



## Teil III: Wissensrepräsentation und Inferenz

### Kap.4: Einführung

„In the knowledge lies the power.“ (Feigenbaum)

#### Wissen



(Davenport & Prusak, 1998)

**Data** is a set of discrete, objective facts about events. [...] Data by itself has little relevance or purpose.

**Information** is a message, usually in the form of a document or an audible or visible communication. Information is meant to change the way the receiver perceives something, to have an impact on his judgment and behavior. It must inform; it is data that makes a difference.

3

#### Wissen



(Davenport & Prusak, 1998)

**Knowledge** is a fluid mix of framed experience, values, contextual information, and expert insight that provides a framework for evaluating and incorporating new experiences and information. In organizations, it often becomes embedded not only in documents or repositories but also in organizational routines, processes, practices, and norms.

Daten	= Zeichen + Syntax
Information	= Daten + Bedeutung
Wissen	= Internalisierte Information + Fähigkeit, sie zu nutzen [Devlin 1999]

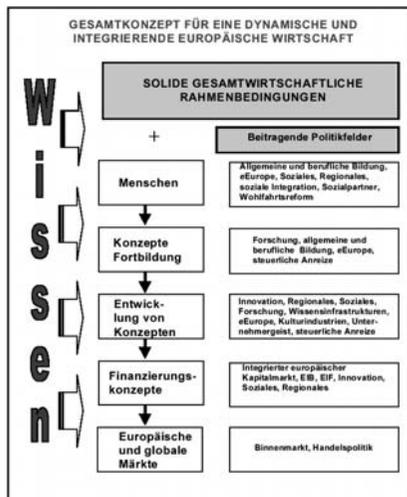


#### Wolf-Michael Catenhusen (BMBF, 1999):

Deutschland steht mitten in einem weltweiten Prozess, in dem der Rohstoff Information, seine Erzeugung, Speicherung, und Verarbeitung, die Gewinnung und der richtige Umgang mit Wissen eine strategische volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Größe geworden ist.

#### G. Schröder (CEBIT 2000):

Wir müssen den Menschen [...] die notwendigen Hilfestellungen geben, damit sie sich Zugang verschaffen können in die Wissens- und Informationsgesellschaft.



Aus: Der Europäische Rat von Lissabon: *Eine Agenda für die wirtschaftliche und soziale Erneuerung Europas*. 28. Februar 2000



Davis, Shrobe, und Szolovits (1993) diskutierten fünf Prinzipien für Wissensrepräsentations-Formalismen:

„A knowledge representation is

- a **surrogate**,
  - a **medium of human expression**,
  - a **set of ontological commitments**,
  - a **fragmentary theory of intelligent reasoning**,
  - and a **medium for pragmatically efficient computation**.“
- 
- Die Art und Weise, wie eine Wissensrepräsentation diese Prinzipien adressiert, charakterisiert ihren „Spirit“.
  - Jede Wissensrepräsentation muss sich zu diesen teilweise gegensätzlichen Prinzipien positionieren.

5



### KR as a surrogate

„Knowledge representation is most fundamentally a *surrogate*, a substitute for the thing itself, used to enable an entity to determine consequences by thinking rather than acting. [...] Reasoning is a process that goes on internally [of a person or program], while most things it wishes to reason about exist only externally.“ [DSS93]

6

### KR as a medium of human expression

„Knowledge representations are [...] the medium of expression and communication in which we tell the machine (and perhaps one another) about the world. [...] Knowledge representation is thus a medium of expression and communication for the use by *us*. [...] A representation is the language in which we communicate, hence we must be able to speak it without heroic effort.“ [DSS93]

[DSS93] ask: „What things are easily said in the language and what kind of things are so difficult as to be pragmatically impossible?“



7



### KR as ontological commitment

A knowledge representation “is a *set of ontological commitments*, i.e., an answer to the following question: „In what terms should we think about the world? [...] In selecting any representation, we are [...] making a set of decisions about how and what to see in the world. [...] We (and our reasoning machines) need guidance in deciding what in the world to attend to, and what to ignore.“ [DSS93]

8



## KR as fragmentary theory of intelligent reasoning

„The initial conception of a knowledge representation is typically motivated by some insight indicating how people reason intelligently, or by some belief about what it means to reason intelligently at all.“ [DSS93]

