Tussen taal en betekenis

Jan van Eijck

Rede uitgesproken bij het aanvaarden van het ambt van gewoon hoogleraar in de Faculteit der Letteren aan de Rijksuniversiteit Utrecht voor het vakgebied van de logische aspecten van de computationele taalkunde, op 15 november 1991.

Zeer geachte toehoorders,

In het halve uur dat mij vandaag is toegemeten wil ik het met u gaan hebben over het wetenschappelijke onderzoek dat het verband probeert te leggen tussen taal en betekenis. Met een technische term wordt dat onderzoek wel aangeduid als: het onderzoek naar de semantiek van natuurlijke taal.

De sprong van taal naar betekenis

Laat ik beginnen met de twee zelfstandige naamwoorden in de titel van mijn betoog, 'Tussen taal en betekenis', toe te lichten. Zowel over *taal* als over *betekenis* hebben diepzinnige filosofen lange en moeizame vertogen weten te houden, maar ik stel u meteen gerust: wij houden het vandaag simpel. Wanneer ik het over taal heb bedoel ik: natuurlijke taal. Het Nederlands of het Engels zijn natuurlijke talen, dit in tegenstelling tot bij voorbeeld de programmeertaal Pascal. Onder *taal* verstaan we reeksen woorden zoals ik die hier nu uitspreek, gecombineerd tot zinnen. Onder *betekenis* verstaan we de gedachte-inhouden die corresponderen met de woorden en de zinnen die ik nu uitspreek en die u begrijpt. De gedachte-inhoud van een woord of zin is datgene wat u als taalgebruiker moet weten om dat woord of die zin te begrijpen en correct te kunnen gebruiken.

Deze omschrijvingen zijn vaag, maar niet *te* vaag; u zult merken dat de vaagheid voor ons betoog niet geeft. De omschrijvingen zijn voldoende duidelijk om de vraag te kunnen stellen waar het mij hier om gaat: wat zit er tussen taal en betekenis? Met andere woorden: wat zit er tussen reeksen woorden en de gedachte-inhouden die daarmee corresponderen?

Ik sta hier te spreken, en ik sta daarbij zeer van harte te hopen dat u begrijpt wat ik zeg. Maar wat er zich precies in uw hersenen afspeelt als u een gesproken of geschreven mededeling begrijpt, dat weet ik niet. Sterker nog, dat weet niemand, of het nu een experimenteel psycholoog, een taalfilosoof, een taalkundige of een informaticus is [6]. Uw hersenpan is een grijze doos, en, gelukkig voor u, onderzoekers die geïnteresseerd zijn in wat er in die doos gebeurt wanneer u natuurlijke taal verwerkt, bestuderen die doos van de buitenkant, zonder hem open te maken.

In de semantiek van natuurlijke taal onderzoeken we het verband tussen taal en betekenis van buitenaf. De daarbij gevolgde methode is steevast de volgende. We vormen ons eerst een *beeld* van de manier waarop het verband tussen taal en betekenis *in principe* zou kunnen worden gelegd, en we proberen vervolgens dat beeld systematisch uit te werken en te toetsen. De grondgedachte die daarbij het uitgangspunt is, is een *metafoor*. Immers, die grondgedachte suggereert in alle gevallen een *analogie* met iets wat we beter begrijpen. Als een semanticus een antwoord probeert te geven op de vraag 'Wat zit er tussen taal en betekenis?', dan berust dat antwoord in laatste instantie op een reductie van iets wat hij niet of nauwelijks begrijpt tot iets wat hij beter begrijpt, met behulp van een metafoor, dat wil zeggen, met behulp van een zinnebeeld of gelijkenis.

De kracht van een metafoor berust op twee factoren. De eerste factor is de mate van inzicht die we hebben in datgene waar de metafoor naar verwijst: leert de vergelijking met iets anders ons iets? De tweede factor is de sterkte van de analogie: is het verband tussen datgene wat we willen begrijpen en datgene waarmee we het vergelijken wel zo hecht als we graag zouden willen? Ik wil vandaag twee metaforen die de semantiek van natuurlijke taal diepgaand hebben beïnvloed met u doornemen. Eerst wil wil ik echter iets zeggen over het meest elementaire verband tussen taal en betekenis.

Het meest elementaire verband tussen taal en betekenis is het verband tussen woorden en de dingen die daarmee kunnen worden aangeduid. Het inzicht dat dit verband elementair is is al heel oud.

Ik laat daarover even de filosoof Augustinus aan het woord. Hier is een citaat uit de Belijdenissen, geschreven rond het jaar 400, waarin de kerkvader vertelt hoe hij zelf heeft leren praten. Eerst was hij niet in staat om zijn gevoelens en wensen te uiten, maar door het verband tussen namen en dingen te leren veranderde dat:

> Zo hoorde ik voortdurend woorden, die in verschillende volzinnen op de voor hen passende plaatsen gebruikt werden, en allengs maakte ik daaruit op, van welke dingen zij de tekens waren. Vervolgens richtte ik mijn mond af op die tekens en weldra was ik zo ver, dat ik er mijn eigen wensen mee uitte.
>
> Augustinus, *Belijdenissen* I,8 [3], blz. 46-47.

Dit citaat heb ik zelf uitgezocht (en al eerder gebruikt in [7]); een erudiet collega wees mij erop dat dit toevalligerwijze ook het citaat is waarmee de filosoof Ludwig Wittgenstein zijn *Philosophische Untersuchungen* begint [40].

