Universität Bielefeld
Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaft
Formale Methoden der Linguistik III
Veranstalter: Dieter Metzing
Sommersemester 2006

25. Juni 2006

Übungsaufgaben

1. (a) Welche Bestandteile hat eine kontextfreie Grammatik (KFG)?

Eine kontextfreie Grammatik lässt sich formal als Quadrupel darstellen:

G = < N, T, P, S > , wobei

N: die Menge der Nichtterminalsymbole,
T: die Menge der Terminalsymbole,
P: die Menge der Produktionsregeln, und
S: das Startsymbol ist.

(b) Gegeben ist eine KFG mit:

N = {S, NP, VP, N, V, Det} und
P = {S → NP VP, NP → Det N, VP → V NP, ...}

Das Lexikon besteht aus:
D : der, das
N : Hund, Kaninchen
V : sieht, beißt

Vervollständige die Bestandteile der KFG und leite alle (laut der Grammatik!) wohlgeformten Sätze ab.

G = < {S, NP,VP,N, V,Det}, {der, das, Hund, Kaninchen, sieht, beißt},
{S → NP VP,NP → Det N,VP → V NP,N → Hund,
N → Kaninchen, V → sieht, V → beiß, Det → der, Det → das},
S >

"der Hund beißt der Hund", "der Hund beißt das Hund", "das Hund beißt der Hund",
"das Hund beißt das Hund", "der Hund beißt der Kaninchen",
"der Hund beißt das Kaninchen", "das Hund beißt der Kaninchen",
"das Hund beißt das Kaninchen", "der Hund sieht der Hund",
"der Hund sieht das Hund", "das Hund sieht der Hund", "das Hund sieht das Hund",
"der Hund sieht der Kaninchen", "der Hund sieht das Kaninchen",
"das Hund sieht der Kaninchen", "das Hund sieht das Kaninchen",
"der Kaninchen beißt der Hund", "der Kaninchen beißt das Hund",
"das Kaninchen beißt der Hund", "das Kaninchen beißt das Hund",
"der Kaninchen beißt der Kaninchen", "der Kaninchen beißt das Kaninchen",

"das Kaninchen beißt der Kaninchen", "das Kaninchen beißt das Kaninchen",
"der Kaninchen sieht der Hund", "der Kaninchen sieht das Hund",
"das Kaninchen sieht der Hund", "das Kaninchen sieht das Hund",
"der Kaninchen sieht der Kaninchen", "der Kaninchen sieht das Kaninchen",
"das Kaninchen sieht der Kaninchen", "das Kaninchen sieht das Kaninchen"

(c) Überlege dir drei einfache Subjekt-Prädikat-Objekt-Sätze und schreibe eine KFG, die genau diese Sätze generiert.

"Tim sucht Anna" "Anna sucht Tim" "Tim sucht den Hund"

$G = \langle$ { S, NP_{nom}, NP_{akk}, VP, N, EN, V, Det}, { Anna, Tim, Hund, sucht, den },
{ S → NP_{nom} VP, NP_{nom} → EN, NP_{akk} → EN, NP_{akk} → Det N,
VP → V NP_{akk}, N → Hund, EN → Tim, EN → Anna, V → sucht,
Det → den }, S $\rangle$

Aufgrund des geringen Umfangs und der Einfachheit der generierten Sätze benötigt man in diesem Beispiel nur wenige Subkategorisierungsmerkmale.

2. Erläutere den Vorteil von Unifikationsgrammatiken gegenüber KFGen?

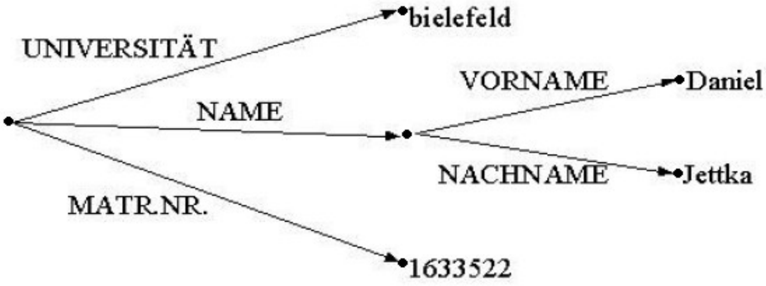
Bei umfangreicheren Grammatiken als der in (1)(c) wird man sehr schnell subkategorisieren müssen. Das Konzept KFG selbst beinhaltet keinen geeigneten Mechanismus zur Berücksichtigung von Kongruenzmerkmalen oder auch der Valenz von Verben. Doch auch die Subkategorisierung der nichtterminalen Symbole löst nicht das Problem, dass diese keine "innere Struktur" haben. Sie wurden letztlich nur umbenannt. Mithilfe von KFGn lassen sich wichtige linguistische Eigenschaften und Generalisierungen (siehe oben) nicht ausdrücken. Das ist bei Unifikationsgrammatiken anders.

