

---

# Semantische Sprachverarbeitung

---

Carola Eschenbach  
Universität Hamburg, FB Informatik  
AB Wissens- und Sprachverarbeitung (WSV)

Sommersemester 2004

---

---

# Semantische Sprachverarbeitung

---

## Vorlesung 9

### Diskursrepräsentationstheorie (DRT)

- Anaphorik / Pronomeninterpretation
- 

---

## Einleitung

Die Bedeutung eines Satzes wird auch durch den Kontext bestimmt!

- *Es gefällt ihm.*

*Ein Junge* liebt *ein Buch.* *Es* gefällt *ihm.*

*Ein Mädchen* spricht *Peter* an. *Es* gefällt *ihm.*

*Laura* zeigt *Peter* *das Haus.* *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

*Laura* zeigt *Peter* *das Haus.* *Es* gefällt *ihm.*

## Strukturelle Bedingungen

---

### Anaphern / Pronomen-Interpretation

- Satzinterne Bezüge
  - [Eine Frau]<sub>1</sub> ging nach Hause, weil [sie]<sub>1</sub> müde war.
  - Kein [Mann]<sub>2</sub> glaubte, dass [er]<sub>2</sub> krank sei.
  - Michael übergab [jeder Frau]<sub>3</sub> [ihren]<sub>3</sub> Preis.
  - [Jede Frau]<sub>4</sub> küsst einen Mann, den [sie]<sub>4</sub> mag.
- Skopusrestriktionen bei verschiedenen Sätzen
  - [Jede Frau]<sub>6</sub> ging nach Hause. [Sie]<sub>6</sub> war müde.
  - [Keine Frau]<sub>7</sub> ging nach Hause. [Sie]<sub>7</sub> war müde.
  - Kein Mann sah [eine Frau]<sub>8</sub>. [Sie]<sub>8</sub> 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]<sub>4</sub> küsst einen Mann, den [sie]<sub>4</sub> 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]<sub>5</sub> ging nach Hause. [Sie]<sub>5</sub> war müde.
  - $\exists x [\text{frau}(x) \wedge \text{geht\_nach\_Hause}(x)] \wedge \text{müde}(x)$
- 'Eselssätze'
  - Jede Frau, die [einen Mann]<sub>9</sub> küsst, mag [ihn]<sub>9</sub>.
  - $\forall x [\text{frau}(x) \Rightarrow (\exists y [\text{mann}(y) \wedge \text{küsst}(x, y)] \Rightarrow \text{mag}(x, y))]$
  - $\forall x \forall y [\text{frau}(x) \wedge \text{mann}(y) \wedge \text{küsst}(x, y) \Rightarrow \text{mag}(x, y)]$
  - 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

## Diskursrepräsentationstruktur (DRS)

Eine DRS erfasst eine Diskursbedeutung formal

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

### Bestandteile

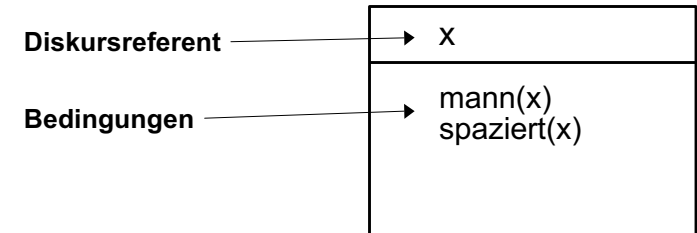
- (Liste von) Diskursreferenten (DR)
- (Liste von) Bedingungen an die DRen

