin (3) geconcludeerd. Als we nu kijken naar het logisch equivalent van (1) namelijk (4), wordt een computerspelletje kopen beschreven met de propositie  $\varphi$  en een bordspelletje kopen met de propositie  $\psi$ . Het is nu een mogelijkheid dat het waar is dat je een computerspelletje of een bordspelletje koopt. Vanuit (4) is het niet zo dat (5) het logisch gevolg is van (4). De reden dat (5) geen logisch gevolg is van (4) en een uitgebreidere uitleg omtrent Free Choice (FC) en de bijbehorende problematiek worden in het volgende hoofdstuk verder uitgewerkt en geïllustreerd.

(1) Romy mag een computerspelletje of een bordspelletje kopen.

(2) Romy mag een computerspelletje kopen.

(3) Romy mag een bordspelletje kopen.

(4)  $\diamond(\varphi \vee \psi)$

(5)  $\diamond\varphi \wedge \diamond\psi$

Het FCP is een probleem dat zich niet altijd voordoet bij een zin met een disjunctie. Het probleem waarbij de vertaalslag fout gaat, hangt vooral af van de aannames die gemaakt worden door de luisteraar of van informatie die mist vanuit de spreker. Door dit situationele verschil is het FCP niet makkelijk op te lossen. Een gevonden oplossing werkt niet in iedere situatie op dezelfde manier. Een dergelijke situatie zoals (1) is voor een geprogrammeerde agent moeilijk om mee om te gaan als er van tevoren geen rekening wordt gehouden met de manier waarop er FC in de situatie aanwezig is. Ook kan de manier waarop FC te zien is per logisch kader verschillen, waardoor het probleem net anders kan zijn dan hierboven omschreven. Het is dus van belang om onze aandacht te richten op de omgang met FC binnen de logica.

### 1.3 Hoe wordt er momenteel naar FC gekeken?

Inmiddels zijn er veel verschillende oplossingen voorgesteld voor het FCP (Meyer, 2016). Deze benaderingen zijn grotendeels op te delen in twee manieren. De eerste manier is om binnen de logica te kijken. Hier wordt dan een logisch kader aangepast of er wordt een heel nieuw logisch systeem bedacht en toegepast (Aloni, 2007; Aloni, 2003; Aloni en Rooij, 2005). De tweede manier is geen aanpassingen binnen de logica, maar bijvoorbeeld een semantische oplossing die ingaat op de betekenis van een disjunctie (Zimmerman, 2000). Binnen deze benaderingen zijn er specialisaties te zien die bijvoorbeeld ingaan op de disjunctie (Nouwen, 2018). Naast alle oplossingen die geboden worden zijn er wetenschappers die beargumenteren dat het onmogelijk is om een logisch framework (dat gebruik maakt van de Engelse taal) op een correcte manier om te laten gaan met het FCP (Schulz, 2005).

Het ontbreken van een oplossing zou betekenen dat het geen mogelijkheid is om al deze voorbeelden vanuit natuurlijke taal op de juiste manier om te zetten naar logica, wat een aanzienlijke impact zou hebben op de toepassingen waar deze omzetting voor gebruikt zou kunnen worden. Aangezien het FCP een probleem is dat betrekking heeft tot meerdere disciplines, namelijk de taalkunde, de logica en binnen agent-systemen. Per discipline kan de manier waarop FC zich uit ook nog verschillen. Het doel van dit onderzoek is daarom om meer duidelijkheid scheppen in een klein deel van de tot nu toe gepubliceerde literatuur door te onderzoeken op welke manier Kratzeriaanse logica en STIT logica omgaan met 'Free Choice'.

Het hoofddoel is het uiteenzetten van de manier waarop er om wordt gegaan met FC in beide logische kaders, waarna ik dieper in kan gaan op de verschillen tussen deze manieren. Dit wordt gedaan door middel van literatuuronderzoek. De kaders die bekeken worden zijn Kratzer-semantiek, een modale logica die gebruik maakt van mogelijke werelden, en stit, een actie logica die zich bezig houdt met acties die agenten uitvoeren. Deze kaders zijn gekozen om hun grote verschillen, wat zorgt voor een brede kijk op FC en de problemen die ontstaan. Een ander doel waar ik me op zal focussen is om per kader te kijken naar de manier waarop FC een probleem vormt en hoe dit wordt opgelost. Het vergelijken (en het op elkaar toepassen) van de oplossingen heeft (door het mogelijke verschil in probleem en oplossing) als einddoel nieuw inzicht en meer duidelijkheid scheppen. Waardoor er anders naar FC gekeken kan worden en er beter bekend is wat precies belangrijk is om naar te kijken als er een probleem met betrekking tot FC vormt.

Eerst zal ik kijken naar wat het FCP precies is en waar de valkuilen precies zitten. Hierna kijk ik per kader kort naar hoe deze werken. De basis die nodig is om te kijken naar oplossingen voor het FCP binnen elk kader en om de oplossingen op elkaar toe te passen worden elk in vogelvlucht behandeld. Vervolgens kijk ik op welke manier FC zich uit in deze kaders en wat voor probleem dit oplevert. Hierna kijk ik naar de oplossing(en) die hiervoor geboden worden, waarna de oplossing(en) voor zover mogelijk op elkaar worden toegepast. Tenslotte worden de oplossingen met elkaar vergeleken en wordt er uiteengezet wat de invloed is van het toepassen van een oplossing die niet gemaakt is voor een specifiek kader. De basis van de kaders en hun omgang met FC zullen elk besproken worden in hun eigen hoofdstuk.



## Hoofdstuk 2

# Free Choice

In de introductie is een korte samenvatting gegeven van het FCP door middel van een zin in natuurlijke taal zoals (1). Om een beter begrip te creëren over waarom dit een probleem is en waar het probleem precies ligt zal het FCP in dit hoofdstuk verder worden uitgewerkt. Hierbij wordt eerst de redenering bij een zin in natuurlijke taal doorgelopen en besproken, waarna hetzelfde denkproces bij de logische variant wordt toegepast, waardoor het verschil duidelijk wordt.

### 2.1 Het probleem

We beginnen met voorbeeld (6), waarin een zin uit de natuurlijke taal stap voor stap uitgewerkt is. We lopen door ieder onderdeel heen. We beginnen met zin (6a) waarin Wouter beide opties mag eten. Vanuit zin (6a) is te concluderen dat (6b) geldt. Ook is vanuit zin (6a) te concluderen dat (6c) geldt. Op deze manier is er uit een natuurlijke taal uitspraak als (6a) te concluderen dat (6b) en (6c) beide gelden.

- (6) (a) Wouter mag een koekje of een lolly eten.
- (b) Wouter mag een koekje eten.
- (c) Wouter mag een lolly eten.

De vertaalstap van natuurlijke taal voorbeeld (6) naar een logisch voorbeeld gebeurt binnen de modale logica. Binnen de modale logica maken modale expressies het mogelijk om te redeneren over ‘mogelijke werelden’. Deze manier van redeneren is geïntroduceerd door Kripke (1963). De modale expressies binnen de Kripke-semantiek komen overeen met modale expressies in de natuurlijke taal. Denk hierbij aan begrippen zoals ‘mogen’, ‘moeten’ en ‘kunnen’. Het is mogelijk om een model te maken dat bestaat uit verschillende werelden, waartussen relaties kunnen zijn. Tussen deze werelden kunnen de waarheidswaardes van proposities verschillen. De waarheidswaarde van een zin is altijd wereld-afhankelijk; er wordt gekeken naar wat waar is binnen een wereld en binnen de werelden die vanuit deze wereld voor mogelijk gehouden worden. Bij een semantiek die rekening houdt met verschillende werelden, is het zo dat - gegeven model  $\mathcal{M}$  - in een wereld  $w$  uit  $\mathcal{M}$  geldt dat  $\Diamond\varphi$  desda er in  $\mathcal{M}$  een wereld  $w'$  is zodanig dat er een toegankelijkheid is van  $w$  tot  $w'$  en dat er in  $w'$  geldt dat  $\varphi$  (13).

$$(13) \mathcal{M}, w \models \Diamond\varphi \text{ desda } wRw' \wedge \mathcal{M}, w' \models \varphi$$

Nu is voorbeeld (6) te vertalen naar voorbeeld (7). Dit is een voorbeeld uit de Kripke-semantiek. Zin (7a) is het logisch equivalent van zin (6a), zin (7b) is het logisch equivalent van (6b) en zin (7c) is het logisch equivalent van (6c). Binnen de Kripke-semantiek is het alleen geen logisch gevolg dat uit (7a) te concluderen is dat (7b) en (7c) gelden.

