

# Formale Semantik

## 02. Referentielle Semantik

Roland Schäfer

Institut für Germanistische Sprachwissenschaft  
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Achtung: Folien in Überarbeitung. Englische Teile sind noch von 2007!  
Stets aktuelle Fassungen: <https://github.com/rsling/VL-Semantik>

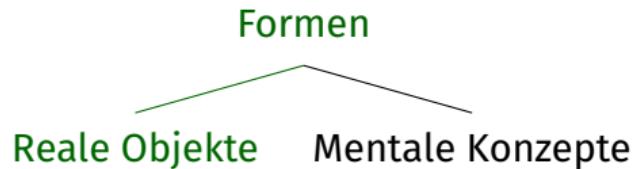
- 1 Linguistische Theorien
- 2 Referentielle Semantik basal

- 3 Semantiche Eigenschaften von Sätzen
- 4 Referenz von Sätzen
- 5 Reden in Fragmenten

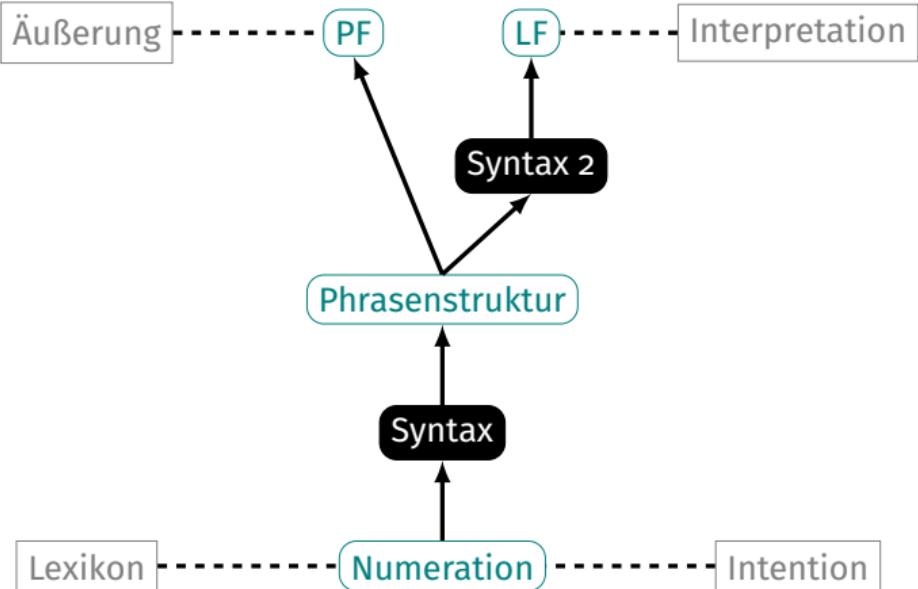
## Linguistische Theorien

# Ein neues semiotisches Dreieck

Im Sinn der letzten Woche interessiert uns nur die linke Seite.



# „Semantik“ im generativen T-Modell



## Im klassischen generativen Modell:

(In minimalistischen Modellen herrscht – Chomsky muss es mögen! – sowieso Anarchie.)

- keine echte Interpretation auf LF
- Bewegung **nachdem** der Satz geäußert wurde
- Herstellung einer logisch interpretierbaren **Form** auf LF
- Grund | Syntax kann nicht alle Interpretationen abbilden

**Klassiker Quantorenskopus**

*Everybody loves somebody.*

- A Für alle Personen  $y$  gilt, dass es eine Person  $x$  gibt, für die gilt:  $y$  liebt  $x$  ( $\forall y \exists x. L(y, x)$ )
- B Es gibt eine Person  $x$ , sodass für alle Personen  $y$  gilt:  $y$  liebt  $x$  ( $\exists x \forall y. L(y, x)$ )

Sprache ist Logik ist Sprache ...

