Universität Bielefeld

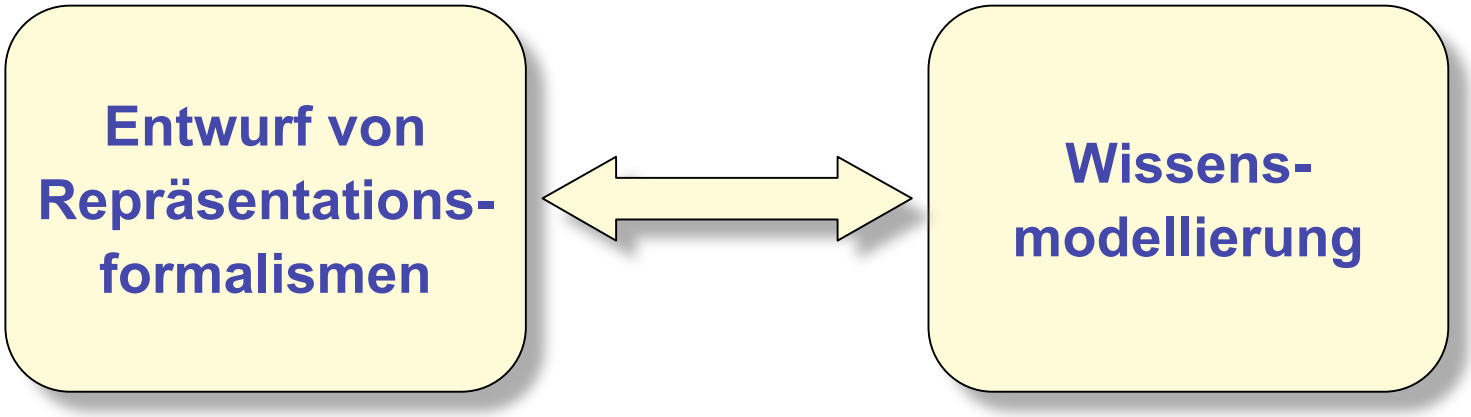
1 Symbolische Repräsentation

3. Vorlesung: Wissensrepräsentation – von Frames zu KL-ONE

Methoden der Künstlichen Intelligenz

Ipke Wachsmuth WS 2008/2009

Wissensrepräsentation: 2 Aufgaben



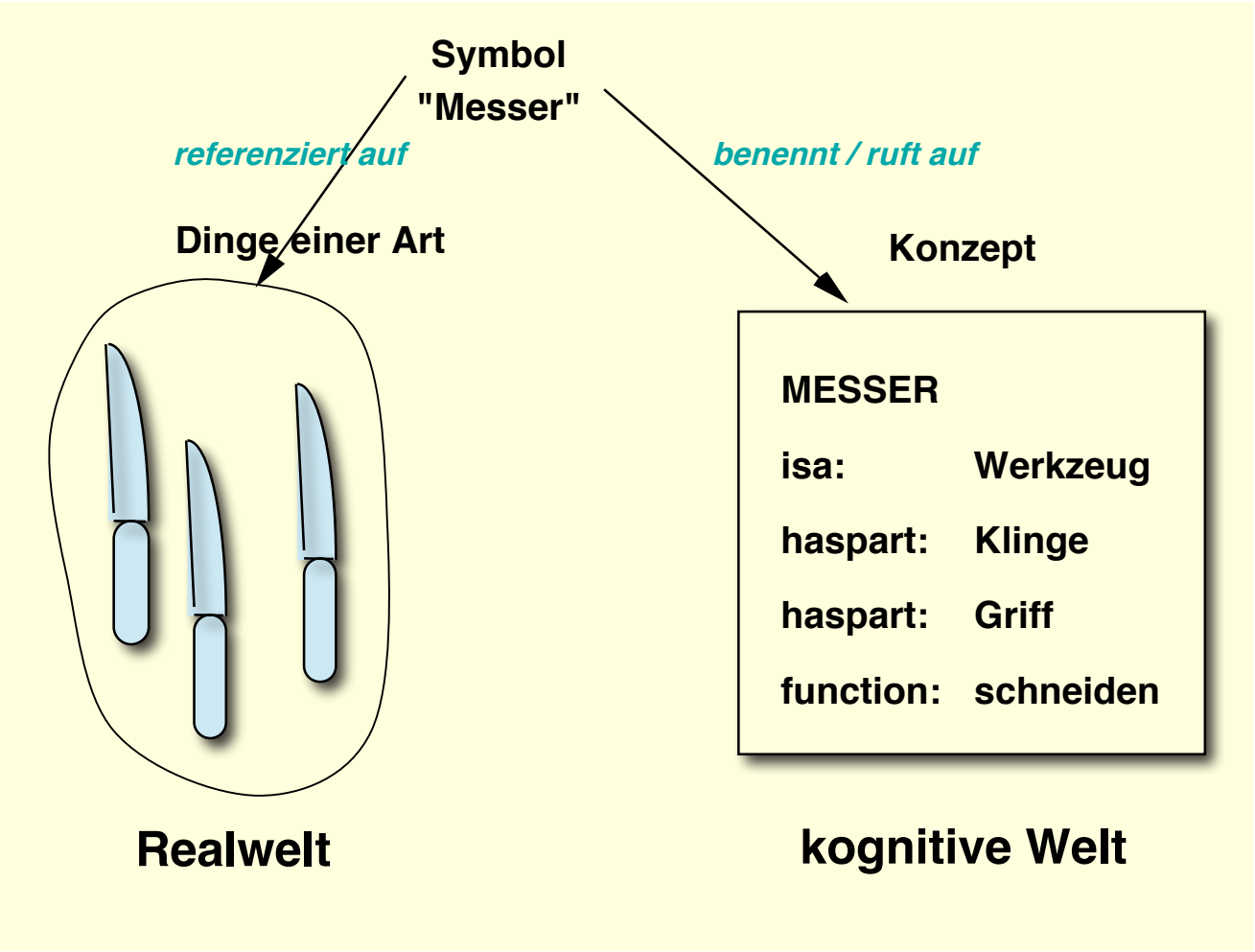
- Repräsentationsformalismen
  - Beschreibungssprachen für symbolisch darzustellendes Wissen, in denen sich automatisch Inferenzen bilden lassen
- Wissensmodellierung
  - Festlegung der konkreten Konzepte für einen Weltbereich und Kodierung des Wissens im gewählten Formalismus

Konzeptualisierung

- Jede formale Wissensrepräsentation basiert auf einer Konzeptualisierung der betrachteten Welt („Domäne“):
  - Darunter versteht man die Objekte, deren Existenz für eine Domäne angenommen wird, und ihre Relationen untereinander.
- Eine Konzeptualisierung ist eine abstrakte (begriffliche) Sicht auf die zu modellierende Domäne:
  - legt unter anderem die Terminologie (in Form der Symbole) fest.
