

# Formale Semantik

## o6. Quantifikation und Modelltheorie

Roland Schäfer

Institut für Germanistische Sprachwissenschaft  
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Stets aktuelle Fassungen: <https://github.com/rsling/VL-Semantik>

- 1 Von Prädikatenlogik zu natürlicher Sprache
- 2 Modelltheorie
- 3 Quantifikation in natürlicher Sprache
- 4 Aufgaben

# Kernfragen in dieser Woche

Wie modelliert man natürliche Sprache als Prädikatenlogik?

Wie modelliert man natürliche Sprache als Prädikatenlogik?

Wozu braucht man **Quantorenbewegung (LF)** in GB-Ansätzen?

Wie modelliert man natürliche Sprache als Prädikatenlogik?

Wozu braucht man **Quantorenbewegung (LF)** in GB-Ansätzen?

Wie sieht eine ausbuchstabierte **Modelltheorie** aus?

Und wie werden Quantoren und Variablen modelltheoretisch interpretiert?

Wie modelliert man natürliche Sprache als Prädikatenlogik?

Wozu braucht man **Quantorenbewegung (LF)** in GB-Ansätzen?

Wie sieht eine ausbuchstabierte **Modelltheorie** aus?

Und wie werden Quantoren und Variablen modelltheoretisch interpretiert?

Text für heute: Chierchia & McConnell-Ginet (2000: Kapitel 3)

## Von Prädikatenlogik zu natürlicher Sprache





## Semantik von Fragment F1

## Semantik von Fragment F1

- Namen referieren auf **spezifische Individuen**

## Semantik von Fragment F1

- Namen referieren auf **spezifische Individuen**
- intransitive Verben referieren auf **Mengen von Individuen**

## Semantik von Fragment F1

- Namen referieren auf **spezifische Individuen**
- intransitive Verben referieren auf **Mengen von Individuen**
- mehrstellige Verben referieren auf Mengen von **Tupeln von Individuen**

## Semantik von Fragment F1

- Namen referieren auf **spezifische Individuen**
- intransitive Verben referieren auf **Mengen von Individuen**
- mehrstellige Verben referieren auf Mengen von **Tupeln von Individuen**
- Sätze referieren auf **Wahrheitswerte!**

## Semantik von Fragment F1

- Namen referieren auf **spezifische Individuen**
- intransitive Verben referieren auf **Mengen von Individuen**
- mehrstellige Verben referieren auf Mengen von **Tupeln von Individuen**
- Sätze referieren auf **Wahrheitswerte!**
- F2 | Integration von Erkenntnissen aus Prädikatenlogik





Wie situationsabhängige Namen

Wie situationsabhängige Namen

*This is red.*

Wie situationsabhängige Namen

*This is red.*

- Pronomen *this* | syntaktisch eine NP

## Wie situationsabhängige Namen

*This is red.*

- Pronomen *this* | syntaktisch eine NP
- ... und referiert auf **ein spezifisches Objekt** (wie Namen)  
keine Quantifikation bzw. Mengenreferenz

## Wie situationsabhängige Namen

*This is red.*

- Pronomen *this* | syntaktisch eine NP
- ... und referiert auf **ein spezifisches Objekt** (wie Namen)  
keine Quantifikation bzw. Mengenreferenz
- Aber **nur in gegebener Situation interpretierbar**  
Deixis, im Text auch Anaphorik

## Wie situationsabhängige Namen

*This is red.*

- Pronomen *this* | syntaktisch eine NP
- ... und referiert auf **ein spezifisches Objekt** (wie Namen)  
keine Quantifikation bzw. Mengenreferenz
- Aber **nur in gegebener Situation interpretierbar**  
Deixis, im Text auch Anaphorik
- Kein Äquivalent in klassischer Logik



## Ähnlichkeit von Variablen und Pronominalausdrücken



## Ähnlichkeit von Variablen und Pronominalausdrücken

- Rumpf einer quantifizierten Wff | Wff  $P(x)$  aus Wff  $(\forall x)Px$

## Ähnlichkeit von Variablen und Pronominalausdrücken

- Rumpf einer quantifizierten Wff | Wff  $P(x)$  aus Wff  $(\forall x)Px$
- Ungebundenes  $x$  in  $P(x)$  **ähnlich wie Pronominalbedeutung**

Externe Interpretationsvorschrift erforderlich

## Ähnlichkeit von Variablen und Pronominalausdrücken

- Rumpf einer quantifizierten Wff | Wff  $P(x)$  aus Wff  $(\forall x)Px$
- Ungebundenes  $x$  in  $P(x)$  **ähnlich wie Pronominalbedeutung**

Externe Interpretationsvorschrift erforderlich

- Quantoren | Auswertungsalgorithmus

Für alle möglichen belegungen von  $x$ ,  $P(x)$

## Ähnlichkeit von Variablen und Pronominalausdrücken

- Rumpf einer quantifizierten Wff | Wff  $P(x)$  aus Wff  $(\forall x)Px$
- Ungebundenes  $x$  in  $P(x)$  **ähnlich wie Pronominalbedeutung**

Externe Interpretationsvorschrift erforderlich

- Quantoren | Auswertungsalgorithmus
- Pronomina | Kontextuelle Auswertung

Belegung für  $x$  im gegebenen Kontext



Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var} \mid \text{Individuenausdrücke}$

Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var} \mid$  Individuenausdrücke

$\text{conn} \rightarrow \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow \mid$  Funktoren



Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var} \mid$  Individuenausdrücke

$\text{conn} \rightarrow \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow \mid$  Funktoren

$\text{neg} \rightarrow \neg \mid$  Negation

## Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var} \mid$  Individuenausdrücke

$\text{conn} \rightarrow \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow \mid$  Funktoren

$\text{neg} \rightarrow \neg \mid$  Negation

$Q \rightarrow \exists, \forall \mid$  nur zwei Quantoren

## Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var} \mid$  Individuenausdrücke

$\text{conn} \rightarrow \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow \mid$  Funktoren

$\text{neg} \rightarrow \neg \mid$  Negation

$Q \rightarrow \exists, \forall \mid$  nur zwei Quantoren

$\text{pred}^1 \rightarrow P, Q \mid$  einstellige Prädikate

## Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var} \mid$  Individuenausdrücke

$\text{conn} \rightarrow \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow \mid$  Funktoren

$\text{neg} \rightarrow \neg \mid$  Negation

$Q \rightarrow \exists, \forall \mid$  nur zwei Quantoren

$\text{pred}^1 \rightarrow P, Q \mid$  einstellige Prädikate

$\text{pred}^2 \rightarrow R \mid$  zweistellige Prädikate

## Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var} \mid$  Individuenausdrücke

