
Semantische Sprachverarbeitung

Carola Eschenbach

Universität Hamburg, MIN-Fakultät, Dept. Informatik
AB Wissens- und Sprachverarbeitung (WSV)

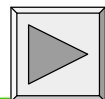
Sommersemester 2009

Semantische Sprachverarbeitung

Vorlesung 9

Diskursrepräsentationstheorie (DRT)

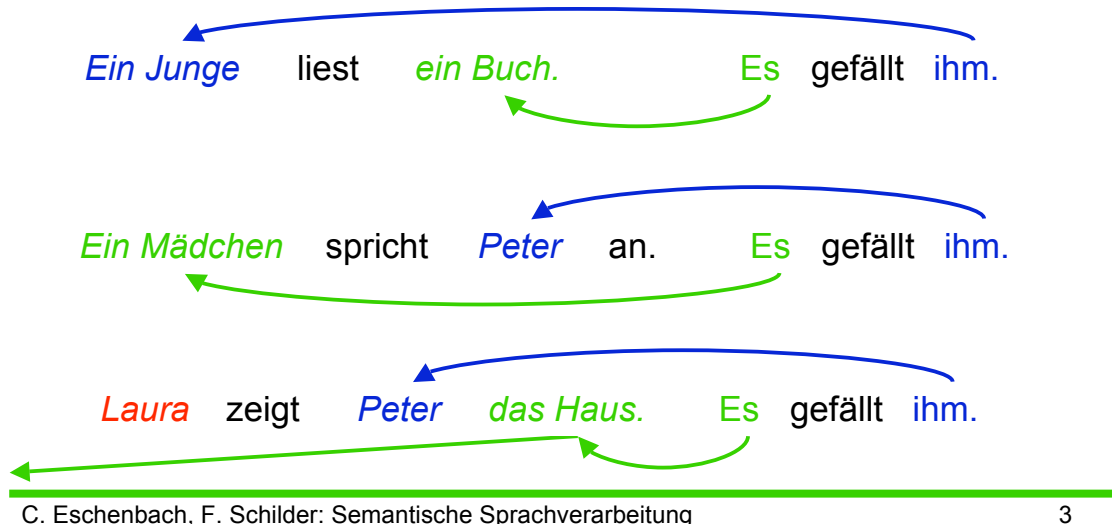
- Anaphorik / Pronomeninterpretation
- Traditionelle Ansätze und Erklärungslücken
- DRT: Form, Semantik, Konstruktion
- (Referentielle Netze)



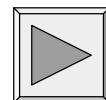
Einleitung

Die Bedeutung eines Satzes wird auch durch den Kontext bestimmt!

- *Es gefällt ihm.*



Einleitung



Interpretationen von Sätzen in einem längeren Diskurs

- beinhalten Bezüge auf andere Sätze
- Koreferenz: Nominalphrasen referieren auf dasselbe Objekt
 - **Antezedent:** Ausdruck, der das Objekt einführt
 - **Anapher:** Ausdruck, der ein schon eingeführtes Objekt wieder aufgreift
 - Anaphern können semantisch arme Ausdrücke sein: Pronomen



Strukturelle Bedingungen

Anaphern / Pronomen-Interpretation

- Satzinterne Bezüge
 - [Eine Frau]₁ ging nach Hause, weil [sie]₁ müde war.
 - [Kein Mann]₂ glaubte, dass [er]₂ krank sei.
 - Michael übergab [jeder Frau]₃ [ihren]₃ Preis.
 - [Jede Frau]₄ küsst einen Mann, den [sie]₄ mag.
- Skopusrestriktionen bei verschiedenen Sätzen
 - [Jede Frau]₆ ging nach Hause. [Sie]_{*6} war müde.
 - [Keine Frau]₇ ging nach Hause. [Sie]_{*7} war müde.
 - Kein Mann sah [eine Frau]₈. [Sie]_{*8} ging nach Hause.

Strukturelle Beschränkungen

Beobachtungen

- **Satzübergreifend** können Pronomen / Anaphern mit rein quantifikationellen Nominalphrasen nicht 'koreferent' sein.
- Auch der Bezug auf indefinit eingeführt Objekte kann durch andere vorhandene Quantoren eingeschränkt sein.
- **Satzintern** können Pronomen / Anaphern aber auch mit rein quantifikationellen Nominalphrasen 'koreferent' sein

Traditionell-quantifikatorische Modellierung

- Nominalphrasen sind Quantoren, Satz ist max. Skopus.
- Pronomen sind gebundene Variablen.
 - [Jede Frau]₄ küsst einen Mann, den [sie]₄ mag.
 $\forall x [\text{frau}(x) \Rightarrow \exists y [\text{mann}(y) \wedge \text{küsst}(x, y) \wedge \text{mag}(x, y)]]$

Traditionell-quantifikatorische Modellierung

Erklärungslücken

- Satzübergreifende Bezüge
 - [Eine Frau]₅ ging nach Hause. [Sie]₅ war müde.
 - $\exists x [\text{frau}(x) \wedge \text{geht_nach_Hause}(x)] \wedge \text{müde}(x)$
- 'Eselssätze'
 - Jede Frau, die [einen Mann]₉ küsst, mag [ihn]₉.
 - $\forall x [\text{frau}(x) \Rightarrow (\exists y [\text{mann}(y) \wedge \text{küsst}(x, y)] \Rightarrow \text{mag}(x, y))]$
 - $\forall x \forall y [\text{frau}(x) \wedge \text{mann}(y) \wedge \text{küsst}(x, y) \Rightarrow \text{mag}(x, y)]$
 - Entweder stimmen die Skopi nicht, oder 'ein' muss wie 'jeder' interpretiert werden

Struktur der Vorlesung

DRT: Diskursrepräsentationstheorie (Kamp, Reyle)

- DRS: Diskursrepräsentationsstruktur
 - DR: Diskursreferent
- DRSen als Bilder
- Semantik von DRSen und Bezug zur Prädikatenlogik
- Konstruktionsverfahren für DRSen
- Anaphern in der DRT

Diskursrepräsentationsstruktur (DRS)

Eine DRS erfasst eine Diskursbedeutung formal

(1) *Ein Mann geht spazieren. Er pfeift.*

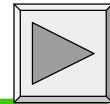
Bestandteile

- (Liste von) Diskursreferenten (DR)
- (Liste von) Bedingungen an die DRen

Schematisches Vorgehen

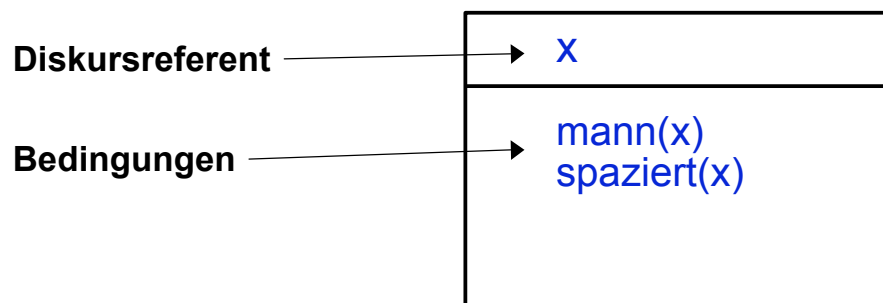
- Diskursreferenten (DRen) werden eingeführt.
 - *Ein Mann, er...*
- Bedingungen werden an die DRen gestellt.
- Anaphern werden aufgelöst
 - Das Pronomen *er* verweist auf *ein Mann*.
 - formal durch Gleichsetzung der Diskursreferenten

x y
$\text{mann}(x)$ $\text{spaziert}(x)$ $\text{pfeift}(y)$ $y = x$



DRSen als Bilder

Ein Mann geht spazieren.