- Für Agenten hängt das, was in ihrer konzeptualisierten Welt existieren kann (die „Ontologie“), also davon ab, was symbolisch repräsentierbar ist.

Dinge – Symbole – Konzepte

- **Die Bedeutung eines Symbols wird durch die in seinem Kontext erschließbare Informa-mation konstituiert**
- **Konzepte beschreiben die Dinge/Objekte, wie sie "begriffen" sind**
- **also z.B. "Messer": ein Werkzeug mit Griff und Klinge zum Schneiden**
- **Dafür eignen sich z.B. Frames**



Kernideen von Frames

Formalismen, mit denen eine Menge von Fakten strukturiert, ökonomisch, mit Basiswissen über die Verwendung abgespeichert werden kann.

- Vererbungshierarchien
- zugeordnete Prozeduren
- Erwartungswerte (Defaults)

- Verwendungsaspekte
  - a) Klassifikation anhand von Eigenschaften
  - b) Eigenschaftszuschreibung

Vererbungshierarchien

- dienen der ökonomischen Datenhaltung
  - Objekte (genaugenommen Objektklassen) werden in Hierarchien strukturiert:
  - individuelle Eigenschaften beim Objekt selbst abgespeichert,
  - allgemeine Eigenschaften den Vorgängern in der Hierarchie zugeordnet und an alle Nachfolger vererbt.

