
Wissensrepräsentation

—
Christopher Habel, Özgür Özçep
Sommersemester 2005

Sitzung 7: Beschreibungslogiken

- Grundidee
- Ein Beispiel: \mathcal{DL} (B & L, 2004)
- Semantik und Verarbeitung

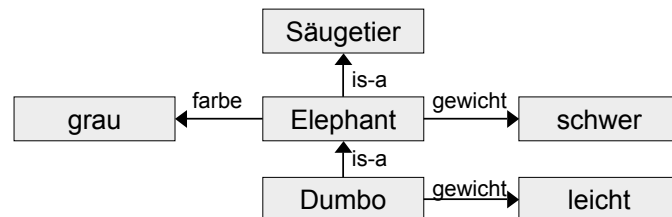
Literatur:

Brachman, R. J. & Levesque, H. J. (2004). Knowledge Representation and Reasoning. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (Kapitel 9)

Historischer Ursprung von Beschreibungslogiken

Semantische Netze

- Repräsentationen für Konzept-Wissen
- Graphen mit Knoten für Konzepte und Individuen und beschrifteten Pfeilen für binäre Relationen
- Definiert über Bilder, keine klare Semantik, keine spezifizierten Verarbeitungsmechanismen



Objektrepräsentation: Strukturierte Beschreibungen

Objekte

- gehören zu Kategorien (= Mengen von Objekten)
- erfüllen Beschreibungen (= sprachliche Ausdrücke)
- instanziierten Konzepte (= mentale Repräsentationen von Klassen)

Konzepte

- entsprechen der (kognitiven) Bedeutung von Beschreibungen
- haben Kategorien als Extension

Beschreibungslogiken

- Format für komplexe Objektbeschreibungen
- Beschreibungen werden auch als ‚Konzept‘ bezeichnet

Beschreibungslogik-Ansatz

Im Kontrast zu semantischen Netzen

- Logik
 - Explizite modelltheoretische Semantik
 - Klare Syntax und Korrektheit von Inferenzverfahren
- Unterscheidung von
 - is-a zwischen Konzepten: Subsumption; und
 - is-a zwischen Objekten und Konzepten: Instanziierung
 - Diese beiden Relationen gehören zu den ausgezeichneten Basisbausteinen mit fester Interpretation
- Fokus auf Verarbeitungsmöglichkeiten und Berechenbarkeitsfragen

Konzeptsysteme, Systeme von Beschreibungen

Konzepte

- können allgemeiner / spezifischer sein als andere Konzepte (**Subsumption**)
- können einander ausschließen (**Exklusion**)
- können durch eine atomare oder komplexe Beschreibung gegeben sein

Objekte

- können **in Relation zueinander stehen**

Konzepte

- können **Informationen über Relationen** beinhalten

Objektbeschreibungen

- in natürlicher Sprache: Nominalphrasen

Beispiel: Konzeptsysteme (sprachlich)

‚Lebewesen‘ ist ein Konzept.

‚Mensch‘ ist Subkonzept von ‚Lebewesen‘.

‚weiblich‘ ist Subkonzept von ‚Lebewesen‘.

‚Frau‘ steht für ‚weiblicher Mensch‘.

‚männlich‘ steht für ‚nicht-weibliches Lebewesen‘.

‚Mann‘ steht für ‚männlicher Mensch‘.

‚hat_kind‘ ist eine Relation.

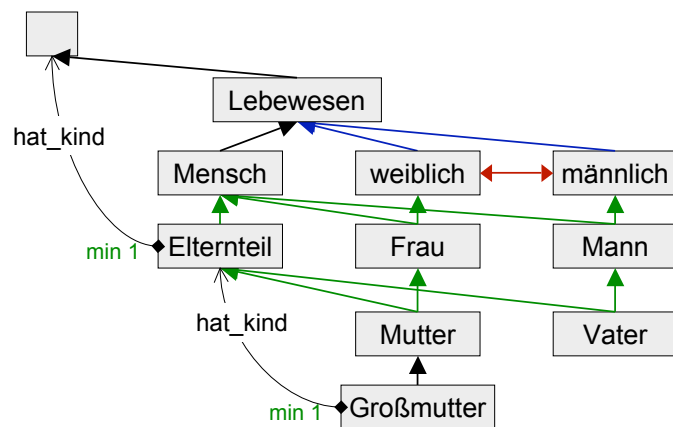
‚Elternteil‘ steht für ‚Mensch, der (mind.) ein Kind hat‘.