Net als Augustinus zullen we het oerverband tussen woorden en dingen die door die woorden benoemd worden als gegeven aannemen. Dat mensen zulke verbanden kunnen leggen is overigens helemaal niet triviaal. Wie de betekenis van het woord 'rood' leert door in te zien dat dit woord van toepassing is op alle dingen die in een bepaald aspect op elkaar lijken maakt een gewaagde sprong over de gapende kloof tussen woorden en dingen. Augustinus zegt dat hij bij het leren van woordbetekenissen gebruik heeft gemaakt van de geest die God hem gegeven heeft. Semantici nu zouden het zo niet zeggen, maar ze hebben met Augustinus gemeen dat ze het gelegde verband tussen woorden en dingen niet nader analyseren. In laatste instantie is het verband tussen taal en werkelijkheid tovenarij. En daarmee kom ik op mijn eerste metafoor.

De metafoor van de toverlantaarn

Het traditionele antwoord op de vraag naar wat er tussen taal en betekenis ligt is gebaseerd op wat ik de metafoor van de toverlantaarn noem. Tussen taal en betekenis zit een toverlantaarn. Betekenis begrijpen doen we door mentaal te zoeken in een collectie dia's, en de gevonden plaatjes om zo te zeggen tegen de binnenkant van onze hersenpan te projecteren, om dan vervolgens te kijken of die plaatjes met de werkelijkheid corresponderen.

Als je wilt begrijpen wat 'Jan groet Michael' betekent, dan zoek je in je diacollectie naar een plaatje waar Jan en Michael allebei op staan, en waar Jan zijn alpino (of baret) afneemt voor Michael. Als in de werkelijkheid waar dat plaatje op slaat Jan ook inderdaad zijn baret afneemt is de zin waar, als dat niet zo is niet. Strikt genomen zouden we nog wat preciezer moeten zijn. We zouden moeten zeggen dat het begrijpen van 'Jan groet Michael vandaag' vraagt om een verband tussen plaatjes en de werkelijkheid van vandaag (een situatie met baretten), terwijl het begrijpen van 'Jan groette Michael gisteren' in zijn werk gaat door een verband te leggen tussen plaatjes en de situatie van gisteren (een situatie met alpino's).

Het verband tussen de naam 'Jan' en de ene persoon op het plaatje en de naam 'Michael' en de andere persoon is elementair. Net zo voor het verband tussen het werkwoord 'groeten' en de activiteit van een hoofddeksel afnemen. Als we aannemen dat een elementair verband tussen woorden en plaatjes kan worden gelegd, dan kunnen we de betekenissen van eenvoudige zinnen en van ingewikkelder zinnen systematisch gaan uitleggen. Betekenis begrijpen komt neer op: inzien wat het verband is tussen de zinnen van het Nederlands en de plaatjes van je privé toverlantaarn, die dan vervolgens kunnen worden getoetst aan de werkelijkheid.

'Jan slaat Michael niet' wordt in verband gebracht met een plaatje van Jan en Michael waarop Jan Michael geen klap geeft, maar in plaats daarvan vriendelijk naar hem glimlacht. Als dit plaatje correspondeert met de werkelijkheid is de zin waar, als dat niet zo is niet. 'Iemand slaat Jan' wordt in verband gebracht met een plaatje waarop Jan een klap krijgt, enzovoort.

Een zin is *waar* als er een plaatje is voor die zin dat correspondeert met de werkelijkheid. We zien dus dat de betekenis van een zin via plaatjes wordt herleid tot een verband met situaties in de werkelijkheid. Met andere woorden, de betekenis van een mededeling begrijpen komt neer op: je een voorstelling kunnen maken van de omstandigheden die de mededeling waar zouden maken. Nog anders gezegd: betekenis begrijpen is de relevante dia in je mentale collectie weten te vinden, om zo te kunnen controleren of het gezegde waar is of niet.

De plaatjesmetafoor heeft vele taalfilosofen en taalonderzoekers geïnspireerd. Augustinus was een voorloper, maar hij heeft zijn opvattingen over het verband tussen woorden en dingen nooit systematisch uitgewerkt. Een van de eersten die het verband tussen woorden en dingen op een moderne manier systematisch heeft uitgewerkt was de filosoof en logicus Gottlob Frege, aan het eind van de vorige eeuw. Frege is de uitvinder van de predikatenlogica, die in zekere zin geheel berust op de plaatjesmetafoor [16]. (Met dat *in zekere zin* houd ik een kleine slag om de arm. Frege zou ongetwijfeld gerild hebben van ellende bij het dreigement van plaatjes projecteren tegen de binnenkant van zijn hersenpan. Frege was immers zeker geen *mentalist*. Men gelieve echter te bedenken dat al dat gepraat over projecteren binnen het hoofd natuurlijk alleen dient ter verhoging van de aanschouwelijkheid. Als we het projectiescherm buiten de menselijke geest zouden hebben opgesteld zou een en ander Frege beslist minder hebben verontrust.) Ludwig Wittgenstein was zo onder de indruk van de predikatenlogica dat hij er een complete plaatjesfilosofie op baseerde [46]. Ook Bertrand Russell is diepgaand beïnvloed door het Fregeaanse gedachtengoed. Hij ontleende er zijn voorstellen tot herziening van de omgangstaal aan [35, 36]. De Amerikaanse logicus Richard Montague gebruikte Frege's logische kijk op semantiek van natuurlijke taal in de jaren zeventig als grondslag voor een onderzoeksprogramma dat nog steeds vrucht afwerpt in de vorm van nieuwe semantische inzichten [43].

Ondanks de vruchtbaarheid van de metafoor van de toverlantaarn zijn er toch een paar problemen mee.

