

# Attribute und Werte im Düsseldorfer Frame-Modell

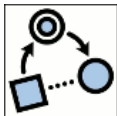
Wiebke Petersen

Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

SFB 991:

The Structure of Representations in Language, Cognition, and Science

[www.phil-fak.uni-duesseldorf.de/~petersen/](http://www.phil-fak.uni-duesseldorf.de/~petersen/)



**SFB 991**

27. Februar 2013, Düsseldorf

# outline

- 1 **Framehypothese**
- 2 **Frames**
- 3 **Attribute**
- 4 **Typen**
- 5 **Ausblick**

# outline

- 1 **Framehypothese**
- 2 Frames
- 3 Attribute
- 4 Typen
- 5 Ausblick

# Framehypothese (Löbner 2012)

- H1** The human cognitive system operates with one general format of representations.
- H2** If the human cognitive system operates with one general format of representations, this format is essentially Barsalou frame.

## A frame model is needed, that

- is sufficiently expressive to capture the diversity of representations
- sufficiently precise and restrictive in order to be testable

Ziel: Begriffstheorie, die auf Frames zur Begriffsrepräsentation basiert.

## *Barsalou (1992) Frames, Concepts, and Conceptual Fields*

- Frames provide the fundamental representation of knowledge in human cognition.
- At their core, frames contain **attribute-value sets**.
- Frames further contain a variety of relations.
  - **Constraints**

## Ziel

Formalisierung von Barsalou's kognitiver Frametheorie

- Überbrückung der Lücke zwischen kognitiver Linguistik und kompositioneller Semantik.

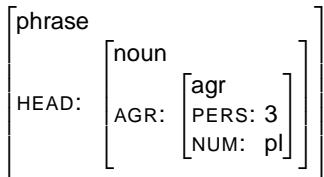
Hypothese: Frames können als Generalisierung von getypten Merkmalstrukturen aufgefasst werden (im Sinne von Carpenter 1992)

# outline

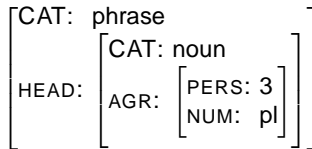
- 1 Framehypothese
- 2 Frames**
- 3 Attribute
- 4 Typen
- 5 Ausblick

# Merkmalestrukturen

getypt

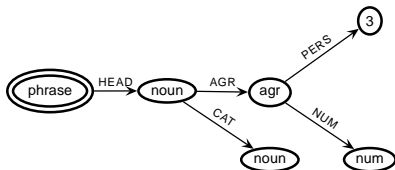
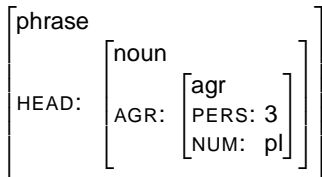


ungetypt

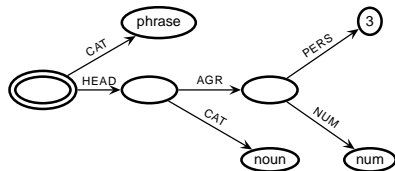
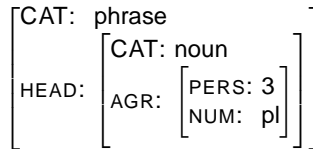


# Merkmalstrukturen

getypt

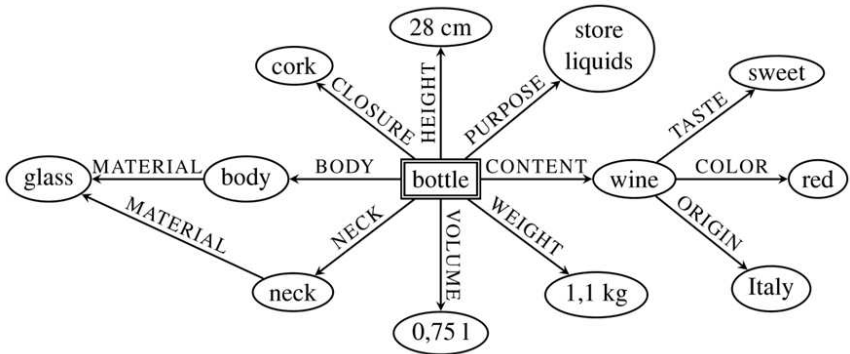


ungetypt



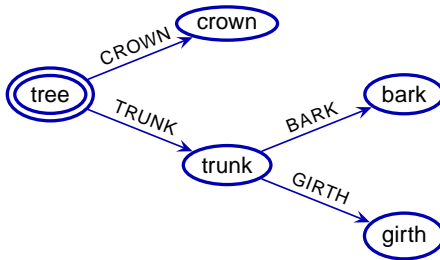


# Beispiel: Frame für eine spezifische Weinflasche



(aus Gamerschlag et. al.)