$\text{conn} \rightarrow \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow \mid$  Funktoren

$\text{neg} \rightarrow \neg \mid$  Negation

$Q \rightarrow \exists, \forall \mid$  nur zwei Quantoren

$\text{pred}^1 \rightarrow P, Q \mid$  einstellige Prädikate

$\text{pred}^2 \rightarrow R \mid$  zweistellige Prädikate

$\text{pred}^3 \rightarrow S \mid$  dreistellige Prädikate

## Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var} \mid$  Individuenausdrücke

$\text{conn} \rightarrow \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow \mid$  Funktoren

$\text{neg} \rightarrow \neg \mid$  Negation

$Q \rightarrow \exists, \forall \mid$  nur zwei Quantoren

$\text{pred}^1 \rightarrow P, Q \mid$  einstellige Prädikate

$\text{pred}^2 \rightarrow R \mid$  zweistellige Prädikate

$\text{pred}^3 \rightarrow S \mid$  dreistellige Prädikate

$\text{const} \rightarrow b, c \mid$  nur zwei Individuenkonstanten

## Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var}$  | Individuenausdrücke

$\text{conn} \rightarrow \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow$  | Funktoren

$\text{neg} \rightarrow \neg$  | Negation

$Q \rightarrow \exists, \forall$  | nur zwei Quantoren

$\text{pred}^1 \rightarrow P, Q$  | einstellige Prädikate

$\text{pred}^2 \rightarrow R$  | zweistellige Prädikate

$\text{pred}^3 \rightarrow S$  | dreistellige Prädikate

$\text{const} \rightarrow b, c$  | nur zwei Individuenkonstanten

$\text{var} \rightarrow x_1, x_2, \dots, x_n$  | beliebig viele Variablen

## Als Vorüberlegung | Prädikatenlogik als Phrasenstrukturgrammatik

$a \rightarrow \text{const}, \text{var}$  | Individuenausdrücke

$\text{conn} \rightarrow \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow$  | Funktoren

$\text{neg} \rightarrow \neg$  | Negation

$Q \rightarrow \exists, \forall$  | nur zwei Quantoren

$\text{pred}^1 \rightarrow P, Q$  | einstellige Prädikate

$\text{pred}^2 \rightarrow R$  | zweistellige Prädikate

$\text{pred}^3 \rightarrow S$  | dreistellige Prädikate

$\text{const} \rightarrow b, c$  | nur zwei Individuenkonstanten

$\text{var} \rightarrow x_1, x_2, \dots, x_n$  | beliebig viele Variablen

- Die Formalisierung ist äquivalent zur mengenbasierten von letzter Woche!





Wir nehmen eine **Prädikatsnotation ohne Klammern** |  $Px$  statt  $P(x)$  usw.

Wir nehmen eine **Prädikatsnotation ohne Klammern** |  $Px$  statt  $P(x)$  usw.

- $wff \rightarrow pred^1 a_1 \dots a_n$  |  $n$ -stellige Prädikate und ihre Argumente

Wir nehmen eine **Prädikatsnotation ohne Klammern** |  $Px$  statt  $P(x)$  usw.

- $wff \rightarrow pred^1 a_1 \dots a_n$  | n-stellige Prädikate und ihre Argumente
- $wff \rightarrow neg\ wff$  | Applikation von Negation auf Wffs

Wir nehmen eine **Prädikatsnotation ohne Klammern** |  $Px$  statt  $P(x)$  usw.

- $wff \rightarrow pred^1 a_1 \dots a_n$  | n-stellige Prädikate und ihre Argumente
- $wff \rightarrow neg\ wff$  | Applikation von Negation auf Wffs
- $wff \rightarrow wff\ conn\ wff$  | Applikation von anderen Funktoren auf Wffs

Wir nehmen eine **Prädikatsnotation ohne Klammern** |  $Px$  statt  $P(x)$  usw.

- $wff \rightarrow pred^1 a_1 \dots a_n$  |  $n$ -stellige Prädikate und ihre Argumente
- $wff \rightarrow neg\ wff$  | Applikation von Negation auf Wffs
- $wff \rightarrow wff\ conn\ wff$  | Applikation von anderen Funktoren auf Wffs
- $wff \rightarrow Q\ var\ wff$  | Quantifikation

# Eine Wff ohne Quantoren

Zum Beispiel: *Ben (b) paddelt (P) und ( $\wedge$ ) Ben rudert (R) nicht ( $\neg$ ) mit Chris (c).*

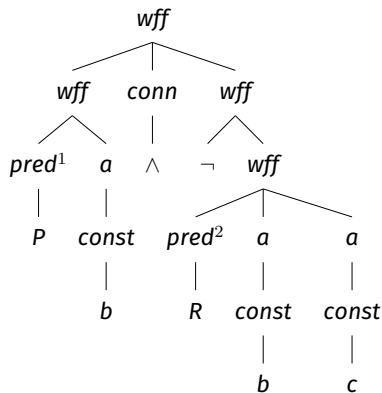
In PL:  $Pb \wedge \neg Rbc$



# Eine Wff ohne Quantoren

Zum Beispiel: *Ben (b) paddelt (P) und ( $\wedge$ ) Ben rudert (R) nicht ( $\neg$ ) mit Chris (c).*

In PL:  $Pb \wedge \neg Rbc$





# Eine Wff mit Quantoren

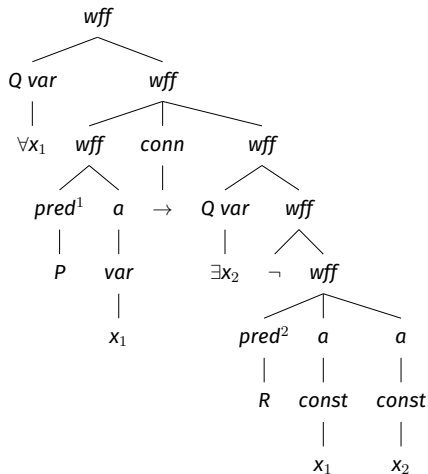
Zum Beispiel: *Als Paddler hat man immer jemanden, mit dem man nicht rudert.*

In PL:  $\forall x_1 [Px_1 \rightarrow \exists x_2 \neg Px_1x_2]$

# Eine Wff mit Quantoren

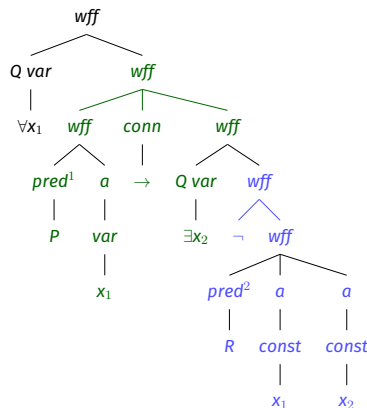
Zum Beispiel: *Als Paddler hat man immer jemanden, mit dem man nicht rudert.*

