

Einführung in die KI

Prof. Dr. sc. Hans-Dieter Burkhard
Vorlesung Winter-Semester 2005/06

Wissensrepräsentation 2 (Fortsetzung):

Strukturierung
Regelsysteme
Frames, Skripts
Beschreibungssysteme

Strukturierung

- Begriffshierarchien, -netze
- Beschreibungssysteme
- Skripts
- Natürliche Sprache
- Graphische Repräsentation

3.2 Terminologische Repräsentation

Bedeutung von Begriffen/Konzepten

- kognitive Repräsentation?

Die alte Rathausstür

- Verknüpfung mit anderen Konzepten
- Rekonstruktion von Bedeutungen

Terminologische Repräsentation

- Experimente bzgl. Antworten: „Zugriffszeiten“

Ein Kanarienvogel ist ein Kanarienvogel.

Terminologische Repräsentation

- Experimente bzgl. Antworten: „Zugriffszeiten“

Ein Kanarienvogel ist ein Vogel.

Terminologische Repräsentation

- Experimente bzgl. Antworten: „Zugriffszeiten“

Ein Kanarienvogel ist ein Tier.

Terminologische Repräsentation

Bedeutung von Begriffen/Konzepten

Die alte Rathaustür

– Verknüpfung mit anderen Begriffen

- Experimente bzgl. Antworten: „Zugriffszeiten“

Ein Kanarienvogel ist ein Kanarienvogel.	1.00 sec
Ein Kanarienvogel ist ein Vogel.	1.17 sec
Ein Kanarienvogel ist ein Tier.	1.25 sec
Ein Kanarienvogel kann singen.	1.31 sec
Ein Kanarienvogel kann fliegen.	1.38 sec
Ein Kanarienvogel hat eine Haut.	1.47 sec

- (Re-)Konstruktion von „Wissen“

Inferenzmechanismen

Terminologische Repräsentation

– Experimente bzgl. Antworten: „Zugriffszeiten“

Ein Kanarienvogel ist kein Tisch.

Terminologische Repräsentation

Kanarienvogel

Bedeutung von Begriffen/Konzepten

– Lexikon, Hypertextsysteme, ...

Netzartige Verknüpfung mit anderen Begriffen

–Objekte

–Beziehungen

- is-a Element einer Menge (Instanz)
- ako (a kind of) Teilmenge (Sub-Klasse)
- has-part Bestandteile (Aggregation)
- ...

Maschinelle Auswertbarkeit

H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

9

Potentiale für Inferenz

Hans besitzt ein Fahrrad.
Ein Fahrrad hat Lenkstange.
Hans besitzt eine Lenkstange.

Schlußregel (common sense):
besitzt(X,Y).
has-a(Y,Z).
→ besitzt(X,Z).

Vererbungsregeln

Fahrräder sind Fahrzeuge.
Fahrzeuge haben Räder.
Fahrräder haben Räder.

ako(X,Y). „Teilmenge“
p(Y).
→ p(X).

is-a(X,Y). „Element“
p(Y).
→ p(X).

Für welche Prädikate p ist Übertragung möglich?

H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

10

Potentiale für Inferenz

- Behandlung von Ausnahmen (Nicht-Monotonie)

- Default-Werte für Oberbegriffe
- Vererbung der Default-Werte auf Unterbegriffe,
nur falls kein neuer Wert angegeben wird

$\text{aka}(X, Y).$
 $p(Y).$

→ $q(X)$, falls Ausnahme(X)
 $p(X)$, sonst

Hühner sind Vögel.
Vögel können fliegen
Haushühner können nicht fliegen.

Priorität des Spezielleren.

Auswertungsstrategie z.B. „Überschreiben“

H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

11

Semantische Netze

Graph-Darstellung

- Knoten: Objekte
- beschriftete Kanten: Relationen

Ursprung: Repräsentation von Wortbedeutungen
(QUILLIAN, 1966).

Inferenz-Verfahren:

- Spreading Activation, intersection search (Breitensuche)
- Graph-Matching
- Ähnlichkeit von Graphen

H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

12

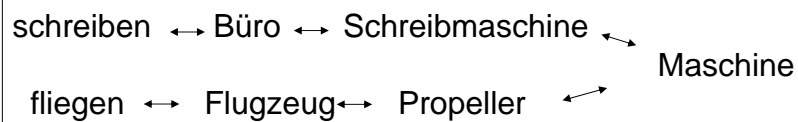
Semantische Netze

Anwendung z.B. Begriffsbestimmung („Maschine“)

Unterscheidung

- Ich kann Maschine schreiben.
- Meine Maschine fliegt 11.00 Uhr.