# Frames als generalisierte Merkmalstrukturen



$$\left[ \begin{array}{l} \text{tree} \\ \text{CROWN : crown} \\ \text{TRUNK : } \left[ \begin{array}{l} \text{trunk} \\ \text{BARK : bark} \\ \text{GIRTH : girth} \end{array} \right] \end{array} \right]$$

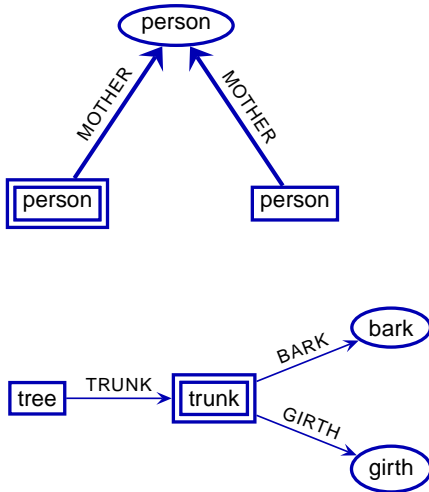
## Merkmalstrukturen (Carpenter 1992)

Merkmalstrukturen

sind zusammenhängende gerichtete Graphen mit

- einem Zentralknoten, der eine Wurzel des Graphen ist,
- mit Typen ausgezeichneten Knoten
- mit Attributen ausgezeichneten Kanten
- kein Knoten hat zwei ausgehende Kanten mit gleicher Auszeichnung

# Frames als generalisierte Merkmalstrukturen



## Frames (Petersen 2007)

Frames

sind zusammenhängende gerichtete Graphen mit

- einem Zentralknoten
- mit Typen ausgezeichneten Knoten
- mit Attributen ausgezeichneten Kanten
- kein Knoten hat zwei ausgehende Kanten mit gleicher Auszeichnung

Offene Argumente werden markiert.

Frames sind Merkmalstrukturen ohne Wurzelknoten.

# Formale Framedefinition

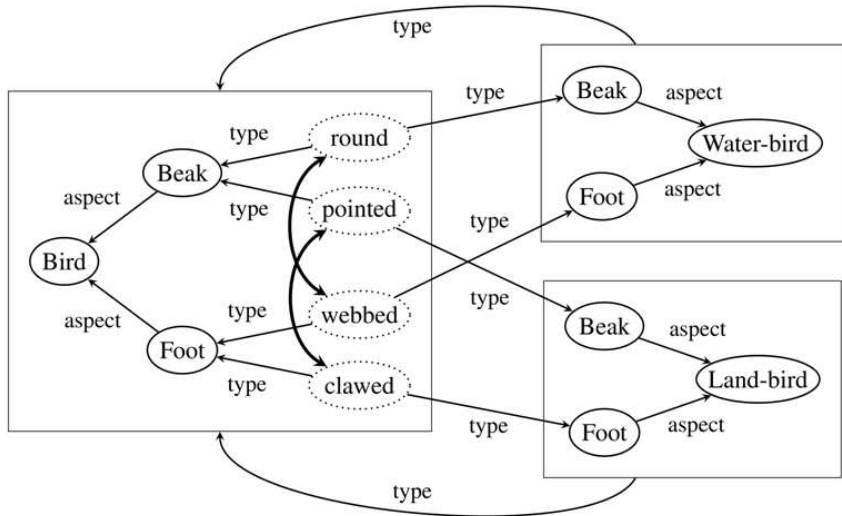
## Definition

Given a set TYPE of types and a finite set ATTR of attributes. A *frame* is a tuple  $F = (Q, \bar{q}, \delta, \theta)$  where:

- $Q$  is a finite set of nodes,
- $\bar{q} \in Q$  is the central node,
- $\delta : \text{ATTR} \times Q \rightarrow Q$  is the partial *transition function*,
- $\theta : Q \rightarrow \text{TYPE}$  is the total *node typing function*,

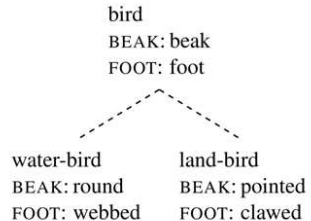
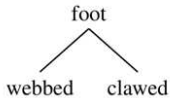
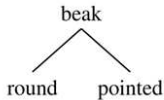
such that the underlying graph  $(Q, E)$  with edge set  $E = \{\{q_1, q_2\} \mid \exists a \in \text{ATTR} : \delta(a, q_1) = q_2\}$  is connected.