Erzeugung von DRSen

- Man beginnt mit einer leeren DRS.
- Der Text wird Satz für Satz analysiert.
- Die DRS wird systematisch angefüllt.

Ein Mann geht spazieren.

Er pfeift.

x y
mann(x) spaziert(x) pfeift(y) $y = x$

- Anaphernresolution führt zur Identifikation von Diskursreferenten.

DRS Sprachen (I): DRS

Definition einer DRS

- Falls x_1, \dots, x_n Diskursreferenten und y_1, \dots, y_m Bedingungen sind, dann ist

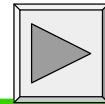
$x_1 \dots x_n$
y_1 ... y_m

eine DRS.

DRS Sprachen (II): DRS-Bedingung

Definition von DRS-Bedingungen

- Falls R ein Relationensymbol der Stelligkeit n ist und t_1, \dots, t_n Diskursreferenten sind, dann ist $R(t_1, \dots, t_n)$ eine Bedingung.
- Falls t_1 und t_2 Diskursreferenten sind, dann ist $t_1 = t_2$ eine Bedingung.
- Falls B eine DRS ist, dann ist $\neg B$ eine Bedingung.
- Falls B_1 und B_2 DRSen sind, dann ist $B_1 \vee B_2$ eine Bedingung.
- Falls B_1 und B_2 DRSen sind, dann ist $B_1 \Rightarrow B_2$ eine Bedingung.
- Nichts anderes ist eine Bedingung oder eine DRS.



Eingebettete DRSen

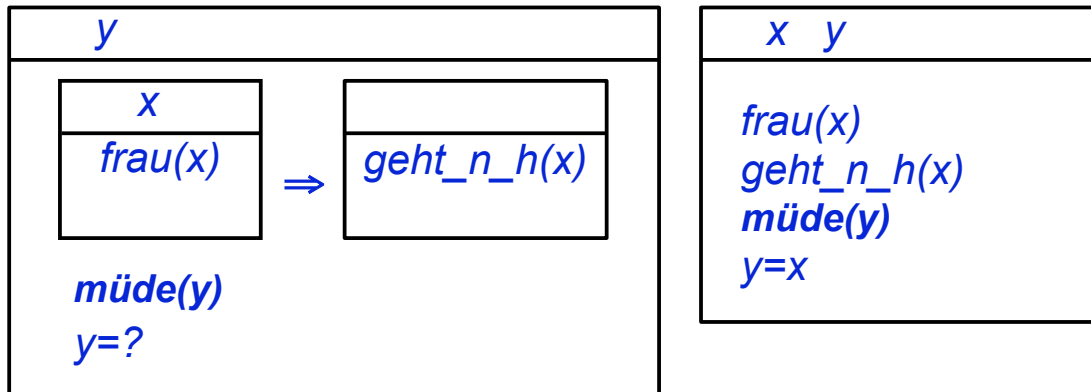
Bedingungen können DRSen enthalten

- Diese DRSen können eigene Diskursreferenten und Bedingungen enthalten.
- Bedingungen eingebetteter DRSen dürfen auch die DRen der übergeordneten DRSen verwenden
- Der Zugriff auf die eingebetteten DRen von außen ist aber eingeschränkt.

- Damit können Skopusrestriktionen der Koreferenz erfasst werden.

Abgeschlossene Boxen

Die (geschachtelten) DRS-Boxen spiegeln die Zugänglichkeitsbedingungen wider



Jede Frau ging nach Hause vs. Eine Frau ging nach Hause
Sie war müde.

Zugänglichkeit = Verschachtelung der DRSEN

Def. der Zugänglichkeit

- DRS B_1 ist **zugänglich** von DRS B_2 , wenn B_1 **gleich** B_2 ist oder wenn B_1 B_2 **übergeordnet** ist.
- **Überordnung** ist der transitive Abschluss der **direkten Überordnung**.
- B_1 ist B_2 **direkt übergeordnet**, wenn
 - B_1 die Bedingung $\neg B_2$ beinhaltet
 - B_1 eine Bedingung der Form $B \vee B_2$ oder $B_2 \vee B$ beinhaltet
 - B_1 eine Bedingung der Form $B_2 \Rightarrow B$ oder $B \Rightarrow B_2$ beinhaltet
 - $B_1 \Rightarrow B_2$ eine Bedingung in einer DRS B ist

Vergleich DRT und Logik

Gemeinsamkeiten

- Modelltheorie

unwesentliche Unterschiede

- Darstellungsform

wesentliche Unterschiede

- Konstruktionsverfahren
- Dynamische Semantik

Gemeinsamkeiten von DRT und Logik

Syntax

- Hierarchische Struktur
- Einbettungen von Sub-DRSen und Teilformeln
- Atomare Bedingungen – atomare Formeln

Semantik

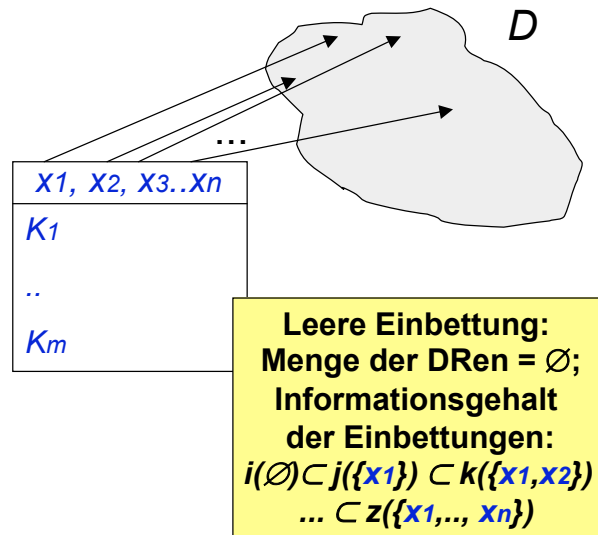
- Modelle als Basis
- Modellierung von Wahrheitsbedingungen

x
Laura(x) müde(x)

Modelltheoretische Interpretation von DRSen

Zu einer DRS Sprache passt ein Modell $\mathbf{M}=(D,F)$, wenn D eine Menge ist und F eine geeignete Interpretation der Relationssymbole in D ist.

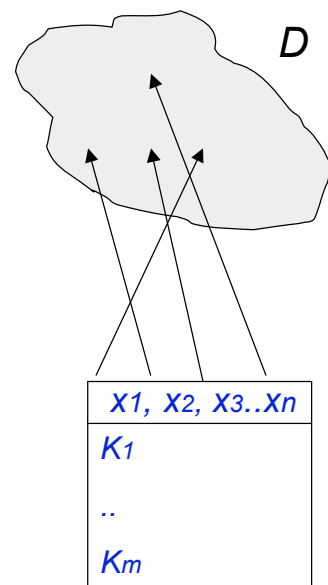
Für eine DRS Sprache und ein Modell $\mathbf{M}=(D,F)$ ist eine **Einbettung** eine **partielle** Funktion von den DRen auf die Domäne D .



Einbettungen

Eine DRS **gilt** genau dann **in einem Modell \mathbf{M} unter einer Einbettung i** , wenn i für alle DRen $x_1..x_n$ definiert ist, so dass alle Bedingungen $K_1..K_m$ in \mathbf{M} erfüllt werden.

Die Erweiterungen der Einbettung i wird für Bedingungen K benötigt, die wiederum DRSen sein können (s. B&B II, S.18).