3. (a) Erstelle eine Attribut-Wert-Matrix, die dich als Studierende(n) eindeutig identifiziert. Bitte verwende sowohl atomare, als auch komplexe Werte.

Beispiel:

$$\begin{bmatrix} \text{UNIVERSITÄT} & \text{Bielefeld} \\ \text{NAME} & \begin{bmatrix} \text{VORNAME} & \text{Daniel} \\ \text{NACHNAME} & \text{Jettka} \end{bmatrix} \\ \text{MATRIKELNUMMER} & 1633522 \end{bmatrix}$$

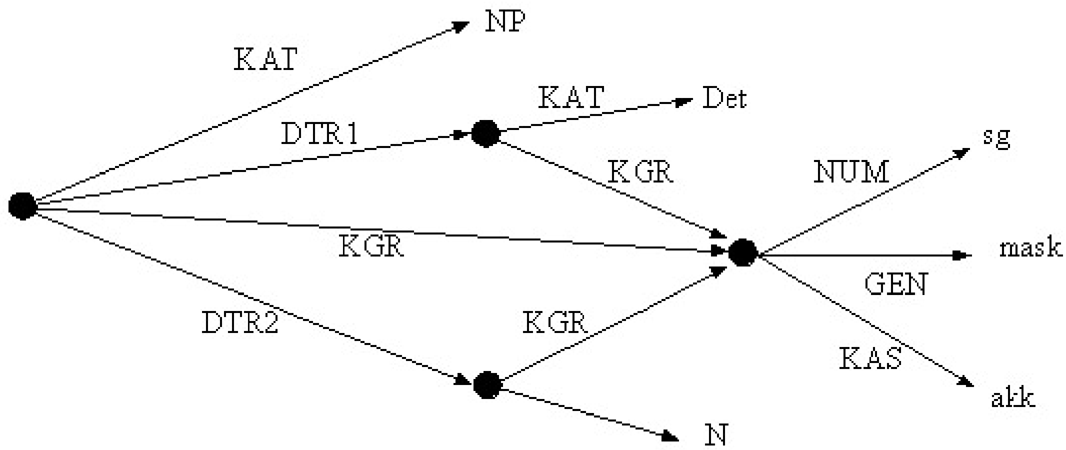
(b) Zeichne den dazugehörigen Graphen.



(c) Erläutere am Beispiel des Graphen die Begriffe “etikettiert”, “gerichtet”, “azyklisch”.

Der Begriff "etikettiert"bedeutet, dass jeder Kante im Graphen eine eindeutige Bezeichnung zugewiesen wird (z.B. Die Bezeichnung für das Merkmal UNIVERSITÄT). "Gerichtet" heißt, dass jede Kante im Graphen eine nur Richtung haben kann, also zwei Knoten in einer Richtung verbindet. Die Bezeichnung "azyklisch" meint, dass innerhalb des Graphen keine Schleifen auftauchen dürfen. Jeder Pfad muss genau einen eindeutigen Anfangsknoten und einen Endknoten haben.