# zurück zu Barsalou

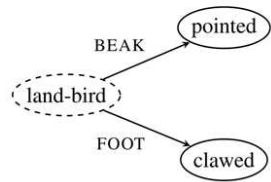
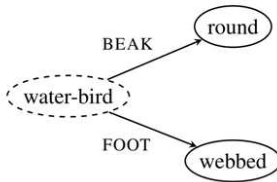
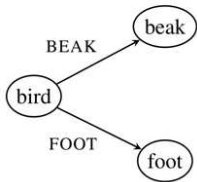


(aus Gamerschlag et. al.)

# kodierte Information



BEAK: round ↔ FOOT: webbed  
 BEAK: pointed ↔ FOOT: clawed



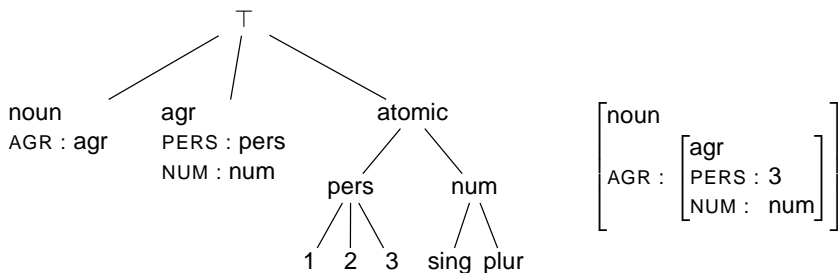
(aus Gamerschlag et. al.)

# Warum getypte Merkmalstrukturen?

## Konventionen der Modellierung (Carpenter 1992:34)

- The nodes of a feature structure are taken to represent objects, and we assume that every node is labeled with a type symbol which represents the most specific conceptual class to which the object is known to belong.
- An arc between two nodes indicates that the object represented by the source node has a feature, represented by a feature symbol, which has a value represented by the target node.
- We think of our types as organizing feature structures into natural classes.

# Warum getypte Merkmalstrukturen?



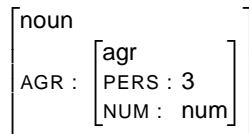
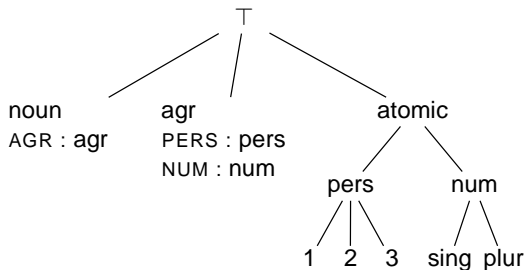
## Typsignatur

Eine **Typsignatur** ist ein Tripel, bestehend aus einer Typhierarchie,  $\langle T, \sqsubseteq \rangle$ , einer endlichen Attributmenge  $\text{ATTR}$  und einer **Appropriateness Spezifikation**,  $\text{Approp} : \text{ATTR} \times T \rightarrow T$ , die folgende Bedingungen erfüllt:

- Attributeinführung
- Vererbungskonsistenz



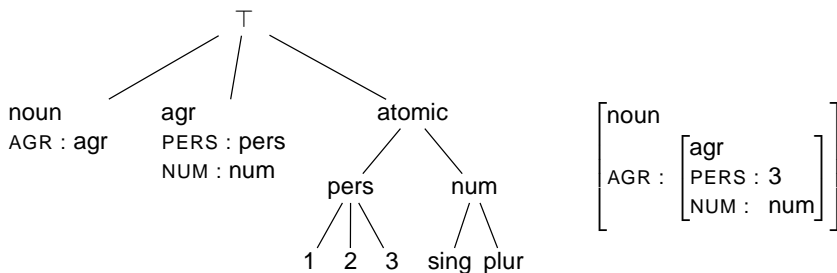
# Warum getypte Merkmalstrukturen?



## Typsignaturen

- erfassen hierarchische Relationen
- erfassen Generalisierungen
- modellieren Constraints
- ermöglichen Unterspezifikation in Frames

# Warum getypte Merkmalstrukturen?



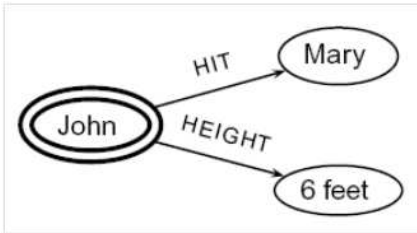
## Allerdings

- systematische aber unerklärte Redundanz in Attribut- und Typbeschriftungen
- unklarer Status der Typen (Carpenter 1992: types represent conceptual classes)
- was ist ein Attribut?

