

Wissensrepräsentation

Christopher Habel, Carola Eschenbach
Universität Hamburg, FB Informatik
AB Wissens- und Sprachverarbeitung (WSV)

Sommersemester 2003

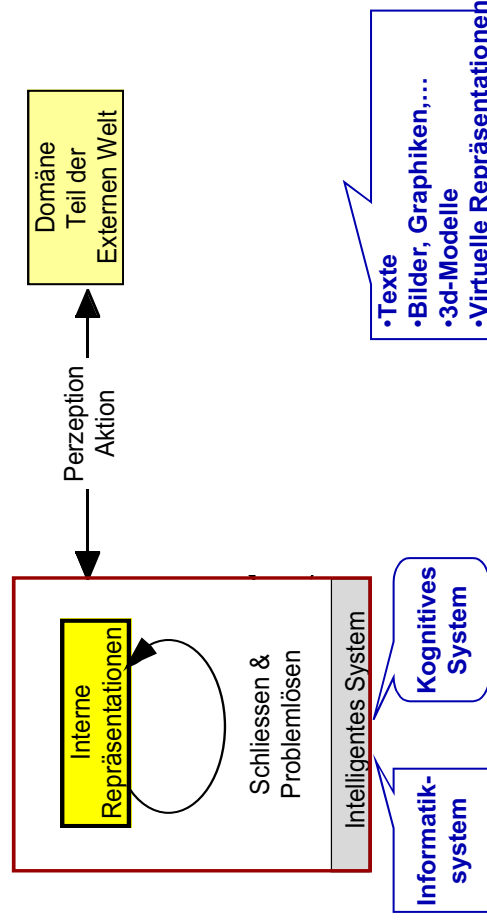
Wissensrepräsentation

Christopher Habel, Carola Eschenbach
Sommersemester 2003

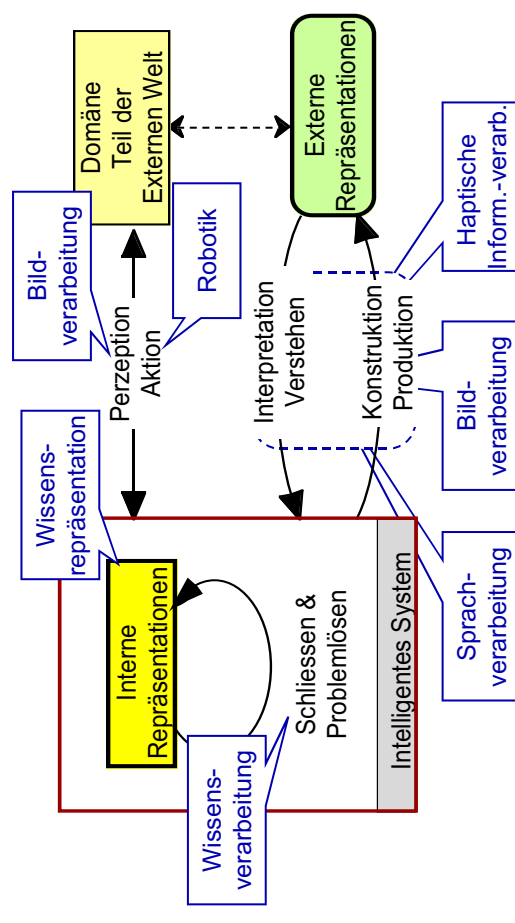
Vorlesung 1: Einleitung

- Motivation:
- Wissensrepräsentation & intelligente Agenten
- Beziehung zu anderen Vorlesungen im Hauptstudium
- Vorgehen & Literatur

Intelligente Systeme (1)



Intelligente Systeme (2)