Een eerste moeilijkheid is dat het uitleggen van de betekenis van een complexe zin in termen van de betekenissen van eenvoudige zinnen volgens de plaatjesmetafoor niet altijd lijkt te lukken. Stel dat we de betekenis van 'Een man komt binnen' uitleggen als: kijk of je een plaatje kunt vinden waarop een individu van het mannelijk geslacht binnenkomt dat correspondeert met de werkelijkheid. De betekenis van 'een man' wordt dan uitgelegd in termen van 'er is een individu', of, zoals logici zeggen, in termen van existentiële kwantificatie. Maar neem nu de zin: 'Als er een klant binnenkomt, dan moet je hem koffie aanbieden'. De uitleg van de betekenis hiervan moet geschieden in termen van universele kwantificatie: de zin betekent immers dat je *iedere* klant die binnenkomt koffie moet aanbieden. Deze omslag van existentiële naar universele kwantificatie kan met behulp van de metafoor van de toverlantaarn eigenlijk niet goed verklaard worden [19].

Een tweede moeilijkheid met de metafoor van de toverlantaarn is dat deze metafoor is gebaseerd op het zin-voor-zin analyseren door een verband met een plaatje of een verzameling plaatjes te leggen, zonder dat dat verband bij het analyseren van de volgende zin nog een rol speelt. Bij voorbeeld, begrijpen van de zin 'Er kwam een man binnen' gaat door in je diacollectie te zoeken naar een plaatje van een man die op zeker moment binnenkwam. Daarna berg je alle dia's weer op, en analyseer je de volgende zin. Maar stel nu eens dat die volgende zin een verband legt met de vorige. Bij voorbeeld: 'Er kwam een man binnen. Hij ging zitten, glimlachte vaag en bestelde een pilsje'. Hier slaat het voornaamwoord 'hij' in de tweede zin terug op de man die in de eerste zin is genoemd. Dat verband moet op de een of andere manier worden gelegd [29, 39]. Dit brengt mij op mijn tweede metafoor.

De metafoor van de klerk met de kaartenbak

Een moderner antwoord op de vraag hoe we de stap tussen taal en betekenis kunnen zetten is gebaseerd op een metafoor die ik de metafoor van de klerk met de kaartenbak zal noemen. Volgens deze tweede metafoor komt zinnen begrijpen neer op mentaal instructies uitvoeren. Tussen taal en betekenis zit een gehoorzame klerk die voortdurend braaf procedures uitvoert om een kaartenbak aan te vullen en bij te houden.

Als iemand zegt 'Er kwam een man binnen. Hij ging zitten, glimlachte vaag en bestelde een pilsje', dan doet de archivaris het volgende. Hij pakt een nieuwe archiefkaart, en zet daar een merkteken op om de kaart van alle oude kaarten te onderscheiden, bij voorbeeld 'x'. Vervolgens tekent hij aan dat 'x' verwijst naar een man, en dat x op zeker tijdstip t binnenkwam. Bij de analyse van de tweede zin gaat dit archiveerwerk gewoon door. Er wordt nu aangetekend dat x ging zitten, enzovoort. U ziet dat dit het probleem van het verband tussen de tweede zin en de eerste zin oplost: bij de analyse van elke volgende zin wordt gebruik gemaakt van het tot dan toe door de klerk opgebouwde archief.

Weer heeft betekenis met waarheid te maken. Kijken of een zin waar is gaat nu door via de kaartenbak een diaverzameling te bekijken, waarbij de plaatjes vervolgens aan de werkelijkheid kunnen worden getoetst. Een zin of reeks van zinnen leidt tot het aanmaken van een kaartenbak. Als je de dia's kunt vinden die er volgens de zojuist aangemaakte kaartenbak moeten zijn, waarbij er op de dia's staat wat er volgens de kaarten op moet staan, en de plaatjes corresponderen met de werkelijkheid, dan is de zin waar, als dat niet zo is niet.

De metafoor van de klerk met de kaartenbak is van veel jongere datum dan de toverlantaarn metafoor. Het zal u misschien genoegen doen om te horen dat Nederlandse taalonderzoekers een grote rol hebben gespeeld bij het propageren ervan. Het idee van incrementeel opbouwen van een interpretatie-context is al te vinden in een boek van Pieter Seuren uit 1975 [37], en gemoderniseerd in 1986 [38]. Een van de formele grondleggers van de nieuwe kerk... Neemt u mij niet kwalijk, een van de formele grondleggers van de nieuwe kijk is de Nederlander Hans Kamp [28]. Twee Nederlandse semantici die het idee zo hebben uitgewerkt dat het verband met de inzichten van Gottlob Frege veel duidelijker werd zijn Jeroen Groenendijk en Martin Stokhof [20].

Net als het boekdrukken, de verrekijker en misschien zelfs het haringkaken, is de dynamische kijk op betekenis in het buitenland óók uitgevonden. Om niet te worden beschuldigd van misplaatst chauvinisme noem ik daarom toch nog even vier buitenlandse namen: Robert Stalnaker [39], Lauri Karttunen [29], Irene Heim [22], en Jon Barwise [4].

Betekenis en context

Om te zien waarom het beeld van de klerk met de kaartenbak superieur is aan dat van de toverlantaarn moeten we even stilstaan bij het feit dat taaluitingen altijd worden geïnterpreteerd in een bepaalde context.

Ik geef een voorbeeld. Op de spiegels van de herentoiletten van de Rijksuniversiteit Utrecht zijn stickers geplakt met de tekst 'De Rijksuniversiteit Utrecht duldt geen ongewenste intimiteiten', met daaronder een telefoonnummer. Ik heb het niet gecontroleerd, maar ik neem aan dat diezelfde stickers ook op de damestoiletten te vinden zijn. De mededeling op de stickers illustreert fraai het principe van de context-afhankelijkheid van interpretatie, want in de context van de damestoiletten wordt deze mededeling opgevat als een geruststelling en in de context van de herentoiletten als een waarschuwing.

In dit voorbeeld is de context statisch: zij is onafhankelijk van de taaluiting gegeven. In het algemeen is dat echter niet zo. U zit te luisteren naar mijn betoog, en voor het begrijpen van de zin die ik nu uitspreek gebruikt u uw begrip van alle zinnen die eraan vooraf zijn gegaan. Dit past uitstekend in het beeld van de klerk met kaartenbak: bij het analyseren van een zin middenin een betoog fungeren de kaarten die bij de analyse van alle voorafgaande zinnen zijn aangemaakt als dynamische context.