Genauere Bestimmung für „Maschine“ im Kontext
mittels Hintergrundwissen (Semantisches Netz)



H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

13

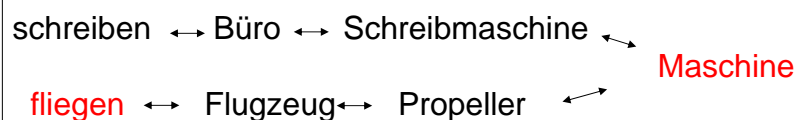
Semantische Netze

Anwendung z.B. Begriffsbestimmung („Maschine“)

Unterscheidung

- Ich kann Maschine schreiben.
- **Meine Maschine fliegt 11.00 Uhr.**

Genauere Bestimmung für „Maschine“ im Kontext
mittels Hintergrundwissen (Semantisches Netz)



H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

14

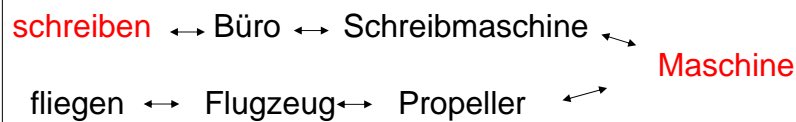
Semantische Netze

Anwendung z.B. Begriffsbestimmung („Maschine“)

Unterscheidung

- Ich kann Maschine schreiben.
- Meine Maschine fliegt 11.00 Uhr.

Genauere Bestimmung für „Maschine“ im Kontext
mittels Hintergrundwissen (Semantisches Netz)



H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

15

Semantische Netze

Graphmatching

Fakt:

Eine graue Katze liegt auf dem Blechdach.

Frage:

Welche Farbe hat das Objekt, das auf dem Blechdach liegt?

Fakt:

Graph-Ähnlichkeit

Eine graue Katze namens Mausi liegt auf dem Blechdach.

Frage:

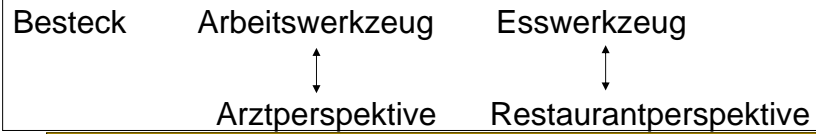
Welche Farbe hat das Objekt, das auf dem Blechdach liegt ?

H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

16

Semantische Netze



Kontextbezüge darstellen durch „Perspektive“-Kanten

Kontextabhängigkeit von Konzepten

bezahlt_studiengebühr(Student)

„Student“ kann bedeuten:

- ein spezieller Student
- irgendein Student
- alle Studenten
- Berufsbezeichnung

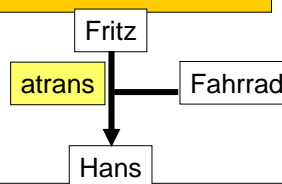
Conceptual Dependency Theory (Schank)

11 Handlungskonzepte („primitive acts“)

physisch:	propel	(an-treiben: ein physik. Objekt)
	move	(bewegen: einen Körperteil)
	ingest	(einverleiben: in ein Lebewesen)
	expel	(ausstossen: aus einem Lebewesen)
	grasp	(ergreifen: einen Gegenstand)
zustandsändernd:	ptrans	(Ort-ändern: ein physik. Objekt)
	atrans	(abstrakte Beziehung-ändern, z.B. Eigentum)
als Mittel:	speak	(Laute produzieren)
	attend	(sinnlich wahrnehmen)
geistig:	mtrans	(Informationsaustausch)
	mbuild	(Informationsverarbeitung)

Conceptual Dependency Theory (Schank)

„Hans kauft ein Fahrrad von Fritz“
 „Das Fahrrad wurde von Fritz an Hans verkauft“
 „Hans klaut ein Fahrrad von Fritz“
 „Hans bekommt ein Fahrrad von Fritz geschenkt“
 „Fritz hat ein Fahrrad von Fritz bekommen“
 ...



