

# Het Formaliseren van Theta Theorie

Jan van Eijck

14 november 2002

## 1 Cursus-Experiment ‘The Theta System’

In het eerste blok van het academisch jaar 2002-2003 vindt op Uil-OTS een interessant experiment plaats. Twee stafleden van zeer verschillend pluimage, een taalkundige uit de Chomskiaanse traditie en een logicus, besluiten samen een cursus te geven over een onderwerp waar vanuit hun disciplines zeer verschillend over wordt gedacht: theta theorie, de theorie over thematische argumentstructuur in natuurlijke taal. De cursus wordt in september 2002 als volgt elektronisch aangekondigd:

Announcing a graduate course at Uil-OTS, Utrecht  
2 blocks, starting September 12, 2002.

Time: Thursday, 12.00–15.00 h.

Place: Kromme Nieuwegracht 80, Room 131

Jan van Eijck ([jve@cwi.nl](mailto:jve@cwi.nl))

Tanya Reinhart ([tanya.reinhart@let.uu.nl](mailto:tanya.reinhart@let.uu.nl))

### THE THETA SYSTEM

The theoretical framework is the Theta System, as developed by Reinhart the last few years. The Theta system (what has been labelled in Chomsky’s Principles and Parameters framework ‘Theta theory’) is the system enabling the interface between the systems of concepts and the computational system syntax (and, via the syntactic representations, with the semantic inference systems).

Along with theoretical research, a further goal of the course is implementation of the system using parsing tools developed by Van Eijck. Students have a choice to (i) pursue the purely theoretical venue, (ii) focus on implementation, or (iii) do both theory and implementation.

[...]

Het eerste blok van de cursus — een algemene inleiding in ‘the theta system’ en algemene achtergrond in formaliseren en implementeren — is intussen afgerond. Het tweede blok zal bestaan uit twee onderdelen: een onderzoeksgroep

‘theorie van het theta systeem’ o.l.v. Tanya Reinhart, en een onderzoeksgroep ‘formaliseren en implementeren van theta theorie’ o.l.v. Jan van Eijck. Nadere informatie over de cursus is te vinden via de link [www.cwi.nl/~jve/theta](http://www.cwi.nl/~jve/theta).

## 2 Hoe ontstaat interdisciplinaire samenwerking?

Hoe ontstaat een dergelijke samenwerking tussen theoretische taalkunde en logische taalanalyse? En werkt het?

In ons geval ontstond het experiment niet na lange voorbereiding of uitvoerige planning, maar puur toevallig, en *on the spur of the moment*. Tanya Reinhart en ik zijn al jarenlang collega’s, maar we spreken elkaar eigenlijk alleen heel sporadisch in het buitenland, bij conferenties op het grensgebied tussen onze disciplines.

Deze zomer waren we toevallig allebei *invited speaker* bij een buitengewoon geslaagde zomerschool in Pécs, Hongarije, *The Seventh Symposium on Logic and Language*, die eind augustus plaatsvond en een week duurde. Tanya en ik troffen elkaar dagelijks bij lunch en diner, en we zaten naast elkaar tijdens de heen- en terugreis, dus we hadden eigenlijk voor het eerst uitgebreid gelegenheid om elkaar te spreken. Wat jammer toch dat er zo weinig wordt samengewerkt tussen onze twee soorten van taalkunde, vond ik. Daarop stelde Tanya voor om haar cursus ‘The Theta System’ die in september van start zou gaan samen te gaan geven. Volledige onderdompeling leek haar de snelste manier om beter met elkaars kijk vertrouwd te raken, en *en passant* kon ik dan hand- en spandiensten verrichten bij het implementeren van haar ideeën.