In PL:  $\forall x_1 [Px_1 \rightarrow \exists x_2 \neg Px_1 x_2]$



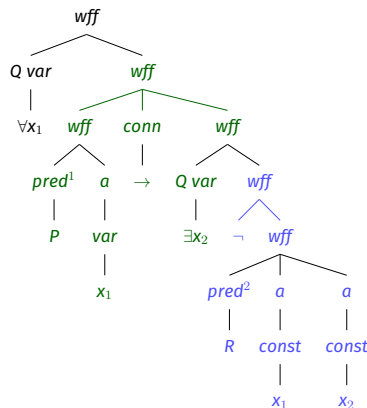
## Skopus in konfiguraler Logik-Syntax: c-Kommando

Variablen als **gebunden vom nächsten c-kommandierenden koindizierten Quantor**



## Skopus in konfiguraler Logik-Syntax: c-Kommando

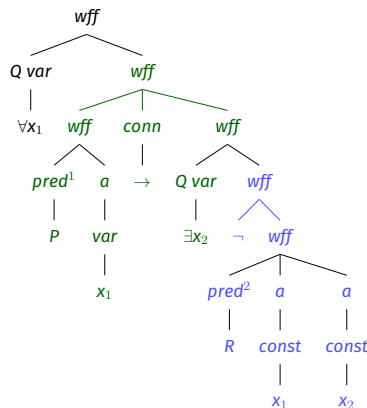
Variablen als **gebunden vom nächsten c-kommandierenden koindizierten Quantor**



Skopus/c-Kommando-Domäne von  $\exists x_2$

## Skopus in konfiguraler Logik-Syntax: c-Kommando

Variablen als **gebunden vom nächsten c-kommandierenden koindizierten Quantor**



Skopus/c-Kommando-Domäne von  $\exists x_2$  | Skopus/c-Kommando-Domäne von  $\forall x_1$  (zgl. derer von  $\exists x_2$ )

# Modelltheorie





Ziel (zur Erinnerung) | T-Sätze der Form *S aus L ist wahr in v gdw ...*

Ziel (zur Erinnerung) | T-Sätze der Form *S aus L ist wahr in v gdw ...*

- Modell  $\mathcal{M}$  | zugängliches Diskursuniversum (bzw. dessen Beschreibung)

Ziel (zur Erinnerung) | T-Sätze der Form *S aus L ist wahr in v gdw ...*

- Modell  $\mathcal{M}$  | zugängliches Diskursuniversum (bzw. dessen Beschreibung)
- Menge  $D_n$  | Zugängliche Individuen (*domain*) in  $\mathcal{M}_n$

Ziel (zur Erinnerung) | T-Sätze der Form *S aus L ist wahr in v gdw ...*

- Modell  $\mathcal{M}$  | zugängliches Diskursuniversum (bzw. dessen Beschreibung)
- Menge  $D_n$  | Zugängliche Individuen (*domain*) in  $\mathcal{M}_n$
- Funktion  $V_n$  | Valuation – Zuweisung von

Ziel (zur Erinnerung) | T-Sätze der Form *S aus L ist wahr in v gdw ...*

- **Modell  $\mathcal{M}$**  | zugängliches Diskursuniversum (bzw. dessen Beschreibung)
- **Menge  $D_n$**  | Zugängliche Individuen (*domain*) in  $\mathcal{M}_n$
- **Funktion  $V_n$**  | Valuation – Zuweisung von
  - ▶ Namen zu Individuen in  $\mathcal{M}_n$

Ziel (zur Erinnerung) | T-Sätze der Form *S aus L ist wahr in v gdw ...*

- **Modell  $\mathcal{M}$**  | zugängliches Diskursuniversum (bzw. dessen Beschreibung)
- **Menge  $D_n$**  | Zugängliche Individuen (*domain*) in  $\mathcal{M}_n$
- **Funktion  $V_n$**  | Valuation – Zuweisung von
  - ▶ Namen zu Individuen in  $\mathcal{M}_n$
  - ▶ Predikaten zu Tupeln von Individuen

Ziel (zur Erinnerung) | T-Sätze der Form *S aus L ist wahr in v gdw ...*

- **Modell  $\mathcal{M}$**  | zugängliches Diskursuniversum (bzw. dessen Beschreibung)
- **Menge  $D_n$**  | Zugängliche Individuen (*domain*) in  $\mathcal{M}_n$
- **Funktion  $V_n$**  | Valuation – Zuweisung von
  - ▶ Namen zu Individuen in  $\mathcal{M}_n$
  - ▶ Predikaten zu Tupeln von Individuen
- $\mathcal{M}_n = \langle D_n, V_n \rangle$



Ziel (zur Erinnerung) | T-Sätze der Form *S aus L ist wahr in v gdw ...*

- **Modell  $\mathcal{M}$**  | zugängliches Diskursuniversum (bzw. dessen Beschreibung)
- **Menge  $D_n$**  | Zugängliche Individuen (*domain*) in  $\mathcal{M}_n$
- **Funktion  $V_n$**  | Valuation – Zuweisung von
  - ▶ Namen zu Individuen in  $\mathcal{M}_n$
  - ▶ Predikaten zu Tupeln von Individuen
- $\mathcal{M}_n = \langle D_n, V_n \rangle$
- **Funktion  $g_n$**  | Zuweisung von Variablen zu Individuen in  $\mathcal{M}_n$

Ziel (zur Erinnerung) | T-Sätze der Form *S aus L ist wahr in v gdw ...*

- **Modell  $\mathcal{M}$**  | zugängliches Diskursuniversum (bzw. dessen Beschreibung)
- **Menge  $D_n$**  | Zugängliche Individuen (*domain*) in  $\mathcal{M}_n$
- **Funktion  $V_n$**  | Valuation – Zuweisung von
  - ▶ Namen zu Individuen in  $\mathcal{M}_n$
  - ▶ Predikaten zu Tupeln von Individuen
- $\mathcal{M}_n = \langle D_n, V_n \rangle$
- **Funktion  $g_n$**  | Zuweisung von Variablen zu Individuen in  $\mathcal{M}_n$
- **Allgemeine Evaluation in  $\mathcal{M}_n$**  |  $\llbracket \alpha \rrbracket^{\mathcal{M}_n, g_n}$   
Lies: *Die Extension von Ausdruck  $\alpha$  relativ zu  $\mathcal{M}_n$  und  $g_n$*

# Unterschied zwischen $V_n$ und $g_n$

Feste und variable Denotation

## Feste und variable Denotation

- $V_n$  evaluiert **statisch** im Modell.