### 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

## 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)

### 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)

### 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.

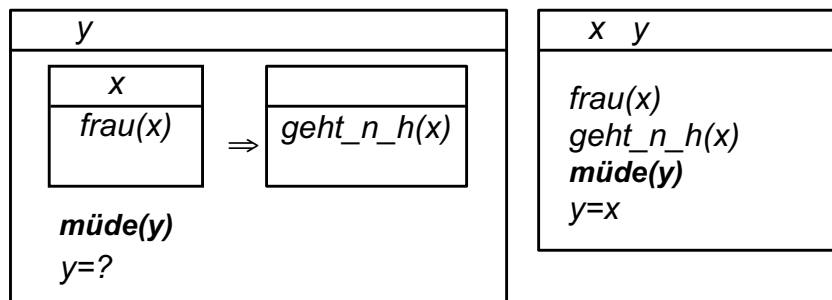
## Eingebettete DRSen

### Bedingungen können DRSen enthalten

- Diese DRSen können eigene Diskursreferenten und Bedingungen enthalten.
- Bedingungen eingebetteter DRSen dürfen auch die DRSen der übergeordneten DRSen verwenden
- Der Zugriff auf die eingebetteten DRSen 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

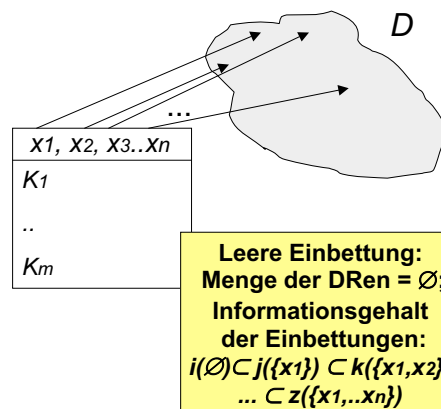
- Modelle als Basis
- Modellierung von Wahrheitsbedingungen

$x$
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.

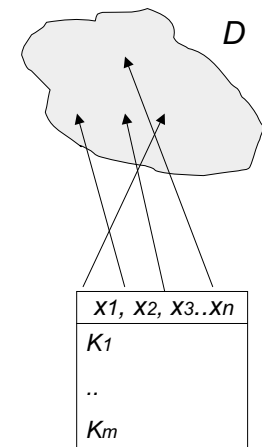
Für eine DRS Sprache und ein Modell  $\mathbf{M}=(D,F)$  ist eine **Einbettung** eine **partielle** Funktion von den DRen auf die Domäne  $D$ .



## 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

$M = (D, F)$ : ein Modell

$i$ : eine partielle Einbettungen von Diskursreferenten in  $D$

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

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

## Modelltheoretische Semantik: Formale Details

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

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

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

$M, i \models \neg B$  gdw. nicht  $M, i \models B$

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

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

## 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

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

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

$$fo(t_1 = t_2) = t_1 = t_2$$

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

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

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

## 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)

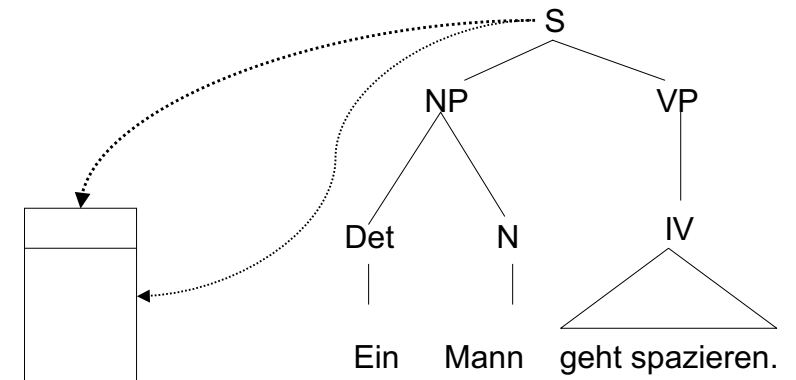
### Klassische Top-Down-Verfahren nach Kamp & Reyle (1993):

