



Vorlesung Künstliche Intelligenz Wintersemester 2008/09

## Teil III: Wissensrepräsentation und Inferenz

### Kap.8: Semantische Netze und Begriffliche Graphen

Mit Material von Mirjam Minor, Marc Latoschik, John Sowa <<http://www.jfsowa.com/cg/index.htm>> und Henrik Schärfe <<http://www.huminf.aau.dk/cg/>> .

#### Semantische Netze



*Semantisches Netz* ist ein Sammelbegriff für Wissensrepräsentationsformalisen in Form von gerichteten Graphen:

- Knoten = Konzepte/Objekte
- Kanten = Relationen

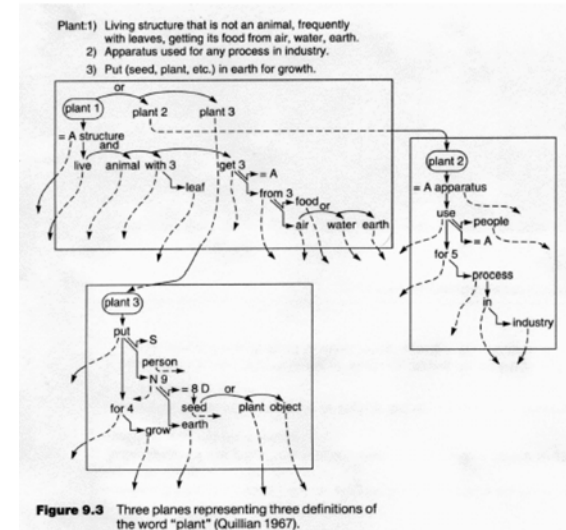
Knoten und Kanten können auf unterschiedlichen Ebenen verstanden werden (Brachman, 1979):

- **Implementierungsebene:** Kanten sind Zeiger auf andere Objekte.
- **Logische Ebene:** Semantisches Netz entspricht logischen Formeln.
- **Epistemologische Ebene:** Definition von Konzepten durch Beziehungen zu anderen Konzepten (→ *Beschreibungslogiken*).
- **Konzeptuelle Ebene:** Knoten repräsentieren sprachunabhängige Konzepte, Kanten repräsentieren thematische Rollen, bspw. AGENT, INSTRUMENT, ... (z.B. *Begriffliche Graphen*, Conceptual Dependency Theory).
- **Linguistische Ebene:** Knoten sind Wörter, Kanten Verweise auf andere Wörter (wie in Lexikon); Wörter tragen Kontext-abhängige Bedeutung (z.B. *Quillian, 1967*).

#### Quillian, 1967



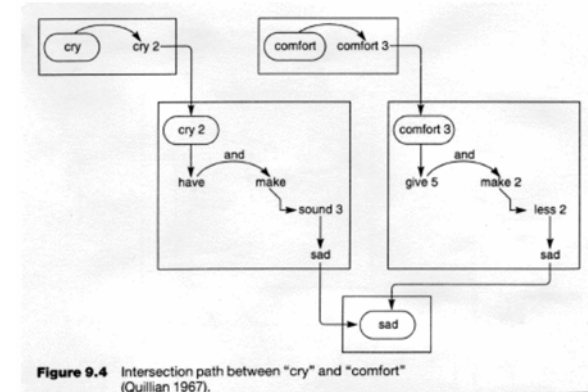
- Das semantische Netz repräsentiert ein (englisches) Lexikon.
- Knoten repräsentieren Wörter (in ihren verschiedenen Bedeutungen).
- Kanten sind Assoziationen.
- Zielanwendung: sprachverstehendes System, das in Abhängigkeit vom Kontext die Bedeutung eines Wortes versteht.



#### Quillian, 1967



- Quillian's Programm findet Beziehungen zwischen Paaren von Wörtern.
- Kürzester Pfad zwischen zwei Wörtern wird durch „Marker Passing“ entlang Kanten gefunden (symbolische Variante der Aktivationsausbreitung in Neuronalen Netzen).



Beispiel für Schlussfolgerung des Programms:

- *cry2 is among other things to make a sad sound.*
- *To comfort3 can be to make2 something less sad.*

## Vorteile Semantischer Netze

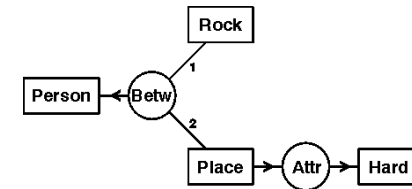
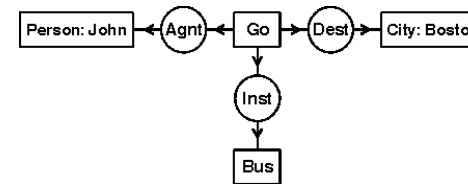


- Sie orientieren sich stark an der natürlichen Sprache (verschwommene Begriffe, logische Widersprüche).
- Sie dienen der strukturierten Wissensdarstellung.
- Sie sind visuell überschaubar.
- Zugriffe entlang der Kanten sind effektiv (Vererbung, transitive Relationen).
- Einfache Implementierung durch Records und Pointer.