Modelltheoretische Semantik

Erfüllung

$\mathbf{M} = (D, F)$: ein Modell

i : eine partielle Einbettungen von Diskursreferenten in D

$\mathbf{M}, i \models \begin{array}{|c|} \hline \text{DRen} \\ \hline K_1 \\ \dots \\ K_n \\ \hline \end{array}$
 gdw. es eine Erweiterung i' von i gibt, die für alle DRen definiert ist, so dass \mathbf{M}, i' alle Bedingungen erfüllt.

d.h. $\mathbf{M}, i' \models K_1$ und ...
 und $\mathbf{M}, i' \models K_n$

K_1
 \dots
 K_n

$\mathbf{M}, i \models K$ gdw. \mathbf{M}, i erfüllt die Bedingung K

Modelltheoretische Semantik: Formale Details

$\mathbf{M} = (D, F)$; i eine partielle Einbettungen von DRen in D

$\mathbf{M}, i \models R(t_1, \dots, t_n)$ gdw. $(i(t_1), \dots, i(t_n)) \in F(R)$

$\mathbf{M}, i \models t_1 = t_2$ gdw. $i(t_1) = i(t_2)$

$\mathbf{M}, i \models \neg B$ gdw. nicht $\mathbf{M}, i \models B$

$\mathbf{M}, i \models B \vee C$ gdw. $\mathbf{M}, i \models B$ oder $\mathbf{M}, i \models C$

$\mathbf{M}, i \models \begin{array}{|c|} \hline \text{DRen} \\ \hline K_1 \\ \dots \\ K_n \\ \hline \end{array} \Rightarrow C$
 gdw. für alle Erweiterungen i' von i , die für alle DRen definiert ist, so dass $\mathbf{M}, i' \models K_1$ und ... und $\mathbf{M}, i' \models K_n$ auch gilt: $\mathbf{M}, i' \models C$

Unwesentliche Unterschiede zwischen DRT und Logik

Syntax: DRT ist ‚bildhaft‘

- die 2-Dimensionalität verschwindet in der Implementation
- Diskursreferenten (DR) an Stelle von Variablen und Quantoren
- Kästen an Stelle von Klammern
 - Kästen restringieren Zugänglichkeit von DR
 - Klammern kennzeichnen Skopus von Quantoren

x
Laura(x) müde(x)

Übersetzung von DRT nach PL

Äquivalenz aufgrund der Modelltheorie

- DRSen können systematisch in äquivalente prädikatenlogische Formeln übersetzt werden

$$\bullet fo\left(\begin{array}{|c|} \hline x_1 \dots x_n \\ \hline y_1 \\ \vdots \\ y_m \\ \hline \end{array}\right) = \exists x_1 \dots \exists x_n [fo(y_1) \wedge \dots \wedge fo(y_m)]$$

$$\bullet fo(R(x_1, \dots, x_n)) = R(x_1, \dots, x_n)$$

$$\bullet fo(t_1 = t_2) = t_1 = t_2$$

$$\bullet fo(\neg B) = \neg fo(B)$$

$$\bullet fo(B_1 \vee B_2) = (fo(B_1) \vee fo(B_2))$$

$$\bullet fo\left(\begin{array}{|c|} \hline x_1 \dots x_n \\ \hline y_1 \\ \vdots \\ y_m \\ \hline \end{array} \Rightarrow B\right) = \forall x_1 \dots \forall x_n [fo(y_1) \wedge \dots \wedge fo(y_m) \Rightarrow fo(B)]$$

Übersetzung zwischen DRT und PL

Äquivalenz aufgrund der Modelltheorie

- Zu jeder DRS existiert eine äquivalente prädikatenlogische Formel
- Zu jeder prädikatenlogischen Formel existiert eine äquivalente DRS

DRSen und Prädikatenlogik haben dieselbe Ausdrucksmächtigkeit

- Warum dann DRT?

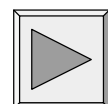
Unterschiede zwischen DRT und Logik

Bedeutungsrepräsentation: DRT will mehr

- Bedeutung von Diskursen (nicht nur Sätzen)
- Erfassung von Kontextabhängigkeit
 - Anaphern: Interpretation vom Kontext abhängig
 - *Laura zeigt Peter ein Haus. Es gefällt ihm.*
 - DRS bilden Kontext

Der Weg

- Bedeutung als ‚Potential zur Kontextveränderung‘
- Konstruktion von DRSen steht im Zentrum



Konstruktionsalgorithmus (informell)

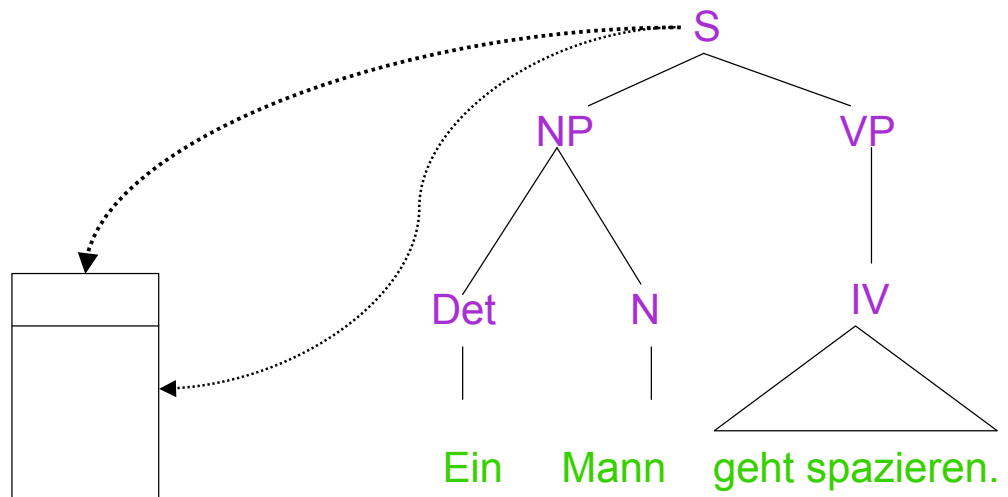
Klassische Top-Down-Verfahren nach Kamp & Reyle (1993):

- Abarbeitung des Syntaxbaumes
 - top-down
 - left-to-right
- Angabe von Konstruktionsregeln bzgl. der syntaktischen Struktur