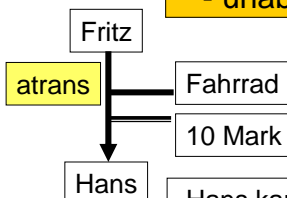
Conceptual Dependency Theory (Schank)

Handlungskonzept repräsentiert konkretere Konzepte

atrans (abstrakte Beziehung-ändern, z.B. Eigentum)

steht für kaufen, verkaufen, verlieren, schenken, ...

Netzartige Darstellung der Beziehungen
 - unabhängig von sprachlicher Repräsentation

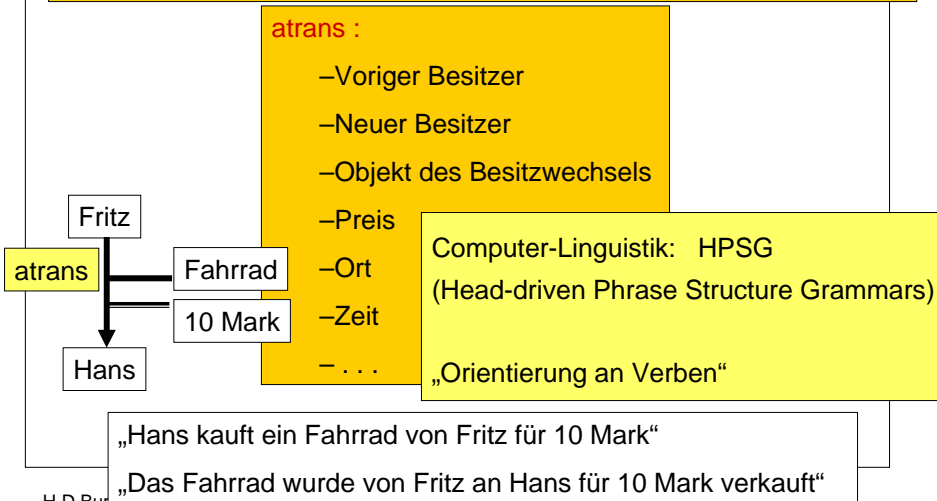


„Hans kauft ein Fahrrad von Fritz für 10 Mark“

„Das Fahrrad wurde von Fritz an Hans für 10 Mark verkauft“

Conceptual Dependency Theory (Schank)

Typische Konfigurationen für Handlungskonzepte darstellen



H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

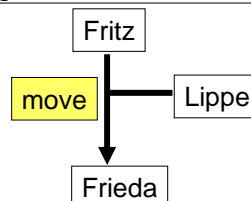
21

Conceptual Dependency Theory (Schank)

Erweiterte Netzartige Darstellungen mit Konzepten für

- Raum
- Zeit
- Instrumente
- Naturkräfte
- menschl. Gedächtnis
(Kurzzeitgedächtnis, Langzeitgedächtnis, Verarbeitung)

Zentraler Gesichtspunkt:
Reduktion auf Primitive



H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

22

Framebasierte Systeme

Frame = (Begriffs-)Rahmen für Musterbeschreibungen

Erwartungsgesteuerte Verarbeitung durch

- gleichartige Beschreibungsmuster (Schema)
- vorgegebene Werte („Erwartung“: default-Wert, Vererbung)
- Konkretisierung bei Bedarf (Überschreiben)

analog zu semantischen Netzen/Bäumen

Beschreibungsform: analog zu Objekten

- Objekte + Relationen
- Vorgabe gleichartiger Beschreibungsmuster

Framebasierte Systeme

Strukturierung:

Frame = Liste von „Slots“

Slot = Slot-Name, Slot-Wert (Filler) (Attribut-Werte-Paar)

Slot-Wert = Liste von „Fazetten“ (facets, Aspekte)

Fazette = Fazetten-Name, Fazetten-Wert (Attribut-Werte-Paar)

Beziehungen:

Verweise auf andere Frames (als Slot-Werte, Fazetten-Werte)

- vertikal (Hierarchie)
- horizontal

Wertangaben in Framebasierten Systemen

–konkrete Werte

\$value (individueller Wert)

\$default (Standardwert)

–Verweise auf andere Frames, d.h. Beziehungen, z.B.

- **instance-of, is-a**
- **ako, supersets, subsets**
- **part-of, has-part**
- Parallelverweise (Verheiratet mit ...)