## Begriffliche Graphen [Conceptual Graphs]



wurden 1984 von John Sowa eingeführt:



5

## Nachteile Semantischer Netze



- Das ursprüngliche Wissen wird nur unvollständig wiedergegeben.
- Inferenz erfordert aufwändiges Pattern Matching (i.A. NP-vollständig).
- Es ist nicht klar, wie ein Fehlschlag interpretiert werden soll.
- Die passende Inferenz-Strategie hängt vom Kontext ab.
- Die Konsistenz des Netzes lässt sich - je nach Ansatz - nicht überprüfen.
- Negative Informationen sind problematisch.

→ Sie haben keine klare Semantik!  
(Dies führte zur Entwicklung der Beschreibungslogiken.)

6

## Begriffliche Graphen



[John]←(agnt)←[love]→(ptnt)→[Mary]

- Ein **begrifflicher Graph** ist ein beschrifteter bipartiter Graph:
  - **Begriffsknoten** repräsentieren Begriffe, Merkmale, oder Ereignisse.
  - **Relationsknoten** beschreiben Beziehungen zwischen den Begriffsknoten.
- **Alternative Definition:** Ein begrifflicher Graph ist ein ecken- und kantenbeschrifteter Multi-Hypergraph:
  - Die Knoten repräsentieren die Begriffe. Die Kanten beschreiben die Beziehungen.
  - Beziehungen wie "zwischen" können mehr als zwei Begriffe verbinden, deswegen "Hyper".
  - Knoten können mit mehreren Kanten verbunden sein, deswegen "Multi".

8

## Definition of a concept



A concept is always made up of two entities:

- its *concept type*
- its *referent*

### Concepts with both a type and a referent

The concept is drawn like this:

[Type: Referent]

where the type and the referent are separated by a colon.  
For example:

[Person: John]

"There exists a person whose name is John,,"

Here, "Person" is the concept type, and "John" is the referent.

### Concepts with only a type

If the referent is blank, the concept is drawn like this:

[Type]

For example:

[Bus]

"There exists a bus"

The type can never be blank.

9

## Concept Types



The *concept type* of a concept says what *kind* of concept we are dealing with.

For example, these could all be types in our ontology:

Entity > Bus, Person, Tree, Location, Act, Animal.

Person > Student, Employee.

Employee > Professor.

Tree > SycamoreTree.

Location > City.

Act > Go, Leave, Eat, Catch.

Animal > Cat, Dog, Bird, Mouse.

### What is a type?

A type is a *label* or *name* we give to a *group* of entities with similar traits. If we can categorize a number of individuals (e.g., "John", "Alfred", "Mary") in the same group (e.g., "Person"), then we can call the name of the group, together with the definition of the group, a "type".

### Subtypes and supertypes

A type can be a subtype of another type. For example, in the above ontology, "Cat" is a subtype of "Animal", while "Student" is a subtype of "Person".

10

## Referents



An *individual* from any of the groups that these types define can be the *referent* of a concept.

For example:

[Person: John]

"There exists a person whose name is John".

"Person" is the type, while "John" is the referent. In other words, "John" is the particular *individual* (or referent) which we are referring to, and he is an *instance* of the *type* "Person".

11

## Blank referents



The referent may be left blank, as in the following conceptual graph:

[Bus]->(Dest)->[City: Aalborg]

Here, the concept "[Bus]" has no referent. The concept simply means "A bus" or "There is a bus".

Anytime the referent is left blank, it means "There is an X" or simply "An X", where "X" is the concept type.

The whole conceptual graph means:

"There is a bus which has a destination (Dest) which is a City, the referent of which is Aalborg."

12



A *relation type* is simply a *name* which we give to the relation. It tells us what kind of relation we are dealing with. The type also *determines* the valence of the relation (ie, the number of arcs that belong to it ) and its signature (the types of the concepts that are attached to those arcs).

For example, all of these are relation types:

- On (on)
- In(in)
- Dest(destination)
- Agnt(agent)
- Thme(theme)
- Ptnt(patient)
- Rcpt(recipient)

A very important relation is "Agnt" or "agent". It relates an act (such as "Sing") and an animate being (such as "Bird") which performs the act.

13

Example



[Sing]->(Agnt)->[Bird]->(In)->[SycamoreTree]

This conceptual graph says:

*"There is a bird which is the agent of Sing. This same bird is in a sycamore tree".*

Or, put into better English:

*"A bird is singing in a sycamore tree".*

- This graph has two relations, "Agnt" (agent) and "In" (in).
- The valence of Agnt is 2, and it relates an act with an animate being.
- The valence of In is 2, and it relates two physical entities in a spatial relationship.