# outline

- 1 Framehypothese
- 2 Frames
- 3 Attribute**
- 4 Typen
- 5 Ausblick

# Was ist ein Attribut?



## Woods 1975: What's in a link?

Y ist der Wert des Attributs A für X, wenn wir sagen können, dass Y der/die/das A von X ist.

# Was ist ein Attribut?

## Barsalou, 1992

“I define an attribute as a **concept** that describes an aspect of at least some category member.”

“Values are subordinate concepts of an attribute.”

# Guarino 1992 über Attribute

## Denotation

Attributbegriffe denotieren Mengen von Entitäten:

$$\delta : \mathcal{R} \rightarrow 2^{\mathcal{U}}$$

$$\delta(\text{color}) = \{c \mid c \text{ is the color of something}\}$$

## Funktionsinterpretation

Attributbegriffe haben zusätzlich zur Denotation eine Interpretation als Funktion:

$$\varrho : \mathcal{R} \rightarrow 2^{\mathcal{U} \times \mathcal{U}}$$

$$\varrho(\text{color}) = \{e \mapsto c \mid c \text{ is the color of } e\}$$

## Konsistenzgesetz (Guarino, 1992)

Jeder Wert einer Attributfunktion ist eine Instanz der Denotation des Attributs.

Wenn  $(e \mapsto c) \in \varrho(\text{color})$ , dann  $c \in \delta(\text{color})$ .

# Guarino 1992 über Attribute

## Denotation

Attributbegriffe denotieren Mengen von Entitäten:

$$\delta : \mathcal{R} \rightarrow 2^{\mathcal{U}}$$

$$\delta(\text{color}) = \{c \mid c \text{ is the color of something}\}$$

## Funktionsinterpretation

Attributbegriffe haben zusätzlich zur Denotation eine Interpretation als Funktion:

$$\varrho : \mathcal{R} \rightarrow 2^{\mathcal{U} \times \mathcal{U}}$$

$$\varrho(\text{color}) = \{e \mapsto c \mid c \text{ is the color of } e\}$$

## Konsistenzgesetz (Guarino, 1992)

Jeder Wert einer Attributfunktion ist eine Instanz der Denotation des Attributs.

Wenn  $(e \mapsto c) \in \varrho(\text{color})$ , dann  $c \in \delta(\text{color})$ .

# Guarino 1992 über Attribute

## Denotation

Attributbegriffe denotieren Mengen von Entitäten:

$$\delta : \mathcal{R} \rightarrow 2^{\mathcal{U}}$$

$$\delta(\text{color}) = \{c \mid c \text{ is the color of something}\}$$

## Funktionsinterpretation

Attributbegriffe haben zusätzlich zur Denotation eine Interpretation als Funktion:

$$\varrho : \mathcal{R} \rightarrow 2^{\mathcal{U} \times \mathcal{U}}$$

$$\varrho(\text{color}) = \{e \mapsto c \mid c \text{ is the color of } e\}$$

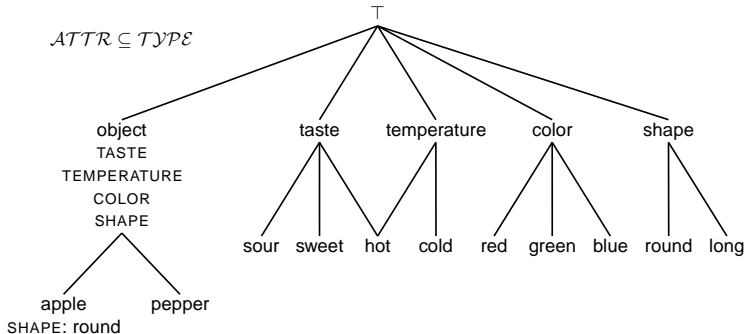
## Konsistenzgesetz (Guarino, 1992)

Jeder Wert einer Attributfunktion ist eine Instanz der Denotation des Attributs.

Wenn  $(e \mapsto c) \in \varrho(\text{color})$ , dann  $c \in \delta(\text{color})$ .



# Typsignatur



## Barsalou, 1992: *Frames, Concepts, and Conceptual Fields*

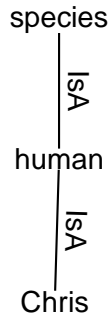
“I define an attribute as a **concept** that describes an aspect of at least some category member.”

“Values are subordinate concepts of an attribute.”