- flexibler: Vererbungsheterarchien
  - Vererbung der Eigenschaften mehrerer Vorgänger möglich (z.B. "Hund" erbt von einerseits "Säugetier" und andererseits "Haustier")
  - Möglichkeit der gezielten Unterdrückung einzelner Eigenschaften

Zugeordnete Prozeduren

- (kleine) Programme, die einer Eigenschaft eines Objektes zugeordnet sind und bei jedem Lese- oder Schreibzugriff auf dessen Wert ausgeführt werden, etwa um:
  - aus vorhandenen Parametern neue zu berechnen, z.B. Alter aus Geburtsdatum
  - Werteänderungen zu überwachen, z.B. bei jedem Schreibzugriff den neuen Wert auf dem Bildschirm anzeigen (active values)

- Zugeordnete Prozeduren können in einer Objekthierarchie (ähnlich wie Werte) vererbt werden.

Erwartungswerte (Defaults)

- Vorbelegungen von Werten, die normalerweise, aber nicht immer stimmen und daher überschrieben werden können.

Beispiel: Normalerweise können Vögel fliegen...

```
(Vogel Flugfähigkeit ja)
(Pinguin ist_ein Vogel)
(Pinguin Flugfähigkeit nein)
```

Vererbung der Flugfähigkeit auf Pinguine durch Überschreibung unterdrückt

Der Einsatz von Defaults kann erfordern, dass Schlussfolgerungen zurückgezogen werden müssen. –> TEIL 4

Problematik von Defaults

Es gibt einzelne Elefanten, die weiß sind: Sollten Slot-Werte (z.B. **Farbe**) überschreibbar sein?

Objekt	Eigenschaften	Werte
Elefant :	ist_ein :	Säugetier
	Farbe :	grau
	hat :	Rüssel
	Größe :	groß
	Lebensraum :	Boden

- 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

- Wenn alle Slot-Werte durch Ausnahmen überschrieben werden können, ist eine automatische Klassifikation von Objekten anhand ihrer Eigenschaften nicht möglich.

- Radikale Konsequenz:

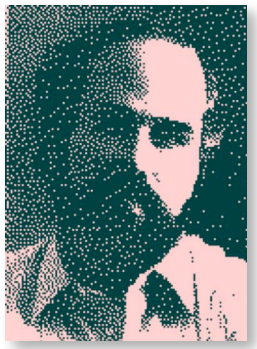
  Erwartungswerte (Defaults) und Abweichungen bei der Objekt-Definition verbieten.

  » Grundidee der KL-ONE-Sprachen (später)

„Conceptual Primitives"-Ansatz

(spezielles Gewicht auf der Konzeptualisierung von Handlungen)

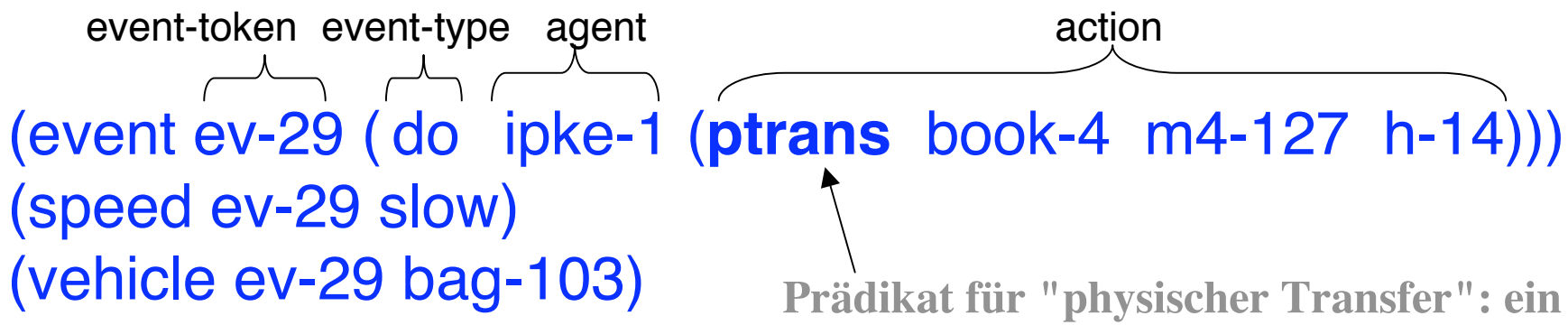
- Idee: die Repräsentation wird aus fest vorgegebenen Grundeinheiten („konzeptuellen Primitiven") komponiert
- Als Beispiel hier betrachtet: Roger Schanks Conceptual Dependency (CD)-Notation
- Alltagswelt („everyday human actions")
- Basiseinheit: „event" (oder auch „conceptualization")



zu conceptual primitives:

- Charniak & McDermott, Kapitel 6, Seite 326-332

Beispiel: **ptrans** (physischer Transfer)



Prädikat für "physischer Transfer": ein Handlungsprimitiv (primitive act)! Hier transferiert ein gewisser Ipke physisch ein Buch in einer Tasche von M4-127 nach H14...

