

Semantik in CCG mit der Discourse Representation Theory

Kilian Evang, Christian Wurm

Düsseldorf, 15.12.2022

Logische Semantik

Der Grundsatz der logischen Semantik ist (nach Wittgenstein):

- ▶ Die Bedeutung eines Satzes zu kennen bedeutet: die Umstände zu kennen, unter denen er wahr oder falsch ist.
- ▶ Also: wir wollen $\{\mathcal{M} : \mathcal{M} \models S\}$, wobei S ein (deutscher) Satz ist.
- ▶ Damit das definiert ist, brauchen wir eine Übersetzung $trans: S \implies \text{Logik}$
- ▶ Also: $\|S\| = \{\mathcal{M} : \mathcal{M} \models trans(S)\}$

Discourse Representation Theory

DRT wurde entwickelt von Hans Kamp und Uwe Reyle in den 80er und 90er Jahren. Am Anfang von DRT steht die Frage:

Diskurssemantik

Wenn wir einen Diskurs (logisch) repräsentieren wollen, was wollen wir dann eigentlich repräsentieren?

Diese Repräsentationen nennt man **discourse representation structures**, kurz DRS. Was also steht in einer DRS? Zunächst zwei wichtige Dinge:

1. Objekte des Diskurses, also Individuen im logischen Sinn.
2. Aussagen über diese Individuen.

Aber Vorsicht: die Individuen können auch Variablen sein – wir müssen sie ja nicht kennen!

Discourse Representation Structures

Dementsprechend ist jede DRS zweigegliedert:

(1)

x y
Spieler(x) Team(y) spieltFuer(x,y)

Wir haben also die beiden Objekte x, y , das eine ein Spieler, das andere ein Team etc.

(2) a. Ein Spieler versenkte den Strafstoß

b.

x y
Spieler(x) Strafstoss(y) torMachen(x,y)

c. $\exists xy(\text{Spieler}(x) \wedge \text{Strafstoss}(y) \wedge \text{torMachen}(x,y))$

Discourse Representation Structures

(3) a. Ein Spieler versenkte den Strafstoß

x y
Spieler(x) Strafstoss(y) torMachen(x,y)

b.

c. $\exists xy (Spieler(x) \wedge Strafstoss(y) \wedge torMachen(x, y))$

Das bedeutet: eine DRS entspricht eigentlich einer logischen Formel, wo über die Variablen der Diskursreferenten existenziell quantifiziert wird.

Discourse Representation Structures

Ein weiteres Beispiel zeigt, wie wir DRS in Diskursen erweitern

(4) a. Ein Spieler versenkte den Strafstoß. Er war nervös.

	x y u
b.	Spieler(x) Strafstoss(y) torMachen(x,y) nervoes(u) u=x

Hier ist die Tatsache dass $u = x$ nicht trivial; man nennt das *anaphora resolution*. Das bedeutet: wir müssen auflösen dass sich Er auf den Spieler bezieht.

Der Vorteil liegt also darin, dass wir DRS beliebig erweitern können.

Discourse Representation Structures

Eine DRS hat also genau genommen drei Teile:

1. Eine endliche Menge von Diskursreferenten
2. Eine endliche Menge von **Bedingungen**, die eine der beiden Formen hat:
 - 2a Prädikate appliziert auf Diskursreferenten
 - 2b sog. Links der Form $x = y$, mit x, y Diskursreferenten

Auch Links können natürlich als prädikatenlogische Formeln aufgefasst werden, also kann man DRS klassisch interpretieren in Modellen.

DRS und Ontologien

Gegeben diese Darstellung, wäre natürlich folgendes
wünschenswert:

Ontologie in DRS

Die Bedingungen der DRS sollen der Wissensrepräsentation in
unserer Ontologie angepasst sein.

(5) a. Ein Spieler von Uruguay schoss ein Tor.

	x y
b.	Spieler(x) von(x,uruguay) Tor(y)

DRS und Ontologien

- (6) a. Ein Spieler von Uruguay schoss ein Tor.

b.

x y
Spieler(x) von(x,uruguay) Tor(y)

c.

x y z
soccer:Spieler(x) soccer:Tor(y) soccer:SoccerAction(z) soccer:vonSpieler(z,x) soccer:fuehrtZu(z,y) soccer:spieltFuer(x,soccer:Uruguay)

In b sehen wir eine typische linguistische DRS; in c sehen wir eine DRS, die zu unserer Ontologie passt!

Wir müssen also unsere atomaren DRS so konstruieren, dass sie mit unserer Ontologie aligniert sind!