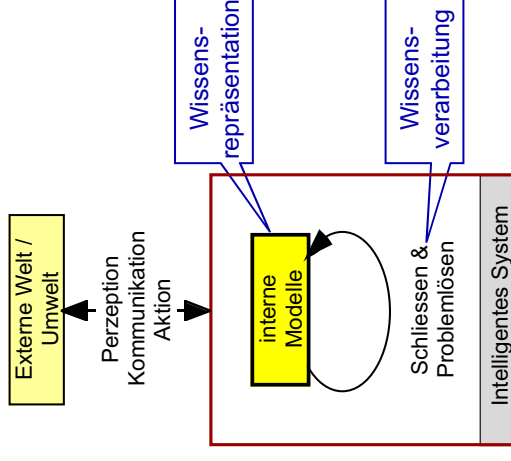
Problemlösen

Berechnung der Lösung

- Algorithmus

Suche / Herleitung der Lösung

- Problem- / Lösungsraum
- Suchstrategien
- Bewertungen / Heuristiken
- Schlussverfahren



Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

1 – 5

Problemlösen

Berechnung der Lösung

- Algorithmus

Andere Lehrveranstaltungen des Hauptstudiums

- WBS (Wissensbasierte Systeme)
 - Suchverfahren
 - Ableitung von Antworten aus Wissensbasen
- Planung
- LOS (Logik & Semantik)
 - Deduktionsverfahren der Logik
 - Ableitbarkeit – Folgerbarkeit
 - Beweisverfahren – Semantik
- Schlussverfahren

Suche / Herleitung der Lösung

- Problem- / Lösungsraum
- Suchstrategien
- Bewertungen / Heuristiken
- Schlussverfahren

Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

1 – 6

Repräsentationen beim Problemlösen (1)

Prozedurale Darstellung

- Lösungsweg

Deklarative Darstellung

- Problembeschreibung
 - Weltausschnitt
 - Ziel
- Hintergrundwissen (Wissensbasis)
 - Beziehung zwischen Elementen der Repräsentation, bzw. der Repräsentationssprache
- Verarbeitung von deklarativen Darstellungen

Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

1 – 7

Repräsentationen beim Problemlösen (2)

KI-Forschungsstrategie

- Trennung in allgemeine Problemlösungsverfahren und symbolische Beschreibungen der speziellen Problemstellung
- Eine adäquate Beschreibung ist essentiell für die Leistungsfähigkeit des Problemlösungsverfahrens

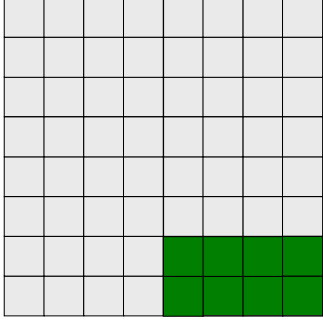
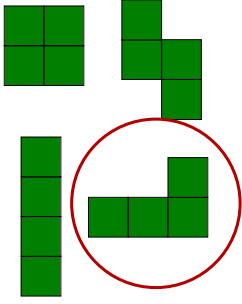
Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

1 – 8

Schachbrettüberdeckungsaufgaben

Aufgabenschema:

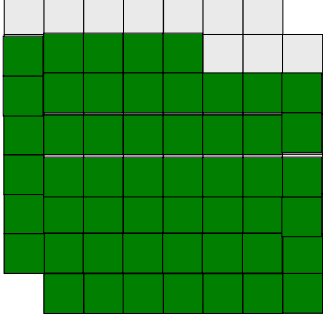
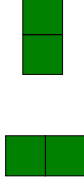
- Gegeben ein Schachbrett und Steine einer gewissen Form und Grösse
- Überdecke das Schachbrett mit Steinen der Steinen der Form:



Mutilated chessboard


Aufgabenschema:

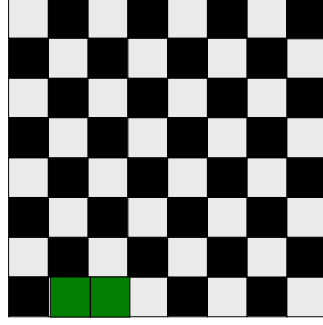
- Aus dem Schachbrett werden zwei Eckfelder entfernt.
- Überdecke das Schachbrett mit Steinen der Grösse 2:



Mutilated chessboard: Jetzt ist es wirklich ein Schachbrett !

Andere Repräsentation andere Problemlösungsmöglichkeiten:

- Herausgenommen werden zwei Eckfelder: 
- Ein Zweier wird aufgelegt.
- Ein Zweier überdeckt ein weisses und ein schwarzes Feld.
- Aber: Das verstümmelte Schachbrett hat zwei weisse Felder mehr, als es schwarze Felder hat.
- Geht nicht!



