

# 1 KI und symbolische Repräsentation

## 4. Vorlesung: Repräsentationssprachen

Methoden der Künstlichen Intelligenz

Ipke Wachsmuth

WS 1999/2000



## Rückblick auf Teil 1

- Was ist Künstliche Intelligenz?
- Ziele und Vorhaben der KI
- Symbolverarbeitung; interne Repräsentation
- Eindeutigkeitsforderung: referentiell, semantisch, funktional
- Prädikatenkalkül; Inferenzregeln
- Alternative Notationen (Logik, semantische Netze, Frames)
- Verwendung: Eigenschaftszuschreibung bzw. Klassifikation

### Thema heute

- Repräsentationssprachen (kleiner Einblick)
- Beispiele: FRL, KL-ONE, L-LILOG, KEE, COAR

# Repräsentationssprachen

- ◆ Bislang: Prädikatenlogik und alternative Notationen als Möglichkeit der Darstellung von Fakten und regelhaften Zusammenhängen über einen Weltausschnitt motiviert
- ◆ dazu kommen formal definierte Operationen zur Ableitung von Konsequenzen (durch Inferenzbildung) – man spricht dann auch von „Repräsentationsformalismus“
- ◆ Für konkrete Zwecke wurden spezialisierte Repräsentationssprachen entworfen und operationalisiert, mit unterschiedlichen Ansprüchen an Verwendungsaspekte, Ausdrucksfähigkeit und Komfort
- ◆ Ziel hier: wenigstens etwas darüber wissen

## Beispielsprache FRL (1977)

(Frame Representation Language)

- ◆ Frame (für jeweils ein Objekt)
- ◆ Slots (für Eigenschaften)
- ◆ Facetten (für „Wertarten“)
  - \$value ; *tatsächlicher Wert des Slots*
  - \$require ; *Wertebereich für \$value*
  - \$default ; *Erwartungswert (Standardannahme)*
  - \$if-added ; *auszuführen bei Eintrag eines Werts für \$value*
  - \$if-removed ; *auszuführen bei Löschen eines Werts für \$value*
  - \$if-needed ; *auszuführen falls \$value-Wert benötigt wird*
- ◆ Werte

„Werte“  
können  
auch  
(Lisp-)  
Prozeduren  
sein .

# Vererbungshierarchien in FRL

Frame Elefant  
 Slot AKO  
 Facette \$value  
 Wert Säugetier

Objekt	Eigenschaften	Werte
Elefant :	ist_ein :	Säugetier
	Farbe :	grau
	hat :	...
	Größe :	...
	Lebensraum :	...

Frame Clyde  
 Slot AKO  
 Facette \$value  
 Wert Elefant

Objekt	Eigenschaften	Werte
Clyde :	ist_ein :	Elefant
	Farbe :	...
	hat :	...
	Größe :	...
	Lebensraum :	...

ACHTUNG: Eigentlich zu unterscheiden:

- generische Objekte (Objektklassen)
- individuelle Objekte (Instanzen)



Manche Frame-Sprachen unterscheiden daher ISA- und AKO-Slots!

# Problematik von Defaults

## ◆ FRAGE:

Was ist groß, grau, hat einen Rüssel und lebt auf Bäumen?

## ◆ ANTWORT:

Ein Elefant –

die Bäume sind eine Abweichung bezüglich des Lebensraums typischer Elefanten.

*(Brachmann, 1985)*

# Kritik an Frame-Sprachen/FRL

- ◆ Alle Zusicherungen können durch Ausnahmen überschrieben werden.
- ◆ Eine automatische Klassifikation neuer Objekte anhand ihrer Eigenschaften ist daher nicht möglich.
- ◆ Radikale Konsequenz:  
Erwartungswerte (Defaults) und Abweichungen bei der Objekt-Definition verbieten.
  - » Grundidee der KL-ONE-Sprachen

# Ideen von KL-ONE-Sprachen

(ab 1980: KL-ONE, KRYPTON, KL-TWO, NIKL, BACK, MESON, SB-ONE ... )