Wenn das Modell einmal feststeht, evaluiert  $V_n$  jede Konstante stets gleich.

## Feste und variable Denotation

- $V_n$  evaluiert **statisch** im Modell.

Wenn das Modell einmal feststeht, evaluiert  $V_n$  jede Konstante stets gleich.

- Variablen (gebunden durch Quantoren) werden **volatil interpretiert**.

## Feste und variable Denotation

- $V_n$  evaluiert **statisch** im Modell.  
Wenn das Modell einmal feststeht, evaluiert  $V_n$  jede Konstante stets gleich.
- Variablen (gebunden durch Quantoren) werden **volatil interpretiert**.
- **Iteration** durch Universum  $D_n$  durch  $g_n$

## Feste und variable Denotation

- $V_n$  evaluiert **statisch** im Modell.

Wenn das Modell einmal feststeht, evaluiert  $V_n$  jede Konstante stets gleich.

- Variablen (gebunden durch Quantoren) werden **volatil interpretiert**.
- **Iteration** durch Universum  $D_n$  durch  $g_n$
- Eine Modifikation der Belegung pro Iteration



## Feste und variable Denotation

- $V_n$  evaluiert **statisch** im Modell.

Wenn das Modell einmal feststeht, evaluiert  $V_n$  jede Konstante stets gleich.

- Variablen (gebunden durch Quantoren) werden **volatil interpretiert**.
- **Iteration** durch Universum  $D_n$  durch  $g_n$
- Eine Modifikation der Belegung pro Iteration
  - ▶ Modifizierte *assignment function*  $g_n[d_i/x_m]$   
Lies: *relativ zu  $g_n$ , wobei die Referenz von Variable  $x_m$  auf Individuum  $d_i$  gesetzt wird*



$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(P) = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Prädikat } P \text{ (z. B. ist ein physikalisches Objekt) in } \mathcal{M}_1$

# Evaluation von Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(P) = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Prädikat } P \text{ (z. B. ist ein physikalisches Objekt) in } \mathcal{M}_1$

Evaluiere  $\llbracket \forall x_1 P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

# Evaluation von Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid$  Individuen in  $\mathcal{M}_1$

$V_1(P) = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid$  Prädikat  $P$  (z. B. *ist ein physikalisches Objekt*) in  $\mathcal{M}_1$

Evaluieren  $\llbracket \forall x_1 P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Herr Webelhuth}$

$$g_1 = \begin{bmatrix} x_1 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{bmatrix}$$

$$\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 1$$

# Evaluation von Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Weibelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\}$  | Individuen in  $\mathcal{M}_1$

$V_1(P) = \{\text{Herr Weibelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\}$  | Prädikat  $P$  (z. B. *ist ein physikalisches Objekt*) in  $\mathcal{M}_1$

Evaluieren  $\llbracket \forall x_1 P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Herr Weibelhuth}$

$$g_1 = \begin{bmatrix} x_1 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \end{bmatrix}$$

$$\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 1$$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Klenk}/x_1]} = \text{Frau Klenk}$

$$g_1 = \begin{bmatrix} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \end{bmatrix}$$

$$\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Klenk}/x_1]} = 1$$

# Evaluation von Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Weibelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(P) = \{\text{Herr Weibelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Prädikat } P \text{ (z. B. ist ein physikalisches Objekt) in } \mathcal{M}_1$

Evaluire  $\llbracket \forall x_1 P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Herr Weibelhuth}$

$$g_1 = \begin{bmatrix} x_1 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \end{bmatrix}$$

$$\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 1$$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Klenk}/x_1]} = \text{Frau Klenk}$

$$g_1 = \begin{bmatrix} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \end{bmatrix}$$

$$\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Klenk}/x_1]} = 1$$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$

$$g_1 = \begin{bmatrix} x_1 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \end{bmatrix}$$

$$\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Mensa}/x_1]} = 1$$



# Evaluation von Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Weibelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(P) = \{\text{Herr Weibelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Prädikat } P \text{ (z. B. ist ein physikalisches Objekt) in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 1$  weil keiner Belegung  $\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Herr Weibelhuth}$

$$g_1 = \begin{bmatrix} x_1 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \end{bmatrix}$$

$$\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 1$$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Klenk}/x_1]} = \text{Frau Klenk}$

$$g_1 = \begin{bmatrix} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \end{bmatrix}$$

$$\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Klenk}/x_1]} = 1$$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$

$$g_1 = \begin{bmatrix} x_1 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Weibelhuth} \end{bmatrix}$$

$$\llbracket P x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Mensa}/x_1]} = 1$$



$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluiere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluiere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Q x_1 x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Q x_1 x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$ 
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$



# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$

▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$

▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1[\text{Klenk}/x_2]} = 0$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Klenk/x_2]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_2]} = 1$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$ 
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Klenk/x_2]} = 0$
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_2]} = 1$
- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$ 
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Klenk/x_2]} = 0$
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_2]} = 1$
- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$ 
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1]} = 0$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_2 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$ 
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Klenk/x_2]} = 0$
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_2]} = 1$
- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$ 
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1]} = 0$
  - ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1, Klenk/x_2]} = 0$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_2 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$

▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$

▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Klenk/x_2]} = 0$

▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_2]} = 1$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$

▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1]} = 0$

▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1, Klenk/x_2]} = 0$

▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm-Mensa/x_1, Webelhuth/x_2]} = 0$

Abbruch!

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluire  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Klenk/x_2]} = 0$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_2]} = 1$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm - Mensa/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm - Mensa/x_1]} = 0$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm - Mensa/x_1, Klenk/x_2]} = 0$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm - Mensa/x_1, Webelhuth/x_2]} = 0$

Abbruch!

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_1]} = \text{Herr Webelhuth}$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Klenk/x_2]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_2]} = 1$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm - Mensa/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm - Mensa/x_1]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm - Mensa/x_1, Klenk/x_2]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Turm - Mensa/x_1, Webelhuth/x_2]} = 0$

Abbruch!

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_1]} = \text{Herr Webelhuth}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [Webelhuth/x_1]} = 1$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \\ x_2 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$



# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluire  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Klenk}/x_2]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_2]} = 1$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1, \text{Klenk}/x_2]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1, \text{Webelhuth}/x_2]} = 0$

Abbruch!

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1]} = \text{Herr Webelhuth}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1]} = 1$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1, \text{Klenk}/x_2]} = 1$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \\ x_2 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluire  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1}$

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Klenk}/x_2]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_2]} = 1$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1, \text{Klenk}/x_2]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1, \text{Webelhuth}/x_2]} = 0$

Abbruch!