Anmerkungen zum Mutilated Chessboard

Das Problem des *mutilated chessboard* (auch *notched checkerboard* genannt) stammt aus der kognitionspsychologischen Problemlösungsforschung. [Wickelgren, Wayne A. \(1974\). *How to Solve Problems. Elements of a Theory of Problems and Problem Solving.* New York: W.H. Freeman.](#)

Aus Sicht der KI-Forschung wird es in [Raphael, B. \(1976\). *The thinking computer.* San Francisco: Freeman.](#) diskutiert.

Problemlösen – Ein Beispiel: Zählen und Rechnen

Die Entwicklung von Zahlssystemen und

Rechenmethoden ist eine der wichtigsten Leistungen der menschlichen Kultur und Wissenschaft.

- 1. Phase: direkte Korrespondenz
 $|||| + |||| = ||||||$
- 2. Phase: Verwendung von Kollektiveinheiten
z.B.: ägyptisches, römisches Zahlssystem
- 3. Phase: Positionale Zahlssysteme
z.B.: indisches, arabisches Zahlssystem
- 4. Phase Abstraktion über Zahlssystemen:
Algebraische Arithmetik

Kollektiveinheiten (1): Römisches Zahlssystem

I	V	X	L	C	D	M
1	5	10	50	100	500	1000

Unterschiede zum arabischen Zahlssystem:





- Gegebenfalls grosse Anzahl von Kollektivzahlsymbolen
- Relative (aber nicht die absolute) Position kann Bedeutung tragen.

Rechnen mit römischen Zahlen ?!

$$18 \times 59 = ?$$

$$XVIII \times LIX = ?$$

Kollektiveinheiten (2): Ägyptisches Zahlssystem

1		10		100		1000
Strich	Hufeisen	gerolltes Tau	Tau	Lotusblume		
18	→					




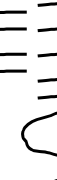









Vergleich mit dem arabischen Zahlssystem:

- Gegebenfalls grosse Anzahl von Zeichen
z.B. 999 benötigt 27 Zeichen)
- von Kollektivzahlsymbolen.
- Position ist im Prinzip beliebig, obwohl Standardreihenfolgen existieren.

Multiplikation im Ägyptischen Zahlssystem (1)

• 18×59

• **Methode der Verdopplung:**

			
1			
11			
			

1×59

2×59

Multiplikation in Positionalen Zahlssystemen

„Russische Multiplikation“

59	18
118	9
236	4
472	2
944	1

verdoppeln halbieren

Anschließend „die ungerade aufaddieren“!

$$118 + 944 = 1062$$

Warum funktioniert das Verfahren?

„Halbieren und die Ungeraden benutzen“ liefert die **Dualdarstellung**.

Die Indische Multiplikation: Gittermethode

		5	9	
		0	5	9
	1	4	0	7
1	0	6	2	2

1 8

Behandelt Überträge einfach und systematisch.

Problemlösen – Zählen und Rechnen: Zusammenfassung

Gegenstandsbereich:

Zahlen und Operationen über Zahlen

Unterschiedliche Darstellungen (Repräsentationen) der Zahlen

- ermöglichen **unterschiedlich effiziente Berechnungen**
- Unterschiedlich leistungsfähige Problemodellierungen**, die auf Zahlen und Zahlrepräsentationen beruhen:
 - 0: Markierung für eine nicht genutzte Position oder Symbol für eine Zahl (Indische Mathem. 7. Jhd.)
 - Negative Zahlen (Indische Mathematik des 7. Jhd.)
 - Brüche (babylonische und ägyptische Mathematik)

Anmerkungen zu Zahlssystemen und Rechenmethoden

Literatur

Aus der Sicht der Geschichte der Mathematik

Kline, Morris (1972). *Mathematical thought - From ancient to modern times*. New York: Oxford University Press. (three volumes)

Aus der Sicht der Kognitionswissenschaft

Dehaene, Stanislas (1997). *The number sense – How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.
Butterworth, Brian (1999). *The mathematical brain*. London: Macmillan.