The authors consider five fields which have provided notions of intelligent reasoning:

- Mathematical Logic (e.g., Prolog)
- Psychology (e.g., frames)
- Biology (e.g., neural networks)
- Statistics (e.g., bayesian networks)
- Economics (e.g., rational agents)

9

## Unterschiedliche Modelle von Wissen



Diese verschiedenen Wurzeln der Wissensverarbeitung führten zu **unterschiedlichen Modellen von Wissen:**

- Biologie: **Vernetzung** → Neuronale Netze
- Mathematische Logik: **Deduktion** → Logikkalküle, Prolog
- Statistik: **Unsicherheit** → Fuzzy-Logik, Bayessche Netze
- Philosophie/Psychologie: **Begriffe** → Semantische Netze, Frames, Begriffshierarchien, Thesauri, Ontologien, Beschreibungslogiken, Semantic Web
- Ökonomie: **Ziele** → Fallbasiertes Schließen, Agenten

Diese Einteilung gibt die Themen der weiteren Vorlesungen vor.

10

## Unterschiedliche Modelle von Wissen



### Symbolische Repräsentationen

- Symbolische Repräsentationen sind Surrogate für Dinge der externen Welt.
- Manipulation durch Schlussfolgerungsprozesse.
- Vorteile:
  - Wissen ist in formaler Sprache - mit wohldefinierter Semantik - abgebildet.
  - Repräsentationen sind lesbar, ihre Bedeutung ist verständlich.

### Nichtsymbolische Repräsentationen

- z.B. (analoge) Karten und Diagramme, neuronale Netze
- Vorteile:
  - benötigen oft weniger Annahmen
  - können mit ungenauem Wissen oft besser umgehen.

11

## KR as a medium for efficient computation



Knowledge representation „is a *medium for pragmatically efficient computation*, i.e., the computational environment in which thinking is accomplished. One contribution to this pragmatic efficiency is supplied by the guidance a representation provides for organizing information so as to facilitate making the recommended inferences.“ [DSS93]

12

## Adäquatheit von Wissensrepräsentationen



### Epistemologische Adäquatheit (McCarthy & Hayes, 1969)

- Ausdrucksstärke: können alle relevanten Fakten und Regeln repräsentiert werden?
- Bsp.: PL1 ist sehr ausdrucksstark

### Heuristische Adäquatheit (McCarthy & Hayes, 1969)

- Sind die durchzuführenden Inferenzen überhaupt bzw. mit den zu Verfügung stehenden Ressourcen möglich? Sind Zwischenschritte des Lösungswegs im Formalismus repräsentierbar?
- Bsp.: Theorembeweisen in PL1 ist unentscheidbar, in Praxis aufwendig

### Ergonomische Adäquatheit

- Wie verständlich sind die Repräsentationen?
- Klarheit und Präzision, leichte Veränderbarkeit (Woods, 1987)
- Bsp.: Modellierung in PL1 ist mühsam

### Kognitive Adäquatheit

- Die ursprüngliche Formulierung semantischer Netze und Frames war auch kognitiv motiviert.

13

## Fundamentaler Trade-Off zwischen Ausdrucksstärke und Effizienz



### Gewünscht:

- Ausdrucksstarke Repräsentationen, vollständige Inferenzverfahren
- Effiziente Berechnung (tractability: polynomiale Zeitkomplexität)

### Aber:

- Beides zusammen kann man nicht haben!
- Bsp.: PL1 ist ausdrucksstark, hat aber schlechte Berechnungseigenschaften.
- Trade-off besteht allgemein für Wissensrepräsentationen (Levesque & Brachman, 1985).

### Ansätze:

- Ausdrucksstarke, allgemeine Repräsentation mit approximativen Inferenzen
- Spezialisierte, für Problembereich maßgeschneiderte Repräsentationen
- u.U. Verwendung mehrerer Spezialrepräsentationen

### Bemerkung:

- Auch wenn zwei Repräsentationen gleich ausdrucksstark sind, können sie sich trotzdem in ihren Berechnungseigenschaften unterscheiden.