Dit doordat (7a) aangeeft dat er binnen een model  $\mathcal{M}$  een wereld  $w$  is waarin geldt dat (7a). Dit betekent dat er in  $\mathcal{M}$  minimaal één wereld  $w'$  is (waar  $w$  toegang tot heeft) waarin geldt dat *koekje*  $\vee$  *lolly*. Door de betekenis van de disjunctie geldt er in  $w'$  dat *koekje*, *lolly* of *koekje*  $\wedge$  *lolly* waar is. Naast dat (7a) dus geldt in  $w$  kan het eigenlijk zo zijn dat alleen (7b) of (7c) geldt. Als het zo is dat *koekje* waar is in  $w'$  dan kan het niet zo zijn dat (7c) geldt in  $w$  en als het zo is dat *lolly* waar is in  $w'$  dan kan het niet zo zijn dat (7b) geldt in  $w$ . Het is zo dat er in voorbeeld (7) in tegenstelling tot voorbeeld (6) te zien is dat het niet zo is dat uit (7a) terug te redeneren is dat (7b) en (7c) gelden.

- (7) (a)  $\diamond(\textit{koekje} \vee \textit{lolly})$   
 (b)  $\diamond\textit{koekje}$   
 (c)  $\diamond\textit{lolly}$

Samengevat is het zo dat in de natuurlijk taal te zien is dat (8a) en in de logische variant te zien is dat (8b). Het probleem is dat met dezelfde redeneringen vanuit de natuurlijke taal het logisch equivalent niet op dezelfde manier kan worden uitgewerkt. Dit geldt bij existentiële modaliteiten, dit zijn modaliteiten die een mogelijkheid omschrijven. In natuurlijke taal zijn voorbeelden hiervan ‘mogen’ en ‘kunnen’. FC kan gezien worden als een speciale manier om een disjunctie te interpreteren in combinatie met een existentiële modaliteit, die impliceert dat beide disjuncten ook toegestaan zijn als optie (Anglberger, Gratzl en Roy, 2015).

- (8) (a)  $\diamond(\varphi \vee \psi) \Rightarrow \diamond\varphi \wedge \diamond\psi$   
 (b)  $\diamond(\varphi \vee \psi) \not\Rightarrow \diamond\varphi \wedge \diamond\psi$

Om te zorgen dat de verwerking van een FC-zin op de juiste manier gebeurt is er een manier nodig om met de context van een FC-zin om te gaan. Een logisch kader dat rekening houdt met de context van een zin is Kratzer-semantiek. Er zal nu gekeken worden naar hoe deze semantiek werkt, hoe FC eruit ziet in dat kader en wat een oplossing is voor FC zodat er omgegaan kan worden met FC-lezingen binnen het kader.

## Hoofdstuk 3

# Kratzer-semantiek

De Kripke-semantiek biedt de mogelijkheid om te redeneren over meerdere mogelijke werelden. Hierdoor zijn situaties op een betere manier te omschrijven dan met de klassieke logica; in het echt zijn er immers ook meerdere mogelijke scenario's (werelden).

Tijdens het redeneren met modaliteit worden er alleen werelden in acht genomen die kloppen met de gebruikte modaliteit. Dit is ook te zien in de natuurlijk taal. Deze expressies kunnen op meerdere vlakken ambigu zijn. In onderstaande voorbeelden zit allemaal een modale expressie: *may* of *can*<sup>1</sup>. Hier zijn drie soorten modaliteiten te zien. Allereerst is er bij (14) een epistemische modaliteit; dit zijn werelden die compatibel zijn met de kennis die iemand op dat moment heeft. Vervolgens is er bij (15) een deontische modaliteit; deze gaat over werelden die consistent zijn met regels of regulaties, het gaat dus om wat toegestaan is. Als laatste bevat (16) een dynamische modaliteit, waarbij het gaat om werelden die zich houden aan de wetten van de natuur. In dit voorbeeld zijn dat biologische wetten.

(14) Where is John?

– *I don't know. He may be at home.*

(15) Can I stay over at Luna's place?

– *No, but she may come over for dinner.*

(16) I want to grow a Pine tree here!

– *That's not a great idea. They may/can grow very tall.*

Een introductie van een modaliteit zorgt ervoor dat er uitspraken gedaan kunnen worden over verschillende soort mogelijke werelden, bijvoorbeeld mogelijke epistemische werelden. Deze gaan over kennis-toestanden. Het antwoord bij (14) maakt dat er interesse is in de mogelijke epistemische relaties tussen werelden. Er moet dus een manier zijn die ervoor zorgt dat er omgegaan kan worden met en geredeneerd kan worden over deze verschillende soorten mogelijke werelden. Een van de oplossingen waardoor er omgegaan kan worden met deze verschillende werelden komt van Kratzer.

### 3.1 Het kader

Kratzers semantiek is een aanpassing op de hierboven geïllustreerde Kripke-semantiek voor mogelijke werelden (Kratzer, 1977; Kratzer, 1978; Kratzer, 1973b; Kratzer, 1973a).

<sup>1</sup>Er zullen er soms Engelse voorbeelden gebruikt worden aangezien daarmee duidelijker het probleem te illustreren is. De bovenstaande voorbeelden zijn overgenomen uit von Fintel en Heim (2011).

Kratzer-semantiek heeft één algemene hoofdgedachte om modaliteiten in natuurlijke taal te begrijpen, namelijk de conversatieachtergrond. Deze is weer op te splitsen in twee onderdelen. Ten eerste de ‘Modal Base’, welke zorgt voor relatieve modaliteiten. Modaliteiten zijn niet ambigu, maar worden afhankelijk van de conversatieachtergrond geïnterpreteerd. Of ‘may’ een epistemische of deontische lezing krijgt, hangt af van de gekozen conversatieachtergrond in de desbetreffende context. Ten tweede is het een geordende semantiek. Er is niet alleen onderscheid tussen wel en niet bereikbare werelden, maar er is ook een ordening van werelden. De ordening zorgt ervoor dat er vergeleken kan worden hoe “goed” of “gewenst” een wereld is. Binnen de Kratzer-semantiek behouden de modale operatoren hun reguliere semantiek. Een  $\diamond$  is net als in de Kripke-semantiek een existentiële kwantor over bereikbare werelden, waarbij de bereikbaarheid wordt bepaald door de conversatieachtergrond.

### Modal base

Normaal wordt de interpretatie van modaliteiten bepaald door context, maar Kratzer benoemt dat deze ook taalkundig bepaald kan worden. Dit is te zien in het eerste deel van de zinnen (17) en (18). Zin (17) krijgt een epistemische interpretatie en zin (18) een deontische. Dit onderdeel van een zin is een functie  $f$  die van werelden naar een verzameling van proposities gaat. Voor één wereld  $w$  geldt dat  $f(w)$  de verzameling van proposities is waarvan de spreker kennis heeft in  $w$ .

(17) In view of what I know, Floor must be lost.

(18) In view of the rules of the board, Floor must leave.

In Kratzer-semantiek is een propositie  $p$  een verzameling van mogelijke werelden. De propositie  $p$  is waar in  $w$  desda  $w \in p$ . De functor  $f(w)$  is dus een verzameling van verzamelingen van werelden. De verzameling  $\bigcap f(w)$  is een verzameling van werelden waarin alle proposities in  $f(w)$  waar zijn. Kratzer gebruikt  $f$  als onderdeel van de interpretatie van een modaliteit. De ‘modal base’  $f$  is de functie vanuit werelden naar verzamelingen van proposities en hierin wordt een bijzin zoals ‘in view of what I know’ meegenomen. Als er niet een dergelijke bijzin is hangt de  $f$  af van context.

