

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.

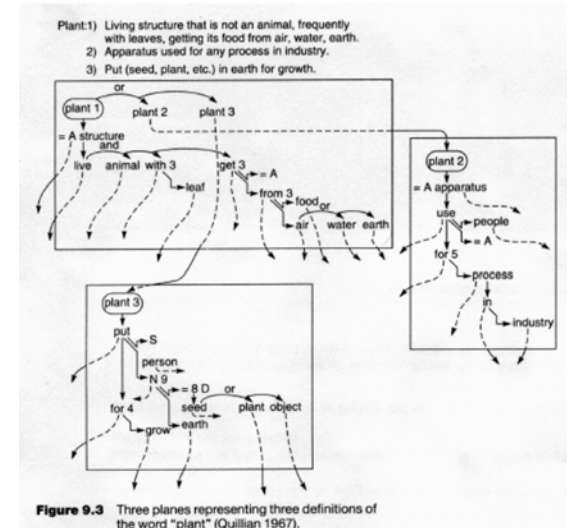


Figure 9.3 Three planes representing three definitions of the word "plant" (Quillian 1967).

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).

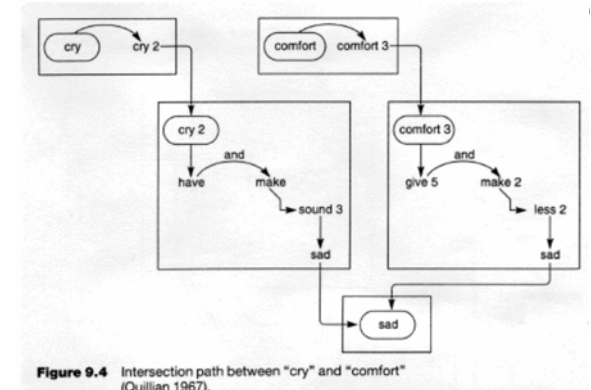


Figure 9.4 Intersection path between "cry" and "comfort" (Quillian 1967).

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

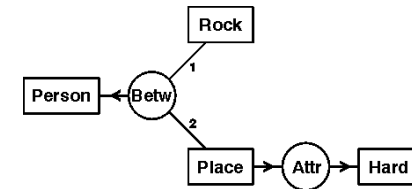
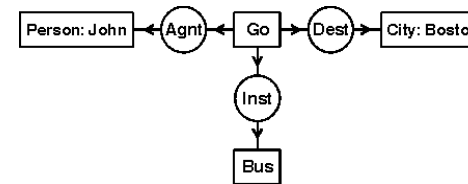


- Sie orientieren sich stark an der natürlichen Sprache (verschwommene Begriffe, logische Widersprüche).
- Sie dienen der strukturierten Wissensdarstellung.
- Sie sind visuell überschaubar.
- Zugriffe entlang der Kanten sind effektiv (Vererbung, transitive Relationen).
- Einfache Implementierung durch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

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

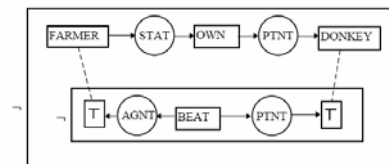
- Die Semantik der Begrifflichen Graphen (soweit wir sie bisher kennen!) lässt sich durch direkte Übersetzung in die Prädikatenlogik bewerkstelligen.
- Wir haben bisher keine Negation verwendet, und kein Oder.
- Logische Inferenz wird auf dieser Ebene durch Graph Matching implementiert.

15

Komplexere Konstrukte: Negation



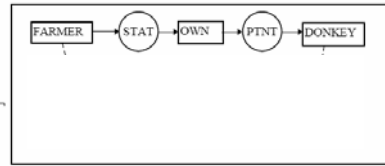
- Wie ist dieser Graph zu lesen?



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

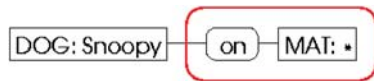
16

## Komplexere Konstrukte: Negation



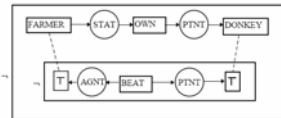
- Wie ist dieser Graph zu lesen?
- Was ist die intendierte Aussage?
- Stimmen beide überein?

- Lösung durch F. Dau: partielle Cuts

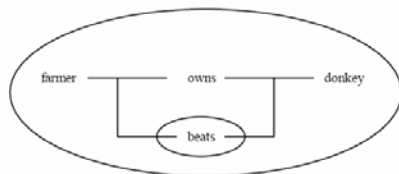


17

## Exkurs: Historische Grundlage

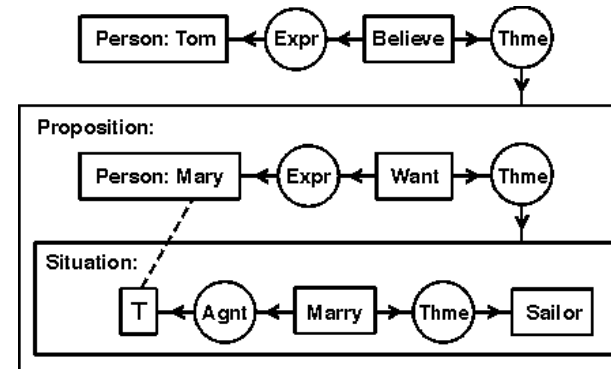


- Charles S. Peirce: Existential Graphs (Ende 19. Jdt.)
- graphische Operatoren (z.B. Negation als „Cut“)
- Vorläufer der Prädikatenlogik
- umfasst Prädikatenlogik, Modallogik, etc.



18

## Nested Graphs / geschachtelte Graphen



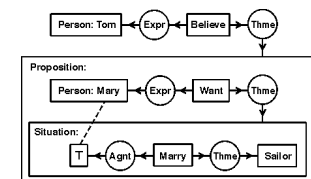
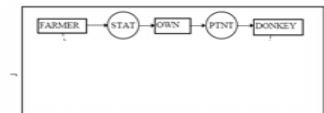
- Charles S. Peirce: Existential Graphs (Ende 19. Jdt.)
- graphische Operatoren (z.B. Negation als „Cut“)
- Vorläufer der Prädikatenlogik
- umfasst Prädikatenlogik, Modallogik, etc.

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!