De verhouding tussen de metaforen

Goed, we hebben nu twee metaforen gezien, en daarmee twee antwoorden op de vraag ‘Wat zit er tussen taal en betekenis?’. Deze twee antwoorden leiden tot een nieuwe vraag. Hoe verhoudt de toverlantaarn visie op betekenis zich tot de klerk met kaartenbak visie?

Als we de klerk met kaartenbak visie zo opvatten dat de archivaris instructies uitvoert om een toverlantaarn te bedienen zien we dat de nieuwe metafoor de oude metafoor omvat. Het archief dat de klerk opbouwt vormt in feite het scenario voor een diavoorstelling. Zoek een dia waarop een man staat. Controleer vervolgens in een of ander data-bestand of de man op dat plaatje op zeker moment is binnengekomen, enzovoort. De vraag wordt nu: hoe verhoudt betekenis volgens het toverlantaarn idee zich tot betekenis volgens het idee van de klerk die de toverlantaarn bedient? Ofwel: hoe verhoudt statische betekenis zich tot dynamische betekenis?

Om die vraag te kunnen beantwoorden moeten we de metafoor van de klerk met de kaartenbak eerst toespitsen. We doen dat door in het beeld de archivaris te vervangen door een computer. Dat kan omdat de klerk alleen slaafs opdrachten uitvoerde die te maken hebben met het manipuleren van symbolen, en dat is precies wat een computer ook doet. De precisering heeft een belangrijk voordeel. De aanscherping maakt de analogie concreter, zodat we haar nu echt kunnen gaan uitbuiten. Uitleggen wat zich in onze hersenpan afspeelt in termen van een klerk die zelf weer een hersenpan heeft waarin we niet kunnen kijken helpt ons wel wat verder, maar niet veel. In een computer kunnen we echter wel kijken, ten minste in principe. Computers worden door mensen gemaakt, maar mensen niet (in elk geval niet in de zin waar het mij nu om gaat).

In principe weten we heel precies wat er zich binnen in een rekenmachine afspeelt wanneer die machine een bepaald programma uitvoert. In de theoretische informatica zijn er bovendien methoden ontwikkeld om het verloop van computerprogramma's logisch te analyseren, en dit brengt mij op het tweede voordeel van de toespitsing. We kunnen gaan onderzoeken of de technieken uit de informatica in aangepaste vorm wellicht kunnen worden gebruikt voor de semantische analyse van natuurlijke taal. In de tijd die mij nog resteert wil ik met u gaan kijken hoe dit kan worden aangepakt.

Taal begrijpen = programma's uitvoeren

Het plan is dus om *taal begrijpen* te gaan uitleggen in termen van *programma's uitvoeren.* De computer die we daarvoor gebruiken kunnen we ons voorstellen als een grote verzameling van geheugenopslagplaatsen die allemaal een naam hebben, en waarin we gegevens vast kunnen leggen om die later weer op te vragen. In computerjargon heten de geheugenplaatsen registers en de namen adressen. Om het verband met de toverlantaarn metafoor vast te houden stellen we ons voor dat de computer een diaprojector kan aansturen en dat de registers verwijzingen kunnen bevatten naar dingen die op de plaatjes in het diamagazijn staan afgebeeld.

Uitvoeren van een instructie of een reeks instructies (een programma) gebeurt altijd met betrekking tot een bepaalde verzameling van gegevens. De computer is gekoppeld aan een data-bestand dat een aspect van de werkelijkheid representeert; misschien staat de computer zelfs in direct contact met de werkelijkheid via een sensor of een ander meetinstrument. Als een programma kan worden uitgevoerd zeggen we dat het programma slaagt. Het leidt dan tot een plaatje op het diascherm. Als het programma niet kan worden uitgevoerd zeggen we dat het programma faalt. Het gevolg is een leeg scherm.

Een zin of een tekst is waar met betrekking tot een verzameling gegevens als de vertaling van die tekst in programmeertaal leidt tot een diavoorstelling waarbij aan het eind nog een plaatje op het scherm staat.

In de klerk met kaartenbak analogie leidde het analyseren van 'Er glimlachte een man' tot het aanmaken van een kaart met merkteken 'x', met aantekeningen over de eigenschappen van x. In de programma optiek leidt de zin tot de volgende instructie. Stop in register 'x' van de computer een verwijzing naar een dia van een willekeurige man (bij voorbeeld naar dia 117). Controleer vervolgens in het data-bestand dat aan de computer is gekoppeld of de man die op dia 117 staat afgebeeld op een bepaald tijdstip glimlacht.

Een verwijzing zoeken naar een willekeurige man kan op evenveel manieren als er verschillende mensen te vinden zijn in het databestand. We zeggen: deze programmeerinstructie is *indeterministisch*. Het kan niet als er geen man te vinden is.

Nog weer ietsje ingewikkelder zijn conditionele programma's:

> ALS programma 1 slaagt DAN slaagt programma 2.

Dit conditionele programma slaagt wanneer elke manier om programma 1 uit te voeren kan worden vervolgd met een geslaagde uitvoering van programma 2, en het faalt als dat niet zo is. Let op de omschrijving 'elke manier om programma 1 uit te voeren'. De bedoeling hiervan is dat we de juiste betekenis krijgen van 'Als er een klant binnenkomt dan krijgt hij koffie'. Deze zin leidt tot een programma dat slaagt wanneer *elke manier* om een klant te vinden die binnenkomt leidt tot het slagen van de test voor 'hij krijgt koffie', en dat is waar wanneer *elke* klant die binnenkomt koffie krijgt. We zien dat de ALS DAN instructie gebruik maakt van het indeterminisme in de instructie voor 'selecteer een plaatje van een klant die binnenkomt'; het gevolg is dat 'een klant' een universele lezing krijgt.