Beispiel: *Ein Mann geht spazieren. Er pfeift.*

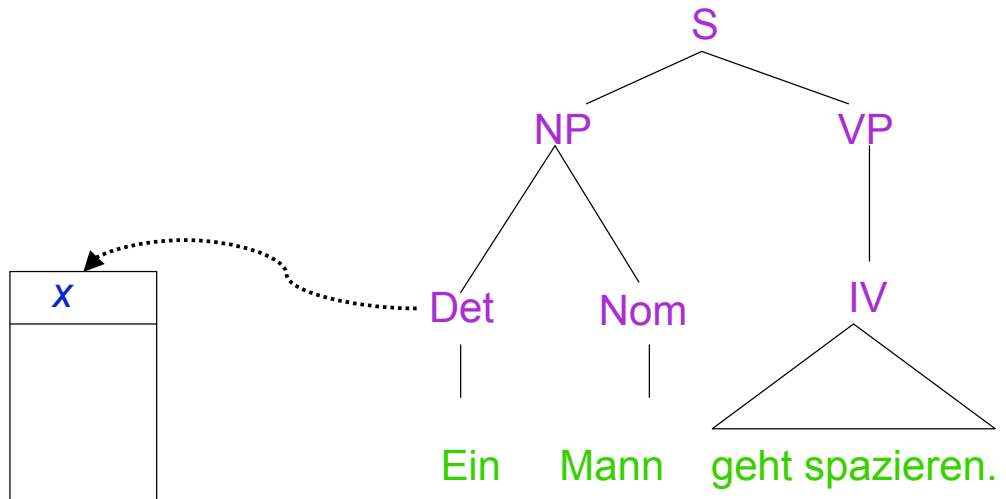
Schritt 1

Der Diskursbeginn generiert eine leere DRS



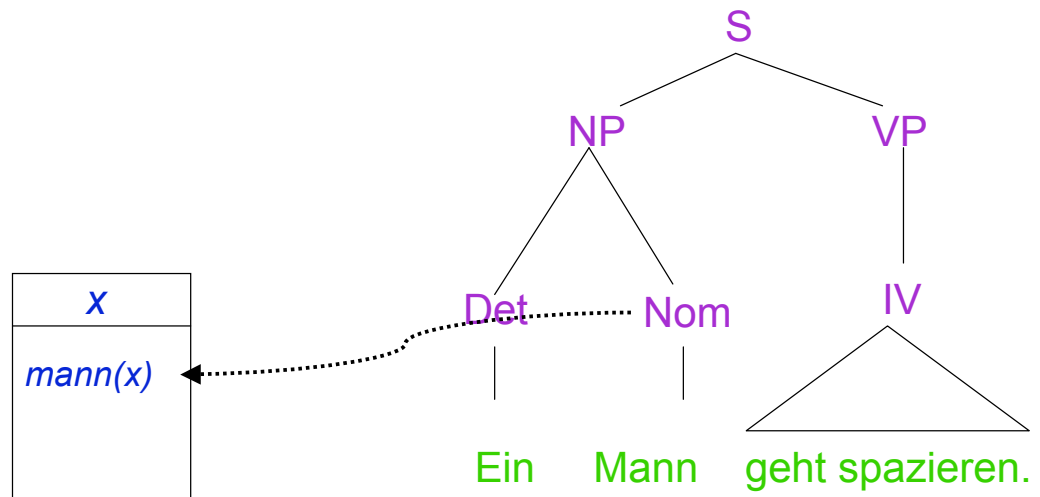
Schritt 2

Det führt einen
Diskursreferenten x ein



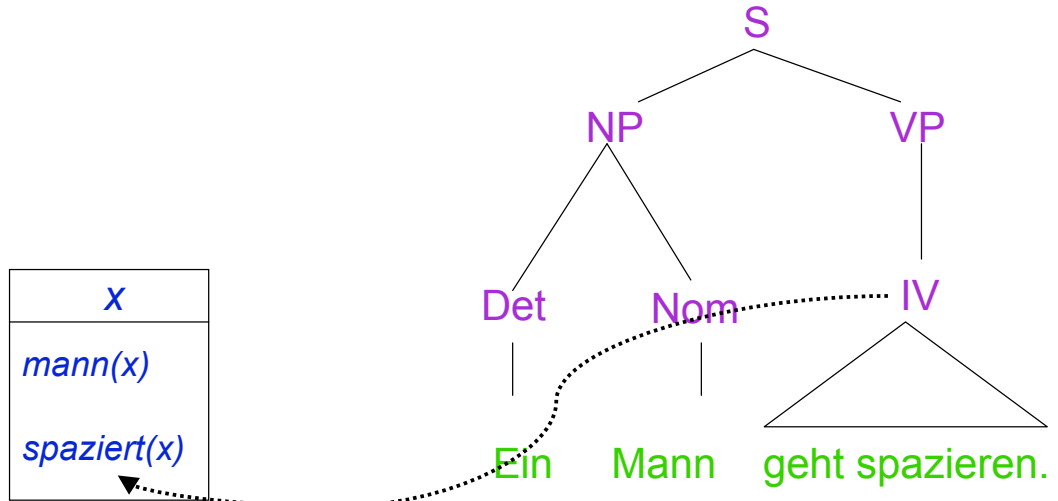
Schritt 3

Nom fügt eine Bedingung
bzgl. x ein



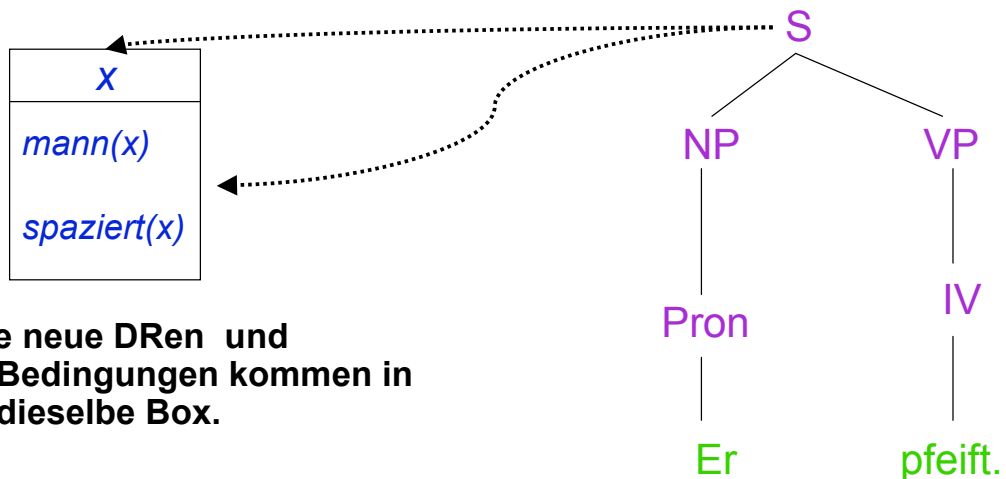
Schritt 4

IV fügt eine weitere
Bedingung bzgl. x ein



Schritt 5

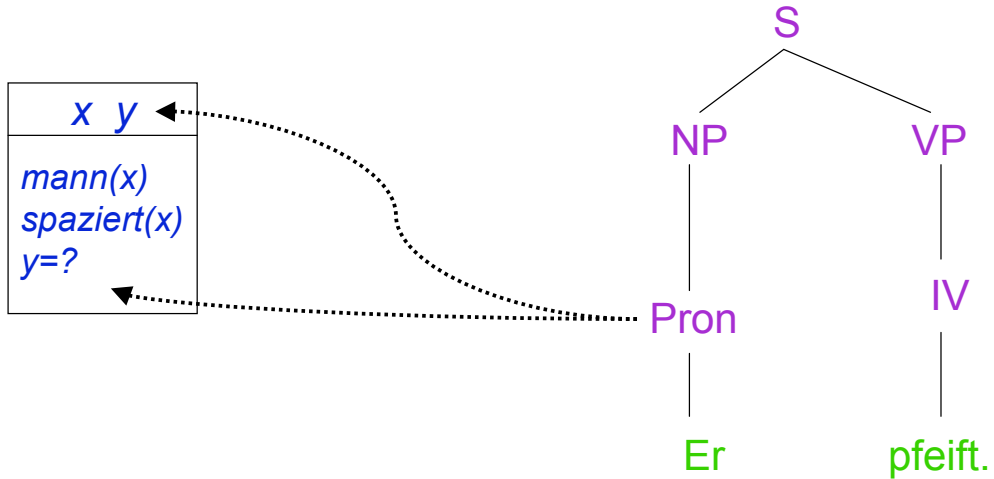
Der nächste Satz wird nach
demselben Verfahren
bearbeitet:



Alle neue DREN und
Bedingungen kommen in
dieselbe Box.

