Frank Richter:
Syntax I

Einführung in die Beschreibungssprache der HPSG

1 Fahrzeuge

1.1 Ontologie

(1) **Sorten und Appropriateness**

fahrzeug	FIRMA	*firma*
	RÄDER	*räderzahl*
	FARBE	*farbe*
	BESITZER	*person*

- *zweirad* RÄDER *zwei*
  - *fahrrad*
  - *motorrad*
- *auto*
  - *bus*
  - *lkw*
  - *pkw* RÄDER *vier*, FORM *form*
    - *cabrio*
    - *combi*
    - *limousine*

form	DACH	*dach*
	HECK	*heck*

räderzahl

eins *zwei* *drei* *vier* *fünf* *sechs*

firma: *vw*, *mercedes*, *bmw*, *opel*

dach: *geschlossen*, *offen*

heck: *fließheck*, *stufenheck*

farbe: *blau*, *gelb*, *rot*, *grün*, *silbern*, *rosa*, *weiß*, *schwarz*

person

1.2 Arbeitsauftrag 1

Bislang ist die Sorte *person* atomar. Entwerfe eine Sortenhierarchie mit Appropriateness für die Personen im Seminar. Deine Ontologie soll mindestens die folgenden Kriterien beachten: Name, Geschlecht, Student/Dozent, Grundstudium/Hauptstudium.

1.3 Beschreibungen

(2) a. *zweirad*

b. $\begin{bmatrix}\textsc{räder}\ \textit{vier}\end{bmatrix}$

c. $\begin{bmatrix}\textit{bus} \\ \textsc{farbe}\ \textit{grün}\end{bmatrix}$

d. $\begin{bmatrix}\textit{auto} \\ \textsc{farbe}\ \textit{blau} \\ \textsc{form}\ \begin{bmatrix}\textsc{dach}\ \textit{offen}\end{bmatrix}\end{bmatrix}$

(3) a. $\textit{lkw} \vee \begin{bmatrix}\textsc{räder}\ \textit{zwei}\end{bmatrix}$

b. $\begin{bmatrix}\textsc{firma}\ \neg\ \textit{mercedes}\end{bmatrix}$

c. $\textit{cabrio} \rightarrow \begin{bmatrix}\textsc{form}\ \begin{bmatrix}\textit{form} \\ \textsc{dach}\ \textit{offen}\end{bmatrix}\end{bmatrix}$

d. $\textit{cabrio} \leftrightarrow \begin{bmatrix}\textsc{form}\ \begin{bmatrix}\textit{form} \\ \textsc{dach}\ \textit{offen}\end{bmatrix}\end{bmatrix}$

e. $\begin{bmatrix}\textsc{firma}\ \textit{bmw}\end{bmatrix} \rightarrow (\ \neg\ \textit{lkw} \wedge \neg\ \textit{fahrrad}\ )$

(4) a. $\textit{auto} \wedge \textit{räderzahl}$

b. $\begin{bmatrix}\textit{limousine} \\ \textsc{räder}\ \textit{drei}\end{bmatrix}$

c. $\begin{bmatrix}\textit{zweirad} \\ \textsc{räder}\ \textit{vier} \\ \textsc{dach}\ \ \textit{eins}\end{bmatrix}$

d. $\begin{bmatrix}\textit{hubschrauber} \\ \textsc{farbe}\ \textit{rosa}\end{bmatrix}$

1.4 Arbeitsauftrag 2

1. Gib eine Beschreibung an, die auf genau eines der vorhandenen Fahrzeuge zutrifft.
2. Formalisiere die folgenden Beschreibungen. Welche Objekte werden von ihnen beschrieben?
   (a) Combis haben ein Fließheck.
   (b) Mercedes stellt nur Autos her.
   (c) Wenn das Dach offen ist, dann ist das Heck ein Fließheck.
3. Formalisiere die Beschreibung:
   Wenn etwas mehr als vier Räder hat, dann ist es ein Laster.
4. Welche der Beschreibungen werden von allen Fahrzeugen erfüllt?

1.5 Zusammenfassung

- Signatur

  1. Menge von Sorten: z.B. *fahrzeug, zweirad, ...*
  2. Sortenhierarchie:
     - Es gibt eine Sorte *top* ($\top$) oder *object* die Obersorte von allen Sorten ist.
     - Keine Sorte kann echte Obersorte von sich selbst sein.
     - Eine Sorte kann mehrere Obersorten haben.
     - Hat eine Sorte keine Untersorten, so heißt sie auch *maximal spezifische Sorte* oder *species*.
     - Statt Sorte kann man auch *Typ* sagen.
  3. Attribute: z.B. FIRMA, FARBE, RÄDER, ...
     (statt Attribut kann man auch *Merkmal* oder *Feature* sagen.)
  4. Feature Declarations (*Merkmalsdeklaration*, oder *Appropriateness conditions*): legen fest, welche Attribute an welcher Sorte definiert sind und was für Sorten an diesen Attributen angemessen sind.