# outline

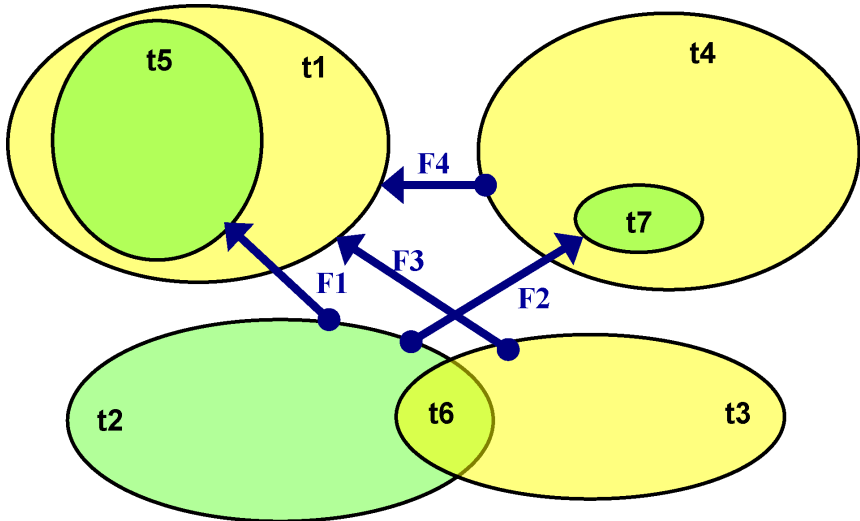
- 1 Framehypothese
- 2 Frames
- 3 Attribute
- 4 Typen**
- 5 Ausblick

# Was sind Typen? Wie sind sie geordnet?

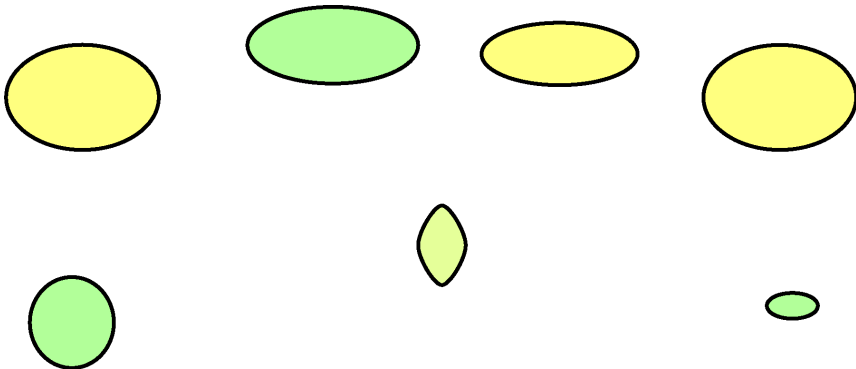


(aus Guarino & Welty 2002)