DRS und Komposition

Wir haben also die Möglichkeit, unsere DRS für jeden Lexikoneintrag passend zu gestalten. Aber wie kommen wir zu den DRS für Phrasen/Sätze/Diskurse?

Hier brauchen wir eine **kompositionale Semantik**, bestehend aus folgenden Komponenten:

1. Ein syntaktischer Formalismus (z.B. TAG oder CCG);
2. ein semantischer Formalismus (DRS);
3. ein Lexikon, das „elementare“ syntaktische Elemente mit elementaren semantischen Elementen *paart* (das sollte aus der Ontologie kommen);
4. eine Interpretation, die jede syntaktische Operation (Kombination von Elementen) *paart* mit einer semantischen Operation, so „komplexe“ Bedeutungen konstruiert (DRS-Konstruktionsregeln)

Der Ansatz von DRT

Der zentrale Punkt von DRT ist folgender:

DRT-Mantra

Sätze geben nicht in erster Linie Wahrheitsbedingungen wieder, sondern sind als *updates* von Diskursrepräsentationen zu verstehen.

Hier ist sind eigentlich zwei zentrale Punkte verborgen:

1. Entscheidend für bedeutungsvollen Diskurs ist sog. Kohäsion, also die formale Zusammengehörigkeit der Sätze. In erster Linie wird das erreicht über gemeinsame Diskursreferenten.
2. Die Bedeutung eines Diskurse $S_1 S_2 S_3 \dots$ ist *nicht* die Bedeutung des Satzes $trans(S_1) \wedge trans(S_2) \wedge trans(S_3) \wedge \dots$

DRT

Die beiden Punkte sind natürlich eng verbunden. Ein weiterer Punkt, der aus den beiden folgt, ist folgender:

Das zentrale Problem

Das zentrale Problem um bedeutungsvolle Diskurse zu repräsentieren, liegt in der „Verwaltung“ der Diskursreferenten und der Zuordnung von Aussagen über diese.

Das bedeutet: das zentrale technische Problem des Formalismus ist eigentlich die Anapherresolution.

DRS

Denentsprechend ist die DRS zweigeteilt:

1. Wir haben eine Liste mit Diskursreferenten (auch Universum genannt),
2. und eine Liste von Bedingungen, normalerweise atomare logische Formeln.

So kommen wir zur typischen Form:

(7) a. Jones owns Ulysses.

	x y
b.	Jones(x) Ulysses(y) owns(x,y)

Die DRS wird dabei schrittweise aus dem Baum konstruiert.

CCG und DRT

- ▶ Bos (2009) entwickelt ein CCG-Lexikon, mit dem DRSen (Discourse Representation Structures) kompositionell abgeleitet werden können
- ▶ Grundlage für die Groningen Meaning Bank (Basile et al., 2012; Bos et al., 2017) und die Parallel Meaning Bank (Abzianidze et al., 2017) – Thema der nächsten Sitzung
- ▶ Im Folgenden einige Beispiel für die Einträge dieses Lexikons: Wörter, syntaktische Kategorien, semantische Typen und λ -DRSen

Die Kategorie N

squirrel := N : $e \rightarrow t$: $\lambda x.$

squirrel.n.01(x)

red := N / N : $(e \rightarrow t) \rightarrow (e \rightarrow t)$: $\lambda p.\lambda x.$

red.a.01(x)

 ; $p(x)$

Die Kategorie NP

$$\text{someone} := \text{NP} : (e \rightarrow t) \rightarrow t : \lambda p. \boxed{\begin{array}{c} x \\ \text{person.n.01}(x) \end{array}}; p(x)$$

$$\text{everyone} := \text{NP} : (e \rightarrow t) \rightarrow t : \lambda p. \boxed{\begin{array}{c} \boxed{\begin{array}{c} x \\ \text{person.n.01}(x) \end{array}} \Rightarrow p(x) \end{array}}$$

$$\text{some} := \text{NP} / \text{N} : (e \rightarrow t) \rightarrow ((e \rightarrow t) \rightarrow t) : \lambda p. \lambda q. \boxed{\begin{array}{c} x \\ \end{array}}; p(x); q(x)$$

$$\text{every} := \text{NP} / \text{N} : (e \rightarrow t) \rightarrow ((e \rightarrow t) \rightarrow t) : \lambda p. \lambda q. \boxed{\begin{array}{c} \boxed{\begin{array}{c} x \\ \end{array}}; p(x) \Rightarrow q(x) \end{array}}$$

$$\text{the} := \text{NP} / \text{N} : (e \rightarrow t) \rightarrow ((e \rightarrow t) \rightarrow t) : \lambda p. \lambda q. \boxed{\begin{array}{c} x \\ \end{array}}; p(x) * q(x)$$

Die Kategorie S

smoked := S[dccl] \ NP : ((e → t) → t) → ((e → t) → t) : λn.λm.n(λx.

e
smoke.v.01(e)
Agent(e, x)

 ; m(e))

saw := S[dccl] \ NP : ((e → t) → t) → ((e → t) → t) → ((e → t) → t)

: λd.λn.λm.n(λx.d(λy.