‚Mutter‘ steht für ‚weiblicher Elternteil‘.

‚Vater‘ steht für ‚männlicher Elternteil‘.

‚Großmutter‘ steht für ‚Frau, die (mind.) ein Kind hat, das ein Elternteil ist‘.

Beispiel: Konzeptsysteme (graphisch)



Konzepte / Beschreibungen

Primitive Konzepte / Atomare Beschreibungen

- keine Definition vorhanden
- nur notwendige Bedingungen bekannt
- explizite Einordnung in Subsumptionshierarchie

Definierte Konzepte / Komplexe Beschreibungen

- Definition verfügbar
- notwendige und hinreichende Bedingungen
- basierend auf
 - (primitiven) Konzepten
 - Relationen / Rollen
 - Konzeptbildungsoperatoren
- implizite Einordnung in Subsumptionshierarchie

Beschreibungslogiken

Andere Namen

- Terminologische Logiken, KL-ONE-artige Sprachen
- Description logic, terminological logics, taxonomic logics, term subsumption systems, KL-ONE-like systems

Definition eines logischen Systems: Generelles Schema (s. LOS)

- eine formale Sprache (zur Repräsentation)
- Evaluations- / Interpretationsprinzipien
- semantische Kategorisierungen und Beziehungen
- Ableitungs-, Beweisverfahren

➤ Beschreibungslogiken bilden logische Systeme

Vokabular von Beschreibungslogiken

Typen von Ausdrücken

- Beschreibungen / Konzepte
- Rollen
- Aussagen/Formeln (Wissensbasis ist Menge von Formeln)

„logische Symbole“ (feststehende Interpretation)

- Konzeptbildungsoperatoren
- Rollenbildungsoperatoren
- Operatoren zur Bildung von Aussagen / Formeln

frei verfügbare Symbole

- Konzeptsymbole
- Rollensymbole
- (Konstanten)

Hilfssymbole

- Klammern, Interpunktion
- Symbole für natürliche Zahlen: 1, 2, 3, ...

Beschreibungslogiken: Varianten

Unterschiede zwischen verschiedenen Beschreibungslogiken

- Auswahl von Operatoren zur Bildung von Aussagen
- Berücksichtigung von Konstanten (für Objekte)
- Auswahl von Konzeptbildungsoperatoren
- Auswahl von Rollenbildungsoperatoren

Auswirkungen

- Manchmal keine: Einschränkung von Formulierungsvarianten desselben Inhaltes
- Reine Konzeptsysteme vs. Konzeptsysteme + Weltausschnitt
- Ausdrucksmächtigkeit vs. Verarbeitbarkeit

Literatur

The Description Logic Handbook

F. Baader, D. Calvanese, D.L. McGuinness, D. Nardi & P. Patel-Schneider (eds.) The Description Logic Handbook. Theory, Implementation and Application. Cambridge UP: Cambridge, NY. 2003

Insbesondere

Baader, Franz & Werner Nutt (2003). Kapitel 2. Basic description logics.

Baader, Franz (2003). Appendix. Description logic terminology.

Beschreibungslogik: \mathcal{DL} (B & L, 2004): Symbole

(eine einfache Beschreibungslogik)

Freies Vokabular

- Atomare Konzepte: **Lebewesen**, **Student**, **Mutter**
- Rollen: **hatKind**, **veranstalterIn**
- Konstanten: **snoopy**, **wbs**, **los**

Festes Vokabular

- Vorgegebenes atomares Konzept: **Thing**
- Konzeptbildung: **ALL**, **EXISTS**, **FILLS**, **AND**
- Aussagen- / Formelbildung: \sqsubseteq , \doteq , \rightarrow

Hilfssymbole

- eckige und runde Klammern

Beschreibungslogik: \mathcal{DL} (B & L, 2004): Grammatik

Konzepte (Beschreibungen)

- Jedes atomare Konzept ist ein Konzept.
- Wenn r eine Rolle, n eine nat. Zahl, und c eine Konstante ist sowie d, d_1, \dots, d_i Konzepte sind, dann sind
 - **[ALL r d]**
 - **[EXISTS n r]**
 - **[FILLS r c]**
 - **[AND d_1, \dots, d_i]**

(komplexe) Konzepte, und es gibt keine weiteren Konzepte.