Problemlöser und Agenten (1)

Problemlöser

- Eingabe vom Nutzer
- Kodierung des Problems durch Nutzer
- Verarbeitung
- Ausgabe an Nutzer
- (Interpretation des Ergebnisses durch Nutzer)

Agent

(Wooldridge & Jennings, 1995) An *agent* is a computer system that is *situated* in some *environment*, and that is capable of *autonomous action* in this environment in order to meet its design objectives.

Agent (Russell & Norvig, 2003) An *agent* is anything that can be viewed as perceiving its *environment* through *sensors* and acting upon that environment through *actuators*.

Problemlöser und Agenten (2)

Agent (Eigenschaften jenseits des Problemlösers)

- **Wahrnehmung** der Umwelt
- Kodierung der Wahrnehmung
- Symbol-Grounding
 - Bestimmung der Beziehung zwischen Repräsentationen (bzw. internen Zuständen) und den physikalischen Entitäten in der (Um-)Welt
- Ausführung von **Aktionen**
- Aktionen verändern Umwelt oder Relation des Agenten zur Umwelt

Agenten & Wissen

Ohne Repräsentation

Mit Repräsentation

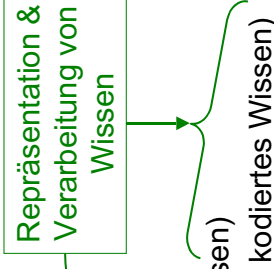
- Interne Zustände
- Aufgaben / Pläne
- Repräsentation der Umwelt

Schließende Agenten

- Wissensbasis (explizit kodiertes Wissen)
- Wissensverarbeitung / Logik (implizit kodiertes Wissen)

Lernende Agenten

- Aufbau einer Wissensbasis (Erwerb von Wissen)



Intentional Stance

Haltung gegenüber Agenten

“The intentional stance is the strategy of interpreting the behavior of an entity (person, animal, artifact, or the like) by treating it as if it were a rational agent that governed its ‘choice’ of ‘action’ by a ‘consideration’ of its ‘beliefs’ and ‘desires’ ” (Dennett)

➤ **intentional stance**

- rationale, nützliche Form des Anthropomorphismus
 - Erwartungen an einen Intelligenten Agenten
- **Anforderungen an Künstliche Agenten**
- Korrektheit, Verlässlichkeit
 - Vollständigkeit, Sorgfalt (keine Lösungen übersehen)

Konsequenzen für Wissensrepräsentation & Wissensverarbeitung

Formale Fundierung der Repräsentationssprache

- Semantik der Repräsentationssprache
- Beweis- / Ableitungsverfahren
- Wissensverarbeitung & Logik
 - WR basiert auf Logik
 - Modifikationen / Erweiterungen sind notwendig

Relevante Aspekte beim Entwurf von Repräsentationssystemen

- Durchschaubarkeit (→ Entwickler, Nutzer)
- Berechnungsverhalten (→ Effizienz, Handlungsfähigkeit)
- Zuverlässigkeit

Struktur der Wissensbasis (2)

Fakten und Regeln

explizites Wissen

- Inhalt der Wissensbasis

implizites Wissen

- Ableitbar aus der Wissensbasis
- Korrekte Schlüsse (-> Wahrheit)
 - Folgerbar (-> Logik)
- Kombination von Fakten und Regeln

Struktur von Wissensbasen

Korrespondenz: Wissensbasen – Gedächtnis episodisch

- Individuelle Aufgaben, Konstellationen, Lösungen

semantisch / konzeptuell

- Beziehungen zwischen Repräsentationseinheiten

Arbeitsgedächtnis:

- aktuelle Aufgaben, Umwelt, Pläne

+ Schluss- / Verarbeitungsmethoden,

die auf explizitem Wissen (= Inhalt der Wissensbasis) operieren.

Regeltypen

Rein Repräsentations- / Wahrheitsbezogen

- Wenn A (wahr ist), dann (ist) B (wahr).
- Wenn (du an) A (glaubst), dann (mußt du) B (glauben).

Aktionsbezogen: Dynamic view of rules (B&L)

- Wenn A (wahr ist), dann (führe) B (aus).