- Die Interpretation einer Signatur

  - Die Elemente der Signatur sollen eine Bedeutung haben.
  - Die Bedeutung einer Sorte ist eine Menge von Objekten. Dabei ist jedes Objekt in der Bedeutung von genau éiner maximal spezifischen Sorte.
  - Die Bedeutung eines Attributs ist eine Abbildung zwischen Objekten. Dabei schränken die Merkmalsdeklarationen die möglichen Abbildungen ein. Ist beispielsweise das Attribut FARBE an der Sorte *fahrzeug* definiert und ist die Sorte *farbe* für das Attribut angemessen, so ist die Bedeutung des Attributs FARBE eine Abbildung, die jedem Objekt der Sorte *fahrzeug* genau ein Objekt der Sorte *farbe* zuordnet.
  - Ist ein Attribut an einer maximal spezifischen Sorte nicht deklariert und auch an keiner Obersorte dieser Sorte, so ist die Bedeutung dieses Attributs eine Abbildung, die keinem Objekt der Sorte irgendein anderes Objekt zuordnet.
  - Wir müssen unsere Signatur so wählen, daß die empirische Domäne eine Interpretation der Signatur ist.

- Beschreibungen

  - bestehen nur aus Material, das in der Signatur definiert ist und aus logischen Symbolen.
    * AVM: Klammerstruktur
    * Negation (**nicht** X): $\neg$
    * Konjunktion (X **und** Y): $\wedge$
    * Disjunktion (X **oder** Y): $\vee$
    * Implikation (**wenn** X **dann** Y): $\rightarrow$

- * Äquivalenz (X **genau dann wenn** Y, *iff*): $\leftrightarrow$
- $X \rightarrow Y$ ist eine Kurzform für: entweder X und Y oder nicht X, d.h.: $(X \wedge Y) \vee (\neg X)$

2 Zahlen und Fahrzeuge in Bewegung

2.1 Ontologie und Beschreibungen

(5) **Erweiterung der Sorten und Appropriateness**

zahl

  null

  nicht-null VORGÄNGER *zahl*

liste-von-personen

  leere-liste-von-personen

  nicht-leere-liste-von-personen ERSTES *person*
  RESTLICHE *liste-von-personen*

fahrzeug-in-bewegung FAHRZEUG *fahrzeug*
REISENDE *liste-von-personen*
FAHRER *person*

(6) **Identitäten** (path equations, token identities)

a. $$\begin{bmatrix} \textit{fahrzeug-in-bewegung} & \\ \text{FAHRZEUG} & \begin{bmatrix} \textit{pkw} & \\ \text{FIRMA} & \textit{mercedes} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \textit{fahrzeug-in-bewegung} & \\ \text{FAHRZEUG} & \begin{bmatrix} \textit{pkw} & \\ \text{FIRMA} & \textit{mercedes} \\ \text{BESITZER} & \boxed{1} \end{bmatrix} \\ \text{FAHRER} & \boxed{1} \end{bmatrix}$$

b. $$\begin{bmatrix} \text{FAHRZEUG} & \textit{lkw} \end{bmatrix} \rightarrow \neg \begin{bmatrix} \text{FAHRZEUG} & \begin{bmatrix} \text{BESITZER} & \boxed{1} \end{bmatrix} \\ \text{FAHRER} & \boxed{1} \end{bmatrix}$$

c. $$\begin{bmatrix} \textit{pkw} & \\ \text{FIRMA} & \boxed{1} \\ \text{FARBE} & \boxed{1} \end{bmatrix}$$

(7) **Quantoren**

a. $\exists x\ ({}^{x}[\textit{leere-liste-von-personen}])$

b. $\textit{liste-von-personen} \rightarrow \exists x\ ({}^{x}[\textit{leere-liste-von-personen}])$

c. $\forall x\ ({}^{x}[\text{VORGÄNGER } \textit{nicht-null}])$

d. $\forall x \forall y\ ((\textit{fahrzeug-in-bewegung} \wedge {}^{x}[\textit{person}] \wedge {}^{y}[\textit{person}]) \rightarrow x = y)$

Bemerkung:

- In der Beschreibung $\exists x(\ldots)$ ist $\exists$ ein Quantor, der die Variable x bindet und Skopus hat über die Beschreibung $(\ldots)$.
- Wir wollen nur solche Beschreibungen zulassen, in denen jede Variable (x, y, $\ldots$, $\boxed{1}$, $\boxed{2}$, $\ldots$) durch einen Quantor gebunden ist.
- Eine Variable der Form $\boxed{1}$ nennen wir einen *Tag*.
- Tritt in einer Beschreibung δ eine Variable x auf, die nicht explizit durch einen Quantor gebunden ist, so nehmen wir an, daß es einen Existenzquantor gibt, der den Tag bindet. D.h. δ ist eine Kurzschreibweise für $\exists x(\delta)$.