De relaties tussen werelden hangt af van de ‘modal base’  $f$ , in het algemeen geldt dat voor willekeurige werelden  $w, v$ ;  $v$  bereikbaar is vanuit  $w$  desda iedere propositie in  $f(w)$  waar is in  $v$ . Bij een epistemische claim is het zo dat  $v$  bereikbaar is vanaf  $w$  als ieder feit waar de spreker kennis van heeft in  $w$  ook waar is in  $v$ .

### Ordering semantics

Naast dat werelden wel of niet bereikbaar zijn zijn deze ook te ordenen. Denk bijvoorbeeld aan of iets moreel goed of wenselijk is. Het is nu mogelijk om als deelverzameling van de bereikbare werelden ook de bereikbare werelden die het meest wenselijk zijn te hebben. Een conversatieachtergrond kan gebruikt worden om werelden te ordenen, bijvoorbeeld op in hoeverre en wereld overeenkomt met de kennis die iemand heeft. De ordening  $\leq_{g(w)}$  is een ordening gemaakt door de verzameling proposities  $g(w)$  met conversatieachtergrond  $g$ . In een ordening is het zo dat er een relatie is vanuit wereld  $w$  naar  $w'$  desda wereld  $w'$  een betere ranking heeft dan  $w$ .

De Kratzer-semantiek houdt rekening met twee conversatieachtergronden. Hij houdt rekening met de ‘Modal Base’  $m$ , de verzameling van relevante werelden en de ‘Ordering Source’  $\cap f(w) \leq_{f(w)}$ , die de ordening van de werelden aangeeft. Dit samen zorgt ervoor dat de verzameling werelden die het hoogst in de ordening staat bereikbaar is.<sup>2</sup>

Deze uitleg dient als korte introductie van de semantiek zodat er gekeken kan worden naar FC in deze semantiek. De formele en complete omschrijving van de semantiek wordt omschreven door von Stechow en Heim (2011) en Portner (2008). Aangezien deze semantiek gebruikt wordt in de taalkunde is het een mooi model om naar te kijken met betrekking tot het FCP.

### 3.2 Free Choice in het kader

Zoals in het vorige hoofdstuk uitgelegd is, is het FCP is te zien bij het gebruik van een existentiële modaliteit in combinatie met een disjunctie. Dit is ook de manier waarop FC een probleem vormt in de Kratzer-semantiek. In (19a) is een voorbeeld te zien van een zin in natuurlijke taal en in de Kratzer-semantiek. Het teken  $\rightsquigarrow$  uit (19a) zal vanaf hier gebruikt worden om de vertaling van een natuurlijke taal zin naar de logica aan te geven. In (19b) is de algemene variant te zien van een zin met een FC lezing. Het is zo dat (19b) aangeeft dat er minimaal één wereld voor mogelijk gehouden wordt waarin  $\varphi \vee \psi$  het geval is. Het is nu geen logisch gevolg dat er een mogelijke wereld is waarin geldt dat  $\varphi$  en een mogelijke wereld waarin geldt dat  $\psi$ , terwijl dit wel deze betekenis kan hebben in natuurlijke taal.

- (19) (a) Floor mag een koekje of een lolly kopen.  
 $\rightsquigarrow \diamond(koekje \vee lolly)$   
 (b)  $\diamond(\varphi \vee \psi)$

Er zijn veel oplossingen bedacht zodat er omgegaan kan worden met het FCP. Deze zijn allemaal gebaseerd op verschillende eigenschappen van het probleem. Sommige van deze passen de semantiek aan en andere maken gebruik van nieuwe logische eigenschappen. Om te zorgen dat er diep ingegaan kan worden op een oplossing wordt er één oplossing uitgelicht. Veel bestaande oplossingen zijn terug te brengen naar deze oplossing (Nouwen, 2016). Er wordt gefocust op de oplossing van Kratzer en Shimoyama (2002). Deze wordt stap voor stap aan de hand van voorbeeld (19) uitgelegd en uitgewerkt.

### 3.3 Oplossing van Kratzer en Shimoyama

Kratzer en Shimoyama(K&S) geven zelf een oplossing voor het FCP binnen de Kratzer-semantiek. De focus ligt bij de intentie van een uitspraak zoals (19). Er wordt gekeken naar waarom dit op deze manier verwoord is. Er is namelijk een reden dat er niet alleen (20a) werd gezegd. Ten eerste kan het zo zijn dat (20a) onwaar is. Ook kan er verwarring ontstaan, aangezien de luisteraar het kan interpreteren alsof alleen (20a) een mogelijkheid is en niks anders. Ditzelfde geldt voor (20b). Ook kan uit een uitspraak als (19) geconcludeerd worden dat in ieder geval één van de disjuncten een mogelijkheid moet zijn, oftewel dat er geldt dat (20c).

<sup>2</sup>Om dit te concluderen ga je uit van de ‘limit assumption’. Dit betekent dat je aanneemt dat de ordening die ontstaat bij het gebruik van natuurlijke taal altijd een beste set heeft.

- (20) (a) Floor mag een koekje kopen  
 $\rightsquigarrow \diamond \textit{koekje}$   
 (b) Floor mag een lolly kopen  
 $\rightsquigarrow \diamond \textit{lolly}$   
 (c)  $\diamond \varphi \vee \diamond \psi$

Uit bovenstaande redenering kan er dus geconcludeerd worden dat  $\neg \diamond \varphi \vee \diamond \psi$ . Voor het andere disjunct geldt eenzelfde redenering wat ervoor zorgt dat  $\diamond \varphi \vee \neg \diamond \psi$ . Door de conjunctie van deze twee conclusies is het logisch gevolg dat (21). Het logisch gevolg van (21) is dat (22),  $\varphi$  en  $\psi$  moeten beide mogelijk zijn of beide onmogelijk.

$$(21) \quad \diamond \varphi \leftrightarrow \diamond \psi$$

$$(22) \quad (\diamond \varphi \wedge \diamond \psi) \vee (\neg \diamond \varphi \wedge \neg \diamond \psi)$$

Om de goede uitkomst te krijgen voor het FCP moet het tweede disjunct van (22) onwaar zijn. Dit kan alleen als er van tevoren aangenomen kan worden dat in ieder geval één van de disjuncten waar is. Deze conclusie is aangenomen in (20c). Dit zorgt ervoor dat het eerste disjunct van (22) geldt en er dus sprake is van FC. Op deze manier is het mogelijk om binnen de Kratzer-semantiek om te gaan met FC zoals dat in de natuurlijke taal gebeurt.

Nu er is gekeken naar FC binnen een semantiek die vaak wordt gebruikt binnen de taalkunde. Zal er als volgende stap gekeken worden naar een logisch kader waarin de focus niet ligt bij de natuurlijke taal.

## Hoofdstuk 4

# Stit-logica

Kratzer-semantiek is een bekende manier om natuurlijke taal te vatten in een logisch kader. Om te kijken wat er gebeurt met problemen omtrent FC en op welke manieren het zich uit, wordt er nu gekeken naar een totaal ander logisch kader: stit-logica. Stit staat voor ‘Seeing to it that’. Dit is een logica die keuzes en acties van agenten omvat. Om te kunnen kijken naar hoe we FC in dit kader kunnen bedden wordt eerst de basis uitgewerkt.

De modale logica met mogelijke werelden wordt ook gebruikt binnen de stit-logica. Een actie van een agent of individu zorgt namelijk voor het ontstaan van verschillende situaties. De logica kan dan gebruikt worden om hun gedrag te omschrijven. De basis van de stit-logica ligt bij de ‘Theory of Branching Time’ (TBT), wat een manier is om acties in de toekomst en het verleden te bekijken (Prior, 1967; Thomason, 1970; Thomason, 1984). Het gaat dus om acties en momenten relatief van elkaar en het is van belang op welk moment deze plaats vinden.

De  $\diamond$  heeft in de TBT een andere betekenis dan in de Kratzer-semantiek. Deze geeft aan dat een formule/propositie nog een mogelijke uitkomst is (Horty en Belnap, 1995).