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

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

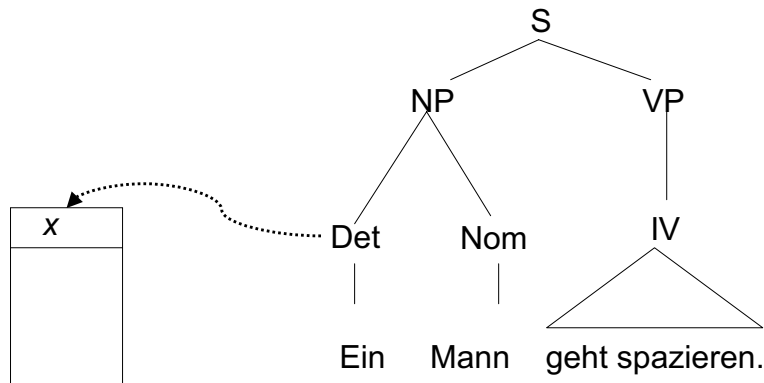
## Schritt 1

### Der Diskursbeginn generiert eine leere DRS



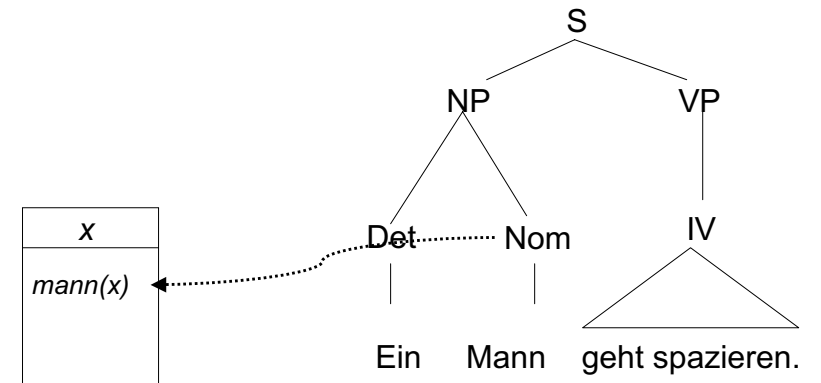
## Schritt 2

Det fñgt einen  
Diskursreferenten  $x$  ein



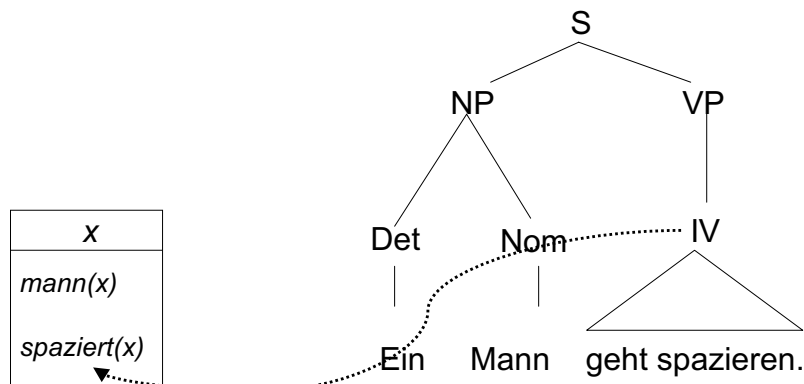
## Schritt 3

Nom fñgt eine Bedingung  
bzgl.  $x$  ein



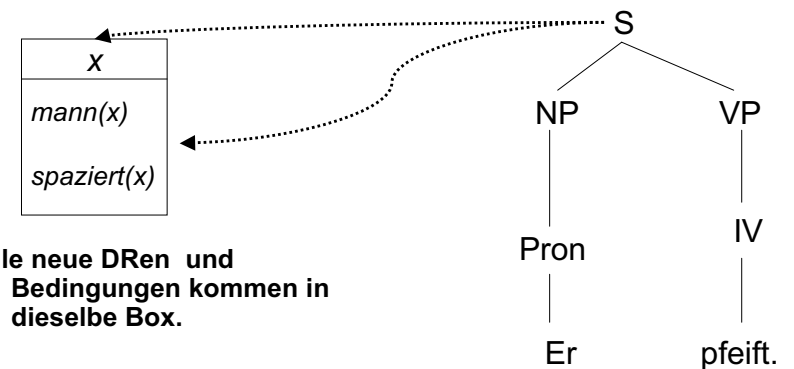
## Schritt 4

IV fñgt eine weitere  
Bedingung bzgl.  $x$  ein



## Schritt 5

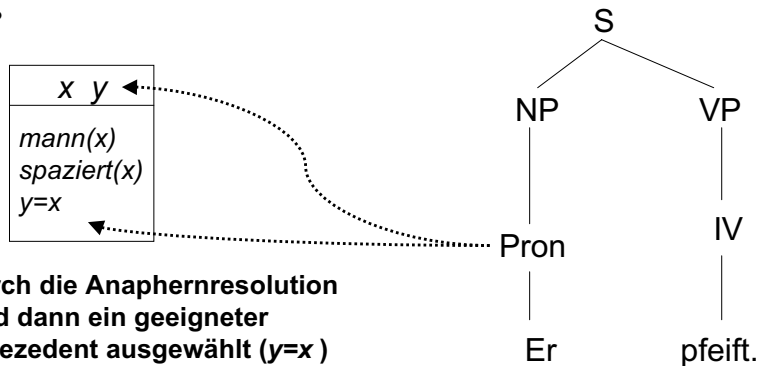
Der nãchste Satz wird nach  
demselben Verfahren  
bearbeitet:



Alle neue DRen und  
Bedingungen kommen in  
dieselbe Box.

## Schritt 6

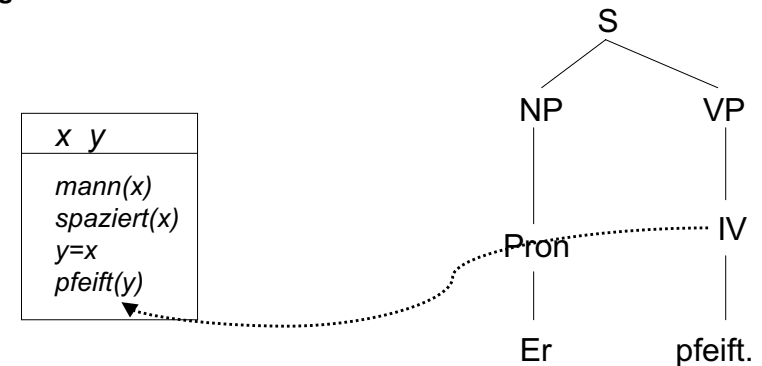
Pron führt einen neuen DR ein.  
Die Bedingung für diesen  
Diskursreferenten lautet zuerst  
 $y=?$



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)

## Dynamische Semantik: Idee

### DRSen als Kontext-Relationen

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

### Kontext

- totale Einbettung: Abbildung der DRSen ins Modell