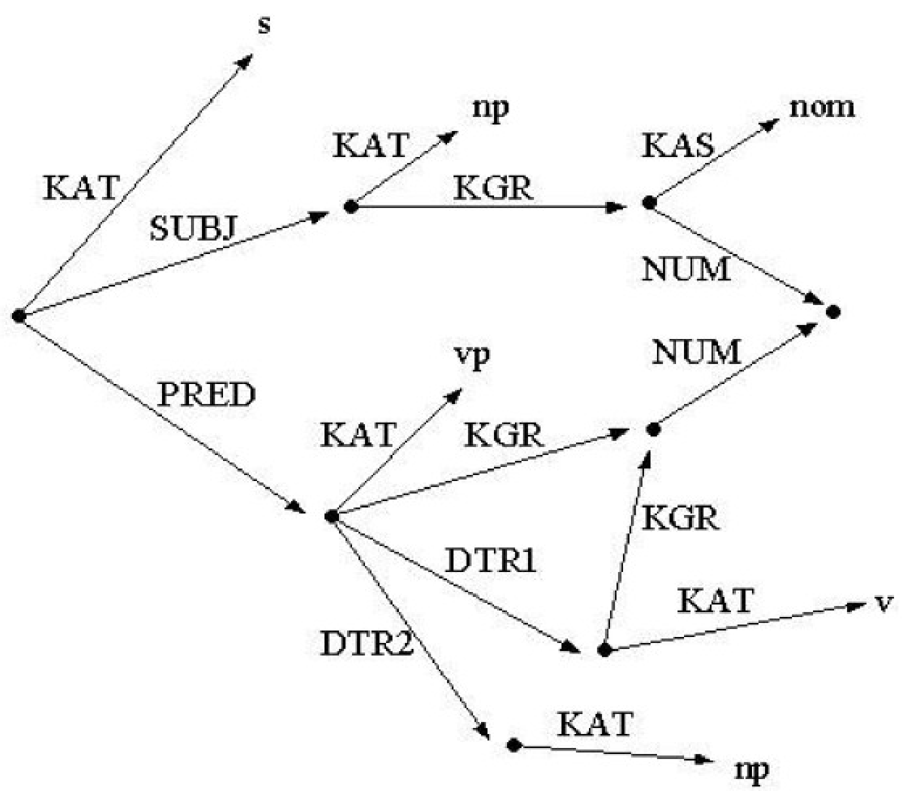
4. (a) Erstelle eine Attribut-Wert-Matrix, die folgende Merkmalsstruktur (Graphen) beschreibt:



$$\begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR} & \boxed{1}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{sg} \\ \text{GEN} & \text{mask} \\ \text{KAS} & \text{akk} \end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{det} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{n} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

(b) Zeichne die minimale Merkmalsstruktur (d.h. den Graphen), den folgende AWM beschreibt:

$$\begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{s} \\ \text{SUBJ} & \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR} & \begin{bmatrix}\text{NUMERUS} & \boxed{1} \\ \text{KASUS} & \text{nom}\end{bmatrix}\end{bmatrix} \\ \text{PRED} & \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{KGR} & \boxed{2}\begin{bmatrix}\text{NUMERUS} & \boxed{1}\end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & \begin{bmatrix}\text{KAT} & \text{v}\\ \text{KGR} & \boxed{2}\end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & \begin{bmatrix}\text{KAT} & \text{np}\end{bmatrix}\end{bmatrix}\end{bmatrix}$$



5. (a) Bestimme alle Subsumtionsbeziehungen folgender AWMn:

$$A_1 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{N} \\ \text{KGR} \mid \text{NUM} & \text{sg} \end{bmatrix} \qquad A_2 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{V} \\ \text{KGR} \mid \text{NUM} & \text{sg} \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{V} \end{bmatrix} \qquad A_4 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{V} \\ \text{KGR} & \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{sg} \\ \text{GEN} & \text{fem} \\ \text{KAS} & \text{nom} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_5 = \begin{bmatrix} \text{KGR} \mid \text{NUM} & \text{sg} \end{bmatrix}$$

A2 $\sqsubseteq$ A4; A3 $\sqsubseteq$ A2; A3 $\sqsubseteq$ A4; A5 $\sqsubseteq$ A1; A5 $\sqsubseteq$ A2; A5 $\sqsubseteq$ A4

(b) Ergänze A2, sodass gilt:

$$A_1 \sqsubseteq A_2 \sqsubseteq A_3$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR} \mid \text{NUM} & \text{pl} \end{bmatrix} \qquad A_3 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{pl} \\ \text{GEN} & \text{fem} \\ \text{KAS} & \text{akk} \end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{det} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_2 = ?$$

Es gibt verschiedene AWMn, die diese Bedingung erfüllen. Ein einfaches Beispiel wäre diese:

$$A_2 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR}\ \boxed{1} \mid \text{NUM} & \text{pl} \\ \text{DTR1} \mid \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix}$$

Man könnte auch einfach für A_2 die AWM A_1 oder A_3 einsetzen, da gilt, dass sich jede AWM auch selbst subsumiert.