–(Slot-)Bedingungen (Wertebereiche, Constraints)

\$require

Wertangaben in Framebasierten Systemen

–Prozeduren (Dämonen)

- **\$if-needed**

Berechnungen, Lese-Prozeduren

z.B. Alter aus Geburtsdatum und aktueller Zeit

- **\$if-added, \$if-removed**

Aktionen, Schreib-Prozeduren

in Verbindung mit Änderungen eines Slotwertes

ggf. unter Beachtung von (Slot-)Bedingungen

z.B. bei Änderung des Familienstandes auch Steuerklasse

auch verkettete Aktionen („Methoden-Aufrufe“)

Inferenz in Framebasierten Systemen

- Abfrage, Aktualisierung
- sukzessive Bearbeitung von Slotwerten durch Dämonen (z.B. Lagerhaltung, Medizin. Diagnose)

Konflikte bei Wertbestimmung:

- Frame intern: $\$value$, $\$if-needed$, $\$default$
- Frame extern: Vererbungshierarchie

- Reihenfolge der Auswertung festlegen
- Erster gefundener Wert als Resultat
 - „Horizontale Strategie“: stufenweise interne Auswertung
 - „Vertikale Strategie“: stufenweise $\$value$
stufenweise $\$if-needed$
stufenweise $\$default$

Semantische Netze/Frames

(Visuell überschaubare) strukturierte Wissensdarstellung

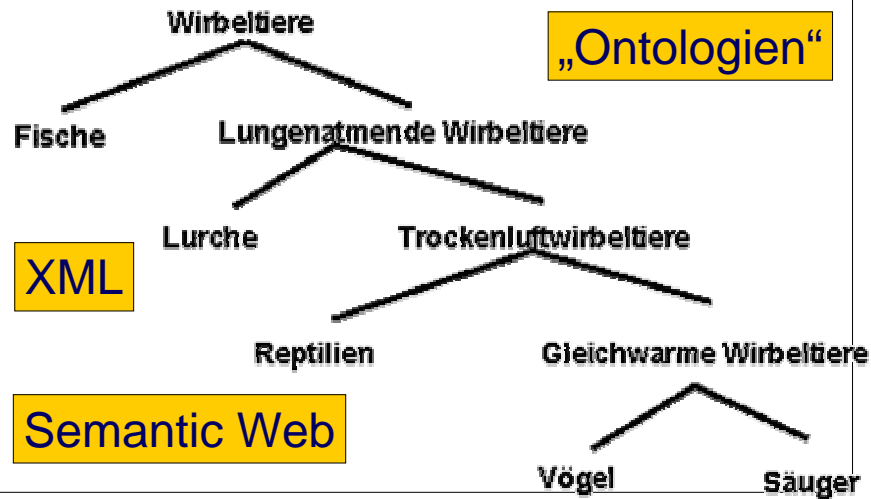
- Zugriffe gemäß Beziehungen
- Vererbung, Transitivität
- transitive Beziehungen (günstiger als Logik bzw. Regeln)

Graph-Verfahren aber komplex

Implementierung:

- Graphen, Bäume, ...

Bäume: Hierarchien



H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

29

Naive Semantische Netze/Frames: Probleme

Wissensausschnitt

Nähe zu natürlichen Begriffen:

- keine klare Semantik (Tisch - Holz - Heizmaterial)
(verschwommene Begriffe, logische Widersprüche)

Speziell Problematisch: negative Information

- Interpretation bei „Fehlschlag“?

Konsistenz, Konsistenzprüfung

Neuere Systeme: an Logik/Mengenlehre orientierte Semantik,
mit Konsistenzprüfung, Subsumtionstest, Klassifikation

H.D.Burkhard, HU Berlin
Winter-Semester 2005/06

Vorlesung Einführung in die KI
Wissensrepräsentation (Fortsetzung)

30

Beschreibungssysteme

Beschreibungssysteme, Klassifizierungssysteme,
Beschreibungslogiken, Terminologische Systeme,
Terminologische Logiken, Begriffssprachen,
Termsubsumptionssprachen, KL-ONE-basierte Sprachen, ...