Betekenis begrijpen door programma's te analyseren

Hierboven hebben we alleen naar uiterst simpele voorbeelden gekeken, maar in principe is de klerk met kaartenbak metafoor zo uit te werken dat de betekenissen van vele zinnen en teksten juist worden weergegeven. Wanneer de voorbeeld teksten ingewikkelder worden wordt het echter steeds moeilijker om na te gaan waar de dynamische betekenis nu eigenlijk op neerkomt.

Wij mensen hebben er kennelijk moeite mee om dynamische betekenis, de betekenis van een reeks instructies, direct te doorzien. Luistert u bij voorbeeld naar de volgende instructies om een vlinderdas te strikken.

1. Hang de losse das om uw nek met het linkereind een duimlengte lager dan het rechtereind;

2. kruis het lange eind over het korte eind en schuif het langs de binnenkant door de lus omhoog;

3. vorm de voorste lus van de vlinder door het korte eind dubbel vouwen en voor de punten van de kraag te houden;
4. hou met duim en wijsvinger van de linkerhand de voorste lus vast en laat het lange eind eroverheen vallen;
5. plaats de rechter wijsvinger op de onderkant van het loshangende eind en schuif dit, met de vinger naar boven, onder de voorste lus door;
6. steek de tweede lus door de knoop achter de voorste lus, zorg dat de einden even ver uitsteken, en trek de strik vast.

Deze instructies doorzien is lastig, veel moeilijker dan het verschil zien tussen een losse das en een correct gestrikte das, want dát is juist heel gemakkelijk.

Dat zelfde probleem doet zich in de informatica voor. Hoewel we kunnen zeggen dat we een programmeertaal in principe helemaal begrijpen wanneer we de werking van elke basisinstructie uit de taal begrijpen, plus de methoden om programma's op te bouwen uit simpeler programma's, is het in de praktijk heel gemakkelijk om programma's te schrijven waarvan niemand de werking doorziet.

In de theoretische informatica bestaan er standaard technieken om dynamische betekenis van programma's (instructies om vlinderdassen te strikken) in verband te brengen met statische betekenis (beweringen over vlinderdassen, zoals: deze is los, of: die is correct gestrikt).

Een daarvan is de zogenaamde Hoare logica, genoemd naar de informaticus Tony Hoare uit Oxford [2, 26]. In Hoare logica wordt de betekenis van een programma-instructie vastgelegd in termen van correctheidsbeweringen. Een correctheidsbewering is een drietal bestaande uit:

1. een beginvoorwaarde of preconditie;

2. een programma;
3. een eindvoorwaarde of postconditie.

Voor het vlinderdas-voorbeeld bestaat onderdeel 1 uit de beschrijving van een losse das, onderdeel 2 uit de reeks van instructies die ik zojuist heb voorgelezen, en onderdeel 3 uit de beschrijving van het resultaat van het programma: een beschrijving van een correct gestrikte das.

Of als u een echt informatica voorbeeld wilt: neem de instructie om de inhoud van register Y te kopiëren in register X. In Hoare logica kunnen we de betekenis hiervan weergeven met de volgende correctheidsbewering:

1. preconditie: Y bevat de waarde W.
2. programma: kopieer Y in X.
3. postconditie: zowel X als Y bevatten de waarde W.

Een Hoare correctheidsbewering moet als volgt worden gelezen: als direct voor het uitvoeren van het programma de toestand waarin de computer zich bevindt aan de preconditie voldoet en het programma wordt uitgevoerd, dan zal daarna de computer zich daarna in een toestand bevinden die aan de postconditie voldoet.

In principe legt Hoare logica, als manier van redeneren over precondities, programma's en postcondities, het verband tussen dynamische en statische betekenis, want de precondities en postcondities zijn geformuleerd in termen van statische logica, dat wil zeggen de logica die hoort bij de metafoor van de toverlantaarn.

De statische betekenis van een programma is dan niets anders dan de meest algemene beschrijving van alle toestanden waarvoor dat programma slaagt. De programma-instructie: 'Pak nú twee roomsoezen van de schaal en eet die op' slaagt in alle toestanden waarin er minstens twee roomsoezen op de schaal liggen.

Als we dit willen toepassen op de programma's die de betekenissen van teksten uit natuurlijke taal weergeven zijn er aanpassingen nodig. Mijn collega Fer-Jan de Vries en ik hebben een aangepaste versie van Hoare logica geformuleerd. Vervolgens hebben we laten zien dat die logica leidt tot regels die precies de dynamische betekenis van natuurlijke taal zinnen, gegeven in termen van programma-instructies, herleiden tot statische betekenis, gegeven in termen van toverlantaarn formules [13, 14].

Een analysevoorbeeld: presupposities

Een voorbeeld van toepassing van Hoare logica in natuurlijke taal semantiek is de analyse van zogenaamde presupposities. Als ik zeg 'De koning van Hispanje heb ik altijd geëerd', dan veronderstelt deze bewering dat de koning van Spanje inderdaad bestaat, met andere woorden, dat er precies één individu te vinden is dat aan de omschrijving 'koning zijn van Spanje' voldoet. Net zo voor zinnen als 'Willem heeft mot met de koning van Spanje', of 'Willem heeft geen mot met de koning van Spanje'. Semantici zeggen: al deze zinnen hebben als presuppositie dat de eigenschap 'koning zijn van Spanje' uniek verwijst [18, 41]. Pogingen om een algemene theorie over presupposities te ontwikkelen zijn echter steevast gestrand op de moeilijkheid om de presupposities van samengestelde zinnen op een systematische manier af te leiden uit de presupposities van hun samenstellende delen. Deze moeilijkheid heet: het probleem van presuppositie projectie.