6. Bestimme alle Subsumtionsbeziehungen folgender AWMn:

$$A_1 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{KGR} & \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{sg} \\ \text{PER} & 1 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \qquad A_2 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{KGR} & \mid \text{NUM} \quad \text{sg} \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{vp} \end{bmatrix} \qquad A_4 = \begin{bmatrix} \text{KGR} & \mid \text{NUM} \quad \text{sg} \end{bmatrix}$$

$$A_5 = \begin{bmatrix} \text{KGR} & \boxed{1}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{sg} \end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \qquad A_6 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{KGR} & \boxed{1}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{sg} \\ \text{PER} & 1 \end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \\ \text{DTR2} & \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$A_1 \sqsubseteq A_6$; $A_2 \sqsubseteq A_1$; $A_2 \sqsubseteq A_6$; $A_3 \sqsubseteq A_1$; $A_3 \sqsubseteq A_2$; $A_3 \sqsubseteq A_6$;
$A_4 \sqsubseteq A_1$; $A_4 \sqsubseteq A_2$; $A_4 \sqsubseteq A_5$; $A_4 \sqsubseteq A_6$; $A_5 \sqsubseteq A_6$

7. Gegeben sind folgende AWMn:

$$A_1 = \begin{bmatrix} \text{KGR} & \boxed{1}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{sg} \\ \text{PER} & 1 \end{bmatrix} \\ \text{SUBJ} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \end{bmatrix} \qquad A_2 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{PER} & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{NUM} & \text{pl} \end{bmatrix} \qquad A_4 = \begin{bmatrix} \text{KGR} & \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{sg} \\ \text{PER} & 3 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_5 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \mid \text{PER} \quad 1 \\ \text{DTR1} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \\ \text{DTR2} & \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \qquad A_6 = \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \mid \text{PER} \quad 3 \\ \text{DTR1} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \\ \text{DTR2} & \begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR} & \mid \text{NUM} \quad \text{sg} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

(a) Unfiziere alle Paare von AWMn, bei denen das Ergebnis der Unifikation eine neue AWM liefert.

$$A_1 \sqcup A_2 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{PER} & 1 \\ \text{KGR} & \boxed{1}\left[\begin{array}{ll}\text{NUM} & \text{sg}\\ \text{PER} & 1\end{array}\right] \\ \text{SUBJ} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \end{array}\right]$$

$$A_1 \sqcup A_3 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{NUM} & \text{pl} \\ \text{KGR} & \boxed{1}\left[\begin{array}{ll}\text{NUM} & \text{sg}\\ \text{PER} & 1\end{array}\right] \\ \text{SUBJ} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \end{array}\right]$$

$$A_1 \sqcup A_4 = \bot$$

$$A_1 \sqcup A_5 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{KGR} & \boxed{1}\left[\begin{array}{ll}\text{NUM} & \text{sg}\\ \text{PER} & 1\end{array}\right] \\ \text{SUBJ} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \\ \text{DTR1} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \\ \text{DTR2} & \left[\begin{array}{ll}\text{KAT} & \text{np}\\ \text{KGR} & \boxed{1}\end{array}\right] \end{array}\right]$$

$$A_2 \sqcup A_4 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{PER} & 1 \\ \text{KGR} & \left[\begin{array}{ll}\text{NUM} & \text{sg}\\ \text{PER} & 3\end{array}\right] \end{array}\right]$$

$$A_2 \sqcup A_5 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{PER} & 1 \\ \text{KGR} & \boxed{1} \mid \text{PER} \quad 1 \\ \text{DTR1} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \\ \text{DTR2} & \left[\begin{array}{ll}\text{KAT} & \text{np}\\ \text{KGR} & \mid \text{NUM} \quad \text{sg}\end{array}\right] \end{array}\right]$$

$$A_2 \sqcup A_6 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{PER} & 1 \\ \text{KGR} & \boxed{1} \mid \text{PER} \quad 3 \\ \text{DTR1} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \\ \text{DTR2} & \left[\begin{array}{ll}\text{KAT} & \text{np}\\ \text{KGR} & \boxed{1}\end{array}\right] \end{array}\right]$$

$$A_3 \sqcup A_4 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{NUM} & \text{pl} \\ \text{KGR} & \left[\begin{array}{ll}\text{NUM} & \text{sg}\\ \text{PER} & 3\end{array}\right] \end{array}\right]$$

$$A_4 \sqcup A_6 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & \text{vp} \\ \text{KGR} & \boxed{1}\left[\begin{array}{ll}\text{NUM} & \text{sg}\\ \text{PER} & 3\end{array}\right] \\ \text{DTR1} & \mid \text{KGR} \quad \boxed{1} \\ \text{DTR2} & \left[\begin{array}{ll}\text{KAT} & \text{np}\\ \text{KGR} & \mid \text{NUM} \quad \text{sg}\end{array}\right] \end{array}\right]$$

$$A_1 \sqcup A_6 = \bot$$

$$A_2 \sqcup A_3 = \bot$$

$$A_3 \sqcup A_5 = \bot$$

$$A_3 \sqcup A_6 = \bot$$

$$A_4 \sqcup A_5 = \bot$$

$$A_6 \sqcup A_6 = \bot$$

(b) Welche Beziehung besteht zwischen der Subsumtionsrelation und der Unifikationsoperation?