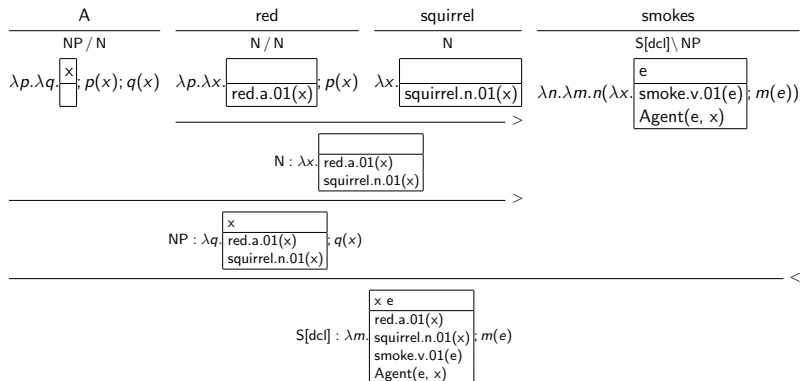
e
see.v.01(e)
Experiencer(e, x)
Stimulus(e, y)

 ; m(e)))

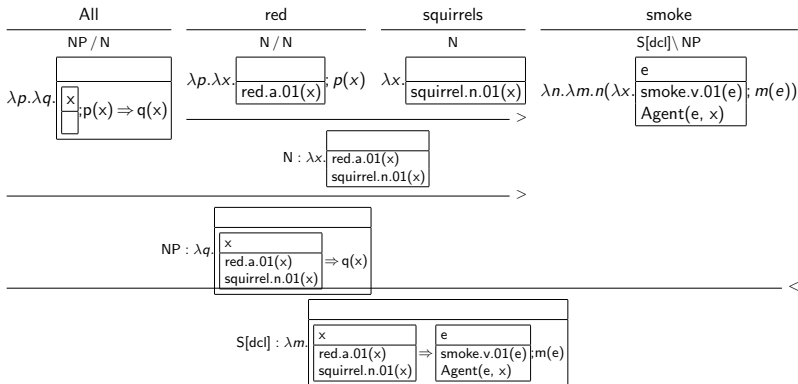
Beispiele

- (8)
- a. A red squirrel smokes
 - b. All red squirrels smoke
 - c. The red squirrel smokes
 - d. A squirrel smokes heavily