- A Entweder ist die Übersetzung in eine LF trivial und äquivalent zur PF/Syntax, oder sie fügt etwas hinzu, das der Sprache an sich fehlt.
  - B Sätze haben aber auch mit LF-Übersetzung nur die Bedeutungen, die sie sowieso haben (keine Hinzufügung).
- Also ist die Übersetzung in LF trivial und äquivalent zur PF/Syntax.
- Wir können Sätze direkt interpretieren (wie sie gesprochen/geschrieben werden).
- Montagues *lf* | direkte Übersetzung von sprachlichen in logische Ausdrücke

Referentielle Semantik basal

- Aussagen über die/Teile der Welt
- Ausdrücke bezeichnen/referieren auf Dinge i. w. S.
- Informativität
- objektiv beurteilbar (z. B. Wahrheit von Sätzen)
- Aber welche sprachlichen Einheiten referieren auf was?

Ein Eigenname → genau ein Objekt in der Welt

*Jan Böhmermann*

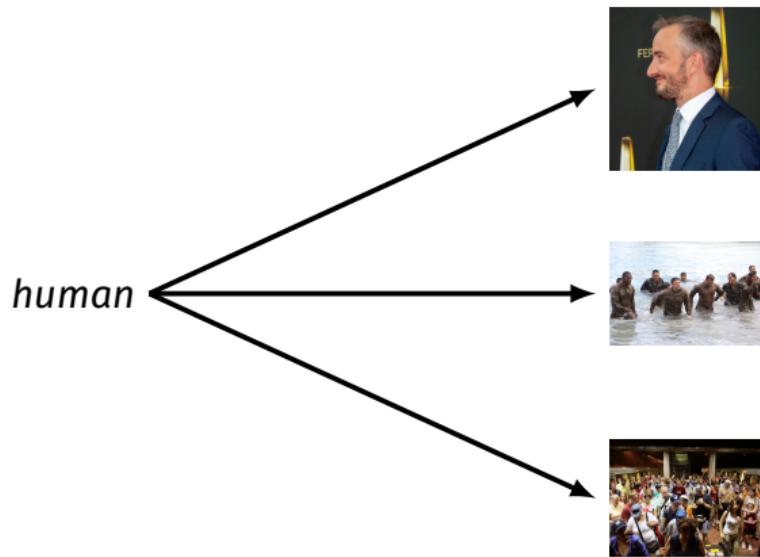


Ein normales **Nomen** → eine Menge von Objekten in der Welt

*soldier*



Ein (intersektives) **Adjektiv** oder ein **Verb** → eine Menge von Objekten in der Welt



Ein Satz → in erster Näherung ein Sachverhalt

*A humming bird  
is hovering over  
a red flower.*

Nein! falsche  
Art von Objekt



(als Individuum)

# Freges Prinzip | Das hier wollen wir formalisieren!

Bedeutung ist kompositional!

- *humming bird* → die **Menge** der Kolibri-Objekte
- *a* → **Existenzaussage** für ein Element aus einer Menge
- *a humming bird* → **Existenzaussage** für ein Element *x* aus der Menge der Kolibri-Objekte
- *is hovering* → die **Menge** der schwebenden Objekten
- *a humming bird is hovering* → das existierende Kolibri-Objekt *x* ist auch ein **Element der Menge** der schwebenden Objekte
- *a red flower* → **Existenzaussage** für ein Element *y* aus der **Schnittmenge** der roten Objekte und der Blumen-Objekte
- *over* → die **Relation** zwischen Objekten (s. nächste Woche), die sich übereinander befinden
- *A Humming is hovering over a red flower.* →  
Es gibt ein Objekt *x* aus der Schnittmenge der Kolibri- und der schwebenden Objekte, und es gibt ein Objekt *y* aus der Schnittmenge der roten und der Blumen-Objekte, und *x* befindet sich über *y*.

## Semantische Eigenschaften von Sätzen

# Implikation (Entailment)

Mengen von Aussagesätzen **implizieren** andere Sätze.

Sätze (Implikationen) lassen sich aus anderen Sätzen (Axiome) **beweisen**.