- ◆ Trennung zwischen terminologischem und sonstigem Wissen („T-Box“, „A-Box“)
- ◆ T-Box:
  - Vererbungshierarchien mit präziser Semantik
  - keine Defaults
  - automatische Klassifikation neuer Objekte anhand ihrer Eigenschaften möglich
- ◆ A-Box:
  - Zuschreibung sonstiger (zufälliger) Eigenschaften für einzelne Individuen

T-Box:  
Terminology

A-Box:  
Assertions

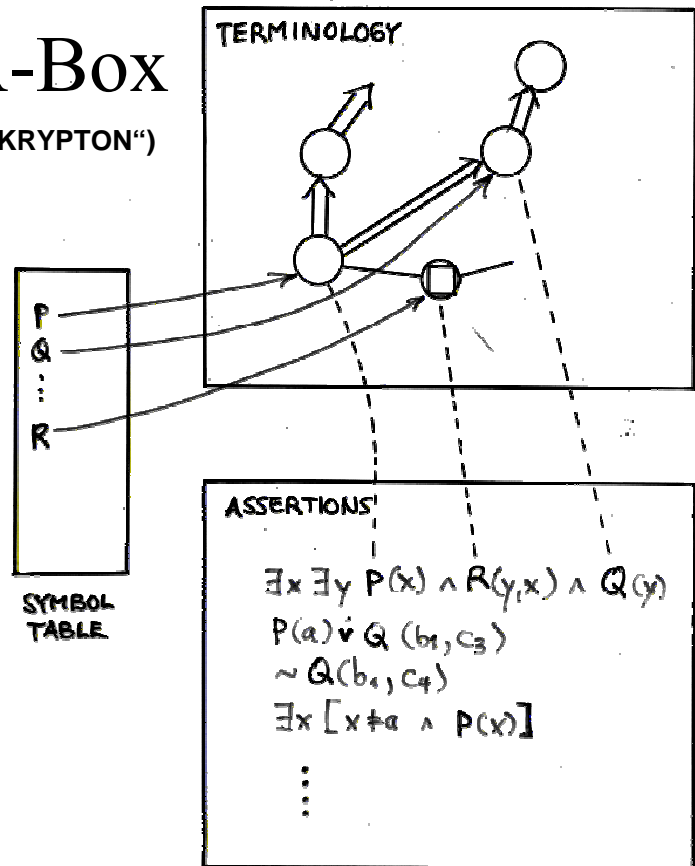
# T-Box, A-Box

(KL-ONE-SPRACHE „KRYPTON“)