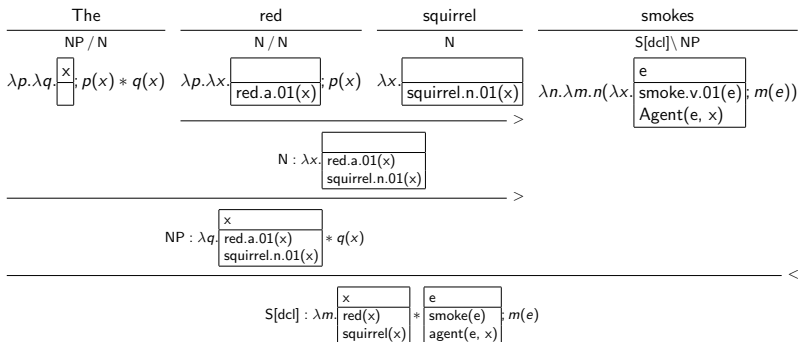
Beispiel 1



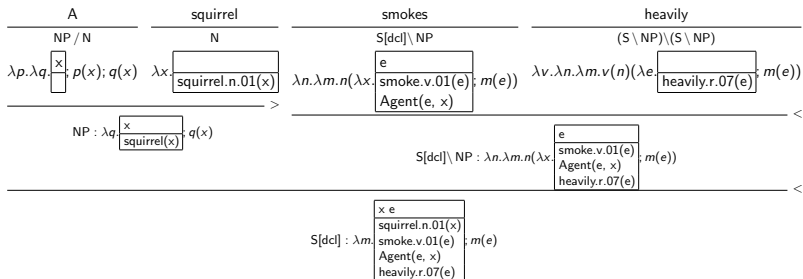
Beispiel 2



Beispiel 3



Beispiel 4



Nochmal Schritt für Schritt: *smokes heavily*

$$\begin{aligned}
 & (\lambda v. \lambda n. \lambda m. v(n)(\lambda e. \boxed{\text{heavily.r.07}(e)}; m(e)))(\lambda n2. \lambda m2. n2(\lambda x. \boxed{\begin{array}{l} e2 \\ \text{smoke.v.01}(e2) \\ \text{Agent}(e2, x) \end{array}}; m2(e2))) \\
 &= \lambda n. \lambda m. (\lambda n2. \lambda m2. n2(\lambda x. \boxed{\begin{array}{l} e2 \\ \text{smoke.v.01}(e2) \\ \text{Agent}(e2, x) \end{array}}; m2(e2)))(n)(\lambda e. \boxed{\text{heavily.r.07}(e)}; m(e)) \\
 &= \lambda n. \lambda m. (\lambda m2. n(\lambda x. \boxed{\begin{array}{l} e2 \\ \text{smoke.v.01}(e2) \\ \text{Agent}(e2, x) \end{array}}; m2(e2)))(\lambda e. \boxed{\text{heavily.r.07}(e)}; m(e)) \\
 &= \lambda n. \lambda m. n(\lambda x. \boxed{\begin{array}{l} e2 \\ \text{smoke.v.01}(e2) \\ \text{Agent}(e2, x) \end{array}}; (\lambda e. \boxed{\text{heavily.r.07}(e)}; m(e))(e2)) \\
 &= \lambda n. \lambda m. n(\lambda x. \boxed{\begin{array}{l} e2 \\ \text{smoke.v.01}(e2) \\ \text{Agent}(e2, x) \end{array}}; \boxed{\text{heavily.r.07}(e2)}; m(e2))
 \end{aligned}$$

Zu beachten

- ▶ NPs sind bei Bos semantisch typgehoben, syntaktisch nicht (pragmatische Entscheidung)
- ▶ Verbsemantik nimmt typgehobene Subjekt-/Objektsemantik und wendet diese auf entsprechende Funktionen an
- ▶ „Assertives Merge“ (; oder +) „verschmilzt“ zwei DRSen
- ▶ „Projektives Merge“ (*) separiert „assertierte“ Inhalte von „projizierten“ (präsupponierten) (van der Sandt, 1992; Venhuizen et al., 2013)
- ▶ Neo-Davidson'sche Ereignisse semantik
- ▶ Ontologie hier: WordNet für Wortbedeutungen, VerbNet für semantische Rollen
- ▶ Continuation approach: Sätze sind Funktionen von Event-Modifizierern zu Sätzen

Nächste Sitzung

- ▶ Semantisches Parsing mit einem statistischen CCG-Parser, semantischen Taggern und Boxer (einem System, das anhand des heute in Ausschnitten besprochenen semantischen Lexikons hieraus DRSen konstruiert)
- ▶ Integration der DRSen mehrerer Sätze, Anaphernresolution, Diskursrelationen
- ▶ Semiautomatische Konstruktion der Parallel Meaning Bank als Datenbasis für multilinguales statistisches semantisches Parsing

Zusammenfassung

Kategorialgrammatiken sind superspannend!

Literatur I

Abzianidze, L., Bjerva, J., Evang, K., Haagsma, H., van Noord, R., Ludmann, P., Nguyen, D.-D., and Bos, J. (2017). The Parallel Meaning Bank: Towards a multilingual corpus of translations annotated with compositional meaning representations. In *Proceedings of the 15th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: Volume 2, Short Papers*, pages 242–247, Valencia, Spain. Association for Computational Linguistics.

Literatur II

- Basile, V., Bos, J., Evang, K., and Venhuizen, N. (2012). Developing a large semantically annotated corpus. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'12)*, pages 3196–3200, Istanbul, Turkey. European Language Resources Association (ELRA).
- Bos, J. (2009). Towards a large-scale formal semantic lexicon for text processing. In *Proceedings of GSCL 2009*.
- Bos, J., Basile, V., Evang, K., Venhuizen, N., and Bjerva, J. (2017). The Groningen Meaning Bank. In *The Handbook of Linguistic Annotation*. Springer, Berlin.
- van der Sandt, R. (1992). Presupposition as anaphora projection. *Journal of Semantics*, 9:333–377.

Literatur III

Venhuizen, N. J., Bos, J., and Brouwer, H. (2013). Parsimonious semantic representations with projection pointers. In *Proceedings of the 10th International Conference on Computational Semantics (IWCS 2013) – Long Papers*, pages 252–263, Potsdam, Germany. Association for Computational Linguistics.