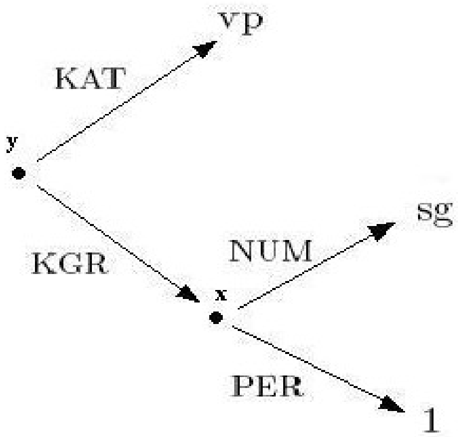
Das Ergebnis der Unifikation zweier Attribut-Wert-Matrizen ist die informationsärmste AWM, die von beiden subsumiert wird.

8. Erstelle zu folgenden prädikatenlogischen Formeln jeweils den passenden Graphen und die passende AWM.

i. $\exists x \; \exists y \; \big(\; \mathrm{KAT}(y,\mathrm{VP}) \; \wedge \; \mathrm{KGR}(y,x) \; \wedge \; \mathrm{NUM}(x,sg) \wedge \mathrm{PER}(x,1) \; \big)$

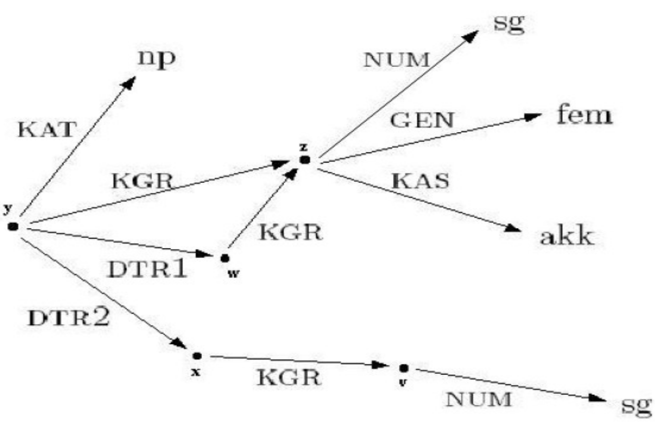
ii. $\exists v \; \exists w \; \exists x \; \exists y \; \exists z \; \big(\; \mathrm{KAT}(y,\mathrm{NP}) \; \wedge \; \mathrm{KGR}(y,z) \; \wedge \; \mathrm{NUM}(z,sg)$
$\wedge \; \mathrm{GEN}(z,fem) \; \wedge \; \mathrm{KAS}(z,akk) \; \wedge \; \mathrm{DTR1}(y,w)$
$\wedge \; \mathrm{KGR}(w,z) \; \wedge \; \mathrm{DTR2}(y,x) \; \wedge \; \mathrm{KGR}(x,v)$
$\wedge \; \mathrm{NUM}(v,sg) \; \big)$

i.



$$\begin{bmatrix} \mathrm{KAT} & \mathrm{vp} \\ \mathrm{KGR} & \left|\; \mathrm{NUM} \quad \mathrm{sg} \right. \end{bmatrix}$$

ii.



$$\begin{bmatrix} \text{KAT} & \text{np} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{sg} \\ \text{GEN} & \text{fem} \\ \text{KAS} & \text{akk} \end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & \begin{bmatrix} \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & \begin{bmatrix} \text{KGR} & \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{sg} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

9. Überprüfe, ob die prädikatenlogischen Formeln geeignete Modelle zur Beschreibung von Merkmalsstrukturen sind. Wenn nicht, begründe mit Hilfe der zugrundeliegenden Axiome.