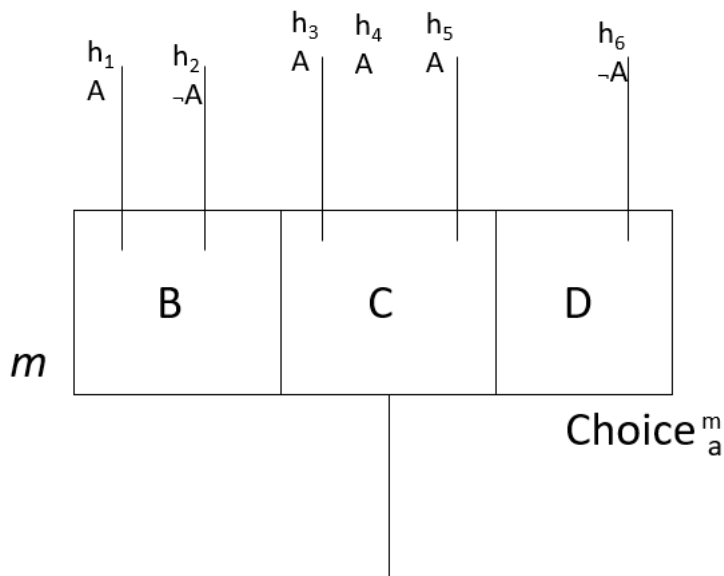
TBT houdt geen rekening met wie de actie uitvoert; het gaat namelijk alleen om wát er gebeurt. Dit in tegenstelling tot in de wereld om ons heen. Hier wordt een actie gedaan door een agent. Stit-logica is een logica die hier wel rekening mee houdt.

### 4.1 Het kader

Binnen de stit-logica wordt niet alleen naar de acties, maar ook naar de agenten met betrekking tot hun acties en de uiteindelijke uitkomst gekeken. Er wordt gekeken naar wanneer een agent  $\alpha$  ‘sees to it that’  $A$ . De basis van de stit-logica is beschreven door Belnap en Perloff (1988). De stit-logica van Belnap en Perloff wordt ‘achievement-stit’ genoemd. Vanuit deze theorie zijn er meerdere soorten stit-logica’s ontstaan.

Één van deze varianten op stit is ‘deliberative stit’ ook wel *dstit* (von Kutschera, 1986; Horty, 1989). In *dstit* wordt een formule geëvalueerd op het moment dat een keuze of actie wordt uitgevoerd. Een *dstit* zin  $[\alpha \text{ dstit} : A]$  betekent dat een agent  $\alpha$  ‘deliberatively sees to it that’. Dit betekent dat  $A$  het gevolg is van een bewuste keuze van  $\alpha$  (Xu, 1998; Xu, 1994). *Dstit* gebruikt TBT als basisprincipe met nog twee aanpassingen, te zien in (23).

- (23) (i) Er wordt een verzameling van individuen toegevoegd. Deze individuen zijn in staat om keuzes te maken en acties uit te voeren. Een gekozen actie wordt direct uitgevoerd en heeft dus meteen invloed op de wereld. In



FIGUUR 4.1: Een voorbeeld van keuze voor een agent in dstit.

deze keuze worden geen intenties en kansen meegenomen. Ook functioneren de agenten onafhankelijk van elkaar.

- (ii) Er wordt een keuzefunctie  $Choice_\alpha^m$  toegevoegd. Deze functie omschrijft alle keuzes die agent  $\alpha$  kan maken op een moment  $m$ .

In figuur 4.1 is een voorbeeld te zien van een dstit-model. Hier is één moment  $m$  afgebeeld, waarbij de agent keuze heeft tussen de acties B, C en D. Al deze acties kunnen de propositie A waar maken of onwaar. In  $m$  is het zo dat (24), waarbij  $h_i$  een mogelijke history. Een history bestaat uit een volgorde van momenten. Aangezien niet elke keuze A waar maakt, is het zo dat de agent een bewuste keuze moet maken voor C, wil hij ervoor zorgen dat A (Hall en Waugh, 2010).

$$(24) \text{ Choice}_\alpha^m = \{\{h_1, h_2\}, \{h_3, h_4, h_5\}, \{h_6\}\}$$

Dstit gebruikt maar één paar  $m/h$  als er een waarheidswaarde bepaald moet worden. Bij dstit spelen de histories een belangrijke rol bij het evalueren van waarheidswaardes, aangezien de histories de enige manier zijn om te zien wat de invloed was van een acties. Met deze basis van de stit-kaders kan er nu gekeken worden naar FC binnen stit.

## 4.2 Free Choice in het kader

Stit is een agentenlogica waarbij het gaat om wat een agent mag, kan of wil kiezen. Om deze reden is het FCP binnen de stit een ander soort probleem dan in de Kratzer-semantiek. Waar het in de Kratzer-semantiek gaat om een vertaling van natuurlijke taal naar logica, komt er bij stit nog meer bij kijken. Het draait namelijk om een agent die acties uitvoert. Dus naast dat er wordt gekeken naar de opties waartussen een agent kan kiezen wordt er ook nog gekeken naar wat toegestaan is om te doen.



Hiernaast moet er ook nog gelden dat het kiezen van een actie ook betekent dat deze direct uitgevoerd wordt en het gevolg van de actie meteen duidelijk is.

Putte (2016) stelt de volgende vraag om het FCP binnen stit uit te leggen: als een agent een keuze moet maken, op welk moment kan er dan gezegd worden dat de agent toegestaan is om tussen de opties te kiezen? Of iets toegestaan is omschrijft Putte met de  $P$ -functor. Als het zo is dat (25), dus als het voor een agent  $\alpha$  toegestaan is om een keuze te maken, wanneer is het dan zo dat hij toegestaan is om beide dingen te doen (26)? Er is hier overlap zien met het eerdere FCP besproken binnen de Kratzer-semantiek. Echter, waar het eerst ging om een mogelijkheid, gaat het nu ook om wat toegestaan is voor een agent. Dit is binnen de stit een probleem aangezien het voor een agent niet altijd toegestaan is om een actie uit te voeren, ook al is hij wel ‘fysiek’ in staat om de actie uit te voeren. Of dit probleem aanwezig is, hangt onder andere af van of een keuze toepasbaar is in de huidige context. Daarnaast is het ook nodig om te weten welke keuzes een agent überhaupt tot zijn beschikking heeft.

$$(25) P_{\alpha}(\varphi \vee \psi)$$

$$(26) P_{\alpha}(\varphi) \wedge P_{\alpha}(\psi)$$

Naast Putte’s omschrijving van FC is er binnen de actielogica ook nog het probleem dat op het moment dat een agent iets kiest dit niet per se leidt tot een succesvolle uitvoering. Dit is te zien bij een agent die in een ruimte de keuze maakt om een deur te openen: het kan zo zijn dat deze op slot zit en dicht zal blijven terwijl de keuze om de deur te openen toch echt is gemaakt en de bijbehorende actie zelfs is uitgevoerd. De vertaalslag van de echte wereld naar agentenlogica gaat hier, net als bij de Kratzer-semantiek en FC, fout. In een echte situatie resulteert de keuze van een individu (in de meeste gevallen) namelijk in succes. Er wordt een individu geen keuze aangeboden als één of meerdere van de opties onbereikbaar zijn. Om deze reden is er een manier nodig om zulke mogelijkheden te modelleren binnen de agentenlogica. Er moet gezorgd worden dat er bij een FC uiting ook een manier is om hiermee om te gaan.

Er is nog niet veel inzicht over FC binnen de stit-logica. Dit komt mede door de verschillende soorten stit, waarbij per kader de keuzes op andere manieren geëvalueerd moeten worden. Er zullen twee oplossingen uitgewerkt worden. Een oplossing die binnen de stit eigen functoren bevat en een oplossing die binnen de stit een nieuw soort keuze introduceert.

### 4.3 Oplossing van Putte

Putte (2016) maakt keuzes van agenten expliciet met formele taal binnen een stit-model. Dit stit-model is een simpelere versie van het model van Belnap en Perloff, waarbij het temporele deel wordt verwijderd en er een deontisch onderdeel wordt toegevoegd. Putte omschrijft dit als multi-agent, ‘one shot games’. Het deontische onderdeel zorgt ervoor dat er aangegeven kan worden welke van de mogelijkheden toegestaan zijn en welke dit niet zijn. Je kijkt dus naar alle mogelijke uitkomsten die corresponderen met de regels in de huidige context.