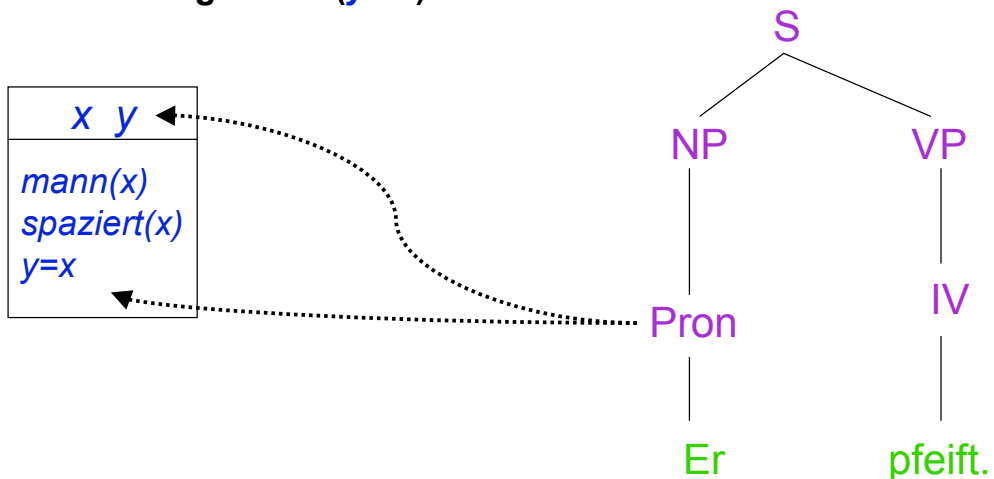
Schritt 6a

Pron führt einen neuen DR ein.
Die Bedingung für diesen
Diskursreferenten lautet zuerst
 $y=?$



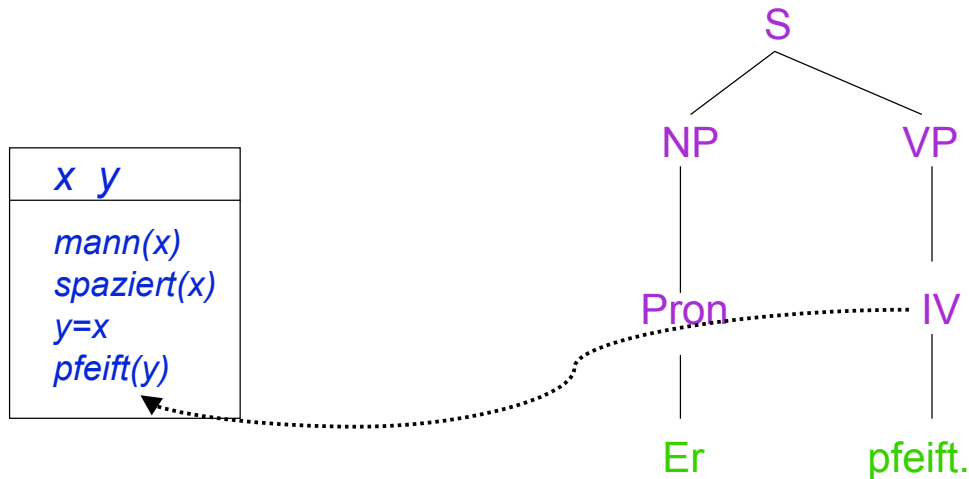
Schritt 6b

Durch die Anaphernresolution
wird dann ein geeigneter
Antezedent ausgewählt ($y=x$)



Schritt 7

Im letzten Schritt wird eine weitere Bedingung für y eingeführt.



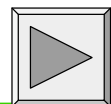
Aufbau von DRSen

Die resultierende DRS

- repräsentiert die Bedeutung des gesamten Diskurses im leeren Kontext
- erfasst den additiven Beitrag
- stellt den Kontext für den nachfolgenden Diskurs dar

Das Verfahren des DRS-Aufbaus ist entscheidend

- die Bedeutung ist das Kontextveränderungspotential (Context Change Potential)



Übung

Analyse eines 'Eselssatz' im DRT-Rahmen.

- Jede Frau, die einen Mann küsst, mag ihn.
- Wenn eine Frau einen Mann küsst, mag sie ihn.

- Wie sollten die resultierende DRSen für diese Sätze aussehen?

- Wie können diese Strukturen (in Übereinstimmung mit der syntaktischen Struktur) aufgebaut werden?

Dynamische Semantik: Idee

DRSen als Kontext-Relationen

- Eingabe-Kontext: g
- Ausgabe-Kontext: h
- Bedeutung als ‚Kontextveränderungspotential‘

Kontext

- totale Einbettung: Abbildung der DRen ins Modell

Modell

- wie gehabt: $\mathbf{M} = (D, F)$

DRS-Bedingungen

- Test von Bedingungen, die das Modell in einem Kontext erfüllen muss

Dynamische Semantik

Erfüllung und Kontextveränderung

$\mathbf{M} = (D, F)$: ein Modell; g, h : totale Einbettungen (= Kontext)

$\mathbf{M}, g, h \models \begin{array}{|l} \text{DRen} \\ K_1 \\ \dots \\ K_n \end{array}$
 gdw. $\begin{array}{|l} \text{DRen} \\ K_1 \\ \dots \\ K_n \end{array}$ den Kontext g in den Kontext h überführen, der die Bedingungen $\begin{array}{|l} K_1 \\ \dots \\ K_n \end{array}$ erfüllt.

$\begin{array}{|l} \text{DRen} \\ \dots \\ K_n \end{array}$ **überführen** den Kontext g in den Kontext h , wenn sich g und h nur in der Interpretation von $\begin{array}{|l} \text{DRen} \\ \dots \\ K_n \end{array}$ unterscheiden

Für DRS-Bedingung K

$\mathbf{M}, g \models K$ gdw. der Kontext g erfüllt K im \mathbf{M}

Dynamische Semantik: Formale Details

$\mathbf{M} = (D, F)$

$\mathbf{M}, g \models R(t_1, \dots, t_n)$ gdw. $(g(t_1), \dots, g(t_n)) \in F(R)$

$\mathbf{M}, g \models t_1 = t_2$ gdw. $g(t_1) = g(t_2)$

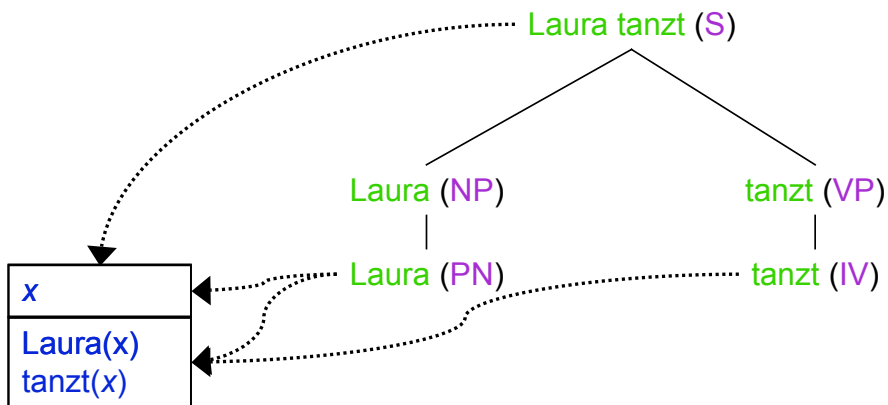
$\mathbf{M}, g \models \neg B$ gdw. für kein h gilt: $\mathbf{M}, g, h \models B$

$\mathbf{M}, g \models B \vee C$ gdw. für ein h gilt:
 $\mathbf{M}, g, h \models B$ oder $\mathbf{M}, g, h \models C$

$\mathbf{M}, g \models B \Rightarrow C$ gdw. für alle f , für die $\mathbf{M}, g, f \models B$,
 gibt es ein h mit $\mathbf{M}, f, h \models C$