A *Jan Böhmermann ist ein Mensch.*

B *Jan Böhmermann ist leutselig.*

C *Jan Böhmermann ist ein leutseliger Mensch.*

$A, B \vdash C$  | A und B implizieren C. (C ist beweisbar aus A und B.)

$A \not\vdash C$  | A impliziert nicht C.

$B \not\vdash C$  | B impliziert nicht C.

$A \vdash A \wedge A$  | *Jan Böhmermann ist ein Mensch und Jan Böhmermann ist ein Mensch.*

D *Irgendetwas ist ein Mensch.*

$A \vdash D$

Wenn diese Kriterien zutreffen, impliziert A B:

- Wenn A wahr ist, ist B auch immer wahr.
- Eine Situation, die von B beschrieben wird, wird auch von A beschrieben.
- Die Information in B ist vollständig in der Information in A enthalten.
- Man kann unter keinen Umständen sagen: *A ist wahr, aber B ist nicht wahr.*

# Übung | Sind das Implikationen?

- Böhmermann ist Showmaster.  $\vdash$  Böhmermann ist menschlich.
- Böhmermann ist nicht sehr groß.  $\vdash$  Irgendjemand ist nicht sehr groß.
- Böhmermann ist nicht sehr groß.  $\vdash$  Irgendjemand ist sehr groß.
- Manche Menschen sind leutselig.  $\vdash$  Böhmermann ist leutselig.
- Ich habe das neue drip-133-Album gehört.  $\vdash$  drip-133 hat ein neues Album veröffentlicht.
- Nachdem ich einen Sherry getrunken habe, habe ich den Kondensator getauscht.  
 $\vdash$  Ich habe einen Sherry getrunken.
- Nachdem Linux nicht mehr startete, habe ich einen weiteren Sherry getrunken.  
 $\vdash$  Linux ist noch nie gestartet.
- Mein ehemaliger Mitbewohner mag Becks.  
 $\vdash$  Mein ehemaliger Mitbewohner könnte Sherry mögen.
- Böhmermann hat das heutige ZDF Magazin beendet.  
 $\vdash$  Das heutige ZDF Magazin wurde beendet.

Präsuppositionen sind schwächer als Implikationen.

- A *Willy Brandt ist der gegenwärtige Kanzler Deutschlands.*
  - B *Wenn Willy Brandt der gegenwärtige Kanzler Deutschlands ist,  
trägt er eine große Verantwortung.*
  - C *Willy Brandt ist nicht der gegenwärtige Kanzler Deutschlands.*
  - D *Willy Brandt lebt.*
  - E *Es gibt einen Kanzler Deutschlands.*
- A und B präsupponieren D. = D ist eine Voraussetzung  
für eine erfolgreiche Interpretation von A und B.
  - C präsupponiert nicht D.
  - A, B und C präsupponieren E.

Die Unterschiede zur Implikation sind relevant.

- Nicht nur Aussagesätzen haben Präspositionen (Modale, Konditionale, ...)
- Negierte Sätze haben oft gleiche Präspositionen wie nicht-negierte.
- Präspositionen können negiert werden, und der Ausgangssatz bleibt wahr.  
(Geht nicht mit Implikationen.)

F *Willy Brandt ist nicht Kanzler Deutschlands.*

G *Es gibt einen Kanzler Deutschlands.*

F präsponiert G, bleibt aber wahr, wenn G falsch ist.

Synonyme Ausdrücke haben **exakt** die gleiche Referenz.

- lexikalische Synonymie | *humming bird*  $\overset{\text{lex}}{\equiv}$  *colibri*

- kompositionale Synonymie

*Mulder traf seine entführte Schwester, nachdem er  
in die geheime Militärbasis eingebrochen war.*

$\equiv$  *Bevor er seine entführte Schwester traf,  
brach Mulder in die geheime Militärbasis ein.*

- $A \equiv B$  gdw  $A \vdash B$  und  $B \vdash A$  (gegenseitige Implikation)
- $gdw = \text{genau dann wenn}$  |  $iff = \text{if and only if}$

Referenz von Sätzen

Referentielle Semantik  $\neq$  *einfaches Zeigen auf Objekte durch Sprache.*

Zusätzliche Logik für Fälle wie diesen (und viele andere):

- *Die Lieblingsblume meines Kolibris ist rot.*
- *Eine Blume ist rot.*

# Sätze referieren aus Wahrheitswerte!

Um zu der gewünschten Logik zu kommen, zeigen wir jetzt,  
dass Sätze auf Wahrheitswerte referieren.