Het struikelblok is dat presupposities van simpele zinnen niet bewaard hoeven te blijven in complexe zinnen waar die simpele zinnen in voorkomen. 'De koning van Spanje is een machtig man' heeft als presuppositie dat 'koning zijn van Spanje' uniek verwijst, maar de samengestelde zin 'Als Spanje een monarchie is, dan is de koning van Spanje een machtig man' heeft die presuppositie niet.

In de analyse van natuurlijke taal is de aandacht steeds gericht geweest op situaties waarin aan een presuppositie voldaan is. Als we de analogie tussen teksten begrijpen en het verwerken van programma's serieus nemen kunnen we proberen in de praktijk van het programmeren een verwant verschijnsel te vinden.

Laten we eens even stilstaan bij de situatie waarin er aan de presuppositie van een zin of tekst *niet* is voldaan. In zo'n situatie kan de zin of tekst eigenlijk niet worden gebruikt om een mededeling over te brengen. Deze situatie heeft een duidelijke tegenhanger in de informatica: de situatie waarin een programma niet correct kan worden uitgevoerd en wordt afgebroken met een foutmelding.

Een dynamische theorie van het falen van presupposities zal moeten beginnen met een onderscheid tussen drie manieren waarop een programma kan verlopen in zekere toestand.

- In de eerste plaats kan het programma slagen (de instructie om twee roomsoezen van de schaal te pakken en die op te eten slaagt wanneer er drie roomsoezen op de schaal liggen);
- in de tweede plaats kan het programma falen (de instructie om twee roomsoezen van de schaal te pakken en die op te eten faalt wanneer er maar één roomsoes op de schaal ligt);
- in de derde plaats kan het programma worden afgebroken met een foutmelding (de instructie om tweehonderd roomsoezen bij de banketbakker te halen en die nu onmiddellijk op te eten loopt fout af).

Als u zelf een PC heeft hebt u de derde situatie, waarbij uw programma wordt afgebroken misschien wel eens meegemaakt: uw programma loopt vast, al dan niet met een onheilspellende mededeling op het scherm, en hoe boos u ook wordt of hoe hard u ook op het toetsenbord hamert, het apparaat reageert niet meer op uw commando's. Als uw PC vastloopt weet u vaak niet welke instructie de boosdoener was, maar in principe is zoiets wel te achterhalen. Het zou bij voorbeeld de volgende instructie kunnen zijn geweest:

> 'Deel de inhoud van register X door de inhoud van register Y en stop het resultaat in X.'

Wanneer dit wordt uitgevoerd in een toestand waarin Y de waarde 0 heeft zal het programma worden afgebroken met de melding: poging tot delen door nul.

Dit soort situaties is in de informatica succesvol met behulp van Hoare logica geanalyseerd [42]. Het is dus niet zo gek om te proberen de dynamische metafoor voor het verband tussen taal en betekenis in deze richting uit te werken.

Als we het bestaan aannemen van een speciale *fouttoestand* kunnen we een nette beschrijving van de zojuist genoemde driedeling (slagen, falen of foutmelding). In sommige toestanden hebben sommige instructies tot gevolg dat de computer in de fouttoestand terechtkomt. Zodra de computer in die speciale toestand terecht komt volgt een foutmelding en breekt het programma af.

Vervolgens is het mogelijk in termen van Hoare logica regels te geven die ons in staat stellen de precieze precondities te berekenen waaronder een programma in de fouttoestand terecht zal komen. Daartoe verrijken we de Hoare logica met nieuwe correctheidsbeweringen van de vorm: 1: preconditie, 2: programma, 3: fout!.

Wat is nu de regel voor de voorwaarden waaronder een bepalende beschrijving zoals 'de koning van Spanje' aanleiding geeft tot falen van presuppositie? Bedenk dat het programma voor 'de koning van Spanje' niets anders is dan de opdracht om een dia te vinden waarop die ene man staat afgebeeld die de koning van Spanje is. De Hoare regel wordt dus simpelweg:

1. preconditie: er is geen unieke koning van Spanje
2. programma: vind de koning van Spanje
3. fout!

Deze regel is buitengewoon simpel. Het aardige is dat het nu verder gewoon een kwestie is van Hoare logica toepassen om de presupposities van complexe programma's te berekenen waarin de beschrijving 'de koning van Spanje' een rol speelt. Deze berekening levert bij voorbeeld op dat het programma dat de betekenis weergeeft van 'Als Spanje een monarchie is, dan is de koning van Spanje een machtig man' een foutmelding geeft in precies die gevallen waarin Spanje een monarchie is terwijl er toch geen unieke koning van Spanje te vinden is. Net zo: het programma voor 'Als Piet getrouwd is, dan is zijn vrouw te beklagen' gaat nooit in de fout, wanneer we tenminste veronderstellen dat Piet een man is, en dat alle getrouwde mannen precies één vrouw hebben.

Het voorstel om presupposities in natuurlijke taal aan te pakken via de analogie met foutmeldingen in programma's, en het probleem van presuppositie projectie te lijf te gaan met behulp van een Hoare calculus die de precondities voor foutmeldingen uitrekent is uitgewerkt in een tweetal artikelen [8, 9]. In een daarvan probeer ik bovendien aannemelijk te maken dat deze toepassing van Hoare logica kan worden uitgebreid tot allerlei andere soorten van presupposities [9].

Conclusie

De leeropdracht van mijn aanstelling luidt: logische aspecten van de computationele taalkunde. In mijn betoog heb ik geprobeerd te illustreren wat ik onder computationele taalkunde versta: taalkunde die zich laat inspireren door inzichten uit de theoretische informatica. Eén logisch aspect is daarbij de revue gepasseerd: het gebruik van logica, in dit geval Hoare logica, als middel om de verhouding tussen dynamische betekenis en statische betekenis van natuurlijke taal te analyseren.