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1]} = \text{Herr Webelhuth}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1]} = 1$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1, \text{Klenk}/x_2]} = 1$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1, \text{Webelhuth}/x_2]} = 0$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \\ x_2 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

# Evaluation mit zwei Variablen

$D_1 = \{\text{Herr Webelhuth}, \text{Frau Klenk}, \text{Turm} - \text{Mensa}\} \mid \text{Individuen in } \mathcal{M}_1$

$V_1(Q) = \{\langle \text{Webelhuth}, \text{Klenk} \rangle, \langle \text{Webelhuth}, \text{Mensa} \rangle, \langle \text{Klenk}, \text{Webelhuth} \rangle\} \mid \text{Prädikat } Q \text{ (z. B. } x \text{ besucht } y) \text{ in } \mathcal{M}_1$

Evaluere  $\llbracket \forall x_1 \exists x_2 Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$  weil nicht für jede Belegung von  $x_1$  mindestens einmal 1

- Initiale Belegung  $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = \text{Frau Klenk}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Klenk}/x_2]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_2]} = 1$

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1]} = \text{Turm} - \text{Mensa}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1, \text{Klenk}/x_2]} = 0$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Turm} - \text{Mensa}/x_1, \text{Webelhuth}/x_2]} = 0$

Abbruch!

- $\llbracket x_1 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1]} = \text{Herr Webelhuth}$

- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1]} = 1$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1, \text{Klenk}/x_2]} = 1$
- ▶  $\llbracket Qx_1x_2 \rrbracket^{\mathcal{M}_1, g_1 [\text{Webelhuth}/x_1, \text{Webelhuth}/x_2]} = 0$

$$g_1 = \left[ \begin{array}{l} x_1 \rightarrow \text{Frau Klenk} \\ x_2 \rightarrow \text{Turm} - \text{Mensa} \\ x_3 \rightarrow \text{Herr Webelhuth} \end{array} \right]$$

## Quantifikation in natürlicher Sprache



Wie quantifiziert *meist*?

Wie quantifiziert *meist*?

- Kleineres Problem |  $\exists$  sowohl *mindestens ein* als auch *einige*

Wie quantifiziert *meist*?

- Kleineres Problem |  $\exists$  sowohl *mindestens ein* als auch *einige*
- Grundsätzliches Problem | *meist* (und andere)



Wie quantifiziert *meist*?

- Kleineres Problem |  $\exists$  sowohl *mindestens ein* als auch *einige*
- Grundsätzliches Problem | *meist* (und andere)  
*Die meisten Patienten sind zufrieden.*

Wie quantifiziert *meist*?

- Kleineres Problem |  $\exists$  sowohl *mindestens ein* als auch *einige*
- Grundsätzliches Problem | *meist* (und andere)

*Die meisten Patienten sind zufrieden.*

- ▶ Hypothetischer Quantor  $W$  |  $WxPx \rightarrow Zx$

Für die meisten Objekte gilt, dass sie zufrieden sind, wenn sie Patienten sind.

Wie quantifiziert *meist*?

- Kleineres Problem |  $\exists$  sowohl *mindestens ein* als auch *einige*
- Grundsätzliches Problem | *meist* (und andere)

*Die meisten Patienten sind zufrieden.*

- ▶ Hypothetischer Quantor  $W$  |  $WxPx \rightarrow Zx$

Für die meisten Objekte gilt, dass sie zufrieden sind, wenn sie Patienten sind.

- ▶ **Falsche Interpretation** | Domäne =  $\llbracket P \rrbracket^{\mathcal{M}_1} \{x : x \text{ ist Patient}\}$ , nicht  $D_1$

Wie quantifiziert *meist*?

- Kleineres Problem |  $\exists$  sowohl *mindestens ein* als auch *einige*
- Grundsätzliches Problem | *meist* (und andere)
  - Die meisten Patienten sind zufrieden.*
  - ▶ Hypothetischer Quantor  $W$  |  $WxPx \rightarrow Zx$   
Für die meisten Objekte gilt, dass sie zufrieden sind, wenn sie Patienten sind.
  - ▶ **Falsche Interpretation** | Domäne =  $\llbracket P \rrbracket^{\mathcal{M}_1} \{x : x \text{ ist Patient}\}$ , nicht  $D_1$
- Korrekte Lösung | **Generalisierte Quantoren** (am Ende des Seminars)



In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat

In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **pränex Normalform** (PNF), Quantor in situ



In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **pränexe Normalform** (PNF), Quantor in situ
- Außerdem **Ambiguität = mehrere Lesarten**

In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **pränexe Normalform** (PNF), Quantor in situ
- Außerdem **Ambiguität = mehrere Lesarten**
  - ▶ *Everybody loves somebody.* (ELS)

In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **pränexe Normalform** (PNF), Quantor in situ
- Außerdem **Ambiguität = mehrere Lesarten**
  - ▶ *Everybody loves somebody.* (ELS)
  - ▶  $\forall x_1 \exists x_2 Lx_1 x_2$

In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **pränexe Normalform** (PNF), Quantor in situ
- Außerdem **Ambiguität = mehrere Lesarten**
  - ▶ *Everybody loves somebody.* (ELS)
  - ▶  $\forall x_1 \exists x_2 Lx_1 x_2$
  - ▶  $\exists x_2 \forall x_1 Lx_1 x_2$

In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **pränexe Normalform** (PNF), Quantor in situ
- Außerdem **Ambiguität = mehrere Lesarten**
  - ▶ *Everybody loves somebody.* (ELS)
  - ▶  $\forall x_1 \exists x_2 Lx_1 x_2$
  - ▶  $\exists x_2 \forall x_1 Lx_1 x_2$
- Für eine strukturelle Modellierung (c-Kommando) | **LF-Bewegung**

In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **pränexe Normalform** (PNF), Quantor in situ
- Außerdem **Ambiguität = mehrere Lesarten**
  - ▶ *Everybody loves somebody. (ELS)*
  - ▶  $\forall x_1 \exists x_2 Lx_1 x_2$
  - ▶  $\exists x_2 \forall x_1 Lx_1 x_2$
- Für eine strukturelle Modellierung (c-Kommando) | **LF-Bewegung**
- Beispiele für andere Lösungen, mehr in Montagues lf-Tradition