Wahrheitswerte sind nur *wahr* und *falsch*.

Die Verben *denotieren* und *referieren auf* sind hier synonym.

Warten Sie bitte ein paar Wochen, wenn Sie diese Darstellung reduktionistisch finden.

# Synonyme NPs

a *colibri*

b *humming bird*

$$a \stackrel{\text{lex}}{\equiv} b$$

c *a brunette lady*

d *a brown-haired dame*

$$c \equiv d$$

e *the primates*

f *the apes and humans*

$$e \equiv f$$

# Synonymie von Konstituenten und Sätzen

Synonymie von Konstituenten im Satzkontext → Satzsynonymie

A A *colibri* is hovering over a red flower.

B A *humming bird* is hovering over a red flower.

A ≡ B weil a ≡ b und Satzkontext identisch

[<sub>A</sub>a] ≡ [<sub>B</sub>b] wenn a ≡ b und [<sub>A</sub>\_] = [<sub>B</sub>\_]

C Lauren Bacall was a *brunette lady*.

D Lauren Bacall was a *brown-haired dame*.

C ≡ D weil c ≡ d und Satzkontext identisch

E *Primates* are intelligent.

F *The apes and humans* are intelligent.

E ≡ F weil e ≡ f und Satzkontext identisch

# Zwei Axiome

Referenz/Denotat eines Ausdrucks A als  $\llbracket A \rrbracket$   
 $\llbracket \cdot \rrbracket$  ist eine Funktion!

Erinnerung: Synonymität von Sätzen ist gegenseitige Implikation.

Ax1 Synonyme Ausdrücke (NPs, Verben, Sätze, ...) haben dieselbe Referenz.

Formal:  $A \equiv B \leftrightarrow \llbracket A \rrbracket = \llbracket B \rrbracket$

Ax2 Wenn wir in Ausdruck C einen Ausdruck A durch  
einen synonymen Ausdruck B ersetzen, behält C seine Referenz.

Formal:  $\llbracket A \rrbracket = \llbracket B \rrbracket \rightarrow \llbracket [c] A \rrbracket = \llbracket [c] B \rrbracket$

# Zwei wahre Sätze

Wahrheitswert von A und B | 1 bzw. *wahr* bzw. *true* oder T

- A *Lauren Bacall was a brunette lady.*
- B *My humming bird's favourite flower is red.*

Einsetzen von A und B in Satzkontext T bzw.  $[_T]$  (Aussage über Wahrheitswert)

T *The truth value of ‘\_’ is 1.*

$[_T A]$  *The truth value of ‘Lauren Bacall was a brunette lady.’ is 1.*

$[_T B]$  *The truth value of ‘My humming bird’s favourite flower is red.’ is 1.*

folgt  $A \equiv [_T A]$  und  $B \equiv [_T B]$

mit Ax1  $\llbracket A \rrbracket = \llbracket \llbracket _T A \rrbracket \rrbracket$  und  $\llbracket B \rrbracket = \llbracket \llbracket _T B \rrbracket \rrbracket$

Bitte bedenken: A und  $[_T A]$  haben auch intuitiv „denselben Inhalt“.

In  $[\tau A]$  und  $[\tau B]$  sind A und B jeweils in einer NP eingebettet.

- $\llbracket \text{the truth value of } A \rrbracket = \llbracket \text{the truth value of } B \rrbracket = 1$   
mit Ax2  $\llbracket [\tau A] \rrbracket = \llbracket [\tau B] \rrbracket$   
damit  $\llbracket A \rrbracket = \llbracket [\tau A] \rrbracket = \llbracket [\tau B] \rrbracket = \llbracket B \rrbracket = 1$
- Sätze referieren auf Wahrheitswerte.  
(Denn man kann das mit zwei beliebigen wahren Sätzen machen.)
- Achtung | Wahrheitswerte sind auch nur realweltliche Objekte.