De behandeling van dynamische betekenis van natuurlijke taal in termen van geheugenallocatie bij het verwerken van imperatieve programma's maakt gebruik van statische geheugenallocatie. Naar het zich laat aanzien past een analyse in termen van dynamische geheugenallocatie nog beter bij het algemene beeld van een incrementele semantiek voor natuurlijke taal [44, 45].

Drie andere logische aspecten die ik niet heb kunnen belichten maar die ik toch graag even wil noemen zijn de volgende:

1. het gebruik van logische bewijstheorie bij zinsontleding: ontleden als bewijsvoering [32, 34];
2. het gebruik van de logica van kennisrepresentatie in de semantiek van natuurlijke taal [31];
3. het gebruik van logische programmeertechnieken bij de analyse van natuurlijke taal per computer [33].

Het is mijn vaste overtuiging dat logische technieken uit de theoretische informatica, de logische bewijstheorie, de logica van kennisrepresentatie en de theorie van het logisch programmeren in de analyse van natuurlijke taal met vrucht kunnen kunnen worden toegepast, en dat zo een rijke oogst aan nieuwe inzichten kan worden binnengehaald.

Mijn hoop en verwachting is ook dat toepassing van deze logische technieken in de taalwetenschap op den duur een stevig fundament kan leveren voor computationele taalkunde in een meer praktische zin: het ontwerpen van computerprogramma's die het taalverwerkend vermogen van mensen kunnen benaderen [1, 10, 11, 12].

De omschrijving van mijn leeropdracht plaatst mij in de interdisciplinaire driehoek waarin logica, informatica en taalwetenschap elkaar ontmoeten. Ik stel er prijs op mijn oprechte dank uit te spreken jegens de besturen van het Onderzoeksinstituut voor Taal en Spraak en de Stichting Mathematisch Centrum voor het opzetten van het samenwerkingsverband dat deze driehoek en daarmee mijn benoeming schraagt. Dank ook aan mijn collega's, aan het CWI, aan het OTS, in het project 'Structurele en semantische parallellen tussen natuurlijke talen en programmeertalen', en binnen de diverse samenwerkingsverbanden waarin Utrechtse en Amsterdamse logici en semantici elkaar ontmoeten. U draagt allen in belangrijke mate bij aan de stimulerende onderzoeksomgeving waarin wij het voorrecht hebben samen te werken.

In deze tijd van teruglopende belangstelling voor exacte vakken [30] is er wellicht een extra inspanning vereist om de zojuist geëtaleerde waar aan de man of vrouw te brengen. Ik kies daarbij de stijl van de kennismakingsrubriek. Aan de studenten richt ik hierbij de volgende annonce:

> Aantrekkelijk specialisme zoekt enthousiaste beoefenaars. Ons vak is van zeer goeden huize (nauw geparenteerd aan filosofie en logica), heeft een warm menselijk karakter (taalinteresse), en tot slot: het heeft stijl, allure en elegantie (vanwege de keurige exacte opvoeding).

Als dat geen klanten werft weet ik het ook niet meer.

Tot slot

Het is u misschien niet ontgaan dat ik in mijn verhaal één onderdeel van de analyse heb verwaarloosd: de systematische stap van zinnen uit de natuurlijke taal naar vertalingen van die zinnen in de klerk-met-kaartenbak instructietaal waarop mijn betoog betrekking had.

Eigenlijk komt de toestand waar we nu in zitten hierop neer. Ik heb u uitgenodigd tot een sprong over de gapende kloof tussen taal en betekenis, maar ik heb daarbij verzuimd om uit te leggen hoe de aanloop moet worden genomen. Kortom, een uiterst penibele situatie. En mijn tijd is om...

Er zit niets anders op dan retorisch te eindigen. Hooggeleerde collega Moortgat, beste Michael, zijt gij in staat ons uit de penarie te halen?

Regieaanwijzing: de hooggeleerde heer Moortgat geeft met een welwillende hoofdknik te kennen dat hij hiertoe genegen is.

Een pak van mijn hart. Ik dank u voor uw aandacht.

Noot

Dank aan Jan-Willem Klop, Wilfried Meyer Viol, Albert Visser en Fer-Jan de Vries voor hun commentaar op een concept versie van deze rede, en aan Mieke Bruné voor stilistische aanwijzingen.

Literatuur

[1] H. Alshawi & J. van Eijck, 'Logical Forms in the Core Language Engine', in: *Proceedings of the 27th Congress of the ACL*, Vancouver, juni 1989.

[2] K.R. Apt, 'Ten Years of Hoare's Logic: A Survey—Part I', *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, Vol. 3, No. 4, October 1981, 431–483.

[3] Aurelius Augustinus, *Belijdenissen*, vertaald door Gerard Wijdeveld, Athenaeum—Polak & Van Gennep, Amsterdam 1981.

[4] J. Barwise, 'Noun Phrases, Generalized Quantifiers and Anaphora', in P. Gärdenfors (ed.), *Generalized Quantifiers / Linguistic and Logical Approaches*, 1–29, Reidel, Dordrecht, 1987.

[5] J. van Benthem, 'General Dynamics', ITLI report, Amsterdam 1990.

[6] N.G. de Bruyn, 'Can People Think?', rede uitgesproken ter gelegenheid van het *Sixth Annual IEEE Symposium on Logic in Computer Science*, Amsterdam, juli 1991.

[7] J. van Eijck, *Filosofie: een inleiding*, Boom, Meppel & Amsterdam 1982.