In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **präfixe Normalform** (PNF), Quantor in situ
- Außerdem **Ambiguität = mehrere Lesarten**
  - ▶ *Everybody loves somebody.* (ELS)
  - ▶  $\forall x_1 \exists x_2 Lx_1 x_2$
  - ▶  $\exists x_2 \forall x_1 Lx_1 x_2$
- Für eine strukturelle Modellierung (c-Kommando) | **LF-Bewegung**
- Beispiele für andere Lösungen, mehr in Montagues lf-Tradition
  - ▶ **Cooper Storage** (implementiert in HPSG)

In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **präfixe Normalform** (PNF), Quantor in situ
- Außerdem **Ambiguität = mehrere Lesarten**
  - ▶ *Everybody loves somebody.* (ELS)
  - ▶  $\forall x_1 \exists x_2 Lx_1 x_2$
  - ▶  $\exists x_2 \forall x_1 Lx_1 x_2$
- Für eine strukturelle Modellierung (c-Kommando) | **LF-Bewegung**
- Beispiele für andere Lösungen, mehr in Montagues lf-Tradition
  - ▶ **Cooper Storage** (implementiert in HPSG)
  - ▶ **Unterspezifikation** (implementiert in HPSG; kognitiv recht plausibel)



In PL ist Skopus klar geregelt, in natürlicher Sprache nicht.

- c-Kommando für Skopus nicht adäquat
- Natürliche Sprache ohne **präfixe Normalform** (PNF), Quantor in situ
- Außerdem **Ambiguität = mehrere Lesarten**
  - ▶ *Everybody loves somebody.* (ELS)
  - ▶  $\forall x_1 \exists x_2 Lx_1 x_2$
  - ▶  $\exists x_2 \forall x_1 Lx_1 x_2$
- Für eine strukturelle Modellierung (c-Kommando) | **LF-Bewegung**
- Beispiele für andere Lösungen, mehr in Montagues lf-Tradition
  - ▶ **Cooper Storage** (implementiert in HPSG)
  - ▶ **Unterspezifikation** (implementiert in HPSG; kognitiv recht plausibel)
  - ▶ **Hypothetische Beweise** (implementiert in Kategorialgrammatik)



Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

$$[_S X NP Y] \implies [_{S'} NP_i [_S X t_i Y]]$$

Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

$$[_S X NP Y] \implies [_{S'} NP_i [_S X t_i Y]]$$

- Phrasenstruktur als Input und Output (= Skopus in Syntax, LF als Syntax)

Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

$$[_S X NP Y] \implies [_{S'} NP_i [_S X t_i Y]]$$

- Phrasenstruktur als Input und Output (= Skopus in Syntax, LF als Syntax)
- Koindizierung und Linksadjunktion an S beide Teil einer Regel

Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

$$[_S X NP Y] \implies [_{S'} NP_i [_S X t_i Y]]$$

- Phrasenstruktur als Input und Output (= Skopus in Syntax, LF als Syntax)
- Koindizierung und Linksadjunktion an S beide Teil einer Regel
- Kein wesentlicher Unterschied, falls CP oder IP statt S

Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

$$[_S X NP Y] \implies [_{S'} NP_i [_S X t_i Y]]$$

- Phrasenstruktur als Input und Output (= Skopus in Syntax, LF als Syntax)
- Koindizierung und Linksadjunktion an S beide Teil einer Regel
- Kein wesentlicher Unterschied, falls CP oder IP statt S
- Außerdem |  $Det \rightarrow every, some$  and  $NP \rightarrow Det N^{count}$



Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

$$[_S X NP Y] \implies [_{S'} NP_i [_S X t_i Y]]$$

- Phrasenstruktur als Input und Output (= Skopus in Syntax, LF als Syntax)
- Koindizierung und Linksadjunktion an S beide Teil einer Regel
- Kein wesentlicher Unterschied, falls CP oder IP statt S
- Außerdem |  $Det \rightarrow every, some$  and  $NP \rightarrow Det N^{count}$
- Syntax-Problem | Völlig unnötig eine **kontextsensitive Regel**

Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

$$[_S X NP Y] \implies [_{S'} NP_i [_S X t_i Y]]$$

- Phrasenstruktur als Input und Output (= Skopus in Syntax, LF als Syntax)
- Koindizierung und Linksadjunktion an S beide Teil einer Regel
- Kein wesentlicher Unterschied, falls CP oder IP statt S
- Außerdem |  $Det \rightarrow every, some$  and  $NP \rightarrow Det N^{count}$
- Syntax-Problem | Völlig unnötig eine kontextsensitive Regel
- Semantik-Probleme bei Chierchia

Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

$$[_S X NP Y] \implies [_{S'} NP_i [_S X t_i Y]]$$

- Phrasenstruktur als Input und Output (= Skopus in Syntax, LF als Syntax)
- Koindizierung und Linksadjunktion an S beide Teil einer Regel
- Kein wesentlicher Unterschied, falls CP oder IP statt S
- Außerdem |  $Det \rightarrow every, some$  and  $NP \rightarrow Det N^{count}$
- Syntax-Problem | Völlig unnötig eine **kontextsensitive Regel**
- Semantik-Probleme bei Chierchia
  - ▶ Einführung syntaktischer Typen wird skizzenhaft (s. Montague)

Relevante syntaktische Erweiterung zu  $F_1$  | Quantifier Raising (QR) Rule

$$[_S X NP Y] \implies [_{S'} NP_i [_S X t_i Y]]$$

- Phrasenstruktur als Input und Output (= Skopus in Syntax, LF als Syntax)
- Koindizierung und Linksadjunktion an S beide Teil einer Regel
- Kein wesentlicher Unterschied, falls CP oder IP statt S
- Außerdem |  $Det \rightarrow every, some$  and  $NP \rightarrow Det N^{count}$
- Syntax-Problem | Völlig unnötig eine **kontextsensitive Regel**
- Semantik-Probleme bei Chierchia
  - ▶ Einführung syntaktischer Typen wird skizzenhaft (s. Montague)
  - ▶ Definition zulässiger Modelle unterschlagen (s. Montague)



$$\begin{aligned} \llbracket [\textit{every } \beta]_i; S \rrbracket^{\mathcal{M},g} = 1 \text{ iff for all } d \in D : \\ \text{if } d \in \llbracket \beta \rrbracket^{\mathcal{M},g} \text{ then } \llbracket S \rrbracket^{\mathcal{M},g[u/t_i]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \llbracket [\textit{every } \beta]_i S \rrbracket^{\mathcal{M},g} = 1 \text{ iff for all } d \in D : \\ \text{if } d \in \llbracket \beta \rrbracket^{\mathcal{M},g} \text{ then } \llbracket S \rrbracket^{\mathcal{M},g[u/t_i]} \end{aligned}$$

A sentence containing the trace  $t_i$  with an adjoined  $NP_i$  (which consists of *every* plus the common noun  $\beta$ ) extend to 1 iff for each individual  $d$  in the universe  $D$  which is in the set referred to by the common noun  $\beta$ ,  $S$  denotes 1 with  $d$  assigned to the pronominal trace  $t_i$ .  $g$  is modified iteratively to check that.





$$\begin{aligned} \llbracket [ [a \ \beta]_i \ S] \rrbracket^{\mathcal{M},g} = 1 \text{ iff for some } u \in U : \\ u \in \llbracket \beta \rrbracket^{\mathcal{M},g} \text{ and } \llbracket S \rrbracket^{\mathcal{M},g[u/t_i]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \llbracket [ [a \beta]_i S ] \rrbracket^{\mathcal{M},g} = 1 \text{ iff for some } u \in U : \\ u \in \llbracket \beta \rrbracket^{\mathcal{M},g} \text{ and } \llbracket S \rrbracket^{\mathcal{M},g[u/t_i]} \end{aligned}$$

Die Interpretation erfolgt nach ähnlichem Schema.