Nicht so **sinnlos, schwachsinnig, inhaltsleer**, ... wie oft vermutet

- Referentielle Semantik
  - ▶ Analyse der Referenten verschiedener Typen von Ausdrücken
  - ▶ Komposition von Sätzen
  - ▶ deduktive Logik für Sätze
  - ▶ Benennen der Wahrheitsbedingungen (→ Modelltheorie)
- minimale Gemeinsamkeit **aller** Sätze
- gut formal berechenbar (Binarität)
- reichhaltigere Semantik später (basierend auf Wahrheitswerten)

## Reden in Fragmenten

## Konstruktive, schrittweise Annäherungen an sprachliche Modellierung

- Grammatikfragment | Ausschnitt einer Gesamtgrammatik
- erwünschte schrittweise Erweiterung von Fragmenten (vgl. HPSG)
- Konstruktion eines Semantik-Fragments
  - ▶ grammatische Kategorien und Referenzen von Wörtern
  - ▶ Grammatikmechanismen und zugehörige Bedeutungskonstruktion
  - ▶ Ergebnis | Semantik von Sätzen und Beitrag aller Konstituenten dazu
- T-Sätze
  - ▶ L eine Sprache, S ein Satz, v ein Sachverhalt, p eine Aussage über Wahrheitsbedingungen
  - ▶ S aus L ist wahr in v gdw p.

Die folgenden simplexen Ausdrücke sind Teil von  $F_1$ .  
Kein anderer simplexer Ausdruck ist Teil von  $F_1$ .

- 1  $N \rightarrow \text{Herr Webelhuth, Frau Klenk, the Turm-Mensa}$
- 2  $V_i \rightarrow \text{is relaxed, is creative, is stupid}$
- 3  $V_t \rightarrow \text{prefers}$
- 4  $\text{conj} \rightarrow \text{and, or}$
- 5  $\text{neg} \rightarrow \text{it is not the case that}$

Folgende Kompositionsregeln sind Teil von F<sub>1</sub>.  
Keine andere Kompositionssregel ist Teil von F<sub>1</sub>.

- 1 S → N VP
- 2 S → S conj S
- 3 S → neg S
- 4 VP → V<sub>i</sub>
- 5 VP → V<sub>t</sub> N

# Referenz simplexer Ausdrücke

- $\llbracket \text{Herr Webelhuth} \rrbracket = \text{Herr Webelhuth}$
- $\llbracket \text{Frau Klenk} \rrbracket = \text{Frau Klenk}$
- $\llbracket \text{the Turm-Mensa} \rrbracket = \text{the Turm-Mensa}$
- $\llbracket \text{is relaxed} \rrbracket = \{x : x \text{ is relaxed}\}$
- $\llbracket \text{is creative} \rrbracket = \{x : x \text{ is creative}\}$
- $\llbracket \text{is stupid} \rrbracket = \{x : x \text{ is stupid}\}$
- $\llbracket \text{prefers} \rrbracket = \{\langle x, y \rangle : x \text{ prefers } y\}$

# Referenz von Funktionswörtern

Funktionswörter referieren auf **Funktionen**.

- $\llbracket \text{neg} \rrbracket = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow 0 \\ 0 \rightarrow 1 \end{bmatrix}$
- $\llbracket \text{and} \rrbracket = \begin{bmatrix} \langle 1, 1 \rangle \rightarrow 1 \\ \langle 1, 0 \rangle \rightarrow 0 \\ \langle 0, 1 \rangle \rightarrow 0 \\ \langle 0, 0 \rangle \rightarrow 0 \end{bmatrix}$
- $\llbracket \text{or} \rrbracket = \begin{bmatrix} \langle 1, 1 \rangle \rightarrow 1 \\ \langle 1, 0 \rangle \rightarrow 1 \\ \langle 0, 1 \rangle \rightarrow 1 \\ \langle 0, 0 \rangle \rightarrow 0 \end{bmatrix}$