i. $\exists x\ \exists y\ \big(\ \text{KAT}(y,\text{NP}) \wedge \text{KGR}(y,x) \wedge \text{NUM}(x,sg) \wedge \text{GEN}(x,mask) \wedge \text{KAS}(x,dat)\ \big)$

ii. $\exists x\ \exists y\ \big(\ \text{KAT}(y,\text{Det}) \wedge \text{KGR}(y,x) \wedge (\ \text{NUM}(x,sg) \vee \text{NUM}(x,pl)\ ) \wedge \text{GEN}(x,mask) \wedge (\ \text{KAS}(x,dat) \wedge \text{KAS}\ (x,akk)\ )\ \big)$

iii. $\exists x\ \exists y\ \exists z\ \big(\ \text{NAME}(y,x) \wedge \text{VORNAME}(x, \text{Hubert}) \wedge \text{NACHNAME}(x,\text{Heintze}) \wedge \text{WOHNORT}(y,\ z) \wedge (\ (\ \text{PLZ}(z,33709) \wedge \text{STADT}(z,\text{Bielefeld})\ ) \vee (\ \text{PLZ}(z,26478) \wedge \text{STADT}(z,\text{Ahrstadt})\ )\ )\ \big)$

iv. $\exists x\ \exists y\ \big(\ \text{KAT}(y,\text{Det}) \wedge \text{KAT}(y,\text{NP}) \wedge \text{KGR}(y,x) \wedge \text{NUM}(pl,x) \wedge \text{GEN}(x,fem) \wedge (\ \text{KAS}(x,dat) \vee \text{KAS}\ (x,akk)\ )\ \big)$

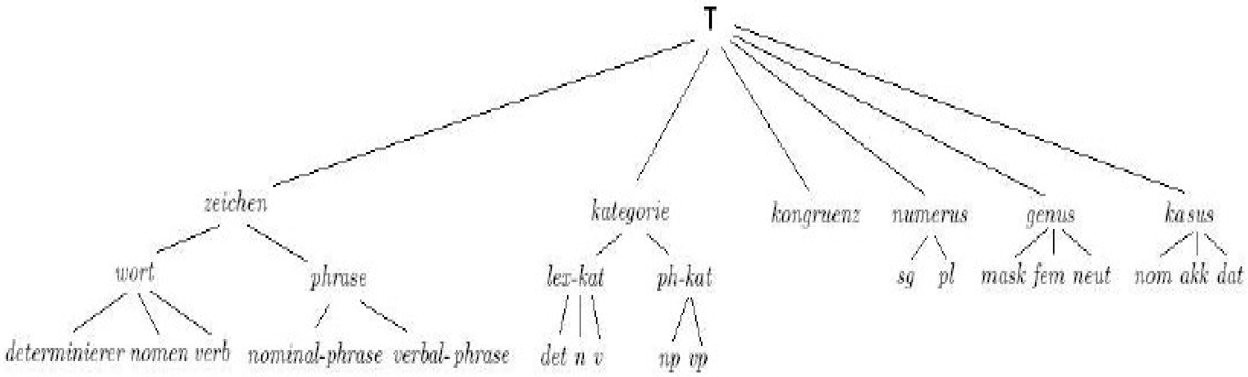
i. ist ein geeignetes Modell.

ii. verletzt das 3. Axiom. Zunächst gilt nach Axiom 2:
$\forall x\ \forall y\ \forall z\ (\ (\text{ATTRIBUT}(x, y) \wedge \text{ATTRIBUT}(x, z)) \rightarrow y = z\ )$.
Demnach gälte: dat = akk. Das wird aber durch das 3. Axiom ausgeschlossen.

iii. ist ein geeignetes Modell.

iv. genau wie bei der 2. Formel gilt auch hier durch die Axiome 2 und 3: $\neg$ (Det = NP).
Außerdem verletzt NUM(pl, x) das 1. Axiom, das besagt:
$\forall x\ (\neg \text{ATTRIBUT}(\text{wert}, x))$

10. Gegeben ist folgende Typhierarchie:



Dazu die folgenden Angemessenheitsfunktionen:

app(zeichen, KAT) = kategorie
app(nominal-phrase, KAT)= np
app(wort, KAT) = lex-kat
app(kongruenz, GENUS) = genus
app(verb, KAT) = v
app(phrase, DTR2) = zeichen
app(kongruenz, NUMERUS) = numerus

app(nomen, KAT) = n
app(phrase, DTR1) = zeichen
app(zeichen, KGR) = kongruenz
app(determinierer, KAT) = det
app(verbal-phrase, KAT) = vp
app(phrase, KAT) = ph-kat
app(kongruenz, KASUS) = kasus