Zo gezegd, zo gedaan. En of het werkt? De studenten, Tanya en ik hebben ongetwijfeld verschillende antwoorden. Wat de onbesuisde aanpak betreft had Tanya helemaal gelijk: totale onderdompeling bij het samen een cursus geven genereert inzicht in een verbluffend tempo. Ik heb in een paar maanden meer over theta theorie geleerd dan ik ooit had kunnen denken, simpelweg omdat de cursus daartoe dwong. Aan de andere kant: elkaars perspectief echt leren begrijpen bleek veel moeilijker dan we hadden voorzien. En of het experiment voor de studenten heeft gewerkt moet je natuurlijk niet aan mij vragen. Feit is dat we intussen met een enthousiast implementatiegroepje aan de slag zijn.

De gezamenlijke cursus heeft me ertoe aangezet om in rap tempo een formeel perspectief op theta theorie te ontwikkelen. Nooit eerder was er voldoende aanleiding om nu eens goed na te denken over het verband tussen *event semantics* en standaard predikatenlogica. Dit project heeft me ertoe gebracht om een perspectief te ontwikkelen dat vertalen over en weer tussen gebeurtenis-semantiek en relatie-semantiek mogelijk maakt. Dat perspectief ligt ten grondslag aan de formalisering.

Theta theorie heeft een veel flexibeler manier van kijken naar argument structuur dan standaard logica. De volgorde waarin werkwoorden met DPs en PPs combineren ligt immers niet volkomen vast. Daarom hebben we een flexibele manier nodig om werkwoord-betekeningen met DP en PP betekenissen te combineren. Je kunt zowel zeggen ‘Jan kuste Heleen om drie uur op het zebrapad’

als ‘Jan kuste om drie uur Heleen op het zebrapad’. Je kunt sommige PPs ook weglaten: ‘Jan kuste om drie uur Heleen’ of ‘Jan kuste Heleen op het zebrapad’. Van belang voor theta theorie is de thematische structuur: er wordt in al deze zinnen een gebeurtenis beschreven waarin een agent ‘Jan’, een patient ‘Heleen’, een locatie ‘op het zebrapad’ en een tijdstip ‘om drie uur’ een rol spelen. Als je, zoals logici vaak willen, van ‘kussen’ een tweelaatsig predikaat maakt, met vaste argumentposities, dan is dit soort flexibiliteit moeilijk te verantwoorden.

In het vervolg van dit stukje zal ik nader ingaan op wat logica en taalkunde te melden hebben over argumentstructuur.

### 3 Twee Perspectieven op Argumentstructuur

Zowel de predikatenlogica van de logici als de theta theorie van de Chomskiaanse taalkundigen heeft iets te zeggen over *argumentstructuur* van beweringen, over de manier waarop predikaten worden gecombineerd met hun argumenten. Chomskiaanse taalkunde is wat dit betreft een stuk explicieter dan predikatenlogica.

Theta theorie is de theorie die beschrijft hoe thematische rollen zoals *Agent*, *Patient*, *Oorzaak*, *Instrument*, enzovoorts, functioneren in de zogenaamde thematische structuur van predikaten in het lexicon. Taalkundigen nemen aan dat lexicale specificatie van werkwoorden informatie bevat over het *theta grid* van die werkwoorden. In *Katrijn slaat Jan met een stok* is *slaat* het predikaat, *Katrijn* de agent, *Jan* de patient, en *een stok* het instrument. Het *theta grid* van ‘slaan’ kan er dus zo uitzien:

slaan	1	2	3
	Agent	Patient	Instrument

Dit is maar een illustratie. Er zou ook een thematische rol kunnen zijn voor de locatie, en misschien zijn er nog meer rollen. Taalkundigen zijn het er niet over eens hoeveel thematische rollen moeten worden onderscheiden, en welke rollen dat precies zijn.

Predikatenlogica is veel minder expliciet over de thematische structuur van elementaire zinnen. ‘Katrijn slaat Jan’ wordt predikatenlogisch gemodelleerd als  $S(Katrijn, Jan)$ . Daarbij is  $S(-, -)$  een tweelaatsig predikaat (een predikaat dat twee open plaatsen heeft voor argumenten), en zijn *Katrijn* en *Jan* namen die op een open plaats in een predikaat kunnen worden ingevuld. Dat de ene plaats correspondeert met de thematische rol van *Agent* en de andere met de thematische rol van *Patient* wordt nergens vastgelegd.