In (27a) is te zien hoe een zin uit de natuurlijke taal formeel wordt opgeschreven. De algemene formele manier is te zien in (27b). De  $F$ -functor geeft aan dat het om een FC zin gaat. In (28a) zijn de woorden “koekje” en “lolly” de mogelijke actie-staten. Om aan te geven dat het om agent “Floor” gaat, wordt dit aangegeven met  $f$ .

(27) (a) Floor mag een koekje of lolly kopen.

$$\rightsquigarrow F_f(\text{koekje}, \text{lolly})$$

(b)  $F_\alpha(\varphi, \psi)$

Putte maakt eerst vijf observaties over een FC instantie:

- (I) Voor een zin die formeel wordt omgeschreven zoals dat bij (27b) gebeurt, geldt niet dat iedere manier van een lolly of koekje bemachtigen toegestaan is. Het is dus van belang met welke actie het doel wordt bereikt.
- (II) Om bij (27b) FC te hebben om te kiezen tussen een lolly en een koekje, moet het toegestaan zijn om een lolly te bemachtigen en om een koekje te bemachtigen.
- (III) Als beide opties toegestaan zijn betekent dit voor een zin niet meteen dat er sprake is van FC.
  - (a) Neem bijvoorbeeld iemand die keuze heeft tussen een 'noot' en 'amandel' kopen. Hierbij impliceert de eerste optie de tweede optie. Aangezien een amandel een noot is, is het niet zo dat de agent vrij is om te kiezen tussen een noot en amandel. Er is dus geen sprake van FC. Bij het kopen van een amandel koopt de agent ook een noot zonder dit bewust te willen.
  - (b) Het eerste argument kan een verplichting zijn van het tweede argument. Het kan verplicht zijn om ook een koekje te pakken als de agent een lolly pak. Als hij er dan voor kiest een lolly te pakken, pakt hij ook een koekje en heeft hij dus eigenlijk helemaal geen keuze gemaakt. Zelfs als beide dan toegestaan zijn is er dus geen sprake van FC.
- (IV) Bij een FC-instantie gaat het altijd om één of meerdere agenten. Het gaat er altijd om dat een agent moet kiezen tussen verschillende toegestane opties. Als opties namelijk niet toegestaan zijn en het niet gaat om een actie van een agent heeft het geen zin om te praten over FC tussen deze opties.
- (V) Putte kijkt naar het geval waarbij zin (27a) geldig is. Het moet zo zijn dat naast dat Floor keuze heeft tussen de twee opties, deze opties ook bereikbaar moeten zijn op dat moment. Iemand kan namelijk keuze hebben tussen surfen en snorkelen, maar als diegene op zijn kamer in Utrecht zit zijn deze opties, helaas, niet bereikbaar.

Om met deze observaties om te gaan geeft Putte een nieuwe definitie (28) van  $F$  door gebruik te maken van een functor  $P$ . Deze functor geeft aan wat toegestaan is voor een agent. De functor  $P$  gebruikt dezelfde notatie als  $F$ , waarbij  $P_\alpha(\varphi)$  aangeeft dat het voor agent  $\alpha$  toegestaan is om te trachten dat  $\varphi$ . De agent mag dus een actie uitvoeren met als doel  $\varphi$ . Nadat de agent heeft gekozen wordt de actie meteen uitgevoerd opdat het doel wordt bereikt.

(28) (a) Floor mag een koekje of een lolly kopen.

$$\rightsquigarrow F_f(\text{koekje}, \text{lolly}) =_{df} P_f(\text{koekje} \wedge \neg \text{lolly}) \wedge P_f(\neg \text{koekje} \wedge \text{lolly})$$

(b)  $F_\alpha(\varphi, \psi) =_{df} P_\alpha(\varphi \wedge \neg \psi) \wedge P_\alpha(\neg \varphi \wedge \psi)$

De nieuwe definitie van  $F$  zorgt ervoor dat er kan worden omgegaan met alle observaties.

- (I) De  $P$ -functor geeft aan dat de opties omschreven in  $P$  de opties zijn die toegestaan zijn voor de agent. Er zijn ook niet toegestane keuzes, maar deze zijn niet in het bereik van de agent. Er is geen keuze uit de niet toegestane opties.

- (II) Met de nieuwe definitie van  $F$  wordt aangegeven dat beide opties toegestaan zijn. Dit door de  $P$ -functor die het toegestane aangeven als functie heeft.
- (III) Neem een situatie waarin er twee koekjes in een trommel liggen. Agenten Floor en Nemo hebben de keuze om wel of geen koekje te pakken. Hierbij zit nog de extra regel dat er minimaal een koekje in de trommel moet blijven liggen. Nu geldt er voor agent Floor wel dat  $P_f(\text{lolly})$  en  $P_f(\neg\text{lolly})$  maar  $F_f(\text{lolly}, \neg\text{lolly})$  geldt niet per se. De agenten moeten beide namelijk afhankelijk van wat de ander doet een keuze maken. Als Floor voor Nemo een keuze moet maken en er sowieso voor wil zorgen dat er een toegestane situatie ontstaat, moet hij geen koekje pakken. Mocht het mogelijk zijn om over de situatie te overleggen is dat de beste optie.
- (IV) Door de manier waarop  $F$  is opgebouwd kan per agent de functor  $F$  worden bekeken en zal deze alleen zorgen voor keuze als beide opties ook echt toegestaan zijn voor de agent. Dit weer door het gebruik van functor  $P$ . Het kan nu zo zijn dat  $F_a(\varphi, \psi)$  maar dat niet  $F_b(\varphi, \psi)$ .
- (V) Als een keuze toegestaan is en wordt omschreven met de  $P$ -functor betekent dit dat dit kan met een keuze uit de verzameling  $\text{Choice}_\alpha^m$ . Het is dus alleen toegestaan door middel van een keuze die op dat moment beschikbaar is. De keuze moet op dat moment direct uitgevoerd worden.

Putte benoemt dat met de nieuwe definitie niet wordt uitgesloten dat de conjunctie van beide opties toegestaan is. Ook kan het zo zijn dat een agent besluit niets te doen en dus ervoor kiest om niets te kiezen, ook al is het wel toegestaan iets te kiezen. Door deze nieuwe definitie van  $F$  wordt ervoor gezorgd dat er bij een keuze voor een agent ook echt een FC-lezing is en dat alle mogelijkheden bij een dergelijke instantie ook toegestaan zijn.

#### 4.4 Oplossing van Broersen en Meyer

Broersen en Meyer (2014) geven een nieuwe definitie met nabootsing van de natuur als doel. Ze lossen hiermee het probleem op waarbij er niet aangegeven wordt dat een agent ongehoorzaam kan zijn. De uitwerking hiervan gebeurt in een variant op xstit. Xstit is geïntroduceerd door Broersen (Broersen, 2008; Broersen, 2011). Deze variant gebruikt kennis-operatoren en states om agent-logica te modelleren en is een aanpassing op de dstit van Belnap en Perloff. Het verschil is dat de xstit variant niet kijkt naar maar één paar  $m/h$ , maar ook naar volgende mogelijke toestanden. Dit zou betekenen dat er bijvoorbeeld in figuur 4.1 vanuit elke historie nog meer keuzes zouden zijn, waardoor de histories veranderen in momenten en de keuzes zorgen voor nieuwe histories. Zo kan er gekeken worden naar meerdere keuzes en waarheidswaardes. Er is specifiek gekeken naar free will choice(FWC). Het gaat hierbij om een keuze die niet op een agent geforceerd wordt.