2.2 Arbeitsauftrag 3

Ersetze in den Appropriatenessbedingungen für die Sorte *fahrzeug* die Sorte *räderzahl* durch die Sorte *zahl*.

1. Schreibe die Sortenhierarchie und Appropriateness entsprechend um.
2. Was passiert mit den Appropriatenessbedingungen für die Sorte *zweirad*? Schreibe die entsprechende Bedingung als Implikation auf.
3. Schreibe die folgende Bedingung im neuen System auf:

   Wenn etwas mehr als vier Räder hat, dann ist es ein Laster.
4. Drücke aus:

   Jede Zahl ist endlich groß.

2.3 Arbeitsauftrag 4

Bastle/male Objekte, die die folgenden Beschreibungen erfüllen:

1. $\begin{bmatrix} \textsc{erstes} & \boxed{1} \\ \textsc{restliche} & \begin{bmatrix} \textsc{erstes} & \boxed{1} \\ \textsc{restliche} & \textit{leere-liste-von-personen} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$

2. $\begin{bmatrix} \textsc{restliche} & \begin{bmatrix} \textsc{restliche} & \textit{leere-liste-von-personen} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \land \neg \begin{bmatrix} \textsc{erstes} & \boxed{1} \\ \textsc{restliche} & \begin{bmatrix} \textsc{erstes} & \boxed{1} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$

3. $\begin{bmatrix} \textsc{vorgänger} & \begin{bmatrix} \textsc{vorgänger} & \textit{null} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$

4. $\boxed{1} \begin{bmatrix} \textsc{vorgänger} & \boxed{1} \end{bmatrix}$

3 Grammatik

Eine Grammatik ist eine Signatur zusammen mit einer Menge von Beschreibungen, die nur aus Material der Signatur sowie den logischen Symbolen (inklusive Variablen) bestehen.
Diese Menge von Beschreibungen heißt *Theorie*. Die Beschreibungen in einer Theorie heißen *Prinzipien* oder *constraints*.
Wir wollen unsere Grammatik so schreiben, daß

- die empirische Domäne eine Interpretation der Signatur ist und
- jedes Prinzip der Theorie jedes Objekt der Domäne beschreibt.

Ist es uns gelungen, eine solche Grammatik zu schreiben, so sagen wir, daß die empirische Domäne ein *Modell* unserer Grammatik ist.

(8) **Theorie über** *liste-von-personen*

Wir haben nur die Sorten *person* und *liste-von-personen* mit Untersorten.

a. Theorie 1:

- *leere-liste-von-personen*

b. Theorie 2:

- *nicht-leere-liste-von-personen* $\lor$ *person*

c. Theorie 3:

- *nicht-leere-liste-von-personen* $\rightarrow \begin{bmatrix} \textsc{restliche} & \textit{leere-liste-von-personen} \end{bmatrix}$

3.1 Arbeitsauftrag 5

Schreibe ein Theorie zur Fahrzeugsignatur. Die Beispieldomäne des Seminars soll ein Modell der Grammatik sein.
Die Theorie soll mindestens die folgenden Prinzipien enthalten:

1. Es gibt keine Fahrräder.
2. Alle Laster sind von Mercedes.
3. Alle Combis haben ein Fließheck.
4. Drücke eine weitere Eigenschaft der Domäne als Prinzip aus.

4 Exhaustive Modelle

- Enthält mindestens eine Kopie von jedem Objekt, das von der Grammatik zugelassen ist.
- "Constraint-basiert": alles was die Signatur erlaubt ist im Modell, es sei denn, es wird explizit von der Theorie ausgeschlossen,
- Erlaubt uns, die Vorhersagen der Grammatik zu überprüfen.

4.1 Arbeitsauftrag 6

1. Male ein Objekt, das im exhaustiven Modell der Grammatik von AA5 enthalten ist, das aber nicht in der Domäne vorkommt.
2. Wir haben nur die Sorten *person*, *zahl*, *liste-von-personen*.

   Bastle/male alle Objekte, die folgende Theorie erfüllen:

   - $\textit{liste-von-personen} \vee \textit{person}$
   - $\textit{liste-von-personen} \rightarrow$
     $\left(\left[\textsc{restliche} \left[\textsc{restliche}\ \textit{leere-liste-von-personen}\right]\right] \vee \right.$
     $\left. \left[\textsc{restliche}\ \boxed{1}\ \left[\textsc{restliche}\ \boxed{1}\right]\right] \right)$

5 Relationen

5.1 Ontologie und Beschreibungen

(9) **Erweiterung der Ontologie um Relationsnamen und Stelligkeit**

`member/2`

`keine-doppelten/1`

`append/3`

Wir wollen ausdrücken: Bei einem Fahrzeug in Bewegung ist der Fahrer immer auch einer der Reisenden.