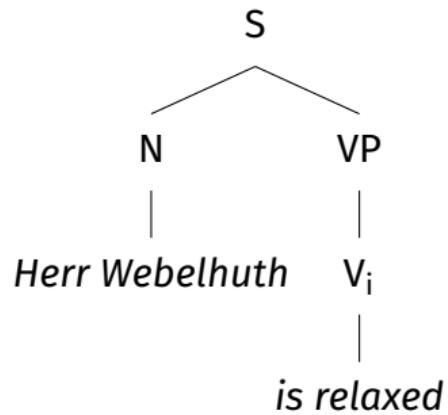
- $\llbracket [S N VP] \rrbracket = 1$  iff  $\llbracket N \rrbracket \in \llbracket VP \rrbracket$ , else 0
- $\llbracket [S S_1 \text{ conj } S_2] \rrbracket = \llbracket \text{conj} \rrbracket (\langle \llbracket S_1 \rrbracket, \llbracket S_2 \rrbracket \rangle)$
- $\llbracket [S \text{ neg } S] \rrbracket = \llbracket \text{neg} \rrbracket (\llbracket S \rrbracket)$
- $\llbracket [VP V_t N] \rrbracket = \{x: \langle x, \llbracket N \rrbracket \rangle \in \llbracket V_t \rrbracket\}$
- für einen nicht verzweigenden Knoten K und seine Tochter D:  $\llbracket [\kappa D] \rrbracket = \llbracket D \rrbracket$
- Das geht alles eleganter. Bitte etwas Geduld!

# Schritt 1 | Syntax parsen

Ist folgendes ein Satz aus  $F_1$ ? *Herr Webelhuth is relaxed.*

- $[_N \text{Herr Webelhuth}]$  mit Lexikonregel 1
- $[_{V_i} \text{is relaxed}]$  mit Lexikonregel 2
- $[_{VP} [_{V_i} \text{is relaxed}]]$  mit Syntaxregel 4
- $[_S [_N \text{Herr Webelhuth}] _{VP} [_{V_i} \text{is relaxed}]]$  mit Syntax 1

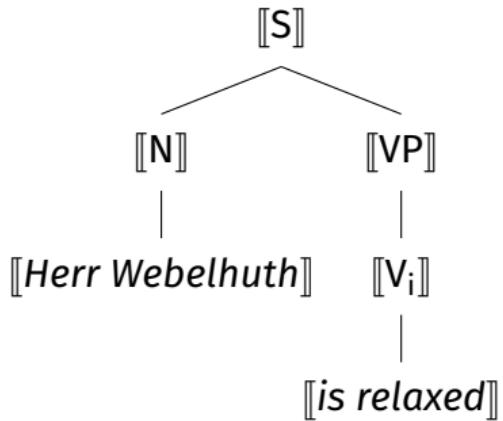
# Syntax als Baum



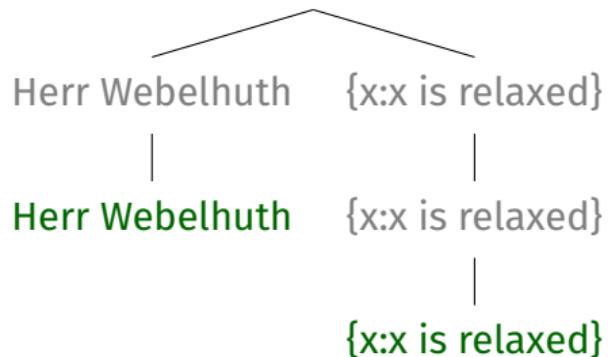
v (Sachverhalt) | Herr Webelhuth (das ontologische Objekt)  $\in \{x: x \text{ is relaxed}\}$