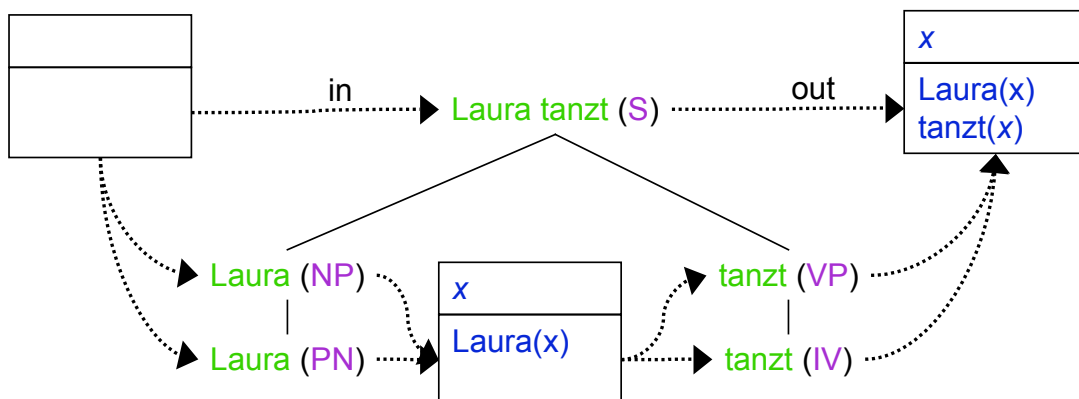
$\mathbf{M}, g, h \models \begin{array}{|l} X_1 \dots X_m \\ K_1 \\ \dots \\ K_n \end{array}$
 gdw. g und h sich allenfalls in X_1, \dots, X_m unterscheiden
 und $\mathbf{M}, h \models K_1$ und ... und $\mathbf{M}, h \models K_n$

DRS-Konstruktion: Erste Variante



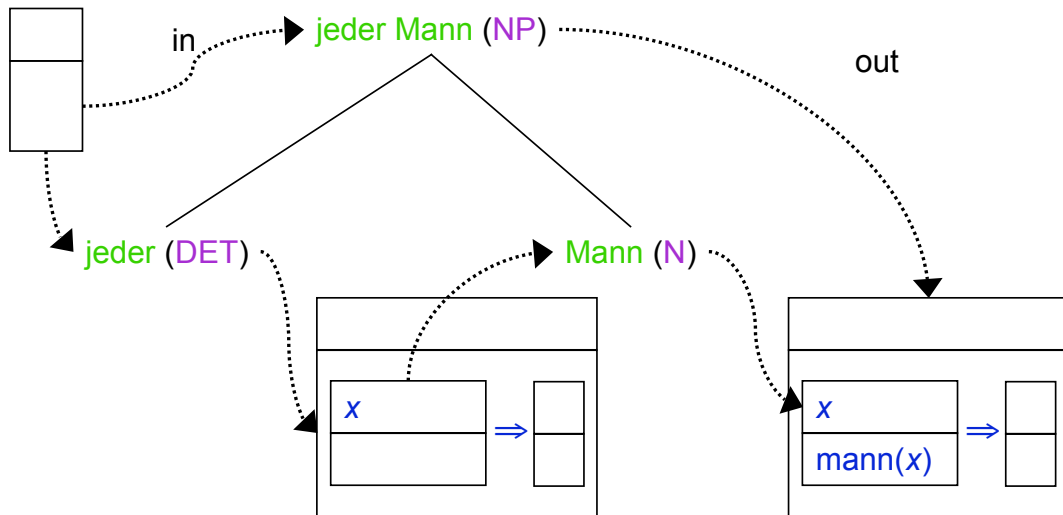
DRS-Konstruktion: Relationale Sicht

- Jeder Knoten hat eine Eingabe- und einen Ausgabe-DRS



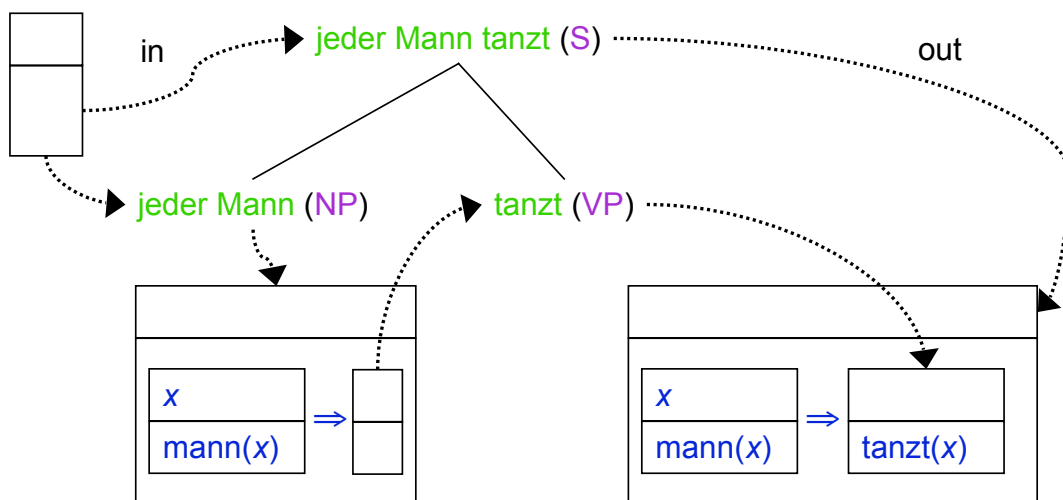
DRS-Konstruktion: Relationale Sicht

- Die Ausfüllung eingebetteter DRSen muss gesteuert werden

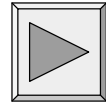


DRS-Konstruktion: Relationale Sicht

- Die Ausfüllung eingebetteter DRSen muss gesteuert werden



Lambda-DRT: Spracherweiterung



Abstraktion über DRen und DRSen

- liefert DRSen
- Eine DRS

DRen
Beding ungen

 ist vom Typ t
- Wenn B eine DRS vom Typ τ ist und X eine Variable vom Typ σ ist, dann ist $\lambda X.B$ eine DRS vom Typ $\langle \sigma, \tau \rangle$.
- Wenn B eine DRS vom Typ $\langle \sigma, \tau \rangle$ ist und A ein Ausdruck vom Typ σ ist, dann ist $B(A)$ eine DRS vom Typ τ .
- Äquivalenz und Konversion von λ -DRSen entspricht anderen Formalismen mit λ .

Lexikalische Einträge mit Lambda-DRSen

Nomen (z.B. *Mann*)

- λx

mann(x)

Determiner (z.B. *ein*)

- $\lambda P \lambda Q$

z

 $\oplus P(z) \oplus Q(z)$
- Vgl. mit semant. Eintrag für Montague-Grammatik
 $(\lambda P \lambda Q \exists z [P(z) \wedge Q(z)])$

Lambda und Merge

Die Kombination von mehreren DRSen

- erfordert eine genaue Definition (bisher implizite Anweisung: alles in eine Box)
- Der Merge-Operator (\oplus) liefert diese formale Definition für längere Diskurse.

Zusammenführung von Informationen

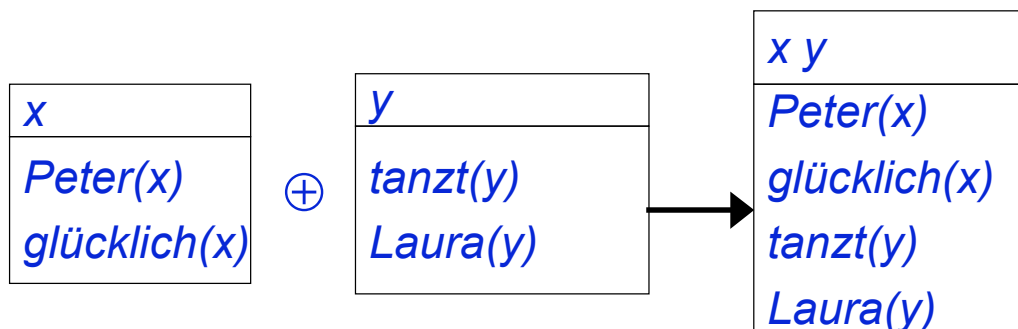
- Der Merge-Operator
 - drückt die Konjunktion / Zusammenfassung aus
 - ist anwendbar auf DRSn vom Typ t
 - ist für die Definition von lexikalischen Einträge erforderlich.