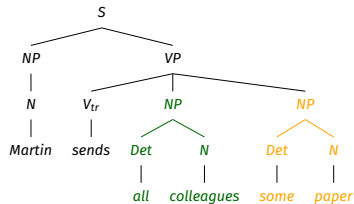


*Martin sends all colleagues some paper.*

This is the  $\exists\forall$  reading:

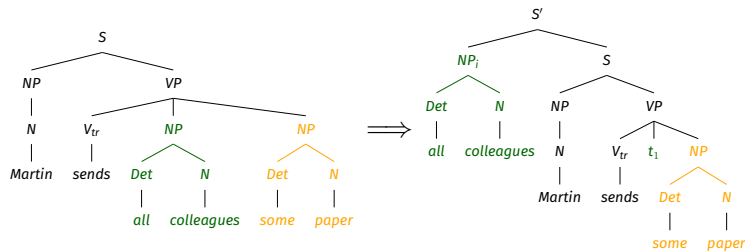
*Martin sends all colleagues some paper.*

This is the  $\exists\forall$  reading:



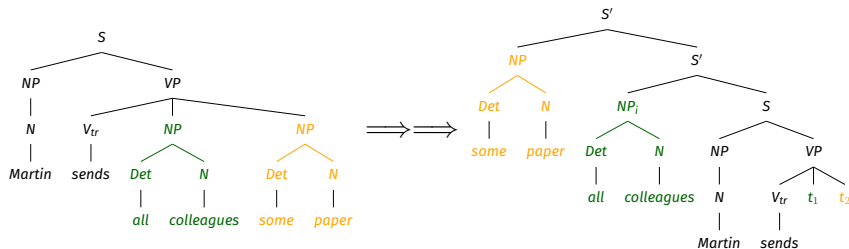
Martin sends *all colleagues* *some paper*.

This is the  $\exists\forall$  reading:

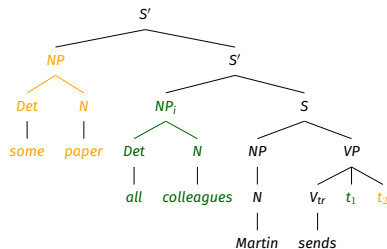


Martin sends *all colleagues* *some paper*.

This is the  $\exists\forall$  reading:



$\Rightarrow \Rightarrow$



# Aufgaben



Erweitern Sie das Fragment  $D_1$  des Deutschen aus Woche 2 zu  $D_2$ , um folgende Sätze modellieren zu können. Das Fragment soll Quantorenanhebung als Transformationsregel beinhalten. Sie dürfen bei der Morphologie und der V2/VL-Syntax wieder „schummeln“ und so tun, als wäre Deutsch einfacher, als es ist. Geben Sie außerdem ein minimales Modell an, in dem mindestens einer der Sätze wahr und mindestens einer der Sätze falsch ist.

Wenn Sie den Unterschied zwischen *Linguistin* und *Linguist* berücksichtigen wollen, überlegen Sie wie das zugehörige Modell aussieht, und was sich eventuell an den Wahrheitswerten der Sätze ändert, wenn sie eins der beiden Wörter als „generisch“ annehmen.

- Ein Aktivist ist auch Linguist.

Erweitern Sie das Fragment  $D_1$  des Deutschen aus Woche 2 zu  $D_2$ , um folgende Sätze modellieren zu können. Das Fragment soll Quantorenanhebung als Transformationsregel beinhalten. Sie dürfen bei der Morphologie und der V2/VL-Syntax wieder „schummeln“ und so tun, als wäre Deutsch einfacher, als es ist. Geben Sie außerdem ein minimales Modell an, in dem mindestens einer der Sätze wahr und mindestens einer der Sätze falsch ist.

Wenn Sie den Unterschied zwischen *Linguistin* und *Linguist* berücksichtigen wollen, überlegen Sie wie das zugehörige Modell aussieht, und was sich eventuell an den Wahrheitswerten der Sätze ändert, wenn sie eins der beiden Wörter als „generisch“ annehmen.

- Ein Aktivist ist auch Linguist.
- Mindestens ein Mensch ist Linguist.

Erweitern Sie das Fragment  $D_1$  des Deutschen aus Woche 2 zu  $D_2$ , um folgende Sätze modellieren zu können. Das Fragment soll Quantorenanhebung als Transformationsregel beinhalten. Sie dürfen bei der Morphologie und der V2/VL-Syntax wieder „schummeln“ und so tun, als wäre Deutsch einfacher, als es ist. Geben Sie außerdem ein minimales Modell an, in dem mindestens einer der Sätze wahr und mindestens einer der Sätze falsch ist.

Wenn Sie den Unterschied zwischen *Linguistin* und *Linguist* berücksichtigen wollen, überlegen Sie wie das zugehörige Modell aussieht, und was sich eventuell an den Wahrheitswerten der Sätze ändert, wenn sie eins der beiden Wörter als „generisch“ annehmen.

- Ein Aktivist ist auch Linguist.
- Mindestens ein Mensch ist Linguist.
- Ein Aktivist läuft.

Erweitern Sie das Fragment  $D_1$  des Deutschen aus Woche 2 zu  $D_2$ , um folgende Sätze modellieren zu können. Das Fragment soll Quantorenanhebung als Transformationsregel beinhalten. Sie dürfen bei der Morphologie und der V2/VL-Syntax wieder „schummeln“ und so tun, als wäre Deutsch einfacher, als es ist. Geben Sie außerdem ein minimales Modell an, in dem mindestens einer der Sätze wahr und mindestens einer der Sätze falsch ist.