(10) $\textit{fahrzeug-in-bewegung} \rightarrow \left(\begin{bmatrix} \text{REISENDE} & \boxed{1} \\ \text{FAHRER} & \boxed{2} \end{bmatrix} \wedge \texttt{member}(\boxed{2}, \boxed{1}) \right)$

(11) **Die Relation** `member`

a. $\texttt{member}(x, y)$ gilt genau dann wenn x ein Element der Liste y ist.

b. $\texttt{member}(x, y)$ gilt genau dann wenn

- x identisch ist mit yERSTES, oder
- $\texttt{member}(x, y\text{RESTLICHE})$ gilt.

c. Formalisierung:

$$\forall x \forall y\ (\texttt{member}(x, y) \leftrightarrow \exists \boxed{1}\ (\ {}^{y}\big[\text{ERSTES}\ x\big] \vee {}^{y}\big[\text{RESTLICHE}\ \boxed{1}\big] \wedge \texttt{member}(x, \boxed{1})\ )\ )$$

Meistens werden Relationen über Listen definiert. Hierzu können wir die folgende Signatur für Listen annehmen.

(12) *list*

empty-list (elist)		
non-empty-list (nelist)	FIRST	*top*
	REST	*list*

(13) **Die Relation** `append`

a. Intuitive Charakterisierung der Relation:

$\texttt{append}(x, y, z)$ gilt genau dann wenn die Liste z die Verknüpfung der Liste x mit der Liste y ist.

b. Informelle Charakterisierung:

Drei Listen l_1, l_2 und l_3 stehen genau dann in der Relation `append` wenn

- l_1 eine leere Liste ist und $l_2 = l_3$, oder
- das erste Element von l_1 auch das erste Element von l_3 ist und die Restliste von l_1 mit der Liste l_2 und der Restliste von l_3 in der Relation `append` ist.

c. $\texttt{append}(x, y, z)$ gilt genau dann wenn

- x von der Sorte *elist* ist und $y = z$, oder
- xFIRST identisch ist mit zFIRST und $\texttt{append}(x\text{REST}, y, z\text{REST})$ gilt.

d. Definition:

$$\forall x \forall y \forall z \ (\ \texttt{append}(x, y, z) \leftrightarrow$$

$$((^{x}[\textit{elist}] \wedge y = z) \vee$$

$$\exists \boxed{1} \exists \boxed{2} \exists \boxed{3} \left({}^{x}\begin{bmatrix} \text{FIRST} & \boxed{1} \\ \text{REST} & \boxed{2} \end{bmatrix} \wedge {}^{z}\begin{bmatrix} \text{FIRST} & \boxed{1} \\ \text{REST} & \boxed{3} \end{bmatrix} \wedge \texttt{append}(\boxed{2}, y, \boxed{3}) \right)))$$

Wir können Relationen benutzen, um neue Relationen zu definieren.

(14) a. Wollen sagen: in der REISENDE-Liste kommt jede Person nur einmal vor. Wir definieren dazu eine Relation `keine-doppelten`

b. $\texttt{keine-doppelten}(x)$ gilt genau dann, wenn

1. x eine leere Liste ist, oder
2. xERSTES kein Element von xRESTLICHE ist und xRESTLICHE auch keine Doppelten hat.

c. Formalisierung der Relation `keine-doppelten`:

$$\forall x \ (\texttt{keine-doppelten}(x) \leftrightarrow \exists \boxed{1} \exists \boxed{2}$$

$$(\ ^{x}[\textit{leere-liste-von-personen}] \vee$$

$$^{x}\begin{bmatrix} \text{ERSTES} & \boxed{2} \\ \text{RESTLICHE} & \boxed{1} \end{bmatrix} \wedge \neg \ \texttt{member}(\boxed{2}, \boxed{1}) \wedge \texttt{keine-doppelten}(\boxed{1}) \ ))$$

d. Formalisierung der Beschränkung:

$$\textit{fahrzeug-in-bewegung} \rightarrow (\ \begin{bmatrix} \text{REISENDE} & \boxed{1} \end{bmatrix} \wedge \texttt{keine-doppelten}(\boxed{1}) \ )$$

5.2 Arbeitsauftrag 7

1. Schreibe die folgende Beschränkung auf:

   In einem Auto fährt immer auch der Eigentümer mit.

2. Definiere die Relation `gleich-groß` derart, daß $\texttt{gleich-groß}(x, y)$ genau dann gilt, wenn

   (i) x und y beide *null* sind, oder

   (ii) wenn xVORGÄNGER und yVORGÄNGER gleich groß sind.