Beispiel: Kombination von zwei DRSen

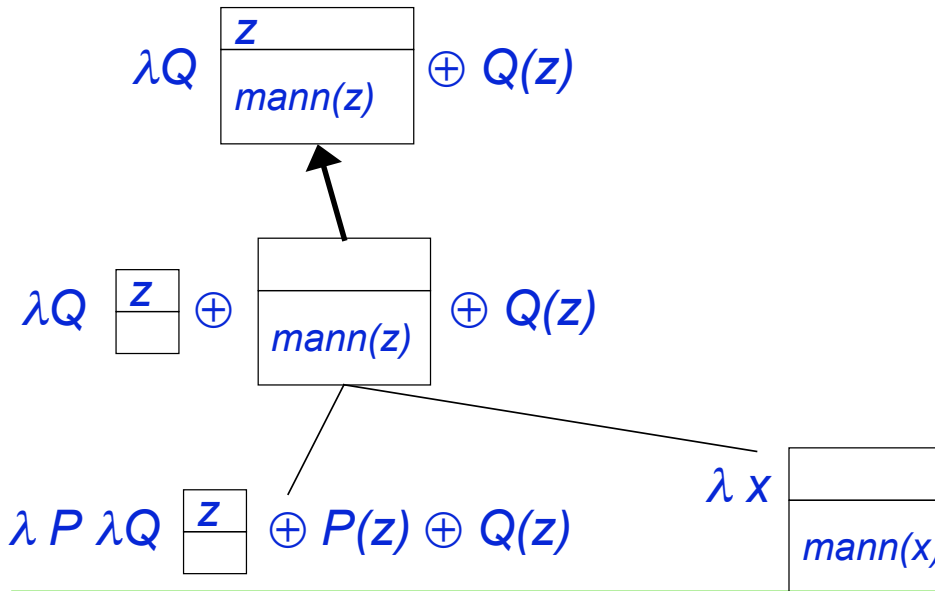
Diskurs

Peter ist glücklich. Laura tanzt.

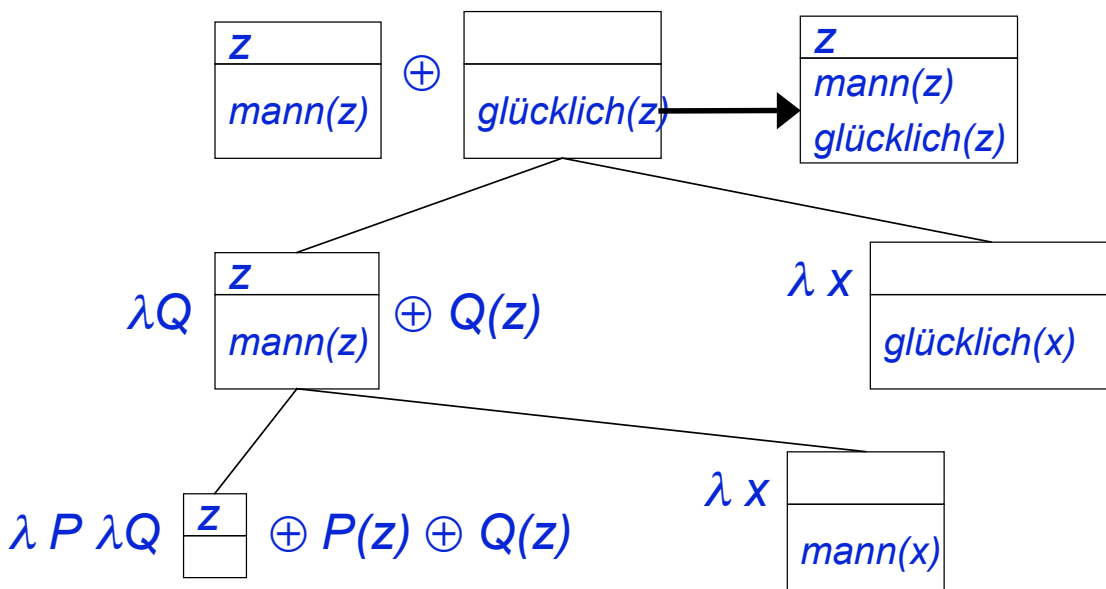
DRS-Aufbau



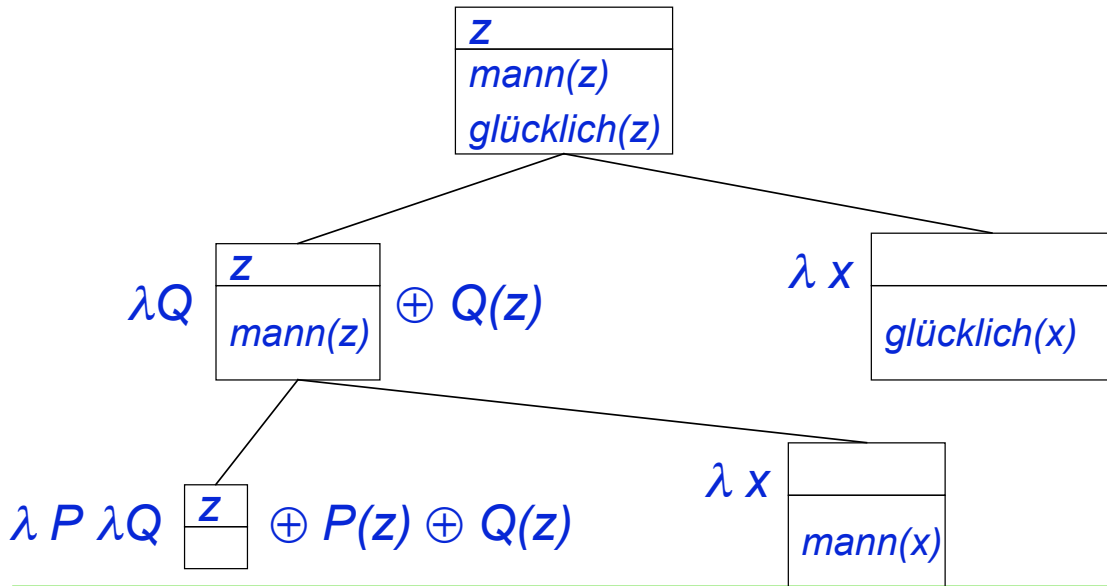
Ein Mann ...