14

## Semantik von Wissensrepräsentations-Sprachen



WR-Sprachen ermöglichen Modellierung von Wissen in formaler Notation. Die **Semantik**, d.h. die Bedeutung der sprachlichen Konstrukte kann unterschiedlich festgelegt werden:

### Operationelle Semantik

- Bedeutung ist durch Algorithmen definiert, die über Sprachkonstrukten operieren
- Typisch für frühe Semantische Netze und Frames, z.B. Babylon
- Nachteil: Semantik ist systemabhängig, und damit nicht unmittelbar übertragbar!

### Äquivalenzsemantik

- Übersetzung in WR-Formalismus mit bekannter Semantik
- Bsp.: Frames → PL1 (Hayes, 1980)

15

## Semantik von Wissensrepräsentations-Sprachen



### Deklarative Semantik

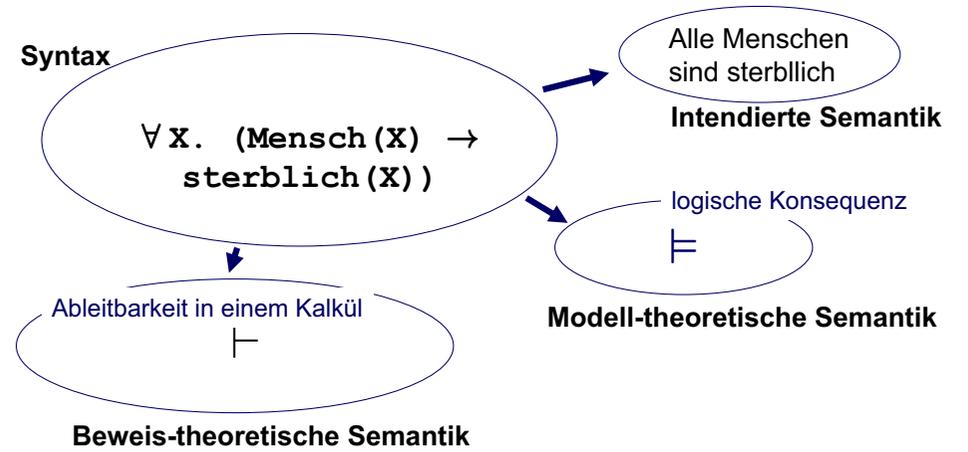
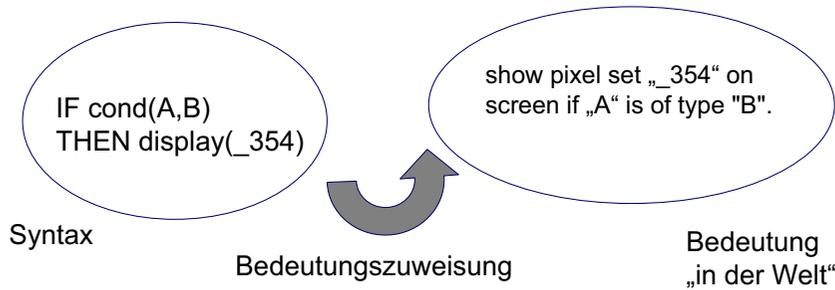
- Syntaktische Strukturen der WR werden über eine Interpretationsfunktion zu Elementen von abstrakten Strukturen in Bezug gesetzt.
- Bsp.: mengentheoretische Semantik der PL1.
- Vorteile
  - „Konsistenz“ einer Wissensbasis kann formal gefasst werden
  - Berechnung von Subsumtions-Beziehungen zwischen Begriffen möglich (Extension des einen Begriffs ist Teilmenge der Extension des anderen Begriffs).
  - „Korrektheit“ und „Vollständigkeit“ von Inferenzverfahren (z.B. zur Berechnung von Subsumtionsbeziehungen) sind jetzt definiert.
- Nachteil:
  - Die Semantik ist ausschließlich extensional festgelegt, intensionale Aspekte werden nicht erfasst.
  - Bspw. haben „Morgenstern“, „Abendstern“ und „Venus“ nun formal die gleiche Bedeutung.
  - Ebenso „rundes Viereck“ und „Einhorn“.

16



Syntax: Zeichenkette ohne Bedeutung

Semantik: Bedeutung der Syntax



Warum ist die (Prädikaten-)Logik so erfolgreich?  
Weil ihre Semantik syntaktisch beschrieben werden kann!