Ziel: Präziser Formalismus basierend auf Logik/Mengenlehre

- Objekte: Elemente (Individuen)
- Konzepte: einstellige Prädikate (Mengen)
- Rollen: zweistellige Prädikate (Relationen)

$r(x,y)$: in bezug auf x hat y die Rolle r

y ist „Rollenfüller“, z.B. „Nachbar von x “

Beschreibungssysteme: Beispiel

Objekte: Anton, Eva, Herr Meier, grünes Fahrrad, Mausi

Konzepte: Menschen, Fahrräder, Katzen, Lebewesen

Rollen: fahren, streicheln, besitzen

Konzeptbildung (aus Konzepten und Rollen):

Radfahrer: Menschen, die ein Fahrrad besitzen

Hausbewohner: Menschen und Katzen

Beschreibungssysteme: Beispiel

Beziehungen zwischen Konzepten (Subsumption):

Radfahrer sind Menschen
Katzen sind Lebewesen
Menschen sind Lebewesen

Beschreibung von Objekten (Description):

Mausi ist eine Katze
Herr Meier ist ein Radfahrer

Folgerungen (Beziehungen/Beschreibungen):

Hausbewohner sind Lebewesen
Herr Meier ist ein Hausbewohner

Beschreibungssysteme: Syntax

Zeichen für

Objekte: Alphabet $O = o_1, o_2, o_3, \dots$

Konzepte: Alphabet $C = c_1, c_2, c_3, \dots$

Rollen: Alphabet $R = r_1, r_2, r_3, \dots$

Konzept-Konstante: \perp, a

Operatoren: $\forall, \exists, \neg, -, ., :$

Definitionen/Vergleiche: p, X

Technische Zeichen: $(,)$

Syntax T-Box (Terminologie)

Konzeptbildung („Terme“):

$c ::=$	c_i	Konzeptsymbole
	$\perp, \text{ }^a$	Konzeptkonstante: „nichts“, „alles“
	$c - c'$	Konjunktion von Konzepten
	$c . c'$	Disjunktion von Konzepten
	$\neg c$	Negation von Konzepten
	$\forall r:c$	Wertrestriktion („value restriction“)
	$\exists r:c$	Existentielle Restriktion („existential restriction“)

Syntax T-Box (Terminologie)

Formeln („Ausdrücke“)

- für Konzepte:
 - $c \sqsubseteq c'$ partielle Definition (Subsumption)
 - $c \times c'$ vollständige Definition
(durch Subsumption definierbar)
- für Rollen
 - $r \sqsubseteq r'$ partielle Definition (Subsumption)
 - $r \times r'$ vollständige Definition
(durch Subsumption definierbar)

T-Box (Terminologische Box)

Axiome zur Beschreibung von Konzepten und ihren Beziehungen erfolgen in der T-Box

Rad p Fahrzeug
Fahrzeug p Ding
Radfahrer p Menschen - \exists besitzen:Rad
Fußgänger \times Menschen - $\neg \exists$ besitzen:Auto
Student p Menschen - \forall besitzen: Kleingeld

Syntax: A-Box (Assertionale Box)

Zusätzliche Konzeptbildung („Terme“):

$c ::= \dots$
 $| r:o$ („fills construct“)

zusätzliche Formeln („Ausdrücke“)

$o::c$ Beschreibung

Axiome zur Beschreibung von Objekten und ihren Beziehungen in der A-Box (Assertionale Box)

besitzen:Auto_mit_Kennzeichen_BB2804
Alboin::Student

Semantik T-Box und A-Box

Mengentheoretisches Modell:

- Universum U (bzw. dessen Potenz-Menge 2^U)
- Interpretation $Wert$

(eindeutige Namen)

$Wert: O \rightarrow U$ mit $Wert(x) = Wert(y) \Rightarrow x=y$

$Wert: C \rightarrow 2^U$

$Wert: R \rightarrow 2^{U \times U}$

in funktionaler Schreibweise:

$Wert(r)(x) := \{ y \mid (x,y) \in Wert(r) \}$
 „Rollenfüller bzgl. x “
 (Fahrrad, das x besitzt)

