

# 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  $\lambda$ -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[dcl] \ NP : ((e → t) → t) → ((e → t) → t) : λn.λm.n(λx.

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

); m(e))

saw := S[dcl] \ NP : ((e → t) → t) → ((e → t) → t) : λd.λn.λm.n(λx.d(λy.

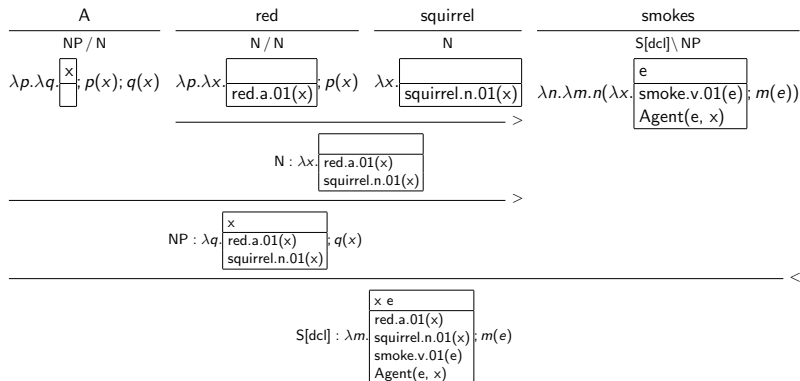
e
see.v.01(e)
Experiencer(e, x)
Stimulus(e, y)

); m(e)))

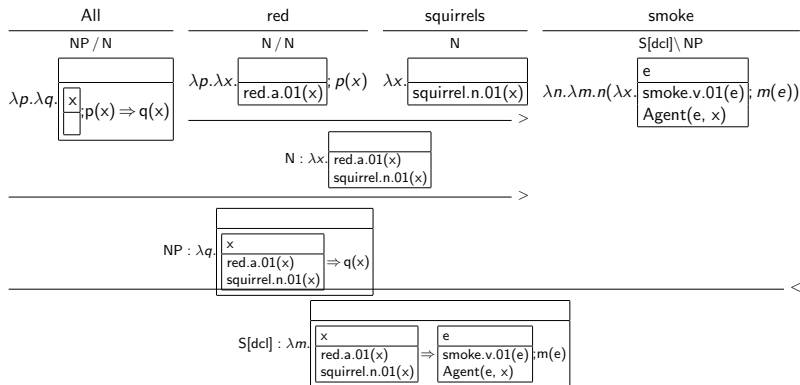
## Beispiele

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

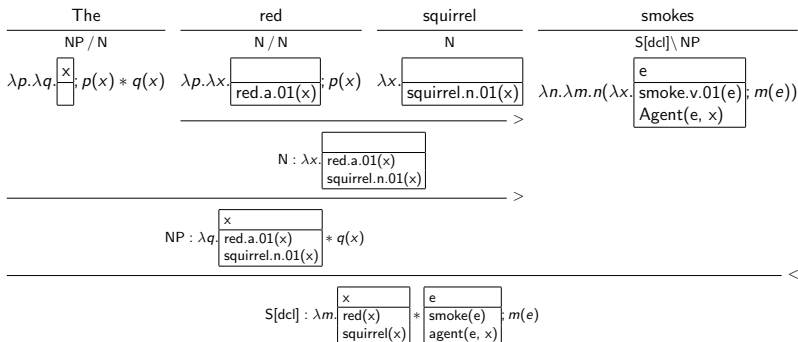
# Beispiel 1



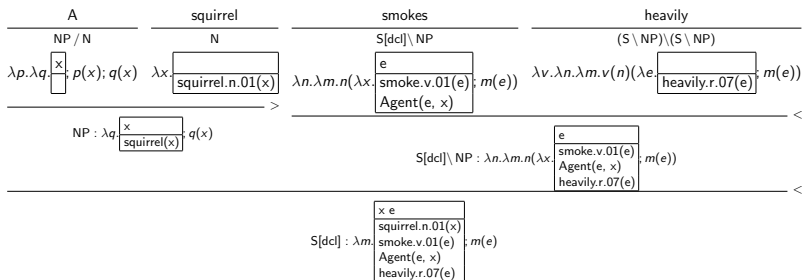
# Beispiel 2



# 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.