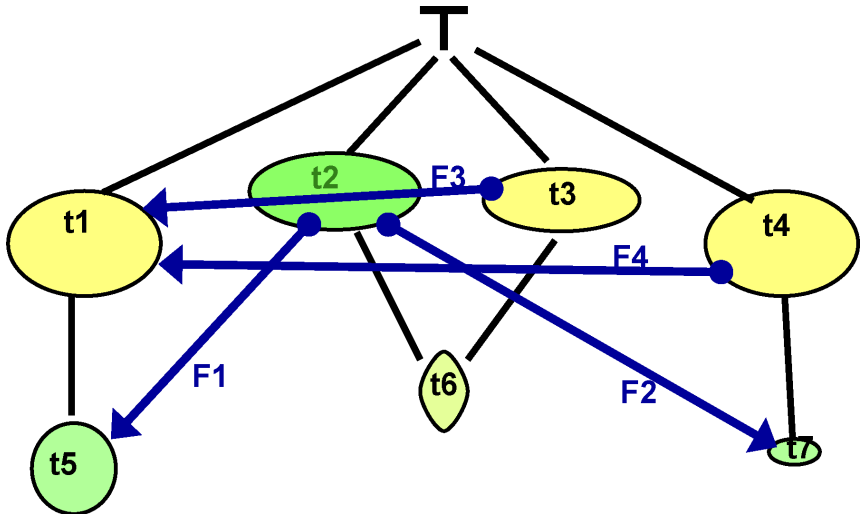
# radikale Attritorientierung



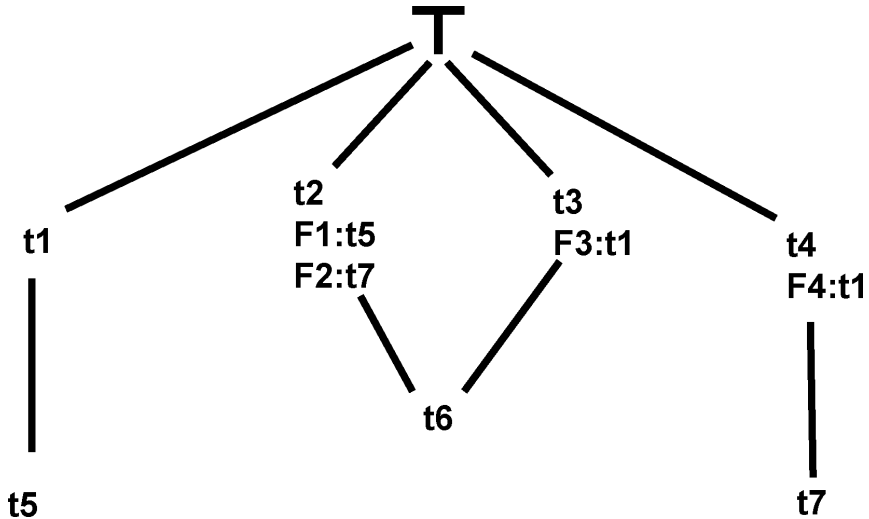
# radikale Attritorientierung



# radikale Attritorientierung



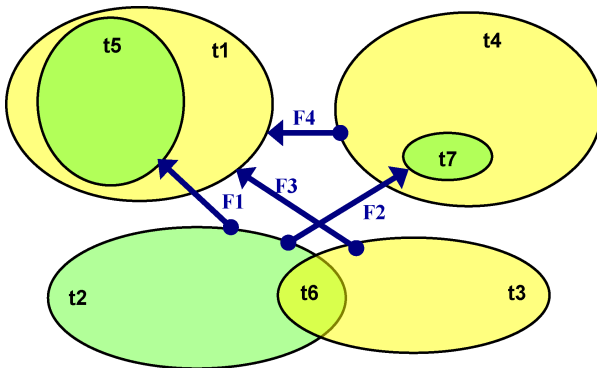
# radikale Attritorientierung



# Attributraum

## Definition

Ein **Attributraum** ist ein Paar  $(\mathcal{U}, \mathcal{A})$  bestehend aus einem Universum  $\mathcal{U}$  und einer endlichen Menge von Attributen (partielle Funktionen von  $\mathcal{U}$  nach  $\mathcal{U}$ ).



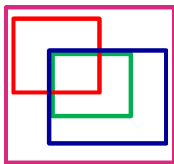


# Typen

## Definition

Gegeben einen Attributraum  $(\mathcal{U}, \mathcal{A})$  und eine Menge relevanter Teilmengen  $\mathcal{S}$  ( $\mathcal{S} \subseteq 2^{\mathcal{U}}$ ). Die Menge der **Typen**  $\mathcal{T}$  ist  $\mathcal{T} = 2^{\mathcal{S}} / \sim$  mit:

- $\forall \varphi, \psi \subseteq \mathcal{S} : \varphi \sim \psi$  iff  $\bigcap \varphi = \bigcap \psi$ .



$$\{\square, \square\} \sim \{\square, \square, \square\}$$

Beispiel:

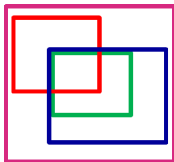
Domäne(Mutter)  $\sim$  Domäne(Vater)

# Typen

## Definition

Die **Typhierarchie**  $(\mathcal{T}, \sqsubseteq)$  ist definiert durch

- $[\varphi] \sqsubseteq [\psi]$  iff  $\cup[\varphi] \subseteq \cup[\psi]$
- oder extensional (äquivalent):  $[\varphi] \sqsubseteq [\psi]$  iff  $\cap\varphi \supseteq \cap\psi$



$$[\{\square, \square\}] \sqsubseteq [\{\square, \square\}]$$

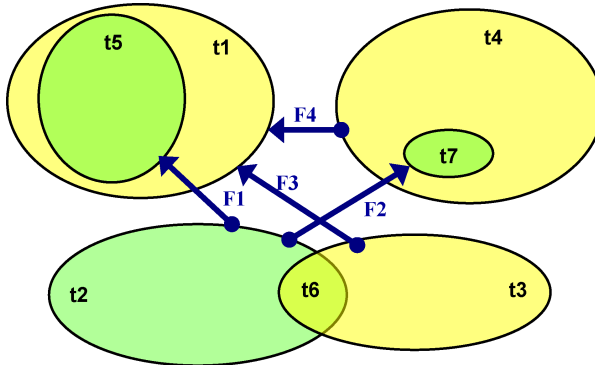
Beispiel:

$$\text{Domäne}(\text{Form}) \sqsubseteq \text{Domäne}(\text{Größe})$$

# Beispiel einer relevanter Teilmengen

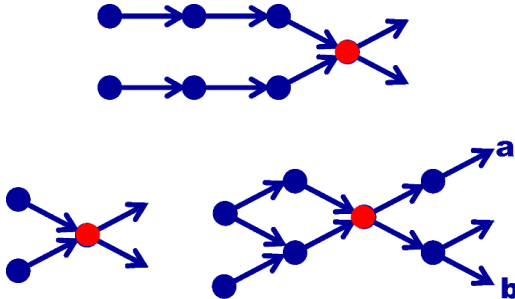
$S = \mathcal{A}_d \cup \Pi_r$  mit:

- $\mathcal{A}_d$  ist die Menge der Attributdomänen.
- $\Pi_r$  ist die Menge der Pfadwertbereiche.



# Anpassung der Granularität der Typhierarchie

Die Granularität der Typhierarchie kann einfach angepasst werden, indem eine geeignete Menge relevanter Teilmengen  $S$  gewählt wird.



Beispiele attributdefinierter relevanter Teilmengen

## FCA<sub>Type</sub> (Petersen 2008)

- FCA<sub>Type</sub> ist ein System zur automatischen Induktion von Typsignaturen aus Mengen ungetypter Merkmalstrukturen.
- Es verwendet Methoden der formalen Begriffsanalyse (Ganter & Wille 1998).
- Zugrundegelegte relevante Teilmengen: Attributdomänen und kombinierte Pfadwerte.

# Beispiel: Inputframes

$$\text{Uther} = \left[ \begin{array}{l} \text{CAT: } \text{np} \\ \text{HEAD: } \left[ \begin{array}{l} \text{AGR: } \left[ \begin{array}{l} \text{PERS: third} \\ \text{NUM: sing} \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right]$$

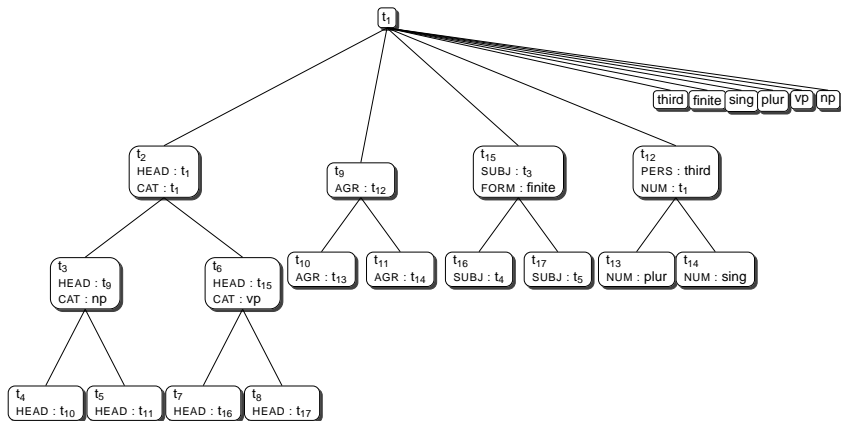
$$\text{knights} = \left[ \begin{array}{l} \text{CAT: } \text{np} \\ \text{HEAD: } \left[ \begin{array}{l} \text{AGR: } \left[ \begin{array}{l} \text{PERS: third} \\ \text{NUM: plur} \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right]$$

$$\text{sleeps} = \left[ \begin{array}{l} \text{CAT: } \text{vp} \\ \text{FORM: } \text{finite} \\ \text{HEAD: } \left[ \begin{array}{l} \text{SUBJ: } \left[ \begin{array}{l} \text{CAT: } \text{np} \\ \text{HEAD: } \left[ \begin{array}{l} \text{AGR: } \left[ \begin{array}{l} \text{PERS: third} \\ \text{NUM: sing} \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right]$$

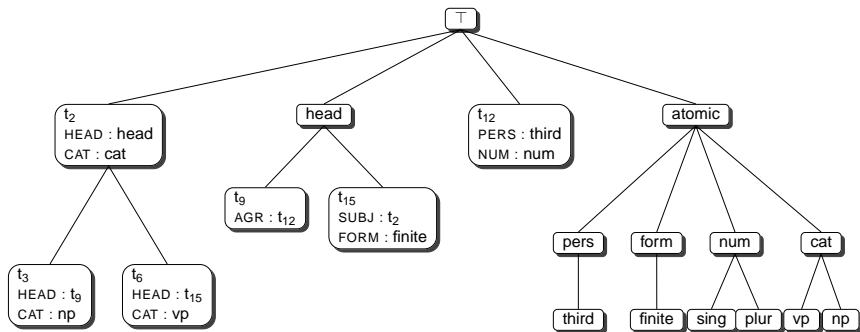
$$\text{sleep} = \left[ \begin{array}{l} \text{CAT: } \text{vp} \\ \text{FORM: } \text{finite} \\ \text{HEAD: } \left[ \begin{array}{l} \text{SUBJ: } \left[ \begin{array}{l} \text{CAT: } \text{np} \\ \text{HEAD: } \left[ \begin{array}{l} \text{AGR: } \left[ \begin{array}{l} \text{PERS: third} \\ \text{NUM: plur} \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right]$$