[8] J. van Eijck, 'The Dynamics of Description', CWI Technical Report CS-R9143, Amsterdam, oktober 1991. (Ook in: T. van der Wouden & W. Sijtsma (eds.), *Computational Linguistics in the Netherlands; Papers from the First CLIN Meeting*, OTS Working Papers OTS-WP-CL-91-001, Utrecht 1991, 33–58.)

[9] J. van Eijck, 'Presupposition Failure—A Comedy of Errors', manuscript, CWI, Amsterdam, november 1991.

[10] J. van Eijck & H. Alshawi, 'The SRI Core Language Engine: Semantic Processing', in: *Proceedings of CompEuro 1989*, Hamburg 1989.

[11] J. van Eijck & H. Alshawi, 'Logical Forms', in: H. Alshawi (ed.), *The Core Language Engine*, te verschijnen bij MIT Press, Cambridge, Massachusetts, in maart 1992.

[12] J. van Eijck & R.C. Moore, 'Semantic Rules for English', in: H. Alshawi (ed.), *The Core Language Engine*, te verschijnen bij MIT Press, Cambridge, Massachusetts, in maart 1992.

[13] J. van Eijck & F.J. de Vries, 'Dynamic Interpretation and Hoare Deduction', CWI Technical Report CS-R9115, Amsterdam, maart 1991 (te verschijnen in: *Journal of Logic, Language and Information*).

[14] J. van Eijck & F.J. de Vries, 'A Sound and Complete Calculus for Update Logic', manuscript, CWI, Amsterdam, najaar 1991.

[15] G. Evans, 'Pronouns', in: *Linguistic Inquiry*, 11, 1980, 337-362.

[16] G. Frege, *Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens*, Halle 1879.

[17] G. Frege, *Funktion und Begriff*, Jena 1891.

[18] G. Frege, 'Ueber Sinn und Bedeutung', *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik*, 1892.

[19] P.T. Geach, *Reference and Generality / An Examination of Some Medieval and Modern Theories* , Cornell University Press, Ithaca & London, 1962 (Third revised edition: 1980)

[20] J. Groenendijk & M. Stokhof, 'Dynamic Predicate Logic', *Linguistics and Philosophy*, 14, 1991, 39–100.

[21] D. Harel, 'Dynamic Logic', in D. Gabbay & F. Guenthner, *Handbook of Philosophical Logic, Vol. II*, Reidel, Dordrecht, 1984, 497–604.

[22] I. Heim, *The Semantics of Definite and Indefinite Noun Phrases*, proefschrift, University of Massachusetts, Amherst 1982.

[23] I. Heim, 'E-Type Pronouns and Donkey Anaphora', *Linguistics and Philosophy*, 13, 1990, 137–177.

[24] D. Hilbert & P. Bernays, *Grundlagen der Mathematik*, Göttingen 1939 (Second edition: Berlin etc. 1970).

[25] J. Hintikka, 'Geach and the Methodology of the Logical Study of Natural Language', in: Harry A. Lewis (ed.), *Peter Geach: Philosophical Encounters*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht etc., 1991, 137–149.

[26] C.A.R. Hoare, 'An Axiomatic Basis for Computer Programming', *Communications of the ACM*, Vol. 12, no. 10, 1969, 567–580, 583.

[27] *How to Tie the AKCO (Regd.) Bow Tie*, zonder plaats, zonder jaartal (maar de das zelf is *made in England*).

[28] H. Kamp, 'A Theory of Truth and Semantic Representation', in Groenendijk e.a. (eds.), *Formal Methods in the Study of Language*, Mathematisch Centrum, Amsterdam 1981.

[29] L. Karttunen, 'Discourse Referents' in: J. McCawley (ed.), *Syntax and Semantics 7*, Academic Press, New York 1976, 363–385.

[30] Redactie onderwijs NRC–Handelsblad, 'Interesse studenten voor exacte studies daalt', *NRC–Handelsblad*, 30 oktober 1991.

[31] W. Meyer Viol, 'Arbitrary Objects and DRT', manuscript, CWI, Amsterdam 1991 (wordt gepresenteerd op het *Eight Amsterdam Colloquium*).

[32] M. Moortgat, *Categorial Investigations*, proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 1988.

[33] F.C.N. Pereira & S.M. Shieber, *Prolog and Natural–Language Analysis*, CSLI Lecture Notes 10, Stanford 1987.

[34] D. Roorda, *Resource Logics: Proof-theoretical Investigations*, proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 1991.

[35] B. Russell, 'On Denoting', *Mind*, 14, 1905, 479–493.

[36] B. Russell, *Introduction to Mathematical Philosophy*, London 1919.

[37] P. Seuren, *Tussen taal en denken*, Oosthoek, Scheltema en Holkema, Utrecht 1975.

[38] P. Seuren, *Discourse Semantics*, Blackwell, Oxford 1986.

[39] R. Stalnaker, 'Pragmatics', in D. Davidson & G. Harman (eds.), *Semantics of Natural Language*, Reidel, Dordrecht 1972, 380–397.

[40] M. Stokhof, *persoonlijke communicatie.*

[41] P.F. Strawson, 'On Referring', *Mind*, 59, 1950, 320-344.

[42] J.V. Tucker & J.I. Zucker, *Program Correctness over Abstract Data Types, with Error State Semantics*, North Holland, Amsterdam 1988.

[43] R. Thomason (ed.), *Formal Philosophy; Selected Papers of Richard Montague*, Yale University Press, New Haven & London 1974.

[44] C.F.M. Vermeulen, 'Sequence Semantics for Dynamic Predicate Logic', *Logic Preprint Series*, 90, Filosofisch Instituut RUU, 1991.

[45] A. Visser, *An Incremental Semantics*, manuscript, Filosofisch Instituut RUU, zomer 1991.

[46] L. Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus*, Duits met Engelse vertaling door C.K. Ogden en F.P. Ramsey, Routledege and Kegan Paul, London 1922.