In (29a) is de formele definitie van FWC gegeven door Broersen en Meyer (B&M) te zien. Een FWC zoals in (29a) geeft aan dat een agent  $\alpha$  vrije keuze heeft om te trachten dat  $\varphi$ . FWC wordt gedefinieerd door middel van geloof operator  $B$ . Het onderdeel (29b) geeft aan dat agent  $\alpha$  van zichzelf gelooft dat hij kan trachten dat  $\varphi$ . Het onderdeel (29c) geeft aan dat het een mogelijkheid is dat de agent gelooft dat hij niet kan trachten dat  $\varphi$ . De  $\diamond$  heeft hier dezelfde betekenis als in TBT. De onderdelen worden geëvalueerd binnen een 'instant'  $i$ . Dit is een deelverzameling van momenten waarnaar je kijkt. Bij FWC kijk je naar een instant  $i$  waarvoor geldt

dat de momenten in deze deelverzameling tegelijk plaatsvinden. Het moet zo zijn dat in minimaal één van de momenten in  $i$  het zo is dat (29b) en in minimaal één ander moment in  $i$  het zo is dat (29c). Met de FWC definitie wordt er aangegeven dat een bewuste actie ook nog een tegenhanger heeft waarbij de agent gelooft dat hij iets anders kan doen dan hetgeen waaruit hij mag kiezen. Er kan dus een alternatieve uitkomst zijn bij een bewuste keuze van een agent. Er wordt niet expliciet benoemd of de agent ook weet dat deze keuze bestaat. Deze nieuwe definitie is van belang, omdat het aangeven van alternatieven een goed beeld schetst over hoe dit in een normale situatie ook gaat. Hoewel het immers zo kan zijn dat in voorbeeld (27a) er maar twee opties zijn, is ongehoorzaam zijn ook een optie en kan Floor een druif kopen.

- (29) (a)  $[\alpha \text{ freeew}] \varphi \equiv_{def} B_\alpha[\alpha \text{ xstit}] \varphi \wedge \Diamond B_\alpha \neg[\alpha \text{ xstit}] \varphi$   
 (b)  $B_\alpha[\alpha \text{ xstit}] \varphi$   
 (c)  $\Diamond B_\alpha \neg[\alpha \text{ xstit}] \varphi$

Van Putte leer ik dat het opnieuw definiëren van keuze tussen één of meerdere opties de omgang met FC kan verbeteren. B&M zorgen met een definitie van FWC dat er duidelijk wordt aangegeven dat er meer opties dan de toegestane opties zijn. Deze benaderingen verschillen ten opzichte van de eerder besproken oplossing binnen de Kratzer-semantiek. De oplossingen worden hierna met elkaar vergeleken en op elkaar toegepast. Daarna wordt er gekeken naar wat voor gevolgen dit heeft voor FC.

## Hoofdstuk 5

# De Vergelijking

Er is gekeken naar oplossingen voor FC-problemen binnen de Kratzer-semantiek en de stit-logica. Het verschil tussen deze kaders is te zien in de manier waarop FC ontstaat binnen de kaders, waardoor het probleem zelf ook deels verschillend is. Om deze reden verschillen ook de oplossingen van elkaar wat uitwerking betreft.

Een van de grootste verschillen is dat er bij K&S hun oplossing geen nieuwe definities werden gegeven maar dat het alleen ging om anders kijken naar wat er eigenlijk al was. Een gevolg van al deze verschillen is dat er assumpties gemaakt moeten worden over de vertaalslag. Deze assumpties zijn nog niet eerder aangenomen in de gevonden literatuur. Al deze aannames zullen beargumenteerd worden aan de hand van de interpretatie gegeven door de auteurs van de oplossingen. Het gaat om een probleem aanpakken door middel van een oplossing die niet gebouwd is op het kader waarop het toegepast wordt.

De gevonden stit-oplossingen worden toegepast binnen de Kratzer-semantiek en er wordt gekeken wat het effect is op FC. De gevonden Kratzer-semantiek oplossing is niet toegepast binnen de stit-logica.

### 5.1 Stit-logica oplossingen toegepast op Kratzer-semantiek

Zin (30) zal als startpunt gebruikt worden voor onderstaande uitwerkingen.

(30) Floor mag een koekje of lolly.  
 $\leadsto \diamond(\varphi \vee \psi)$

#### Putte's oplossing

De functoren die Putte gebruikt in (31) bestaan niet binnen de Kratzer-semantiek. Om een FC zin zoals (30) om te schrijven zullen er dus wat vertaaltappen gemaakt moeten worden. Aangezien de  $F$ -functor uit (31) en een FC-zin in Kratzer-semantiek zoals (30) beide aangeven dat er keuze is uit (minimaal) twee opties, stel ik deze nu gelijk aan elkaar. Dit betekent dat ik nu ga proberen om vanuit (30) naar een logisch equivalent toe te werken die op dezelfde manier met FC omgaat zoals (31) dat doet.

(31)  $F_a(\varphi, \psi) =_{df} P_a(\varphi \wedge \neg\psi) \wedge P_a(\neg\varphi \wedge \psi)$

De volgende stap is de  $P$ -functor te vertalen naar een equivalent binnen de Kratzer-semantiek. Hiervoor ontleden we eerst de definitie (31). Als we alleen naar  $P$  kijken, geldt er dat  $P_f(\text{koekje})$  betekent dat het agent  $f$  toegestaan is om een koekje te gaan kopen. Zoals Putte benoemde kan het bij een toegestane optie zo zijn dat de agent niet perse kiest wat toegestaan is, maar besluit om niks te doen. Het feit dat iets is toegestaan kan gezien worden als een mogelijkheid om iets te doen. Het is dus niet

noodzakelijk verplicht om dit te doen, waardoor je ook in een mogelijke staat terecht kan komen waarbij de negatie van het doel een mogelijkheid is. Stel een agent is toegestaan om een deur te openen, dan kan hij ervoor kiezen de deur te openen. Als de agent besluit niks te doen, wat dus ook een optie is, dan blijft de deur dicht. Waardoor het dus een mogelijkheid is dat het waar is dat de deur open is en een mogelijkheid dat de deur dicht is. Vanuit deze redenering stel ik (32) nu gelijk aan (33). Het is een mogelijkheid dat Floor een koekje pakt, maar het is ook een mogelijkheid dat hij deze niet pakt. Dit geldt voor toestemming wat betreft één optie en er is dus nog geen sprake van een FC-zin. In (34) is te zien hoe dit zou werken voor toestemming tussen twee onderdelen. Als deze vertaalstap van (31) naar Kratzer-semantiek nu toegepast wordt op een zin met twee keuzes zoals (30) krijgen we (35).

$$(32) \text{ Floor mag een koekje} \\ \rightsquigarrow P_f(\text{koekje})$$

$$(33) \diamond \text{koekje} \vee \diamond \neg \text{koekje}$$

$$(34) P_a(\varphi \wedge \neg \psi) \\ \rightsquigarrow (\diamond(\varphi \wedge \neg \psi) \vee \diamond \neg(\varphi \wedge \neg \psi))$$

$$(35) (\diamond(\varphi \wedge \neg \psi) \vee \diamond \neg(\varphi \wedge \neg \psi)) \wedge (\diamond(\neg \varphi \wedge \psi) \vee \diamond \neg(\neg \varphi \wedge \psi))$$

We kunnen (35) opdelen in een conjunctie van 2 onderdelen, waarvan ieder onderdeel een disjunctie is van weer twee predikaten. In (36) is de versimpelde versie te zien van de situatie in (35). In (37) worden er per onderdeel van (36) de opties van de waarheidswaarden van de onderdelen aangegeven.

$$(36) (\diamond(i) \vee \diamond(ii)) \wedge (\diamond(iii) \vee \diamond(iv))$$

$$(37) \quad (i) \varphi \wedge \neg \psi \\ (ii) (\neg \varphi \wedge \neg \psi), (\varphi \wedge \psi), (\neg \varphi \wedge \psi) \\ (iii) \neg \varphi \wedge \psi \\ (iv) (\varphi \wedge \psi), (\neg \varphi \wedge \neg \psi), (\varphi \wedge \neg \psi)$$

Er is in (37) te zien dat alle mogelijke opties bij een natuurlijke uitspraak als (30) gevangen worden. Floor kan beide eten, één van de twee en geen van beide. Een mogelijke invulling voor 36 is:  $(\diamond(\varphi \wedge \neg \psi) \vee \diamond(\neg \varphi \wedge \psi)) \wedge (\diamond(\neg \varphi \wedge \psi) \vee \diamond(\varphi \wedge \neg \psi))$ . Als je dit vereenvoudigt ontstaat er:  $(\diamond \varphi \vee \diamond \psi) \wedge (\diamond \psi \vee \diamond \varphi)$ , waarvan een mogelijke invulling weer is dat  $\diamond \varphi \wedge \diamond \psi$ . Hier is te zien dat er vanuit (31) is gewerkt naar  $\diamond \varphi \wedge \diamond \psi$ . Als er opties van (37) worden ingevoegd in (36) kan het lijken alsof dit leidt tot een contradictie. Dit is niet het geval. We hebben het hier namelijk over mogelijkheden, er is dus een mogelijke wereld waarin iets gebeurt en de dingen worden niet allemaal in dezelfde wereld tegelijk uitgevoerd.