### Modell

- wie gehabt:  $M = (D, F)$

### DRS-Bedingungen

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

## Dynamische Semantik

### Erfüllung und Kontextveränderung

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

$M, g, h \models \begin{matrix} \text{DRen} \\ K1 \\ \dots \\ Kn \end{matrix}$  gdw.  $\begin{matrix} \text{DRen} \\ K1 \\ \dots \\ Kn \end{matrix}$  den Kontext  $g$  in den Kontext  $h$  überführen, der die Bedingungen  $\begin{matrix} K1 \\ \dots \\ Kn \end{matrix}$  erfüllt.

$\text{DRen}$  **überführen** den Kontext  $g$  in den Kontext  $h$ , wenn sich  $g$  und  $h$  nur in der Interpretation von  $\text{DRen}$  unterscheiden

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

## Dynamische Semantik: Formale Details

$M = (D, F)$

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

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

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

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

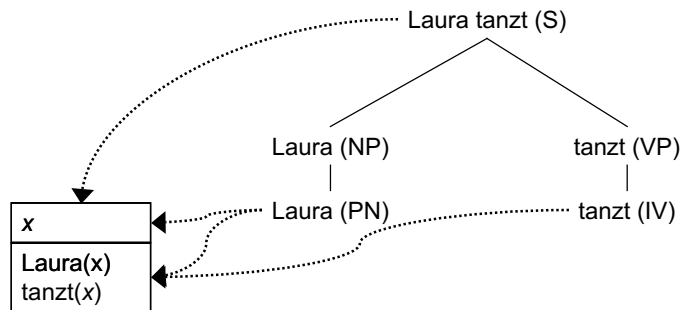
$M, g, h \models B$  oder  $M, g, h \models C$