Umschreibbar in slot-assertion-Notation:

(inst ev-29 **ptrans**)
(agent ev-29 ipke-1)
(patient ev-29 book-4)
(source ev-29 m4-127)
(dest ev-29 h-14)
(speed ev-29 slow)
(vehicle ev-29 bag-103)

- hypothetisches Ereignis; wird konkret mit Assertierung von (happen ev-29)
- (actual-event *token type*) bedeutet
  (and (event *token type*)
  (happen *token*))

„Primitive Acts“ (nach R. Schank)

Idee: ein vollständiges Repertoire zur Beschreibung von Alltagshandlungen

(ptrans *object place-1 place-2*)

ein Objekt wird physisch transferiert

(move *body-part destination*)

ein Körperteil wird wohin bewegt

(atrans *object owner-1 owner-2*)

Kontrollübergabe (abstrakter Transfer)

(propel *object place-1 place-2*)

ein Objekt wird abgestoßen

(grasp *object*)

ein Objekt wird gegriffen

(ingest *object orifice*)

(expel *object orifice*)

etwas wird eingenommen/ausgestoßen

(mtrans *info place-1 place-2*)

Informationstransfer (mental); dabei ist *info* eine Formel oder ein Term

(mbuild *formula*)

der Agent assertiert bei sich *formula*

(speak *sounds*)

z.B. einen string von Phonemen (eine Möglichkeit des mtransens)

(attend *sensor-type object*)

ein Objekt wird wahrgenommen, z.B. (attend eye book-23)

Story von John und dem Löwen

John ging durch den Wald. Plötzlich war da ein Löwe, der war sehr hungrig und wild. John tötete ihn.

john-22

```
(actual-event ev-1 (do john-22 (ptrans startplace-1 (part middle wood-2 ))))
(precede ev-1 ev-2)
(actual-state ev-4 (loc lion-3 (near john-22)))
(precede ev-4 ev-2)
(actual-event ev-2
        (do john-22 (mtrans  (actual-state ev-4 (loc lion-3 (near john-22)))
                             eye
                             (head john-22 ))))
(actual-event ev-3 (do john-22 (attend eye lion-3)))
(instr ev-2 ev-3)
(actual-event ev-5 (hungry lion-3 very))
(actual-event ev-6 (angry lion-3 very))
(same-time ev-5 ev-6)
(actual-event ev-7 (do john-22 ... ))
(actual-event ev-8 (become (dead lion-3)))
(result ev-7 ev-8)
(reason ev-2 ev-7)
```

Die Geschichte in CD-Repräsentation

Bemerkungen zu „Primitives“

- Die Idee der konzeptuellen Primitive – obwohl „nett“ – hat sich für größere Domänen als zu beschränkt erwiesen (das „scaling-up“-Problem).
- Es fehlt die Möglichkeit, bei Bedarf weitere, feiner differenzierte Konzepte einzuführen (das geht z.B. in KL-ONE).

- Allerdings sind konzeptuelle Primitive für den Zweck der Mensch-Maschine-Kommunikation interessant, da die Anzahl der „primitive acts“ dort überschaubar ist.

Ideen von KL-ONE-Sprachen

- Trennung zwischen terminologischem und sonstigem Wissen („T-Box“, „A-Box“)
- T-Box:
  - Vererbungshierarchien mit präziser Semantik
  - definierte Konzepte; 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