Aktionen auf der Repräsentation

- Wenn A (wahr ist), dann füge B in die Repräsentation ein / lösche C aus der Repräsentation
- Wenn (du) A (ausführst), dann füge B in die Repräsentation ein / lösche C aus der Repräsentation
- -> PLANNER

Logik als Repräsentationssprache

Lange Tradition

- Prinzipien der denotationellen Semantik
- Berechnungsmethoden
- Grenzen der Berechenbarkeit

Semantik

- Wahrheitsbezug:
 - Zentrale syntaktische Kategorien sind Propositionen / Aussagen
- Kompositionalität der Wahrheitswertberechnung
- Folgerung
- Äquivalenz

Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

1 – 33

Repräsentationssprache: Symbole

Formale Anteile

- feststehende Interpretation
- (feststehende) Verarbeitung (durch Interpretier)er)
- logische Symbole
- (gebundene) Variablen
- epistemische Operatoren (Modal)

Verfügbare Anteile

- domänenspezifisch
- freie Interpretation im gewählten Weltausschnitt

Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

1 – 34

Repräsentationssprache: Komplexe Ausdrücke

Grammatik

- Syntaktische Kategorien
 - Prädikate, Relationssymbole
 - Individuenrepräsentationen (Namen)
- Einbettung verfügbarer durch formale Symbole

Strukturiert

- Semantische Kategorien
 - korrespondierend zu syntaktischen Kategorien
- Kompositionalität der Interpretation
- Terminologische Bedingungen
 - Semantische Beziehungen zwischen verfügbaren Symbolen
 - Ausdruckbarkeit durch Kombination

Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

1 – 35

Formale Elemente der (Aussagen-)Logik

Syntaktische / Semantische Kategorie

- Aussagen / Propositionen
 - Wahrheitswert

Operatoren

- Konjunktion (Zusammenfassung)
- Disjunktion (Auswahl, Abdeckung, Unterbestimmtheit)
- Negation
- Implikation / Konditional (Bedingung, Unterordnung)
- Biimplikation / Gleichwertigkeit

Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

1 – 36

Formale Elemente der Prädikatenlogik

Syntaktische / Semantische Kategorien

- Terme
- Interpretation als Objekt
- Prädikate
- Interpretation als Eigenschaften, Relationen
- Abstraktion: Prädikats- / Konzeptbildung
- Aussagen / Propositionen
- Applikation: Prädikat-Argument-Struktur
- Wahrheitswert

Operatoren: Quantoren

- All-Quantifikation : Verallgemeinerung
- Existenz-Quantifikation: Unterbestimmtheit im Objektbezug

Weitere formale Elemente

Modallogik

- Modalitäten (epistemisch, deontisch, temporal)

Alternative Logiken

- Relevanzlogik
- Intuitionistische Logik
- Probabilistische Logiken
- Nicht-monotone Logiken

Aus der Wissensrepräsentation / Sprachanalyse

- Prädikationstypen

Zentrale Themen der Vorlesung

1. Intelligente Agenten

- Zusammenwirken von Fakten & Regeln
- Interne Struktur von Wissensbasen

2. „Handhabbare“ Wissensrepräsentation

- Effizienz der Verarbeitung → Agenten
- Durchschaubarkeit → Konstrukteur, Nutzer

3. Wissensrepräsentation für Handeln in der realen Welt

- Common Sense Reasoning
- Modifikationen & Erweiterungen der logischen Basis

Vorgehen & Literatur

Vorgehen

- **Vorlesung** → Folien im Netz zugänglich
http://www.informatik.uni-hamburg.de/WSV/teaching/vorlesungen/WissRep_SoSe03.html
es werden z.T. die Folien von Brachman&Levesque bzw. Russell & Norvig verwendet.

- **Übungen** (teils integriert, teils separat): **essentiell**

Literatur

- **Ronald J. Brachman & Hector J. Levesgue, Knowledge Representation and Reasoning**, (to be published 2003/04)
→ Kopiervorlage im WSV-Sekr. F 428
- **Russell, Stuart & Norvig, Peter (2003). Artificial intelligence: A modern approach**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall - Pearson.