$M, g \models B \Rightarrow C$  gdw. für alle  $f$ , für die  $M, g, f \models B$ ,

gibt es ein  $h$  mit  $M, f, h \models C$

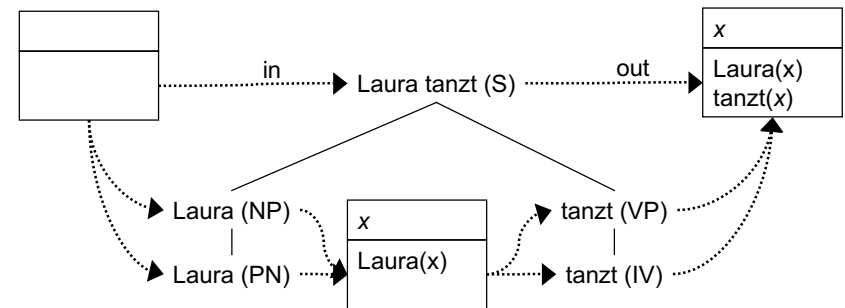
$M, g, h \models \begin{matrix} x_1 \dots x_m \\ K1 \\ \dots \\ Kn \end{matrix}$  gdw.  $x_1, \dots, x_m$   $g$  in  $h$  überführen und  $M, h \models K_1$  und ... und  $M, h \models K_n$