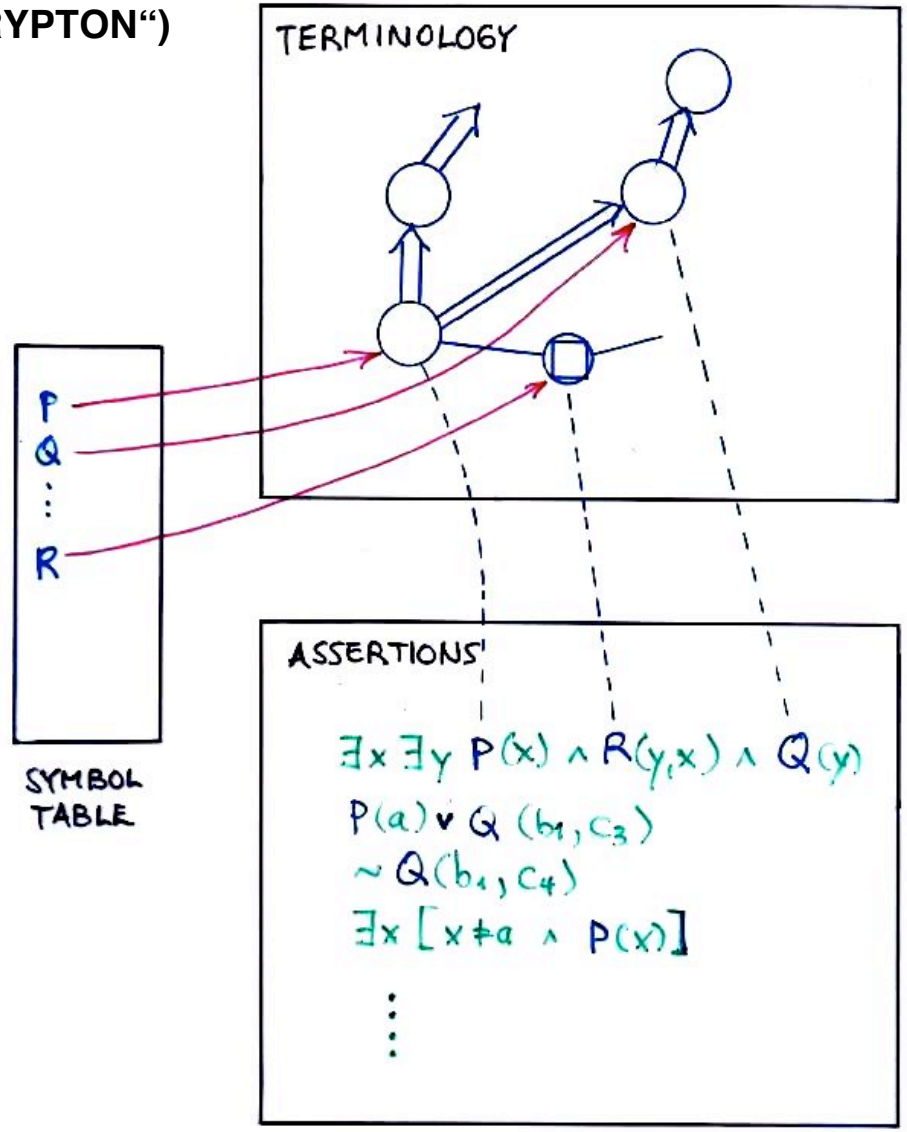
T-Box und A-Box

(KL-ONE-SPRACHE „KRYPTON“)

T-Box: Hierarchie strukturierter Terme

A-Box: PL1-Formeln, deren Prädikate in der T-Box definiert sind

Symboltabelle: enthält die Namen der T-Box-Terme



Konzepte und 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.