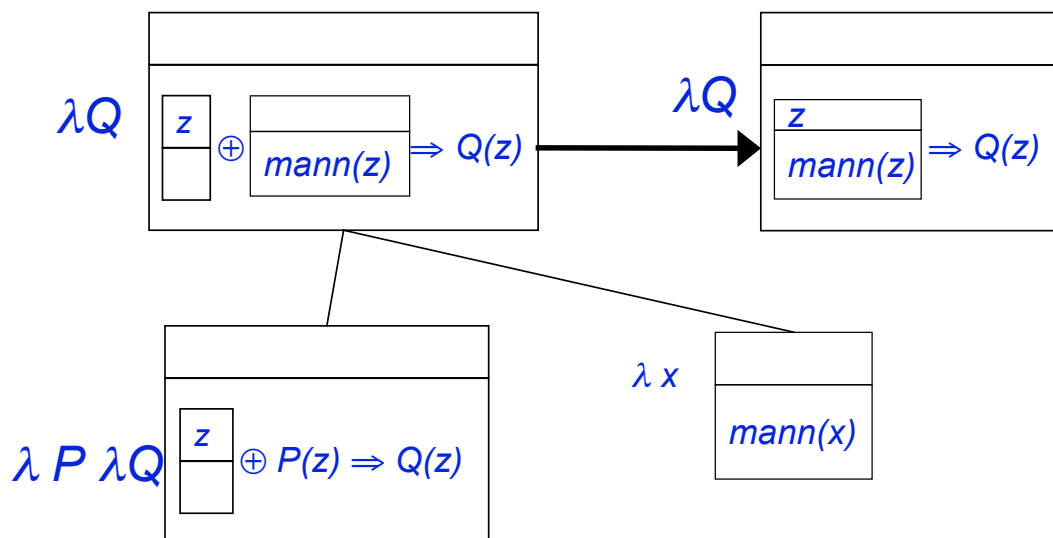
Ein Mann ist glücklich



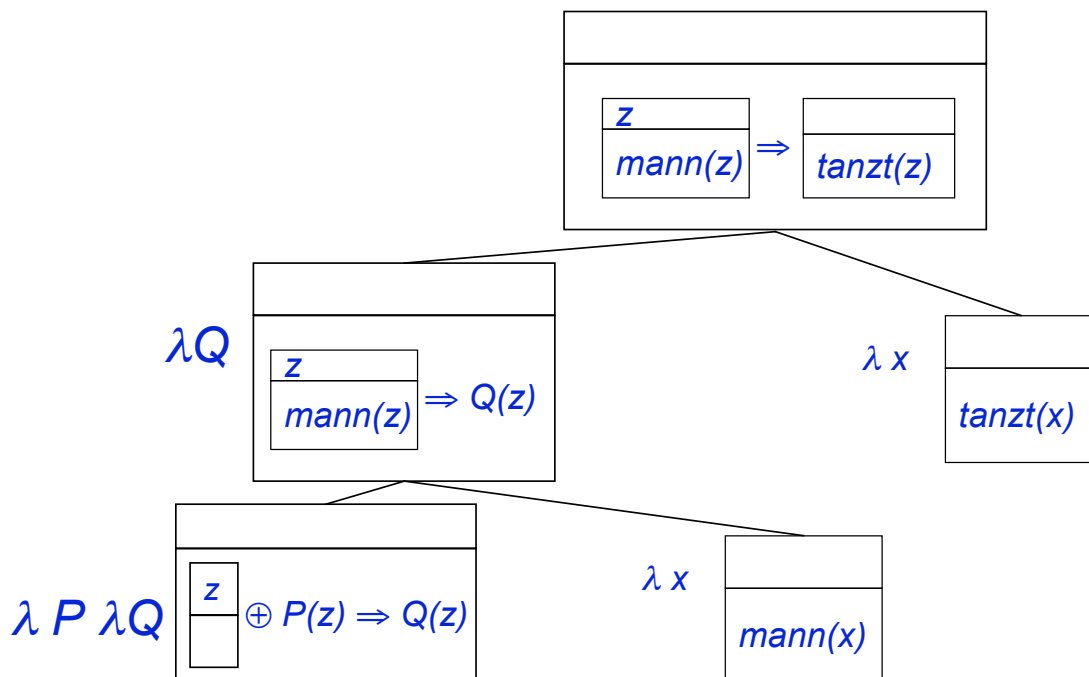
Ein Mann ist glücklich



Jeder Mann ...



Jeder Mann tanzt



DRT-Zwischenstand

Aufbau von DRSen

- lässt sich mit dem Lambda-Kalkül (in bekannter Weise) kompositional beschreiben
- Dabei können Schachtelungen und Skopus wie erforderlich aufgebaut werden.
- Die Merge-Operation kombiniert DRSen durch Anreicherung (konjunktiv)

Aber was ist mit den Anaphern

- Ergänzende Mittel zur formalen Einbettung der Kontext-Anforderung: α -DRS
 - (erstmal einfach, dann genereller und komplexer)

Anaphorische Pronomen: Freie Variablen markieren

Pronomen im Lexikon

- Hier sind die Referenten nicht bekannt!
- Daher werden Pronomen gekennzeichnet:

- α -DRS $\lambda P (\alpha Y \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array}) \oplus P(Y)$
 $\text{male}(Y)$

- Referenten sind im Eingabe-Kontext oder in übergeordneten DRSen zu suchen

Anaphorische Pronomen: Freie Variablen markieren

Pronomen im Lexikon

- α -DRS $Er \lambda P (\alpha Y \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array}) \oplus P(Y)$
 $\text{male}(Y)$

- Verbalphrase $\text{tanzt} \lambda X \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array}$
 $\text{tanzt}(X)$

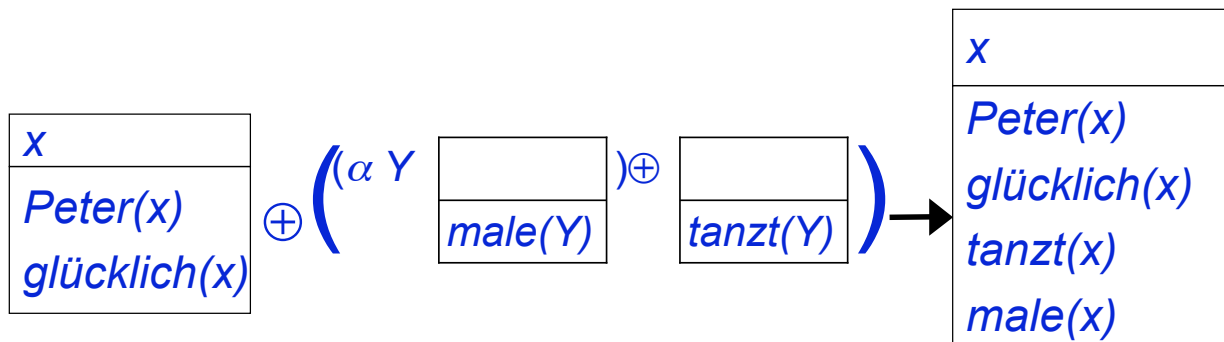
- Satz $Er \text{ tanzt} (\alpha Y \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array}) \oplus \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \end{array}$
 $\text{male}(Y) \text{ tanzt}(Y)$

Beispiel: Kombination von zwei DRSen

Diskurs

Peter ist glücklich. Er tanzt.

DRS-Aufbau



DRT: Zusammenfassung

DRT ist ein Formalismus für Satzsequenzen

- DRSen als Bilder/Boxen
 - Zugangsbeschränkungen

Formale Interpretation von DRSen

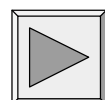
- Semantik mittels Einbettung: Wahrheitsbedingungen
 - Übersetzung in PL
- dynamische Semantik: Kontextveränderungspotential

Konstruktion von DRSen

- Standard Konstruktionsalgorithmus
- Relationale Sicht
- Lambda-DRT: kompositionaler Aufbau
 - neuer Operator: merge (\oplus)

Pronomen / Anaphern

- α -DRS
- Auflösung in Interaktion mit merge (\oplus)



Literatur

- Kamp, Hans (1981). A theory of truth and semantic representation. In J. Groenendijk, Th. Janssen & M. Stokhof (eds.) *Formal Methods in the Study of Language* (pp. 277–322). Mathematisch Centrum: Amsterdam. Auch in: J. Groenendijk, Th. Janssen & M. Stokhof (eds.) (1983): *Truth, Interpretation, and Information*. Dordrecht: Foris, 1-41. (= GRASS 2)
- Kamp, Hans & Uwe Reyle (1993). *From Discourse to Logic. Introduction to Modeltheoretic Semantics of Natural Language, Formal Logic and Discourse Representation Theory*. Dordrecht: Kluwer.
- Blackburn, Patrick & Johan Bos (1999). *Working with Discourse Representation Theory. An Advanced Course in Computational Semantics*. Ms. **Online**