## DRT-Konstruktion: Erste Variante



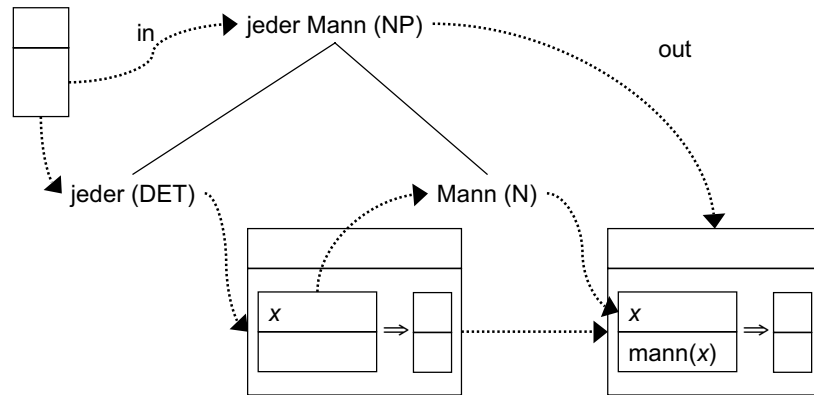
## DRT-Konstruktion: Relationale Sicht

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



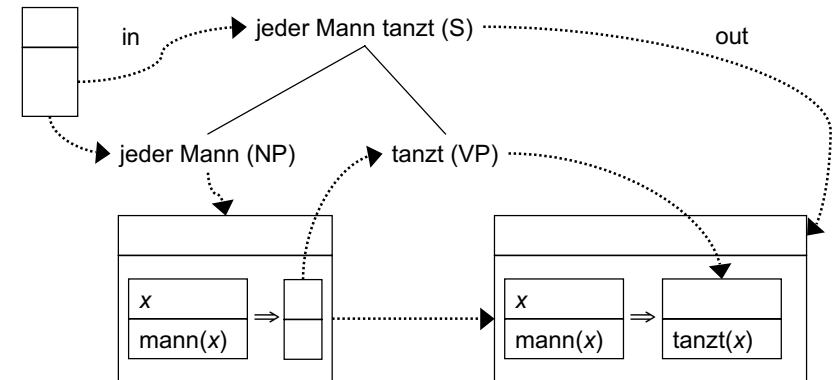
## DRT-Konstruktion: Relationale Sicht

- Die Ausfüllung eingebetteter DRSen muss gesteuert werden



## DRT-Konstruktion: Relationale Sicht

- Die Ausfüllung eingebetteter DRSen muss gesteuert werden



## 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

- Bedingungen  $v=?$  und  $w=?$
- Restriktionen

## 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?

## Lambda-DRT: Spracherweiterung

### Abstraktion über DRen und DRSen

- liefert DRSen
- ...
- Wenn  $B$  eine DRS vom Typ  $\tau$  ist und  $X$  eine Variable vom Typ  $\sigma$  ist, dann ist  $\lambda X.B$  eine DRS vom Typ  $\langle \sigma \rightarrow \tau \rangle$ .
- Wenn  $B$  eine DRS vom Typ  $\langle \sigma \rightarrow \tau \rangle$  ist und  $A$  ein Ausdruck vom Typ  $\sigma$  ist, dann ist  $B(A)$  eine DRS vom Typ  $\tau$ .
- ...

## Lexikalische Einträge mit Lambda-DRSen

### Nomen (z.B. *Mann*)

- $\lambda x$ 

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 und Merge

### Zusammenführung von Informationen

- Der Merge-Operator
  - drückt die Konjunktion / Zusammenfassung aus
  - ist für die Definition von lexikalischen Einträge erforderlich.

### 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.

## Beispiel: Kombination von zwei DRSen

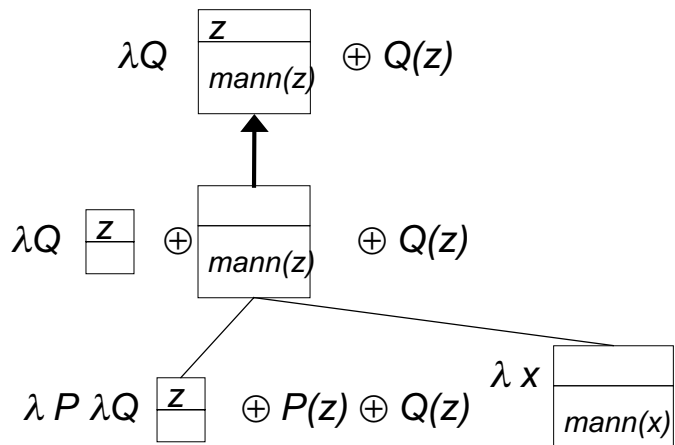
### Diskurs

*Peter ist müde. Laura tanzt.*

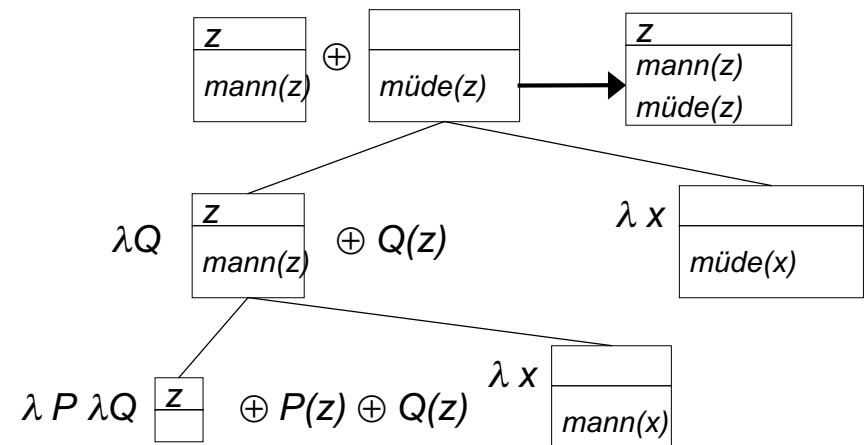
### DRS-Aufbau

$x$		$y$		$\oplus$		$=$	$x y$
<i>Peter(x)</i>		<i>tanzt(y)</i>					<i>Peter(x)</i>
<i>müde(x)</i>		<i>Laura(y)</i>					<i>müde(x)</i>
							<i>tanzt(y)</i>
							<i>Laura(y)</i>