- für N:  $\llbracket \text{Herr Webelhuth} \rrbracket = \text{Herr Webelhuth}$  (das ontologische Objekt)
- für VP (und  $V_i$ ):  $\llbracket \text{is relaxed} \rrbracket = \{x: x \text{ is relaxed}\}$  (enthält Herrn Webelhuth)
- für S:  $\llbracket [S N VP] \rrbracket = 1$  iff  $\llbracket N \rrbracket \in \llbracket VP \rrbracket$ , else 0
- in v daher  $\llbracket [S \text{ Herr Webelhuth is relaxed.}] \rrbracket = 1$

# Semantik als Baum

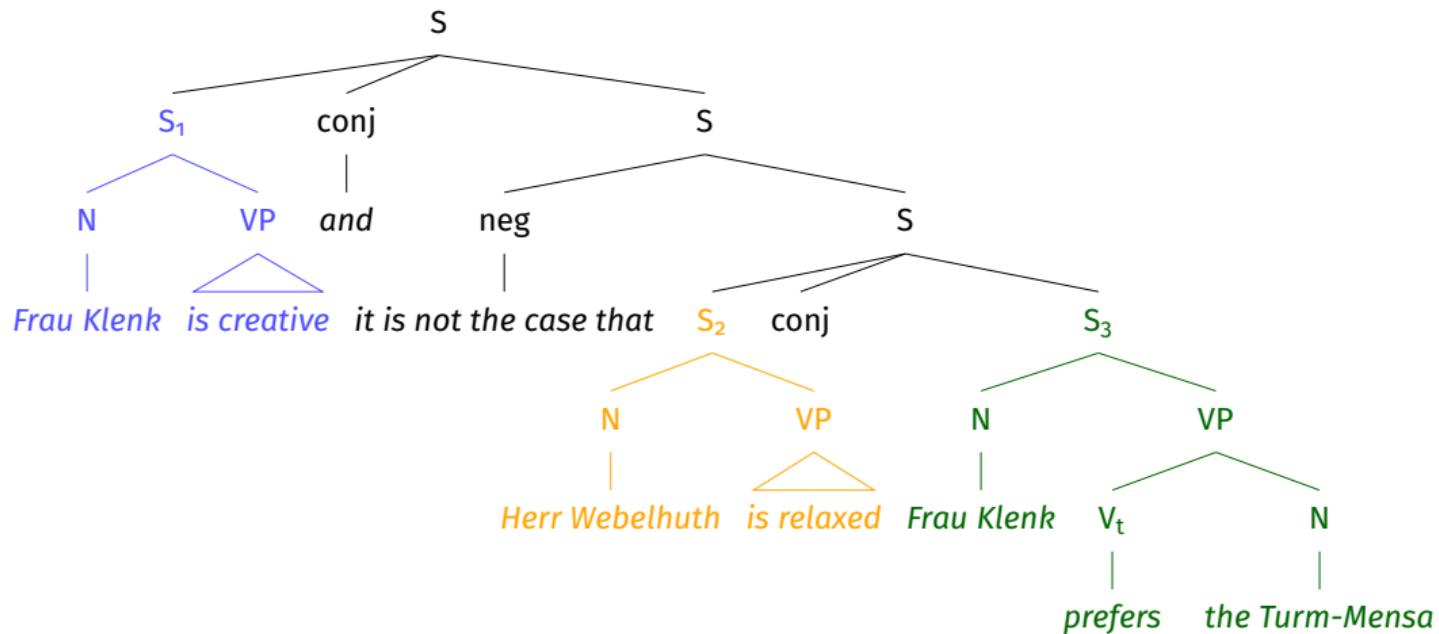


1 because Herr Webelhuth  $\in \{x : x \text{ is relaxed}\}$



# Komplexere Phrasenstrukturen

[ $S_1$ , *Frau Klenk is creative*] and it is not the case that [ $S_2$ , *Herr Webelhuth is relaxed*]  
and [ $S_3$ , *Frau Klenk prefers the Turm-Mensa*].