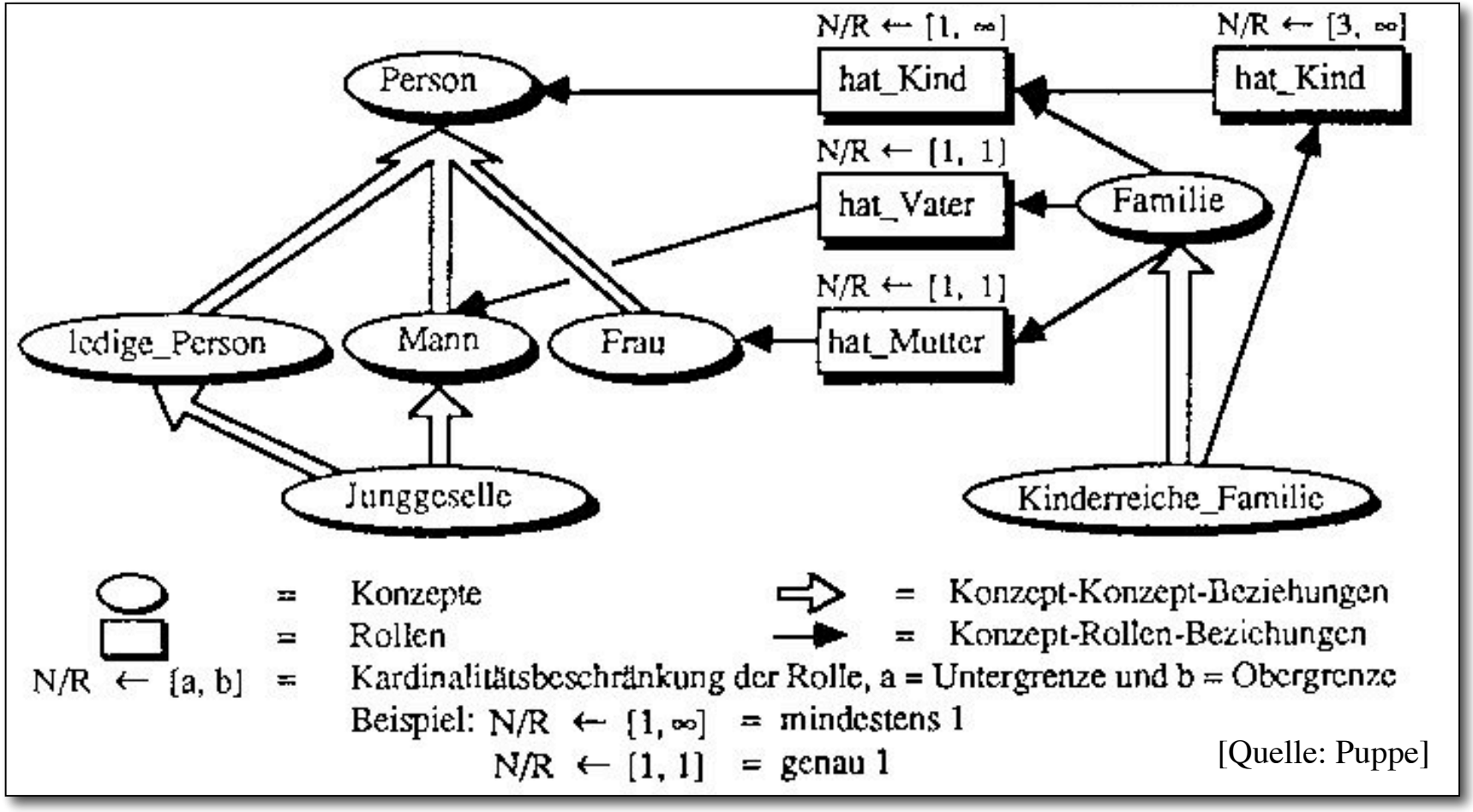
Wichtigste Sprachstrukturen

- Definition von Konzepten
  - Konjunktion `Conj-Generic` („Conjunction“)
  - Wertbeschränkung `VR-Generic` („Value Restriction“)
  - Zahlbeschränkung `NR-Generic` („Number Restriction“)
  - Spezialisierung `Prim-Generic`
- Definition von Rollen
  - Wert-Differenzierung `VR-Diffrole`
  - Verkettung `Role-Chain`
  - Spezialisierung `Prim-Role`

zu KL-ONE siehe:

- Puppe: Einführung in Expertensyst., Kap.5

Beispiel zu KL-ONE

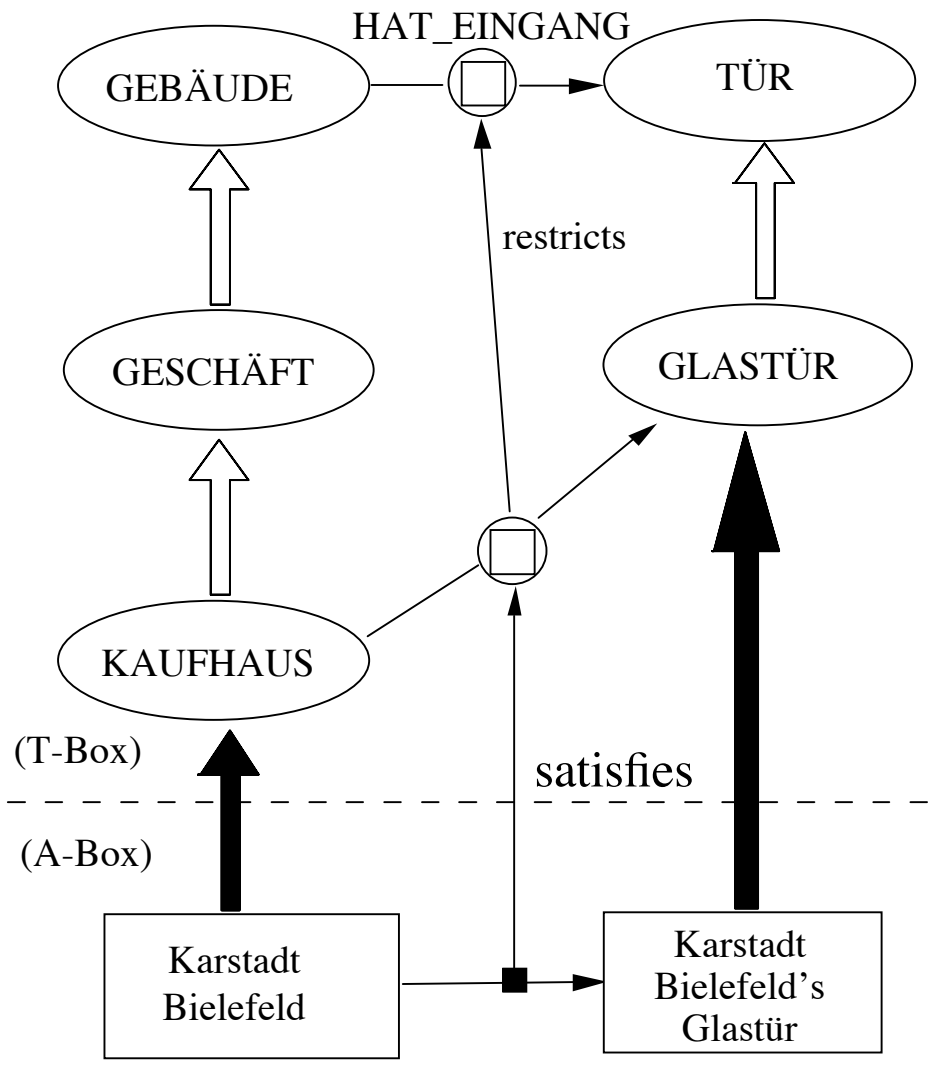


[Quelle: Puppe]

Graphische Darstellung der Konzeptdefinitionen „Junggeselle“ (mit Konjunktion) und „Kinderreiche_Familie“ (mit Zahl-/Kardinalitätsbeschränkung der „hat_Kind“-Rolle)

Beispiel zur Rollenrestriktion

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



Hier: mit Wert-beschränkung

Für KAUFHAUS-Gebäude wird der Wert der Rolle (= definierenden Eigenschaft) HAT_EINGANG auf Instanzen des Konzepts GLASTÜR beschränkt (restringiert).

Automatischer Classifier

besteht aus

- einem Prädikat subsumes („umfasst“):
  - (K 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 umfasst
  - das heißt: (SK subsumes EK) wahr, aber (SK’ 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 strenge Einschränkungen in der T-Box-Sprache (keine überschreibbaren Defaults).
- Beliebige, auch der T-Box widersprechende Assertionen in der A-Box möglich (vom Classifier nicht berücksichtigt).
- Für viele Anwendungen sind die für den Classifier bezahlten Einschränkungen bei der Konzeptdefinition zu rigide.

Rückblick auf Teil 1

- **Ziele und Vorhaben der KI, Intelligenter Agent**
- **Symbolverarbeitung; interne Repräsentation**
- **Eindeutigkeitsforderung: referentiell, semantisch, funktional**
- **Prädikatenkalkül als Repräsentationsmittel**
- **Alternative Notationen (Logik, semantische Netze, Frames)**
- **Verwendung: Klassifikation bzw. Eigenschaftszuschreibung**
- **Wissensrepräsentation, Konzepte, Konzeptualisierung**
- **Defaults und ihre Problematik**
- **Ansatz der konzeptuellen Primitive**
- **KL-ONE, definierbare Konzepte und Rollen; Classifier**