Aussagen / Formeln

- Wenn c eine Konstante ist sowie d_1, d_2 Konzepte sind, dann sind $(d_1 \sqsubseteq d_2)$, $(d_1 \doteq d_2)$ und $(c \rightarrow d_1)$ Formeln (und das sind alle Formeln).

Bedeutung / Interpretation: Typenbeschränkungen

Konstanten

- werden durch individuelle Objekte interpretiert

Atomare und komplexe Konzepte

- werden durch Objektmengen (Kategorien) interpretiert

Rollen

- werden durch Mengen von Paaren (Relationen) interpretiert.

Aussagen / Formeln

- werden durch Wahrheitswerte interpretiert

\mathcal{DL} : Intendierte Bedeutungen fester Symbole

Thing: Alle Objekte / Dinge

Aussagen- / Formelbildung

$(d_1 \sqsubseteq d_2)$: d_1 wird von d_2 subsumiert.

$(d_1 \doteq d_2)$: d_1 und d_2 sind gleich.

$(c \rightarrow d_1)$: c ist Instanz von d_1

Komplexe Konzepte

[ALL r d]: Objekte, die nur zu Instanzen von d in Relation r stehen

[EXISTS n r]: Objekte, die zu mindestens n Objekten in Relation r stehen

[FILLS r c]: Objekte, die zu Objekt c in Relation r stehen

[AND d_1, \dots, d_i]: gemeinsame Instanzen der Konzepte d_1, \dots, d_i

Beispiel: Konzeptsysteme (in \mathcal{DL})

Wissensbasis

Lebewesen \sqsubseteq Thing

Mensch \sqsubseteq Lebewesen

weiblich \sqsubseteq Lebewesen

Frau \doteq [AND weiblich Mensch]

männlich \sqsubseteq Lebewesen ; weitere Bedingungen in \mathcal{DL} nicht ausdrückbar

Mann \doteq [AND männlich Mensch]

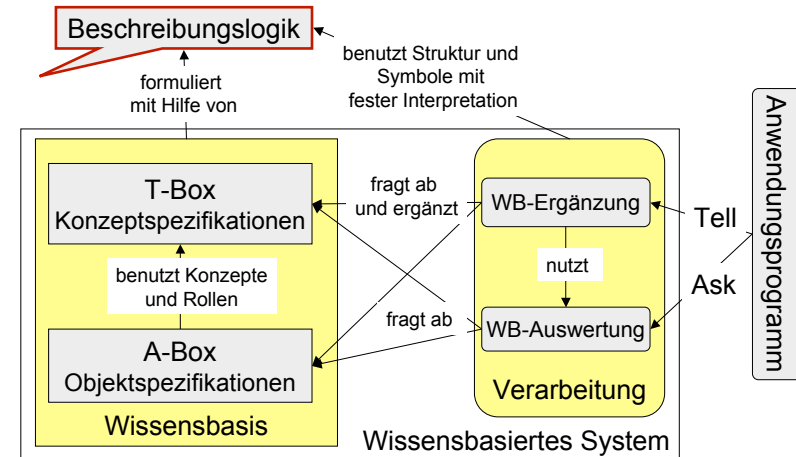
Elternteil \doteq [AND Mensch [EXISTS 1 hatKind]]

Mutter \doteq [AND weiblich Elternteil]

Vater \doteq [AND männlich Elternteil]

Großmutter \sqsubseteq [AND Frau [EXISTS 1 hatKind]] ; weitere Bedingungen in \mathcal{DL} nicht ausdrückbar

Wissensbasiertes System mit Beschreibungslogiken



Mögliche Anwendungen von Beschreibungslogiken

Aufbau von Konzeptsystemen

- inkrementelle Anreicherung
- Wissenserwerb
 - Aufdeckung impliziter Subsumptionsbeziehungen
 - insb. nicht-intendierte

Aufbau von Weltmodellen

- Konfiguration
 - Ausschluss von Designs, die Konflikte enthalten
- Diagnose und Überwachung
 - Erkennen von Problemen auf Basis ihrer Beschreibungen
- Ausdrucksreichere Produktionssysteme
- Datenbankabfragen