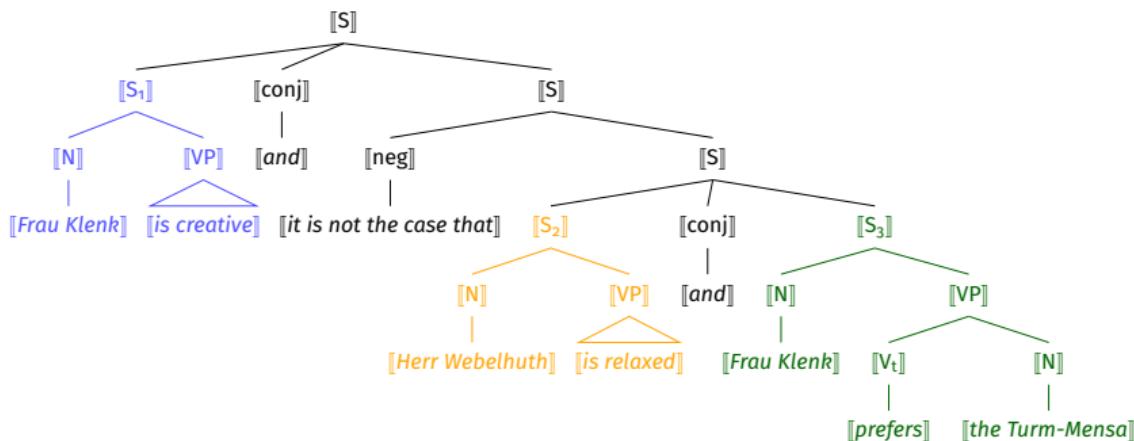


Die Situation/die Umstände v sind:

- Herr Webelhuth  $\in \{x : x \text{ is relaxed}\}$
- Frau Klenk  $\in \{x : x \text{ is creative}\}$
- $\langle \text{Frau Klenk}, \text{Turm-Mensa} \rangle \notin \{\langle x, y \rangle : x \text{ prefers } y\}$

# Die Interpretation komplexerer Phrasenstrukturen ist einfach!

- Herr Webelhuth  $\in \{x : x \text{ is relaxed}\}$
- Frau Klenk  $\in \{x : x \text{ is creative}\}$
- $\langle \text{Frau Klenk}, \text{Turm-Mensa} \rangle \notin \{\langle x, y \rangle : x \text{ prefers } y\}$



# Das war aber nicht alles

Der zuletzt analysierte Satz ist **strukturell ambig**, und  
und mit der strukturellen geht eine **semantische Ambiguität einher**.

**Hausaufgabe:** Analysieren Sie die Syntax und Semantik des Satzes  
in der anderen Lesart nur mit den Mitteln von F<sub>1</sub>.

# Zusatzaufgabe

Entwickeln Sie ein ähnliches Fragment D<sub>1</sub> für das Deutsche mit Lexikon, Syntax und Semantik das die folgenden Sätze generiert. Lexikon und Konstituentenstruktur können Sie frei wählen. Es hat einen guten Grund, dass wir Englisch als Objektsprache nehmen. Sie können für dieses Fragment des Deutschen Kasus entweder ignorieren, oder Sie probieren, Kasusunterschiede zu modellieren.

Lexikon von D<sub>1</sub>:

- Herr Müller ist Aktivist.
- Frau Klann ist intelligent.
- Frau Klann begrüßt Herrn Müller.
- Frau Klann hustet.
- Wolken sind zahlreich.

(Dieser Satz ist die Extra-Challenge. Bitte zuerst den Rest modellieren.)



## Kontakt

Prof. Dr. Roland Schäfer

Institut für Germanistische Sprachwissenschaft

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Fürstengraben 30

07743 Jena

<https://rolandschaefer.net>

[roland.schaefer@uni-jena.de](mailto:roland.schaefer@uni-jena.de)

## Creative Commons BY-SA-3.0-DE

Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ *Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland* zugänglich. Um eine Kopie dieser Lizenz einzusehen, konsultieren Sie

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/> oder wenden Sie sich brieflich an Creative Commons, Postfach 1866, Mountain View, California, 94042, USA.