Met behulp van *typentheorie* kun je de structuur van het tweelaatsige predikaat  $S(-, -)$  nader in kaart brengen. Om de twee plaatsen die het predikaat heeft van elkaar te onderscheiden gebruiken we *lambda abstractie* en gebonden variabelen. De uitdrukking

$$\lambda y \lambda x. S(x, y)$$

staat dan voor het predikaat “slaan”. Dit predikaat combineert eerst met een direct object *Jan* tot het predikaat voor “Jan slaan”:

$$\lambda x.S(x, Jan).$$

De uitdrukking  $\lambda x.S(x, Jan)$  is in feite een eenplaatsig predikaat: de lambda abstractie geeft aan dat er nog één positie over is waar een naam kan worden ingevuld.

Combineren van een eenplaatsig predikaat met een eigennaam levert een bewering. In dit geval: combineren van  $\lambda x.S(x, Jan)$  met de eigennaam *Katrijn* levert:  $S(Katrijn, Jan)$ . Dat is de predikatenlogische bewering die uitdrukt dat Katrijn Jan slaat.

Informatie over de thematische structuur leveren predikatenlogica en typentheorie niet. Er is echter wel een zeer uitgebreide logische theorie over hoe je *transformaties* op predikaten kunt uitvoeren. Bij voorbeeld: het predikaat voor “slaan” kan door een typenlogische operatie worden omgezet in een predikaat voor “geslagen worden”. Wat is logisch gezien het verschil tussen “slaan” en “geslagen worden”? Typentheorie ziet het verschil in thematische rol niet, maar ziet wel het verschil in *volgorde* waarin het predikaat combineert met zijn argumenten.

“Geslagen worden” combineert eerst met “door Katrijn” tot een nieuw predikaat “door Katrijn geslagen worden”. Hoe moeten we “geslagen worden” representeren om dat voor elkaar te krijgen? Als volgt:

$$\lambda y \lambda x.S(y, x).$$

Combineren met *Katrijn* levert nu op:

$$\lambda x.S(Katrijn, x),$$

en dat is precies het predikaat voor “door Katrijn geslagen worden”.

Het mooie is nu dat de operatie die het tweepplaatsige predikaat voor “slaan” omzet in het tweepplaatsige predikaat voor “geslagen worden” *zelf* ook weer in typentheorie kan worden uitgedrukt. De typentheoretische definitie van de *swap* operatie luidt als volgt:

$$\text{swap} = \lambda R \lambda x \lambda y.(Ry)x.$$

Het is duidelijk dat *swap* gebruikt kan worden om de verhouding te beschrijven tussen actieve en passieve zinnen. Maar daar hebben taalkundigen ook een heleboel over te zeggen ...

## 4 Het Theta Systeem

Terug naar de theta theorie. Tanya Reinhart had het idee om thematische rollen te beschrijven in termen van feature clusters van twee features  $\pm c$  ( $c$  voor ‘cause’) en  $\pm m$  ( $m$  voor ‘mental’). Er zijn 9 consistente deelverzamelingen van de feature verzameling

{ +c, -c, +m, -m },

en die deelverzamelingen kunnen als volgt aan thematische rollen (theta rollen) worden gekoppeld:

Agent	[+c+m]	Instrument	[+c-m]
Experiencer	[-c+m]	Patient, Theme	[-c-m]
Cause	[+c]	Animate	[+m]
Source, Subject Matter	[-m]	Goal	[-c]
None	[ ]		

Dit geeft de theorie handen en voeten, vooral ook omdat een pretentie van de oude theta theorie wordt losgelaten. Eerdere proponenten van theta theorie meenden dat een theorie over de hierarchie van theta rollen de argument-volgorde in een werkwoordcluster zou moeten kunnen verklaren. In Reinhart's optiek hoeft dat (gelukkig) niet. Theta theorie hoeft alleen constraints te leveren op de ordening van thematische rollen. Het theta systeem beantwoordt bij voorbeeld de vraag welke thematische rollen als subject kunnen worden gerealiseerd en welke thematische rollen corresponderen met een DP of PP binnen het werkwoordcluster. Bij voorbeeld: als er een *Agent* is, dan moet dat het subject zijn van de zin: 'Katrijn sloeg Jan met de stok'. Als er geen *Agent* is, dan kan een *Instrument* subject zijn: 'De stok sloeg Jan'.