(aus Shieber 1986)

# ungefaltete Typsignatur

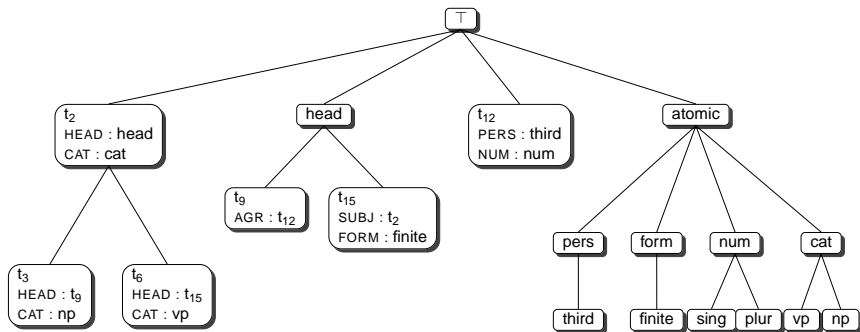


# gefaltete Typsignatur





# gefaltete Typsignatur



Carpenter 1992: “We think of our types as organizing feature structures into natural classes.”

## Erfassung von Constraints

Die Granularität der Typhierarchie kann angepasst werden, um Constraints zu erfassen:

- Urbilder von Werten (z.B.  $COLOR^{-1}(\text{red})$ ; *wenn eine Tomate rot ist, ist sie reif*)
- Urbilder von Wertbereichen (e.g.  $AGE^{-1}(\leq 18)$ ; *ein Mensch unter 18 ist ein Kind*).
- Attributdomänen (z.B., SHAPE, SIZE; *wenn etwas eine Form hat, so hat es auch eine Größe*)
- Pfadwertebereiche (z.B., HAIR COLOR; *nicht jede Farbe ist eine mögliche Haarfarbe*)
- Pfadgleichungen (z.B.,  $COLOR = COVER:COLOR$ ; *die Farbe eines Buches ist die Farbe des Umschlags*)
- monotone Constraints (“je älter eine Briefmarke ist, desto teurer ist sie”)
- ...

# outline

- 1 Framehypothese
- 2 Frames
- 3 Attribute
- 4 Typen
- 5 Ausblick**

## Vorteile von Frames gegenüber PL1?

- transparent (speziell für Komposition)
- variabelfrei
- keine fixe Stelligkeit von Prädikaten
- keine fixe Ordnung der Argumente

# Ausblick

## Unser Ziel ist ein Framemodell, das

- mächtig ist, da es Rekursivität ausschöpft (vgl. Fillmore Frames)
- ausdrucksstark ist durch Typspezifikationen
- präzise ist, da es die Interpretation von Typen und Attributen beschränkt (vgl. semantische Netze)
- formalisiert (mathematische Definitionen und modelltheoretische Interpretation)
- empirisch fundiert (Evidenz aus Kognitionswissenschaften und Psycholinguistik)

## Ziel

Framebasierte kognitive Semantik, die Dekomposition und Komposition einheitlich behandelt.

# literature

- Barsalou, L. (1992): Frames, Concepts, and Conceptual Fields. In Lehrer and Kittay (eds.): *Frames, Fields, and Contrasts*.
- Carpenter, B. (1992): *The Logic of Typed Feature Structures*. Cambridge: CUP.
- Ganter, B. and Wille, R. (1998): *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*. Berlin: Springer.
- Guarino, N. (1992): Concepts, attributes and arbitrary relations — some linguistic and ontological criteria for structuring knowledge bases. *Data Knowl. Eng.* 8, 249-261
- Petersen, W. (2007): Representation of Concepts as Frames. In: *The Baltic International Yearbook of Cognition, Logic and Communication*, Vol. 2, p. 151-170.
- Petersen, W. (2008): Type Signature Induction with FCAType. In: S. B. Yahia, E. Mephu Nguifo, R. Belohlavek (eds.): *Concept Lattices and Their Applications*. LNAI 4923, p. 276-281, Springer.
- Shieber, S. M. (1986): *An Introduction to Unification-Based Approaches to Grammar*. Stanford: CSLI Publications.