Ergänze die Angemessenheitsfunktion in so, dass Merkmalsstrukturen von Verbalphrasen korrekt beschrieben werden, d.h. so, dass die erste Tochter ein Verb und die zweite Tochter eine NP sein muss. Folgende AWM wäre dann z.B. wohlgetypt:

$${}_{verbal\text{-}phrase}\begin{bmatrix} \text{KAT} & vp \\ \text{DTR1} & {}_{verb}\begin{bmatrix}\text{KAT} & v\end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & {}_{nominal\text{-}phrase}\begin{bmatrix} \text{KAT} & np \\ \text{DTR1} & {}_{determinierer}\begin{bmatrix}\text{KAT} & det \\ \text{KGR} & \boxed{1}\ {}_{kongruenz}\begin{bmatrix}\text{NUM} & sg\\ \text{GEN} & neut \\ \text{KAS} & akk\end{bmatrix}\end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & {}_{nomen}\begin{bmatrix}\text{KAT} & n \\ \text{KGR} & \boxed{1}\end{bmatrix}\end{bmatrix}\end{bmatrix}$$

app(verbal-phrase, DTR1) = verb
app(verbal-phrase, DTR2) = nominal-phrase

als kleiner Zusatz gälte entsprechend für die NP:

app(nominal-phrase, DTR1) = determinierer
app(nominal-phrase, DTR2) = nomen

11. Benenne die Paare von Attribut-Wert-Matrizen, für die die Subsumtionsrelation gilt: (Grundlage sind die Typhierarchie und Angemessenheitsbedingungen aus der vorherigen Aufgabe)

$$A_1 = {}_{\textit{verbal-phrase}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{vp} \\ \text{KGR} & {}_{\textit{kongruenz}}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \\ \text{GEN} & \textit{fem} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_2 = {}_{\textit{zeichen}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{kategorie} \end{bmatrix}$$

$$A_3 = {}_{\textit{wort}}\begin{bmatrix} \text{KGR} & {}_{\textit{kongruenz}}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_4 = {}_{\textit{phrase}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{ph-kat} \\ \text{KGR} & {}_{\textit{kongruenz}}\begin{bmatrix} \text{GEN} & \textit{fem} \\ \text{KAS} & \textit{kasus} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_5 = {}_{\textit{zeichen}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{kategorie} \\ \text{KGR} & \textit{kongruenz} \end{bmatrix}$$

$$A_6 = {}_{\textit{verbal-phrase}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{vp} \\ \text{KGR} & \boxed{1}\ {}_{\textit{kongruenz}}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \\ \text{GEN} & \textit{fem} \\ \text{KAS} & \textit{nom} \end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & {}_{\textit{verb}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{v} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & {}_{\textit{nominal-phrase}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{np} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_7 = {}_{\textit{phrase}}\begin{bmatrix} \text{KGR} & {}_{\textit{kongruenz}}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \\ \text{GEN} & \textit{fem} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{llll} A_1 \sqsubseteq A_6, & A_2 \sqsubseteq A_1, & A_2 \sqsubseteq A_4, & A_2 \sqsubseteq A_5, \\ A_2 \sqsubseteq A_6, & A_4 \sqsubseteq A_6, & A_5 \sqsubseteq A_1, & A_5 \sqsubseteq A_4, \\ A_5 \sqsubseteq A_6, & A_7 \sqsubseteq A_1, & A_7 \sqsubseteq A_6, & \end{array}$$

12. Unifiziere alle Paare von AWMn.

$$A_1 = {}_{\textit{phrase}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{vp} \\ \text{KGR} & {}_{\textit{kongruenz}}\boxed{1}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \\ \text{KAS} & \textit{nom} \end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & {}_{\textit{verb}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{v} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & {}_{\textit{nominal-phrase}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{np} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_2 = {}_{\textit{wort}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{lex-kat} \\ \text{KGR} & {}_{\textit{kongruenz}}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \\ \text{GEN} & \textit{mask} \\ \text{KAS} & \textit{nom} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_3 = {}_{\textit{verb}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{v} \\ \text{KGR} & {}_{\textit{kongruenz}}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{numerus} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_4 = {}_{\textit{phrase}}\begin{bmatrix} \text{KGR} & {}_{\textit{kongruenz}}\boxed{1}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \\ \text{KAS} & \textit{nom} \end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & {}_{\textit{zeichen}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{kategorie} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & {}_{\textit{phrase}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{ph-kat} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_5 = {}_{\textit{nominal-phrase}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{np} \\ \text{DTR1} & {}_{\textit{determinierer}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{det} \\ \text{KGR} & \boxed{1}\ \textit{kongruenz} \end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & {}_{\textit{nomen}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{n} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_6 = {}_{\textit{zeichen}}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{kategorie} \\ \text{KGR} & {}_{\textit{kongruenz}}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \\ \text{GEN} & \textit{fem} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_1 \sqcup A_4 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & vp \\ \text{KGR} & \boxed{1}\left[\begin{array}{ll} \text{NUM} & sg \\ \text{KAS} & nom \end{array}\right]_{kongruenz} \\ \text{DTR1} & \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & v \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{array}\right]_{verb} \\ \text{DTR2} & \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & np \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{array}\right]_{nominal\text{-}phrase} \end{array}\right]_{phrase}$$