T-Box: Taxonomie strukturierter Terme

A-Box: PL-Formeln, deren Prädikate in der T-Box definiert sind

Symboltabelle: enthält die Namen der T-Box-Terme



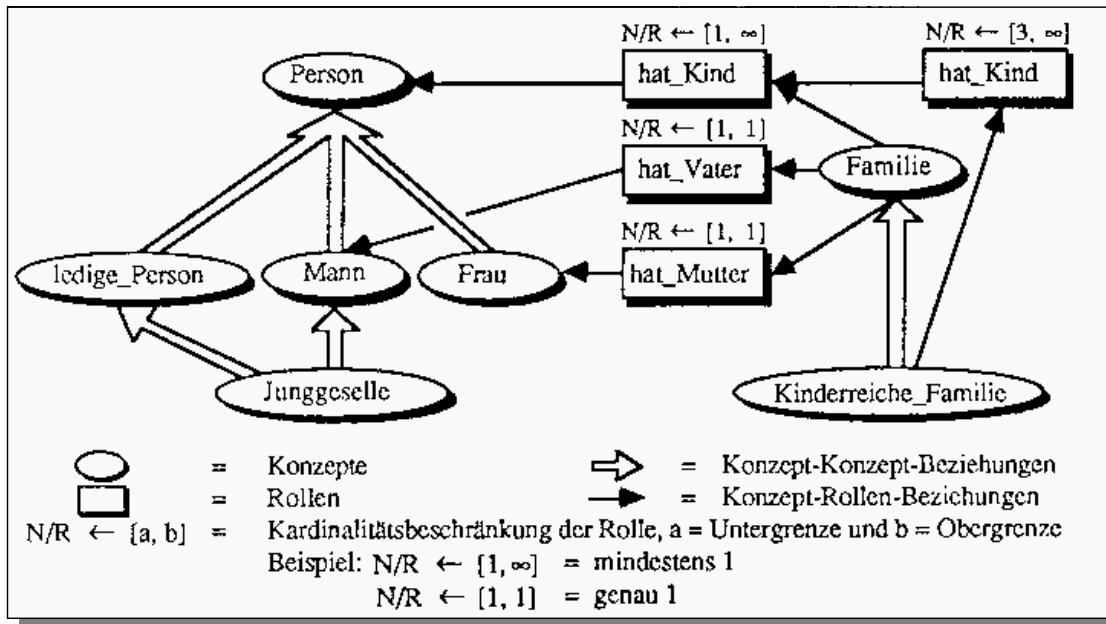
# Konzepte & Rollen in KL-ONE

Kernidee der KL-ONE-Sprachen zur Ermöglichung automatischer Klassifikation: strikte Trennung von Aussagen über Objekte in definierende und zufällige Eigenschaften.

- definierende Eigenschaften --> T-Box
- zufällige Eigenschaften --> A-Box

- ◆ Objekte heißen in KL-ONE Konzepte.
- ◆ Definierende Eigenschaften heißen Rollen und müssen genau präzisieren, inwiefern ein Konzept spezieller als seine Vorgänger ist.

# Beispiel zu KL-ONE



Graphische Darstellung der Konzeptdefinitionen „Junggeselle“ und „Kinderreiche\_Familie“

# Wichtigste Sprachstrukturen

## ◆ Definition von Konzepten

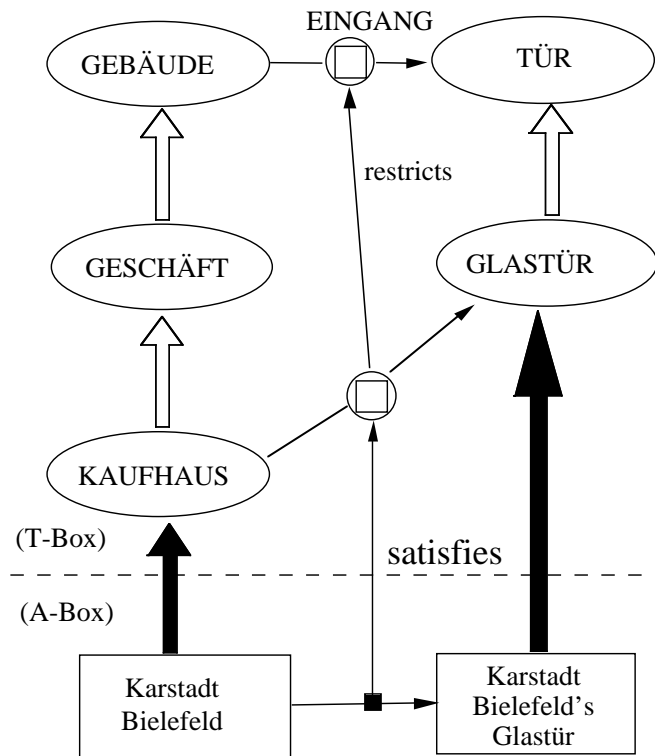
- Konjunktion Conj-Generic („Conjunction“)
- Wertbeschränkung VR-Generic („Value Restriction“)
- Kardinalitätsbeschränkung NR-Generic („Number Restriction“)
- Spezialisierung Prim-Generic

## ◆ Definition von Rollen

- Wert-Differenzierung VR-Diffrole
- Verkettung Role-Chain
- Spezialisierung Prim-Role

# KL-ONE Rollenrestriktion

KL-ONE:  
Erfüllung von  
Rollen in der  
A-Box



hier:  
Wertbeschränkung

# Automatischer Classifier

besteht aus

- ◆ einem Prädikat subsumes („umfaßt“):
  - $(K \text{ subsumes } K')$  ist wahr, wenn alle Rollen eines Konzepts  $K$  die Rollen eines Konzepts  $K'$  subsumieren, das heißt:  
Die Wertbeschränkung und Kardinalitätsbeschränkung aller Rollen von  $K$  sind umfassender als die der Rollen von  $K'$
- ◆ einem Suchalgorithmus, der das spezifischste Konzept  $SK$  findet, das das einzuordnende Konzept  $EK$  noch subsumiert
  - das heißt:  $(SK \text{ subsumes } EK)$  wahr, aber  $(SK' \text{ subsumes } EK)$  falsch für jedes Unterkonzept  $SK'$  von  $SK$ .