Bij de optie waarbij Floor uiteindelijk beide niet eet is het wel zo dat de logische uiting van (30) nu onwaar is. Dit is een voorbeeld van de moeilijkheid van natuurlijke taal vatten binnen de logica. Bij een andere existentiële modaliteit kan dit namelijk wel. Neem zin (38). Als Crush beide opties niet uitvoert is het logisch equivalent van de zin onwaar. Dit is ook zo in de natuurlijke taal, aangezien Crush er dan niet meer kan werken.

$$(38) \text{ Om hier te werken kan Crush een motivatiebrief of een paper opsturen.}$$

### Broersen en Meyers oplossing

B&M introduceerden een nieuwe definitie in de *xstit*, een vrije keuze (*freew*) actie die een agent kan uitvoeren (39). We gaan ervan uit dat een agent die een vrije keuze actie kan uitvoeren gelijk staat aan een mogelijkheid binnen Kratzer semantiek. In (40) is de vertaalstap van een natuurlijke taalzin in een definitie van vrije keuze te zien. Floor gelooft dus dat hij een koekje gaat eten, maar er is ook nog een mogelijkheid dat hij gelooft dat hij geen koekje gaat eten.

$$(39) [\alpha \text{ freew}] \varphi \equiv_{def} B_\alpha[\alpha \text{ xstit}] \varphi \wedge \Diamond B_\alpha \neg[\alpha \text{ xstit}] \varphi$$

$$(40) \text{ Floor mag een koekje} \\ \rightsquigarrow B_F[F \text{ xstit}] \text{koekje} \wedge \Diamond B_F \neg[F \text{ xstit}] \text{koekje}$$

De Kratzer-semantiek zorgt ervoor dat doormiddel van de conversatie-achtergrond de *B* operator omschreven kan worden. Dit wordt een  $\Box$  met als Modal Base de verzameling proposities die kloppen met wat de agent gelooft. Als de *B* in zin (40) gesubstitueerd zou worden met een  $\Box$  zou dit leiden tot  $\Box \text{koekje} \wedge \Diamond \Box \neg \text{koekje}$ . Dit vind ik geen goede manier om te kijken naar de manier waarop FWC werkt in *sttit*, aangezien dit zou betekenen dat er vanuit een wereld *w* geldt dat in alle mogelijke bereikbare werelden geldt dat *koekje* en vanuit minimaal één van deze werelden weer in alle mogelijke bereikbare werelden moet gelden dat  $\neg \text{koekje}$ . Dit terwijl een actie van een agent of een existentiële modaliteit niet betekent dat eerst zou moeten gelden dat je een koekje eet en daarna geldt dat je geen koekje eet. Ik zie de FWC binnen de *sttit* als een manier om aan te geven dat Floor op het moment dat hij een koekje mag eten ook de optie moet hebben om het koekje niet te eten. Dit zorgt ervoor dat de vertaalstap (41) ontstaat. Als het een mogelijkheid is dat  $\varphi$  moet het zo zijn dat het ook een mogelijkheid moet zijn om  $\neg \varphi$ .

$$(41) \Diamond \varphi \Rightarrow \Diamond \varphi \wedge \Diamond \neg \varphi$$

Als er nu mogelijke werelden zijn waarin  $\varphi$  waar is, is er ook minimaal één mogelijke wereld waarin  $\neg \varphi$  geldt. Dit is het geval bij één mogelijkheid. Laten we nu kijken naar de FC zin (31). Hierbij gaat het om een disjunctie van twee mogelijkheden.

In (42) is zin (31) omschreven door middel van (41). Als er dus keuze is tussen twee dingen moet het ook nog zo zijn dat het een mogelijkheid is om geen van deze dingen te kiezen. Er wordt dus aan de basiszin (31) iets extra's toegevoegd. Er wordt nu expliciet aangegeven dat het ook zo moet zijn dat er een mogelijke wereld is waarin geen van beide dingen geldt. Floor eet dus geen koekje en geen lolly. Hiermee wordt er duidelijk gemaakt dat er ook nog andere opties zijn dan van tevoren aangegeven. Namelijk de optie om geen van beide te eten. Hiermee kan je omschrijven dat iemand altijd nog ongehoorzaam kan zijn. Bij een zin zoals (38) zorgt dit ervoor dat het aangeeft dat het dus inderdaad zo is dat het een optie is om het beide niet op te sturen, maar dat Crush er dan ook niet kan werken.

$$(42) \Diamond(\varphi \vee \psi) \wedge \Diamond \neg(\varphi \vee \psi)$$

Er is alleen nog steeds geen correcte omgang met FC. De conclusie dat beide begin disjuncten een mogelijk zijn is niet uit formule (42) te halen.

## Hoofdstuk 6

# Conclusie & discussie

Er is gekeken naar het effect van FC op twee kaders, de oplossingen die geboden werden in de kaders en het effect van het toepassen van de oplossing binnen een ander logisch kader, met als doel het beantwoorden op welke manier Kratzeriaanse-logica en stit-logica omgaan met Free Choice.

De manier waarop FC te zien is en op welke manier dit een probleem vormt verschilde binnen de kaders. Waar het bij Kratzer fout ging bij de vertaalslag vanuit de natuurlijke taal naar de logica, draaide het bij stit ook nog om of iets toegestaan was voor een agent.

Er is gebleken dat FC in de Kratzer-semantiek wordt opgelost door de implicaties die gemaakt worden bij een uiting die onuitgesproken zijn. In de stit-logica ligt de oplossing bij nieuwe definities. Het verschil zit hem in de manier waarop het probleem opgelost wordt.

Het toepassen van de oplossing van Putte binnen de Kratzer-semantiek zorgt voor een uitgebreidere omschrijving van welke opties er allemaal zijn bij een keuze zoals in (43). Dit is exact hoe het gaat in een gewone situatie en in de natuurlijke taal. Nu is het zo dat K&S met hun eigen oplossing binnen de Kratzer-semantiek niet alle mogelijke opties wilden vangen, maar alleen dat beide opties ook een mogelijkheid moeten zijn. Ik denk dat deze uitgebreidere omschrijving zorgt voor een verbreding van de vertaalslag van natuurlijke taal en logica. Een mogelijkheid die er namelijk voor zorgt dat beide disjuncten niet gekozen worden, zorgt ervoor dat je de andere keuzes die een mens heeft ook omschrijft. Bij een voorbeeld zoals (31) is het wel zo dat doordat het ook een optie is dat beide disjuncten onwaar zijn, valt te concluderen dat de beginzin ook onwaar is, terwijl het wel waar is dat Floor mocht kiezen tussen de twee opties. Bij een voorbeeld zoals (38) werkt dit wel en is de zin waar je mee begint ook onwaar als beide disjuncten niet kloppen. Het probleem dat hier ontstaat is dat de nieuwe formule (35) niet voor alle existentiële modaliteiten op een correcte manier werkt.

We kunnen hieruit concluderen dat de Kratzer-semantiek aanpassen door middel van het toepassen van Putte's oplossing binnen de stit-logica kan zorgen voor een betere manier van omgang met FC op de manier dat dit ook binnen de natuurlijke taal gebeurt, maar dat het wel voor nieuwe problemen zorgt.

$$(43) \diamond(\varphi \vee \psi)$$

Het toepassen van de vrije keuze definitie van B&M binnen de Kratzer-semantiek zorgt niet voor een goede oplossing voor het FCP. Wel wordt er op een goede manier een keuze die een individu ook heeft in de echte wereld omschreven. Als het voor Floor toegestaan is iets te kopen kan hij er namelijk ook prima voor kiezen om niks te kopen en weer naar huis te gaan. De oplossing van B&M zorgt dus ook binnen de Kratzer-semantiek voor een uitwerking die als resultaat het nabootsen van de natuur heeft.