$$A_1 \sqcup A_6 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & vp \\ \text{KGR} & \boxed{1}\left[\begin{array}{ll} \text{NUM} & sg \\ \text{GEN} & fem \\ \text{KAS} & nom \end{array}\right]_{kongruenz} \\ \text{DTR1} & \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & v \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{array}\right]_{verb} \\ \text{DTR2} & \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & np \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{array}\right]_{nominal\text{-}phrase} \end{array}\right]_{phrase}$$

$$A_2 \sqcup A_3 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & v \\ \text{KGR} & \left[\begin{array}{ll} \text{NUM} & sg \\ \text{GEN} & mask \\ \text{KAS} & nom \end{array}\right]_{kongruenz} \end{array}\right]_{verb}$$

$$A_3 \sqcup A_6 = \left[\begin{array}{ll} \text{KAT} & v \\ \text{KGR} & \left[\begin{array}{ll} \text{NUM} & sg \\ \text{GEN} & fem \end{array}\right]_{kongruenz} \end{array}\right]_{verb}$$

$$A_4 \sqcup A_6 = {}_{phrase}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{ph-kat} \\ \text{KGR} & \boxed{1}\ {}_{kongruenz}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \\ \text{GEN} & \textit{fem} \\ \text{KAS} & \textit{nom} \end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & {}_{zeichen}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{kategorie} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & {}_{phrase}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{ph-kat} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_5 \sqcup A_6 = {}_{nominal\text{-}phrase}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{np} \\ \text{KGR} & {}_{kongruenz}\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{sg} \\ \text{GEN} & \textit{fem} \end{bmatrix} \\ \text{DTR1} & {}_{determinierer}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{det} \\ \text{KGR} & \boxed{1}\ \textit{kongruenz} \end{bmatrix} \\ \text{DTR2} & {}_{nomen}\begin{bmatrix} \text{KAT} & \textit{n} \\ \text{KGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

Die Unifikation der anderen Paare von AWMn würde fehlschlagen.

13. Benenne die Paare von Attribut-Wert-Matrizen, für die die Subsumtionsrelation gilt: (Grundlage sind die Typhierarchie und Angemessenheitsbedingungen aus Aufgabe 10)

$$A_1 = {}_{wort}\begin{bmatrix} \text{KAT} & n \\ \text{KGR} & {}_{kongruenz}\begin{bmatrix} \text{NUM} & pl \\ \text{GEN} & fem \\ \text{KAS} & nom \end{bmatrix} \end{bmatrix} \qquad A_2 = {}_{wort}\begin{bmatrix} \text{KAT} & lex\text{-}kat \\ \text{KGR} & {}_{kongruenz}\begin{bmatrix} \text{NUM} & pl \\ \text{GEN} & genus \\ \text{KAS} & nom \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_3 = {}_{phrase}\begin{bmatrix} \text{KAT} & ph\text{-}kat \\ \text{KGR} & {}_{kongruenz}\begin{bmatrix} \text{NUM} & pl \\ \text{GEN} & genus \\ \text{KAS} & kasus \end{bmatrix} \end{bmatrix} \qquad A_4 = {}_{zeichen}\begin{bmatrix} \text{KAT} & kategorie \\ \text{KGR} & {}_{kongruenz}\begin{bmatrix} \text{NUM} & pl \\ \text{GEN} & mask \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_5 = {}_{verb}\begin{bmatrix} \text{KAT} & lex\text{-}kat \\ \text{KGR} & {}_{kongruenz}\begin{bmatrix} \text{NUM} & pl \\ \text{GEN} & fem \\ \text{KAS} & nom \end{bmatrix} \end{bmatrix} \qquad A_6 = {}_{nominal\text{-}phrase}\begin{bmatrix} \text{KAT} & np \\ \text{KGR} & {}_{kongruenz}\begin{bmatrix} \text{NUM} & pl \\ \text{GEN} & fem \\ \text{KAS} & nom \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$A_2 \sqsubseteq A_1, \quad A_2 \sqsubseteq A_5, \quad A_3 \sqsubseteq A_6$$