Wenn Sie den Unterschied zwischen *Linguistin* und *Linguist* berücksichtigen wollen, überlegen Sie wie das zugehörige Modell aussieht, und was sich eventuell an den Wahrheitswerten der Sätze ändert, wenn sie eins der beiden Wörter als „generisch“ annehmen.

- Ein Aktivist ist auch Linguist.
- Mindestens ein Mensch ist Linguist.
- Ein Aktivist läuft.
- Alle Linguisten laufen und eine Linguistin ist kreativ.

- 1 Überlegen Sie, wie die Auswertung einfacher quantifizierter Sätze mit der Zuweisungsfunktion  $g$  funktionieren müsste, wenn Quantoren mit den Interpretationen folgender natürlichsprachlicher Ausdrücke hinzugefügt würden:
  - ① *genau zwei*
  - ② *mindestens drei*
  - ③ *weniger als drei*
  - ④ *höchstens vier*
  - ⑤ *eine große Anzahl von*
  - ⑥ *einige* im Gegensatz zu *ein* bzw. *mindestens ein*
  - ⑦ *viel* wie in *viel Mehl*
  - ⑧ *500g* wie in *500g Mehl*
  - ⑨ *die wenigsten*
- 2 Überlegen Sie (ggf. über unser einfaches Quantifikationsmodell hinaus), was der Unterschied zwischen *alle* und *jeder* im Deutschen bzw. *each*, *every* und *all* im Englischen ist.
- 3 Was ist das Problem für den bisherigen Ansatz, wenn Sie quantifizierende Ausdrücke wie *einmal*, *öfters*, *ab und zu* usw. modellieren möchten.

Das Deutsche funktioniert etwas anders als das Englische, was Quantorenlesarten angeht. Denken Sie über die Quantoren-Lesarten folgender Sätze nach. Die Einbettung in das assertive Fragment dient nur dazu, Vorfeldeffekte auszuschalten.

- 1 *Alle Kollegen haben ein Buch gelesen.*

Das Deutsche funktioniert etwas anders als das Englische, was Quantorenlesarten angeht. Denken Sie über die Quantoren-Lesarten folgender Sätze nach. Die Einbettung in das assertive Fragment dient nur dazu, Vorfeldeffekte auszuschalten.

- 1 *Alle Kollegen haben ein Buch gelesen.*
- 2 *Ein Buch haben alle Kollegen gelesen.*

Das Deutsche funktioniert etwas anders als das Englische, was Quantorenlesarten angeht. Denken Sie über die Quantoren-Lesarten folgender Sätze nach. Die Einbettung in das assertive Fragment dient nur dazu, Vorfeldeffekte auszuschalten.

- 1 *Alle Kollegen haben ein Buch gelesen.*
- 2 *Ein Buch haben alle Kollegen gelesen.*
- 3 *Zwei Kollegen sind mit drei Autos gefahren.*



Das Deutsche funktioniert etwas anders als das Englische, was Quantorenlesarten angeht. Denken Sie über die Quantoren-Lesarten folgender Sätze nach. Die Einbettung in das assertive Fragment dient nur dazu, Vorfeldeffekte auszuschalten.

- 1 *Alle Kollegen haben ein Buch gelesen.*
- 2 *Ein Buch haben alle Kollegen gelesen.*
- 3 *Zwei Kollegen sind mit drei Autos gefahren.*
- 4 *Mit drei Autos sind zwei Kollegen gefahren.*

Das Deutsche funktioniert etwas anders als das Englische, was Quantorenlesarten angeht. Denken Sie über die Quantoren-Lesarten folgender Sätze nach. Die Einbettung in das assertive Fragment dient nur dazu, Vorfeldeffekte auszuschalten.

- 1 *Alle Kollegen haben ein Buch gelesen.*
- 2 *Ein Buch haben alle Kollegen gelesen.*
- 3 *Zwei Kollegen sind mit drei Autos gefahren.*
- 4 *Mit drei Autos sind zwei Kollegen gefahren.*
- 5 *Zwei Kolleginnen haben allen Kollegen ein Buch gegeben.*

Das Deutsche funktioniert etwas anders als das Englische, was Quantorenlesarten angeht. Denken Sie über die Quantoren-Lesarten folgender Sätze nach. Die Einbettung in das assertive Fragment dient nur dazu, Vorfeldeffekte auszuschalten.

- 1 *Alle Kollegen haben ein Buch gelesen.*
- 2 *Ein Buch haben alle Kollegen gelesen.*
- 3 *Zwei Kollegen sind mit drei Autos gefahren.*
- 4 *Mit drei Autos sind zwei Kollegen gefahren.*
- 5 *Zwei Kolleginnen haben allen Kollegen ein Buch gegeben.*
- 6 *Allen Kollegen haben zwei Kolleginnen ein Buch gegeben.*

Das Deutsche funktioniert etwas anders als das Englische, was Quantorenlesarten angeht. Denken Sie über die Quantoren-Lesarten folgender Sätze nach. Die Einbettung in das assertive Fragment dient nur dazu, Vorfeldeffekte auszuschalten.

- 1 *Alle Kollegen haben ein Buch gelesen.*
- 2 *Ein Buch haben alle Kollegen gelesen.*
- 3 *Zwei Kollegen sind mit drei Autos gefahren.*
- 4 *Mit drei Autos sind zwei Kollegen gefahren.*
- 5 *Zwei Kolleginnen haben allen Kollegen ein Buch gegeben.*
- 6 *Allen Kollegen haben zwei Kolleginnen ein Buch gegeben.*
- 7 *Ein Buch haben zwei Kolleginnen allen Kollegen gegeben.*

Das Deutsche funktioniert etwas anders als das Englische, was Quantorenlesarten angeht. Denken Sie über die Quantoren-Lesarten folgender Sätze nach. Die Einbettung in das assertive Fragment dient nur dazu, Vorfeldeffekte auszuschalten.

- 1 *Alle Kollegen haben ein Buch gelesen.*
- 2 *Ein Buch haben alle Kollegen gelesen.*
- 3 *Zwei Kollegen sind mit drei Autos gefahren.*
- 4 *Mit drei Autos sind zwei Kollegen gefahren.*
- 5 *Zwei Kolleginnen haben allen Kollegen ein Buch gegeben.*
- 6 *Allen Kollegen haben zwei Kolleginnen ein Buch gegeben.*
- 7 *Ein Buch haben zwei Kolleginnen allen Kollegen gegeben.*
- 8 *Zwei Kolleginnen haben ein Buch allen Kollegen gegeben.*

Chierchia, Gennaro & Sally McConnell-Ginet. 2000. *Meaning and grammar: An introduction to semantics*. 2. Aufl. Cambridge, MA: MIT Press.

## 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.