Theta theorie heeft ook iets te zeggen over de relatie tussen *leggen* en *liggen*, tussen *voeren* en *varen*, tussen *vellen* en *vallen*, over de passief transformatie, over de vorming van reflexieve werkwoorden, en over nog zo het een en ander. Voor de details zij verwezen naar de artikelen van Tanya Reinhart op de cursuswebsite.

## 5 Formalisering

De programmeertaal die we voor onze formalisering van theta theorie gebruiken is gebaseerd op typentheorie. Dit houdt in dat alle operaties die in typentheorie kunnen worden geformuleerd direct corresponderen met programma's in de implementatietaal. De *swap* operatie die hierboven werd genoemd, bij voorbeeld, is al een programma.

Wie zich in typentheorie kan uitdrukken kan programmeren in functionele talen die gebaseerd zijn op logica en typentheorie. Zo'n taal leer je dus gebruiken door eerst een paar dingen te leren over lambda abstractie en typen, en vervolgens gewoon te beginnen met het ontwikkelen van programma's. Dat is precies wat we nu in het implementatie project aan het doen zijn.

Formaliseren en implementeren dwingt je wel om volkomen expliciet te zijn over de begrippen die je hanteert. Zo was het bij voorbeeld nodig om heel precies te omschrijven wat we in de theorie onder een *event* (gebeurtenis) verstaan. Ook kun je in een implementatie de betekenisrepresentaties die je aan je zinnen wilt toekennen uittesten door middel van een waarheidsdefinitie in een model. Het model geeft dan een representatie van een 'stukje van de wereld', en semantische

evaluatie maakt duidelijk of in dat stukje wereld de zinnen uit je taalfragment waar zijn of niet. Erg nuttig om te zien of je formalisering echt deugt.

Moderne functionele talen maken het mogelijk om heel snel prototype implementaties te ontwikkelen. Hoe in een formeel kader flexibel kan worden omgesprongen met met argumentposities en hoe thematische structuur kan worden aangegeven wordt duidelijk in de formalisering en implementatie van theta theorie die er intussen is. De meest recente versie van de implementatie is op te halen van web adres [www.cwi.nl/~jve/theta/tftt.pdf](http://www.cwi.nl/~jve/theta/tftt.pdf).

Volgens mij biedt de implementatie een zeer vruchtbaar formeel perspectief op theta theorie, maar ik ben een logicus, en op mij is van toepassing wat Goethe opmerkt over wiskundigen in het algemeen:

“Die Mathematiker sind eine Art Franzosen; redet man mit ihnen, so übersetzen sie es in ihre Sprache, und dann ist es alsobald ganz etwas anderes.”

J.W. von Goethe, uit *Maximen und Reflexionen*.

Het probleem is dat een logisch/formele manier van kijken vereist is om in een formalisering van een theorie het origineel te herkennen. . .

Dat probleem zullen we echter altijd houden. Goethe was een alfa *pur sang*. Hij hield zich wel met natuurwetenschap bezig, maar excelleerde bij uitstek op terreinen waar formele abstractie en mathematisch denken geen rol spelen. Nog niet zo lang geleden was taalkunde een geesteswetenschap in de pure Goethiaanse zin. Nu is dat echter beslist niet meer zo. Taalwetenschap kan niet meer zonder formaliseren, en de taalkundigen die de logisch/formele vaardigheden ontwikkelen die daarvoor nodig zijn hebben de toekomst.