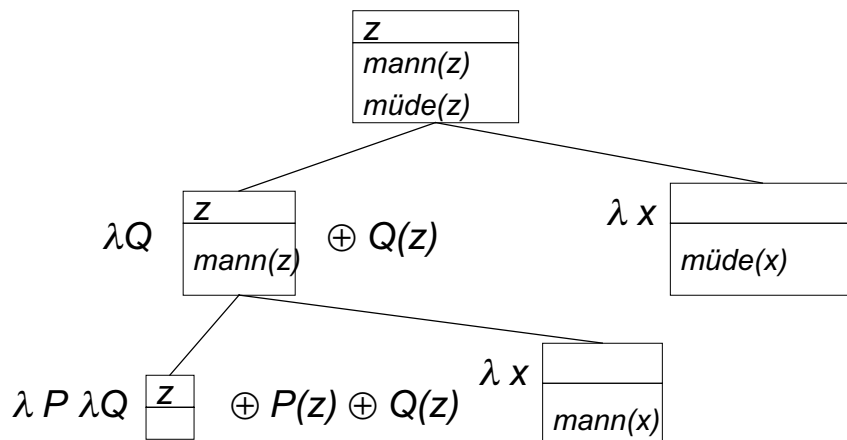
### Ein Mann ...



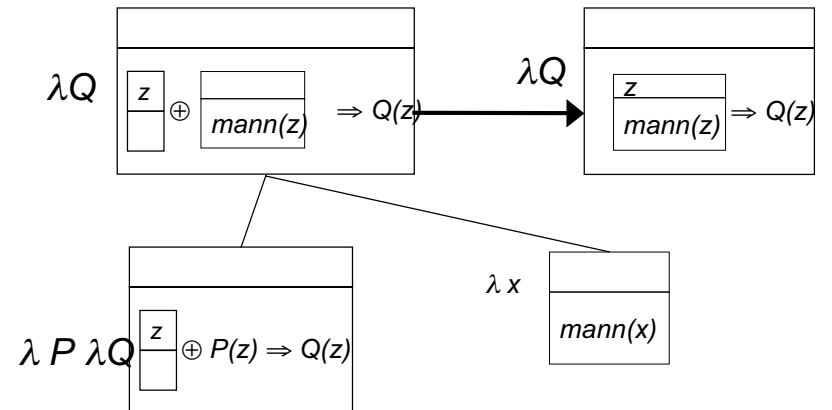
### Ein Mann ist müde



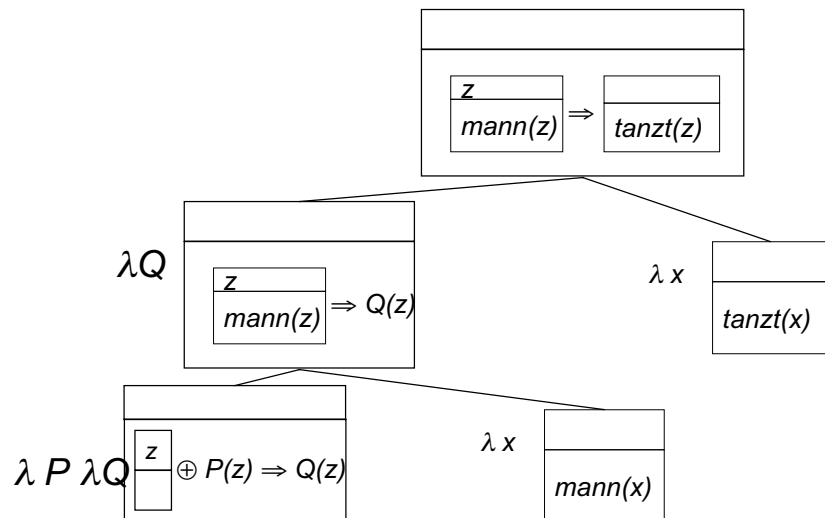
### Ein Mann ist müde



### Jeder Mann ...



## Jeder Mann tanzt



## 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**