14



[Sing]->(Agnt)->[Bird]->(In)->[SycamoreTree]

$$\exists x,y,z: \text{Sing}(x) \wedge \text{Bird}(y) \wedge \text{SycamoreTree}(z) \wedge \text{Agnt}(x,y) \wedge \text{In}(y,z)$$

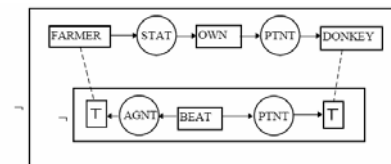
- Die Semantik der Begrifflichen Graphen (soweit wir sie bisher kennen!) lässt sich durch direkte Übersetzung in die Prädikatenlogik bewerkstelligen.
- Wir haben bisher keine Negation verwendet, und kein Oder.
- Logische Inferenz wird auf dieser Ebene durch Graph Matching implementiert.

15

Komplexere Konstrukte: Negation



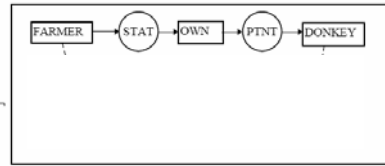
- Wie ist dieser Graph zu lesen?



Hinweis:  $\neg (A \wedge \neg B) \Leftrightarrow \neg A \vee B \Leftrightarrow A \rightarrow B$

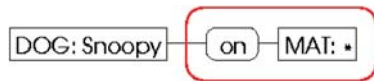
16

## Komplexere Konstrukte: Negation



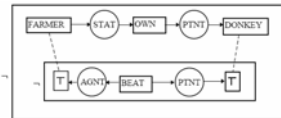
- Wie ist dieser Graph zu lesen?
- Was ist die intendierte Aussage?
- Stimmen beide überein?

- Lösung durch F. Dau: partielle Cuts

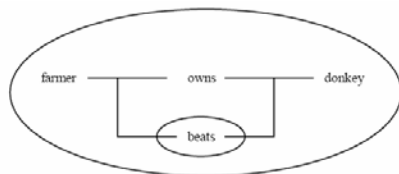


17

## Exkurs: Historische Grundlage

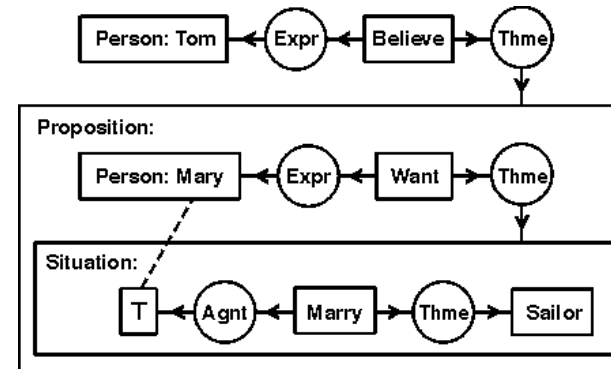


- Charles S. Peirce: Existential Graphs (Ende 19. Jdt.)
- graphische Operatoren (z.B. Negation als „Cut“)
- Vorläufer der Prädikatenlogik
- umfasst Prädikatenlogik, Modallogik, etc.



18

## Nested Graphs / geschachtelte Graphen



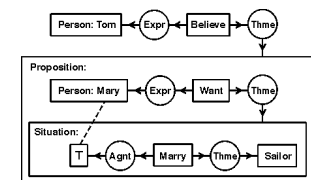
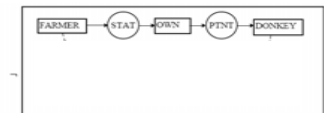
- Charles S. Peirce: Existential Graphs (Ende 19. Jdt.)
- graphische Operatoren (z.B. Negation als „Cut“)
- Vorläufer der Prädikatenlogik
- umfasst Prädikatenlogik, Modallogik, etc.

19

## Vorteile Begrifflicher Graphen



- Intuitive Visualisierung
- Nähe zur natürlichen Sprache (z.B. was den Gültigkeitsbereich von Variablen in Wenn-Dann-Sätzen betrifft).
- Für einfache Graphen (d.h. ohne Negation und Schachtelung):
  - Nähe zur Prädikatenlogik
  - Dadurch klar definierte Semantik
  - Inferenz durch Graph Matching
- Methoden zur Definition komplexerer Begriffe/Relationen ( $\lambda$ -Kalkül)



20



Es gibt keine formale Definition

- ... der Semantik der Negation (abgesehen von der von Dau, die wenig bekannt ist).
- ... für geschachtelte Graphen.

Es gibt also keine Garantie, dass derselbe Graph in unterschiedlichen Anwendungen gleich interpretiert wird!