Semantik T-Box und A-Box

$Wert(\perp)$	$= \emptyset$	„nichts“
$Wert(\top)$	$= U$	„alles“
$Wert(c \text{ - } c')$	$= Wert(c) \cap Wert(c')$	„Konjunktion“
$Wert(c \text{ . } c')$	$= Wert(c) \cup Wert(c')$	„Disjunktion“
$Wert(\neg c)$	$= U - Wert(c)$	„Negation“
$Wert(r:o)$	$= \{ x \mid (x,o) \in Wert(r) \}$	„fills construct“
$Wert(\forall r:c)$	$= \{ x \mid Wert(r)(x) \subseteq c \}$ $= \{ x \mid \forall y: (x,y) \in Wert(r) \Rightarrow y \in c \}$	„Wertrestriktion“
$Wert(\exists r:c)$	$= \{ x \mid Wert(r)(x) \cap c \neq \emptyset \}$ $= \{ x \mid \exists y: (x,y) \in Wert(r) \wedge y \in c \}$	„Existentielle Restriktion“

Semantik für Formeln

Gegeben: Modell $M = [U, \text{Wert}]$

Gültigkeit von Formeln

$c \supset c'$ gilt gdw. $\text{Wert}(c) \subseteq \text{Wert}(c')$

$c \times c'$ gilt gdw. $\text{Wert}(c) = \text{Wert}(c')$

$r \supset r'$ gilt gdw. $\text{Wert}(r) \subseteq \text{Wert}(r')$

$r \times r'$ gilt gdw. $\text{Wert}(r) = \text{Wert}(r')$

$o::c$ gilt gdw. $\text{Wert}(o) \in \text{Wert}(c)$

Folgerungen:

Formel F folgt aus Axiomen-Menge X (T-Box, A-Box)

falls gilt: Jedes Modell für X ist Modell für F .

Beschreibungssysteme: Anwendung

Subsumptionstest (classifier):

Gilt $c \supset c' \in \text{FI}(X)$?

Zugehörigkeitstest (recognizer):

Gilt $o::c \in \text{FI}(X)$?

Ausschnitt der Logik:

Probleme sind entscheidbar, aber komplex.

Implementierte Systeme mit unterschiedlichen
Funktionalitäten und Laufzeiten, z.B.

KL-ONE (der **Klassiker**), NIKL, KRYPTON, KR-L, KR-S,
SB-ONE, KRIS, CLASSIC, BACK, LOOM

3.3 Skripts

Allgemeines kognitives Vorgehen:

- Wir merken uns/teilen mit
 - allgemeine Situation
 - „was war ungewöhnlich“
- Wir wissen/rekonstruieren
 - „was hätte passieren müssen“

Kinobesuch

Der Ton fehlte

Licht geht aus

Film beginnt

Titelmusik

Skripts („Drehbücher“)

- Erwartungen bzgl. Beschreibung von Ereignissen
 - Skripts beschreiben einen zeitlichen Verlauf.
- (vgl. Frames als Erwartungs-„Rahmen“ für Objekte).
- Es wird ein „üblicher Ablauf“ (Alltagswissen) zugrunde gelegt, der bzgl. bestimmter Werte variieren kann.

Anwendung: Analyse von Abläufen

Skripts auch als *vorgefertigte Handlungsfolgen/vorgefertigte Pläne*

- evtl. mit Bedingungen
- meist parametrisierbar

Skripts

Schematische Beschreibung konkreter Abläufe

- was ist vorgegeben (i.a. nicht variabel)
- was muss konkret beschrieben werden (variabel)
- was ist von Interesse („nicht selbstverständlich“)

Für einen konkreten Fall mitzuteilende Fakten:

- Voraussetzungen (Anfangsbedingungen),
- Ergebnisse,
- Requisiten,
- Rollen,
- Orte, Zeiten, ...
- Ablauf mit Varianten.

Zusätzlich:

- was ist unnormal/abweichend (und darum mitzuteilen)

Auswertung von Scripts

Anhand von Scripts die wesentlichen Aktionen, Rollen usw.
z.B. in einem Text erfassen

„ich kam hungrig aus der Mensa“

Anhand der konkreten Situation ist zu erfassen/präzisieren:

- Auswahl des geeigneten Scripts:
 - Schlüsselwörter, Kontexte
 - Semantische Beziehungen
- Parametrisierung (Ergänzung fehlender Angaben) :
 - konkrete Personen den Rollen zuweisen,
 - konkrete Gegenstände den Requisiten zuweisen.
 - Zeit, Ort usw.
- Abweichungen näher beschreiben.

Skripts und Frames

Beschreibung von Objekten und Ereignissen

- Skripts als Dämonen von Frames
- Frames als Parameter von Skripten

Verwandte Bereiche:

- OO, UML, ...
- XML, ...
- (aktive) Datenbanken,
- Linguistik