# Bemerkungen zum Classifier

- ◆ Bei T-Box-Sprachen mit Kardinalitätsbeschränkung kann der Classifier exponentiellen Rechenaufwand erfordern.
- ◆ Der Classifier erfordert rigide Einschränkungen in der T-Box-Sprache (keine überschreibbaren Defaults).
  - Beliebige, auch der T-Box widersprechende Zusicherungen in der A-Box möglich (vom Classifier nicht berücksichtigt),
  - können z.B. in KRYPTON mit einem Theorembeweiser für die Prädikatenlogik erster Stufe verarbeitet werden.
- ◆ Für viele Anwendungen sind die für den Classifier bezahlten Einschränkungen bei der Konzeptdefinition zu rigide.

# Beispiel aus L-LILOG (1987)

```
forall X : MARKIERUNG , Y : WEG , Z : MENSCH
  ( ( bez_objekt ( dom = X , ran = Y )
    and
    folgen ( ag = Z , obj = X )
  )
  impl
  folgen ( ag = Z , obj = Y )
)
```

„Wenn eine Markierung  $X$  einen Weg  $Y$  markiert  
 und jemand  $Z$  folgt der Markierung  $X$  ,  
 dann folgt er  $Z$  auch dem Weg  $Y$  .“



# Repräsentationswerkzeuge

(KEE, ART, GoldWorks, Babylon, NexpertObject, ProKappa, Twice ... )

- ◆ „hybrid“: mehrere Wissensrepräsentationsformalismen
- ◆ darauf abgestimmte elementare Inferenzmechanismen
- ◆ Integration der verschiedenen Komponenten
- ◆ fensterorientierte, grafikfähige Oberflächen
  
- ◆ zum überwiegenden Teil von kommerziellen Anbietern

## KEE (Firma IntelliCorp)

(„Knowledge Engineering Environment“ – Ende der 80er Jahre)

- ◆ Es können sowohl Objektklassen als auch Objektinstanzen definiert werden
- ◆ Darstellung ähnlich wie in FRL, aber:
  - Bezeichnungen für Klassen und Instanzen werden unterschieden
  - Unterscheidung zwischen vererbten Slots (member slots) und nichtvererbten Slots (own slots)
  - verschiedene Vererbungstypen bei multiplen Vererbungshierarchien
- ◆ zusätzlich: vererbte Methoden

# Konzeptdefinitionen in COAR

im SFB 360 (Bielefeld) entwickelte Repräsentationssprache (Jung 1997)

- Konzept: PROPELLER // ein Objekttyp  
spezialisierung-von: BAUGRUPPE  
bestandteil "hat-rotorblatt-1" #1 : ROTORBLATT  
bestandteil "hat-rotorblatt-2" #1 : ROTORBLATT  
bestandteil "hat-propellerbef" #1 : PROPELLERBEFESTIGUNG  
pp-constraint verbindung "hat-rotorblatt-1" "hat-propellerbef"  
pp-constraint verbindung "hat-rotorblatt-2" "hat-propellerbef"  
pp-constraint orthogonal\_x "hat-rotorblatt-1" "hat-rotorblatt-2"
- Konzept: ROTORBLATT // ein Rollentyp  
spezialisierung-von: FLUGZEUGTEIL  
Rolle-von: 3-LOCHLEISTE
- Konzept: 3-LOCHLEISTE // ein Objekttyp  
spezialisierung-von: LEISTE  
attribut material: Holz

# Leseempfehlungen

- ◆ Kapitel 5 in F. Puppe: *Einführung in Expertensysteme*, Springer-Verlag, 1988
- ◆ (zur Vertiefung): Kapitel 1 in Görz (Hrsg.): *Einführung in die künstliche Intelligenz*, Addison-Wesley, 2. Aufl., 1995
- ◆ zu Repräsentationswerkzeugen siehe auch Görz, Kap. 7 (Abschnitt 7.1.5.4)

Achtung: Wegen der Verlängerungsbegutachtung des SFB 360 fällt die Vorlesung am 28.10.99 aus!