Sommige onderdelen van oplossingen hadden overlap met elkaar, zoals Putte's observatie (IIIa) en K&S hun oplossing. In (IIIa) benoemt Putte namelijk dat een keuze hebben niet meteen betekent dat er sprake is van FC. Dit is ook hoe Kratzer op haar oplossing uitkomt. Ze zegt namelijk dat de spreker de keuze zo stelde dat er niet bedoeld wordt dat (44) en Putte benoemt dat als (44) het geval is er geen FC is<sup>3</sup>. Ook bij Putte's observatie (V) is overlap te zien. Hier benoemt hij dat naast dat een agent keuze heeft dat de opties ook bereikbaar moeten zijn voor een agent. De Kratzer-semantiek heeft een manier om hiermee om te gaan, namelijk de conversatieachtergrond. Deze zorgt ervoor dat je de opties die toegestaan zijn los kan zien van de opties die überhaupt mogelijk zijn. Er is te zien dat zelfs kaders die heel erg verschillen qua toepassing gemeenschappelijke onderdelen kunnen hebben wat betreft de benadering voor een probleem. Dit is ook de reden dat de oplossing van Putte toepassen in de Kratzer-semantiek zorgt voor een betere omgang met FC. Dit door de overeenkomende observatie waarop beide oplossingen bouwen en de overeenkomst in het gebruiken van een soort conversatieachtergrond.

$$(44) \diamond(\varphi \wedge \neg\psi)$$

Niet alle toepassingen van de oplossingen resulteren in een goede omgang met FC. Ze zorgen wel allemaal voor een betere omgang met FC of de echte wereld dan de standaard semantiek. Er is dus goed te zien dat een oplossing gemaakt voor één kader, binnen een ander kader kan zorgen voor verbeterde omgang met FC en zelfs een oplossing kan bieden voor het FCP. Zelfs als dit niet het geval is kan dit alsnog zorgen voor meer inzicht in het probleem of wordt er meer informatie verkregen over mogelijke andere opties in een dergelijke keuzesituatie.

Er is gefocust op één oplossing binnen de Kratzer-semantiek en op twee oplossingen binnen de stit-logica. Er bestaan veel meer oplossingen binnen de Kratzer-semantiek en de stit-logica. De uitkomsten van het toepassen van deze oplossingen binnen het andere kader gaan maar in op een klein deel van de literatuur. Deze toepassingen vergelijken met meer toepassingen en het toepassen van oplossingen op weer andere kaders dan waarvoor zij gemaakt zijn, zou mooi vervolgonderzoek zijn. Dit zou dan binnen andere kaders kunnen zoals bijvoorbeeld binnen de 'truthmaker-semantiek'. Ook zou de oplossing van K&S nog toegepast kunnen worden binnen meerdere stit-logica's. Het toepassen van oplossingen op andere kaders laat namelijk goed de benodigde denkstappen zien bij FC-problemen. Ook geeft dit meer inzicht over welke onderdelen nodig zijn per kader om op de juiste manier om te gaan met FC en om het FCP op te lossen.

Ook zou er gekeken kunnen worden naar dezelfde twee kaders en oplossingen, waarbij de vertaalstappen die in dit onderzoek zijn uitgevoerd op een andere manier geïnterpreteerd worden. De P-functor van Putte of de vrije keuze definitie van B&M zou op een andere manier vertaald kunnen worden naar de Kratzer-semantiek. Dit zou kunnen leiden tot andere uitkomsten en betere omgang met FC.

---

<sup>3</sup>Ditzelfde geldt andersom en dus voor  $\diamond(\neg\varphi \wedge \psi)$

# Bibliografie

- Aloni, M. D. (2003). „Free Choice In Modal Contexts”. In: *Proceedings of the Conference “sub7 – Sinn und Bedeutung”*. Arbeitspapier Nr.114, 65–94.
- (2007). „Free choice, modals, and imperatives”. In: *Natural Language Semantics* 15, 65–94.
- Aloni, M. D. en R. A. M. van Rooij (2005). „Free Choice Items and Alternatives”. In: *University of Amsterdam*, 65–94.
- Anglberger, A.J.J., N. Gratzl en O. Roy (2015). „Obligation, Free Choice, and The Logic Of Weakest Permissions”. In: *The review of symbolic logic* 8.4, p. 807–827.
- Belnap, N. D. en M. Perloff (1988). „Seeing to it that: a canonical form for agentives”. In: *Theoria* 54, p. 175–199.
- Broersen, J. en J. C. Meyer (2014). „Action, Failure and Free Will Choice in Epistemic stit Logic”. In: *Epistemology, Context, and Formalism* 4, 141–168.
- Broersen, J. M. (2008). „A logical analysis of the interaction between ‘obligation-to-do’ and ‘knowingly doing’”. In: *Proceedings 9th international workshop on deontic logic in computer science (DEON’08)*: 5076 of lecture notes in computer science, p. 140–154.
- (2011). „Deontic epistemic stit logic distinguishing modes of mens rea”. In: *Journal of Applied Logic*, p. 127–152.
- Fusco, M. (2014). „Free choice permission and the counterfactuals of pragmatics”. In: *Linguistics and Philosophy* 37.4, 275–290.
- Hall, J. G. en K. Waugh (2010). „Investigating Agent Influence and Nested Other-Agent Behaviour”. In: *International Journal on Advances in Intelligent Systems* 3, p. 106–120.
- Horty, J. (1989). „An alternative stit operator”. In: *Manuscript, Philosophy Department, University of Maryland* 74, p. 57–74.
- Horty, J. F. en N. Belnap (1995). „The deliberative stit: A study of action, omission, ability, and obligation”. In: *Journal of Philosophical Logic* 24.6, 583–644.
- Kamp, H. (1973). „Free Choice Permission”. In: *Proceedings of the Aristotelian Society, New Series* 74, p. 57–74.
- Kratzer, A. (1973a). „Modality”. In: *Arnim von Stechow en Dieter Wunderlich Semantics: An international handbook of contemporary research*, p. 639–650.
- (1973b). „The notional category of modality”. In: *Hans-Jürgen Eikmeyer en Hannes Rieser Words, worlds, and contexts: New approaches in word semantics (Research in Text Theory)*, p. 38–74.
- (1977). „What must and can must and can mean”. In: *Linguistics and Philosophy* 3, p. 337–355.
- (1978). „Semantik der Rede: Kontexttheorie – Modalwörter – Konditionalsätze”. In:
- Kratzer, A. en J. Shimoyama (2002). „Indeterminate pronouns: The view from japanese”. In: *Y. Otsu The Proceedings of the Third Tokyo Conference on Psycholinguistics (TCP 2002)*, p. 1–25.
- Kripke, S.A. (1963). „Semantical Analysis of Modal Logic I Normal Modal Propositional Calculi”. In: *Mathematical Logic Quarterly* 9, p. 67–96.

- Meyer, M. (2016). „An Apple or a Pear: Free Choice Disjunction”. In: *Review for Wiley’s Companion to Semantics*.
- Nouwen, R. (2016). „The ability to choose”. In: *Utrecht University*.
- (2018). „Free choice and distribution over disjunction: the case of free choice ability”. In: *Semantics and Pragmatics* 11.4.
- Portner, P. (2008). „Modality”. In: *Georgetown University*.
- Prior, A. N. (1967). „Past, Present and Future”. In: *Oxford: Oxford University Press*.
- Putte, F. van de (2016). „Free choice permission in STIT”. In: *Ghent University*, p. 15.
- Schulz, K. (2005). „A Pragmatic Solution for the Paradox of Free Choice Permission”. In: *Synthese* 2, p. 343–377.
- Thomason, R. H. (1970). „Indeterminist time and truth-value gaps”. In: *Theoria* 36, p. 246–281.
- (1984). „Combinations Of Tense And Modality”. In: *Handbook of Philosophical Logic II*, p. 135–165.
- von Fintel, K. en I. Heim (2011). „Intensional Semantics”. In: p. 255–290.
- von Kutschera, F. (1986). „Bewirken”. In: *Erkenntnis* 24, p. 253–281.
- Xu, M. (1994). „Decidability of Deliberative Stit Theories with Multiple Agents”. In: *Department of Philosophy*, p. 332–348.
- (1998). „Axioms for Deliberative Stit”. In: *Journal of Philosophical Logic* 27, p. 505–552.
- Zimmerman, T. E. (2000). „Free Choice Disjunction and Epistemic Possibility”. In: *Natural Language Semantics* 8, p. 255–290.